

ŞÛRA AKADEMİ

KENT ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

SAYI:8 | 2025 | ISSN: 2791-8424

Çevre



Izmit Körfezi

ŞÛRA
KENT POLİTİKALARI
VE ARAŞTIRMALARI MERKEZİ

ŞURA AKADEMİ

Kent Araştırmaları Dergisi

Uluslararası Süreli Yayın

ISSN: 2791-8424

Yıl: 2025 Sayı:8

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Adına İmtiyaz Sahibi

Doç. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN

Genel Koordinatör

Dr. Hayri BARAÇLI

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Ayhan VAROL

Yönetici Editör

Doç. Dr. Ali YEŞİLDAL

Yayın Danışmanı

Dr. Kemal Taha HÜLAGÜ

Düzenleme ve Editör Kurulu

Hasan YILMAZ

Menekşe SÖZEN

Dr. Burcu CİNER

Sami TÜMÜÇ

Ömer Bora NAMLI

Dilara AKKAYA

Dilek KUVVET ÖZTÜRE

Bilim ve Danışma Kurulu

Prof. Dr. Ayla Berkiten ERGİN, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Nihat ERDOĞMUŞ, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Bilsen BİLGİLİ, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Oktay KOÇ, Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Prof. Dr. Elif KARAGÜN, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. İsmail ÖZBAY, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Elif ÖZLEM AYDIN ORAL, Gebze Teknik Üniversitesi	Prof. Dr. Rabia TERZİ, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Ercüment ÇİFTÇİ, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Saadettin Haluk ÇİTÇİ, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Firdevs KARAHAN, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	Prof. Dr. Şeref DEMİRAYAK, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Haluk SELVİ, Sakarya Üniversitesi	Prof. Dr. Yılmaz BİNGÖL, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN, Kocaeli Üniversitesi	Doç. Dr. Tayfun SALİHOĞLU, Pamukkale Üniversitesi
Prof. Dr. Kerem KÜÇÜK, Kocaeli Üniversitesi	Doç. Dr. Zeynep Gamze MERT, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Levent ATALI, Kocaeli Üniversitesi	Dr. M. Cemil ARSLAN, Marmara Belediyeler Birliği Genel Sekreteri
Prof. Dr. Meral ELÇİ, Gebze Teknik Üniversitesi	Dr. Murat YILDIZ, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Nevcihan DURU, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	Öğr. Gör. Ramazan AYBEY, Gebze Teknik Üniversitesi

Şura Akademi uluslararası hakemli dergidir. 4 ayda bir yayınlanır. Ücretsizdir. Makalelerin hukuki ve bilimsel sorumluluğu yazarlarına aittir. Şura Akademi ve yazarın adı kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz. Dergiye gönderilen yazılar hakem onayından geçmiştir.

Kapak Tasarım

Enes Fehim OCAKLI

Tasarım

Graffiti

Kapak Fotoğrafı

Anadolu Ajansı

Adres

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Şura Kent Araştırmaları Merkezi, Kozluk Mahallesi, Mehmet Ali Kağıtçı Sokak, No: 71 İzmit / KOCAELİ

İletişim

+90 262 270 01 01 | bilgi@suraakademi.org.tr

Web

www.suraakademi.org.tr

Dergimiz, DergiPark üyesidir.

İçindekiler / Contents

- 005** **Önsöz / Introduction**
Doç. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN
- 007** **Sunuş / Foreword**
Doç. Dr. Ali YEŞİLDAL
- 008** **Genel Bakış / Overview**
- 011** **İklim Değişikliğinin Tarım ve Hayvancılığa Etkileri / The Effects of Climate Change on Agriculture and Animal Raising**
Prof. Dr. Ali KARABAYIR
- 023** **Tarım Sektöründe Sürdürülebilir Arazi ve Su Kaynaklarının Kullanımı / Sustainable Use of Land and Water Resources in the Agricultural Sector**
Prof. Dr. Murat YILDIRIM
- 037** **Biyolojik Çeşitlilik, Sürdürülebilirlik ve Kocaeli Örneği / Biological Diversity, Sustainability and the Case of Kocaeli**
Prof. Dr. Halim Aytekin ERGÜL
- 043** **Kocaeli İzmit Körfez Dip Çamurunun Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği ve Üretilen Yapı Malzemelerinin Çevreye Katkısı / Usability of Kocaeli İzmit Gulf Seabed Sludge as a Construction Material and the Environmental Contribution of the Produced Materials**
Prof. Dr. Salih Taner YILDIRIM
- 049** **İzmit Körfezi Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Zamansal ve Mekansal Analizi / Temporal and Spatial Analysis of İzmit Bay Coastal Change with GIS and Remote Sensing Technologies**
Prof. Dr. Ozan ARSLAN, Damlanur KARABULUT, Begüm GÜNER, Emir Çağrı GEDİKBAŞ
- 063** **Yapılması Planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki Taşıt Trafikinin Kocaeli İli Hava Kirliliğine Etkisi / The Effect of Vehicle Traffic on the Planned Southern Marmara Highway on Air Pollution in Kocaeli Province**
Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK, Fatma SOSLU
- 075** **Kentsel Ulaşımında Çevre Dostu Yerel Çözümler / Environmentally Friendly Local Solutions in Urban Transportation**
Araş. Gör. İcran ÖZBEK, Doç. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ
- 093** **Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Kazı ve Dolgu Çalışmaları Kapsamında Yapılan Patlatmalı Kaya Kazıları Sonucu Oluşan Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Kandıra Cezaevi Lojmanları Açısından Değerlendirilmesi / Evaluation of Vibration Measurement Results Created By Blasting Rock Excavations Carried Out Within the Scope of Excavation and Filling Works of Kandıra Food Specialized Organized Industrial Zone in Terms of Kandıra Prison Lodging**
Doç. Dr. Ercan ARPAZ
- 107** **Sağlıklı Çevre İçin Yerel Yönetimlerden Sağlık Çalışanlarının Beklentileri Üzerine Nitel Bir Araştırma / A Qualitative Research on Healthcare Workers' Expectations from Local Governments for a Healthy Environment**
Doç. Dr. Ali ARSLANOĞLU
- 121** **Evrimsel Sinir Ağlarıyla Marmara Denizi'ndeki Müsilaj Oluşumlarının Tespitinde Eğitim Veri Seti Boyutunun Etkisinin İncelenmesi / Examining the Effect of Training Data Set Size on the Detection of Mucilage Formations in the Sea of Marmara with Convolutional Neural Networks**
Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN, Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL, Arş. Gör. Mustafacan SAYGI, Doç. Dr. İsmail ÇÖLKESEN
- 131** **Güneş Enerjisinin Soğutma Sistemlerinde Kullanımı: AVM için Enerji Performansı Değerlendirmesi / Utilization of Solar Energy in Cooling Systems: An Energy Performance Assessment for Shopping Malls**
Dr. Öğr. Üyesi Süleyman SAPMAZ, Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN
- 143** **Tekstil Boyar Maddesinin Metal Modifiyeli Kitosan Bilyeler Kullanılarak Fotokatalitik Oksidasyon Prosesi ile Arıtımı / Purification of Textile Dye by Photocatalytic Oxidation Process Using Metal Modified Chitosan Balls**
Zülal DEMİRKAYA, Araş. Gör. Gizem BAŞARAN DİNDAŞ, Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ, Prof. Dr. Hüseyin Cengiz YATMAZ
- 153** **Kocaeli İlinde Yer Alan İşletmelerin Yeşil Yönetim Uygulamalarına Dair Bir Araştırma / A Research on Green Management Practices of Businesses in Kocaeli Province**
Vesile ÇAVUŞOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Abdullah KIRAY
- 163** **Akıllı Şehir Dönüşümlerinde Mavi Ayak İzi Bileşenlerinden Katı Atıklar İçin Bir Değerlendirme: Kocaeli İli Örneği / Solid Waste Evaluation from Blue Footprint Components in Smart City Transformations: Kocaeli City Case**
Zeynep ÖZDAMAR, Rümeyza KIRACI, Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT



Izmit Körfezi, Dip Çamuru Temizliği / Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, 2024

Önsöz / Introduction



ŞURA Akademi Kent Araştırmaları Dergisi'nin bu sayısı "Çevre" temasına dair kapsamlı içeriği ile güçlü bilimsel çalışmaları barındırmaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, daha önce yapmış olduğu çalıştaylara ek olarak birçok sorun alanının etraflıca incelenmesi ve bilimsel çözüm önerilerinin geliştirilmesine ŞURA Akademi Dergisi ile olanak sağlamıştır. Dergi'nin mevcut sayısında bu sefer, "çevre" ve sorunları ile ilgili uzman isimler bir araya getirilmiş ve farklı yönlerden çevre, iklim, toprak, ulaşım (vd.) hakkında etraflıca çalışmalar derlenmiştir.

"Çevre" teması, son zamanlarda iklim değişikliği, doğal olanın bozunumu ve küresel ısınma gibi birçok meseleyi kapsamakta ve nihayet insanlığın önüne önemli bir kırılma noktası olarak çıkmaktadır. Teknolojik olanakların gelişmesi, çevresel duyarlılıkların artması ve baskı gruplarının giderek etkili olması ile çevrenin korunması ve sürdürülebilirliği konusunda önemli bir ivmelenmenin olduğu ileri sürülebilir. Elbette mevcut çalışmaların kesilmemesi ve belki çok daha fazlasının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Zira insan, içinde bulunduğu çevrenin niteliği kapsamında kendi yaşamını nitelikli hale getirebilmektedir. Aksi halde, çevrenin bozunumu insanın da bozunumuna neden olabilmektedir. Mevcutların olanaklarını azaltmadan, gelecek kuşakların da yaşamlarını sürdürebilmelerine fırsat sağlamak adına, çevrenin hassasiyetle ele alınması, korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekir. ŞURA Akademi Dergisi örneğinde Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, insanlığın önemli meselelerinden biri olarak çevre ve sorunlarını bu sayısındaki nitelikli bilimsel çalışmalarla ele almıştır. Bu anlamda ilgili taraflara yeni bir hareket alanı sağlamış ve bir anlamda öncülük de etmiştir, denilebilir.

Bu anlayışla "Çevre" teması ile oluşturulan ŞURA Akademi Kent Araştırmaları Dergisi'nde sunulan eserlerin, bilim insanları marifetiyle üretilmiş, hakem değerlendirmelerinden geçmiş ve sonuçta yayıma kabul edilmiş oldukları belirtilmelidir. Nihayet "Çevre" ve sorunları kapsamında hacimli ve nitelikli bir eser olarak ortaya çıkan Dergi'nin, önemli bir fonksiyon üstleneceğini vurgulamak gerekir.

ŞURA Kent Araştırmaları Dergisi'nin başta milletimiz olmak üzere ilgililere yararlı olmasını dileriz.

This issue of ŞURA Akademi contains comprehensive content and strong scientific studies on the theme of "Environment". In addition to the workshops it has previously held, Kocaeli Metropolitan Municipality has enabled the comprehensive examination of many problem areas and the development of scientific solution proposals with ŞURA Akademi journal. This time, in the current issue of the journal, experts on "environment" and its problems have been brought together and comprehensive studies on environment, climate, soil, transportation (etc.) from different aspects have been compiled.

The theme of "Environment" has recently covered many issues such as climate change, degradation of the natural and global warming, and finally appears as an important breaking point for humanity. It can be argued that there is a significant acceleration in the protection and sustainability of the environment with the development of technological opportunities, increasing environmental awareness and the increasing influence of pressure groups. Of course, existing work should not be interrupted and perhaps much more should be carried out. Because people can make their own life qualified within the scope of the quality of the environment they live in. Otherwise, the degradation of the environment may also cause the degradation of humans. In order to provide opportunities for future generations to survive without reducing the opportunities of the existing ones, the environment must be handled sensitively, protected and its sustainability must be ensured. In the example of ŞURA Akademi, Kocaeli Metropolitan Municipality has addressed the environment and its problems as one of the important issues of humanity with qualified scientific studies in this issue. In this sense, it can be said that it provided a new field of action for the relevant parties and, in a sense, pioneered it.

With this understanding, it should be noted that the works presented in the ŞURA Akademi, which was created with the theme "Environment", were produced by scientists, passed referee evaluations and were ultimately accepted for publication. It should be emphasized that the Journal, which has finally emerged as a voluminous and qualified work within the scope of "Environment" and its problems, will undertake an important function.

We hope that ŞURA Akademi's work benefits all parties, its valuable readers and our nation.

Doç. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN

Kocaeli Büyükşehir Belediye Başkanı
Mayor of Kocaeli Metropolitan Municipality

Sunuş / Foreword

ŞURA Akademi Kent Araştırmaları Dergisi “Çevre” konulu 8. sayısıyla 2025 yılında yeniden sizlerle buluştu. “Çevre” ile ilgili sorunlar, şimdide değin birçok yerli ve yabancı eserde etraflıca incelenmiş ve irdelenmiştir. Ancak yerel düzeyde her ne kadar tekil çalışmalar mevcut ise de bütünlük eserlerin bu anlamda çok fazla dikkat çekmediği ifade edilmelidir. Bu kapsamda Kocaeli Büyükşehir Belediyesi bünyesinde kurulu bulunan ŞURA Kent Politikaları ve Araştırmaları Merkezi, toplum ve hatta insanlık açısından önem taşıyan ve nitelikleri itibarıyla dikkat çeken çalışmalarına “Çevre” sayısını da ekleyerek -en azından yerel düzeyde- bu boşluğun farkında olduğunu göstermiştir. Bu sayıda yeni bir tema ile ŞURA Kent Araştırmaları Dergisi, yine önemli çalışmaları ve bilim insanlarını bir araya getirmiş, ortaya çıkan eserleri de ilgililerin dikkatine sunmuştur.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi’nden Prof. Dr. Ali KARABAYIR, “İklim Değişikliğinin Tarım ve Hayvancılığa Etkileri” isimli çalışmasıyla iklim değişikliğinin önemli etkileri üzerinde durmuştur. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi’nden Prof. Dr. Murat YILDIRIM, “Tarım Sektöründe Sürdürülebilir Arazi ve Su Kaynaklarının Kullanımı” isimli makalesinde sürdürülebilir su ve arazi kullanımına odaklanmıştır. Kocaeli Üniversitesi’nden Prof. Dr. Halim AYTEKİN ERGÜL, “Biyolojik Çeşitlilik, Sürdürülebilirlik ve Kocaeli Örneği” isimli makalesinde, Kocaeli ilinin biyolojik çeşitliliğini ele almıştır. Yine Kocaeli Üniversitesi’nden bir başka bilim insanı olarak Prof. Dr. Salih Taner YILDIRIM, “Kocaeli İzmit Körfez Dip Çamurunun Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği ve Üretilen Yapı Malzemelerinin Çevreye Katkısı” isimli çalışmasıyla son günlerde gündem tutan İzmit Körfezi’nin dip çamuru meselesini irdelemiştir. Kocaeli Üniversitesi’nden Prof. Dr. Ozan ARSLAN öncülüğünde Damlanur KARABULUT, Begüm GÜNER, Emir Çağrı GEDİKBAŞ’tan oluşan araştırma ekibi, “İzmit Körfezi Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Zamansal ve Mekansal Analizi” isimli ve İzmit Körfezi kıyı değişimini teknolojik olanaklarla incelenmesine dönük bir çalışma yapmışlardır. Kocaeli Üniversitesi’nden Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK ve Fatma SOSLU, “Yapılması Planlanan Güney Marmara Otoyolu’ndaki Taşıt Trafikinin Kocaeli İli Hava Kirliliğine Etkisi” adlı çalışmasıyla hava kirliliğinin çevre üzerindeki etkisini incelemişlerdir. İstanbul Teknik Üniversitesi’nden Araş. Gör. İcran ÖZBEK ve Doç. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ “Kentsel Ulaşımın Çevreye Duyarlı Uygulamalara Değmişlerdir. Kocaeli Üniversitesi’nden Doç. Dr. Ercan ARPAZ, “Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Kazı ve Dolgu Çalışmaları Kapsamında Yapılan

Patlatmalı Kaya Kazıları Sonucu Oluşan Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Kandıra Cezaevi Lojmanları Açısından Değerlendirilmesi” ile katkı sunmuşlardır. Sağlık Bilimleri Üniversitesi öğretim üyesi Doç. Dr. Ali ARSLANOĞLU, “Sağlıklı Çevre İçin Yerel Yönetimlerden Sağlık Çalışanlarının Beklentileri Üzerine Nitel Bir Araştırma” isimli makalesinde, çevrenin sağlıklı olması bakımından yerel yönetimlerin neler yapmaları gerektiğine dair sağlık çalışanları gözüyle öneriler geliştirmiştir. Gebze Teknik Üniversitesi’nden Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN, Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL, Araş. Gör. Mustafacan SAYGI, Doç. Dr. İsmail ÇÖLKESEN “Evrimsel Sinir Ağlarıyla Marmara Denizi’ndeki Müsilaj Oluşumlarının Tespitinde Eğitim Veri Seti Boyutunun Etkisinin İncelenmesi” isimli çalışmalarıyla Kocaeli Körfezi’nde gözlemlenen müsilaj oluşumlarının uydu görüntüleri ve derin öğrenme modelleri ile tespiti ve haritalanmasını hedeflemişlerdir. Kocaeli Üniversitesi’nden Dr. Öğr. Üyesi Süleyman SAPMAZ ile Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN “Güneş Enerjisinin Soğutma Sistemlerinde Kullanımı: AVM için Enerji Performansı Değerlendirmesi” isimli makaleleriyle mekanik soğutma sistemleri yerine, güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin uygulanabilirliğini incelemişlerdir. Gebze Teknik Üniversitesi’nden Zülal DEMİRKAYA, Araş. Gör. Gizem BAŞARAN DİNDAŞ, Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ ve Prof. Dr. H. Cengiz Yatmaz “Tekstil Boyar Maddesinin Metal Modifiyeli Kitosan Bilyeler Kullanılarak Fotokatalitik Oksidasyon Prosesi ile Arıtımı” isimli çalışmalarında kobalt, demir (II), demir (III) ve bakır metallerinin, doğada biyosentezle üretilen kitosan biyopolimerine yüklenecek, boyar maddeyi uzaklaştırmak için fotokatalitik oksidasyon sürecinde kullanılacak katalizörler olarak belirlenmesi ve peroksimonosülfat (PMS) oksidan olarak seçilmesini işlemişlerdir. Yine Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi’nden Dr. Öğr. Üyesi Abdullah KIRAY ile Vesile ÇAVUŞOĞLU, “Kocaeli İlinde Yer Alan İşletmelerin Yeşil Yönetim Uygulamalarına Dair Bir Araştırma” isimli makalelerinde özel işletmelerin yeşil yönetim uygulamalarını araştırmışlardır. Son olarak Sakarya Üniversitesi’nden Zeynep Özdamar, Rümeyza KİRACI ve Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT, “Akıllı Şehir Dönüşümlerinde Mavi Ayak İzi Bileşenlerinden Katı Atıklar İçin Bir Değerlendirme: Kocaeli İli Örneği” isimli çalışmalarıyla Kocaeli ilinin katı atıklar yönüyle mavi ayak izini ölçmüş ve değerlendirmişlerdir.

Çevre ile ilgili sorunlara dair bilimsel ve uygulamaya dönük faaliyetlere kıymetli katkılar sunacağını öngördüğümüz mevcut sayısıyla ŞURA Akademi Kent Araştırmaları Dergisi’nin, ilgili tüm taraflar için yararlı olmasını dileriz.

ŞURA Akademi's 8th issue, focusing on "Environment," is released in 2025. Problems related to the "environment" have been examined and examined in detail in many domestic and foreign works so far. However, it should be stated that although there are individual works at the local level, integrated works do not attract much attention in this sense. In this context, ŞURA Urban Policies and Research Center, established within the Kocaeli Metropolitan Municipality, has shown that it is aware of this gap - at least at the local level - by adding the "Environment" issue to its works that are important for society and even humanity and attract attention with their qualities. With a new theme in this issue, ŞURA Akademi once again brought together important studies and scientists and presented the resulting works to the attention of those interested.

Thus, Prof. Dr. Ali KARABAYIR, from Çanakkale Onsekiz Mart University, focused on the important effects of climate change in his work titled, "*The Effects of Climate Change on Agriculture and Animal Raising*". Prof. Dr. Murat YILDIRIM, from Çanakkale Onsekiz Mart University, focused on sustainable water and land use in his article titled, "*Sustainable Use of Land and Water Resources in the Agricultural Sector*". Prof. Dr. Halim Aytakin ERGÜL, from Kocaeli University, discussed the biological diversity of Kocaeli province in his article titled, "*Biological Diversity, Sustainability and the Kocaeli Case*". As another scientist from Kocaeli University, Prof. Dr. Salih Taner YILDIRIM examined the bottom mud issue of Izmit Bay, which has been on the agenda recently, with his work titled, "*Usability of Kocaeli Izmit Gulf Seabed Sludge as a Construction Material and the Environmental Contribution of the Produced Materials*". The research team, led by Prof. Dr. Ozan ARSLAN from Kocaeli University which includes Damlanur KARABULUT, Begüm GÜNER and Emir Çağrı GEDİKBAŞ, conducted a study titled, "*Temporal and Spatial Analysis of Izmit Bay Coastal Change with GIS and Remote Sensing Technologies*" to examine the Izmit Bay coastal change with technological possibilities. Assoc. Prof. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK and Fatma SOSLU, from Kocaeli University, examined the effect of air pollution on the environment with their study titled, "*The Effect of Vehicle Traffic on the Planned Southern Marmara Highway on Air Pollution in Kocaeli Province*". Research Assistant İcran ÖZBEK and Assoc. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ, from İstanbul Technical University, discussed environmentally friendly practices in urban transportation in their article "*Environmentally Friendly Local Solutions in Urban Transportation*". Assoc. Prof. Dr. Ercan SAPMAZ, from Kocaeli University, investigated "*Evaluation of Vibration Measurement Results Created By Blasting Rock Excavations Carried*

Out Within the Scope of Excavation and Filling Works of Kandira Food Specialized Organized Industrial Zone in Terms of Kandira Prison Lodging" in his article. Assoc. Prof. Dr. Ali ARSLANOĞLU, from University of Health Sciences, in his article titled, "*A Qualitative Research on Healthcare Workers' Expectations from Local Governments for a Healthy Environment*", developed suggestions from the perspective of healthcare professionals about what local governments should do to ensure a healthy environment. Asst. Prof. Dr. Meltem ÇELEN, Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL, Research Assistant Mustafacan SAYGI and Assoc. Prof. Dr. İsmail ÇÖLKESEN from Gebze Technical University aimed to detect and map the mucilage formations observed in the Kocaeli Bay with satellite images and deep learning models in their study titled "*Examining the Effect of Training Data Set Size on the Detection of Mucilage Formations in the Sea of Marmara with Convolutional Neural Networks*". Asst. Prof. Dr. Süleyman SAPMAZ and Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN from Kocaeli University, examined the feasibility of solar energy-supported absorption cooling systems instead of mechanical cooling systems in their article titled, "*Utilization of Solar Energy in Cooling Systems: An Energy Performance Assessment for Shopping Malls*". Zülal DEMİRKAYA, Research Asst. Gizem BAŞARAN DİNDAŞ, Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ and Prof. Dr. Hüseyin Cengiz YATMAZ from Gebze Technical University, in their work titled, "*Purification of Textile Dye by Photocatalytic Oxidation Process Using Metal Modified Chitosan Balls*", cobalt, iron (II), iron (III) and copper metals are loaded into the chitosan biopolymer produced by biosynthesis in nature, and in the photocatalytic oxidation process to remove the dye determination of the catalysts to be used and peroxy monosulfate (PMS) was selected as an oxidant. Also, Asst. Prof. Dr. Abdullah KIRAY and Vesile ÇAVUŞOĞLU from Çanakkale Onsekiz Mart University, investigated the green management practices of private enterprises in their article titled, "*A Research on Green Management Practices of Businesses in Kocaeli Province*". Finally, Zeynep Özdamar, Rümeyza KİRACI and Assoc. Prof. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT, from Sakarya University, measured and evaluated the blue footprint of Kocaeli province in terms of solid waste in their study titled, "*Solid Waste Evaluation from Blue Footprint Components in Smart City Transformations: Kocaeli City Case*".

We hope that the ŞURA Akademi, with its current issue, will be useful for all relevant parties, as we anticipate that it will make valuable contributions to both scientific and practical endeavors in environmental problem-solving.

Doç. Dr. Ali YEŞİLDAL
Editör / Editor

Genel Bakış / Overview

ŞURA Akademi Kent Araştırmaları Dergisi'nin 8. sayısında "Çevre" başlığı altında farklı üniversitelerden çok kıymetli akademisyenlerin bilimsel çalışmaları yer almaktadır. ŞURA Kent Araştırmaları Merkezi'nin "Çevre" temasıyla düzenlediği çalıştayın konu başlıkları bu sayıda işlenmiştir. İnsanlığın geçmişten günümüze medeniyet kurmak ve bunu sürdürmek için doğaya müdahale etmesi, dönüştürmesi ve bunun sürdürülebilirliğinin önemi vurgulanmıştır. Bu müdahaleler, çevrenin bozunumuna neden olarak yaşam kalitesini düşürmektedir. Özellikle son dönemlerde kendini daha çok gösteren küresel ısınma, iklim değişikliği, toprağın ve suyun kirlenmesi gibi önemli çevresel krizlerin önüne geçebilmek adına, küresel insiyatiflerin başlatıldığını ve bu anlamda önemli ilerlemeler elde edilmektedir. Ancak gelinen nokta sevindirici olsa da tatmin edici değildir. Bu nedenle kitlesel duyarlılık oluşturmak için çevre konusu her platformda ele alınmalıdır. Elbette çevre ile ilgili her konuşmada, gelecek kuşakların çevresel haklarının korunması ve yaşanabilir bir çevrenin kendilerine miras bırakılması kapsamında sürdürülebilirlik özellikle vurgulanmalıdır.

Türkiye'de "sağlıklı bir çevrede yaşama" hakkı, Anayasa düzeyinde düzenlenmiş ve tahsis edilmiştir. Buna göre, Anayasa'nın 56. maddesinde "Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir." denilerek çevreye verilen önem vurgulanmış ve nihayet çevrenin korunması kapsamında gerek Devlet gerekse vatandaşlar ödevli kılınmıştır. Çevrenin korunması kapsamında Türkiye'deki önemli girişimlerden biri de 2872 sayılı Çevre Kanunu'dur. Kanununun 1. maddesinde yer alan amaç başlığı altında; "Bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamak" kanununun ana amacı olarak ifade edilmiştir. Dolayısıyla kanun düzeyinde bir düzenleme ile Türkiye'de çevreye gösterdiği hassasiyetin anlaşılması mümkündür. Aynı konuda 12. Kalkınma Planı'nda "Çevrenin Korunması" başlığı altında etraflıca sorun tanımlamaları ve politika formülasyonları açıklanmıştır. Buna göre; "Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) doğrultusunda iklim değişikliğinin etkilerine karşı dirençli ve düşük karbonlu bir ekonomiye geçişin sağlanması, sosyal adalet anlayışıyla çevre ile doğal kaynakların korunması ve yönetilmesi, toplumun çevreye karşı duyarlılığı ve bilincinin artırılması temel amaçtır." denilerek önemli bir perspektif açıklaması yapılmıştır. Böylece 12. Kalkınma Planı için önemli konu başlıklarından biri "çevre" olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda denizlerden karalara ve havaya varıncaya kadar çevrenin korunmasına dönük

önemli politikalar geliştirilmiştir. Dolayısıyla Türkiye'de çevre korunması konusunda sağlam bir normatif alt yapının mevcut olduğunu ifade etmek gerekir.

Uluslararası planda Türkiye'nin özellikle AB çevre politikaları kapsamında çevrenin korunmasıyla alakalı girişimlerinin mevcut olduğunu ifade etmek mümkündür. 27. bölüm kapsamında AB'nin çevre politikaları; "kirliliği ortadan kaldırmayı, azaltmayı ve önlemeyi, doğal kaynakların, ekolojik dengeye zarar vermeyecek biçimde kullanılmasını temin ederek sürdürülebilir kalkınmayı sağlamayı, çevresel zararın kaynağında önlenmesini ve çevreyi korumanın diğer sektörel politikalarla (enerji, ulaştırma v.b.) entegrasyonunu güvence altına almayı amaçlamaktadır." Benzer konuları, BM tarafından belirlenen 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi içerisinde de görmek mümkündür. Buna göre sürdürülebilirlik, sağlıklı çevre ve iklim, su ve karalar gibi doğrudan çevre ile ilgili hususlarda doğrudan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi olarak tanımlanabilecek 9 madde yer almaktadır. Buna göre, "sağlık ve kaliteli yaşam, temiz su ve artma, erişilebilir ve temiz enerji, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar, sorumlu üretim ve tüketim, iklim eylemi, sudaki yaşam ve karadaki yaşam" gibi başlıklar altında çevre alanındaki Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleridir. Dolayısıyla Türkiye kendiliğinden ve kurduğu uluslararası işbirlikleri kapsamında çevre ve çevrenin korunumuna son derece önem vermektedir. Bunu özellikle TÜİK'in yayımladığı çevre koruma harcama istatistiklerinde görmek mümkündür. Bahsi edilen rakamlara göre; "çevre koruma harcamaları, 2023 yılında bir önceki yıla göre %56,8 artarak toplam 224,6 milyar TL olarak gerçekleşmiştir. Çevre koruma harcamalarının %66,8'i mali ve mali olmayan şirketler, %28,1'i genel devlet ve hane halkına hizmet eden kâr amacı olmayan kuruluşlar ve %5,1'i ise hanehalkları tarafından yapılmıştır." ve yine TÜİK rakamlarına göre -hemen hemen her sene- GSYİH'nin %1'e yakını çevre koruma harcamalarına aktarılmaktadır. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi Türkiye'de çevre ve çevrenin korunması; politika, değerler ve uygulama boyutunda üzerinde hassasiyetle durulan bir sorun alanı olarak kabul edilmektedir.

Bütün bu gelişme ve girişimleri veri olarak alan Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, çalıştaylar düzenleyerek ilgili tarafları bir araya getirmiş ve çevresel sorunların yönetilmesine dair önemli adımlar atmıştır. Benzeri bir girişim ise ŞURA Akademi Kent Araştırmaları Dergisi'nin bu sayıdır. Oldukça geniş kapsamlı ve nitelikli bir sayı olarak "Çevre" teması ile çıkan Dergi'nin 8. sayısının ilimize, ülkemize ve insanlığa yararlı olmasını temenni ederiz.

The 8th issue of ŞURA Akademi includes scientific studies of very valuable academicians from different universities under the title “Environment”. The topics of the workshop organized by ŞURA Urban Research Center with the theme “Environment” are covered in this issue. The importance of humanity’s intervention and transformation of nature and its sustainability in order to establish and maintain civilization from past to present is emphasized. These interventions reduce the quality of life by causing environmental degradation. In order to prevent important environmental crises such as global warming, climate change, soil and water pollution, which have become more evident especially in recent times, global initiatives have been launched and significant progress is being achieved in this sense. However, although the point reached is pleasing, it is not satisfactory. Therefore, the environmental issue should be addressed on every platform to create mass awareness. Of course, in every conversation about the environment, sustainability should be particularly emphasized within the scope of protecting the environmental rights of future generations and inheriting a livable environment.

In Turkey, the right to “live in a healthy environment” is regulated and allocated at the Constitutional level. Accordingly, Article 56 of the Constitution states that “Everyone has the right to live in a healthy and balanced environment. “It is the duty of the State and citizens to improve the environment, protect environmental health and prevent environmental pollution.” The importance given to the environment was emphasized and finally, both the State and the citizens were made responsible for the protection of the environment. One of the important initiatives in Turkey within the scope of environmental protection is the Environmental Law No. 2872. Under the heading of purpose in Article 1 of the Law; The main purpose of the law is stated as “to ensure the protection of the environment, which is the common existence of all living things, in line with the principles of sustainable environment and sustainable development”. Therefore, it is possible to understand Turkey’s sensitivity to the environment with a regulation at the legal level. On the same subject, detailed problem definitions and policy formulations were explained under the title “Protection of the Environment” in the 12th Development Plan. Accordingly; “In line with the Sustainable Development Goals (SDGs), the main goal is to ensure the transition to a low-carbon economy that is resistant to the effects of climate change, to protect and manage the environment and natural resources with the understanding of social justice, and to increase the sensitivity and awareness of the society towards the environment.” An important perspective statement was made by saying. Thus, one of the important topics for the 12th Development Plan was determined as “environment”. In this context, important policies have

been developed to protect the environment, from seas to land and air. Therefore, it is necessary to state that there is a solid normative infrastructure regarding environmental protection in Turkey.

It is possible to state that Turkey has initiatives related to environmental protection on the international level, especially within the scope of EU environmental policies. EU’s environmental policies within the scope of chapter 27; “It aims to eliminate, reduce and prevent pollution, ensure sustainable development by ensuring that natural resources are used in a way that does not harm the ecological balance, prevent environmental damage at its source and ensure the integration of environmental protection with other sectoral policies (energy, transportation, etc.)” It is possible to see similar issues in the 17 Sustainable Development Goals determined by the UN. Accordingly, there are 9 items that can be directly defined as Sustainable Development Goals on issues directly related to the environment such as sustainability, healthy environment and climate, water and lands. Accordingly, these are the Sustainable Development Goals in the field of environment under headings such as “health and quality of life, clean water and purification, accessible and clean energy, sustainable cities and communities, responsible production and consumption, climate action, life in water and life on land”. Therefore, Türkiye attaches great importance to the environment and its protection, both spontaneously and within the scope of the international collaborations it has established. It is possible to see this especially in the environmental protection expenditure statistics published by TURKSTAT. According to the mentioned figures; “Environmental protection expenditures increased by 56.8% in 2023 compared to the previous year, reaching a total of 224.6 billion TL. “66.8% of environmental protection expenditures were made by financial and non-financial companies, 28.1% by non-profit organizations serving the general government and households, and 5.1% by households.” And again, according to TUIK figures - almost every year - nearly 1% of GDP is transferred to environmental protection expenditures. As can be understood from these data, the environment and its protection in Turkey; It is accepted as a problem area that is carefully focused on in terms of politics, values and practice.

Taking all these developments and initiatives as data, Kocaeli Metropolitan Municipality organized workshops, brought together the relevant parties and took important steps towards managing environmental problems. A similar initiative is this issue of ŞURA Akademi. We hope that the 8th issue of the Magazine, which is published with the theme of “Environment” as a very comprehensive and qualified issue, will be beneficial to our city, our country and humanity.

Düzenleme ve Editör Kurulu
Editorial Board

İklim Değişikliğinin Tarım ve Hayvancılığa Etkileri

The Effects of Climate Change on Agriculture and Animal Raising

Prof. Dr. Ali KARABAYIR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni, Hayvan Yetiştirme Bölümü, Çanakkale, Türkiye

alikarabayir@comu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-9386-5999

Öz

Bu çalışmada, iklim değişikliğinin tarım ve hayvancılık üzerine olan etkileri ve önlenmesi için neler yapılması gerektiği hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır. İklim değişikliği, yeryüzündeki iklim sistemlerinde uzun süreli ve kalıcı değişiklikler olarak tanımlanmakta olup, sıcaklık artışı, deniz seviyesinin yükselmesi, ekstrem hava olaylarının artışı, biyoçeşitlilik kaybı, insan sağlığı, tarım ve su kaynakları üzerinde önemli etkiler yaratması beklenmektedir. Bu değişikliklerin temel nedenleri arasında fosil yakıt kullanımı nedeniyle atmosferde biriken sera gazları ile ormanlık alanların azalmasına yol açan insan faaliyetleri bulunmaktadır. Artan sera gazı emisyonları, iklim sistemlerini bozmakta ve sıra dışı hava olaylarının sıklığını artırmaktadır. Ülkemizde 2022 yılı toplam sera gazı emisyonu, bir önceki yıla göre %2,4 azalarak 558,3 milyon ton (Mt) karbondioksit eşdeğeri (CO₂-eşd.) olarak hesaplanmıştır. Bu emisyonların %71,8'i enerji kaynaklı, %12,8'i tarım, %12,5'i endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %2,9'u ise atık sektöründen kaynaklanmıştır. Artan sera gazı emisyonları nedeniyle değişen iklim koşulları, tarım ve hayvancılık faaliyetlerini olumsuz etkileyerek ürün kıtlığına, verim kaybına, çiftçi gelirlerinde düşüşe ve kırsal yoksulluğun artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, üretim maliyetlerinin ve gıda fiyatlarının yükselmesine de yol açmaktadır. Bu olumsuzlukların önüne geçmek için sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik hedef ve eylemlere uyulması hayati önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Küresel Isınma, Sera Etkisi, Sera Gazı Emisyonu, Tarım, Hayvancılık

Abstract

This study aims to the effects of climate change on agriculture and livestock and the measures to be taken to reduce these effects. Climate change is defined as long-term and permanent changes in the climate systems on earth. It is expected to significantly affect on temperature increase, sea level rise, extreme weather events, biodiversity loss, human health, agriculture and water resources. The main reasons for these changes include greenhouse gases accumulated in the atmosphere due to fossil fuel use and human activities that lead to the reduction of forest areas. Increasing greenhouse gas emissions disrupt climate systems and increase the frequency of extraordinary weather events. Total greenhouse gas emissions in our country in 2022 were calculated as 558.3 million tons (Mt) of carbon dioxide equivalent (CO₂-eq.), decreasing by 2.4% compared to the previous year. 71.8% of these emissions were energy-related 12.8% from agriculture, 12.5% from industrial processes and product use, and 2.9% from the waste sector. Changing climate conditions due to increasing greenhouse gas emissions negatively affect agricultural and livestock activities, causing product shortages, loss of yield, decrease in farmer incomes and increase in rural poverty. It also leads to increase in production costs and food prices. To prevent these negativities, it is vital to comply with the targets and actions aimed at reducing greenhouse gas emissions.

Keywords: Climate Change, Global Warming, Greenhouse Effect, Greenhouse Gas Emission, Agriculture, Livestock

Giriş

İlk çağlardan itibaren insanoğlu, doğayla iç içe bir yaşam sürmüştür ve temel ihtiyaçlarını karşılamak için doğadan sürekli olarak yararlanmışlardır. Ancak bu süreç, zamanla doğadaki dengenin bozulmasına yol açmıştır. Özellikle sanayi devrimiyle birlikte doğal çevredeki sorunlar daha belirgin hale gelmiş ve insan faaliyetleri, iklimde değişimlere neden olmaya başlamıştır. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren iklimde gözlemlenen bu hızlı değişimler, günümüzün en önemli küresel sorunlardan biri haline gelmiştir.

İklim, bir yerin uzun dönemler boyu değişmeyen sıcaklık, nem, hava basıncı, rüzgar, yağış gibi genel meteorolojik hava olayları olarak tanımlanmaktadır. Bir yerin iklimi, o coğrafyadaki fiziki şartlarla şekillenir. Uzun dönemler boyunca değişmeyen iklimin, bilinen özelliklerinin değişmeye başlaması iklim değişikliği olarak ifade edilmektedir. İklim değişikliğinin ortalama sıcaklık artışı, deniz seviyesinin yükselmesi, ekstrem hava olayları, biyoçeşitlilik kaybı, tarım ve su kaynakları ve insan sağlığı gibi faktörler üzerinde etkili olması beklenmektedir. Sıcaklık artışları kuraklık ve su kıtlığına, aşırı yağışlar ve fırtınalar sel ve toprak kaymalarına, deniz seviyelerinin yükselmesi kıyı bölgelerinde erozyon ve tuzlu suyun tatlı su kaynaklarına karışmasına neden olacaktır. Bu iklimsel değişikliklere fosil yakıt kullanımıyla atmosferde artan sera gazları ve ormanlık alanların azalmasına neden olan insan faaliyetleridir. Günümüzde insan kaynaklı doğal iklim değişimi, yerini küresel ısınmaya bağlı iklim değişimine bırakmıştır. İnsan faaliyetleri sonucunda CO₂, CH₄, N₂O gibi sera gazı emisyonlarının atmosferde yoğun bir şekilde artması sonucunda, yeryüzüne yakın tabakaları ile yeryüzü sıcaklığının yapay olarak yükselme süreci "küresel ısınma" olarak ifade edilmektedir. Küresel ısınmaya bağlı olarak, yağış, nem, hava hareketleri, kuraklık vb. diğer iklim unsurlarının değişmesi de "küresel iklim değişikliği" şeklinde ifade edilmektedir (Bozoğlu ve ark., 2003; Doğan, 2005; Köknaroglu ve Akunal, 2010).

Sanayi devrimi ile artış eğilimine giren iklim değişikliği sorunu ilk olarak 1997 yılında Japonya-Kyoto'da uluslararası boyutta görüşülmüş ve hazırlanan Kyoto Protokolü 2005 yılında resmen yürürlüğe girmiştir. Bu protokolü imzalayan yaklaşık 160 ülke, iklim ve çevre sorununa neden olan altı sera gazının (karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), kükürt heksaflorür (SF₆), hidroflorokarbon (HFC) ve perflorokarbonlar (PFC) salınımını azaltmayı kabul etmişlerdir. Protokole göre ülkeler, atmosfere saldıkları karbon miktarını %5.2 oranında azaltarak 1990 yılındaki düzeylere düşürmeyi kabul etmişlerdir (Özmen, 2009). Cancun ve Durban Konferansları, Paris Anlaşması'nın kabul edilmesine yol açan müzakerelerin temelini oluşturmuştur. Sonrasında düzenlenen Cancun Anlaşmaları, küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi devrimi öncesi seviyelerin 2°C altında tutmaya yönelik uzun vadeli bir hedef belirlemiştir. Durban Konferansı, Sözleşme kapsamındaki çok taraflı kurallara dayalı rejimi güçlendirmek amacıyla "Sözleşme kapsamında tüm taraflar için geçerli yasal güce sahip bir protokol, başka bir yasal araç veya üzerinde anlaşmaya varılmış bir sonuç geliştirmek için bir süreç" başlatmıştır (İDB, 2024).

İklim değişikliği ile mücadele çabalarına ivme kazandırmak ve daha istekli hedefler koymak için hazırlanan Paris Anlaşması, 12 Aralık 2015'te Fransa'nın Paris kentinde düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21. Taraflar Konferansı'nda (COP21) 196 ülke tarafından kabul edilmiş ve 4 Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Genel hedefi, küresel ortalama sıcaklık artışını sanayileşme öncesi döneme göre 2°C'nin altında tutmak ve mümkünse 1,5°C ile sınırlamak olan Paris Anlaşması; iklim değişikliği konusunda yasal olarak bağlayıcı uluslararası bir anlaşmadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ye göre küresel ısınmanın 1,5°C ile sınırlandırılması için sera gazı emisyonlarının en geç 2025 yılından önce zirve yapması ve 2030 yılında 2019 yılına göre %45 oranında azaltılması, yüzyıl ortasında ise net sifıra ulaşılması gerekmektedir. Paris Anlaşması çok taraflı iklim değişikliği sürecinde bir dönüm noktasıdır. Çünkü ilk kez bir anlaşma tüm ülkeleri iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve etkilerine uyum sağlamak üzere bir araya getirmektedir (İDB, 2024). Günümüzde iklim değişikliği konusunda uluslararası çalışmalara ve toplantılara devam edilmektedir. Birleşmiş Milletler (BM) İklim Değişikliği Tarafları Konferansı-COP29 ismiyle gerçekleşen bu toplantıların en sonuncusu küresel ısınma ve sera gazı salınım oranlarını azaltma amacıyla 11-22 Kasım 2024 tarihlerinde Azerbaycan'ın başkenti Bakü'de 196 ülkenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada iklim değişikliğinin tarım ve hayvancılık üzerine olan etkileri ve önlenmesi için neler yapılması gerektiği hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

Sera Etkisi ve Sera Gazı Emisyonları

Güneşten gelen ışınlar atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşır. Yeryüzüne ulaşan enerjinin %30'u uzaya geri yansırken, yaklaşık yüzde 70'i atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşır. Karalar, okyanuslar ve atmosfer tarafından emilerek gezegeni ısıtır. Güneş ışınlarının bir kısmı ise yeryüzüne çarptıktan sonra uzay boşluğuna geri yansır. Isınan kara ve denizler ise sıcaklık farklarından dolayı soğumaya başlar. Karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), su buharı (H₂O) ve

diğer sera gazları ise dünyadan geri yansıyan bazı kızılötesi ışınları soğurarak bu ışınları yeryüzüne geri yansıtır (Şekil 1; Anonim, 2024a). Yeryüzündeki bitkiler kısa dalga boylu (yüksek enerjili) ışığı fotosentezde kullanarak besin ve oksijen üretir. Bu sürecin sonunda bitkiler ve bitkilerle beslenen hayvanlar tarafından çevreye ise uzun dalga boylu (düşük enerjili) ışık yayılarak yeryüzünde sıcaklığın artmasına neden olurlar. Sera etkisi olarak bilinen bu süreç, dünyanın genel sıcaklığının daha fazla artmasına neden olur (Özmen, 2009; Anonim, 2024b). Sera etkisi dünya üzerindeki yaşamın devamlılığı için önemli bir olaydır.



Şekil 1. Sera Etkisinin Şematik Gösterimi.

Sera gazlarını karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitrozoksit (N₂O), kidroflorürkarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs), sülfürhekzaflorid (SF₆) gibi gazlarından oluşan ve atmosferde ısı tutma özelliğine sahip bileşikler oluşturur. Bu gazların atmosfere verilen miktarına sera gazı emisyonu adı verilir. Atmosferin çevresinden, yeryüzünde meydana gelen ısıların dışarıya çıkmasını engelleyerek ısının yeryüzüne tekrar geri döndürür. Bu süreç yeryüzünde sıcaklığın artmasına yol açar. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları sera etkisini güçlendirerek iklim değişikliği ve küresel ısınmaya neden olmaktadır (Ekolçevre, 2024).

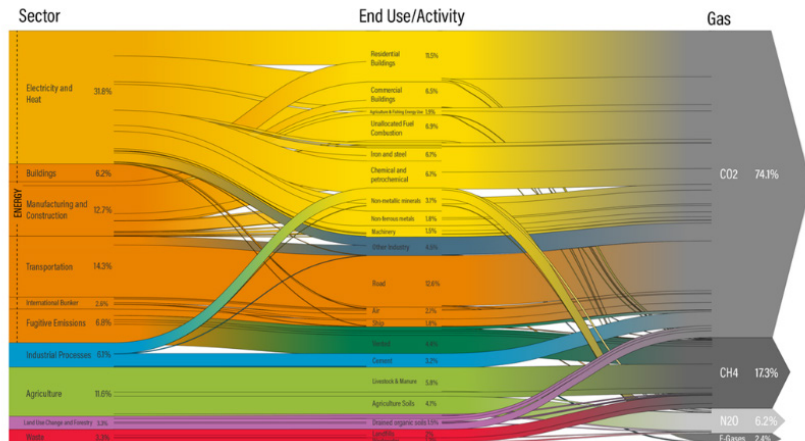
Sera gazı salınımı ile yeryüzünde iklimler değişmekte ve sıra dışı hava olaylarının sayısı ile sıklığı da artmaktadır. Ülkemizde tarım ve hayvancılık sektörü, gerek kırsal ekonomik yapının ağır basması gerekse gelişen hayvancılığa dayalı sanayinin olması nedeniyle küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Tarım sektörü özellikle bitkisel üretim boyutuyla doğrudan etkilenirken hayvancılık ise yem bitkileri üretimi boyutuyla dolaylı olarak etkilenmektedir. Ayrıca hayvancılık sektöründe sıcaklıklarını konfor sınırlarının üzerine çıkararak hayvanlarda stres, verim düşüklüğü, hastalık ve mortalitenin artması, fertilitenin ve refahın azalması gibi özellikleri doğrudan etkiler.

Hayvansal üretim, sera gazı salınımını artıran bir faktör olmakta ve artan sera gazları da yeryüzünde iklim değişikliğine yol açmaktadır. Değişen iklimler (bölgesel/yerel aşırı sıcaklık, ani yağışlar) ise direkt (hastalıklar, verim düşüklüğü ve ölüm gibi) veya dolaylı (yem üretiminin azalması gibi) yollardan hayvansal üretimi olumsuz yönde

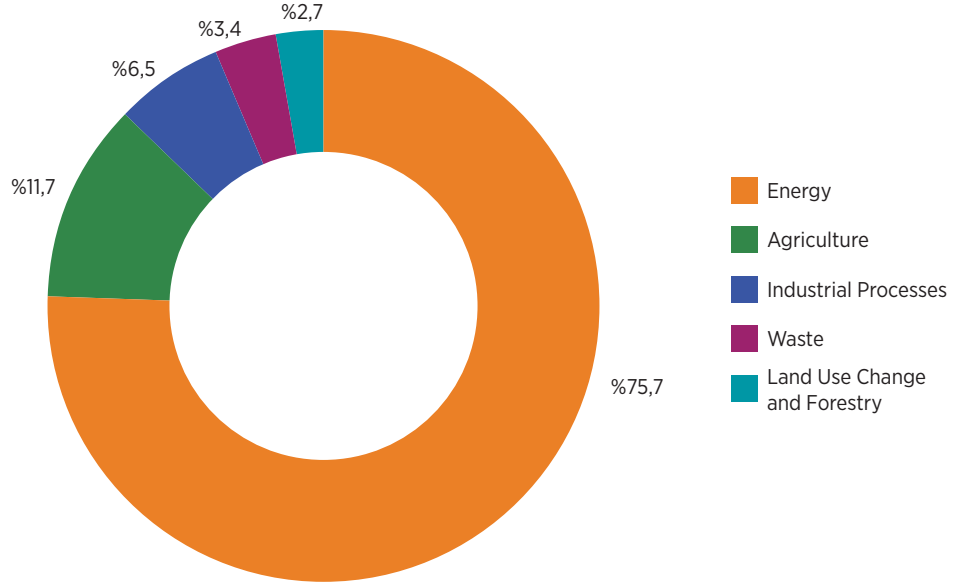
etkilemektedir. Yani iklim değişikliği ve hayvancılık arasında çift yönlü bir etkileşimden söz etmek mümkündür. Hayvancılık sektörü, hayvan kaynaklı sera gazları nedeniyle iklim değişikliğini etkileyen ve bu değişen iklimten de olumsuz anlamda etkilenen bir yapı sergilemektedir (Dellal, 2008; Görgülü ve ark., 2009).

Dünyada ve ülkemizde sera gazı emisyonuna yol açan sektörlerin etkileri giderek artmaktadır. Dünyada sera gazı salımına sebep olan ülkelerin başında Çin, ABD, Hindistan, Rusya ve Japonya gelmektedir. Sanayiye gelişmiş ya da hızla gelişmekte olan bu beş ülkenin birincil enerji tüketiminde de dünyada ilk beşte yer aldığı görülüyor. Bununla birlikte 2020 nüfus verilerine bakıldığında beş ülkenin üçü yani Hindistan Çin ve ABD dünyanın en kalabalık ilk üç ülkesi konumunda, Rusya 9, Japonya ise 10. sırada yer alıyor (Büyüktunca, 2023).

Dünyada iklim değişikliğine en çok etki eden sektörler arasında enerji, ulaşım, sanayi, tarım ve ormansızlaşma öne çıkmaktadır. Küresel sera gazı emisyonlarına etki eden sektörler Şekil 2'de gösterilmiştir (WRI, 2024a). 2021 yılına göre küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %75,7'i enerji sektöründen kaynaklanmaktadır (Şekil 3; WRI, 2024b). Bu duruma fosil yakıtların enerji üretiminde yoğun bir şekilde kullanılması sebep olmaktadır. Toplam emisyonların %11,7'ni tarım sektörü, %6,5'ni, sanayi sektörü, %3,4'nü atıklar, %2,7'ni arazi kullanım değişimi ve ormanlar oluşturmaktadır (WRI, 2024b). Küresel sera gazı emisyonları 1990 yılından 2021 yılına kadar %51 artmıştır (WRI, 2024b). Küresel sera gazı emisyonlarının gazlara göre dağılımında %74,1 CO₂, %17,3 CH₄, %6,2 N₂O, %2,4 F-gazlar oluşturmaktadır (WRI, 2024a).



Şekil 2. Dünya 2021 Yılı Sektörel Düzeyde Sera Gazı Emisyonu.

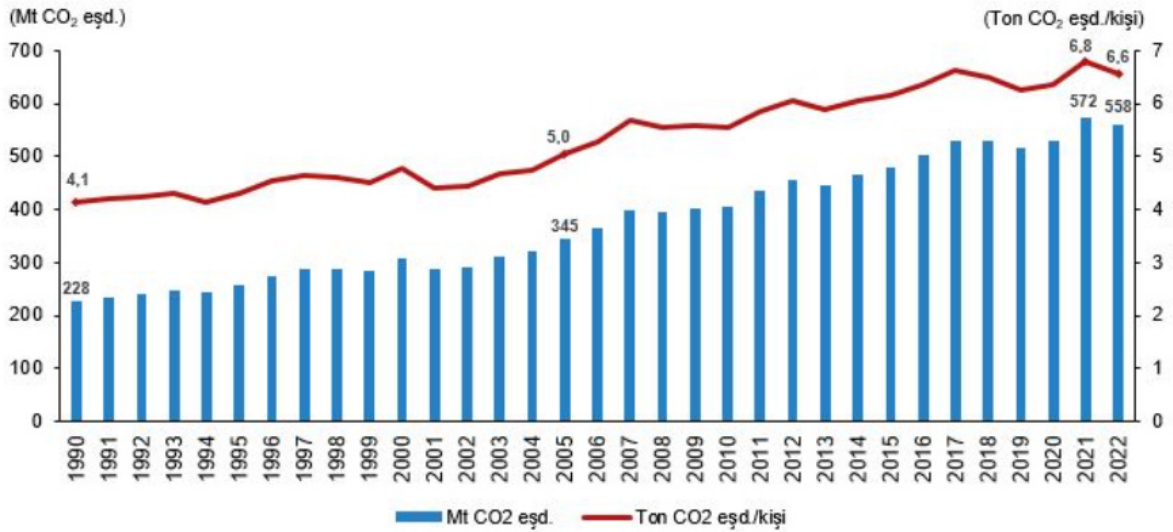


Şekil 3. Dünya 2021 Yılı Sektörel Düzeyde Sera Gazı Emisyonu.

Ülkemizde sera gazı emisyonlarının yıllar itibarıyla değişimler görülmektedir (Şekil 4; TÜİK, 2024). Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık (AKAKDO) sektörü hariç toplam sera gazı emisyonlarını 2021 yılında 564,4 Mton CO₂-eşd olarak hesaplanmıştır. Bu, 2020 yılına kıyasla emisyonlarda 40,4 Mton veya %7,7'lik bir artış ve 1990 yılına kıyasla %157,1'lik bir artış anlamına gelmektedir (İDB, 2024). 2022 yılı toplam sera gazı emisyonu 2021 yılına göre %2,4 azalarak 558,3 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğeri (eşd.) olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2024). Bu düşüş,

çevre koruma ve sürdürülebilirlik yönünde atılan adımların olumlu etkisini göstermektedir.

Ülkemizde toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu içeren değerler Şekil 4'de gösterilmiştir. Kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4,1 ton CO₂ eşd., 2021 yılında 6,8 ton CO₂ eşd. ve 2022 yılında 6,6 ton CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2024). Bu veriler, nüfus artışı ve sanayileşme gibi faktörlere rağmen kişi başı emisyonların kontrol altında tutulabildiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Türkiye 1990-2022 Yılları Arası Toplam ve Kişi Başı Sera Gazı Emisyonu.

Ülkemizde yıllar itibarıyla sektörlere göre sera gazı emisyonları Tablo 1'de sunulmuştur (TUIK, 2024). Enerji sektörü emisyonları 2022 yılında, 1990 yılına göre %179,8 artmakla beraber 2021 yılına göre %1,4 azalarak 400,6 Mt CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları 1990 yılına göre %208,1 artmakla beraber 2021 yılına göre %6,4 azalarak 69,9 Mt CO₂ eşd. olarak bulunmuştur. Tarım sektörü emisyonları 2022 yılında, 1990 yılına göre %37,9 artmakla beraber 2021 yılına göre %5,1

azalarak 71,5 Mt CO₂ eşd. olarak verilmiştir. Bu durum, tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirlik çerçevesinde yönetilmesinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Atık sektörü emisyonları ise 1990 yılına göre %57,7 ve 2021 yılına göre de %5,5 artarak 16,3 Mt CO₂ eşd. ulaşmıştır. Bu sonuç, atık yönetiminde görülen bu artışın kontrol altına alınması için iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 1: Türkiye 1990-2022 Yılları Arası Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları.

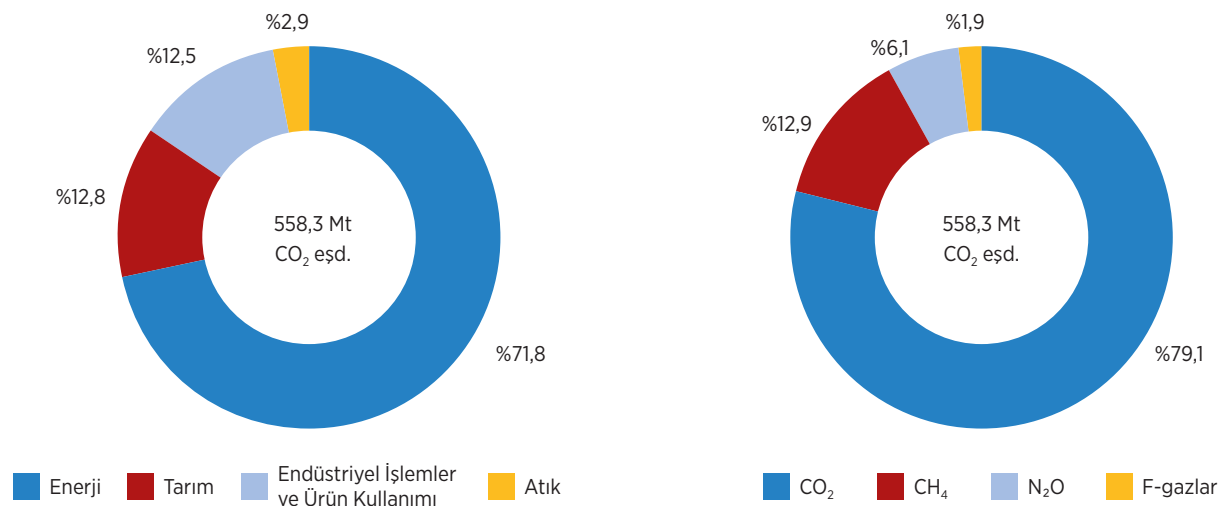
(Milyon ton CO₂ eşd.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	1990-2022 değişim %	2021-2022 değişim %
Toplam emisyon	228,0	256,5	306,4	344,8	405,3	480,1	530,2	572,0	558,3	144,9	-2,4
Enerji	143,1	170,0	219,8	247,7	290,9	344,0	369,5	406,5	400,6	179,8	-1,4
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	22,7	25,4	26,1	34,0	48,6	59,2	67,2	74,7	69,9	208,1	-6,4
Tarım	51,8	49,0	46,0	46,3	47,7	59,2	76,4	75,4	71,5	37,9	-5,1
Atık	10,3	12,1	14,5	16,9	18,1	17,7	17,0	15,4	16,3	57,7	5,5

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Ülkemizde 2022 yılı toplam sera gazı emisyonu 558,3 milyon ton (Mt) CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonlarında CO₂ eşd. olarak en büyük payı %71,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla

%12,8 ile tarım, %12,5 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %2,9 ile atık sektörü takip etmiştir. Gazlara göre toplam sera gazı emisyonunda CO₂ %79,1, CH₄ %12,9, N₂O %6,1, F-gazlar %1,9 paya sahiptir (Şekil 5; TUIK, 2024).



Şekil 5. Türkiye 2022 Yılı Sektörlere ve Gazlara Göre Sera Gazı Emisyon Oranları.

Ülkemizde yıllar itibarıyla gazlara göre sera gazı emisyonu değerleri Tablo 2'de verilmiştir (TUIK, 2024). 2022 yılı toplam sera gazı emisyonu 558,3 milyon ton (Mt) CO₂ eşd. olarak bulunmuştur. Bu değer gazlara göre dağılımında CO₂ emisyonu 441,4 Mt CO₂ eşd., CH₄ 72,2 Mt CO₂ eşd., N₂O 34,3 Mt CO₂ eşd., F gazlar 10,4 Mt CO₂ eşd. olarak verilmiştir (TUIK, 2024).

Sera gazı CO₂ emisyonlarındaki en büyük payı enerji kaynaklı emisyonlar oluşturmaktadır. Toplam CO₂ emisyonlarının 2022 yılında %86,6'sı enerji sektöründen, %13,1'i endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen,

%0,3'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır. Bu durum, enerji sektörünün CO₂ emisyonlarındaki ağırlığını net bir şekilde ortaya koymaktadır. CH₄ emisyonlarının %60,5'i tarım, %19,9'u enerji, %19,6'sı atık ve %0,02'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen gelmektedir. Tarım sektöründeki metan salımı, özellikle hayvancılık faaliyetlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. N₂O emisyonlarının ise %77,9'u tarım, %11,2'si enerji, %6,2'si atık ve %4,6'sı da endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmıştır. Tarım sektöründe kullanılan gübreler, N₂O emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Anonim, 2024c).

Tablo II: Türkiye 1990-2022 Yılları Arası Gazlara Göre Sera Gazı Emisyonları.

(Milyon ton CO₂ eşd.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	1990-2022 değişim %	2021-2022 değişim %
Toplam emisyon	228,0	256,5	306,4	344,8	405,3	480,1	530,2	572,0	558,3	144,9	-2,4
CO ₂	154,1	184,1	232,4	267,0	317,6	386,3	414,4	455,2	441,4	186,4	-3,0
CH ₄	51,3	50,8	51,5	53,3	60,1	60,5	73,5	73,9	72,2	40,8	-2,4
N ₂ O	22,2	21,2	22,0	23,1	24,4	28,6	36,1	35,9	34,3	54,6	-4,5
F-gazlar	0,4	0,4	0,5	1,4	3,2	4,6	6,2	6,9	10,4	2349,0	50,6

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

2022 yılı emisyon verileri, Türkiye'nin çevreyi koruma ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik attığı adımların olumlu sonuçlarını yansıtmaktadır. Bu çabaların sürdürülmesi ve daha da artırılması büyük önem taşımaktadır. Türkiye, 2030 yılı için sera gazı emisyonlarını azaltma hedefini %21'den %41'e yükseltmiş ve 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşmayı taahhüt etmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve etkin atık yönetimi konularında kararlı adımların atılması gerekmektedir (Anonim, 2024c).

İklim Değişikliği ve Etkileri

İklim değişikliği yeryüzünde birçok doğa olayında ani değişimlerin yaşanmasına sebep olmaktadır. Doğal denge nin bozulmasına yol açan bu değişimleri, küresel ısınma, buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, biyoçeşitliliğin azalması, tarım, sağlık ve sosyal boyutlar üzerine olan etkileri olarak sıralanabilir.

Küresel Isınma ve Hava Sıcaklığı Artışı: İklim değişikliğinin en belirgin etkisi dünya sıcaklık ortalamasının

artmasıdır. Sıcaklıkların artması, mevsimlerin kayması, şiddetli hava olaylarının daha sık yaşanması gibi iklim değişikliklerine yol açmaktadır. Bu durumda kuraklık, içilebilir ve sulama suyunun azalması ve toprak kalitesinin bozulması, sel, kasırga, orman yangınlarının artması gibi ekstrem hava olayları daha yaygın hale gelmektedir. Bu değişimler, öncelikle tarım ve hayvancılık gibi sektörü olumsuz olarak etkilemektedir.

Buzulların Erimesi: Sıcaklık artışları kutup bölgelerinde ve dağlardaki buzulların hızla erimesine neden olmaktadır. Buzulların erimesi ve okyanus sularının genleşmesi nedeniyle deniz seviyelerinin yükselmesine neden olur. Bu durum, sahil bölgelerindeki yerleşim yerlerini ve ekosistemleri tehdit etmekte, kıyı bölgelerinde su baskınlarına ve habitat kayıplarına sebep olmaktadır.

Biyoçeşitliliğin Azalması: İklim değişikliği, birçok türün yaşam alanlarını olumsuz etkileyerek biyoçeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Bazı türler adaptasyon sağlayamazken, bazıları tamamen yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. İklim olaylarındaki normal dışındaki değişimler (kuraklık) karşısında bitkiler ve

hayvanların hastalık ve zararlılara direnç ve adaptasyon noktasında ciddi sıkıntılar yaşamaması beklenmektedir. Bu sıkıntılar, türlerin dağılımdaki değişiklikler, nesli tükenen canlıların sayısındaki artışlar, üreme dönemine yönelik farklılıklar ve bitkiler için büyüme mevsiminin uzunluğundaki değişiklikler olarak ortaya çıkacaktır (Bharali and Khan, 2011).

Tarım Üzerindeki Etkiler: Değişen iklim koşulları, tarım ve hayvancılık faaliyetlerini olumsuz etkileyerek verimlilikte azalmaya ve gıda güvenliğinde risklere yol açmaktadır. Kuraklık, aşırı yağışlar ve sıcak hava dalgaları tarımsal ürünlerinin yetiştirilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca iklim değişikliğinin neden olduğu kuraklık ve aşırı yağışlar, “ürün kıtlığına, verimin azalmasına ve çiftçi gelirinin düşmesi ile ağırlaşmış kırsal yoksulluğa yol açarak üretim maliyetinin artmasına neden olacaktır. Bu durum gelecekte gıda fiyatlarının artmasına yol açacaktır (Dumrul ve Dumrul, 2017).

Sağlık Üzerindeki Etkiler: İklim değişikliği, sıcaklıkların aşırı artışı, hava kirliliği, alerjenlerin yayılması ve çeşitli hastalıkların görülme sıklığının artması gibi pek çok sağlık sorununu beraberinde getirmektedir. İnsan sağlığı üzerinde sıcak hava dalgaları, kalp ve solunum yolu hastalıklarına yol açabilmektedir (Türker ve Ecevit, 2017). Sel ve su taşkınları, su kaynaklarının kirlenmesine ve bulaşıcı hastalıkların yayılmasına yol açmaktadır. Ayrıca, gıda üretimindeki azalma, yetersiz beslenme riskini artırmaktadır.

Sosyal ve Siyasi Etkiler: İklim değişikliği, toplumlar arasında sosyal ve siyasi sorunlara yol açabilmektedir. Su kıtlığı ve gıda üretiminin azalması kırsaldan kentlere, bir ülkeden başka bir ülkeye göç hareketlerini artırarak sosyal sorunlara ve çatışmalara sebep olacaktır. Bu olumsuzlukların önlenmesi için uluslararası işbirliği ve toplumsal dayanışmaların artırılması gerekmektedir.

Bu etkiler, küresel ısınmanın sadece çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal boyutlarda da ciddi sonuçlar doğurduğunu göstermektedir.

İklim Değişikliğinin Tarım Üzerine Olası Etkileri

İklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışları ve değişen yağış desenleri, kuraklık riskini artırarak su kaynaklarının azalmasına ve su kıtlığına yol açmaktadır. Bu durum, tarımsal sulama için gerekli su miktarını azaltarak ürün verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Artan CO2 seviyeleri, toprak verimliliği üzerinde de olumsuz etkiler

yaratmaktadır. Toprak erozyonu, tuzlanma ve diğer toprak sorunları tarımsal üretimi zorlaştırırken ürün kalitesini düşürmektedir.

Yükselen sıcaklıklar, bazı bitkilerin fotosentez kapasitesini ve büyüme hızını düşürmekte, bitkileri strese sokmaktadır. Ayrıca tarım zararlılarının ve bitki hastalıklarının yayılımını ve etkisini artırmaktadır. Daha sık ve şiddetli yaşanan aşırı hava olayları (sel, fırtına, don gibi), ekinlerin zarar görmesine ve tarımsal üretimin azalmasına neden olmaktadır.

Tarımsal üretimdeki bu düşüş, gıda arzını tehdit ederek fiyat artışlarına yol açmakta ve çiftçilerin finansal risklerini artırmaktadır. Çiftçilerin, değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilmek için yenilikçi tarım teknikleri benimsemeleri ve iklime dayanıklı ürün çeşitleri geliştirmeleri gerekmektedir.

İklim değişikliğinin tarım üzerindeki olası etkileri, hem tarımsal üretim hem de gıda güvenliği açısından ciddi zorluklar yaratmaktadır. Bu durum, tarım sektöründe sürdürülebilir uygulamalara geçişi ve iklim değişikliği ile mücadele stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu stratejiler, hem tarımsal üretim kayıplarını azaltmayı hem de gıda arzını güvence altına almayı hedeflemelidir.

İklim Değişikliğinin Hayvancılık Üzerine Olası Etkileri

Sıcaklık artışları, hayvanlarda termal strese yol açarak sağlık ve üretkenliği olumsuz etkiler. Bu durum, süt, et ve yumurta veriminde düşümlere neden olabilmektedir. Su kıtlığı, hayvanların su ihtiyacını karşılamada zorluklar yaratırken, yetersiz su alımı sağlık sorunları ve verim kaybına yol açacaktır. Ayrıca, su kaynaklarının azalması ve meraların bozulması, hayvancılık faaliyetlerinin daha uygun bölgelere taşınmasını zorunlu hale getirecektir. Yüksek sıcaklıklar, meraların kuruması ve kalitesinin düşmesine neden olarak hayvanların yeterli ve besleyici otlak bulmasını zorlaştıracaktır. Bu durum, hayvanların beslenme sorunları yaşamamasına ve yem bitkisi üretiminin azalmasıyla yem maliyetlerinin artmasına yol açacaktır. Ekonomik baskılar, hayvancılık işletmelerini ciddi şekilde zorlayacaktır.

Bununla birlikte, sıcaklık ve nem artışları, hayvan hastalıklarının ve zararlılarının yayılımını artıracaktır. Bazı patojenler ve parazitler, iklim değişikliğiyle birlikte daha hızlı çoğalır ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratırlar. Artan sıcaklık, bazı hayvan türlerinin ve

ırlarının adaptasyon yeteneğini sınırlandırarak genetik çeşitliliğin azalmasına yol açabilecektir. Bu durum, hayvanların çevresel değişikliklere karşı daha savunmasız hale gelmesine neden olacaktır.

İklim değişikliği, hayvancılığı hem doğrudan (hastalıklar, verim düşüşü, ölüm) hem de dolaylı (yem üretiminin azalması) yollarla etkiler. Hayvancılık sektörü ise, hayvan kaynaklı sera gazı emisyonları yoluyla iklim değişikliğine katkıda bulunmakta ve aynı zamanda bu değişikliklerden olumsuz etkilenmektedir.

İklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki bu etkileri, sektörün sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği açısından ciddi zorluklar yaratmaktadır. Bu sorunlarla başa çıkabilmek için hayvancılık sektöründe iklim değişikliğine uyum sağlayacak stratejiler geliştirilmesi ve uygulamaya konulması gereklidir.

İklim Değişikliğinin Olası Etkilerinin Azaltılmasına Yönelik Çalışmalar

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Geçiş: Fosil yakıtlardan (kömür, petrol, doğal gaz) elde edilen enerjinin yerine güneş, rüzgar, hidroelektrik ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırılmalıdır. Bu, sera gazı emisyonlarını büyük ölçüde azaltır.

Enerji Verimliliği ve Tasarrufu: Binaların, ulaşım araçlarının ve sanayi tesislerinin enerji verimliliğini artırmak, enerji tasarrufu sağlar. Daha az enerji tüketimi, daha az sera gazı salınımı demektir. Bu amaçla enerji tasarruflu ampuller ve cihazlar tercih edilmelidir.

Ormanların Korunması ve Ağaçlandırma: Ormanlar, CO₂ emerek atmosfere salınan sera gazlarını azaltır. Ormanların korunması, mevcut ormanların tahrip edilmesinin önlenmesi ve yeni ormanların oluşturulması gerekmektedir.

Sürdürülebilir Tarım ve Hayvancılık: Sürdürülebilir tarım yöntemleri, toprağın verimliliğini koruyarak ve sera gazı emisyonlarını azaltarak küresel ısınma ile mücadelede katkıda bulunur. Organik tarım, döngüsel tarım ve düşük emisyonlu hayvancılık uygulamaları teşvik edilmelidir. Döngüsel tarım, tarımsal atıkların kompost edilerek yeniden kullanılması, toprak sağlığını iyileştirir ve kimyasal gübre kullanımını azaltır. Organik tarım, kimyasal gübreler ve pestisitler yerine doğal yöntemlerin kullanılması, toprağın ve suyun kirlenmesini önler. Doğru sulama teknikleri damla sulama ve yağmurlama gibi su tasarrufu sağlayan sulama teknikleri, su kaynaklarının verimli

kullanılmasını sağlar. Toprak koruma, erozyon kontrolü, toprağın verimliliğini koruyarak uzun vadede daha sürdürülebilir bir tarım ortamı sağlar. Bitki rotasyonu, farklı bitkilerin sırayla ekilmesi, toprağın besin maddelerini korumasına ve hastalıkların önlenmesine yardımcı olur. Düşük emisyon sağlayan sürdürülebilir hayvancılık uygulamaları kapsamında; Doğal yem ve meralar, hayvanların doğal meralarda beslenmesi, yem üretimi için kullanılan enerjiyi ve sera gazı emisyonlarını azaltır. Besi yönetimi teknikleri, hayvanların sağlıklı büyümesini sağlar ve çevresel etkilerini azaltır.

Atık Yönetimi: Atıkların geri dönüştürülmesi, yeniden kullanımı ve organik atıkların kompostlanması gibi atık yönetimi uygulamaları, sera gazı emisyonlarını azaltır. Hayvancılık atıklarının biyogaz üretimi için kullanılması, enerji üretimini artırırken çevre kirliliğini azaltır.

Ulaşımında Değişiklikler: Daha az karbon salınımı yapan ulaşım araçları tercih edilmelidir. Elektrikli ve hibrit araçlar, toplu taşıma sistemlerinin iyileştirilmesi ve bisiklet kullanımı teşvik edilmelidir. Ayrıca, yürüyüş ve bisiklet yolları artırılmalıdır.

Eğitim ve Farkındalık: Halkın küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Eğitim programları ve farkındalık kampanyaları ile bireylerin ve toplumların bu konuda aktif rol almaları sağlanmalıdır.

Bu adımların yanı sıra, küresel ve ulusal politikaların da küresel ısınma ile mücadeleye odaklanması gerekmektedir. Hükümetler ve uluslararası organizasyonlar, bu konuda iş birliği yaparak etkili çözümler geliştirmelidir.

Türkiye'de İklim Değişikliğini Azaltım Çalışmaları ve Stratejileri

Tarım sektöründe iklim değişikliğini azaltım çalışmaları kapsamında, bilinçli gübre kullanımının sağlanması, sulama, toprak işleme, tarımsal ilaçlama gibi konularda modern teknikler kullanılarak emisyonların sınırlandırılması, organik tarım ve kuraklığa dayanıklı bitki türleri ile sertifikalı tohum üretiminin ve kullanımının desteklenmesi, toprakta karbon tutumunu artıracak teknikler geliştirilecektir. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan metan emisyonlarını azaltmak amacıyla, hayvancılıkta uygun besleme metotlarının seçilmesi, gübre yönetimi ve çeltik tarımında iyi drenaj koşulları yaygınlaştırılacaktır (İDB, 2024).

Tarımsal sera gazı emisyonlarına etki eden bitkisel ve

hayvansal üretimden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının artış hızını azaltmak amacıyla ülkemizde gübre tüketim envanterinin hazırlanması, analize dayalı gübre kullanımının yaygınlaştırılması, hayvansal gübre kullanımının artırılması, mera hayvancılığının yaygınlaştırılması, enterik fermantasyondan kaynaklanan metan gazı üretiminin azaltılması, et ve süt üretimi konusunda genetik performansı yüksek hayvansal üretimin sağlanması, hayvansal gübrelerin yönetimi, kullanımı ve biyogaz üretim tesislerinin kurulması eylemlerine yer verilmesi planlanmaktadır.

Tarım sektörüne yönelik iklim değişikliği ile mücadele ve sera gazı azaltımı için çiftçi odaklı "İklim Dostu Tarımsal Destekleme Modeli" oluşturulması, ekosistem odaklı gıda üretim modeli oluşturularak tarım-gıda değer zinciri sürdürülebilir ve döngüsel hale getirilmesi, tarımsal üretimde kimyasal gübre ve bitki koruma ürünlerinin kaynak verimli tüketimi sağlanması, organik tarımın ülkemizde geliştirilmesi için üretim alanlarının ve miktarlarının artırılması, tarım ve atık sektörleri kaynaklı metan emisyonlarının yönetimi ve değerlendirilmesi, tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımını azaltabilmek için yeni nesil etkili gübre üretim teknolojileri ve nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ ve sensor teknolojileri temelli gübreleme sistemlerinin geliştirilmesi, sıfır atık hedefi doğrultusunda tarım ve gıda sektöründeki artıklardan ekonomik değeri yüksek biyogübre (kompost, organomineral, mikrobiyal), protein, besinsel lif ve biyoaktif madde üretimine yönelik yeşil ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi konularında çalışmaların yapılması hedeflenmektedir.

Tarım sektöründe sera gazı azaltımı ile ilgili olarak traktörlerin ve biçerdöverlerin enerji verimliliği ile yenilenmesinin özendirilmesi, enerji verimli sulama yöntemlerine geçilmesi, tarım sektöründe enerji verimliliği projelerinin desteklenmesi, tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının özendirilmesi, biyokütle elde etmek amacıyla tarım yan ürün ve atık potansiyelinin belirlenmesi ve kullanımının teşvik edilmesi ve su ürünleri sektöründe enerji verimliliğinin desteklenmesi yer almaktadır.

Tarım sektörü stratejileri kapsamında, sera gazı emisyonlarına en çok katkı yapan faaliyetler başta olmak üzere emisyonların azaltılması, verimliliğin artırılması, kayıp, atık ve artık ve toprak yönetiminin etkinleştirilmesi, eylemlerin gerçekleştirilebilmesi için finansman olanaklarının sağlanması, eğitim ve kapasite geliştirme faaliyetlerini kapsayan stratejilere uygun eylem planları yapılmıştır (İDB, 2024).

Hayvancılık Kaynaklı Metan Emisyonlarının Azaltılması: Tarım kaynaklı sera gazı emisyonları içinde en yüksek payı hayvancılık kaynaklı emisyonlar almaktadır. Bu nedenle hayvancılık ile ilgili düzenlemeler Türkiye'nin tarım kaynaklı emisyon azaltımında daha önceliklidir.

Dünyada hayvancılıkta emisyon azaltımı seçenekleri, üretim ve kaynak kullanımında verimliliğinin artırılmasına odaklıdır. Hayvan genetik ıslahı, besleme, sağlık, yönetim vb. iyileştirmeler, hayvan gübresinin yeniden kullanılması, yenilenebilir enerjiye yönlendirilmesi (biyogaz), entansif üretimin sürdürülebilir olmasının sağlanması, mera üzerinde hayvan yönetiminde düzenlemeler (münavebeli otlatma, yenileyici otlatma) büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkta emisyon azaltıcı pratik uygulamalar olarak önerilmektedir. Aynı zamanda, sağlıklı, sürdürülebilir gıda ve yem üretiminin sağlanması ve alternatif kaynakların geliştirilmesi stratejisine yönelik olarak, kümes hayvanı eti ve yumurta gibi düşük emisyonlu gıdalara ve bitki bazlı alternatif protein kaynaklarına yönelmek, hücresel tarımın (hayvansal proteinler ve tüm hücreler, biyoreaktörlerde üretilmektedir) araştırılması, hayvan yemi alanında alternatif protein kaynakları arayışı, soya gibi yüksek proteinli yemler yerine sentetik amino asit, alg, mantar, mikrobiyal protein ve böceklerin kullanımının geliştirilmesi, yem katkı maddeleri (bitkisel yağlar, deniz yosunu vb.) ile enterik metan emisyonlarının azaltılması gibi uygulamalar hayvancılık kaynaklı emisyon azaltım seçenekleridir.

Dünyada hayvancılıkta emisyon azaltımı seçenekleri, üretim ve kaynak kullanımında verimliliğinin artırılmasına odaklıdır. Hayvan genetik ıslahı, besleme, sağlık, yönetim vb. iyileştirmeler, hayvan gübresinin yeniden kullanılması, yenilenebilir enerjiye yönlendirilmesi (biyogaz), entansif üretimin sürdürülebilir olmasının sağlanması, mera üzerinde hayvan yönetiminde düzenlemeler (münavebeli otlatma, yenileyici otlatma) büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkta emisyon azaltıcı pratik uygulamalar olarak önerilmektedir. Aynı zamanda, sağlıklı, sürdürülebilir gıda ve yem üretiminin sağlanması ve alternatif kaynakların geliştirilmesi stratejisine yönelik olarak, kümes hayvanı eti ve yumurta gibi düşük emisyonlu gıdalara ve bitki bazlı alternatif protein kaynaklarına yönelmek, hücresel tarımın (hayvansal proteinler ve tüm hücreler, biyoreaktörlerde üretilmektedir) araştırılması, hayvan yemi alanında alternatif protein kaynakları arayışı, soya gibi yüksek proteinli yemler yerine sentetik amino asit, alg, mantar, mikrobiyal protein ve böceklerin kullanımının geliştirilmesi, yem katkı maddeleri (bitkisel yağlar, deniz yosunu vb.) ile enterik metan

emisyonlarının azaltılması gibi uygulamalar hayvancılık kaynaklı emisyon azaltım seçenekleridir.

Kimyasal Gübre Kullanımında Etkinliğin Sağlanması:

Tarım toprakları kaynaklı emisyonları azaltmak için azotlu gübreler başta olmak üzere aşırı kimyasal gübre kullanımının önlenmesi, bitkinin ihtiyaç duyduğu kadar gübrenin verilmesi gerekmektedir. Etkin gübre kullanımı ve gübre yönetiminin iyileştirilmesi hem gıda üretimini artırmakta hem de emisyonları azaltmaktadır. Doğru gübreyi, doğru oranda, doğru zamanda ve doğru yerde kullanmak, optimum bitki besin alımı sağladığı gibi, toprak ve su kaynaklarını korumaktadır. Bu nedenle bitkisel üretimde bilinçli kimyasal gübreleme ve baklagillerle münavebe en çok kullanılan azaltım seçenekleridir. Bu amaçla öncelikle gübre tüketim envanterleri iyileştirilecek, bilinçli gübre kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik çiftçi eğitimleri artırılabilecektir. Organik ve organomineral gübre desteklerinin ekonomik ve çevresel etki analizi çalışmaları yapılacaktır, biyogaz tesislerinden çıkan katı-sıvı gübrelerin, bitkisel ve evsel organik atıkların yeşil gübre ve kompost gübre olarak değerlendirilme olanakları araştırılacaktır.

Azotlu gübre kullanımının azaltılması amacıyla baklagillerin münavebesinin yaygınlaştırılması için desteklerin genişletilmesi sağlanacaktır. İyi Tarım Uygulamalarının (İTU) ve organik tarımın yaygınlaştırılması için bilinçlendirme faaliyetlerinin artırılması sağlanacaktır. İklim dostu, sürdürülebilir ve dijital tarım için uygulamaların yaygınlaştırılması sağlanacaktır.

Gübre tüketim envanterlerinin hazırlanması, bilinçli gübre kullanımının yaygınlaştırılması amacıyla yürütülen araştırma, eğitim ve yayım faaliyetlerinin artırılması, kimyasal gübreye alternatif organik, organomineral, kompost, yeşil gübre vb. gübrelerin kullanılması konusunda Ar-Ge projelerine hız verilmesi, bitkisel üretimde baklagillerin münavebesinin ve ekim alanlarının yaygınlaştırılması için eğitim ve yayım faaliyetlerinin artırılması, İyi Tarım Uygulamalarının (İTU) ve organik tarımın yaygınlaştırılması için bilinçlendirme faaliyetlerinin artırılması ve iklim dostu, sürdürülebilir ve dijital tarım çalışmalarının hızlandırılması planlanmıştır.

Pestisit ve anti-mikrobiyallerin kullanımının azaltılması; Pestisit ve anti-mikrobiyallere alternatif ürünler geliştirilmesi ve tescil işlemlerinin hızlandırılması, alternatif zirai mücadele yöntemleri konusunda araştırmalara destek verilerek, geliştirilen ürünlerin tescili ile kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Tarımsal üretimde kayıp, atık ve artık yönetiminin geliştirilmesi; Tarımsal üretimde kayıp ve atık (israf), tarım ürünlerinin üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarında oluşan, ürünün kullanılabilir olan miktar ve kalitesindeki azalmadır. Tarımsal artık ise tarım ürünlerinin normalde kullanılmayan kısımlarıdır. Tarımsal atık ve artıkların geri dönüşümü konusunda envanter çalışmalarının tamamlanması, gıda kayıp ve israfın azaltılmasına yönelik farkındalık çalışmalarının artırılması, bitkisel üretimde ürün kayıplarının azaltılması, atık ve artıkların tekrar değerlendirilmesi konusunda çalışmaların yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Arazi ve Toprak Yönetiminin Etkinleştirilmesi:

Tarım topraklarının tarım dışına çıkışının, parçalanmasının, tahribatının, amaç dışı kullanımının engellenmesi, tarımsal üretimin planlanmasına yönelik altyapının oluşturulmasını kapsamaktadır. Arazi toplulaştırma tescil faaliyetlerinin tamamlanması, güncel detaylı toprak haritalarının uluslararası standartlarda hazırlanması ve erişime açılması, arazi tahribatının dengelenmesine yönelik faaliyetlerin yaygınlaştırılması, tarım havzaları veya işletme bazında tarımsal üretimin planlanması ve bu planlamalardaki hedeflere ulaşılabilmesi için tarımsal desteklerin revize edilmesi, doğrudan ekim yöntemlerinin ve azaltılmış toprak işleme metodlarının yaygınlaştırılması, tarımsal ormancılık ve canlı rüzgar perdesi faaliyetleri yaygınlaştırılacaktır.

Uygun finansman olanaklarına çiftçilerin ulaşımının sağlanması; Tarım sektöründe emisyon azaltımı için özellikle çiftçi düzeyinde yapılacak uygulamalar için ek finansman ihtiyacı gerekecektir. Azaltım faaliyetlerine yönelik finansman ve destek modellerinin oluşturulması, çiftçilerin bankalarla çalışmasını ve kadın çiftçilerin krediye erişimini kolaylaştırmak amacıyla ihtiyaç duyulan verilerin tespit edilmesi ve paylaşılması ve kırsal alanda ekonomik çeşitliliğin güçlendirilmesine yönelik programların tasarlanması hedeflenmektedir.

Tarım sektöründe faaliyet gösteren paydaşlara yönelik eğitim, bilinçlendirme ve kapasite geliştirme faaliyetlerinin cinsiyet dengesi gözetilerek yaygınlaştırılması; Tarım kaynaklı emisyonların azaltılması için yapılacak tüm faaliyetlerin tarım sektörü paydaşları tarafından benimsenmesi ve yürütülmesi için eğitim önemlidir. Tarım sektöründe düşük karbonlu üretime geçiş için eğitim verilecek hedef kitlenin sürdürülebilir kalkınma amaçları doğrultusunda belirlenmesi, tarım sektörü içindeki dezavantajlı gruplar, çiftçiler ve teknik elemanlar başta olmak üzere tarım sektöründeki tüm paydaşlara yönelik eğitimlerin verilmesi planlanmaktadır.

Sonuç

Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerinde, kırsal üretime dayalı tarım ve hayvancılık önemli bir yer tutmaktadır. Bu durum, iklim değişikliğinden daha fazla etkilenmelerine yol açmaktadır. İklim değişikliği, sürdürülebilir tarımsal üretimi engellemekte, kârlılığı düşürmekte ve kırsal göçlere neden olmaktadır. Kırsal göçler sonucunda köyler boşalmakta, tarımsal üretimde çalışan nüfus azalmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin gerilemesi ise gıda fiyatlarının artmasına, ihracatın azalmasına ve ithalatın artmasına sebep olmaktadır. Bu etkiler, iklim değişikliğinin yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal boyutlara da sahip olduğunu göstermektedir.

İklim değişikliğine yol açan en büyük etken, insan faaliyetleridir. Sanayi, enerji üretimi ve ormansızlaşma gibi faaliyetler sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyonları, iklim değişikliğine

ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu etkilerin azaltılabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, enerji verimliliğini artıran teknolojilerin geliştirilmesi, karbon salımını azaltan uygulamaların yaygınlaştırılması, ormansızlaşmanın önlenmesi ve ekosistemlerin korunması gibi tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak, gelecek nesiller için daha yaşanabilir bir dünya bırakmak için toplumun tüm kesimlerinde iklim değişikliği farkındalığını artırmaya yönelik eğitim çalışmaları düzenlenmelidir. Bireylerin çevre bilincini geliştirecek alışkanlıklar kazandırılmalı ve sürdürülebilir bir yaşam tarzı benimsenmelidir. Bu sürece hem bireylerin hem de kurumların sorumluluk olarak gereken katkıyı yapması gerekmektedir.

Kaynakça

- Anonim, (2024a). Karanlık bir dünyada bilimin ışığı. <https://kim-yaproje.wordpress.com/sera-etkisi-3/>. Erişim tarihi: 11.12.2024.
- Anonim, (2024b). Küresel Isınma Sera Etkisi. <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/bilgi/kuresel-isinma-sera-etkisi>. Erişim tarihi: 13.12.2024.
- Anonim, (2024c). Türkiye'nin 2022 Sera Gazı Emisyon Raporu: Daha Az Karbon, Daha Temiz Bir Gelecek!. <https://co2notr.com/%F0%9F%8C%8D%F0%9F%8D%83turkiyenin-2022-sera-gazi-emisyon-raporu-daha-az-karbon-daha-temiz-bir-gelecek/>. Erişim tarihi: 13.12.2024.
- Bharali, S., Khan, M. (2011). Climate Change and its Impact on Biodiversity; Some Management Options for Mitigation in Arunachal Pradesh. *Current Science*, 101 (7): 855-860.
- Bozoğlu, B., Keskin, B., Cavdar, S. (2013). Küresel Isınma. 6. Çevre Sorunlarına Öğrenci Yaklaşımları Sempozyumu, Mersin. <http://www.cevre.metu.edu.tr>; Erişim tarihi: 11.12.2024.
- Büyüktunca, E. (2023). Küresel Isınmanın Sorumluları: Karbon Emisyonunda Öne Çıkan Beş Ülke. <https://www.dogrulukpayi.com/liste/kuresel-isinmanin-sorumlulari-karbon-emisyonunda-one-cikan-bes-ulke>. Erişim tarihi: 11.12.2024.
- Dellal, İ. (2008). Küresel İklim Değişikliği ve Enerji Kısıcında Tarım ve Gıda Sektörü. *İGEME'den Bakış* 2008; 35: 103-11.
- Doğan, S. (2005). Türkiye'nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Önleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri. *Ç.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6 (2): 57-73.
- Dumrul, Y., Dumrul, C. 2017. Karbon Vergilerinin İklim Değişikliği ve Ekonomi Üzerindeki Etkileri: Bir Literatür Taraması, *Küresel Isınma İklim Değişikliği ve Sosyo-Ekonomik Özellikleri*, s:279.
- (Edt. Hayriye Atik), Nobel Yay. Ankara.
- Ekolçevre, (2024). Sera Gazı Nedir? Sera Gazları Nasıl Oluşur?. <https://www.ekolcevre.com/blog/sera-gazi-nedir>. Erişim tarihi: 13.12.2024.
- Görgülü, M., Koluman, D. N., Göncü, K.S. (2009). Animal Husbandry and Global Warming. Beşinci Ulusal Hayvan Besleme Kongresi. 30 Eylül- 3 Ekim 2009; Çorlu-Türkiye.
- İDB, (2024). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030). 164-184
- Köknaroğlu, H., Akunal, T. (2010). Küresel Isınmada Hayvancılığın Payı ve Zooteknist Olarak Bizim Rolümüz. *SDÜ Zir Fak Derg* 2010; 5 (1): 67-75.
- Özmen, M. T. (2009). Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. *İMO Derg* 2009; 453(1): 42-6.
- TÜİK, (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2022-53701>. Erişim tarihi: 11.12.2024.
- Türker, O., Ecevit, E. 2017. "İklim Değişikliğinin Çocuk Sağlığı Üzerine Etkileri: Tehditler ve Stratejiler" *Küresel Isınma İklim Değişikliği ve Sosyo-Ekonomik Özellikleri* içinde, s:183-187. (Edt. Hayriye Atik), Nobel Yay. Ankara.
- WRI, 2024a. World Research Institute. <https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2021>. Erişim tarihi: 13.11.2024.
- WRI, 2024b. World Research Institute. Where Do Emissions Come From? 4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Sector. <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>. Erişim tarihi: 13.11.2024.

Tarım Sektöründe Sürdürülebilir Arazi ve Su Kaynaklarının Kullanımı

Sustainable Use of Land and Water Resources in the Agricultural Sector

Prof. Dr. Murat YILDIRIM

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale, Türkiye
myildirim@comu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-9757-6895

Öz

Dünyanın gelişmekte olan ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de toprak ve su gibi doğal kaynaklar, plansız ve yanlış arazi kullanımı, yüksek nüfus artışı ve değişen iklim koşulları etkisi gibi nedenlerle baskı altında kalmaktadır. Bu durum, gelecekteki nüfusun gıda ihtiyacını tehlikeye sokmaktadır.

Ülkemizde artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için su kaynaklarına duyulan talep artarken, diğer sektörlerin suya karşı olan talebi de artış göstermektedir. Tarım alanlarının tümünün kullanılması ve tarıma açılacak başka alan kalmayışı nedeniyle, artan gıda ihtiyacını karşılamamanın tek yolu, birim alandan alınan verimin sulama uygulamasıyla arttırılmasıdır. Ancak, küresel iklim değişikliği ve buna bağlı olarak kurak ve çöl alanlarının genişlemesi ihtimali, artan nüfus ve sanayileşme ile su kaynaklarındaki kirlilik, su kaynakların giderek daha kısıtlı bir kaynak haline gelmesine neden olmaktadır. Çeşitli faktörler sonucu kısıtlı bir kaynak haline gelen mevcut su ile daha geniş alanların sulanması ve artan nüfusun gerekli gıda ihtiyacını karşılayabilmek için tarımın bilinçli bir şekilde uygulanması bir gereklilik değil, bir zorunluluk haline gelmiştir.

Toprak ve su kaynaklarımızdan maksimum ve sürdürülebilir faydanın sağlanabilmesi için, sulamanın toprak-bitki-atmosfer dengesini gözeterek gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu dengenin matematiksel modeller aracılığıyla analiz edilmesi ve bilgisayar teknolojisi kullanılarak farklı iklim senaryoları altında havza düzeyinde değerlendirilmesi, yaşanabilecek krizlere karşı gerekli önlemlerin önceden alınmasını mümkün kılmaktadır.

Günümüzde suyun tarımdaki merkezi rolü ve iklim değişikliğinin etkileri göz önüne alındığında, sulama havzalarında yaşanabilecek farklı senaryolar için doğrusal programlama ve ArcGIS teknolojisi kullanılarak havza boyutunda farklı senaryolar için bitki-su haritalarının oluşturulması ve çevre dostu bir yönetim anlayışıyla toprak ve su kaynaklarımızın sürdürülebilirliği sağlanabilir. Bu nedenlerle bu çalışmada tarımsal su yönetimine yeni yaklaşım önerileri getiren bazı çalışmalar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Arazi Kullanımı, Optimizasyon, Toprak, Sulama Suyu, Kuraklık

Abstract

Natural resources such as land and water in our country, as in other developing countries, are under pressure due to factors such as unplanned and improper land use, high population growth, and changing climate conditions. This situation endangers the food security of the future population.

As the demand for water resources rises to meet the food needs of our growing population, demand for water from other sectors is also increasing. Since all arable land is already in use and no new areas are available for cultivation, the only option to meet the growing food demand is to increase yield per unit area through irrigation. However, factors such as global climate change, the potential expansion of arid and desert areas, population growth, industrialization, and water pollution are making water resources increasingly limited. Given these pressures, using the limited water resources efficiently to irrigate larger areas and meet the food needs of a growing population has shifted from being a necessity to an obligation. Conscious and sustainable agricultural practices are now essential.

The increase in agricultural production will be possible through the application of irrigated agriculture, while ensuring its sustainability depends on the optimal use of resources in the agricultural sector. By applying all cultural practices in agriculture -especially irrigation water- with care and awareness, the desired results in yield can be achieved in terms of both quality and quantity.

To achieve maximum and sustainable benefits from our land and water resources, it is crucial to implement irrigation, which plays a significant role in all cultural practices, with careful consideration of the soil-plant-atmosphere balance. In today's conditions, this balance is of great importance. By creating mathematical models and using computer technology, it is possible to examine potential climate crises at the watershed level under different scenarios and take necessary preventive measures. Therefore, in this study, various scenarios for irrigation basins are analyzed using linear programming and ArcGIS, providing an approach that ensures sustainability with an environmentally friendly management perspective, while enabling us to foresee productivity and profitability in advance. The study explores new approaches to agricultural water management, proposing innovative solutions

Keywords: Sustainable Land Use, Optimization, Soil, Irrigation Water, Drought

Giriş

Toprak ve Su Kaynaklarımız ve Sulamadaki Durumumuz

Türkiye'nin su ve toprak kaynakları değerlendirdiğinde, tarım arazileri 23.1 milyon ha, ekonomik sulanabilir arazi varlığı 8,5 milyon ha ve sulamaya açılan arazi varlığı 2020 yılı 6.7 milyon ha'dır. Su zengini olmayan bir ülke olarak Türkiye'nin yer üstü suyu 98 milyar m³, yer altı suyu 14 milyar m³, toplam kullanılabilir su (net) miktarı ise 112 milyar m³ olarak tespit edilmiştir. Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.347 m³/yıl olup su stresi altında olan bir ülke olduğumuz söylenebilir. 2020 yılı sulama sezonunda izleme ve değerlendirme faaliyetleri yapılmakta olan sulama alanlarında sulama oranı %69, sulama randımanı ise %48,4 olarak gösterilmiştir (Anonim, 2021).

Sahip olduğumuz su kaynaklarının %77'si tarımda (44 milyar m³), %23'ü (13 milyar m³) sanayi ve içme-kullanma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi tarım, sanayi ve kentsel alanlarda kullanılan su oranları ile karşılaştırıldığında suyu en fazla kullanan sektördür. Gelişmekte olan ülkelerde tarımda kullanılan sulama suyu oranı oldukça yüksek olup Afrika ve Asya'da bu oran %81 iken Avrupa'da bu oran %25'tir (TEMA, 2024). Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre sektörel su kullanım oranları arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Gelişmiş ülkelerde sanayide suyun kullanım oranı fazla iken, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde tarımsal sulamalarda bu oran daha fazladır.

Sulama Yöntemleri

Günümüzde mevcut su kaynakları ile tarım sektörünün ihtiyacı karşılanabilmektedir. Ancak yakın bir gelecekte ülkemizde de su sıkıntıları görülebilir. Ülkemizde, sulama yapılan alanların %61'inde yüzey sulama (salma sulama), %39'unda basınçlı sulama (%22 yağmurlama ve %17 damla sulama) uygulanmaktadır (Şekil 1). Türkiye'de 2022 yılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre ekonomik olarak sulanabilme potansiyeli olan alanların %82'si sulamaya açılmış durumdadır. Türkiye'de mevcut yaklaşık sulama randımanı %50 civarındayken bu oranın 2024 yılında %55, 2030 yılında %60, 2050 yılında %65'e yükseltilmesi hedeflenmektedir (Anonim, 2024a). Görülüyor ki, ülkemizde sulama konusunda önemli çalışmaların hızlı bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bugün sulama projelerinden en yüksek oranda faydalanabilmek için açık sulama sistemleri kapalı sulama şebekelerine dönüştürülmelidir. Tarımda verimliliği arttırmak için bitki-toprak-su yönetimi konusunda çiftçilerin bilgi ve uygulama kapasitelerini arttırmak gerekmektedir. (Evsahibioglu vd., 2010).

Bu nedenle, yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı alanlarda suyun daha tasarruflu kullanılabilmesi için; sulama sistemlerinin modern sulama sistemlerine dönüştürülerek basınçlı sulama sistemlerinin kullanılması, verimi azaltmayacak oranda kısıtlı sulama yapılması, kullanıcıların suyu ölçülü bir şekilde bitki ve çevreye zarar vermeden uygulaması, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarımı için önemli rol oynamaktadır.



Şekil 1. Yüze ve Basınçlı Sulama Sistemleri

Su Kirliliği

Su, insanların hayatı ve sağlığı ile ekosistemler için yaşamsal bir öneme sahip olması açısından ülkelerin kalkınmasında temel bir ihtiyaçtır, ancak dünyanın bir çok bölgesinde en temel ihtiyaçlar için yeterli ve güvenilir suya ulaşım imkanlarından yoksun bulunan toplumlar ve ülkeler bulunmaktadır. Ülkemiz koşullarında da suyu en

fazla kullanan sektör tarım, ancak suyu en fazla kirlüten sektör sanayi ve kentsel kaynaklıdır ve sanayi kaynaklı ve kentsel kaynaklı kirlilik giderek artış göstermektedir (Şekil 2). Su kaynaklarının devamlılığını sağlayan ekosistemler; kirlenmeler, sürdürülebilir kullanım, arazi kullanım değişikliği, iklim değişiklikleri ve diğer birçok etmenin tehdidi altındadır. Yaşamak için yerküremizde doğal kaynakların kullanımına duyulan ihtiyacın küresel olarak değerlendirilmesi kaçınılmaz olmalıdır.



Şekil 2. Ergene Nehrinde Sanayi Kaynaklı Kirlilik (Kaynak: yesilgazete.org -01.07.2021).

Tarım ve hayvancılık sektörü yalnızca su tüketiminde etkin bir rol oynamayıp, aynı zamanda kullanılan bitki, besin maddeleri ve ilaçlar nedeniyle en büyük kirlenmelerden biridir. Kuş (2016), toprak bozulmasının en hızlı ve belirgin bir şekilde ortaya çıktığı alanın tarımsal faaliyetlerin gösterildiği tarım alanları olduğunu belirtmiştir. Ülger (2023), arazi kullanımında yanlış kararların neticesinde, doğal yapı kalıcı bir şekilde tahrip olmakta, sınırlı tarımsal üretim potansiyeline sahip toprakların kaybıyla birlikte gıda güvenliği tehdit altında olduğunu belirtmiştir. Ayrıca iklim değişimi ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına sebep olarak geri dönüşü olmayan zararlar ortaya çıkabilmektedir. Tarım, kullanılabilir su kaynaklarının kısıtlı olmasının yanında yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi de canlıların yaşamını tehdit etmektedir. Gerek yerüstü gerekse yeraltı sularının kirliliği birbirlerini ve bu sularla sulanmış toprakları etkileyebilmektedir. Kirli bir yüzey suyunun toprağın derinlerine doğru hareketi yeraltı suyu kalitesini etkileyebilmekte, kirlenmiş yeraltı suyu da akarsu ve göllere doğru hareket ederek yerüstü sularını kirletebilmektedir. Evsel atık suların özellikle arıtılmadan sulamada kullanıldığı yerlerde kirlenmeler toprağa ve yeraltı suyuna geçebilmekte ve sonuçta insan ve hayvan sağlığını etkilemektedir. Gelecek yıllarda suyun kalitesi, miktarından daha fazla önem kazanacaktır (Çakmak vd. 2008). Harran Ovasında, atık suların deşarj edildiği Karakoyun Deresinden alınan su ile sulanan soğan bitkisi üzerinde Doğan (2003) tarafından yapılan araştırmaya sonucunda; kullanılan su üzerinde yapılan analizlerde As, Cu ve Cd miktarlarının sulama suyu kalite sınır değerlerinin üzerinde olduğunu ve bu su ile sulanan soğan bitkisinin topraktan önemli miktarda Cd elementini bünyesine aldığını ve bu bitkiyi tüketen insanlarda önemli sağlık sorunlarının olabileceği belirtmiştir. Şener vd.(2006), özellikle endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atık sular içerisinde, Biga'da sulama

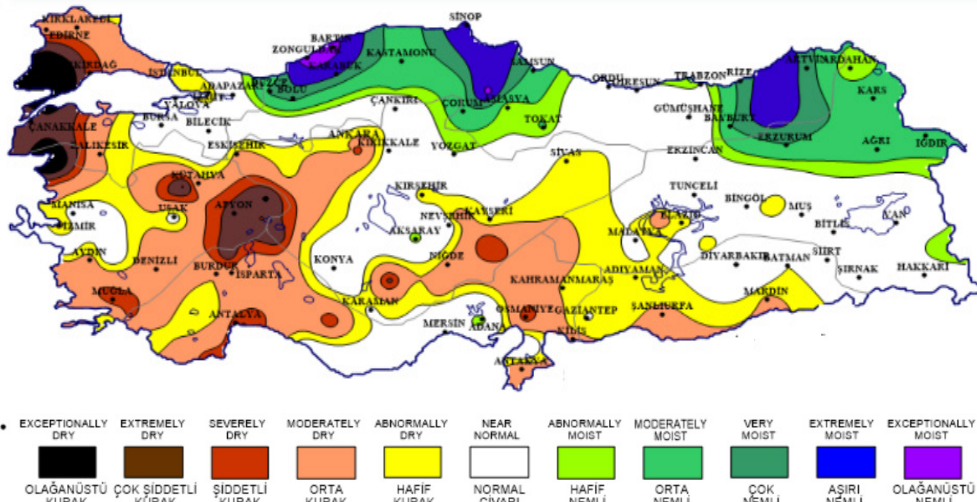
amaçlı kullanılan Kocabaş çayında arsenik değeri sınır değeri olan 0.1 ppm'in üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Kentsel ve sanayi atıklarıyla kirlenen suların tarımda kullanılması, düşük kaliteli sulardaki ağır metallerin sulanan bitki tarafından alınmasına ve bu bitkileri tüketen insanların sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir.

Su; en fazla tarımda kullanıldığından, yönetimi ve işletilmesine ilişkin sorunlara da en fazla bu sektörde rastlanılmaktadır. Su kaynaklarına, sulama sistemlerine ve drenaja dayalı olarak yapılan planlamalar ve inşaatlar uzun zamanlı, yüksek maliyetli ve çoğunlukla da kamu kaynaklı olduğundan dolayı, su ile ilgili olan yasal, idari, sosyal, teknik ve ekonomik tüm faaliyetlerin bütünlüğüne bir yaklaşım, havza bazından başlayarak çiftlik seviyesine kadar, su kaynakları yönetimine yansıtılması gerekmektedir. (Aydoğdu vd. 2015).

İklim Değişikliği

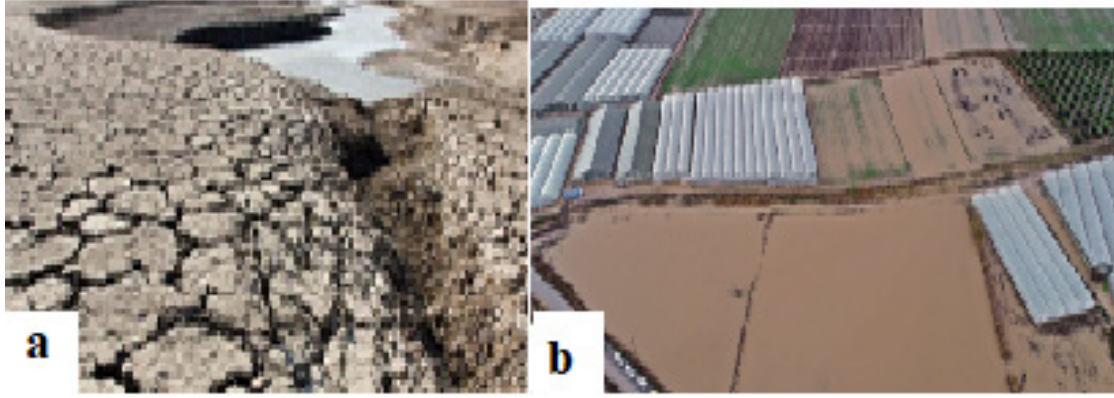
Türkiye'de mevsimlik ve yıllık ortalama sıcaklıklar incelendiğinde, ortalama sıcaklıkların genel olarak 1999 yılından itibaren normallerin üzerinde olduğu görülmektedir. Türkiye'nin daha sıcak iklim kuşağına girmesi, mevsimlerin iklim özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır (Şekil 3). Sanayi devriminden beri yaklaşık 1 derece artan küresel ortalama sıcaklıklar, tüm dünya gibi Türkiye iklimini de etkilemektedir (Anonim 2024a). Bu durum buzulların erimesine, buna bağlı olarak deniz seviyesinin yükselmesine ve dünyada yağış rejimlerinin değişmesine neden olmaktadır. Son yıllarda dünyanın bazı yörelerinde görülen aşırı kuraklıklar yanında, bazı bölgelerde yaşanan taşkınlar iklim değişikliğinin sonuçlarını göstermesi bakımından büyük bir anlam ifade etmektedir.



Şekil 3. Meteoroloji Müdürlüğü 3 Aylık (Eylül-Kasım 2024) Meteorolojik Kuraklık Haritası (Anonim 2024a).

Yağışlarda belirgin bir değişim, azalma veya artış eğilimi olmamasına rağmen yağış rejiminde düzensizlikler görülmektedir (Şekil 4). Toplam yağışlardaki değişimler yerine, maksimum yağışların sayı, şiddet ve sıklığında yaşanan Son yıllarda ülkede yaşanan kuvvetli meteorolojik olaylardaki artış eğilimi iklim değişikliğinin olumsuz etkileri olarak karşımıza çıkmaktadır (Anonim, 2020). Yetik ve Candoğan (2024), Türkiye'nin Güney Marmara bölgesindeki yağışlarda öngörülen değişiklikleri farklı iklim modelleri (GFDL, HADGEM ve MPI) ve temsili konsantrasyon senaryoları arasında yağış tahminlerinde önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuşlardır. Çanakkale'de yıllık yağış değişimlerinde yapılan analizlerde GL_RCP4.5 ve GL_RCP8.5 senaryoları ve GFDL modeli altında yıllık dönemde -%13.1 ve -%9.12 azalma olabileceğini öngörmüşlerdir. Bu nedenle, iklim değişikliği

sonucu azalabilecek su kaynaklarının ve bu kaynaklara bağlı olarak gerçekleştirilen bitkisel üretimin her bir bölgede nasıl etkileneceğinin belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu görüşün aksine, Evsahıbioğlu vd. (2010), su sorununun iklim değişikliği sonucundan ortaya çıkmadığını, artan nüfus ve kötü su yönetimi sonucunda kullanılabilir su kaynaklarının azaldığını ve ayrıca su kaynaklarının kirlendiğini ve bunun çevre sorunlarına yol açtığını bildirmişlerdir. Mevcut ve gelecekteki gereksinimlerin karşılanıp, gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için su kaynaklarının yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve çevresel faktörleri de kapsayacak entegre bir yönetim yaklaşımı ile ele alınması gerektiği, son yıllarda gündeme gelmiş ve diğer ülkelerde uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 4. Farklı illerimizde Yağış Rejimindeki Değişimlerin Etkisi (Kaynak: a-iklimhaber.org 20 Aralık 2021, b-İhlas Haber Ajansı, 15 Aralık 2020).

Sulama Yönetimi

Ülkemizde su yönetimi kavramı, 1980'li yıllara kadar fiziksel yatırımlar ile sınırlı iken, daha sonra farklı bir anlam yüklenmiştir. Su yönetimi ile önceki yıllarda suyun kaynağından alınarak tarlaya kadar ki tüm yapı ve yöntemler kastedilmekte iken, son yıllarda bunlara ek olarak sulama suyu ve tesislerinin işletme, bakım, onarım, iyileştirme ve yönetimi ile bunları üstlenen organizasyonlar da kastedilmektedir (TODAİE, 2009). Bu kapsamda, sulama yönetimini tarımda sulama amaçlarını gerçekleştirmek için suyun kullanımını sağlayan bir organizasyon olarak tanımlanabilir. Ülkemizde tarımsal sulama yönetimi çalışmaları; sulama mevsiminden önce genel sulama planlamasını, sulama mevsiminde su dağıtım programlarının hazırlanması, uygulanması ve izlenmesini, sulama sezonu sonrasında da değerlendirme çalışmalarını kapsamaktadır (Eminoğlu 2007). Bu amaçla periyodik olarak suyun kullanımı ve işletiminin değerlendirilmesi gereklidir. Sulama şebekelelerinin yönetiminde temel amaç, çiftçi gelirinin yükseltilmesi, dolayısıyla su kaynaklarının en yüksek faydayı sağlayacak

şekilde etkin dağıtım ve kullanımının gerçekleştirilmesidir.

Su kaynakları yönetiminde yeni değişimler ve fırsatların kullanılabilmesi, su kaynaklarının daha verimli olarak yönetilmesi için ülkeler ya reformlar yapmak, ya da yeni ihtiyaçları karşılayabilecek çözümler bulmak zorundadırlar. Anayasanın 168. Maddesi: "Tabii servetler ve kaynaklar Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkının Devlete ait olduğunu belirtmektedir. Devlet bu hakkını belli bir süre için, gerçek ve tüzel kişilere devredilebileceği Aydoğdu vd. (2015)'de belirtmişlerdir. Gür (2008) kırsal arazi yönetimi konusunda daha tutarlı ve bütüncül bir yaklaşımın oluşturulması, gelecekte bu alandaki olumlu gelişmelerin daha etkili ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlayacağını söylemiştir. Bu nedenle sahip olduğumuz toprak ve su kaynaklarının bize değil gelecek nesillere ait bir meta olarak düşünüp bilinçli bir şekilde kullanmak ve sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için yönetim ve kullanıcıların kontrolü altında bilinçli bir şekilde kullanılması ve işletilmesi günümüz koşullarında son derece önemli olmaktadır.

Yapılacak planlamanın, artan nüfusun talep, ihtiyaç ve beklentilerini karşılarken ekosistemlerin bugünkü ve gelecekteki verimliliğini koruyacak bir denge kurması; böylece sürdürülebilir arazi kullanımını sağlaması gerekmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Analitik Hiyerarşi Süreci'nin (AHS) diğer yöntemlerle bütünleştirilerek uygulanmasında artış görülmüş; karar verme problemlerinde AHS ile Hedef Programlama, Veri Zarflama Analizi ve Bulanık Mantık yöntemleri birlikte kullanılmakta olduğu belirtilmektedir (Akten ve Akten, 2010).

İklim, toprak ve topografya özellikleri bakımından birbirine benzer, ülkenin idari yapısına uygun ve yönetilebilir büyüklükte olan; tarım ürünlerinin ekolojik ve ekonomik açıdan en uygun şekilde yetiştirilebildiği bölgeler tarım havzası olarak kabul edilmiştir. 2009 yılında ülke genelinde 30 tarım havzası belirlenmiştir. Ülkemiz için stratejik öneme sahip ve arz açığı bulunan tarım ürünlerini öncelikle kendi kaynaklarımızdan karşılamak ve desteklerin daha sağlıklı ve rasyonel dağılımını sağlamak amacıyla havza bazlı destekleme modeli oluşturulmuştur. 2017 yılından itibaren uygulanan bu modelle, tarımsal faaliyet yapılan her ilçe bir tarım havzası olarak kabul edilmiş ve 945 tarım havzası belirlenmiştir (Anonim, 2024b).

Tarımsal üretimdeki artış, sulu tarımın uygulanmasıyla; süreklilik ise tarım alanındaki kaynakların optimum kullanımı ile sağlanabilir, bu sebeple tarımla ilgili kurumlar tarafından tarımsal kaynakların kullanımı havza içerisindeki her bir sulama ovası için bireysel olarak yapılması gerekmektedir. Tarımda tüm kültürel uygulamaların ve su kullanımının bilinçli bir şekilde gerçekleştirilmesi, verimde hem kalite hem de miktar açısından istenen sonuca ulaşılmasını sağlayacaktır. Tarım sektöründe sulama yönetimini optimize etmek, gelecekte hayati öneme sahiptir. Sulama yönetiminde matematiksel modellerin kullanılması, su kaynaklarının daha etkili kullanımında güçlü bir araç olabilir.

Bu amaçla yapılmış bazı çalışmalara baktığımızda; Akyüz ve Yıldırım (2022), Çanakkale Özbek ovasında yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında normal, kurak ve yağışlı iklim koşulları için işletme gelirinin maksimum olacağı optimum bitki desenini belirleyerek işletme gelirlerini maksimize etmek için doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Albut ve Güngör (1996) tarım arazilerinin en iyi şekilde değerlendirilmesi ve suyun en verimli şekilde kullanılması için optimizasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Alamas vd. (2017), Karla Gölü havzasında su kıtlığı yaşanması nedeniyle suyun optimum kullanımının aciliyet arz ettiğini belirtmiş ve bu havzada optimizasyon tekniği kullanılarak kaynaklardan maksimum fayda sağlanmaya çalışıldığını ifade etmiştir. Hall ve Dracup (1970), optimizasyonun, su kaynakları yönetiminde randımanı artırmak ve kırsal ekonomiye katkıda bulunmak

amacıyla temel bir araç olduğunu ve yaygın şekilde uygulandığını vurgulamıştır.

Tarım, suyun en yoğun kullanıldığı sektör olarak, kıt su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesinde büyük bir rol oynamaktadır. Özellikle küresel iklim değişikliği, artan nüfus ve sanayileşme gibi faktörler, su kaynakları üzerinde ciddi bir baskı oluşturmakta, bu nedenle mevcut kaynakların etkin yönetimi giderek daha kritik hale gelmektedir. Tarımsal su yönetiminde doğrusal programlama, kaynak kullanımını en üst düzeye çıkararak hem üretkenliği artırmak hem de suyun verimli kullanımını sağlamak için etkili bir planlama yaklaşımı sunmaktadır.

III. Tarım Orman Şurası raporuna göre Tarımsal Sulama ve Su Yönetimi Komisyon Raporunda; Ülkemizde sulu tarım alanlarına yönelik sulama veri tabanı oluşturularak izleme ve değerlendirme çalışmalarının yapılması, sulama zaman planlamasını esas alan modern yönetim sistemleri yaygınlaştırılması, Tarımsal üretim bölgelerinde su potansiyeline uygun optimum ürün deseninin belirlenmesi, iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınarak dinamik sulama programları ve üretim planlamalarının oluşturulması, sulama zaman planlamasına dayalı karar destek araç kullanımını yaygınlaştırılmasını, toprak ve su varlığını esas alan su havzası bazlı yönetim ilkesinin benimsenmesini ve ulusal modelleme çalışmalarında ilgili kurumlar ve akademisyenlerle birlikte çalışma yapılması teşvik edilerek aynı maksada yönelik kullanılan modellerin standartlaştırılması gibi birçok önemli husus belirtilmiştir (Anonim, 2019).

Onikinci Kalkınma Planında, Öncelikli Gelişme Alanları içerisinde Tarım ve Gıda başlığı altındaki; "Amaç: Üretim ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını bütüncül olarak ele alan, teknoloji kullanım düzeyi ve verimliliği yüksek, örgütlü, rekabetçi, arz-talep dengesi çerçevesinde planlı üretim yapılan, doğal kaynakları etkin ve sürdürülebilir kullanan, toplumun yeterli ve dengeli beslenmesini sağlayan bir tarım sektörünün oluşturulması temel amaçtır" (Anonim, 2023) ifadesi tarımın sürdürülebilir olmasının önemini çok net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Ayhan vd. (2024) Türkiye'de 2005 yılında yürürlüğe giren Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda kırsal arazi yönetimi içinde kırsal arazi ve toprak envanterinin oluşturulması ve bu verilere dayalı arazi kullanım planlarının hazırlanması gibi önemli düzenlemelerin olduğunu, ancak bu düzenlemelerin uygulama aşamasında önemli eksikliklere sahip olduğunu belirtirken, gerçek sorunun soruna çözüm önerilerinin üretilmesi değil mevcut düzenlemelerin uygulanmaması olduğunu belirtmişlerdir. Görüldüğü gibi alınan kararların uygulamaya konulması ve bu süreçlerin devamlılığı ve nihai

çözümüne ulaşmada son derece önemli olmaktadır.

Doğal kaynakların en iyi şekilde korunması, verimli kullanılması ve olası iklimsel olumsuzluklara hazırlık amacıyla model çalışmalarının yapılması gerekliliği, III. Tarım ve Orman Şurası'nda detaylı şekilde vurgulanmıştır. Bu kapsamda ülkemizde, farklı araştırmacılar tarafından belirli sulama sahaları için doğrusal programlama modeli kullanılarak tüm kaynakları optimize eden çözüm önerileri üretilmelidir. Bu yöntemle, özellikle sulama yapılan tarım alanları için bireysel olarak farklı sulama suyu miktarı senaryoları değerlendirilmeli; sorun yaşanmadan önce alınabilecek önlemler ortaya konmalıdır. Bu tedbir önerileri, ilgili bölgedeki tarım ile ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından değerlendirilmeli ve uygulanmalıdır.

Doğrusal Programlama ile Toprak ve Su Kaynaklarının Optimum Kullanımı

Doğrusal programlama, belirli sınırlamalar ve kısıtlar altında optimum çözüm üretmek için kullanılan bir matematiksel modelleme yöntemidir. Tarımsal su yönetiminde doğrusal programlama kullanılarak tarım alanlarının en etkili bir şekilde kullanılması ve suyun en verimli biçimde tahsis edilmesi, ürün desenleri ve su tüketimi açısından stratejik bir yol haritası oluşturulması mümkündür. Bu yöntemde, her bir ürünün su gereksinimi, üretim maliyetleri, su kaynağının mevsimsel dağılımı ve sulama altyapısı gibi faktörler dikkate alınarak bir model oluşturulur. Ardından, bu model üzerinden hangi bitkilerin hangi alanlarda ve hangi su miktarları ile sulanacağı belirlenir. Böylece, tarımsal faaliyetler için maksimum verim elde edilebilmekte, toprak ve suyun sürdürülebilir bir şekilde kullanımı sağlanmaktadır. Bu model, tarımsal su yönetimi konusunda politika yapıcılar ve planlayıcılar için önemli bir yol gösterici işlevi görmektedir. Çeşitli senaryoları test edebilmek için sunan doğrusal programlama yöntemi, farklı su tahsisleri altında en uygun üretim desenlerini belirleyebilir. Örneğin, bir sulama sezonunda kısıtlı su kaynakları altında en yüksek verimi sağlayacak ürün dağılımı ortaya konabilir ve bu sayede su kaynakları üzerindeki baskı en aza indirilebilir.

Son zamanlarda artan nüfus, endüstri ve tarımsal su ihtiyacı ve su kaynağının sektörler arasında kötü dağılımı, tarımsal kaynak ve talep arasında bir dengesizliğe neden olmaktadır. Bu nedenle, mevcut arazi ve su kaynaklarından maksimum geliri elde etmek için optimizasyon tekniğini uygulamak oldukça önemli olmaktadır (Bhuvandas vd.2010). Doğrusal programlama modelinde çok sayıda kısıt uygulandığı ve optimizasyon işlemine etkili bir şekilde yardımcı olduğu için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Hall ve Dracup, 1970). İyi planlanmış ve etkili bir şekilde işletilen sulama sistemlerinde elde

edilecek gelirin en yüksek düzeye çıkaracak uygun optimizasyon tekniklerinin kullanımı yararlı olmaktadır (Fayrap ve Kızıloğlu,2010). Bir sulama projesinde üretim seviyesine bağlı olarak, su kaynağının planlanması, suyun dağıtımını ve su ihtiyacının belirlenmesinde şu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bitkilerin gelişim dönemleri içerisindeki mevsimlik ve aylık su ihtiyaçları, en uygun bitki deseni ve elde edilecek bitkisel üretilmektedir. Tarımda söz konusu kısıtlı kaynaklar arasında optimizasyonu sağlayan matematiksel programlama modelleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Matematiksel programlar, önerilen amaçları yerine getirmek için kıt kaynakları birleştirerek optimal bir çözüm, yani, kârı maksimize etmek veya maliyeti minimize etmek şeklinde mevcut kaynakları birleştirerek analiz yapmaktadır (Frizzone, vd., 1997). Doğrusal programlama tekniği, tarımdaki işletme çalışmalarında kullanılan ilk ve en yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Bu teknik tarımın farklı seviyelerinde (bireysel çiftlik düzeyinde, bölgesel veya ulusal sektör düzeyinde) etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Sallan vd. 2015).

Doğrusal programlama, tarımsal planlamada üç temel avantaj sağlar: su kaynaklarının verimli kullanımı, üretimde verimliliğin artırılması ve ekonomik getiri sağlanması. Bu yöntemde, kısıtlı su kaynaklarının optimum dağılımı, suyun ürünlere uygun şekilde tahsis edilmesiyle sağlanır. Aynı zamanda, çiftçilerin maksimum gelir elde etmesi hedeflenerek hem yerel ekonomiye katkı sağlanır hem de ürün deseninin pazar taleplerine uygun hale gelmesi teşvik edilir.

Sonuç olarak, doğrusal programlama yönteminin tarımsal su yönetiminde kullanımı, kıt olan su kaynaklarının optimum kullanımını sağlarken tarımsal verimliliği artırmak ve ekonomik olarak sürdürülebilir bir tarım yapısını desteklemek açısından kritik bir araçtır. Özellikle su kıtlığı yaşayan bölgelerde, bu tür planlamalar hem mevcut kaynakların korunmasını hem de gelecek nesiller için sürdürülebilir su yönetimini destekler. Bu doğrultuda, doğrusal programlama, tarım sektörü ve su yönetimi alanında yenilikçi ve etkili çözümler sunmaktadır.

Doğrusal programlama modelinde amaç fonksiyonunda, tüm üretimi, geliri maksimize etmek ve maliyeti gübre ve su kullanımını minimize etmeyi hedeflemektedir. Bunun için modelde kısıtlar oluşturulurken arazi büyüklüğü, her bitkinin alan içerisinde en fazla ve en az ne kadar alanda tarımı yapılabileceği, iklim koşuluna göre her bitkinin bitki su tüketimleri, işgücü kısıtları gibi bir çok faktör göz önünde bulundurularak mevcut su kaynağı ve farklı iklim koşullarında (yağışlı, normal ve kurak yıllarda) ve hatta bu iklim senaryoları altında farklı sulama düzeylerinde her bir grup üreticinin elde edeceği verim ve maksimum gelir düzeyleri belirlenebilmektedir.

Yapılan çalışmalar içerisinde, Akyüz ve Yıldırım (2016)'ın yapmış olduğu çalışmayı incelediğimizde; Çanakkale Özbek Ovası'nda tüm alan içerisinde en fazla orana sahip iki farklı büyüklükteki parselde (61 ve 158 da) mevcut koşullarda yetiştirilen bitki deseni ve farklı senaryolarda yetiştirilmesi gerekli bitkisel üretim ve bu koşullarda üreticilerin elde edebileceği gelir düzeyleri belirlenmiştir. Söz konusu tarım alanında yetiştirilen bitki deseni üç farklı iklim senaryosu (Normal, Yağışlı, Kurak koşullar) altında ve ayrıca her bir senaryo altında farklı sulama düzeylerinde; K1: Bitki su ihtiyacının tam karşılanması veya %100'ünün sağlanması, K2: Bitki su ihtiyacının %80'inin karşılandığı eksik sulama, K3: Bitki su ihtiyacının %60'ının karşılandığı eksik sulama, K4: Bitki su ihtiyacının %50'sinin karşılandığı eksik sulama, K5: Bitki su ihtiyacının %40'ının karşılandığı eksik sulama, K6: Bitki su ihtiyacının %20'sinin karşılandığı eksik sulama, K7: Sulamanın yapılmadığı konularında ne kadar alanda hangi bitkisel üretim deseninde bulunulması ve bu

koşullar altında üreticinin elde edebileceği gelir düzeyleri model ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modelde söz konusu alan içerisinde 50-100 da alanı temsil eden bir üreticinin üretim yaptığı 61 da alan içerisinde, örneğin; Normal iklim koşulunu ve bitki su ihtiyacının tam karşılandığı (K1) koşulda modelin önerdiği bitki deseni Buğday 27.19 da, Çeltik 6.1 da, Silajlık Mısır (II. Ürün-Buğday hasadından sonra buğdayın yerine) 27.19 da, Patlıcan 6.36 da, Şeftali 9.15 da, Kiraz 6.10 da, Elma 6.10 da olmuş ve alanda toplamda 61 da alan için 2016 yılı ekonomik koşulunda 68807 TL gelir elde edebileceği, normal iklim koşulunda sulamanın yapılmaması durumunda model bitkisel üretim desenini kuru tarıma yönlendirerek bitki desenini buğday kuru 27.45 da, ayçiçeği kuru 27.45 da, zeytin 6.1 da olarak önermiş ve bu koşulda üreticinin elde edeceği geliri 10078 TL olarak belirlemiştir. Sonuçta, sulamanın yapılmaması durumunda 61 da alanda üreticinin gelirinde önemli bir düşüş olduğu diğer taraftan da bitkisel üretimde önemli kayıpların olacağını model

Tablo I: I. İşletme (61 da) için Optimum Bitki Deseni (TL/da) (Akyüz ve Yıldırım, 2016).

Değişken	Kural yılı							
	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0	
Buğday 100	23,25	27,45	25,33	21,67	13,18	3,88	-	
Buğday 80							-	
Buğday 50							-	
Çeltik 100	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10		-	
Çeltik 80							-	
Çeltik 50							-	
S. Mısır 100	23,25	14,50					-	
S. Mısır 80		12,94	13,38	8,16	1,15		-	
S. Mısır 50							-	
Fasulye 100		2,34	3,05	3,05	3,05	1,04	-	
Fasulye 80						2,00	-	
K. Biber 100		0,90					-	
Patlıcan 100	10,29						-	
Karpuz 100							-	
Şeftali 100	9,15	9,15	9,15	9,15	9,15	6,18	-	
Kiraz 100	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	-	
Kiraz 80							-	
Elma 100	6,10	6,10	5,26	2,39			-	
Elma 80							-	
Buğday K.						8,22	27,45	
Ayçiçeği K.				6,43	17,31	27,45	27,45	
Zeytin K.		2,84	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	
Top. S. B.	61,00	58,16	54,90	48,47	37,59	19,23	-	
Top. K. B.	-	2,84	6,10	12,53	23,41	41,77	61,00	
II. Ürün	23,25	27,45	13,38	8,16	1,55	-	-	
İşletme G. (TL)	66328	63133	55892	51156	46341	34997	7757	

göstermiştir. Model aynı zamanda bu iki ekstrem koşul dışında farklı seviyelerdeki sulama düzeylerine göre farklı bitki desenleri ve bu koşullarda üreticinin elde edeceği gelir düzeylerini de belirlemiştir (Tablo 1). Aynı sulama ovasında araştırmacılar 150-200 da alanı temsil eden başka bir üreticinin 158 da alana sahip işletmesi için aynı senaryolar için farklı bitkisel üretim deseni ve bu koşullarda üreticinin elde edebileceği gelir düzeyleri belirlenmiştir (Tablo 2). Örneğin bu alanda kurak koşullara baktığımızda, üretici bitki su ihtiyacını tam karşılamak istese modelin bu koşulda ortaya koyduğu bitki deseni; Buğday 71.1 da, Çeltik 15.8 da, Silajlık Mısır (II. Ürün-Buğday hasadından sonra buğdayın yerine) 71.1 da, Karpuz 15.8 da, Şeftali 23.7 da, Kiraz 15.8 da, Elma 15.8 da alanda olmak üzere toplamda 158 da alan için 2016 yılı ekonomik koşulunda 153133 TL gelir elde edebileceği, kurak iklim koşulunda sulamanın yapılmaması durumunda model bitkisel üretim desenini kuru tarıma

yönlendirerek bitki desenini buğday kuru 71.1 da, ayçiçeği kuru 71.1 da, zeytin 15.8 da olarak önermiş ve bu koşulda üreticinin elde edeceği geliri 19880 TL olarak belirlemiştir. Görüldüğü gibi model farklı büyüklükteki üretim alanları için farklı bitkisel üretim senaryoları ve bu koşullarda üreticinin elde edebileceği gelir düzeylerini belirlemektedir.

Sonuç olarak, tarımsal kuraklıktan en fazla etkilenecek sektör tarım sektörüdür. Bu nedenle, olası kuraklık durumlarına karşı her bir sulama ovasında sulama suyunun farklı seviyelerine göre önceden modelleme çalışmaları yapılmalı ve yaşanabilecek iklimsel krizlere bağlı olarak bitkisel üretim deseninde oluşabilecek değişimler ve bunların ülke genelindeki ve üreticiler açısından yaratabileceği olumsuz etkiler detaylı bir şekilde incelenmelidir. Buna göre, alınması gereken önlemler belirlenmeli ve kriz durumlarında uygulanabilir seviyede olmalıdır.

	Normal Yıl							Yağışlı yıl						
	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0
	27,19	27,45	27,21	27,45	25,30	11,68	-	27,20	27,45	24,77	27,45	27,45	14,05	-
					2,15		-						13,40	-
						15,45	-							-
	6,10	6,10	6,10	5,02	3,54	5,17	-	6,10	6,10	0,01			0,52	-
				1,07	2,56		-			6,08	6,10	5,22		-
							-							-
	27,19	11,25	4,58	8,46	6,40		-	27,20	13,65					-
		16,20	10,12				-		13,80	19,46	14,43	10,16	0,43	-
							-							-
		1,12		0,30	0,33	0,56	-		2,35	2,67	3,05	3,05	0,71	-
			0,23				-							-
							-		1,14					-
	6,36						-	6,35						-
		4,58					-							-
	9,15	9,15	9,15	9,15	6,87	0,53	-	9,15	9,15	9,15	9,15	9,15	8,95	-
	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	-	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10		-
							-						6,10	-
	6,10	6,10	6,10	3,39	1,58	0,20	-	6,10	6,10	6,10	2,74			-
						0,13	-						0,98	-
							27,45							27,45
				2,40	6,44	15,04	27,45				0,30	3,93	10,18	27,45
		0,40	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10		2,60	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10
	61,00	60,60	54,90	52,50	48,46	39,86	-	61,00	58,40	54,90	54,60	50,97	44,72	-
	-	0,40	6,10	8,05	12,54	21,14	61	-	2,60	6,10	6,40	10,03	16,28	61
	27,19	27,45	14,69	8,47	6,40	-	-	27,20	27,45	19,46	14,44	10,16	0,43	-
	68807	66501	59067	54242	48638	37179	110078	70217	68021	62908	58024	52891	41295	111863

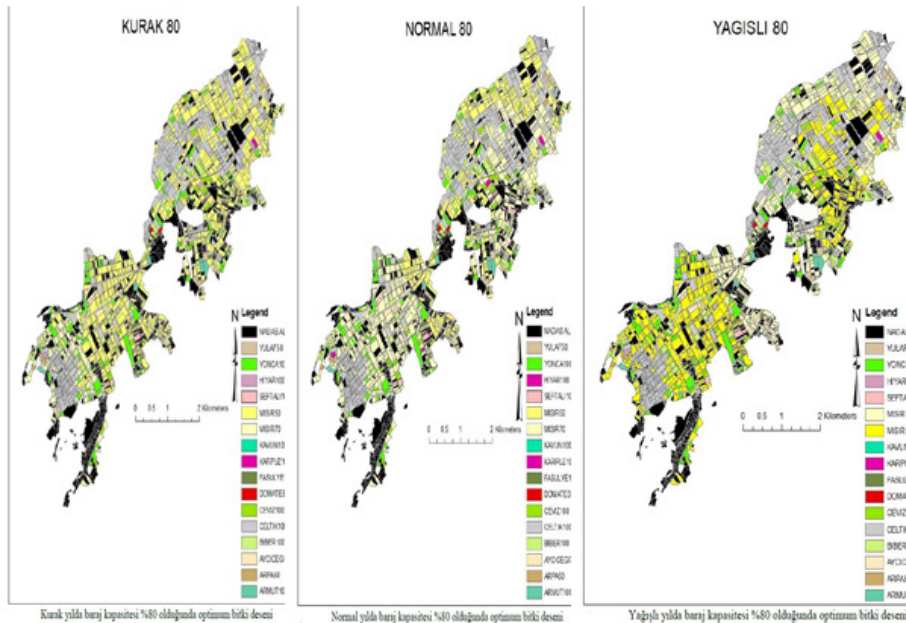
Tablo II: II. İşletme (158 da) için Optimum Bitki Deseni (TL/da) (Akyüz ve Yıldırım, 2016).

Değişken	Kural yılı							
	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0	
Buğday 100	71,10	71,10	55,44	37,62	19,78		-	
Buğday 80					1,11	21,70	-	
Buğday 50							-	
Çeltik 100	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	2,53	-	
Çeltik 80							-	
S. Mısır 100	71,10	29,27					-	
S. Mısır 80		36,11	33,86	22,61	11,35		-	
Patlıcan 100							-	
Karpuz 100	15,80						-	
Şeftali 100	23,70	23,70	18,87	10,84	2,79	6,81	-	
Kiraz 100	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	-	
Kiraz 80							-	
Elma 100	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	6,67	-	
Buğday K.						17,57	71,10	
Ayçiçeği K.		4,30	21,93	46,33	71,10	71,10	71,10	
Zeytin K.		11,49	14,35	15,80	15,80	15,80	15,80	
Top. S. B.	158,00	142,21	121,72	95,87	71,10	53,53	-	
Top. K. B.	-	15,79	36,25	62,13	86,90	104,47	158	
II. Ürün	71,10	65,40	33,86	22,61	11,35	-	-	
İşletme G. (TL)	153133	142503	125341	115698	105902	82227	19880	

Mucan (2024), doğrusal programlama ile ArcGIS'i birleştirerek, optimizasyon programının ürettiği bitkisel üretimi parsel bazlı harita üzerinde aktarmıştır. Bunun için, Çanakkale ili Biga ilçesinde bulunan Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasındaki tarım alanında (20000 ha) Coğrafi Bilgi Sistemi ve Phyton programlama dilinde Numpy kütüphanesinden ve Scipy optimize kütüphanesinden yararlanarak optimum bitki deseni işlemlerini CBS teknolojisi ile bütünleştirerek, barajın kapasitesindeki farklılaşmaya göre sulama sahasındaki bitki desenini çok kısa sürede şekillendirerek ve bunları parsellere dağıtarak rapor haline getirmiştir. Bu çalışmada ArcGIS'te Kaynarca Göleti sulama sahasında bitki su ihtiyacının tam karşılanması koşulunda üretilecek bitki desenini ve bu koşulda tüm alandaki üreticilerin elde edeceği gelir düzeyi belirlenmiştir, buna göre bu alandaki her bitki için atanan renkler harita üzerinde Şekil 5'te gösterilmektedir. Barajdaki su kapasitesinin %80 olması durumunda kuraklığa toleransı diğer bitkilere göre biraz daha yüksek olan arpa, ayçiçeği, kısmen mısır, yulaf bitkilerinde kısıntılı sulama çözüme girmiştir. Raporlanan bilgiye göre, arpa bitkisi

73,4 dekar alanda %50 kısıntılı sulama yapılarak farklı yağış koşullarında değişen gelirler elde edilmiştir. Kurak koşullarda 11.557,9 m³ su kullanılarak elde edilen 124.379,3 TL brüt kâr, normal koşullarda 6.795,9 m³ su kullanılarak elde edilen 138.443,2 TL brüt kâra göre %11,3 artış göstermiştir. Yağışlı koşullarda ise 2.559 m³ su kullanılarak 140.900,4 TL brüt kâr elde edilmiş, bu da normal koşullara göre %1,8 artışa işaret etmektedir. Ayçiçeği bitkisi, 220,1 dekar alanda %50 kısıntılı sulamada kurak koşullarda 47.429,4 m³ su kullanılarak 695.625,6 TL brüt kâr elde edilmiştir. Burada verilen çalışmanın bir kısmında görüldüğü gibi bir sulama ovasında mevcut su kaynağının farklı seviyelerine göre sulama ovasındaki bitki deseni harita üzerinde parsel bazlı olarak planlanabilmekte ve bu alanda üretilecek bitki desenine göre harcanacak su miktarı ve üreticilerin elde edebileceği gelir düzeyleri tahmin edilebilmektedir. Bu tür ön çalışmalar tüm sulama ovaları için önceden hazırlanıp, yaşanabilecek iklim krizlerine karşı alınabilecek tedbir önerileri şimdiden hazırlanmasının gelecekte yaşanabilecek iklimsel krizlerde büyük bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir.

	Normal Yıl							Yağışlı yıl						
	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0
	71,10	71,10	71,10	71,10	58,88	28,34	-	71,10	67,71	71,10	71,10	71,10	35,72	-
					12,22		-						35,37	-
						37,28	-							-
	15,80	15,80	15,80	15,8	15,8	11,76	-	15,8	15,80	15,80	15,80	3,56	3,58	-
						1,18	-					12,24		-
	71,80	21,10	14,65	16,90	9,41		-	71,10	19,45					-
		50,00	12,15				-		48,26	38,52	27,43	18,84		-
							-		2,47					-
	15,80	5,76	0,76	1,60	2,00		-	9,36	1,99					-
	23,7	23,70	23,70	19,17	12,05	1,65	-	23,70	23,70	23,70	23,70	23,70	19,64	-
	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	14,97	-	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	1,47	-
						0,83	-						14,33	-
	15,80	15,80	14,79	9,54	6,92		-	15,80	15,80	13,78	6,00			-
							71,10							71,10
			0,25	9,17	18,53	46,18	71,10			2,02	9,80	15,80	32,06	71,10
		10,74	15,8	15,80	15,80	15,8	15,8	6,43	14,71	15,80	15,80	15,80	15,80	15,8
	158,00	147,26	141,95	133,03	123,67	96,02	-	157,57	143,29	140,18	132,40	126,40	110,14	71,10
	-	10,74	16,05	24,97	34,33	61,98	158	6,43	14,71	17,82	25,60	31,60	47,86	86,90
	71,10	71,10	26,80	16,90	9,41	-	-	71,10	67,71	38,52	27,43	18,84	-	-
	160038	153333	135310	124908	114347	91642	26104	163652	158017	142621	132238	121799	95260	30727



Şekil 5. Cihadiye Kaynarca Göleti Normal, Kurak Ve Yağışlı Koşullarda Modelin Önerdiği Bitki Deseni (Mucan,2024).

Sonuç

Büyük kentlerde sağlıklı ve güvenilir içme-kullanma suyu, sanayi suyu ve atık suyun arıtılarak doğal çevreye verilmesi için büyük yatırımların yapılması zorunlu görülmektedir.

Dünya nüfusu son 50 yılda yaklaşık iki katına çıkmıştır. Gelir artışı ve kentleşme insanların beslenme alışkanlıklarını tahıldan hayvansal ürünlere doğru değiştirmiştir. Artan et, süt, şeker, yağ ve sebze üretimi tahıl üretimine göre daha fazla su ihtiyacı ve daha farklı bir su yönetimini gerektirmektedir. Hayvansal gıda ihtiyacının artmasıyla daha fazla yem bitkisine ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekte daha fazla nüfus için daha fazla su, gıda, lif, endüstri bitkisi, hayvansal gıda ve deniz ürünlerine ihtiyaç duyulacaktır (Anonim, 2020). Ülkemizde, 1990'lı yıllara kadar tarım sektöründe su, ücretsiz veya düşük maliyetle temin edilebilir bir kaynak iken ancak günümüzde su üreticilere fiyatlandırılarak sağlanmaktadır. Buna ilaveten, ülkemizde sulama suyunun tasarruflu kullanılması için üreticilere kapalı sulama sistemlerinde hacim esasıyla ücretlendirme yapılarak verilmektedir. Bu uygulama, tarım alanlarında suyun

tasarruflu kullanımını hedeflemektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, su israfının önlenerek suyun korunması, sulama sistemlerinde randımanın artırılması, su kalitesinin iyileştirilmesi ve suyun gerektiği miktarda çevreye zarar vermeden kullanımının sağlanması konularını kapsamaktadır. Bu çalışmalar, suyu en fazla kullanan tarım sektöründe sürdürülebilir su kullanımı sağlamak için son derece önemlidir. Su kaynaklarının etkin ve çevreyle uyumlu bir şekilde kullanılması amacıyla; her bir sulama sahasında modelleme çalışmaları yapılmalı ve suyun tek bir damlasının bile israf edilmeden en verimli şekilde kullanılması sağlanmalıdır. Bu modellemeler sayesinde; sulama suyu miktarına göre üretilebilecek bitki desenleri, harcanacak su miktarı ve üreticilerin elde edeceği brüt gelir gibi faktörler hızlı bir şekilde tahmin edilebilir. Böylece, olası olumsuzluklara karşı önceden gerekli tedbirler alınarak, sürdürülebilir tarıma yönelik önemli adımlar atılabilir.

Kaynakça

- Anonim, 2019. Şura Kitabı, III. Tarım Orman Şurası, 18-21 Kasım 2019, Ankara, T.C. Tarım Orman Bakanlığı.
- Anonim, 2020. Ulusal Su Planı 2019-2023. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Anonim, 2021. Tarımsal Sulama Sektör Politika Belgesi 2021-2025, TAGEM AR-GE İnnovasyon, 2021.
- Anonim, 2023. Onikinci Kalkınma Planı (2024-2028), Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı.
- Anonim, 2024a. T.C. Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (<https://www.mgm.gov.tr>).
- Anonim, 2024b. Tarım Orman Bakanlığı, BUGEM. (Erişim Tarihi: 31.10.2024 <https://tarim.orman.gov.tr-BUGEM.pdf>).
- Akten, M., Akten, S., 2010. Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması İçin Bir Model Yaklaşımı: Tarım Sektörü Örneği. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 3(2):83-90. 2010. ISSN:1308-3961.s.83-90.
- Akyüz, S., Yıldırım, M., 2022. Çanakkale İli Özbek Ovasındaki İşletmelerde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Optimum Bitki Desenin Belirlenmesi, ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.) 2022:10(2): 236-244, ISSN: 2147-8384 / e-ISSN: 2564-6826, doi: 10.33202/comuagri.1017339.
- Alamas, A., Xenarios, S., Mylopoulos, N., Stalnacke, P., 2017. Integrated Water Resources Management in Agro Economy using Linear Programming. The Case of Lake Karla Basin, Greece. European Water 60:4147.
- Albut, S., Güngör, Y., 1996. İpsala Altınyazı-Karasaz sulama şebekesinde su dağıtım ve kullanım etkinliğinin belirlenmesi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No: 248. Tekirdağ Doktora Tezi.
- Aydoğdu, M.H., Mancı, A.R., Aydoğdu, M., 2015. Tarımsal Su Yönetiminde Değişimler; Sulama Birlikleri, Fiyatlandırma ve Özelleştirme Süreci, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 14, sayı:52,(146-160).
- Ayhan, H., Karakayacı, Z., Yener, A., 2024. Sürdürülebilir Kırsal Arazi Yönetimi, Akademik Et ve Süt Dergisi, Yıl-2024, sayı:7, s.30-38.
- Bhuvandas, N., Mirajkar, AB., Timbadiya, PV., Patel PT. 2010. Optimization of Irrigation Area of Ukai Right Bank Main Canal-A Linear Programming Approach, AIP Conference Proceedings 1324,127(2010) <https://doi.org/10.1063/1.3526172>.
- Çakmak, B., Gökalp, Z. ve Taş, İ. 2008. Yeraltı Su Kaynaklarının Tarımda Kullanımının Değerlendirilmesi. Konya Kapalı Havzası Yeraltısu ve Kuraklık Konferansı 11-12 Eylül 2008 Bildiri Kitabı. Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü IV. Bölge Müdürlüğü, s.222-229, Konya.
- Doğan, M., 2003. Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları ile Sulanan Soğanda (Allium cepa L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma. Ekoloji Çevre Dergisi. 12 (48).
- Eminoğlu, E. 2007. Türkiyede Su Yönetimi ve Sulama İşletmeciliği. Orta Asya Sulama Suyu Yönetimi Çalıştayı 12-14 Eylül 2007. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, 8s, Ankara.
- Evsahibioglu, N., Aküzüm, T., Çakmak, B., 2010. Su yönetimi, Su Kullanım Stratejileri ve Sınıraşan Sular. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi.
- Fayrap, A., Kızıloğlu, F.M., 2010. Demirdöven Sulama Sahası için Optimum Bitki Desenin Belirlenmesi, GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (2010), 27 (1), s.35-41.
- Frizzone, J.A., Coelho, R.D., Dourado-Neto, D., Soliani, R., 1997. Linear programming model to optimize the water resource use in irrigation projects: An application to the senator Nilo Coelho Project, Sci. Agric., Piracicaba, 54 (Numero Especial), p.136-148 junho 1997.
- Gür, M., 2008. Kırsal Arazi Yönetimi ve Yönetime Katılımın Tasarımı (Doktora tezi) İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hall, W. A., Dracup, J. A., 1970. Water Resources System Engineering, McGrawHill, New York, 1970.
- Kuş, M., 2016. Sürdürülebilir Arazi Yönetiminde İşbirliği Modeli, Doğa Koruma, Eylül-Ekim 2016/EKOİQ, s.110-113.
- Mucan, U., , 2024. Değişen İklim Kuşağında Doğrusal Programlama Yaklaşımı İle Tarımsal Su Yönetimi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Çanakkale 2024.
- Sallan, J.M., Lordan, O., Fernandez, V., 2015. Modelling and Solving Linear Programming with R. Universitat Politècnica de Catalunya, DOI:<http://bx.doi.org/10.3926/oss.20>.
- Şener, S., Yıldırım, M., Bahar, E., Demirel, K., Erken, O., 2006. Kazdağları Su Kaynakları ve Biga-Kocabaş Çay'ında Su Kalitesi Üzerinde bir Araştırma, Kazdağları II. Ulusal Sempozyumu Bildirileri 22-25 Haziran 2006-Çanakkales.341-349.
- TODAİE, 2009. Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi. www.yerelnet.com. 03.10.2009.
- TEMA, 2024. TEMA Vakfı Su Verimliliği Seferberliği (Erişim Tarihi: 08.11.2024, <https://sutema.org>).
- Ülger, N.E., 2023. Kentsel Arazi Düzenlenmesi Kentsel Dönüşüm. İstanbul Yem Yayın.
- Yetik, A. K., Candoğan, B. N., 2024. Climate Change Impacts on Precipitation Dynamics in the Southern Marmara Region of Turkey, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi e-ISSN 2651-4044, Haziran/2024,38(1),s.123-141.

Biyolojik Çeşitlilik, Sürdürülebilirlik ve Kocaeli Örneği

Biological Diversity, Sustainability and the Case of Kocaeli

Prof. Dr. Halim AYTEKİN ERGÜL

Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kocaeli, Türkiye

halim.ergul@kocaeli.edu.tr

ORCID: 0000-0002-9313-1426

Öz

İklim değişikliği, çevre kirliliği ve biyolojik çeşitliliğin korunması, içinde bulunduğumuz yüzyılın gündemindeki başlıca konular arasında yer almaktadır. 1800'lerin ikinci yarısından itibaren gelişerek artmaya başlayan sanayi hareketleri çevre kirliliği gibi olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir. Kirleticilerin, özellikle uzun menzilli ve kalıcı etkileri dünya genelinde hükümetleri çevre sorunlarına çözüm bulmaya zorlamaktadır. Bu kapsamda yapılan çeşitli toplantılar arasında 1972 Stockholm Konvansiyonu, 1992 Rio Konferansı, 1997 Kyoto Protokolü, 2002 Johannesburg Zirvesi, 2015 Paris İklim Değişikliği Taraflar Konferansı sonuçları itibarıyla öne çıkan konvansiyonlardır. Endüstrileşmenin etkisiyle dünyada tanık olunan değişimler, Rio Konferansında öne çıkan, sürdürülebilir kalkınma kavramının yerini sürdürülebilir yaşam kavramına terk ettiği bir süreci başlatmıştır. Artık insanın yaşam koşullarının sürekliliği için diğer canlıların yaşam koşullarının da sürekli kılınması gerektiği fark edilmiştir. Bu kapsamda birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de biyolojik çeşitlilik envanterleri çıkarılması ve izleme programları oluşturulması başlatılmıştır. Bu yazıda ele alınan bir bölüm olan Kocaeli ilinin biyolojik çeşitliliği çalışması ilk kez 2019 yılında tamamlanmıştır. İl genelinde, damarlı ve damarsız bitkiler, memeli, kuş, sürüngen, çift yaşar ve balık biyolojik çeşitliliği araştırılmıştır. Yaklaşık dört yıl süren çalışmalar sonucunda 51 adedi endemik olmak üzere toplam 2785 bitki ve omurgalı hayvan türü Kocaeli için kayıt altına alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik Çeşitlilik, Sürdürülebilir Kalkınma, Sürdürülebilir Yaşam, Yeşil Mutabakat, Kocaeli.

Abstract

Climate change, pollution and the protection of biodiversity are among the most important issues on the agenda in the present century. However, the industrial movements that have been developing and growing since the second half of the 19th century have brought with them negative impacts such as pollution. Governments all over the world are being forced to find solutions to environmental problems, particularly because of the long-range and long-lasting effects of pollutants. Among the various meetings held in this context, the 1972 Stockholm Convention, the 1992 Rio Conference, the 1997 Kyoto Protocol, the 2002 Johannesburg Summit and the 2015 Paris Conference of the Parties on Climate Change are the conventions that stand out in terms of their results. The changes witnessed in the world under the influence of industrialisation are initiating a process in which the concept of sustainable development, which appeared at the Rio Conference, is being replaced by the concept of sustainable life. It is now recognised that for human well-being to continue, the living conditions of other living organisms must also be maintained. In this context, as in many countries, biodiversity inventories and monitoring programmes are being established in Türkiye. The biological diversity of Kocaeli province, which is one of the issues of the present article, was completely investigated for the first time in 2019. The biodiversity of vascular and non-vascular plants, mammals, birds, reptiles, amphibians and fish has been studied throughout the province. After about four years of work, a total of 2785 plant and vertebrate species have been recorded for Kocaeli, 51 of which are endemic.

Keywords: Biological Diversity, Sustainable Development, Sustainable Life, Green Deal, Kocaeli.

Biyolojik Çeşitlilik ve Sürdürülebilirlik Kavramlarının Dünya Gündemindeki Yeri

Dünya tarihi sayısız mücadelelerle doludur. İçinde bulunduğumuz dönemde ön plana çıkan iklim değişikliği, okyanus asitleşmesi, çevre kirliliği ve biyolojik çeşitliliğin korunması dünya gündemindeki başlıca konular arasındadır. Bu bağlamda, son dönemde, ekosistemlerin sağlığı ve sürdürülebilirliği ile ilgili küresel ölçekte yapılan çalışmalar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Ağırlıklı olarak sanayi hareketleri 1840'a kadar tam olarak hissedilememiştir. Ancak 1800'lerin ikinci yarısından itibaren gelişerek artar (Hobsbawm, 1990). Buhar makinelerinin endüstride kullanılmaya başlaması bu hareketlere ivme kazandırmıştır. İlerleyen süreçlerde ülkeler arasında ortaya çıkan sorunlar iki büyük dünya savaşına yol açmıştır. Savaşların ardından 1945'te Birleşmiş Milletler Örgütü kurulmuştur. Bundan sonraki yıllar daha çok ülkeler arasında ideolojik yarışa ekonomik büyümeye ve bunlara eşlik eden konvansiyonel ve nükleer silahlanmaya sahne olmuştur. Bu yıllar aynı zamanda savaş karşıtı, silahlanma karşıtı ve çevreci eylemlerin üniversite gençleri arasında yaygınlaşmaya başladığı yıllardır. 1960'lı yıllardan sonra asit yağmurları ve benzeri uzun menzilli ve olumsuz etkileri görülen kirleticiler sorunu bütün ülkeler tarafından dile getirilmeye başlamıştır ve hükümetleri çevre sorunlarına çözüm bulmaya zorlayan kitle hareketleri görülür. Nihayet 1973 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) kurulmuştur (UN, 1992; UNEP, 2024).

Bu süreçte yapılan irili ufaklı toplantı ve konvansiyonların ardından uluslararası çevre konferanslarının ilki 113 ülkenin katılımıyla 1972 yılında Stockholm'de gerçekleştirilmiştir. Bu konferansta, bugün hala tartıştığımız çevre sorunlarının küresel boyutuna ilk kez değinilmiştir, ülkeler arasında sınıflama yapılmaksızın her ülkenin çözüme katkıda bulunmasının gerekliliğine işaret edilmiştir. Sonuçta 1987'de Ortak Geleceğimiz isimli rapor kaleme alınmıştır. İkinci büyük konferans 179 ülkenin devlet başkanlarının katılımıyla 1992 yılında Rio de Janeiro'da gerçekleştirilmiştir. Rio konferansında tartışılan konular kamuoyuna Gündem 21 (Agenda 21) olarak sunulmuştur. Yayınlanan deklarasyon, barış, kalkınma ve çevreyi korumanın birbirleri ile kuvvetle ilişkili olduğunu ve ayrılmamaları gerektiğini vurgulamıştır. Gündem 21 aslında içinde bulunduğumuz yüzyıl için hazırlanmış bir eylem planıdır. Rio konferansında; İklim Değişikliği ve Biyolojik Çeşitlilik sözleşmeleri imzalanmıştır ve Sürdürülebilir Kalkınma kavramı üzerinde durulmuştur (Decleris, 2000). Daha sonra 2002'de yapılan Johannesburg zirvesi aslında Rio'da alınan kararların ne derece uygulandığının kontrolü niteliğindedir (Groumpos, 2021).

Bu arada 1997'de Kyoto Protokolü imzalanmış ve 2005'te yürürlüğe girmiştir. Kyoto toplantısı, küresel sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik taahhütler içeren önemli bir uluslararası anlaşma olarak tarihe geçmiştir. 2015'te Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 21. Taraflar Konferansı sırasında Paris İklim Anlaşması kabul edilmiştir ve 2016'da yürürlüğe girmiştir. Anlaşma, 195 ülkenin katılımıyla gerçekleşen bir müzakere sürecinin sonucunda gerçekleşmiştir. Anlaşmanın temel amacı, küresel ölçekte ortalama atmosferik sıcaklık artışını 2°C'ın altında tutmak ve mümkünse 1,5°C'a indirmektir. Paris İklim Anlaşması 2016 yılında onaylanmış ve resmi olarak yürürlüğe girmiştir. Bu tarihten itibaren, anlaşmayı onaylayan ülkeler kendi ulusal hedeflerini belirleyip sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik adımlar atmaya başlamıştır. 2019'da Madrid'de yapılan toplantıda karbon piyasaları ve finansman konuları üzerinde yoğunlaşmıştır. 2020'de yani Paris İklim Anlaşması'ndan 5 yıl sonra birçok ülke yeni ve daha iddialı iklim hedeflerini belirlemeye başlamıştır.

Yeşil Mutabakat, Sürdürülebilirlik ve Biyolojik Çeşitlilik

Avrupa Komisyonunda özellikle 2050 yılına kadar karbon nötr kılıta olma taahhütlerini açıklayan ülkelerin sayısı artmıştır. 2021'de Glasgow'da yapılan toplantıda Avrupa'da 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim finansmanı konuları ele alınmıştır (IPCC, 2024). İçinde bulunduğumuz günlerde, ülkemizin de dahil olduğu, Yeşil Mutabakat (Green Deal) çerçevesinde ekosistem kalitesinin korunması için orta ve uzun vadeli hedefler konulmuştur. Avrupa Komisyonu tarafından 2020 yılında onaylanan ve Avrupa Birliği'ni 2050 yılına kadar karbon nötr hale getirmeyi amaçlayan bir dizi politika girişimi olan Yeşil Mutabakat'ın önemli hedeflerinden biri 2030 yılına kadar ülkelerin net sera gazı emisyonlarını 1990 yılındaki emisyon seviyelerine göre en az %55 oranında azaltmasıdır (EC, 2024). Bu mutabakat çerçevesinde sürdürülebilirlik kavramı öne çıkarılmakta, karbon emisyonlarını azaltıcı tedbirlerin yanı sıra tarım ve biyolojik çeşitlilik gibi alanlarda yeni yasalar getirilmesi hedeflenmektedir (Fetting, 2020; Jaeger vd., 2021). 1992'de Rio Konferansında benimsenen insan odaklı Sürdürülebilir Kalkınma kavramı artık yerini bütün canlıları kapsayacak şekilde Sürdürülebilir Yaşam kavramına bırakmaya başlamıştır.

Elbette endüstriyel ürünlerin insan yaşamını kolaylaştıran sayısız yararı vardır. Öte yandan, yaşamları boyunca sanayileşmenin olumsuz etkisine maruz kalan insanlar, yerküre üzerinde yaşamın sürdürülebilir olması için canlı çeşitliliğini korumanın önemini belirgin biçimde anlamaya başlamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Endüstri Devrimi ve İnsan (kling ai uygulaması yardımı ile hazırlanmıştır).

Türkiye ve Kocaeli’de Biyolojik Çeşitlilik Çalışmaları

Türkiye 1992 yılında Rio’da kabul edilen ve 1996 yılında onayladığı Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi’ne taraftır. 2007 yılında hazırlanan Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında Türkiye genelinde il il kara ve iç su ekosistemlerinde yaşayan Damarlı - Damarsız Bitkilerin ve Omurgalı Hayvanların biyolojik çeşitlilik envanterleri çıkarılmış ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından “Nuh’un Gemisi Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Veritabanı”nda listelenmiştir (Nuh’un Gemisi, 2024). Benzer çalışmalar havza ölçeğinde iç sularımızda, kıyı ekosistemlerinde ve denizlerimizde sürdürülmüş, bu kapsamda 26 havzada Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri’nin destekleri ile biyolojik çeşitlilik envanteri çıkarılmıştır. Günümüzde ülkemizde biyolojik çeşitlilik izleme çalışmaları gerek il gerekse havza ölçeğinde devam etmektedir.

Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında Kocaeli’nin Biyolojik Çeşitliliği Orman ve Su İşleri Kocaeli Şube Müdürlüğü’nün ve ülkemizin farklı üniversitelerinden

uzman hocaların destekleri ile Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim üyeleri tarafından ilk defa 2015 yılında kapsamlı olarak çalışılmaya başlanmış ve 2019 yılında bir rapor olarak yayımlanmıştır. Bu kapsamda ilimizin kara ve iç su ekosistemlerinde yaşayan Damarlı-Damarsız Bitki, Memeli, Kuş, Sürüngen, Çift Yaşar ve Balık türlerinin envanteri çıkarılmıştır. Buna göre; Proje kapsamında Kocaeli ili biyolojik çeşitliliği için; aralarında Centaurea kilea (Kilyos düğmesi), Lathyrus undulatus (İstanbul nazendesesi), ve Corydalis wendelboi congesta (Sık tarlakuşu) türlerinin de yer aldığı 50’si endemik 1477 Damarlı Bitki, 60 Memeli Hayvan, 262 Kuş, 1’i endemik 30 Balık, 23 Sürüngen ve 7 Çift Yaşarlar türü kayıt altına alınmıştır. Bu taksonlardan 134’ü Kocaeli için ilk kayıtlardır. Damarlı Bitkiler ve Omurgalı Hayvanlara ilave olarak 181 Tohumuz Bitki, 745 Omurgasız Hayvan Türü ve 64 farklı EUNIS Habitat Tipi de bu çalışma kapsamında Kocaeli İli Biyolojik Çeşitlilik Envanteri’nde listelenmiştir (UBÇEİB, 2019). Özetle, proje çerçevesinde sürdürülen literatür taramaları ve arazi çalışmaları sonucunda 51 adedi endemik olmak üzere toplam 2785 Bitki ve Omurgalı Hayvan türü ile 64 farklı habitat tipi Kocaeli İli için kayıt altına alınmıştır (Tablo I).

Tablo I: . Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Envanter İzleme Projesi Kapsamında Kocaeli İli İçin Kayıt Altına Alınan Takson, Endemik Takson ve İl İçin Yeni Kayıt Sayıları (UBÇEİB, 2019).

Grup	Takson Sayısı	Endemik Takson Sayısı	İl İçin Yeni Kayıt Sayısı
Damarlı	1477	50	92
Memeli	60	-	5
Kuş	262	-	31
Balık	30	1	5
Sürüngen	23	-	0
Çift Yaşar	7	-	1
Tohumuz	181	-	-
Omurgasız	745	-	-
Habitat Tipi	64	-	64

Gerek ülkemiz gerekse Kocaeli biyolojik çeşitlilik yönünden son derece zengin ve özellikli bir coğrafyada yer almaktadır. Kocaeli, Karadeniz ve Marmara Denizine sınırı olmasının yanı sıra göç yolları üzerindedir ve Sapanca Gölü, İznik Gölü, Hersek Lagünü ve İzmit Körfezi Sulak Alanı gibi biyolojik çeşitlilik bakımından son derece zengin su ekosistemlerine sahip ya da çok yakın konumdadır. Konumu ve iklim koşulları Kocaeli'yi canlı çeşitliliği bakımından değerli

bölgeler arasına sokmaktadır. Öyle ki Yuvacık Barajı'nın güneyinde, Kiraz Dere'nin kaynağına yakın bölgeler makro-omurgasızlar açısından referans alan olabilecek nitelikte canlı çeşitliliğine sahiptir. Öte yanda yoğun nüfus ve sanayi tesisleri canlı çeşitliliğini olumsuz etkileyen hususlardır ve Dil Deresi gibi ilin sanayi tesislerinin yoğun olduğu bölgelerinde canlı çeşitliliği oransal olarak düşüktür (Bayköse vd., 2022).

Sonuç ve Öneriler

Biyolojik çeşitlilik gözle göremediğimiz bakteriler ve mantarlardan fitoplanktona, alglerden böcekler, ağaçlardan kuşlara ve nihayet insana kadar çok geniş ve esasen birbirine bağımlı bir olgudur. Bakteriler ve mantarlar olmadan bugün tükettiğimiz birçok gıda elde edilemeyeceği gibi madde döngüleri de olmayacaktır. Fitoplankton soluduğumuz atmosferik oksijenin çoğundan sorumludur. Algler birçok deniz balığının temel besin kaynağıdır, böcekler tozlaşmaya yardımcı olur, bitkilerin çoğalmasını ve ağaçların

meyve vermesini sağlar. Çok sayıda benzer örnek verilebilir. Ama bu basit örnekler bile canlıların birbirlerine ne kadar bağımlı olduğunu göstermekte ve biyolojik çeşitliliğin korunmasının önemini vurgulamaktadır. Bu nedenle, sadece insan odaklı olmayan, yerküre üzerinde mevcut bütün canlı organizmaların sürdürülebilir yaşam koşullarını gözeterek şekilde, uzun vadeli çevre politikaları geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.

Kaynakça

- Bayköse, A., Ergül, H.A., Odabaşı, D.A., Özkan, N., vd. (2022). Kocaeli (Türkiye)'deki Bazı Akarsuların (Dilderesi, Yalakdere, Kirazdere) Taban Makroomurgasız Faunası. *Acta Aquatrica Turcica*, 18(2), 187-207. <https://doi.org/10.22392/actaquatrica.1002739>
- Decleris, M. (2000). *The Law of Sustainable Development: General Principles*, European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- Fetting, C. (2020). "The European Green Deal", ESDN Report, December 2020, ESDN Office, Vienna.
- Groumpos, Peter P. (2021). A Critical Historical and Scientific Overview of all Industrial Revolutions, *IFAC- Papers OnLine*, 54, 13, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492>
- Hobsbawm, E.J. (1990). *Industry and Empire: From 1750 to the Present Day*. Penguin
- Jaeger, C., Mielke, J., Schütze, F., Teitge, J., Wolf, S. (2021). "The European Green Deal - More Than Climate Neutrality". *Intereconomics*. 2021 (2): 99-107.
- UBÇEİP-Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Envanter İzleme Projesi (2019). Kocaeli İli'nin Karasal ve İç Su Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme İşİ Sonuç Raporu, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı
- Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü I. Bölge Müdürlüğü Kocaeli Şube Müdürlüğü.
- UN-United Nations Framework Convention on Climate Change Rep. No: 30822, New York 1992
- UNEP. (2024). United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/publications-data>
- IPCC. (2024). Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://archive.ipcc.ch>
- EC. (2024). European Commission. <https://ec.europa.eu/stories/european-green-deal>
- Nuh'un Gemisi. (2024). <https://nuhungemisi2.tarimorman.gov.tr>

Kocaeli İzmit Körfez Dip Çamurunun Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği ve Üretilen Yapı Malzemelerinin Çevreye Katkısı

Usability of Kocaeli İzmit Gulf Seabed Sludge as a Construction Material and the Environmental Contribution of the Produced Materials

Prof. Dr. Salih Taner YILDIRIM

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

styildirim@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0021-0625

Öz

Kocaeli-İzmit Körfezi'nin uç kısmında başlanan ve ilerideki müsilaj oluşumlarını engellemeyi hedefleyerek, denizi temizleyen dip çamuru çıkarılması çalışmaları tüm hızı ile sürmektedir. Mevcut bölgeden çıkan çamur ağır metaller yönünden zararsızdır. Ancak çamurun atık sahalarında toplanması ve yeterince geri dönüştürülmemesi büyük bir sorundur. Bu amaçla yapılmış olan çalışmalarda tuğla, beton ve briket gibi üretilmiş olan yapı malzemeleri sunulmuş ve üretilen malzemelerin çevreye getirileri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Körfez Dip Çamuru, Atık Sahaları, Geri Dönüşüm, Yapı Malzemeleri.

Abstract

The work to remove bottom sludge, which started at the far end of the Kocaeli-Izmit Gulf with the aim of preventing future mucilage formations and cleaning the sea, is continuing at full speed. The seabed sludge extracted from the current area is harmless in terms of heavy metals. However, the accumulation of the sludge in waste sites and its insufficient recycling is a significant problem. In the experimental studies conducted for this purpose, construction materials such as bricks, concrete, and cinder blocks have been produced, and the environmental impacts of these materials have been discussed.

Keywords: Gulf Seabed Sludge, Waste Sites, Recycling, Construction Materials.

1. Giriş

Dip çamuru, çeşitli şekillerde inşaat malzemelerinde kullanılabilir. Bir yaklaşım, kırmızı çamurun alkalinitliğini nötralize etmektir, bu da onun inşaat malzemesi olarak kullanılmasına olanak tanır (Kang vd., 2020). Kırmızı çamur aynı zamanda mikro çatlakları ve boşlukları minimize etmeye yardımcı olduğu için bir çimento ikamesi olarak da kullanılabilir (Venkatesh vd., 2019). Ayrıca, kırmızı çamur, malzemenin özelliklerini iyileştirebilecek bir inşaat malzemesi katkısı olarak kullanılabilir (Wang vd., 2018). Çamur, deniz kabukları ve uçucu kül gibi bağlayıcı maddelerle karıştırılarak çamur bazlı inşaat malzemeleri oluşturulabilir (Mendili vd., 2021). Çamur aynı zamanda geopolimer üretimi için ham madde olarak kullanılabilir, bu da çimento ikamesi veya ön ürün olarak kullanılabilir (Antoni vd., 2014). Dahası, çamur bazlı inorganik polimerik malzemelerin umut verici özelliklere sahip olduğu ve inşaat sektöründe yapay yapısal elemanlar olarak kullanılabilenliği bulunmuştur (Dimas vd., 2009).

Çamurun özelliklerinin test edilmesi ve onaylanması, inşaat amaçları için uygunluğunu sağlamak için gerekli bileşenlerin eklenmesi gerektiğini unutmamak önemlidir (Mendili vd., 2021). Çamurun inşaat malzemelerinde kullanılması, boksit rafinasyon işlemi yan ürünü olan kırmızı çamurun stoklanması azaltmaya yardımcı olabilir (Liu & Wu, 2012). Ancak, kırmızı çamurun bir inşaat malzemesi katkısı olarak kullanılmasının radyolojik kısıtlamalarını göz önünde bulundurmak önemlidir, çünkü toprak kirleticileri ve radyoaktif elementler içerebilir (Gu vd., 2012).

Dip çamurunu tuğla, kiremit ve çatı kiremiti üretiminde kullanmak için birkaç yaklaşım düşünülebilir. Bir seçenek, boksit rafinaj işleminin bir yan ürünü olan kırmızı çamuru, tuğla üretiminde bir bileşen olarak kullanmaktır. Çalışmalar, kırmızı çamur, uçucu kül ve kireç kombinasyonunun pişmiş ve pişmemiş tuğlalar için ideal bir malzeme olabileceğini göstermiştir (Beulah vd., 2021).

Çatı kiremitleri üzerine araştırmalar; ısı iletim transferi, yüzey sıcaklığı ve soğutma yükü gibi çeşitli yönler üzerine odaklanmıştır. Bir çalışma, tropikal bir iklim altında konut binalarında çatı kiremit renginin ısı iletim transferi, çatı üstü yüzey sıcaklığı ve soğutma yükü üzerindeki etkisini incelemiştir (Farhan vd., 2021). Bu çalışmanın bulguları, binalarda daha iyi termal performansa ve enerji verimliliğine katkıda bulunabilen çamur tabanlı çatı kiremitleri de dahil olmak üzere malzeme seçimine rehberlik edebilir. Endüstriyel atık malzemelerin geri dönüşümü, çevre dostu çatı kiremitleri üretiminde tercih edilebilir. Örneğin, tipik olarak fırın sisteminden atılan bypass çimento fırın tozu, çatı kiremitlerinin hazırlanmasında kullanılmıştır (El-Naggar vd., 2023). Bu yaklaşım, sadece atığı azaltmakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir inşaat malzemelerinin gelişimine de katkıda bulunur.

Çamur tabanlı tuğla, kiremit ve çatı kiremitlerinin üretimi, optimizasyon ve çeşitli faktörlerin dikkate alınmasını gerektirir. Çalışmalarda üretim sürecinde optimum faktörleri ve seviyeleri belirlemek için optimizasyon teknikleri kullanılmıştır (Rosyidi vd., 2022). Cam tozu, odun külü eklenmesi ve çatı kiremitlerinin fırındaki yerleşimi gibi faktörler, istenen özelliklere ve performansa ulaşmak için optimize edilebilir.

Bu çalışmada Kocaeli Körfez Dip Çamuru'nun yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği ve bu malzemelerin üretime geçirilmesinin çevreye yapabileceği katkı araştırılmıştır. Bu amaçla laboratuvarında tuğla, beton ve briket yapımı araştırılmıştır. Ayrıca bu malzemelerin kullanım potansiyeline ve çevre etkilerine değinilmiştir.

2. İzmit Körfezi Dip Çamuru ve Analizi

İzmit Körfezi uç kısmından 15 m derinliğe kadar müsilaja da neden olduğu düşünülen çamurun çıkarılması çalışmalarını yaklaşık 1 yıldır devam ettirmektedir. Şekil 1’de çamurun çıkarıldığı alan görülmektedir.

Yapılan saha çalışmasında çıkan çamurun genellikle aynı tipte olduğu ve süreklilik arz ettiği görülmüştür. Atık depolama alanına alındıktan sonra açık havada suyunun bir

kismini kaybetmesi beklenmektedir. Alanda milyonlarca ton atık kil malzeme mevcuttur ve 3 milyon tonun üzerinde olduğu düşünülen malzemeler için yeni depolama sahaları oluşturulmaktadır.

İZAYDAŞ tarafından verilen ağır metal analiz tablosuna ulaşılmış olup, Tablo 1’de sunulmuştur. Tabloya göre ağır metalerin tehlikeli seviyeleri çok altında yer aldığı ve çamurun çıkarıldığı alandaki malzemenin kullanılabilir olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Çamurun Çıkarıldığı Alan (Özdemir v.d., 2021).

Tablo I: İZAYDAŞ Tarafından İletilen Zararlı Bileşen Analizi (İZAYDAŞ, 2022).

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer	6 ≤ pH ≤ 7	pH ≥ 7
				mg. kg ⁻¹	mg. kg ⁻¹
				Fırın Kuru Toprak	Fırın Kuru Toprak
Pb (Kurşun)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	12,50	70	100
Cd (Kadmium)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	0,1793	1	1,5
Cr (Krom)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	13,34	60	100
Cu (Bakır)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	12,03	50	100
Ni (Nikel)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	6,777	50	70
Zn (Çinko)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	28,08	150	200
Hg (Civa)	EPA METHOD 6020 B	mg/kg	0,07555	0,5	1

EK 1-B TOPRAKTA KULLANILABİLECEK STABİLİZE ARITMA ÇAMURUNDA MÜSAADE EDİLECEK MAKSİMUM AĞIR METAL MUHTEVALARI

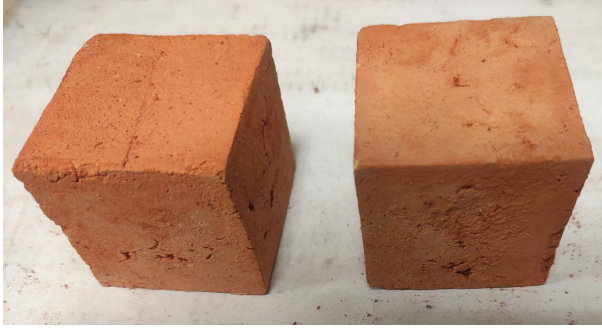
Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer	6 ≤ pH ≤ 7	pH ≥ 7
				mg. kg ⁻¹	mg. kg ⁻¹
				Fırın Kuru Toprak	Fırın Kuru Toprak
Pb (Kurşun)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	12,45	70	100
Cd (Kadmium)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	0,1775	1	1,5
Cr (Krom)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	14,26	60	100
Cu (Bakır)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	13,29	50	100
Ni (Nikel)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	7,23	50	70
Zn (Çinko)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	30,63	150	200
Hg (Civa)	EPA METHOD 6020 B	mg/kg	0,074	0,5	1

3. Körfez Çamurunun Kullanılabileceği Potansiyel İnşaat Malzemeleri ve Alanları

Yapılan Laboratuvar çalışmaları; İzmit Körfezi'nden çıkan çamurun yaklaşık %40 oranında tuzlu su içerdiği ve kuru malzemenin büyük oranda kil olduğu anlaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda aşağıdaki malzeme tiplerinin üretilmesinin mümkün olacağı sonucuna varılmıştır.

3.1. Tuğla

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda yapılan çalışmalar sonucunda Şekil 2'de görülen tuğla malzemesi üretilmiştir. Ürünün doğru prosesler sonucu üretilmesi mümkündür. Elde edilen malzeme birim ağırlığı 1 g/cm³ civarı olup, 10-20 aralığında MPa basınç dayanımları elde edilebilmektedir. Hatta yalıtımlı tuğlaların da elde edilebileceği görülmüştür.



Şekil 2. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda Üretilen Tuğlalar.

3.2. Beton

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda yapılan çalışmalar sonucunda ürünün katkı olarak betonda kullanılabilmesinin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 3). Yapılan testlerde dayanım kaybı olmadan beton içinde geri dönüştürülmüş ve 7 günlük basınç mukavemetleri 55 MPa'ı bulan malzemeler üretilmiştir.



Şekil 3. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda Üretilen Betonlar.

3.3. Briket

Elde edilen laboratuvar bulgularına göre; çimentolu briket üretimi yapmak hatta yalıtımlı olarak üretmek mümkündür. Hatta yapılacak malzemeleri farklı malzeme, tip ve şekillerde üretmek mümkün olacaktır (Şekil 4). Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda üretilen çimentolu briket numunelerinde 10 MPa gibi yüksek mukavemetler elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda Üretilen Çimento Bağlayıcılı Briket Malzemeler.

Üretilen malzemelerin yüksek kullanım potansiyeli bulunan ve en sık kullanılan yapı malzemeleri olduğu görülmektedir. Çevresel bir atığın böylesine dönüştürülme imkanlarına sahip olması önemli hem atık kullanarak çevrenin korunması, hem de hammadde kaynaklarının korunması açısından büyük önemi vardır. Yeni atık sahalarının açılması da çevreye zarar vermekte ve verimli alanları tüketmektedir. O yüzden ürünlerin üretim girişimlerine hızlı bir şekilde başlamak çok önemlidir.

4. Sonuç

Öncelikle İZAYDAŞ tarafından yapılan Körfez çamuru analizleri incelenmiş ve herhangi bir zararlı ölçüde kimyasala rastlanmamıştır. Ancak bu testlerin belirli aralıklarla tekrarlanması önemlidir. Özellikle farklı bölgelerden alınan numunelerin ayrı ayrı analizi önem taşımaktadır.

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda yapılan çalışmalarda uygun proseslerle birçok malzeme ve yapı malzemesinin tipinin üretilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Proseslerin uygun hale getirilmesi ARGE ile kolayca mümkün olabilir. Laboratuvarda yapılan 15-20 günlük çalışma ile birçok yapı malzemesi prototipi üretilebilmiştir. ARGE çalışmaları malzemelerin üretime daha

uygun özelliklerde geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi için önem arz etmektedir. Önce önerilecek hızlı yöntemler ile malzemeler hızla hayata geçirilebilir, daha sonra büyük tesislere dönüştürülebilir.

Çalışmaya tuğla, kiremit ve beton gibi malzemelerden başlanmalıdır. Özellikle tuğla ve beton sektörünün hammadde ihtiyacı bu atığın hızla eritilebilmesini ve yeni hammadde ihtiyaçlarının İzmit Körfezi'nin hem daha derinlemesine, hem de diğer kısımlarının da temizlenmesini gündeme getirebileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Antoni, A., Wiyono, D., Vianthi, A., Putra, P., Kartadinata, G., & Hardjito, D. (2014). Effect of Particle Size on Properties of Sidoarjo Mud-Based Geopolymer. *Materials Science Forum*, 803, 44-48. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.803.44>
- Beulah, M., Sudhir, M., Mohan, M., Gayathri, G., & Jain, D. (2021). Mine Waste-Based Next Generation Bricks: A Case Study of Iron Ore Tailings, Red Mud and Ggbs Utilization in Bricks. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2021/9499613>
- Dimas, D., Giannopoulou, I., & Panias, D. (2009). Utilization of Alumina Red Mud for Synthesis of Inorganic Polymeric Materials. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 30(3), 211-239. <https://doi.org/10.1080/08827500802498199>
- El-Naggar, K., Ahmed, M., Abbas, W., & Hamid, E. (2023). Recycling of Bypass Cement Kiln Dust In The Production Of Eco-Friendly Roof Tiles. *Materials Research Express*, 10(6), 065505. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/acddb9>
- Farhan, S., Ismail, F., Kiwan, O., Shafiq, N., Zain-Ahmed, A., Husna, N., ... & Hamid, A. (2021). Effect of Roof Tile Colour on Heat Conduction Transfer, Roof-Top Surface Temperature and Cooling Load In Modern Residential Buildings under the Tropical Climate of Malaysia. *Sustainability*, 13(9), 4665. <https://doi.org/10.3390/su13094665>
- Gu, H., Wang, N., & Liu, S. (2012). Radiological Restrictions of Using Red Mud as Building Material Additive. *Waste Management & Research the Journal for a Sustainable Circular Economy*, 30(9), 961-965. <https://doi.org/10.1177/0734242x12451308>
- İZAYDAŞ Laboratuvar Şefliği, Dip Çamuru Analiz Raporu, AB-0478-T, Lab.22.04.0006/7214, 14.04.2022. İzmit, Kocaeli.
- Kang, S., Hye-Ju, K., & Lee, B. (2020). Effects of Adding Neutralized Red Mud on the Hydration Properties of Cement Paste. *Materials*, 13(18), 4107. <https://doi.org/10.3390/ma13184107>
- Liu, D. and Wu, C. (2012). Stockpiling and Comprehensive Utilization of Red Mud Research Progress. *Materials*, 5(7), 1232-1246. <https://doi.org/10.3390/ma5071232>
- Mendili, Y., Bouasria, M., Benzaama, M., Khadraoui, F., Guern, M., Chateigner, D., ... & Bardeau, J. (2021). Mud-Based Construction Material: Promising Properties of French Gravel Wash Mud Mixed With Byproducts, Seashells and Fly Ash as a Binder. *Materials*, 14(20), 6216. <https://doi.org/10.3390/ma14206216>
- Özdemir, K., Özcan H.K., Aksu, U., Aydın, S., Gönülal, O., İzmit Körfezi Basen Raporu, İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Rektörlüğü, Proje ve Teknoloji Ofisi (PROTEK), 179 s., Aralık 2021, İstanbul.
- Rosyidi, C., Budiaji, A., & Pujiyanto, E. (2022). Multiresponse Optimization on the Process of Roof Tiles Manufacture using the Taguchi and Pcr-Topsis Method. *Jurnal Teknologi*, 84(6), 11-18. <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.18235>
- Venkatesh, C., Chand, M., & Nerella, R. (2019). A State of the Art on Red Mud as a Substitutional Cementitious Material. *Annales De Chimie Science Des Matériaux*, 43(2), 99-103. <https://doi.org/10.18280/acsm.430206>
- Wang, X., Zhang, Y., Liu, J., Hu, P., Meng, K., Lv, F., ... & Chu, P. (2018). Dealkalization of Red Mud by Carbide Slag and Flue Gas. *Clean - Soil Air Water*, 46(3). <https://doi.org/10.1002/clen.201700634>

İzmit Körfezi Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Zamansal ve Mekansal Analizi

Temporal and Spatial Analysis of Izmit Bay Coastal Change with GIS and Remote Sensing Technologies

Prof. Dr. Ozan ARSLAN

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
oarslan@kocaeli.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1441-2965

Damlanur KARABULUT, Begüm GÜNER, Emir Çağrı GEDİKBAŞ

damlanurkarabulut@gmail.com, gunerbegum1@gmail.com
KOÜ Mezunu Harita Mühendisleri

Öz

Kıyı şeridi, gelgit yükseklik noktasının yanında yer alan deniz ile karanın buluşma çizgisidir ve yeryüzünün en önemli yeryüzü şekillerinden biri olmasının yanı sıra, zaman içinde değişebilen önemli bir özelliğidir. Denizlerin ve nehirlerin tortu birikimi, etkileşimler, farklı deniz ve hava koşulları gibi jeolojik etkilerin yanı sıra antropojenik etkiler de kıyı şeridini oluşturur. Kara ve su arasında bir ara hat olan kıyı şeridi, kıyı bölgesi ile birlikte, denizel ve karasal kuvvetlerden etkilenen ve kıyı yeryüzü şekillerini değiştiren kıyı ortamındaki çok karmaşık, dinamik ve aynı zamanda kararsız jeomorfik bileşenlerden biri olarak görülmektedir. Bu çalışmada coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve uzaktan algılama yöntemleri ile İzmit Körfezi kıyı çizgisi değişimi 2006- 2023 yılları arasında Landsat-5 ve Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanılarak zamansal ve mekansal olarak analiz edilmiştir. Su kütlelerinin tespitinde etkin bir yöntem olan NDWI (normalleştirilmiş fark su indeksi) görüntülerinde görüntü sınıflandırması yapılarak kıyı çizgisi üretilmiştir. Daha sonra üretilen kıyı çizgilerinden SCE, NSM, EPR, LRR, WLR kıyı şeridi değişim istatistikleri kullanılarak İzmit Körfezi'nin kıyı değişim analizi gerçekleştirilmiştir. 2006-2023 yılları arası minimum kıyı değişim mesafesi 0.81 m iken maksimum değişim mesafesi 668.22 m olarak hesaplanmıştır. Uydu görüntülerinden üretilen sonuçlara göre çalışma bölgesinde %41.4 kıyı aşınımı, %58.6 kıyı birikimi elde edilmiş ve bu değerler ortofotolardan elde edilen sonuçlarla doğrulanmıştır. Belirlenen değişim alanlarının büyük oranda (%90'dan daha fazla) insan kaynaklı etkiler nedeniyle oluştuğu ve insan kaynaklı kıyı değişimlerine İzmit, Körfez, Gölcük, Dilovası ve Altınova kıyılarında rastlandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kıyı Şeridi Tespiti, Görüntü Sınıflandırma, Sayısal Kıyı Şeridi Analiz Sistemi (DSAS), CBS, Uzaktan Algılama ve Değişim Tespiti.

Abstract

The coastline is the meeting line between the sea and the land next to the tidal high point and is one of the most important landforms of the earth, as well as an important feature that can change over time. In addition to geological effects such as sediment deposition of seas and rivers, interaction, different ocean and weather conditions, anthropogenic effects also form the coastline. As an intermediate line between land and water, the coastline, together with the coastal zone, is seen as one of the very complex, dynamic and at the same time unstable geomorphic components in the coastal environment, which is influenced by marine and terrestrial forces and changes coastal landforms. In this study, the shoreline change of Izmit Bay was analyzed temporally and spatially by using Landsat-5 and Sentinel-2A satellite images between 2006- 2023 with geographic information system (GIS) and remote sensing methods. Shorelines were produced by image classification of NDWI image, which is an effective method in the detection of water bodies. Then, coastal change analysis of Izmit Bay was performed by using SCE, NSM, EPR, LRR, WLR shoreline change statistics from the produced coastlines. While the minimum coastal change distance between 2006-2023 was 0.81 m, the maximum change distance was calculated as 668.22 m. According to the results produced from satellite images, 41.4% coastal erosion and 58.6% coastal accretion were obtained in the study area and these values were confirmed by the results obtained from orthophotos. It was observed that the majority of the identified change areas (more than 90%) were caused by anthropogenic impacts and anthropogenic coastal changes were encountered in Izmit, Körfez, Gölcük, Dilovası and Altınova coasts.

Keywords: Coastline Detection, Image Classification, Digital Shoreline Analysis System (DSAS), GIS, Remote Sensing and Change Detection.

Giriş

Yerkürenin kıyı şeritleri, başta iklim değişikliği ve insan faaliyetleri olmak üzere birçok faktörden dolayı sürekli bir değişim halindedir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde son zamanlarda gözlemlenen aşırı iklim olaylarından da anlaşılacağı üzere, dünya çapında kıyı bölgeleri önemli bir tehdit ile karşı karşıyadır. Bu bölgeler insan yerleşimleri, balıkçılık çalışmaları, tarımsal uygulamalar, endüstriyel faaliyetler, ulaşım ağları, rekreasyonel faaliyetler ve daha fazlası ile dolup taşmaktadır. Genel olarak, bu faaliyetlerin çoğu ekosistem için önemli tehditler oluşturmakta ve su baskını, kıyı erozyonu, sedimantasyon ve habitat tahribatı gibi süreçler yoluyla doğal kaynakların bozulmasını şiddetlendirmektedir. Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak, deniz ortamındaki kıyı değişikliklerinin değerlendirilmesi ve izlenmesi önemli bir bilimsel değere sahiptir. Veri tabanlarını geliştirirken ve analiz ederken farklı modern bilimsel araçları (örneğin CBS, uzaktan algılama ve GPS) entegre etmek önemlidir. Ayrıca, yönetim eylem planlarının geliştirilmesi ve detaylandırılmasında da yardımcı olmaktadır (Aouiche vd., 2016; Alharbi vd., 2017).

Kara ve deniz arasındaki arayüzü işaretleyen kıyı şeridi, hem insan kaynaklı (antropojenik) hem de doğal faktörler nedeniyle sürekli olarak değişim geçirmektedir. Kıyı şeridinde denize ya da karaya doğru meydana gelen kaymalar, öncelikle kalkınma ya da sosyo-kültürel amaçlı yapıların inşası gibi doğal dengeyi bozan antropojenik faaliyetlere bağlanmaktadır. Yapay limanlar, iskeleler ve deniz duvarları gibi yapılar erozyon ve yığılma modellerini önemli ölçüde etkilemektedir (Chen ve Rau, 1998). Kıyı şeridi, sürekli değişen çevresel koşullar nedeniyle doğası gereği dinamik bir yapıya sahip olup kıyı yeryüzü şekillerinin ve dinamiklerinin kanıtlarını gösterir. Kapsamlı bir anlayış, sürekli izleme ve kıyı şeridindeki değişikliklerin zamanında tespiti, kıyı süreçlerini ve dinamiklerini kavramak için gereklidir. Dalgalar, gelgit hareketleri, akıntılar ve rüzgarlar gibi doğal güçlerin yanı sıra morfolojik, klimatolojik, jeolojik faktörler ve antropojenik faaliyetler kıyı şeridi değişikliklerini toplu olarak etkilemektedir (Saravanan vd., 2015; Kanwal vd., 2020).

Kıyı şeridi, gelgit yükseklik noktasının yanında yer alan deniz ile karanın buluşma çizgisidir ve zaman içinde değişebilen yeryüzünün en önemli yeryüzü şekillerinden biridir (Cameld ve Morang, 1996). Kara ve su arasında bir ara hat olan kıyı şeridi, kıyı bölgesi ile birlikte, denizel ve karasal kuvvetlerden etkilenen ve kıyı yeryüzü şekillerini değiştiren kıyı ortamındaki çok karmaşık, dinamik ve kararsız bileşenlerden biri olarak görülmektedir. Kıyı şeridi dalgalanmaları, dalga hareketi, kıyı akıntıları ile sedimantasyon, jeomorfoloji, kıyı şeridinin yanındaki jeoloji, okyanus seviyesindeki değişimler gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Carter ve Woodroffe, 1994; Pandian vd., 2004; Shibly ve Takewaka, 2012). Kıyı bölgesi genellikle daha iyi ekonomik, sosyal ve rekreasyonel fırsatlara odaklanmaktadır (Rangel-Buitrago vd., 2015). Tsunami, tehlikeli dalgalar ve kıyı erozyonu gibi doğal afetlere karşı daha yüksek risk taşımaya rağmen, ekonomik kalkınma ve doğal çevre için büyük önem taşımaktadır (Mulder vd., 2011, Cai vd., 2009; Hinkel vd., 2013, Chu vd., 2006). Kıyı şeridi sınırının dinamik yapısı göz önüne alındığında, seçilen kıyı şeridi tanımının zamansal ve mekânsal olarak değerlendirilmesi zorunludur. Anlık kıyı çizgisi, kara-su arayüzünün hemen bulunduğu yeri ifade eder (Zheng vd., 2023, Mullick vd., 2020; Hui vd., 2022). Maliyetin kısa vadeli değişkenliğe sahip, zamana bağlı bir olgu olduğunu kabul etmek önemlidir. Kıyı şeridini tanımlarken kıyı değişimlerini de hesaba katmak gerekir. Kıyı değişimi çalışmalarının çoğu ayrık geçişleri veya noktaları dikkate alır ve bunların zaman içinde nasıl değiştiğini izler.

Uzaktan algılama uydu görüntüleri, kıyı bölgelerinin ve kıyı şeridinin konumunu izlemek için yaygın olarak kullanılmakta ve kıyı değişimlerinin tekrarlanan ve tutarlı istatistiklerini sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi uzamsal bilgiyi sayısal yapıda sunarak zamansal ölçekte herhangi bir değişim tespit izleme çalışması için gerekli araçlardan biridir (Balopoulos vd., 1986; Zuzek vd. 2003). Uzaktan algılama verilerini kullanan çok sayıda araştırmacı, kıyı şeridi dinamiklerinin yanı sıra çeşitli kıyı süreçlerinin anlaşılmasındaki etkinliğini de ortaya koymuştur (Wagner vd., 1991; Boutiba ve S. Bouakline, 2011). Deniz seviyesinin yükselmesi ve bunun kıyı yeryüzü şekilleri üzerindeki etkileri, küresel ısınmanın devam eden bir sürecidir. Küresel ortalama deniz seviyesinin (MSL) 2100 yılına kadar 9 ila 88 cm artması beklenmektedir (Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001). Anthony vd. (2006) dünya kıyılarının %70'inden fazlasının erozyondan muzdarip olduğunu belirtmiştir. CBS yazılımı ArcGIS üzerinde

çalışan DSAS (Digital Shoreline Analysis System: Dijital Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi) aracı, geniş bir uygulama yelpazesine sahip çok yönlü bir araç olup; zamansal konum değişikliklerini hesaplamada etkinliği kanıtlanmıştır (Baig vd., 2020). Tarihi hava fotoğraflarındaki buzul sınırları, nehir kıyısı sınırları ve arazi kullanımı/arazi örtüsündeki değişimler dahil olmak üzere çeşitli özelliklerdeki değişiklikleri izlemek için kullanılabilir. Hesaplanan sonuçların tutarlılığını ve doğruluğunu sağlamak için DSAS, kıyı şeridi değişikliği hesaplamalarına yardımcı olmak için değişim oranı bilgileri ve matematiksel veriler sunar (Adebola vd., 2017).

Kıyı/kıyı çizgisi değişikliklerinin farklı zaman serilerinde niceliksel olarak izlenmesi, aşınma/erozyon gibi itici güçlerin ve süreçlerin belirlenmesine ve uygun kıyı yönetimi planlarının ve müdahalelerinin geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Geometri ve kıyı çizgisi konumu, kıyı bölgelerindeki değişiklikleri izlemek için kullanılacak muhtemelen en önemli göstergelerdir (Emiljan ve Altin, 2018). Kıyı çizgisi değişikliklerinin ve konumlarının izlenmesi, yüzey araştırmaları, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve LIDAR tabanlı yaklaşımlar gibi çeşitli yöntemleri içerir. Bazı yöntemler maliyetli ve zaman alıcı olsa da, CBS'nin uzaktan algılama ile entegre edilmesi, çok spektrumlu veri tabanı ve maliyet etkinliği nedeniyle yeryüzü şekli değişikliklerini anlamada oldukça verimli olduğunu kanıtlamaktadır. Büyük veri ve geniş kapsama alanı sağlayan uzay teknolojileri, kıyı özelliklerini anlamak ve sürdürülebilir kıyı gelişimini planlamak için vazgeçilmezdir. Kıyı şeridi değişikliklerini analiz etmek için jeo-uzamsal teknolojilerin kullanılması, erozyona eğilimli hassas kıyı alanlarının yönetilmesine yönelik etkili eylem planları için hayati önem taşımaktadır (Das vd., 2021). Bu alanda, mekânsal ve zamansal veri kullanılabilirliği, modelleme ve tahmin doğruluğu ve sürdürülebilir kıyı yönetimi çözümlerinin bütüncül bir şekilde tanımlanmasını içeren çeşitli araştırma boşlukları mevcuttur.

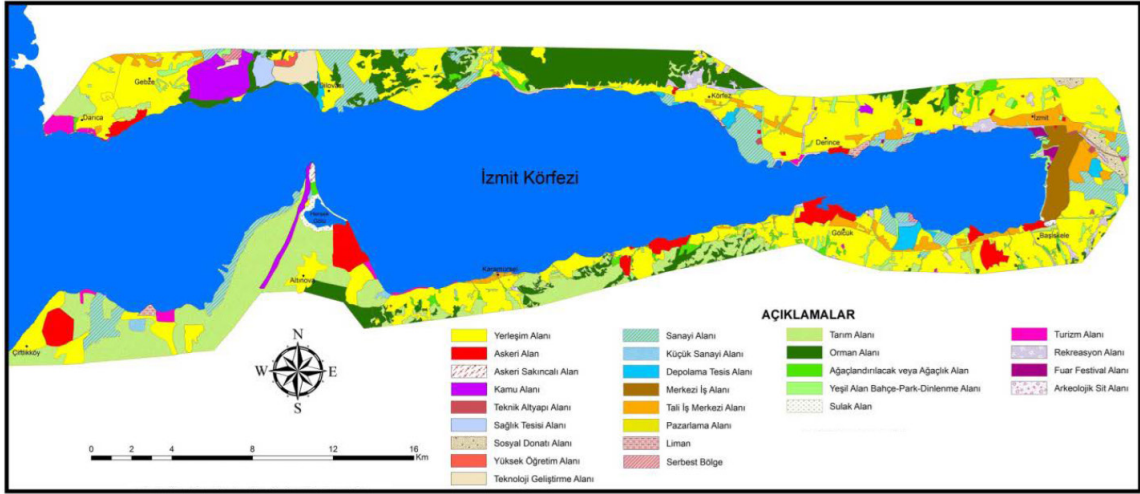
İzmit Körfezi'nin kıyı kullanımındaki bölgesel ve yerel değişimler, kıyı kullanımındaki mevcut durum ve yapılacak planlamalar hakkında önemli veriler sağlayacaktır. İzmit Körfezi'nin kıyı jeomorfolojisi birimleri hem konumları hem de nitelikleri açısından kuzeyinde, güneyinde ve doğusunda farklılık gösterir (Garipağaoğlu ve Uzun, 2014). Jeomorfolojik yapının bu çeşitliliği, kıyı kullanımının da değişmesine neden olmuştur. Özellikle alçak ve yüksek kıyı bölgeleri ile deltaların olduğu alanlardaki kıyı kullanımı, sahanın jeomorfolojik yapısından etkilenmiştir. Bu konuda literatürde yer alan çalışmalardan Uzun ve Garipoğlu (2014); İzmit Körfezi kıyılarında, kıyı çizgisi değişiminin nedenleri, etkileri ve ortaya çıkardığı sorunlar üzerinde durmuşlardır. Uzun (2021) çalışmasında; İzmit Körfezi kıyılarında, insan kaynaklı jeomorfolojik değişimleri Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanarak incelemiştir. Uzun (2023), benzer bir kıyı değişim izleme amaçlı çalışmasında Riva kıyılarındaki 1963-2023 dönemine ait değişimleri, ArcGIS yazılımı üzerinde çalışan DSAS aracını kullanarak analiz etmiştir. Kılar ve Çiçek (2018); Göksu deltası kıyılarında, kıyı çizgisi değişimini DSAS aracı ile belirlemişlerdir. Ciritci (2020) çalışmasında; benzer metodolojiyi kullanarak İzmit Körfezi'nde 1985/07/10 ile 2017/06/24 tarihleri arasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerini CBS ve Uzaktan Algılama yöntemleriyle belirlemeyi amaçlamıştır.

Bu çalışmada 2006-2023 yılları arasındaki körfez kıyı değişimi, Sentinel-2A ve Landsat uydu görüntüleri kullanılarak DSAS aracının sağladığı istatistiksel parametreler ile analiz edilmiştir. Kıyı kenar çizgisi çıkarımı için, uzaktan algılama görüntü kenar tespitinin kapsamlı bir analizini yapmak üzere 2006 yılına ait Landsat uydu görüntüsünde atmosferik düzeltme yapılmış ve ardından ArcGIS 10.5 yazılımında band birleştirme ve band oranlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. DSAS aracı ile kıyı kenar değişim analizinde beş (5) adet kıyı şeridi değişim istatistiği kullanılmıştır: Son Nokta Oranı (EPR), Kıyı çizgisi değişim zarfı (SCE), Doğrusal Regresyon Oranı (LRR), Ağırlıklı doğrusal regresyon (WLR) ve Net Kıyı Çizgisi Hareketi (NSM). Kıyı kenar değişim analizi ile elde edilen sonuçlar, mevcut yüksek çözünürlüklü ortofotolardan üretilen kıyı çizgileri ile üretilen istatistiksel parametrelerle karşılaştırılmış ve aşınım ve birikim alanlarının metrik doğruluğu test edilmiştir. Uydu görüntülerinden yararlanarak belirlenen kıyı değişim miktarlarının doğruluğu daha yüksek bir referansla (ortofoto) test edilmesi, bu çalışmanın literatürde mevcut diğer benzer çalışmalardan farklı ve ayırt edici özelliklerinden biridir.

Çalışma Alanı

İzmit Körfezi kıyıları, 29°21' - 29°58' doğu boylamları ile 40°37' - 40°50' kuzey enlemleri arasında yer alır. Kara içine doğru sokulmuş olan 50 km uzunluğundaki İzmit Körfezi'nin en geniş yeri 9,6 km ile Hereke Karamürsel arası, en dar kısımları ise Dil Burnu-Hersek Burnu arası 2,7 km, Derince-Değirmendere arası 1,8 km'dir (Şekil 1). Çalışma alanını gösteren körfez kıyı alanı kullanım haritası Şekil 1'de gösterilmiştir. İzmit Körfezi kıyı şeridi 129,7 km.lik uzunluğuyla

doğal ortamı, beşeri yapısı, yoğun sanayi faaliyetleri, çevresel faktörler ve ulusal ulaşım ağı içindeki yolları gibi çok sayıda etkenden oluşan kıyı alanı kullanımlarına ve baskısına maruz kalan bir bölgedir. Bölgedeki mevcut kıyı kullanım durumu ve kıyı alanına etkisi, sürdürülebilir bir kıyı alanı kullanım planlamasının yapılması gerektiğini göstermektedir. Araştırma alanının kıyı jeomorfolojisi birimlerinde deltalar, falezler, lagünler, plajlar, kıyı okları, denizel taraçalar, vadiler ve kıyı kumulları bulunmaktadır (Uzun ve Garipağaoğlu, 2014).

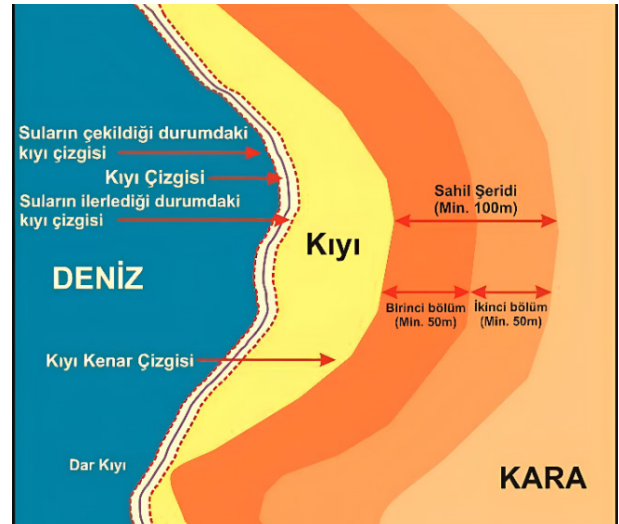


Şekil 1. İzmit Körfezi Kıyı Alanı Kullanım Haritası (Garipağaoğlu, Uzun 2015).

Kıyı kavramı

Kıyı, yalnızca tek bir çizgiden oluşan çizgisel bir nesne değildir; kıyının hem deniz yönünde hem de kara tarafında etkileşim içinde olduğu alanlar bulunmaktadır. Kıyı kenar çizgisinin değişim nedenleri ve doğal ortam üzerine yaptığı etkileri incelemeye önce kıyı çizgisi ve diğer unsurlarının hukuksal ve teknik tanımlarını yapmak yararlı olacaktır. 3621/3830 sayılı Kıyı Kanunu'na göre kıyı, kıyı çizgisi ve kıyı kenar çizgisi arasındaki bölgedir ve temelde su ile karanın birleştiği yerdir. Kıyı çizgisi, suyun karaya temas ettiği yerlerin birbirine bağlandığı doğrusal yapıdır. Doğal süreçlerin etkisiyle, kıyı çizgisi su seviyesinin dalgalanması, gelgitler, akıntılar ve erozyon gibi faktörlerle sürekli olarak değişebilir. Kıyı kenar çizgisi, doğal ve yapay göletler, denizler ve akarsulardaki su hareketlerinin etkisiyle oluşan kumluklar, çakıllıklar, kayalıklar, taşlık alanlar, sazlıklar, bataklıklar vb. gibi yerler, kıyı çizgisinden sonra kara yönünde suya doğal bir sınır oluştururlar (Şekil 2). Sahil şeridi ise kıyı kenar çizgisinden itibaren en az 100 metre içeriye doğru uzanan kara alanını ifade eder. Kıyı konumu bilgisi, kıyı

sorunlarının üstesinden gelmek ve arazi alanı ve kıyı şeridinin çevresi gibi kara ve su kaynaklarını ölçmek ve tanımlamak için gereklidir.



Şekil 2. Kıyı Kanunu Krokisi (Özçelik,2017).

Materyal ve Yöntem

İstatistiksel araçlar ve jeo-uzamsal teknikler, gelecekteki eğilimlerin tahmin edilmesine ve kıyı şeridi değişimi dinamiklerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. ArcGIS yazılımı DSAS aracının, kıyı şeridi değişikliklerinin ayrıntılı analizi ve tahmini için özellikle yararlı olduğu bilinmektedir (Din Hashmi ve Ahmad, 2018) ve bu çalışmada tercih edilmiştir. Uzaktan algılama verileri, kıyı ve deniz alanlarının yönetimi ve planlamasında vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir (Uckac, 1998; Yasir vd., 2024). Bu görevi yerine getirmek, özellikle geniş bir alanda geleneksel yer ölçümü yöntemleri kullanıldığında zorlu, zaman alıcı ve zaman zaman da olanaksız olabilir (Cracknell, 1999; Li ve Michiel, 2010; Kuleli vd., 2011). Uzaktan algılama verileri önemli değişim ön tahminleri sağlamaktadır. Aynı zamanda, uydu verilerinden elde edilen haritalar, kıyı şeridinde yıllar içinde

meydana gelen değişiklikleri yansıtmak için çok önemli bir kaynaktır (Kevin ve El Asmar, 1999; Ghaderi ve Rahbani, 2020, Shaghude vd., 2003). Bu çalışmada, 2006 ile 2023 yılları arasında 17 yıllık bir dönemi kapsayan Earth Explorer web sayfasından elde edilen Landsat uydu görüntüsü ile Copernicus EU web sayfasından elde edilen 3 (üç) adet Sentinel-2A uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bulutluluk oranları % 20'yi aşmayacak şekilde sınırlandırılmış görüntüler seçilmiştir. 2006 yılına ait Sentinel uydu görüntüsü bulunmadığından, 2006 yılındaki uydu görüntüsü Landsat olarak tercih edilmiştir. Farklı yıllara ait uydu görüntülerinin belirlenmesi sırasında, mevsimsel farklılıkların kıyıdaki etkilerini en aza indirebilmek için birbirine yakın tarihlerin seçilmesine dikkat edilmiştir. Seçilen uydu görüntülerine ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma kapsamında kıyı değişimi doğruluk analizi yapılması için ortofoto görüntüleri kullanılmıştır. Bu ortofoto görüntülerine ait bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo I: Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntülerine Ait Bilgiler.

Görüntü Tarihleri	Uydu Görüntüleri	Sensör	Datum	Projeksiyon	Çözünürlük (m)	Bulutluluk (%)
05/08/2006	Landsat-5	TM	WGS84	UTM ZONE 36 N	30	5
29/06/2017	Sentinel-2A	MSI	WGS84	UTM ZONE 36 N	20	0.17
28/07/2021	Sentinel-2A	MSI	WGS84	UTM ZONE 36 N	20	0.34
23/07/2023	Sentinel-2A	MSI	WGS84	UTM ZONE 36 N	20	10

Tablo II: Çalışmada Kullanılan Ortofotolara Ait Bilgiler

Ortofoto Yıllar	Datum	Projeksiyon	Çözünürlük (cm)
2006	WGS84	UTM ZONE 36 N	30
2017	WGS84	UTM ZONE 36 N	30
2021	Turkish National Reference Frame	TUREF TM 30	30

Çalışmanın temel amacı, Körfez kıyı adalarında meydana gelen çeşitli kıyı değişikliklerinin türlerini ve kapsamlarını kapsamlı bir şekilde karakterize etmek için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi tekniklerini kullanmak ve

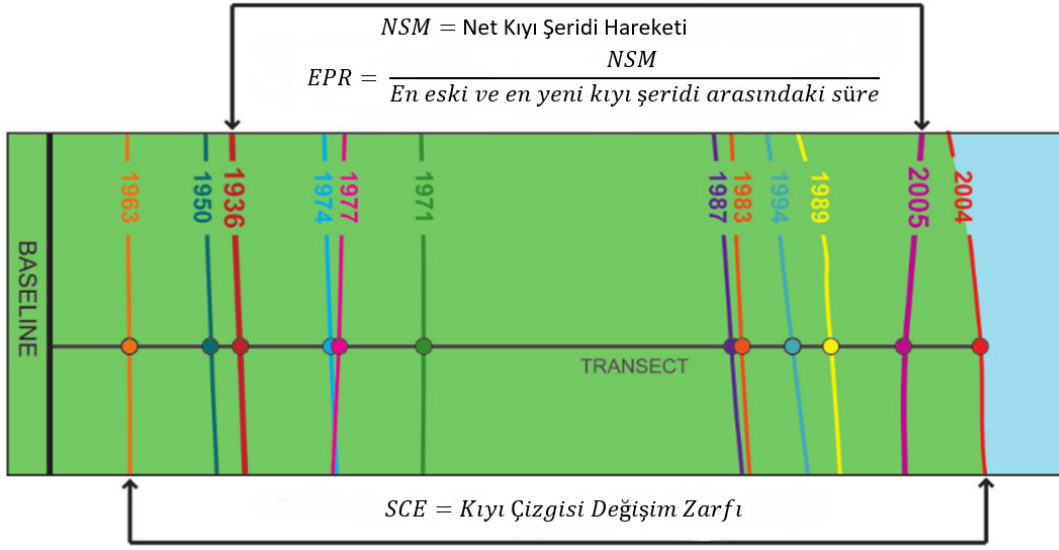
aşınma ve birikim dahil olmak üzere kıyı dinamiklerindeki değişiklikleri 2006- 2023 yılları arasındaki süre boyunca analiz etmektir. Şekil 3' de çalışmada kullanılan genel iş akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 3. Metodolojiyi Açıklayan Akış Şeması.

Kıyı çizgisi değişim oranlarını hesaplamak için kullanılan her yöntem, kıyı çizgisi konumları arasındaki farkları temel alır. Raporlanan oranlar, kesitler boyunca ölçülen yıllık değişimin metre cinsinden ifade edilmesiyle belirlenir. Kıyı değişim istatistiklerinin görsel bir açıklaması/ tanımı Şekil 4'de gösterilmiştir. Kıyı çizgisi değişim zarfı (SCE), bir orandan ziyade belirli bir kesit ile kesişen tüm kıyı çizgileri arasındaki en büyük mesafeyi ifade eder. Net Kıyı Şeridi Hareketi (NSM) her bir kesit için en yaşlı ve en genç kıyı

çizgisi arasındaki mesafedir. Son nokta oranı (EPR) kıyı çizgisi hareket mesafesi, en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki zaman aralığına bölünerek hesaplanır. Doğrusal Regresyon Oranı (LRR) bir doğrusal regresyon değişim oranı istatistiği olup, bir kesit için tüm kıyı çizgisi noktalarına en küçük kareler regresyon doğrusu uydurularak belirlenir. Ağırlıklı doğrusal regresyonda, en uygun doğrunun belirlenmesinde daha güvenilir verilere daha fazla önem veya ağırlık verilir.



Şekil 4. Kıyı Değişim İstatistikleri SCE, NSM ve EPR'nin Gösterimi [1].

Uydu görüntüleri üzerinden eski-yeni kıyı çizgisi ortaya konabilmesi için tematik sınıfların belirlenmesi amacıyla band oranlama yöntemi ile görüntüler elde edilmiştir. Normalleştirilmiş fark su indeksi (NDWI), uzaktan algılama görüntülerinde yeşil (green) bant ve yakın kızıl ötesi (NIR) bantları kullanarak açık su yüzeylerinin tespitinde kullanılır.

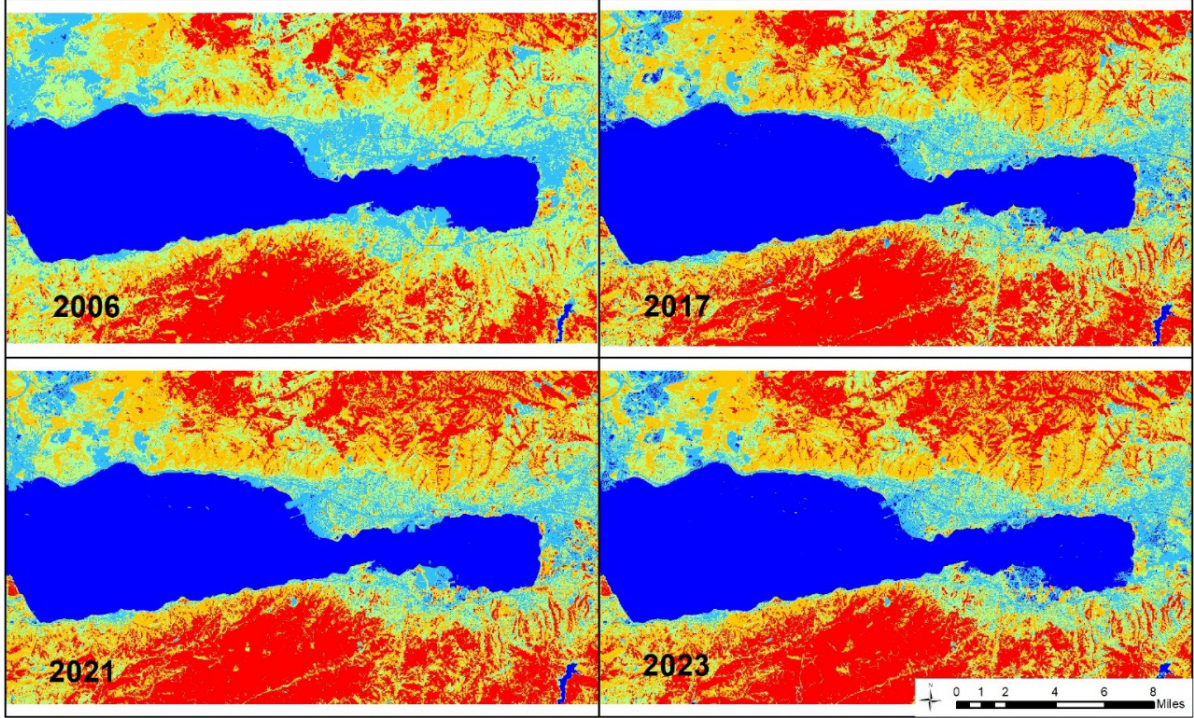
$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

NDWI'nin oluşturulma aşamasındaki yakın kızılötesi (NIR) bantının yerine kısa dalga kızılötesi bantla (SWIR) su çıkarımını iyileştirmek, yerleşik arazinin ve toprağın etkisini azaltmak amacıyla, modifiye edilmiş NDWI (MNDWI) kullanılmaktadır.

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$$

Uygulama

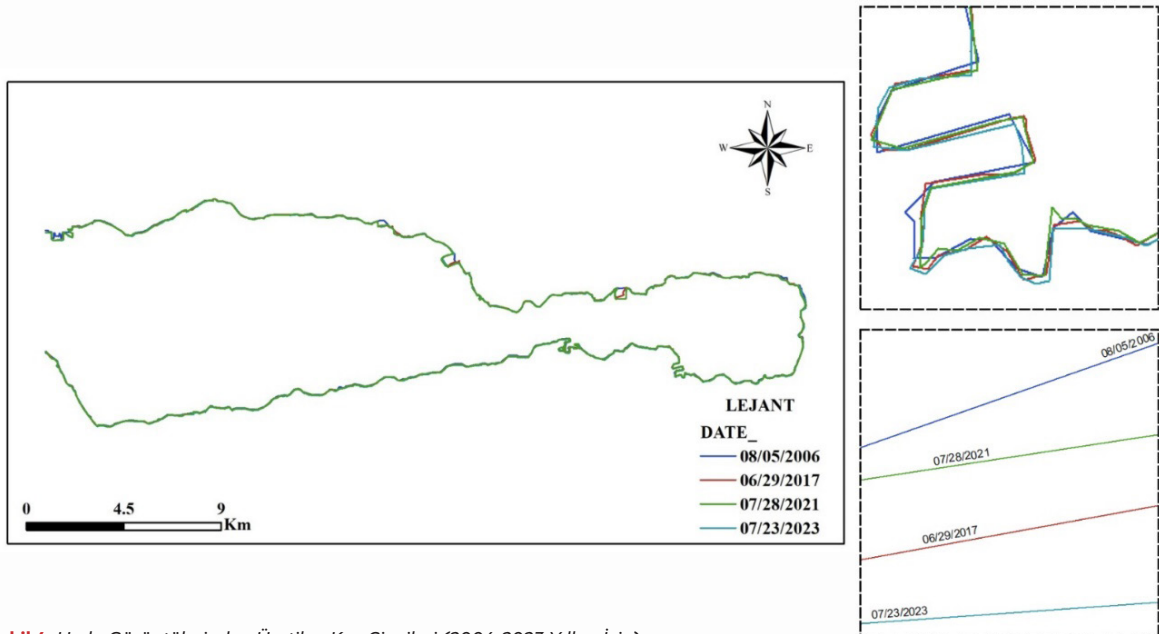
Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi'nin (NDWI) geliştirilmesinde amaç Landsat görüntülerindeki su özelliklerini ayırt etmektir. Ancak, NDWI genellikle yapılaşmış arazilerden kaynaklanan yanlış pozitifleri içermektedir. Bu sorunu ele almak için, orta kızılötesi (MIR) bantı yerine yakın kızılötesi (NIR) bantı ikame eden Değiştirilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) uygulanmıştır. MNDWI, yüzey toprağının çıkarılmasıyla elde edilen hem topraktan hem de bitki örtüsünden kaynaklanan yanlışlıkları bastırırken yüzey suyunu izole etmede mükemmeldir (Pandey vd., 2023). Bu çalışmadaki MNDWI analizinde; Landsat-5 TM uydu görüntüleri için Bant2 ve Bant7, Sentinel-2A uydu görüntüleri için ise Bant3 ve Bant12 kullanılarak işlem yapılmıştır. Farklı yıllara ait uydu görüntülerine uygulanmış NDWI analiz görüntüleri Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. NDWI Görüntüleri (2006-2023 Yılları İçin).

MNDWI analiz sonuçlarına 3 sınıf belirlenerek kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır. Sınıflandırma yapılan görüntü üzerinden Körfez alanının ayırt edilebilmesi için rasterdan vektöre (alan) dönüştürme

işlemi yapılmıştır. Daha sonra alandan çizgiye dönüştürme aracı kullanılarak İzmit Körfez kıyı çizgileri üretilmiştir. Her yıl için bu adımlar tekrarlanmıştır. Üretilen kıyı çizgileri detaylı şekilde Şekil 6'da gösterilmiştir.

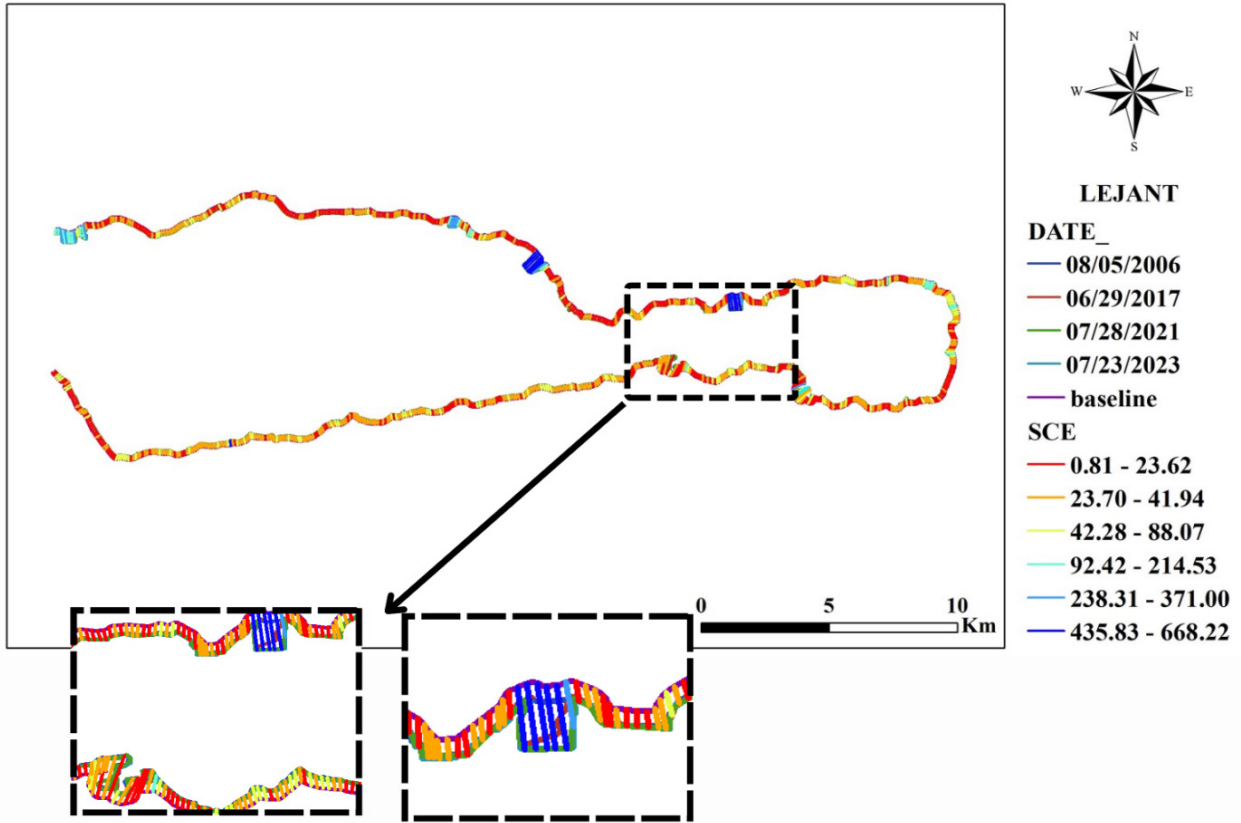


Şekil 6. Uydü Görüntülerinden Üretilen Kıyı Çizgileri (2006-2023 Yılları İçin).

Analiz sonucunda İzmit Körfezi'nin kıyı çizgilerinde farklı konumlarda dikkat çeken değişimler yaşanmıştır. Kıyı çizgisinin uzunluğunun değişmesinde ise kıyıda mekânsal ve zamansal olarak meydana gelen değişimler sebep olmuştur. 2006 yılında kıyı uzunluğu 98.4 km iken, 2017'de 101.3 km, 2021'de 100.9 km, 2023'te 101.3 km olarak hesaplanmıştır. Kıyı çizgisi uzunluğunun 2006 yılından 2023 yılına kadar 2.9 km artmasının nedenlerini, kıyı deprem sebebiyle değişimlerin yaşanması ve liman, tersane gibi unsurların kıyıyı yeniden şekillendirmesi oluşturmaktadır.

Oluşturulan kıyı çizgileri ve kıyı çizgilerine paralel, kıyı yönünde yaklaşık 150 m mesafede tampon bölge oluşturularak temel çizgi katmanı oluşturulmuştur. Yaklaşık 88 km

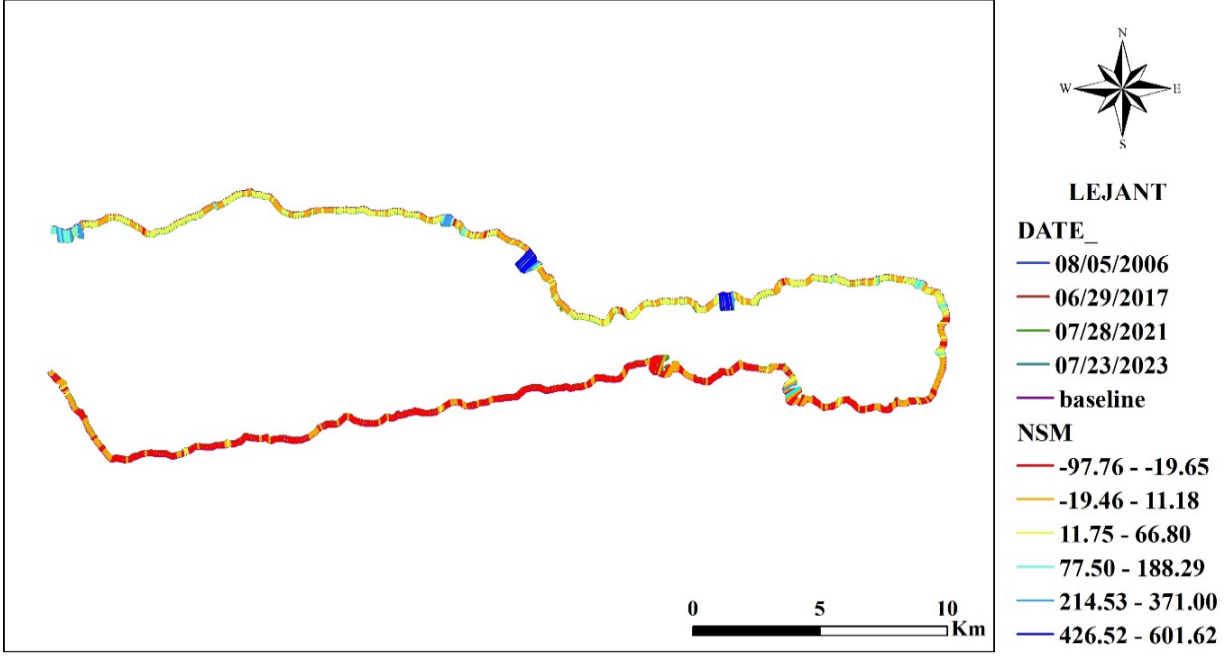
uzunluğundaki temel çizgi üzerinde 100 m aralıklarla toplam 883 kesit üretilmiştir. Baseline katmanının kıyıda seçilmesi sebebiyle DSAS aracında onshore (karada) seçeneği seçilmiştir. Ayrıca DSAS aracına diğer gerekli parametrelerin tanımlanmasıyla denizden-karaya ve karadan-denize doğru değişim durumları SCE, NSM, EPR, LRR ve WLR değişim istatistiksel ölçütleri ile % 95 güven aralığında analiz edilmiştir. 2006-2023 yılları arasında İzmit Körfez kıyı değişiminin % 53.8'ini kıyı aşınımı, % 46.2'sini kıyı birikimi oluşturmaktadır. Kuzey kıyılarda bulunan kıyı şeridinde antropojenik düzenlemeler ile kıyı dolgu alanları oluşturulmuştur. Bu sebeple İzmit kuzey kıyılarında kıyı birikimi, güney kıyılarındaki ise kıyı aşınımı görülmektedir.



Şekil 7. İzmit Körfezi SCE İstatistiği Analizi.

Kesitler arasında en fazla değişimin olduğu mesafeyi temsil eden analiz parametresi SCE (Kıyı çizgisi değişim zarfı)'dir. SCE negatif değer içermez, daima pozitifdir. 2006-2023 yılları arası minimum değişim mesafesi 0.81 m iken maksimum değişim mesafesi 668.22 m olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucunu içeren metrik değer sonuçları Şekil 7'de gösterilmiştir. En yaşlı kesit ile en genç kesit arası mesafe

analizi NSM (Net Kıyı Şeridi Hareketi) analizi olup bu çalışmada 2006 ile 2023 yılları arası gerçekleşen total değişimi ifade etmektedir. Analiz sonucu yıl bazında görsel olarak Şekil 8'de ve kesit bazında hesaplanan değerleri Şekil 9'da gösterilmiştir. İzmit Körfez kıyılarında maksimum 97.76 m erozyon, 601.62 m birikim görülmektedir.



Şekil 8. İzmit Körfezi'nin NSM İstatistiği Analizi.

EPR, NSM'nin en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki zaman aralığına bölünerek hesaplanır. Bu analiz sonucunda minimum değeri -5.76 m/yıl iken maksimum değer 35.46

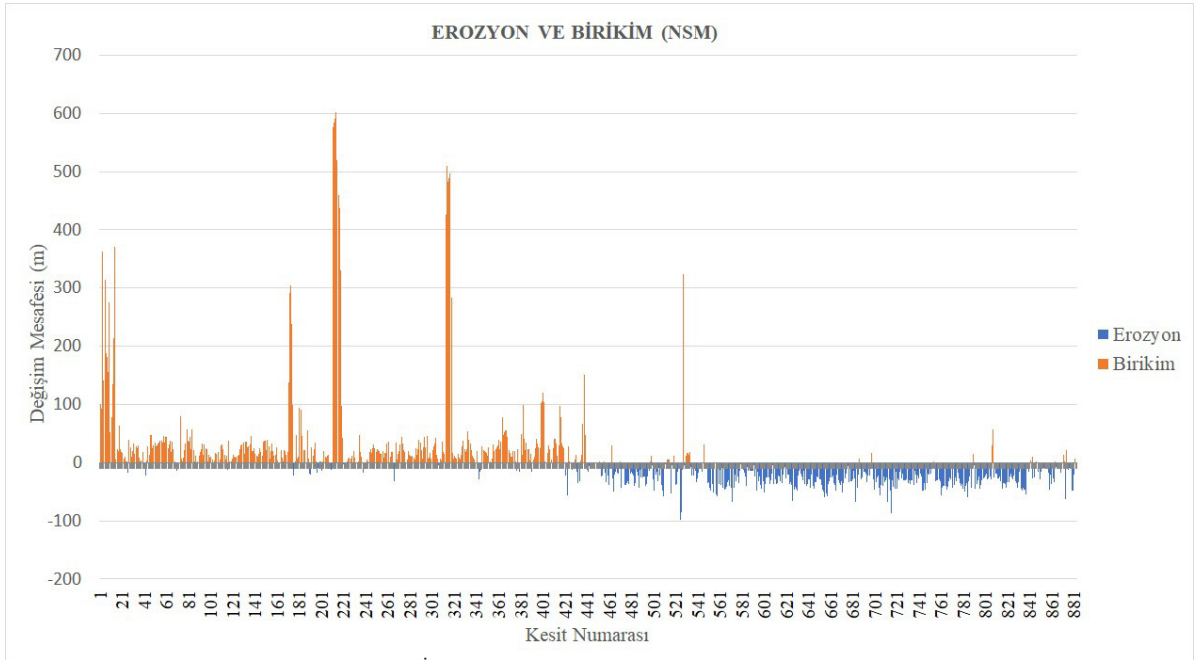
m/yıl olarak hesaplanmıştır. Yani bölgede yılda yaklaşık 6 m erozyon, 36 m toprak birikimi görülmektedir (Tablo 3).

Tablo III: 2006 - 2023 Yılları Arasındaki Kıyı Değişimi Analiz Sonuçları (metre).

Parametreler	Karadan-Denize Doğru Değişim			Denizden-Karaya Doğru Değişim		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
SCE	0.81	668.22	44.61	0.81	668.22	37.58
NSM	-97.76	601.62	8.38	-107.04	601.62	4.05
EPR	-5.76	35.46	0.49	-6.31	35.46	0.24
LRR	-5.16	39.1	0.65	-7.35	39.1	0.37
WLR	-5.16	39.1	0.65	-7.35	39.1	0.37

İzmit ilçesinin Fuar alanını içeren Karabaş Mahallesi kıyısında yer yer birikim ve erozyon görülmektedir. Bu alanda maksimum birikim değeri 120.43 m, maksimum erozyon (aşınım) değeri ise 15.36 m olarak tespit edilmiştir. Sekapark kısmında da erozyon görülmektedir. Bu bölgede görülen erozyonun başlıca sebebi 2005 yılında kapatılan SEKA Kağıt Fabrikası'dır. Sahanın yeniden değerlendirilmesi amacıyla alanda çevresel ve toplumsal yararlar sağlayacak yeni rekreasyon alanları, konutlar, restoranlar ve diğer ticari işletmelerin kurulması sahada insan faaliyetini arttırmıştır. Yine İzmit ilçesinin

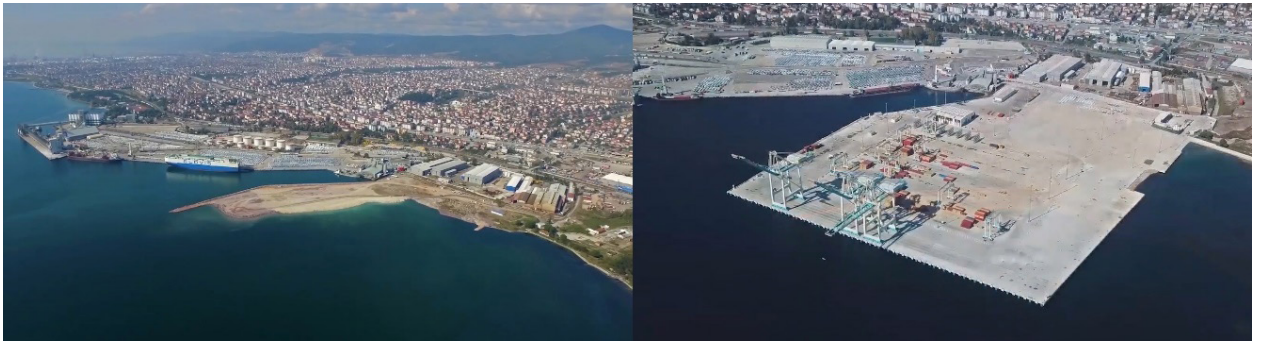
Cumhuriyet Mahallesinde bulunan Demokrasi Parkı kıyısında birikim görülmüştür. Bu alanlarda birikim görülmesinin başlıca sebebi bitki örtüsü ve kıyı bitkileridir. Kumul alanlarında bulunan kıyı bitkileri, toprak ve diğer sedimanların stabilizasyonunda kritik bir rol oynar. Bu tür bitkilerin gelişmiş kök sistemleri, kumları sıkıca tutarak onların yerinden oynamasını engeller. Bu durum, kıyı erozyonunun önlenmesine ve sedimanların kıyıda birikmesine olanak tanır. Bitkiler bu şekilde, kıyı şeridinin korunmasına ve erozyonla mücadelede doğal bir destek sağlar.



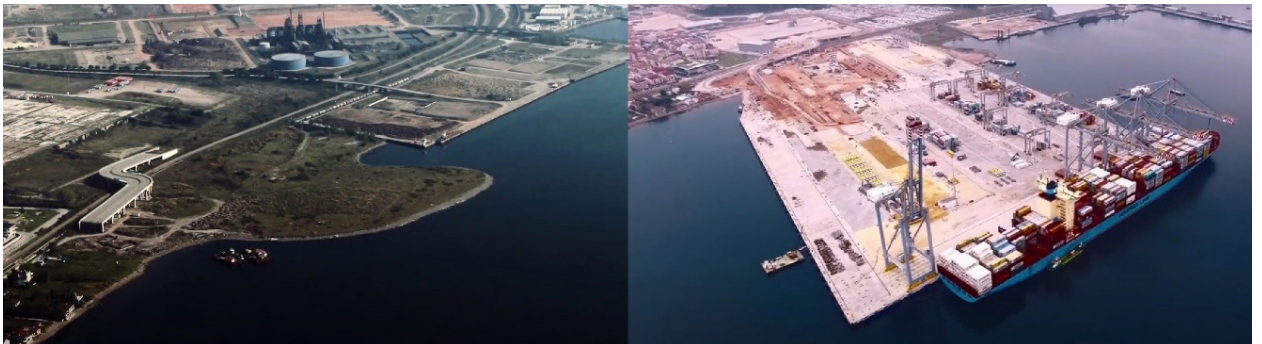
Şekil 9. Uydu Görüntülerinden Elde Edilen NSM İstatistiği Grafiği.

Kiraz Dere deltasının yakınında 34.62 m erozyon görülmektedir. Dalga aksiyonu, gelgit hareketleri ve kıyı akıntıları gibi doğal süreçler, kıyı şeridinin şeklini değiştirir ve bazen aşırı erozyona neden olabilir. Bu süreçler, delta alanının sürekli olarak yeniden şekillendirilmesine yol açar. Derince'de

ve Körfez'de bulunan limanlar sebebiyle denizin doldurulması ile kara alanında artış görülmüştür (Şekil 10, Şekil 11). Derince'de 481.75 m, Körfez'de ise 601.62 m artış olduğundan kıyı değişime uğramıştır. Ayrıca Körfez bölgesinde bulunan fabrikalarda kıyı değişimine sebep olmuştur.



Şekil 10. Derince Limanı Öncesi ve Sonrası.



Şekil 11. Körfez Limanı Öncesi ve Sonrası.

Dilovası'nda kıyıda insan faaliyetlerinin artması ve kıyıya yakın bulunan taşıt yolu düzenlemeleri kıyıda birikimi arttırmıştır. Dilovası ilçesine bağlı Fatih mahallesinde birikimin 350-370 m arası değişim gösterdiği alanda ise liman bulunmaktadır. Karamürsel, Gölcük ve Başiskele ilçelerinde gerçekleştirilen kıyı yapılandırılmaları, liman yapımları ve diğer insan kaynaklı aktiviteler, doğal sediment akışını etkilemiştir. Bu tür yapıların varlığı, dalga akışlarını ve su akıntılarının yönlerini değiştirerek, belirli bölgelerde erozyonun şiddetlenmesine neden olmuştur.



Şekil 12. Ortofotodan Üretilen Kıyı Çizgileri.

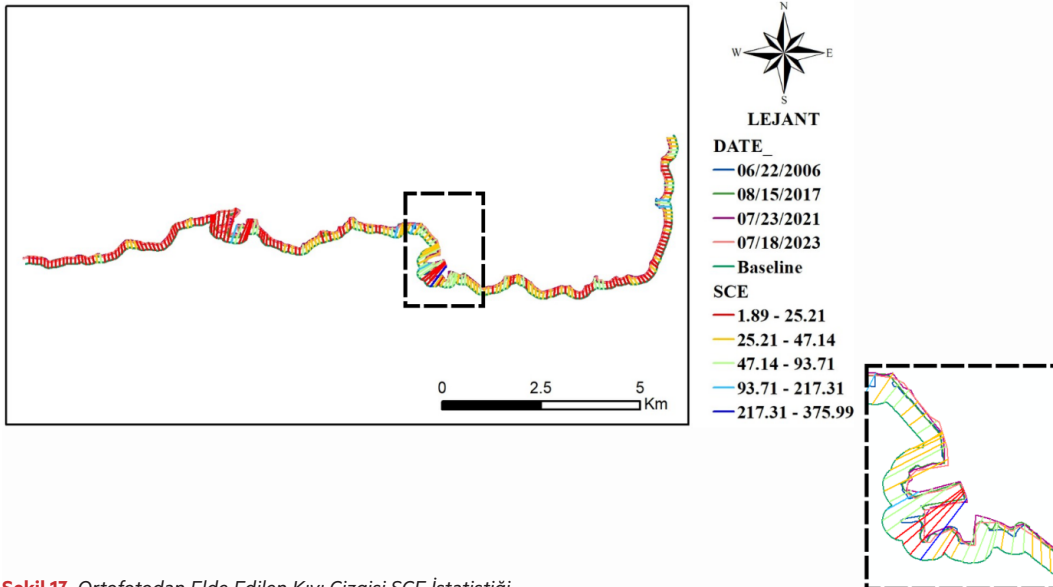
Kıyı Çizgilerinin Ortofoto Görüntüleri ile Doğruluk Değerlendirmesi

Bu çalışmada ortofoto görüntülerinden, İzmit Sanayi Bölgesi'nden başlayarak Gölcük'e kadar olan güney kıyıları için kıyı çizgisi üretilmiştir (Şekil 12). Uydu görüntülerinden elde edilen kıyı çizgileri, ortofotodan elde edilen kıyı çizgileri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Ortofotoda referans alınan bölgenin kıyı çizgi uzunluğu 2006 yılında 28.9 km, 2017 yılında 28.4 km, 2021 yılında 28.2 km, 2023 yılında 28.1 km olduğu görülüp, 2006-2023 yılları arasında kıyı çizgisi uzunluğunun 0.8 km azaldığı tespit edilmiştir. Kıyı çizgisi uzunluğunda tespit edilen değişimin, özellikle alçak kıyı özelliğindeki kesimlerde dalga ve gelgit olayının zamansal olarak yol açtığı kıyı aşınımı ve kıyı biriktirme etkinliklerinin dinamik süreç olarak devamlılığını korumasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



SCE analizine göre referans alınan bölgede minimum 1.89 m, maksimum 375.99 m mesafe ölçümü bulunmaktadır. SCE

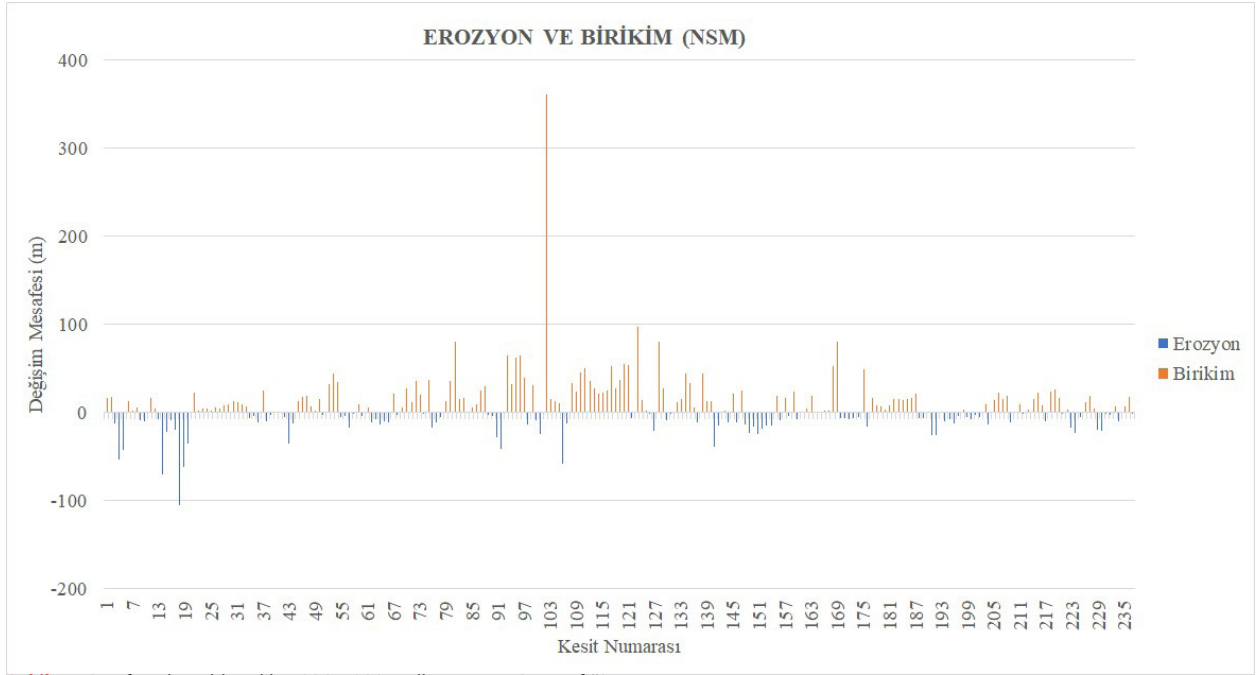
en fazla değişimin olduğu yılları referans olarak hesaplanmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Ortofotodan Elde Edilen Kıyı Çizgisi SCE İstatistiği.

NSM parametresi hesabı sonucunda bölgede en fazla 105.35 m erozyon, 360.18 m ise birikim bulunmaktadır (Şekil 14). Lineer regresyon analizi, bir bağımlı değişkenin zaman, coğrafi konum veya diğer bağımsız değişkenlerle nasıl ilişkilendirildiğini görmek için kullanılan istatistiksel bir yöntem

olup en küçük kareler regresyon fonksiyonu uydurularak LRR istatistiği belirlenmiştir. Bu analize göre maksimum değer 21.76 m/yıl iken minimum değer -6.06 m/yıl değerleri elde edilmiştir.



Şekil 14. Ortofotodan Elde Edilen 2006-2023 Yılları Arası NSM grafiği.

Çalışmada ortofoto görüntüleri referans alınarak uydu görüntülerinin doğruluğu analiz edilmiştir. Ortofoto görüntüleri yüksek çözünürlüklü görüntüler olduğu için doğruluğu uydu görüntülerine göre daha yüksektir. Tablo 4'te elde edilen bulgular göz önüne alındığında uydu görüntüleri ile ortofoto görüntüleri arasında metrik farklar olduğu görülmüştür. Bu farklar, çözünürlükler ele alındığında kabul edilebilir sınırlar içindedir. Uydu görüntülerinden üretilen sonuçlara göre bölgede %41.4 kıyı aşınımı, %58.6 kıyı birikimi elde edilmişken bu oranlar ortofotoda %39.2 ile %60.8 şeklinde değişiklik göstermiştir. Uydu görüntüleri ve ortofoto görüntüleri; çekim açıları, çözünürlük, geometrik doğruluk ve

güncellik gibi faktörler açısından birbirlerinden ayrılmaktadır. Uydu görüntüleri yörüngeden geniş alanları görüntüleyebilir ve genellikle perspektif kaynaklı bozulmalara sahiptir; ancak, düzenli olarak geniş alanları tarayabilirler. Öte yandan, ortofoto görüntüleri daha düşük yükseklikten alınır, daha yüksek çözünürlüklü ve detaylı görüntüler sunar. Dijital düzeltmelerle geometrik olarak daha doğru ve hassas hale getirilir. Bu nedenle ortofotodan üretilen kıyı değişim analiz sonuçları daha doğru ve güvenilirdir. Her iki tür görüntü de coğrafi bilgi sistemleri ve çevresel takip gibi alanlarda farklı amaçlarla kullanılmakta olup, tercihler özel ihtiyaçlara göre değişiklik gösterebilir.

Tablo IV: Karşılaştırma Sonucu Kıyı Değişimi Analiz Sonuçları (metre).

Parametreler	Uydu Görüntüleri ile üretilen			Ortofoto ile üretilen		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
SCE	2.96	343.33	32.18	1.89	375.99	32.58
NSM	-97.76	323.45	-19.25	-105.35	360.18	7.11
EPR	-5.76	19.07	-1.13	-6.17	21.10	0.42
LRR	-4.67	20.63	-0.85	-6.06	21.76	0.68
WLR	-4.67	20.63	-0.85	-6.06	21.76	0.68

Sonuçlar

Kıyı çizgisindeki değişimlerin sürekli olarak gözlemlenmesi ve analiz edilmesi, pek çok kıyısız sorunun çözümünde kritik bir öneme sahiptir; bu nedenle bu tür çalışmalar zorunludur. Dolayısıyla, kıyı bölgelerinde potansiyel olarak ortaya çıkabilecek zararların önlenmesi veya minimuma indirilmesi için, kıyı çizgisi değişiklikleri üzerine yapılan çalışmaların yoğunlaştırılması ve bu değişikliklerin düzenli aralıklarla izlenmesi şarttır. Bu çalışmada CBS ve uzaktan algılama yöntemleri ile İzmit Körfezi kıyı çizgisi değişimini zamansal ve mekansal olarak analiz etmek üzere 05/08/2006-23/07/2023 tarihleri arasındaki Landsat-5 ve Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanılarak kıyı çizgileri çıkarılmıştır. İzmit Körfezi kıyılarında belirlenen tarih süreci içinde kıyı çizgisi uzunluğundaki değişimler ile birikim ve aşınım sahaları tespit edilmiştir. Su kütlelerinin tespitinde etkin bir yöntem olan NDWI görüntüsüne sınıflandırma yapılarak bu görüntülerden farklı yıllar için kıyı çizgileri üretilmiştir. Daha sonra üretilen kıyı çizgileri kullanılarak SCE, NSM, EPR, LRR, WLR kıyı değişim istatistikleri ile İzmit Körfezi'nin kıyı değişim analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ortofoto görüntüleri yüksek çözünürlüklü görüntüler olduğu ve metrik olarak daha doğru olması nedeniyle referans kabul edilerek uydu görüntülerinin doğruluğu da test edilmiştir.

Tarih boyunca süregelen kıyı çizgisi değişiklikleri, jeomorfolojik olaylar, depremler ve tektonik aktiviteler gibi fiziksel faktörlerin etkisinde kalmıştır. Son zamanlarda ise, artan insan faaliyetleri ve kıyı kullanımının yoğunlaşması, bu değişim sürecinde insan kaynaklı etkenlerin de önemli bir rol üstlenmeye başladığını göstermektedir. Yapılan çeşitli analizler belirlenen değişim alanlarının büyük oranda (%90 ve daha fazla) insan kaynaklı etkiler nedeniyle oluştuğunu, az miktarda (%2 - %5) bir oranın doğal koşullar sebebiyle meydana geldiğini göstermiştir. İnsan kaynaklı kıyı değişimlerine İzmit, Körfez, Gölcük, Dilovası ve Altınova kıyılarında rastlanabilmektedir. Kıyı çizgisindeki bu değişimler, çözüm bulunmadığı takdirde kronik sorunlara yol açabilecek potansiyele sahiptir. Sürdürülebilir kıyı yönetimi amacıyla, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tekniklerinin etkin kullanımı, bu sorunlara müdahalede hızlı ve etkili çözümler sunabilir. Bu çalışmanın güncel digital veriler ve çeşitli ek kaynaklar ile genişletilmesi halinde, gelecekte kıyı bölgelerindeki yönetimlere kıyı değişimlerini daha iyi planlama ve yönetme konusunda katkılar sağlayacağı açıktır.

Kaynakça

- Adebola, A. O., Ojoye, S., and Ibitoye, M. O. (2017). Geospatial Analysis of Coastal Land Use/Land cover Pattern and Shoreline Changes in Akwa-Ibom State, Nigeria.
- Alharbi, O.A., Michael, R.P., Allan, T.W., Tony, T., Mohammed, H., Jihad, K., Abdoul Jelil, N., El Sayed, H. (2017). Temporal Shoreline Change and Infrastructure Influences along the Southern Red Sea Coast of Saudi Arabia. Arab. J. Geosci., 10, 360-364.
- Anthony, E. J., Vanhee, S., and Ruz, M. H. (2006). Short-Term Beachdune Sand Budgets on the North Sea Coast of France: Sand Supply from Shoreface to Dunes and the Role of Wind and Fetch, *Geomorphology*, vol. 81, nos. 34, pp. 316329, doi: 10.1016/j.geomorph.2006.04.022.
- Aouiche, I., Daoudi, L., Anthony, E.J., Sedrati, M., Ziane, E., Harti, A., Dussouillez, P. (2016). Anthropogenic Effects on Shoreface and Shoreline Changes: Input From a Multi-Method Analysis, Agadir Bay, Morocco. *Geomorphology* 254, 16-31.
- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, T., Tayyab, M., and Rahman, A. (2020). Analysis of Shoreline Changes in Vishakhapatnam Coastal Tract of Andhra Pradesh, India: An Application of Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Ann. GIS* 26, 361-376. doi: 10.1080/19475683.2020.1815839.
- Balopoulos, E. T., Collins, M. B., and James, A. E. (1986). Satellite Images and Their Use in the Numerical Modelling of Coastal Processes, *Int. J. Remote Sens.*, vol. 7, no. 7, pp. 905919.
- Boutiba M., and Bouakline, S. (2011). Monitoring Shoreline Changes Using Digital Aerial Photographs, Quick-Bird Image and DGPS Topographic Survey: Case of the East Coast of Algiers, Algeria, *Eur. J. Sci. Res.*, vol. 48, no. 3, pp. 361369.
- Cai, F., Su, X., Liu, J., Li, B., and Lei, G., (2009). Coastal Erosion in China under the Condition of Global Climate Change and Measures for its Prevention, *Prog. Natural Sci.*, vol. 19, no. 4, pp. 415426, doi:10.1016/j.pnsc.2008.05.034.
- Cameld, F. E., and Morang, A. (1996). Denying and Interpreting Shoreline Change, *Ocean Coastal Manage.*, vol. 32, no. 3, pp. 129151.
- Carter, R.W.G. and Woodroffe, C.D. Eds., (1994). *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics: A Contribution to IGCP Project 274: Coastal Evolution in the Quaternary*. Cambridge, U.K., Cambridge Univ. Press.
- Chen, L.C., Rau, J.Y. (1998). Detection of Shoreline Changes for Tideland Areas Using Multi-Temporal Satellite Images. *Int. J. Rem. Sen.* 19, 3383-3399.
- Chu, Z. X., Sun, X. G., Zhai, S. K., and Xu, K. H. (2006). Changing Pattern of Accretion/Erosion of the Modern Yellow River (Huanghe) Subaerial Delta, China: Based on Remote Sensing Images, *Mar. Geol.*, vol. 227, nos. 12, pp. 1330.

- Ciritci, D. (2020). İzmit Körfezi Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Otomatik Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sivas: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri.
- Cracknell, A.P. (1999). Remote Sensing Techniques in Estuaries and Coastal Zones - An Update. *Int. J. Of Remote Sens.* 19, 485-496.
- Das, S.K., Sajjan, B., Ojha, C., Soren, S. (2021). Shoreline change behavior study of Jambudwip island of Indian Sundarban using DSAS model. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 2021, 24, 961-970.
- Emiljan, G., Altin, K. (2018). DSAS Application in Monitoring Shoreline. CASE STUDY: "Shkumbini River Mouth Divjaka Beach Coastline. In Proceedings of the 1st Western Balkan Conference (GIS-Mine Surveying-Geodesy-Geomatics), Tirana, Albania, 18-21.
- Garipağaoğlu N., Uzun, M. (2014). Kıyı Çizgisi Değişiminin Yaratacağı Riskler Açısından İzmit Körfezi Kıyıları'nın Değerlendirilmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 7 Sayı: 31 Volume: 7 Issue: 3.
- Garipağaoğlu N., Uzun, S. (2015). İzmit Körfezi Kıyılarında Kıyı Alanı Kullanımı, *Türk Coğrafya Dergisi* Sayı 63: 9-22, İstanbul.
- Ghaderi, D., and Rahbani, M. (2020). Detecting Shoreline Change Employing Remote Sensing Images (Case study: Beris Port-east of Chababar, Iran). *Int. J. Of Coastal Offshore And Environ. Eng.* 5, 1-8.
- Hashmi, S.G.M.D., Ahmad, S.R. (2018). GIS-Based Analysis and Modeling of Coastline Erosion and Accretion along the Coast of Sindh Pakistan. *J. Coast. Zone Manag.*
- Hinkel, J., Nicholls, R. J., Tol, R. S. J., Wang, Z. B Hamilton, J. M. Boot, G. Vafeidis, A. T. McFadden, L. Ganopolski, A. and Klein, R. J.T. (2013). A Global Analysis of Erosion of Sandy Beaches and Sea-Level Rise: An Application of DIVA," *Global Planet. Change*, vol. 111, pp. 150158, doi:10.1016/j.gloplacha.2013.09.002.
- Kanwal, S., Ding, X., Muhammad, S., Abbas, S. (2020). Three Decades of Coastal Changes in Sindh, Pakistan (1989-2018): A Geospatial Assessment. *Rem. Sen.* 2020, 12, 8.
- Kevin, W., and El Asmar, H. M. (1999). Monitoring Changing Position of Coastlines Using Thematic Mapper Imagery, an Example from the Nile Delta. *Geomorphology* 29, 93-105. doi: 10.1016/S0169-555X(99)00008-2.
- Kılar, H., ve Çiçek, İ. (2018), Gökusu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin DSAS Aracı ile Belirlenmesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 89-104.
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., and Dihkan, M. (2011). Automatic Detection of Shoreline Change on Coastal Ramsar Wetlands of Turkey. *Ocean Eng.* 38 (10), 1141-1149.
- Li, X., and Michiel, C.J. (2010). Damen Coastline Change Detection with Satellite Remote Sensing for Environmental Management of the Pearl River Estuary, China. *J. Mar. Syst.* 82, S54-S61.
- McCarthy, J., Canziani, O. F., Leary, N., Dokken, D. J., White, K. S. (2001). Impacts, Adaptation and Vulnerability in Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.
- Mulder, J.P.M., Hommes, S., and Horstman, E.M., Implementation of coastal erosion management in The Netherlands," *Ocean Coastal Manage.*, vol. 54, no. 12, pp. 888897, Dec. 2011.
- Özçelik, M. (2017). Kıyı Alanlarının Kullanılmasında Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi: Eğirdir Yerleşim Alanı Örneği. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5(3), 595 - 600.
- Pandey, A., Singh, K., and Sharma, A. (2023). Integrating NDWI, MNDWI, and Erosion Modeling to Analyze Wetland Changes and Impacts of Land Use Activities in Ropar Wetland (India).
- Pandian, P. K. Ramesh, S. Murthy, M. V. R. Ramachandran, S. and Thayumanavan, S., (2004). Shoreline Changes and Near Shore Processes along Ennore Coast, East Coast of South India," *J. Coast. Res. West Palm Beach*, vol. 20, pp. 828845, Jul. 2004, doi: 10.2112/1551-5036(2004)20[828:SCANSP]2.0.CO;2.
- Rangel-Buitrago, N.G., Anfuso, G. and Williams, A.T. (2015). Coastal erosion along the Caribbean Coast of Colombia: Magnitudes, Causes and Management, *Ocean Coastal Manage.*, vol. 114, pp. 129144.
- Saravanan, S., Parthasarathy, K.S.S., Kumaresan, P.R., Vishnu Prasath, S.R., Vasanth Kumar, T. (2015). Shoreline Change Detection for Chennai Coast Using Geospatial Techniques. In Proceedings of the HYDRO, International Conference Held at IIT, Roorkee, India, 17-19 December.
- Scott, D. B., (2005). Coastal Changes, Rapid BT. *Encyclopedia of Coastal Science*, M. L. Schwartz, Ed. Dordrecht, The Netherlands: Springer, pp. 253255.
- Shaghude, Y.W., Wannäs, K.O., and Lundén, B. (2003). Assessment of Shoreline Changes in the Western Side of Zanzibar Channel Using Satellite Remotesensing. *Int. J. Remote Sens.* 24, 4953-4967.
- Shibly M. and Takewaka, S., (2012). Morphological Changes along Bangladesh Coast Derived From Satellite Images, *Proc. Coastal Eng.*, vol. 3, pp. 4145.
- Uçkaç, Ş. (1998). Kıyı Alanlarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları 2. Ulusal Konferansı, 22-25 Eylül 1998, Ankara, Türkiye Kıyıları 98 Konferansı Bildiriler Kitabı, 557-564.
- Uzun, M. (2014). İzmit Körfezi Doğu Kıyısındaki Kıyı Alanı ve Kıyı Çizgisinde Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri İle İncelenmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 7 Sayı: 33 Volume: 7 Issue: 33.
- Uzun, M. (2021). İzmit Körfezi Kıyılarında İnsan Kaynaklı Jeomorfolojik Değişimler ve Süreçler / Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / *Journal of Geomorphological Researches*, (7), 61-8
- Uzun, S. M. (2023). Riva (İstanbul) Kıyılarında Doğal ve Antropojenik Etkenlerle Değişen Kıyı Çizgisinin DSAS Aracı ile Analizi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (11), 95-113.
- Wagner, T. W., Michalek, J. L., and Laurin, R. (1991). Remote Sensing Application in the Coastal Zone: A Case from the Dominican Republic, Univ. Center, Michigan, Consort. *Int. Earth Sci. Inf. Netw. Rep.*
- Yasir, M., Liu, S., Mingming, X., Wan, J., Pirasteh, S., and Dang, K. B. (2024). ShipGeoNet: SAR Image-Based Geometric Feature Extraction of Ships Using Convolutional Neural Networks. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*. doi: 10.1109/TGRS.2024.3352150.
- Zuzek, P., Nairn, R., and Thieme, S., (2003). Spatial and Temporal Consideration for Calculating Shoreline Change Rates in The Great Lakes Basin, *J. Coastal Res.*, vol. 38, pp. 125146.
- [URL 1]: <https://pubs.usgs.gov/of/2018/1179/ofr20181179.pdf>, 14 Mayıs 2024.

Yapılması Planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki Taşıt Trafikinin Kocaeli İli Hava Kirliliğine Etkisi

The Effect of Vehicle Traffic on the Planned Southern Marmara Highway on Air Pollution in Kocaeli Province

Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
senayc@kocaeli.edu.tr
ORCID: 0000-0001-5968-2948

Fatma SOSLU

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
fatmasoslu@gmail.com
ORCID: 0009-0003-1949-7758

Öz

Bu çalışmada, yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki araç trafiğinin Kocaeli ili hava kirliliğine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında Güney Marmara Otoyolu'nu kullanan/kullanacak araç sayılarına ve türlerine bağlı olarak farklı 'senaryolar' oluşturulmuştur. Senaryolar, mevcut 130-01 numaralı Gölçük-Altınova yolunu kullanan araçların %20 (S1), %30 (S2) ve %35'inin (S3) Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacağı varsayımları üzerine kurulmuştur. Çalışma kapsamında değerlendirilen kirleticiler; kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM₁₀), karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), azot oksit (NO_x) ve metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC)'dir. Bu kirleticilere ilişkin hesaplanan trafik kaynaklı emisyonlar EPA onaylı hava kalitesi dağılım modeli olan AERMOD'a girilerek bölgeye ilişkin kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. Belirlenen maks. kirletici konsantrasyonları ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır.

Modelleme çalışmasının sonuçlarına göre; taşıt kaynaklı NO_x, PM₁₀, NMVOC, CO, CO₂ ve SO₂ emisyonlarının 1 saatlik maks. konsantrasyonları sırasıyla S3'de mevcut duruma göre; %28, %53, %49, %50, %49 ve %35 azalırken, yıllık maks. konsantrasyonları ise; %7, %53, %49, %49, %49, %34 oranında azalmıştır. Maks kirletici konsantrasyonunun görüldüğü alıcı noktaları İzmit Şehir Merkezi (746985.59; 4516448.29) ve Dilovası (712439.79; 4518354.94) olarak belirlenmiştir. Modelleme çalışması ile belirlenen maks kirletici konsantrasyonları ulusal (HKDYY) ve uluslararası (DSÖ, AB) sınır değerler ile karşılaştırıldı; NO_x'in, NO₂ için verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu, PM₁₀'un; her ne kadar HKDYY'nde ve AB'deki yıllık sınır değeri karşılasa da DSÖ sınır değerini aştığı belirlenmiştir. Ancak tüm senaryolarda, DSÖ sınır değeri sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Taşıt Emisyonları, Emisyon Envanteri, Güney Marmara Otoyolu, Kocaeli.

Abstract

In this study, the effect of vehicle traffic on the planned Southern Marmara Highway on air pollution in Kocaeli province was evaluated. Within the scope of the study, different 'scenarios' were created depending on the number and types of vehicles using/will use the Southern Marmara Highway. The scenarios are based on the assumptions that 20% (S1), 30% (S2) and 35% (S3) of the vehicles using the existing Gölçük-Altınova road numbered 130-01 will use the Southern Marmara Highway. The pollutants evaluated within the scope of the study are sulfur dioxide (SO₂), particulate matter (PM₁₀), carbonmonoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), nitrogen oxides (NO_x) and non-methane volatile organic compounds (NMVOC). The calculated traffic-related emissions related to these pollutants were entered into the EPA-approved air quality distribution model AERMOD and pollution distribution maps for the region were created. The determined maximum pollutant concentrations were compared with national and international standards.

In comparison to the current situation, S3's 1-hour maximum emission concentrations for NO_x, PM₁₀, NMVOC, CO, CO₂, and SO₂ decreased by 28%, 53%, 49%, 50%, 49%, and 35%, according to results of modelling. On the other hand, annual max concentrations reduced by -7%, 53%, 49%, 49%, 49%, 34%. The receptor points where the maximum pollutant concentration was observed were determined as İzmit City Center (746985.59; 4516448.29) and Dilovası (712439.79; 4518354.94). When the maximum pollutant concentrations determined by the modeling study were compared with national (HKDYY) and international (WHO, EU) limit values; NO_x was above the limit values given for NO₂, PM₁₀; although it meets the annual limit value in HKDYY and EU, it had been determined that it exceeded the WHO limit value. However, in all scenario cases the WHO limit value was not exceeded.

Keywords: Vehicle Emissions, Emission Inventory, Southern Marmara Highway, Kocaeli.

1. Giriş

Son yıllarda artan kentleşme ve sanayileşme ile birlikte hava kirliliği, küresel ve sosyal açıdan önemli bir sorun haline gelmiştir (Martins ve Da Graca, 2018). Hava kirliliği, dünya genelinde özellikle endüstriyel tesislerden, konutlarda ısınma amaçlı yakıt tüketiminden ve motorlu taşıt egzozlarından kaynaklanmaktadır (WHO, 1992). Motorlu taşıt egzozlarından dış ortama verilen zararlı gazlar hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Pan vd., 2016). Karayolu taşıtlarında yakıt olarak benzin, motorin ve LPG kullanılmaktadır. Bu yakıtların tüketiminden kaynaklanan emisyonlar havanın kirlenmesine ve araçların egzoz borularından çevreye, karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), hidrokarbonlar (HC), kükürt oksitler (SO_x), azot oksitler (NO_x) ve partiküler madde (PM) gibi çeşitli kirleticilerin salınmasına sebep olmaktadır (Jin vd., 2005). 2006 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kılavuzlarına göre karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Hidroflorokarbon (HFC), diazot (N₂O), perflorokarbon (PFC) ve kükürthekzaflore (SF₆) doğrudan sera gazları iken azotoksitler (NO_x), karbonmonoksit (CO), metandışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) ve kükürtdioksit (SO₂) ise dolaylı sera gazları olarak sınıflandırılmaktadır (IPCC, 2006). Sera gazları atmosferde doğal olarak bulunmakta ve sera etkisi adı verilen bir süreçle gezegenin yalıtımı ve ısınması için dünyanın yüzeyinden yayılan ısıyı tutmaktadır (Adeyanju, Manohar, 2017). Sera etkisi, sera gazlarının atmosferde birikmesine, atmosferin alt katmanlarının ısınmasına ve dünya yüzeyinin sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır (Huang vd., 2016). Bunun sonucunda atmosferde meydana gelen küresel sıcaklıktaki artış ve iklimdeki diğer değişiklikler, toplumsal açıdan büyük endişe kaynağıdır (Schwartz, 2022).

Küresel düzeyde, iklim değişikliği sorunlarının çözümüne yönelik olarak, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), 1997 yılında Kyoto Protokolünü ve 2015 yılında Paris Anlaşmasını kabul etmiştir (Lazăr vd., 2019). 16 Şubat 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, sanayileşmiş ülkelerin ve ekonomilerin sera gazı (GHG) emisyonlarını sınırlama ve azaltma taahhüdünde bulunmalarını istemekte, emisyonların azaltılması konusunda politika ve önlemlerin benimsenmesini talep etmektedir (URL-1). 4 Kasım 2016 tarihinde yürürlüğe giren Paris Anlaşması'nın temel amacı ise, bu yüzyıldaki küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelere göre 2°C'nin çok altında tutarak iklim değişikliği tehlikesine karşı küresel tepkiyi güçlendirmek ve sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlandırmaktır (URL-2).

Küresel olarak ulaşım sektörü, dünya üzerinde toplam sera gazı emisyonlarının %15'ini ve CO₂ emisyonlarının ise %23'ünü oluşturmaktadır (Jamshidi Kalajahi ve diğ., 2020). İklim değişikliğiyle mücadelede yönelik politikalar, ulaşım sektöründeki en önemli emisyon kaynaklarından olan benzinli ve dizel araç kullanımının azalmasında önemli bir rol oynamaktadır. Avrupa Birliği, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını %55 oranında azaltma amacına yönelik olarak benzinli ve dizel araç satışlarını kademeli olarak azaltmayı hedeflemektedir (URL-3). Araçlardan kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik teknolojik çözümler, şehirlerdeki hava kalitesinin iyileştirilmesi açısından son derece önemlidir (Piracha ve Chaudhary, 2022). Günümüzde de fosil yakıtlı araçların kullanımının olumsuzluklarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için elektrikli araçlar hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik bir seçenek olarak görülmektedir (Egede vd., 2015).

Bu çalışmada, yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki araç trafiğinin, Kocaeli İli hava kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle, mevcut durum değerlendirilmiş, daha sonra mevcut durumdan yola çıkarak D-130'u kullanan araçların %20 (S1) - %30 (S2) ve %35'inin (S3) Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacağı varsayımı ile yollardan geçmesi tahmin edilen araç sayıları belirlenmiş ve 'senaryolar' oluşturulmuştur. Hem mevcut durum hem de senaryolara göre emisyon hesabı yapılmış ve elde edilen sonuçlar EPA onaylı Hava kalitesi dağılım modeli olan AERMOD'a girilerek; kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM₁₀), karbonmonoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksit (NO_x) ve metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) için kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolunun Kocaeli İli hava kalitesi üzerindeki etkisini inceleyen bu çalışma, yeni yol güzergahının bölgenin kirlilik dağılımında nasıl bir değişikliğe sebep olacağını belirlemek açısından önemlidir. Ulaşımdan kaynaklanan hava kirleticileri üzerine, ülkemizde birçok araştırma yapılmış ve yapılmaya

devam etmektedir. Sera gazı etkisinin bu denli önemli olduğu bir dönemde, ülkenin tüm yolları için taşıt araçlarından kaynaklanan emisyonların dağılımlarının belirlenmesi ve benzer çalışmaların yapılması, yasa çıkarıcı kurumların emisyon azaltma kararları almalarında katkı sağlayabilir.

2. Materyal ve Metod

Kocaeli, Avrupa'yı Anadolu'ya ve Ortadoğu'ya bağlayan önemli ulaşım ağlarının merkezinde bulunmaktadır. İlin büyük metropollere yakınlığı sanayi, ticaret, ulaşım ve lojistik merkezi olarak gelişmesinde etken olmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu tarafından açıklanan verilere göre, Kocaeli ilinde trafiğe kayıtlı araç sayısı 2023 Haziran ayı sonu itibarıyla 491.867'dir (URL-4). Bölgede yerel trafik ile şehirlerarası ve uluslararası trafiğin birbirinden ayrılması adına, toplamda 86 kilometre uzunluğunda Güney Marmara Otoyolu'nun yapılması planlanmaktadır. Bu otoyol planlamalara göre Karamürsel Valide Köprüsü mevkiinde yapılacak kavşak ile başlayacak olup, Gölçük, Başiskele ve Kartepe ilçelerinin üst kesiminde Samanlı Dağları eteklerinde Kartepe Cengiz

Topel Havaalanı'nın ön tarafında TEM'e ve D-100 karayoluna bağlanacaktır. 65 kilometresi Kocaeli'den geçecektir. Kocaeli sınırları içinde 4 tünel, 5 kavşak, 10 viyadük yapılacaktır (URL-5). Planlama aşamasındaki otoyol güzergahı Şekil 1'de verilmiştir.

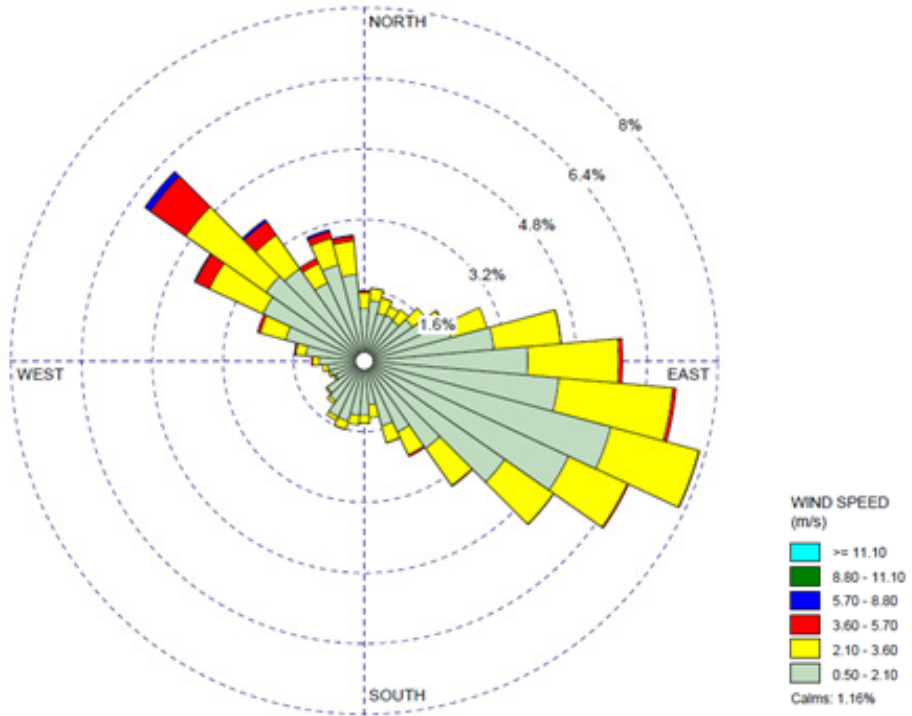
Çalışma kapsamında, kirleticilerin atmosferik dağılımını incelemek için EPA onaylı AERMOD View 9.5.0 modelleme programı kullanılmıştır. AERMOD modeli doğrusal kararlı hal duman modellemesi olup, kararlı durumlarda yatay ve dikey dispersiyonu, Gaussian modelleriyle hesaplamaktadır. Modelleme sistemi bir ana programdan (AERMOD) ve iki ön işlemciden (AERMET ve AERMAP) oluşmaktadır. Meteorolojik, orografik ve emisyon verisi olmak üzere üç farklı türde giriş verisi gerekmektedir (Ergün Yüksel vd., 2024).



Şekil 1. Güney Marmara Otoyol Güzergahı (URL-6).

Modellemede 2018 yılına ait meteoroloji dosyası kullanılmış olup, saatlik ham yüzey gözlemleri (Kocaeli istasyon numarası: 17066) ve ham üst hava verileri (Kartal istasyon numarası: 17062) Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sistemi (MEVBİS) veri tabanından temin edilmiştir (URL-7). Temin edilen saatlik bazda yıllık meteorolojik veri dosyası, AERMET ön işlemci programı ile işlenmiş ve kullanılmıştır. Çalışma alanı için 2018 verilerine ilişkin rüzgârgülü Şekil 2'de verilmiştir. Gerekli arazi yükseltileri ise, AERMAP ön işlemcisi içinde yer alan WebGIS modülü ile programa girilmiştir. Emisyon verisi olarak ise, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı trafik ve ulaşım bilgilerinden otoyollardaki ve devlet yollarındaki araç sayılarına ilişkin veriler esas alınarak "EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023" isimli veri tabanında yer alan Tier 1 emisyon faktörleri ile hesaplanan NO_x , PM_{10} , CO, NMVOC, CO_2 ve SO_2 kirleticilerine ilişkin emisyon verileri kullanılmıştır (URL-5).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 verilerine göre Aralık ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı 13 milyon 706 bin 65 adet otomobilin %37,6'sı dizel, %35,9'u LPG ve %25,5'i benzin yakıtlıdır (URL-4). Hesaplamalarda bu oranlar göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma kapsamında, öncelikle mevcut durum değerlendirilmiş daha sonra yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacak araç sayılarına ve türlerine bağlı olarak farklı senaryolar oluşturulmuştur. D130 devlet yollarında günde ortalama 171.230 otomobil, 19.294 orta yüklü ticari taşıt, 1.858 dizel otobüs 11.066 kamyon ve 14.905 tır geçmektedir (URL-5). S1: D-130'da seyreden araçların %20'sinin Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği, S2: D-130'da seyreden araçların %30'unun Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği, S3: D-130'da seyreden araçların %35'inin Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği varsayımları üzerine kurulmuştur. Bu senaryolara göre D-130 ve yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'nda seyredecek araç sayıları tekrar hesaplanmıştır.



Şekil 2. Çalışma Alanı İçin 2018 Verilerine İlişkin Rüzgârgülü- WRPLOT View Program Çıktısı.

Modelde, bu giriş verilerine ilave olarak; dağılım katsayısı (kentsel), arazi yükseklik seçenekleri (düz + yüksek), kaynak türü (çizgi), Kaynak konumu (X, Y: UTM Koordinatları),

Alıcı seçenekleri (625 tek tip kartezyen alıcı noktası (aralık (m) 2834,35 × 2062,87) de dikkate alınmıştır.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında hem mevcut durum hem de oluşturulan senaryolara dayalı olarak hesaplanan emisyonlar EPA onaylı hava kalitesi dağılım modeli olan AERMOD'a girilerek saatlik, 24 saatlik, aylık ve yıllık maks. konsantrasyonlar belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Senaryolar, mevcut 130-01 numaralı Gölcük-Altınova yolunu kullanan araçların %20 (S1), %30 (S2) ve %35'inin (S3) Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacağı varsayımları üzerine kurulmuş olup, tablo verileri incelendiğinde senaryo 1-3 durumlarında emisyonlarda azalmalar gözlenmiştir. S1 ve S2 için oluşturulan dağılım haritaları S3 için oluşturulan haritalara benzediğinden, sadece mevcut durum ve S3 için kirlilik dağılım haritaları Şekil 3-8'de verilmiştir. Tablo verileri ve şekillerde verilen yıllık dağılım haritaları incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

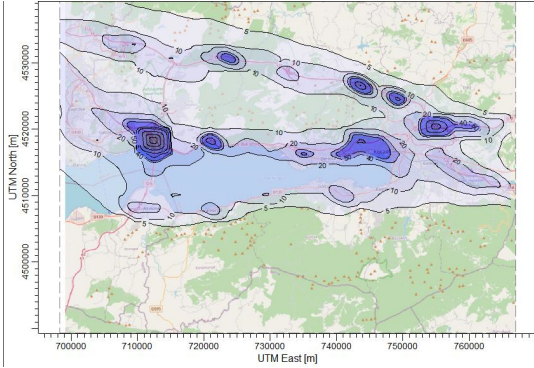
- Mevcut durum için en yüksek NO_x konsantrasyonu $302 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup maks. konsantrasyonun görüldüğü bölge Dilovası'dır. S3'e göre $324 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü yer Kocaeli Şehir Merkezidir. S3 durumunda mevcut duruma göre yıllık maks NO_x konsantrasyonu %7 oranında artmıştır.
- Mevcut durumda yıllık en yüksek PM_{10} konsantrasyonu $22,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. S3'e göre yıllık PM_{10} konsantrasyonu $10,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü Kocaeli Şehir Merkezinde kirlenici konsantrasyonu %53 oranında azalmıştır.
- Mevcut durumda yıllık en yüksek NMVOC konsantrasyonu $188,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. S3'e göre yıllık NMVOC konsantrasyonu $96,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü Kocaeli Şehir Merkezinde NMVOC kirlenici

konsantrasyonu %50 oranında azalmıştır.

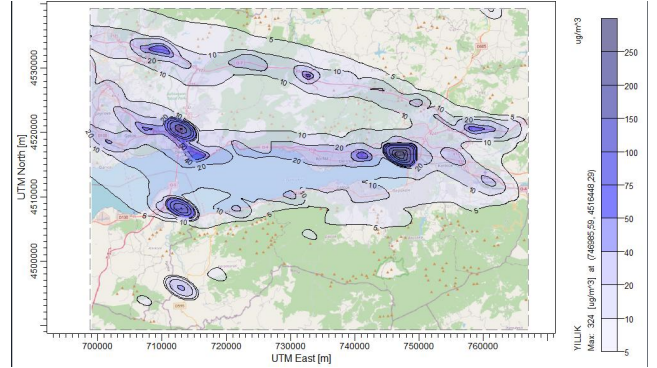
- Mevcut durumda yıllık en yüksek CO konsantrasyonu $1335 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken S3'e göre $678 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerine inmiş, %49 oranında konsantrasyonda düşüş olmuştur. Her durum için de maks. konsantrasyonun görüldüğü yer Kocaeli Şehir Merkezidir.
- Mevcut durumda yıllık en yüksek CO_2 konsantrasyonu $101.518 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. S3'e göre yıllık CO_2 konsantrasyonu $51.668 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü Kocaeli Şehir Merkezinde CO_2 kirlenici konsantrasyonu %49 oranında azalmıştır.
- Mevcut durumda yıllık en yüksek SO_2 konsantrasyonu $0,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. S3'e göre yıllık SO_2 konsantrasyonu $0,439 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü Kocaeli Şehir Merkezinde SO_2 kirlenici konsantrasyonu %34 oranında azalmıştır.
- Modelleme çalışması ile belirlenen maks. kirlenici konsantrasyonları ulusal, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) ve uluslararası, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Avrupa Birliği (AB) sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; NO_x 'in, NO_2 için HKDYY'de belirtilen yıllık ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini, DSÖ'de belirtilen 1 saatlik ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 24 saatlik ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve yıllık ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerlerini ve AB'de belirtilen yıllık ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini aştığı belirlenmiştir. PM_{10} 'un; her ne kadar mevcut durum için HKDYY'de belirtilen yıllık ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini ve AB'de belirtilen yıllık ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini karşılasa da DSÖ'de belirtilen yıllık sınır değerini ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) aştığı belirlenmiştir. Ancak senaryo durumlarında (S1, S2 ve S3) DSÖ'de belirtilen yıllık sınır değeri ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sağlanmaktadır (URL-8; URL-9; URL-10).

Tablo I: Tüm Durumlar (Mevcut Durum, S1, S2 ve S3) için Maks. Kirletici Konsantrasyonları.

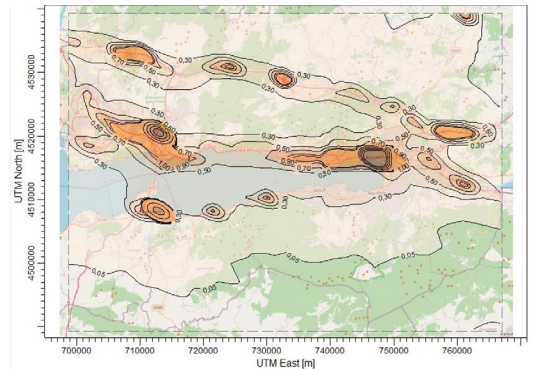
Kirletici	Zaman Periyodu	Mevcut Durum		S1		S2		S3	
		Maks. Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası Koordinatları X-Y (m)	Maks. Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası Koordinatları X-Y (m)	Maks. Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası Koordinatları X-Y (m)	Maks. Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası Koordinatları X-Y (m)
NO_x	Saatlik	1.694,55	712439.79 4518354.94	1.500,77	746985.59 4516448.29	1.314,66	746985.59 4516448.29	1.222	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	593,79		704,66		618,24		575,07	
	Aylık	376,60		490,03		430,394		400,599	
	Yıllık	302,48		395,69		347,597		323,56	
PM_{10}	Saatlik	84,27	746985.59 4516448.29	48,69	746985.59 4516448.29	42,648	746985.59 4516448.29	39,63	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	39,45		22,86		20,049		18,648	
	Aylık	27,34		15,88		13,943		12,976	
	Yıllık	22,07		12,82		11,259		10,479	
CO	Saatlik	5.130,053	746985.59 4516448.29	3.182,99	746985.59 4516448.29	2.786,369	746985.59 4516448.29	2.588,17	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	2.393,74		1.486,98		1.302,804		1.210,769	
	Aylık	1.655,68		1.030,76		903,648		840,129	
	Yıllık	1.335,45		831,52		729,005		677,779	
CO_2	Saatlik	387.842,12	746985.59 4516448.29	240.896,85	746985.59 4516448.29	210.959,863	746985.59 4516448.29	196.002,139	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	181.445,19		112.902,18		99.000,119		92.053,89	
	Aylık	125.815,80		78.388,54		68.793,887		63.999,87	
	Yıllık	101.517,74		63.271,85		55.534,108		51.667,917	
NMVOC	Saatlik	723,56	746985.59 4516448.29	451,19	746985.59 4516448.29	395,00	746985.59 4516448.29	366,92	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	337,83		210,94		184,847		171,81	
	Aylık	234,06		146,28		128,273		119,27	
	Yıllık	188,81		118,02		103,498		96,24	
SO_2	Saatlik	2,566	746985.59 4516448.29	2,055	746985.59 4516448.29	1,799	746985.59 4516448.29	1,67	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	1,199		0,961		0,843		0,78	
	Aylık	0,831		0,667		0,585		0,54	
	Yıllık	0,670		0,538		0,472		0,439	



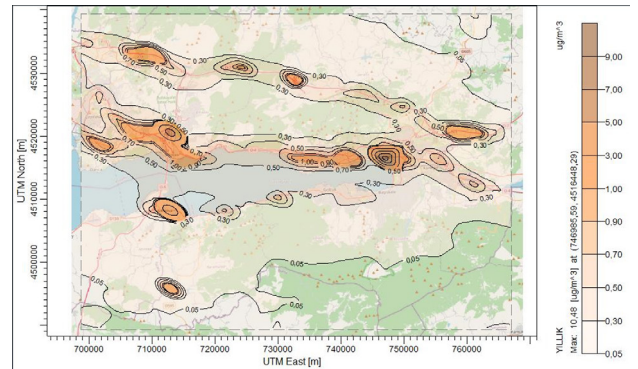
Mevcut durum

Şekil 3. NO_x Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.

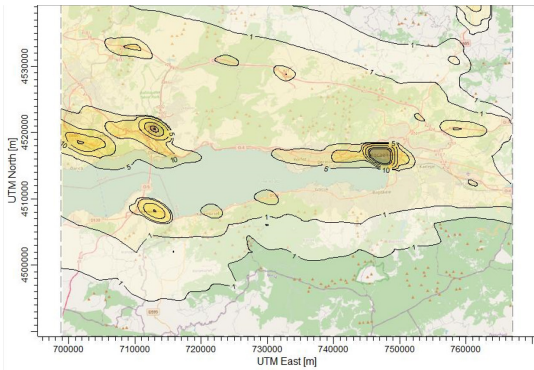
S3



Mevcut durum

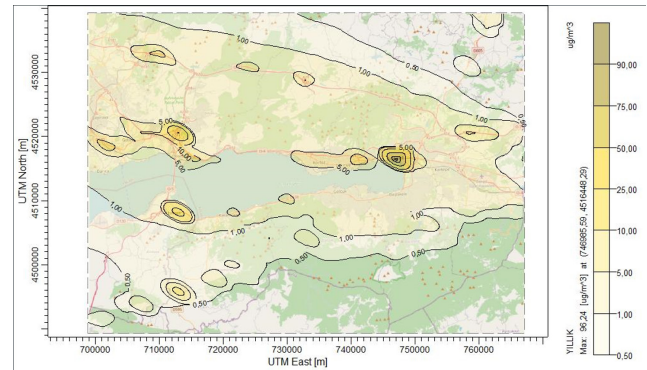
Şekil 4. PM₁₀ Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.

S3

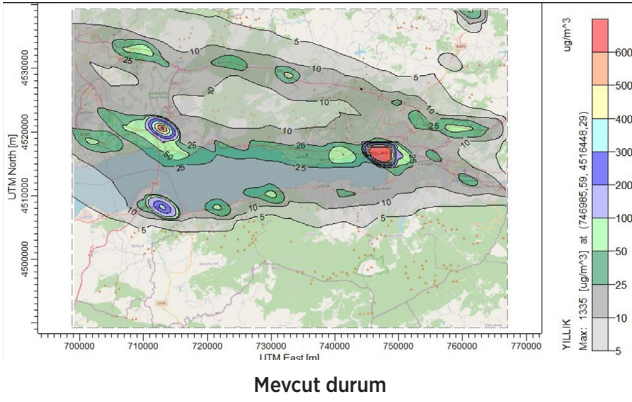


Mevcut durum

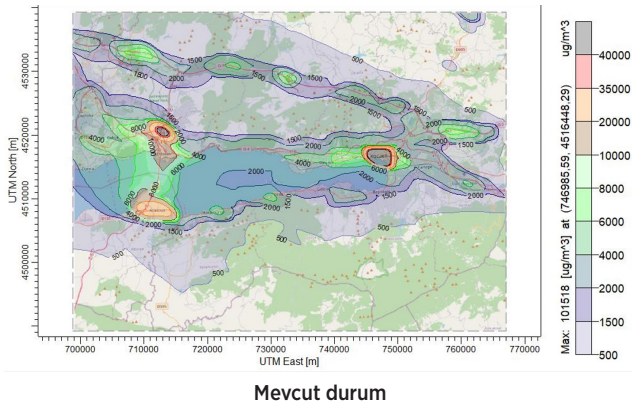
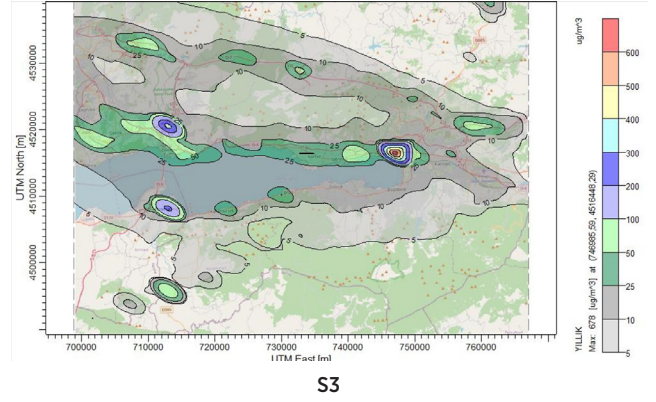
Şekil 5. NMVOC Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.



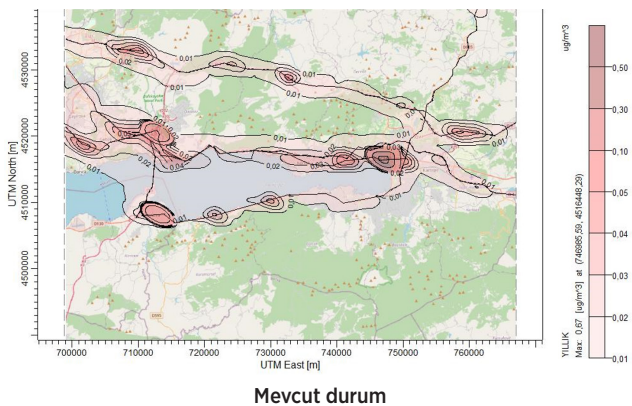
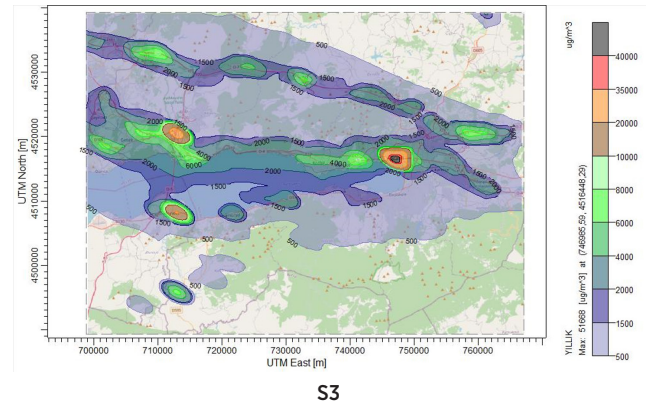
S3



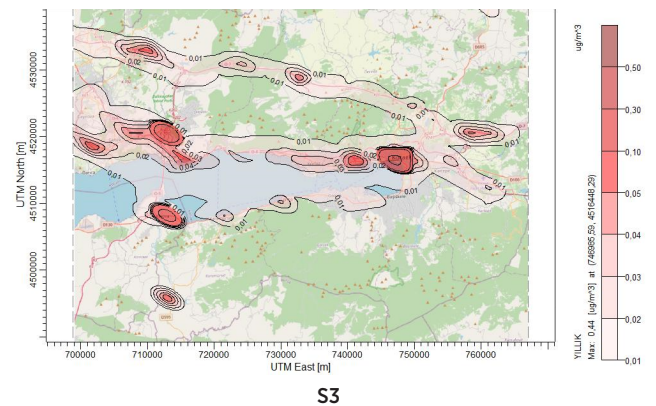
Şekil 6. CO Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.



Şekil 7. CO₂ Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.



Şekil 8. SO₂ Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.



Alternatif yollar, köprü ve otoyol projeleri şehirler arası geçiş kolaylığı sağlamakla kalmayıp trafik yoğunluğunu azaltarak trafik akışını kolaylaştırma ve trafik kaynaklı emisyon miktarının azalmasına da katkı sağlaması bakımından önemlidir. Ancak alternatif olarak yapılan ya da yapılacak olan otoyolların ya da köprü projelerinin doğal yaşam alanlarını tahrip etme, biyoçeşitliliği olumsuz yönde etkileme gibi olumsuz yönlerini de göz ardı etmemek gerekmektedir. Bu sebeple de taşıt kaynaklı hava kirliliğinin azaltılması için sadece alternatif yollar değil, beraberinde farklı önlemler de düşünmek gerekmektedir. Fosil kökenli yakıtların azaltılması bu önlemlerden biri olabilir. İtalya’da yapılan elektrikli ve hibrit araçların sera gazı emisyonlarının ne düzeyde düşürdüğünü tespit etmeye yönelik modelleme çalışmasında, elektrikli ve hibrit araçların üretiminden son kullanımına kadar olan süreç içten yanmalı motorlu araçlara göre kıyaslanmış ve yapılan çalışmada eğer elektrikli araçların enerji kaynağı yenilenebilir olarak elde edilseydi elektrikli araçların içten yanmalı motorlu araçlara oranla %63 kadar daha az sera gazı emisyonuna sebep olacağı tespit edilmiştir (Franzö & Nasca, 2020). Toplu taşıma kullanımının özellikle de demiryolu taşımacılığının yaygınlaştırılması böylece kişisel araç kullanımının azaltılması bir diğer önlem olarak söylenebilir. Chenyiysu ve Whalley (2012) tarafından yapılan çalışmada, trafik modları açısından ulaşımın düşük karbonlaşmasında demiryolu taşımacılığının önemli bir rol oynadığını ve kilometre başına ortalama karbon emisyonunun otobüslerinkinin %50’si olduğunu bulunmuştur. Anderson (2014) tarafından yapılan çalışmada ise, Los Angeles’ın metro işletim verilerine dayanarak, metro seyahatinin trafik sıklığına hızla azaltılabileceği ve çevresel kaliteyi iyileştirebileceği bulunmuştur. Genel olarak, çoğu ampirik çalışma, toplu taşımanın hava kirliliği üzerindeki azaltıcı etkisini doğrulamıştır. Trafikte gereksiz dur-kalk işlemlerinin azaltılması, trafik ışık sinyalizasyonunun geliştirilmesiyle rutin bir trafik akışının sağlanması gibi bazı önlemler uygulanabilir (Altuntaş, 2019).

Çalışma kapsamında belirlenen kirleticilerin max konsantrasyonlarının, Dilovası ve kent merkezinde olmasının sebeplerinden birisi, kuzeybatıdan (0,50-8,80 m/s) kuvvetli esen rüzgarlar ve güneydoğudan esen rüzgarlar (0,50-5,70 m/s) olarak düşünülebilir. Kocaeli’nin Körfez kıyılarıyla Karadeniz kıyısında ılıman, günlük kesimlerin de ise daha sert bir iklim hüküm sürer. İkliminin, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş oluşturduğu

söylenebilir (URL-11). Dilovası Bölgesinin çanak şeklindeki topografik yapısı da hava kirletici bileşenlerin Dilovası üzerinde birikmesine neden olmaktadır. Dilovası üç tarafı tepelerle çevrili, diğer yanında ise deniz yer alan bir vadi olmakla beraber vadinin deniz tarafındaki ağız kısmı da bir tepe ile kapanmış durumdadır. Vadinin dört tarafı yükseltilerle çevrili yapısı hava akımlarını önemli ölçüde etkilemekte ve bölgede bulunan hava kirleticilerinin önemli bir bölümü hava akımları ile taşınmadan bölgede kalmaktadır (Başaran, 2009). Kocaeli, Asya ve Avrupa’yı birbirine bağlayan stratejik bir yol noktasında yer almakta olup Türkiye’nin sanayi alanındaki en önemli merkezlerinden biridir (URL-12). Türkiye’nin en sanayileşmiş illerinden biri olması, artan iş gücü imkanları ve buna bağlı olarak nüfus artışı, trafik yoğunluğunda ve trafikten kaynaklı emisyon miktarında artışa neden olmaktadır. Aynı zamanda son yıllarda gelişen teknolojinin gelişmesi motorlu taşıt kullanımında ciddi bir artış meydana getirmiştir. TÜİK verilerine göre; Kocaeli İlinde, 2016 yılı aralık ayında 357.826 olan kayıtlı araç sayısı 2023 yılında 518.343’e yükselmiştir (URL-4). Özellikle kent merkezi ve Dilovası bölgesi bu bakımdan değerlendirildiğinde trafik akışının fazla olduğu yollardır.

Çalışma kapsamında, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na bağlı Ulusal Hava Kirliliği İzleme Ağı’nda ölçülen 2021 yılı PM₁₀, CO, NO_x değerleri İzmit, Yeniköy ve Dilovası istasyonları için incelenmiş ve sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Bu istasyonlarda diğer parametreler ölçülmediğinden onlara ilişkin sonuçlar verilememiştir (URL-13). Aynı tabloda, bu istasyonların bulunduğu koordinat noktalarındaki, dağılım modeliyle hesaplanan kirletici konsantrasyonları da verilmiştir. Böylelikle ölçüm sonuçları ile model çıktıları karşılaştırılarak çalışmanın sonuçları yorumlanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında model sonuçlarının daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı’na ait ölçüm sonuçları trafik kaynaklı emisyonlar ile birlikte sanayi ve ısınma kaynaklı emisyonları da içermektedir. İstasyonlar; kentsel, trafik, endüstri ve kırsal olarak 4 ayrı kategoride kurulmuştur (URL-14). Bu istasyonların özelliklerine bakıldığında Kocaeli-İzmit-MTHM; trafik, Yeniköy-MTHM; ısınma, Kocaeli-Dilovası; ısınma kaynaklı kirleticilerin belirlenmesi amacıyla kurulan istasyonlardır. Çalışma kapsamında belirlenen emisyonlar ise sadece trafik kaynaklıdır.

Tablo II: Ölçüm Sonuçları ve Model Sonuçlarının Karşılaştırılması.

İSTASYON	Kirletici Parametreleri	Ölçüm Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ort.
Kocaeli-İzmit- MTHM	PM ₁₀	49,59	10 (45)
	CO	1.639,19	800 (3000)
	NO _x	132,69	50 (390)
Yeniköy-MTHM	PM ₁₀	36,80	0,3 (2)
	CO	0	15 (160)
	NO _x	41,36	10 (90)
Kocaeli-Dilovası	PM ₁₀	-	3 (10)
	CO	657,86	75 (600)
	NO _x	-	120 (850)

4. Sonuç

Bu çalışmada, yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki araç trafiğinin, Kocaeli ilindeki taşıt kaynaklı hava kirleticilerin atmosferik dağılımı üzerine etkisi, mevcut durumun üzerine üç senaryo kurularak değerlendirilmiştir. Çalışma ile varılan sonuçlar:

- AERMOD modeli ile kirleticilerin dağılımlarının modellenmesi çalışmasına göre; taşıt kaynaklı NO_x, PM₁₀, NMVOC, CO, CO₂ ve SO₂ emisyonlarının 1 saatlik maks. konsantrasyonları sırasıyla S3'de mevcut duruma göre; %28, %53, %49, %50, %49 ve %35 azalırken, yıllık maks. konsantrasyonları ise; %7, %53, %49, %49, %49, %34 oranında azalmıştır. S1've S2'de S3'e kıyasla daha az olsa da aynı şekilde azalmalar gözlenmiştir. Maks. kirletici konsantrasyonunun görüldüğü alıcı noktaları şehir merkezi (746985.59; 4516448.29) ve Dilovası (712439.79; 4518354.94) olarak belirlenmiştir.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı Ulusal Hava Kirliliği İzleme Ağı'nda ölçülen 2021 yılı PM₁₀, CO, NO_x değerleri İzmit, Yeniköy ve Dilovası istasyonları için incelenmiş ve sonuçlar bu istasyonların bulunduğu koordinat noktalarındaki, dağılım modeliyle hesaplanan kirletici konsantrasyonlarıyla karşılaştırılmıştır. Böylelikle model sonuçlarının ölçüm sonuçlarından daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'na ait ölçüm sonuçları trafik kaynaklı emisyonlar ile birlikte sanayi ve ısınma

kaynaklı emisyonları da içerdiğinden bu beklenen bir sonuçtur.

- Modelleme çalışması ile belirlenen maks. kirletici konsantrasyonları ulusal, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) ve uluslararası, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Avrupa Birliği (AB) sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; NO_x'in, NO₂ için HKDYY'de belirtilen yıllık (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini, DSÖ'de belirtilen 1 saatlik (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 24 saatlik (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve yıllık (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerlerini ve AB'de belirtilen yıllık (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini aştığı belirlenmiştir. PM10'un; her ne kadar mevcut durum için HKDYY'de belirtilen yıllık (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini ve AB'de belirtilen yıllık (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini karşılasa da DSÖ'de belirtilen yıllık sınır değerini (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) aştığı belirlenmiştir. Ancak senaryo durumlarında (S1, S2 ve S3) DSÖ'de belirtilen yıllık sınır değeri (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sağlanmaktadır (URL-8; URL-9; URL-10).

Yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolunun Kocaeli ili hava kalitesi üzerindeki etkisini inceleyen bu çalışma, yeni yol güzergahının bölgenin kirlilik dağılımında nasıl bir değişikliğe sebep olacağını göstermesi bakımından önemlidir. Ülkenin tüm yolları için benzer çalışmaların yapılması, yasa çıkarıcı kurumların emisyon azaltma kararları almalarında katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Adeyanju, A. A., Manohar, K. (2017). Effects of Vehicular Emission on Environmental Pollution in Lagos. *Sci-Afric J Sci Issues Res Essays*, 5(4), 34-51.
- Altuntaş, O. (2019). Osmangazi Köprüsünün Kocaeli İli Körfez Bölgesindeki Taşıt Kaynaklı Emisyon Kirliliğine Etkisinin Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 591868.
- Anderson, M. L. (2014). Subways, Strikes, and Slowdowns: The Impacts of Public Transit on Traffic Congestion. *American Economic Review*, 104(9), 2763-2796. DOI: 10.1257/aer.104.9.2763.
- Başaran, Y. (2009). Dilovası Çanağı'nda Ozon Prekürsörü Olan NOx Dağılımlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 251524.
- Chen, Y., & Whalley, A. (2012). Green Infrastructure: The Effects of Urban Rail Transit on Air Quality. *American Economic Journal: Economic Policy*, 4(1), 58-97. DOI: 10.1257/pol.4.1.58
- Egede, P., Dettmer, T., Herrmann, C., Kara, S. (2015). Life Cycle Assessment of Electric Vehicles—A Framework to Consider Influencing Factors. *Procedia CIRP*, 29, 233-238.
- Ergün Yüksel, B., Çetin Doğruparmak, Ş., Pekey, B., & Pekey, H. (2024). Assessment of Environmental Odor Pollution Using a Dispersion Model in an Industrialized Urban Area of Kocaeli, Turkey. *CLEAN—Soil, Air, Water*, 52(5), 2300221.
- Franzò, S., Nasca, A. (2020). The Environmental Impact of Electric Vehicles: A Comparative LCA-Based Evaluation Framework and Its Application to The Italian Context. Fifteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies. Monte-Carlo, Monaco, 10-12 September 2020.
- Huang, S. K., Kuo, L., Chou, K. L. (2016). The Applicability of Marginal Abatement Cost Approach: A Comprehensive Review. *Journal of Cleaner Production*, 127, 59-71.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Mobile Combustion, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Jamshidi Kalajahi, M., Khazini, L., Rashidi, Y., Zeinali Heris, S. (2020). Development of Reduction Scenarios Based on Urban Emission Estimation and Dispersion of Exhaust Pollutants from Light Duty Public Transport: Case of Tabriz, Iran. *Emission Control Science and Technology*, 6, 86-104.
- Jin, T., & Fu, L. (2005). Application of GIS to Modified Models of Vehicle Emission Dispersion. *Atmospheric Environment*, 39(34), 6326-6333.
- Lazăr, D., Minea, A., Purcel, A. A. (2019). Pollution and Economic Growth: Evidence from Central and Eastern European countries. *Energy Economics*, 81, 1121-1131
- Martins, N. R., & Da Graca, G. C. (2018). Impact of PM2.5 in Indoor Urban Environments: A review. *Sustainable Cities and Society*, 42, 259-275.
- Pan, L., Yao, E., Yang, Y. (2016). Impact Analysis of Traffic-Related Air Pollution Based on Real-Time Traffic and Basic Meteorological Information. *Journal of Environmental Management*, 183, 510-520. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.09.010
- Piracha, A., & Chaudhary, M. T. (2022). Urban Air Pollution, Urban Heat Island and Human Health: A Review of the Literature. *Sustainability*, 14(15), 9234.
- Schwartz, S. E. (2022). The Greenhouse Effect and Climate Change. *American Journal of Physics*, 86(9), 645-656. DOI: 10.1002/essoar.81ea1b43594141c6.558e238c20a84445.1
- WHO/UNEP, E. (1992). *Urban Air Pollution in Megacities of the World* (1st ed.). Oxford: Blackwell Reference
- URL-1: <https://unfccc.int/>
- URL-2: <https://unfccc.int/most-requested/key-aspects-of-the-paris-agreement>
- URL-3: <https://eur-lex.europa.eu>
- URL-4: <https://data.tuik.gov.tr>
- URL-5: <http://www.kgm.gov.tr>
- URL-6: <https://earth.google.com/>
- URL-7: <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Workspace>
- URL-8: <https://www.mevzuat.gov.tr/>
- URL-9: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/who-global-air-quality-guidelines>
- URL-10: <https://www.eea.europa.eu>
- URL-11: <https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Menu/24/Demografik-Yapi>
- URL-12: <http://www.kocaeli.gov.tr/kocaeli-ekonomisinde-sa-nayinin-yeri>
- URL-13: <https://sim.csb.gov.tr>
- URL-14: <https://mthmm.csb.gov.tr/hava-kalitesi-olcum-istasyonlarımız-i-85693>

Kentsel Ulaşımında Çevre Dostu Yerel Çözümler

Environmentally Friendly Local Solutions in Urban Transportation

Araş. Gör. İcran ÖZBEK

İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, İstanbul, Türkiye
ozbek19@itu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-8396-7900

Doç. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, İstanbul, Türkiye
pakoz@itu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-3992-7781

Öz

Günümüz kentleri, artan nüfus yoğunluğuna karşı yetersiz kalan altyapı nedeniyle trafik sıkışıklığı, gürültü kirliliği, zaman kaybı, düşük yaşam kalitesi, çevresel bozulma ve düşük enerji verimliliği gibi ulaşım kaynaklı problemlerle karşı karşıyadır. Bu problemler, teknik altyapının ötesinde sosyal, çevresel, ekonomik ve yönetsel etkileri olan karmaşık bir kentsel meydan okuma olarak karşımıza çıkar. Kentlerin kültürel değerlerine, coğrafi koşullarına ve sosyo-ekonomik yapısına bağlı olarak farklılaşan ulaşım problemleri, yerel bağlama özgü çözümlerin formüle edilmesini gerektirir. Ayrıca, küresel bir endişe konusu olan iklim değişikliği nedeniyle, diğer birçok disiplinde olduğu gibi, ulaşım alanında da çevresel kaygılar ön plandadır; bu da ulaşım ile ilgili problemlerin giderilmesinde çevre dostu çözümleri kaçınılmaz kılar. Dolayısıyla ulaşım sorunlarının hem yerel dinamikler hem de çevresel kaygılar göz önünde bulundurulurken ele alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, temel ulaşım ihtiyaçlarının yerel dinamiklere göre sınıflandırılması ve bu sınıflandırmaya göre geliştirilecek çözüm önerilerinin çevresel kaygılar doğrultusunda değerlendirilmesi etkili bir strateji olarak önem kazanır. Bu anlayış doğrultusunda, çalışma kapsamında, yerel özellikler ve çevre duyarlılığı esas alınarak bir dizi örnek analiz edilmiş ve bunların sınıflandırılması sağlanmıştır. Bunun yanı sıra, çevre dostu çözümlerde yerelliğin önemini somut dayanaklarla ortaya koymak için seçilen “elektrikli otobüs”, “Metrocable teleferik sistemi” ve “elektrikli rıkşa” uygulama örnekleri detaylı incelenerek kapsamlı bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kentsel ulaşım, Çevre Dostu Ulaşım, Yerel Dinamikler, Elektrikli Otobüs, Metrocable, Elektrikli Rıkşa.

Abstract

Today's cities face transportation-related problems such as traffic congestion, noise pollution, low quality of life, environmental degradation, and energy inefficiency due to inadequate infrastructure against increasing population density. These problems emerge as a complex urban challenge with social, environmental, economic, and administrative effects beyond the technical infrastructure. Transportation problems, which differ depending on the cultural values, geographical conditions, and socio-economic structure of cities, require the formulation of solutions specific to the local context. In addition, due to climate change, a significant topic on the global agenda, environmental concerns are at the forefront in the domain of transportation, as in many other disciplines; this makes environmentally friendly solutions inevitable in eliminating transportation-related problems. Therefore, transportation problems should be addressed by considering both local dynamics and environmental concerns. In this context, classifying basic transportation needs according to local dynamics and evaluating solution proposals to be developed according to this classification in line with environmental concerns gains importance as an effective strategy. In line with this understanding, a series of samples were analyzed and classified based on local characteristics and environmental sensitivity within the scope of the study. In addition, to demonstrate the importance of locality in environmentally friendly solutions with concrete foundations, the selected “electric bus”, “Metrocable system” and “electric rickshaw” application examples were examined in detail and subjected to a comprehensive evaluation.

Keywords: Urban Transportation, Environmentally Friendly Transportation, Local Dynamics, Electric Bus, Metrocable, Electric Rickshaw.

1. Giriş

Kentler, insanlık tarihinin en önemli yaşam alanları olarak ekonomik, sosyal ve mekânsal işleyişi destekleyen karmaşık sistemlerdir. Bu sistemlerin temel unsurlarından biri olan ulaşım, kentlerin işleyişini mümkün kılmakla birlikte, çağımızın büyük zorluklarından bazılarını da beraberinde getirmektedir. Artan nüfus yoğunluğu, genişleyen kentsel alanlar ve çevresel baskılar, özellikle kentsel ulaşım alanında, yeni ve yenilikçi çözümlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Günümüz kentleri, trafik sıkışıklığı, gürültü kirliliği, hava kirliliği, zaman kaybı ve düşük yaşam kalitesi gibi ulaşım kaynaklı olumsuzluklarla mücadele etmektedir. Bu olumsuzluklar sadece teknik altyapıya dayalı bir sorun olmayıp, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve çevresel etkiler içeren karmaşık bir meydan okuma niteliğindedir.

Kentsel ulaşımın karmaşık yapısı, kentlerin mekânsal organizasyonları, nüfus yoğunluğu ve ulaşım talepleri ile doğrudan ilişkilidir. Ulaşımın sadece fiziksel hareketliliği sağlamaktan öte, ekonomik faaliyetlerin ve sosyal etkileşimlerin sürdürülmesine olanak tanıyan bir altyapı olduğu düşünüldüğünde, bu sistemin sürdürülebilir bir yapıya kavuşturulması kritik bir öneme sahiptir. Ancak, ulaşım sistemlerinin çevresel etkileri dikkate alındığında, mevcut uygulamaların yenilenebilir enerji kullanımı ve çevre dostu teknolojilerle dönüştürülmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Özellikle iklim değişikliği ve doğal kaynakların tükenmesi gibi küresel sorunlar, ulaşım sistemlerinin çevresel etkilerinin yönetilmesini ve azaltılmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Kentsel ulaşımın çevresel etkileri, genellikle su kirliliği, hava kirliliği, arazi bozulması ve sera gazı emisyonları gibi çeşitli boyutlarda kendini göstermektedir. Bunun yanı sıra, trafik sıkışıklığı ve gürültü kirliliği gibi yerel düzeydeki etkiler de kent sakinlerinin yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu sorunların çözümünde, sadece küresel ölçekte kabul görmüş çevre dostu uygulamalara yönelmek yeterli değildir; aynı zamanda yerel dinamiklere uygun, kültürel, coğrafi ve sosyoekonomik bağlama duyarlı çözümler geliştirmek gereklidir. Bu bağlamda, elektrikli otobüsler, teleferik sistemleri ve elektrikli rıkkşalar gibi yerel bağlamda uygulanan yenilikçi örnekler, çevre dostu ulaşımın somut göstergeleri olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada, kentsel ulaşımın çevresel etkilerine karşı geliştirilen yerel çözümler ele alınmış ve bu çözümler çevresel duyarlılık ile yerel bağlama uygunluk kriterlerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma, farklı kentlerden seçilen uygulamaları değerlendirerek, ulaşımında yerel dinamiklerin ve çevreci yaklaşımların nasıl başarılı bir şekilde birleştirilebileceğini göstermeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, hem teorik hem de uygulamalı bir bakış açısı sunarak, kentsel ulaşımında sürdürülebilir ve çevre dostu çözümlerin geliştirilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2. Kentsel Ulaşım ve Çevre İlişkisi

Kentlerin ekonomik, sosyal ve mekânsal işleyişini temel bir unsur olarak destekleyen ulaşım, coğrafi engelleri aşım bölgeler ve insanlar arasında bağlantılar kurar, ekonomik faaliyetleri güçlendirir ve küresel entegrasyonu mümkün kılar (Rodrigue, Comtois ve Slack, 2020). Banister ve diğerleri (2011), yaratmış olduğu bu büyük değer dolayısıyla ulaşım sektörünü toplumun dolaşım sistemi olarak tanımlanmaktadır ve küresel entegrasyon etkisi dolayısıyla da ulaşımın gezegeni daraltan cezbedici bir etkiye sahip olduğunu ifade etmektedir. Ulaşım, bu işlevsellik doğrultusunda kentsel ölçekte ele alındığında, kentsel ulaşım sisteminin oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğu açıkça görülmektedir. Bu karmaşık yapı; kent içi ulaşım ağlarının çeşitliliğinden, farklı ulaşım türlerinin entegre bir şekilde kullanılmasından, çok sayıda başlangıç

ve varış noktasının varlığından ve trafikte yer alan araç türlerinin çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır (Banister ve diğerleri, 2011). Başka bir söylemle, bir kentteki tüm ulaşım unsurlarının işlevsel bir sistem kapsamında ele alınması olarak ifade edilen kentsel ulaşım, farklı parçaların bir arada çalıştığı karmaşık ve dinamik bir bütün olarak görülmektedir. Bu dinamik yapı, kentsel ulaşımı sadece bir yer değiştirme aracı kılmaktan öte kentlerin ekonomik, sosyal ve kültürel işleyişini destekleyen hayati bir sistem haline getirmektedir. Temelde yolcu taşımacılığına odaklanmakla birlikte, kentsel ulaşım, kentlerin üretim, tüketim ve dağıtım süreçlerini destekleyen yük taşımacılığında da önemli bir işlev görür (Rodrigue, 2024). Yani hem yolcu hem de yük hareketlerini destekleyen ulaşım, kentlerin karmaşık doğasına uyum sağlayacak şekilde oluşturulmuş bir sistemdir.

Kentsel ulaşım insanlık tarihi boyunca nüfus yoğunluğu, kent makroformu ve mekânsal organizasyonla doğrudan ilişkili olarak gelişme göstermiştir. Ulaşım ihtiyacı ilk dönemlerde genellikle yürümeyle karşılandığından kentler, yürüme mesafeleri doğrultusunda tasarlanmıştır; kompakt ve yoğun bir yapıya sahip karma kullanımlı alanlar olarak gelişme göstermiştir (Marshall'den aktaran Lee ve Bencekri, 2020). Tekerleğin icadı ve motorlu araçların ortaya çıkışı bu süreci köklü bir şekilde değiştirmiş, sınırlı olan kompakt kentler bu araçların yaygın kullanımıyla genişlemeye başlamıştır (Banister ve diğerleri, 2011). Sanayi devrimi sonrası üretilen yeni ulaşım araçları (özellikle raylı sistemler) ve hızla artan kentsel nüfus toplu taşıma sisteminin gelişimine zemin hazırlamıştır ve bu durum da kentsel makroformun hızla yayılmasını kaçınılmaz kılmıştır. 20. yüzyılın ortalarında otomobilin yaygınlaşmasıyla birlikte, düşük yoğunluklu banliyöleşme ve kentsel yayılma süreçleri hız kazanıp kentler çok merkezli bir yapıya dönüşmüştür, bu durum kentsel ulaşım alt yapısının gelişmesini zorunlu kılmıştır (Rodrigue, 2024). Bu süreçte ulaşım sistemleri; kentsel nüfusun yerleşim, çalışma, eğitim ve sosyal alanlarındaki temel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik şekillenmiş ve genişlemiştir. Sonuç olarak, Rodrigue (2024) tarafından da belirtildiği üzere kentsel ulaşım sistemleri, günümüzde hâlâ nüfus hareketlerini ve ekonomik faaliyetlerin dağılımını belirleyen temel faktörlerden biri olmaya devam etmektedir ve geçmişteki ulaşım altyapısı ise modern kentlerin mekânsal düzenine yön vermektedir.

Kentsel ulaşım sistemini diğer ulaşım sistemlerinden (kırsal, bölgesel, ulusal vb.) ayıran en belirgin özelliği, ulaşımın kısıtlı bir alandaki insan faaliyetleri etrafında yoğunlaşmasıdır (Loo, 2009). Ulaşım, kentlerin temel ihtiyaçlarını karşılama noktasında olumlu bir etkiye sahip olsa da Loo (2009) tarafından ifade edilen bu özelliği dolayısıyla bir takım problemleri de beraberinde getirmektedir. Bunun temel nedeni ise sınırlı bir alanda yüksek nüfus yoğunluğunun oluşması ve buna bağlı olarak ulaşım ve altyapı taleplerinin artmasıdır. Bu taleplerin etkin bir şekilde karşılanmaması noktasında yüksek nüfus artışı ve sınırlı altyapı nedeniyle kentsel ulaşım, farklı boyutlarda bir dizi olumsuz

dışsallığı içeren (Tablo I) bir faaliyet alanı olarak gündeme gelmektedir (Banister ve diğerleri, 2011; Zietsman ve Rilett, 2002).

Modellemede 2018 yılına ait meteoroloji dosyası kullanılmış olup, saatlik ham yüzey gözlemleri (Kocaeli istasyon numarası: 17066) ve ham üst hava verileri (Kartal istasyon numarası: 17062) Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sistemi (MEVBİS) veri tabanından temin edilmiştir (URL-7). Temin edilen saatlik bazda yıllık meteorolojik veri dosyası, AERMET ön işlemci programı ile işlenmiş ve kullanılmıştır. Çalışma alanı için 2018 verilerine ilişkin rüzgârgülü Şekil 2'de verilmiştir. Gerekli arazi yükselteleri ise, AERMAP ön işlemcisi içinde yer alan WebGIS modülü ile programa girilmiştir. Emisyon verisi olarak ise, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı trafik ve ulaşım bilgilerinden otoyollardaki ve devlet yollarındaki araç sayılarına ilişkin veriler esas alınarak "EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023" isimli veri tabanında yer alan Tier 1 emisyon faktörleri ile hesaplanan NOX, PM10, CO, NMVOC, CO2 ve SO2 kirleticilerine ilişkin emisyon verileri kullanılmıştır (URL-5). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 verilerine göre Aralık ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı 13 milyon 706 bin 65 adet otomobilin %37,6'sı dizel, %35,9'u LPG ve %25,5'i benzin yakıtlıdır (URL-4). Hesaplamalarda bu oranlar göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma kapsamında, öncelikle mevcut durum değerlendirilmiş daha sonra yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacak araç sayılarına ve türlerine bağlı olarak farklı senaryolar oluşturulmuştur. D130 devlet yollarında günde ortalama 171.230 otomobil, 19.294 orta yüklü ticari taşıt, 1.858 dizel otobüs 11.066 kamyon ve 14.905 tır geçmektedir (URL-5). S1: D-130'da seyreden araçların %20'sinin Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği, S2: D-130'da seyreden araçların %30'unun Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği, S3: D-130'da seyreden araçların %35'inin Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği varsayımları üzerine kurulmuştur. Bu senaryolara göre D-130 ve yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'nda seyredecek araç sayıları tekrar hesaplanmıştır.

Tablo I: Ulaşım ile İlgili Olumsuz Dışsallıklar (Miller ve diğerleri, 2016; Zietsman ve Rilett, 2002).

ÇEVRESEL	SOSYAL	EKONOMİK
Su kirliliği	Eşitlik/adalet	Tıkanıklık
Hava kirliliği	Ödenebilirlik	Trafik kazaları
Gürültü kirliliği	Yaşam kalitesi	Enerji kullanımı
Kentsel yayılma	Sosyal bozulma	Kaynak tüketimi
Arazi kullanımı	İnsan sağlığına etkileri	Hareket Engelleri
Atık imha sorunları	Görüntü kirliliği ve estetik	Altyapı maliyetleri
Küresel iklim değişikliği	Dezavantajlı hareketlilik üzerindeki etkiler	Tüketici maliyetleri
Habitat ve ekolojik bozulma		Erişilebilirlik kalitesi
Yenilenemeyen kaynakların tükenmesi		

Tablo I'den de okunduğu üzere ulaşımın sosyal, ekonomik ve çevresel alanlardaki olumsuz etkileri; yerelle sınırlı kalmayıp küresel boyutta da kritik gündem konularıyla (iklim değışikliği gibi) kendini göstermektedir. Enerji tasarrufu ve çevre koruma konularında dünya çapındaki gelişmeler dikkate alındığında kentsel ulaşımın enerji tüketimi ve hava kirlileti emisyonları açısından da öncü bir sektör olması nedeniyle ulaşımın çevreyle birlikte ele alınması konusu giderek daha önemli ve gerekli hale gelmektedir (Han, Bhandari ve Hayashi, 2010). Rodrigue (2024); hızla büyüyen ulaşım sisteminin özellikle enerji tüketimi, hava kirliliği, sera gazı emisyonları, gürültü kirliliği ve arazi kullanımı gibi faktörler açısından hem yerel hem de küresel ölçekte çevresel yükü artırdığını ifade etmektedir. Ulaşımındaki fosil yakıt tüketimine dayalı enerji ihtiyacı, yalnızca yenilenebilir kaynakların tükenmesine yol açmakla kalmayıp, aynı zamanda ciddi hava kirliliği sorunlarına da neden olmaktadır. Bu emisyonlar, insan sağlığını tehdit ederken ekosistem üzerinde zararlı etkiler oluşturur ve sera gazlarının artışıyla iklim değışikliğini hızlandırır. İklim değışikliği ve hava kirliliği gibi küresel sorunlar, trafik sıkışıklığı, gürültü kirliliği gibi daha yerel düzeydeki olumsuz etkilerle birleşerek yaşam kalitesini ciddi şekilde düşürür. Ayrıca, yol ve altyapı projeleri, doğal alanları yok edip habitat kayıplarına ve biyoçeşitlilikte azalmaya neden olarak ekolojik dengeleri bozmaktadır.

Sonuç olarak, ulaşım modern kentsel yaşamın önemli bir parçası olarak kabul görülse de ulaşımın çevre üzerindeki olumsuz etkisi insan yaşamını tehdit eden küresel bir sorun haline gelmiştir ve bu soruna karşı çevre dostu ulaşım çözümlerinin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi, toplu taşıma sistemlerinin güçlendirilmesi, motorsuz araç kullanımı ve çevre dostu teknolojilere yapılan yatırımlar bu ihtiyacı gidermek adına hayati önem taşımaktadır (Amin ve Vyas, 2016). Bu tür yaklaşımlar hem ekonomik hem de sosyal faydalar sağlarken ulaşımdan kaynaklı zararları en aza indirir ve ulaşımın çevresel etkileri arasındaki karmaşık ilişkileri daha iyi yönetmeyi mümkün kılar. Çalışmanın bir sonraki bölümünde kentsel ulaşımında bu çevreci yaklaşımlara dair (yerel

çözüm örneklerine dayalı) detaylı bilgilere yer verilmektedir.

3. Çevre Dostu Yerel Ulaşım Yaklaşımları

Toplum ve ekonomi için hayati öneme sahip olan ulaşım, pek çok olumsuz dışsalılığı bünyesinde barındırır. Bu olumsuz dışsallıkların etkisini ortadan kaldırmak için etkin politikaların geliştirilmesiyle birlikte bilhassa teknolojik yeniliklerin hayata geçirilip benimsenmesi büyük önem arz eder (Banister ve diğerleri, 2011). Elbette, yenilik yalnızca teknolojik bir gelişme değil, aynı zamanda toplumun ihtiyaçları, normları ve değerleriyle şekillenen bir süreçtir (Singh, Mishra ve Tripathi, 2021). Yani, yerel kültürel ve toplumsal değerleri yansıtır destekleyerek yenilikleri hayata geçirmenin gerekliliği dikkate değerdir çünkü ancak bu şekilde yeniliğin kabulü artırılır ve daha bütüncül, etkin bir çözüm elde edilir. Dolayısıyla, ulaşımında yenilikçi yaklaşımları yerel dinamiklerinden bağımsız hayata geçirmek, beklenmedik sonuçların ortaya çıkmasını kaçınılmaz kılar. Bu nedenle, yerel dinamiklere dayalı analiz yapma yaklaşımıyla kentsel ulaşım problemlerine yönelik çözümleri ortaya koymak elzemdir (Paköz ve Yedekçi Arslan, 2015). Etkin bir analiz yöntemi, net tanımlanmış bir veya birden fazla temel ulaşım problemini ve yerel özellikler temelinde sağlanmış bir sınıflandırmayı gerektirir. Bu sınıflandırma yapılırken hem kentlerin kendilerine özgü özelliklerinin hem de çevreci yaklaşımlar adına öne çıkan kentsel ulaşım alanlarının birlikte ele alınması önemlidir çünkü bu iki ana başlık ulaşım projelerinin tasarlanmasında ve uygulanmasında temel belirleyici faktör olarak rol oynar. Bu bağlamda sağlanan bir sınıflandırma; ulaşım sorunlarını çözmekle birlikte kaynakların verimli kullanılmasını, önerilen çevreci uygulamaların kolaylıkla benimsenmesini, geleceğe yönelik bütüncül stratejilerin geliştirilmesini ve çözüm modellerinin küresel ölçekte yaygınlaşmasını mümkün kılar. Belirtilen bu çerçevede, ulaşımında yerele uygun çevreci çözümlerin tespiti kolaylaştırmak amacıyla, OpenAI'nin ChatGPT modeli aracılığıyla derlenen birçok farklı ulaşım örneği değerlendirilerek bir sınıflandırma yapılmıştır (Tablo II).

Tablo II: Ulaşımında Çevre Dostu Yerel Çözüm Örneklerinin Sınıflandırılması (Derleme ve sınıflama: OpenAI ChatGPT. (2025); Detaylandırma ve Doğrulama: (World Bank, 2024; Ardila-Gomez ve diğerleri, 2024; UN Habitat, 2013; Gehl, 2010 ve Kurumsal Web Siteleri).

Çözüm Kategorileri	Çözüm Örnekleri	Yerel Etkileri
Kentsel Yoğunluğa ve Nüfusa Göre Çözümler	Yüksek Nüfus Yoğunluklu Alanlar (Mega Kentler)	
	Sorun: Trafik sıkışıklığı, toplu taşıma yetersizliği, hava kirliliği	
	Bogotá, Kolombiya: TransMilenio (BRT)	Trafik sıkışıklığını azalttı ve toplu taşımaya erişimi artırdı. Ancak yoğun saatlerde kapasite sorunları devam ediyor.
	Shenzhen, Çin: Elektrikli Toplu Taşıma Filosu	Kent, karbon emisyonlarını ve hava kirliliğini büyük ölçüde azaltarak çevre dostu bir ulaşım ağı oluşturdu.
	Mexico City, Meksika: Metrobüs ve Ecobici	Metrobüs, trafik sıkışıklığını hafifletti. Ecobici, bisiklet kullanımını artırarak çevre dostu ulaşımına katkı sağladı.
	Tokyo, Japonya: Enerji verimli metro sistemleri	Yoğun metro ağı, trafik sorunlarını azaltıp kentlerde ulaşımı hızlandırdı.
	San Francisco, ABD: Bay Area Rapid Transit (BART)	Banliyöleri kent merkezine bağlayarak özel araç kullanımını azalttı. Ancak eskiyen altyapı eleştiriliyor.
	Delhi, Hindistan: Elektrikli rikşalar (E-rikşa)	Toplu taşıma araçlarını destekledi, mahalle içi hareketliliği artırdı ve kent içi entegrasyonu kolaylaştırır.
	Düşük Nüfus Yoğunluklu veya Orta Ölçekli Kentler	
	Sorun: Yetersiz toplu taşıma ağı, özel araç bağımlılığı	
Ljubljana, Slovenya: Araçsız tarihi merkez	Araç trafiğinden arındırılmış tarihi merkez, yaya hareketliliğini artırdı.	
Reykjavik, İzlanda: Jeotermal altyapı	Kış aylarında jeotermal enerjiyle yolların açık tutulması sağlandı.	
Vancouver, Kanada: SkyTrain (hafif raylı sistem)	Sürücüsüz raylı sistem, kent içi hareketliliği artırdı.	
Coğrafi ve Fiziksel Dinamiklere Göre Çözümler	Dağlık ve Engebeli Kentler	
	Sorun: Dik yokuşlar, zorlu arazi koşulları	
	Medellín, Kolombiya: Metrocable teleferik sistemi	Dağlık alanlarda yoksul mahalleleri kent merkezine bağlayarak sosyal eşitsizlikleri azalttı.
	Innsbruck, Avusturya: Dağ teleferikleri	Dağlık bölgelerde turizmi canlandırdı ve yerel ulaşımı kolaylaştırdı.
	Kıyı ve Su Kenarı Kentler	
	Sorun: Su yollarının kullanılamaması, kara yollarında trafik yoğunluğu	
	Venedik, İtalya: Vaporetto ve su taksileri	Tarihi dokuyu koruyarak su yollarının ulaşımında kullanılmasını sağladı.
	Hamburg, Almanya: Su taşımacılığı	Su yollarını entegre ederek kara trafiğini azalttı.
	Ekstrem İklimli Kentler	
	Sorun: Hava koşulları nedeniyle ulaşımında aksamalar.	
Tromsø, Norveç: Kış altyapısı	Kar ve buz sorunlarına karşı yolların daha güvenli hale getirilmesini sağladı.	
Phoenix, ABD: Güneş enerjili yollar	Güneş enerjisiyle yolların ışıklandırılması karbon salınımını azalttı.	
Reykjavik, İzlanda: Jeotermal ısıtılmalı yollar	Doğal enerji kullanımıyla kış şartlarında kent içi ulaşımı destekledi.	
Ekonomik Seviyeye Göre Çözümler	Düşük Gelirli Bölgeler	
	Sorun: Toplu taşıma erişiminin düşük olması, özel araçların pahalı olması	
	Dakar, Senegal: Car Rapide minibüsler	Ekonomik ulaşım sağladı ancak çevre kirliliğine neden oluyor.
	Nairobi, Kenya: Matatu minibüs kültürü	Esnek ulaşım çözümü sundu fakat düzensizlik trafik sorunlarına yol açtı.
	Kampala, Uganda: Boda-Boda motor taksiler	Uygun fiyatlı ve hızlı bir alternatif, ancak güvenlik sorunları mevcut.
Delhi, Hindistan: Elektrikli rikşalar (E-rikşa)	İlk-son mil problemine ekonomik bir çözüm sağladı ama düzensizliğe ve trafik sorunlarına yol açtı.	

Çözüm Kategorileri	Çözüm Örnekleri	Yerel Etkileri
Ekonomik Seviyeye Göre Çözümler	Orta ve Yüksek Gelirli Bölgeler Sorun: Araç bağımlılığı, trafik sıkışıklığı	
	Singapore: Elektronik yol ücreti (ERP)	Trafik yoğunluğunu azalttı, ancak yüksek maliyetli olduğu için eleştirildi.
	Oslo, Norveç: Elektrikli araç altyapısı	Elektrikli araçlara geçişi hızlandırıp karbon emisyonlarını azalttı.
	Masdar City, BAE: Otonom elektrikli araçlar	Karbon nötr hedefler için çevreci bir model sunuyor.
Tarihi ve Kültürel Dokuyu Korumaya Yönelik Çözümler	Tarihi Kent Merkezleri Sorun: Tarihi yapılar nedeniyle modern altyapıların uygulanmasındaki sınırlamalar	
	Ljubljana, Slovenya: Araçsız tarihi merkez	Tarihi doku korunarak yaya alanları oluşturuldu.
	Kyoto, Japonya: Sessiz tramvaylar	Tarihi bölgelerde gürültü kirliliğini azalttı.
	Venedik, İtalya: Tarihi dokuya uygun su taşımacılığı	Tarihi dokuyu koruyarak kent içi ulaşımı destekledi.
	Kültürel Uyum ve Katılım Sorun: Ulaşım projelerinin yerel kültürle çatışması	
	Auckland, Yeni Zelanda: Maori kültürüne uygun yaya alanları	Kültüre saygı duyularak toplumsal kabul artırdı.
	Bogotá, Kolombiya: Ciclovía (Araçsız günler)	Araçsız günler sosyal etkileşimi artırdı.
Christchurch, Yeni Zelanda: Deprem sonrası yayalaştırma	Depremden sonra kent merkezinde yaya dostu bir alan yaratıldı.	
Toplu Taşıma Çözümleri	Yüksek Kapasiteli Sistemler Sorun: Büyük kentlerde yüksek yolcu talebi	
	Bogotá, Kolombiya: TransMilenio (BRT)	Trafik sıkışıklığını azalttı ve daha az bireysel araç kullanımıyla karbon ayak izini küçülttü.
	Tokyo, Japonya: Yoğun metro ağı	Trafik sıkışıklığını azalttı ve entegre çalışma sistemiyle ulaşımında kesintisiz bir akış yarattı.
	Düşük Kapasiteli veya Esnek Sistemler Sorun: Orta ölçekli kentlerdeki talebin karşılanamaması	
	Vancouver, Kanada: SkyTrain	Banliyölerden kent merkezine bireysel araç kullanımını azaltarak trafik yoğunluğunu ve yakıt tüketimini azalttı.
	Addis Ababa, Etiyopya: Hafif raylı sistem	Düşük gelirli kullanıcılar için ekonomik ulaşım sağladı. Trafik sıkışıklığını ve hava kirliliğini minimize etti.
Mikro Hareketlilik ve Yaya Çözümleri	Bisiklet ve Scooter Çözümleri Sorun: Kısa mesafelerde çevreci ve pratik ulaşım eksikliği.	
	Montreal, Kanada: BIXI Bisiklet Paylaşım Sistemi	Kısa mesafelerde çevreci bir ulaşım alternatifi sundu.
	Copenhagen, Danimarka: Supercykelstier (Bisiklet otoyolları)	Kentte bisiklet kullanımını artırarak karbon salınımını düşürdü.
	Mexico City, Meksika: Ecobici bisiklet paylaşım sistemi	Kent içi bisiklet kullanımını artırarak toplu taşımayla entegrasyonu destekledi.
	Yayalaştırma ve Yaya Öncelikli Bölgeler Sorun: Araç trafiğinin yaya alanlarına zarar vermesi	
	Ljubljana, Slovenya: Araçsız tarihi merkez	Tarihi doku korunarak yaya hareketliliği artırıldı.
	Portland, ABD: Yaya dostu mahalleler	Araç bağımlılığını azaltarak yaya ve bisiklet kullanımını teşvik etti.
	Christchurch, Yeni Zelanda: Yaya odaklı yeniden planlama	Afet sonrası kent merkezinde yaya dostu bir altyapı oluşturuldu

Çözüm Kategorileri	Çözüm Örnekleri	Yerel Etkileri
Teknoloji ve Yenilik Odaklı Çözümler	Akıllı Trafik Yönetimi Sorun: Trafik sıkışıklığı ve zaman kaybı	
	Singapur: Elektronik yol ücreti (ERP)	Trafik akışını optimize etti, ancak sistemin maliyeti eleştirilere yol açtı.
	Quebec, Kanada: Akıllı trafik ışıkları	Trafik yoğunluğunu azaltarak verimliliği artırdı.
	Tokyo, Japonya: Enerji verimli trenler	Yüksek enerji tasarrufu sağlayan trenler trafik sorunlarını ve karbon salınımını azalttı.
	Yenilenebilir Enerji Çözümleri Sorun: Fosil yakıt tüketimi ve karbon emisyonları	
	Phoenix, ABD: SolarPath-Güneş enerjili yollar	Güneş enerjisi kullanımı karbon emisyonlarını azalttı.
	Reykjavik, İzlanda: Jeotermal enerjiyle ısıtılmalı yollar	Çevreci ve sürdürülebilir bir altyapı modeli sundu.

Tablo II'den de anlaşıldığı üzere, farklı kategorilerde, özgün ihtiyaçlara dayalı pek çok çevreci ulaşım örneği vardır. Her ne kadar farklı başlıklar altında ele alınıp kategorize edilmiş olsalar da aslında tüm bu uygulama örnekleri çevre dostu yerel çözümler üretme hedefi doğrultusunda ortak bir paydada buluşurlar. Yerel dinamikler bağlamında kentsel yoğunluk ve nüfus, coğrafi özellikler, ekonomik durum, kentsel doku ve kültürel yapı; öne çıkan çevreci yerel ulaşım yaklaşımları bağlamında teknoloji, toplu taşıma sistemi ve mikro hareketlilik bu yapılandırılmış sınıflandırmanın temel belirleyici etkenleri olarak öne çıkar. Sıkı bir ilişki içerisinde olan bu etkenler aynı zamanda birbirini tamamlar niteliktedir.

4. Örnek Uygulamalar

Artan motorize araç talebi, yetersiz ulaşım altyapısıyla birleşerek sürdürülebilir çözümler gerektiren kritik çevresel problemlere neden olmuştur (Han ve diğerleri, 2010). Bu problemlere çevreci bir çözüm sunmak için motorlu bireysel araç kullanımının azaltılması ve toplu taşıma kullanımının teşvik edilmesi gerekir, bununla birlikte toplu taşıma filolarının çevresel etkilerle uyumlu olacak şekilde yenilenmesi de önem arz eder (Pejšová, 2014; Sinha, 2003). Ayrıca, mikro hareketlilik ihtiyaçları karşılanmadığı sürece sürdürülebilir kentsel bir ulaşım sisteminin tasarlanması neredeyse imkansız, bu nedenle toplu taşıma ve mikro hareketliliği birlikte değerlendirmek gerekir (Mohan ve Tiwari, 1999). Sonuç olarak, sürdürülebilir yerel ulaşımın sağlanmasında toplu taşıma, mikro hareketlilik ve teknolojik yenilikler birbirinin tamamlayıcısı olarak kilit rol üstlenirler. Bu nedenle, çalışma kapsamında çevresel ulaşım çözümleri adına detaylı inceleme yapmak için nüfus, yoğunluk, coğrafi özellik, ekonomik durum, kentsel doku ve kültürel yapı gibi yerel dinamiklerle birlikte toplu taşıma, mikro hareketlilik ve çağımızın vazgeçilmez aracı olan teknolojik yenilikler dikkate alınarak örnek uygulama seçimleri sağlanmıştır. Bu çerçevede, öncelikle farklı yerel dinamiklere sahip olan Shenzhen, Reykjavik, Medellín ve Delhi kentleri ele alınmış, akabinde bu dört kentin temel ulaşım problemlerine yönelik

geliştirdiği yerel uygulamalar incelenmiştir. Son olarak, temelde teknolojik yenilik göz önünde bulundurulacak şekilde toplu taşıma ve mikro hareketlilik ihtiyaçlarını karşılayan uygulama örnekleri belirlenmiştir: Toplu taşımada “elektrikli otobüs” ve “Metrocable teleferik sistemi”; mikro hareketlilikte ise “elektrikli riksâ”. Çevreci ulaşım yaklaşımlarında yerelliğin önemini somut dayanaklarla anlaşılır kılmak için çalışmanın bu bölümünde, tercih edilen örneklerin her biri kendi özelinde detaylı bir şekilde incelenip değerlendirilmiştir.

4.1. Elektrikli Otobüs (Shenzhen, Çin; Reykjavik, İzlanda)

Çağımızda, Elektrikli araçlar (EA), kentsel ulaşımın çevre üzerindeki yükünü azaltma bakımından kritik bir role sahiptir. Fosil yakıt kullanan araçların aksine, sıfır egzoz emisyonu sağladıkları ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalıştıkları için EA'lar (Şekil 1); sera gazı emisyonlarını büyük ölçüde azaltıp çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirgerler (Leeder, Jain, Wang ve Tvedt, 2021). Ayrıca, hava kalitesini yükseltme özelliğinin yanında enerji bağımlılığını azaltma potansiyelinin de varlığı, EA'ların sürdürülebilir gelecek hedeflerine ulaşma sürecinde temel bir araç olarak değerlendirilmesini kaçınılmaz kılmıştır. Bu bağlamda, toplu taşıma sektörünün elektrifikasyonu da çevreci ulaşım anlayışı sürecinde önemli bir rol üstlenir çünkü elektrikli otobüs, tramvay ve trolleybüs gibi toplu taşıma araçlarının yaygınlaştırılması, kentlerin karbon ayak izini büyük oranda azaltırken enerji verimliliğini de artırmaktadır (Leeder ve diğerleri, 2021). Özellikle elektrikli otobüslerin kullanımına dair istatistikler, bu araçların yüksek emisyon azaltma potansiyelinde olduğunu ve önemli çevresel faydalar sunduğunu ortaya koymuştur (The World Bank, 2021; Turoń ve Sierpiński, 2018). Elektrikli otobüsler, çevresel etkilerin ötesinde sosyal ve ekonomik boyutta da faydalar sağlar: Enerji verimliliğini artırır, gürültü kirliliğini azaltır, titreşimi azaltarak yolcu konforunu iyileştirir, daha düşük yakıt ve bakım maliyetleri sayesinde işletme giderlerini düşürür ve araçtan şebekeye uygulamalar sayesinde elektrik şebekesinin stabilizasyonuna katkı bulunur (Sclar ve diğerleri, 2020).



Şekil 1. Shenzhen'de En Sık Kullanılan BYD K8 Elektrikli Otobüs (The World Bank, 2021).

2009'dan beri emisyonları azaltma, otomotiv sektörünü güçlendirme ve petrol bağımlılığını azaltma hedeflerini destekleme noktasında ulaşımda elektrifikasyonu teşvik etmeye büyük önem veren Çin; özellikle toplu taşımada, hükümetin her düzeyinden gelen güçlü teşviklerle, 2019 yılı sonu itibarıyla otobüs filosunun %46,8'ini elektrikli hale getirmiştir (Bu oran 2013'te %0,33'tü) ve böylece bu alanda kapsamlı bir operasyonel deneyim kazanan ilk ülkelerden biri olmuştur (The World Bank, 2021). Dünyadaki elektrikli otobüslerin %99'unu kullanan Çin, bu deneyimi sayesinde teknolojinin etkin kullanımı, uygun politika üretimi, teknik altyapı sağlanması ve operasyonel tasarım gibi konularda diğer ülkeler için önemli bir rehber niteliğindedir (WRI, 2024). Dolayısıyla, elektrikli otobüs çözümünde başarılı bir örnek inceleme yapmak için Çin kentlerine yönelmek isabetli olacaktır. 2017 yılında, filosundaki 16,359 otobüsü elektrikli hale getiren Shenzhen, filosunun tamamı elektrikli otobüsten oluşan ilk kent olarak toplu taşıma elektrifikasyonunda öncü bir rol üstlenmektedir (The World Bank, 2021). Bu radikal dönüşümün dikkat çeken yönlerinden biri olarak özellikle sera gazı emisyonlarının azalması ön plana çıkmaktadır. Shenzhen'in elektrikli otobüs uygulaması toplu taşımada fosil yakıt tüketimini %95 oranında; Çin Ulusal Şebekesi'ndeki elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar hesaba katıldığında dahi, CO2 emisyonlarının %15-20 oranında azaltmıştır (Sclar ve diğerleri, 2020). Dünya Bankası (2021) verilerine göre:

- Elektrikli otobüs kaynaklı emisyon miktarının, klasik otobüs kaynaklı emisyon miktarının %52'sine denk gelmesi sonucu Shenzhen'de yıllık 194,000 ton karbondioksit emisyonunun önüne geçilmiştir;

- Bu süreçte karşılaşılan en temel zorluklar ise tartışmasız elektrikli otobüslerin yüksek başlangıç maliyetleri ve altyapı kısıtları olmuştur fakat kamu-özel iş birliğiyle; etkin politika ve teşvik mekanizmalarıyla bu durumun üstesinden gelinmiştir;
- Toplam maliyetin %60'ı ulusal ve yerel yönetimlerin sağladığı sübvansiyonlarla karşılanmıştır ve finansal kiralama modelleriyle bu maliyetler yıllık ödemelere bölünerek süreç etkin bir şekilde yönetilmiştir;
- Altyapı geliştirmede ise arazi tahsisi ve hızlı onay süreçlerinde önemli kolaylıklar sağlanarak kent bütününde 1,707 şarj istasyonu kurulmuş, hızlı şarj teknolojileri kullanılarak operasyonel verimlilik artırılmıştır ve böylece otobüslerin çalışma sürelerinin optimizasyonu sağlanmıştır.

Pek çok açıdan önemli faydalar sağlayan bu girişimin başarılı olmasında, şüphesiz, Çin hükümetinin yenilenebilir enerjiye verdiği öncelik ve Shenzhen'in sahip olduğu teknolojik altyapı kilit rol oynamıştır. Shenzhen; ekonomik ve politik destek avantajı, teknoloji geliştirme ve uygulama konusundaki altyapısı sayesinde başarı göstermiş olsa da elektrikli otobüs girişiminde bulunan tüm kentlerin aynı başarı düzeyini yakalama durumunun mümkün olmadığı da bir gerçektir. Bunun temel nedeni; elektrikli otobüs uygulama süreçlerinin doğasında var olan zorluklar ve kentlerin bu zorluklarla baş etme potansiyelinin farklılık göstermesidir. Konuya ilişkin güncel literatür ve 16 vaka çalışmasının incelendiği "Barriers to Adopting Electric Buses" adlı WRI (2019) raporuna göre adaptasyon sürecinde global ölçekte karşılaşılan temel zorluklar Tablo III'teki gibi üç kategoriye ele alınmaktadır.

Tablo III: Elektrikli Otobüs Uygulama Süreci Zorlukları (Sclar ve diğerlerinden (2019) Alınan Bilgiler Işığında düzenlenmiştir).

TEKNOLOJİK
Elektrikli otobüslerin şarj edilmesi için gerekli altyapı eksikliği önemli bir bariyer olarak tanımlanmaktadır. Uygulamanın yaygınlaşması için yeterli şarj istasyonlarına ihtiyaç vardır.
Hızlı şarj teknolojilerinin maliyeti yüksektir ve bunların yaygınlaştırılması zaman alabilir.
Şarj süreleri ve teknolojik standartların uyumsuzluğu, operasyonel sistemlerin etkili bir şekilde çalışmasını zorlaştırır.
Araçların menzili genellikle kent içi ulaşım için yeterli olsa da yoğun rotalar ve yüksek yolcu kapasiteleri, performansı olumsuz etkileyebilir.
Pil ömrünün ve şarj kapasitesinin sınırlı olması, otobüslerin günlük çalışma döngüsünü kısıtlayıp operasyonel planlamayı zorlaştırabilir.
FİNANSAL
Elektrikli otobüslerin satın alma maliyetleri, geleneksel otobüslere kıyasla 2-3 kat daha fazladır. Bu durum, özellikle düşük bütçeli belediyeler için caydırıcıdır.
Uzun vadede enerji ve bakım maliyetlerinin daha düşük olmasına rağmen, ilk yatırım maliyetleri büyük bir engel teşkil edebilir.
Kamu ve özel sektör, gerekli fonları sağlamakta zorlanabilir.
Finansal teşviklerin ve destek programlarının eksikliği adaptasyonu yavaşlatır.
Elektrikli otobüsler, yüksek maliyetlerine rağmen gelecekteki enerji fiyatlarının belirsizliğine bağlı olarak ekonomik riskler taşır.
Pil değişimi ve altyapı bakımı gibi masraflar uzun vadeli finansal planlamayı zorlaştırır.
KURUMSAL
Elektrikli otobüs geçişi, yalnızca araçların satın alınması değil aynı zamanda operasyonel süreçlerin yeniden düzenlenmesini gerektirir ancak bu konuda uzun vadeli stratejik planlama genellikle yetersizdir.
Toplu taşıma otoriteleri, elektrikli araçlara geçiş için gereken veri tabanlı analiz ve planlama süreçlerini uygulamakta zorlanabilir.
Elektrikli otobüslerin bakım ve yönetimi için uzmanlaşmış personel yetersizliği önemli bir engeldir.
Sürücüler ve teknik personel için yeterli eğitim programlarının olmaması, adaptasyon sürecini yavaşlatır.
Elektrikli otobüs adaptasyonu genellikle birçok kurum arasında koordinasyon gerektirir: toplu taşıma otoriteleri, enerji sağlayıcılar, yerel yönetimler ve üreticiler fakat bu paydaşlar arasındaki iş birliği genellikle yetersizdir.
Elektrikli otobüslerin yaygınlaşması için güçlü bir politik irade gereklidir ancak hükümet teşvikleri ve düzenlemeler geçişi desteklemek için genellikle yetersiz kalmaktadır.

Tablo III'teki bilgilere göre, elektrikli otobüslerin adaptasyon süreci; teknolojik, finansal ve kurumsal açıdan pek çok zorlukla karşı karşıyadır. Şarj altyapısının yetersizliği, hızlı şarj teknolojisinin yüksek maliyeti, pil ömrü ve menzil kısıtları operasyonel süreçleri zorlandırmaktadır. Ayrıca, elektrikli otobüslerin yüksek satın alma maliyetleri, kısıtlı teşvikler ve uzun vadeli maliyet planlaması, bu süreci önemli ölçüde yavaşlatmaktadır. Bunun yanı sıra, uzun vadeli stratejik planlama eksikliği, uzman personel yetersizliği ve paydaşlar arasındaki iş birliğinin zayıflığı da bu sürecin önündeki önemli kurumsal engelleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla, elektrikli otobüslerin benimsenmesi, çoğu kentte yavaş ve dengesiz bir şekilde ilerlemektedir: Dünya genelinde, mevcut durumda, belediye otobüslerinin yalnızca %17'si elektrikli olup (ki bunları çoğu Çin'dedir) en iyimser tahminlerde bile 2040 yılına kadar bu oranın %70'in altında kalacağı öngörülmektedir (Sclar

ve diğerleri, 2020).

Her kentin zorluklarla baş etme potansiyeli, o kentin yerel dinamikleri doğrultusunda farklılık gösterir. Bu durumu daha net anlayabilmek için toplu taşıma filosunu tamamen elektrikli hale getiren Shenzhen ve Reykjavik örneğini karşılaştırmalı ele almak faydalı olacaktır. Shenzhen, elektrikli otobüs filosuyla küresel ölçekte göz ardı edilmeyen çevresel bir etki yaratarak dünya çapında dikkat çeken bir dönüşüm gerçekleştirmiştir. Reykjavik ise bu alanda yerelde kayda değer adımlar atmış olsa da küresel ölçekte Shenzhen gibi gündem olmamıştır. Farklı kentsel ölçek ve koşullara oldukları için bu iki kentin elde ettikleri başarıların ve karşılaştıkları zorlukların da farklı olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla, iki kent arasındaki bu ayrımın nedenini etkin bir şekilde değerlendirmek için iki kenti yerel dinamikler temelinde karşılaştırmak

değerli bir bakış açısı sunacaktır. Shenzhen'in yerel avantajları; büyük kapasiteli toplu taşıma filosunu tamamen elektrikliye dönüştürmesindeki başarısına büyük katkı sağlamıştır. Örneğin, BYD gibi büyük elektrikli araç üreticilerinin kentte bulunması, üretim maliyetlerini düşürmüş ve teknolojik entegrasyonu kolaylaştırmıştır. Genç bir kent olarak esnek altyapısı, şarj istasyonlarının hızla kurulmasına olanak tanımıştır. Ayrıca, Çin hükümetinin sağladığı finansal teşvikler, altyapı yatırımları ve stratejik destekler dönüşümü önemli ölçüde hızlandırmıştır. Bunun yanı sıra, Çin'in elektrikli araç liderliği hedefiyle birlikte Shenzhen'in küresel vizyonda bir pilot kent olması da projenin etkin sonuçları adına stratejik rol oynamıştır. İzlanda'nın başkenti Reykjavik ise daha küçük ölçekli bir kent olması nedeniyle Shenzhen ile kıyaslandığında farklı bir başarı hikayesi sunmaktadır. Reykjavik, kentsel ulaşımında çevre dostu çözümler adına önemli adımlar atmış olsa da bu çabalar Shenzhen'deki gibi küresel ölçekte bir çevresel etkiye neden olmamıştır ve yerelle sınırlı kalmıştır. Bu durumun temel nedenlerinden bir tanesi Reykjavik otobüs filosunun Shenzhen'inkine göre oldukça küçük olmasıdır: Yani, küçük ve sınırlı toplu taşıma filosuna sahip olmasından ötürü Reykjavik'in elektrifikasyon dönüşümü etkisi; Shenzhen gibi yoğun nüfuslu ve geniş otobüs ağına sahip bir kentteki dönüşümün oluşturduğu çevresel etki düzeyini yakalamamıştır (Ribeiro, Dias ve Mendes, 2024). Bir diğer neden ise; Shenzhen'de toplu taşıma sistemi kentsel ulaşımın bel kemiğini oluştururken Reykjavik'te ulaşımın ağırlıklı olarak otomobile dayalı ve toplu taşıma kullanımının oldukça düşük olmasıdır. 2019 verilerine göre, yolcuların %74'ü özel araçlarla, %14'ü yürüyerek, %5'i bisikletle ve yalnızca %5'i otobüsle yapılmıştır (Gunnarsdóttir, Árnadóttir, Heinonen ve Davíðsdóttir, 2023). Ayrıca, Reykjavik enerji üretiminin yenilenebilir kaynaklara dayalı bir yapıda olması, fosil yakıt kullanımını zaten düşük seviyelerde tutmaktadır (Ribeiro ve diğerleri, 2024), bu nedenle Reykjavik'in elektrifikasyon dönüşüm projesinin küresel ölçekte Shenzhen kadar dikkat çekmemesi gayet anlaşılır bir sonuç niteliğindedir. Bir başka söylemle, yoğun bir toplu taşıma ağına sahip olmasının yanı sıra daha önce fosil yakıt kullanımına büyük ölçüde bağımlı bir kent olarak Shenzhen, bu dönüşümü gerçekleştirdiği için küresel bir model haline gelirken; buna karşılık, Reykjavik'in toplu taşıma filosunun boyutunun küçük olması ve yenilenebilir enerjiyle zaten güçlü bir bağının bulunması, uluslararası gündemde Shenzhen gibi bir etki yaratmamasına neden olmuştur. Ancak, Shenzhen, küresel ölçekte dikkat çekici kazanımlar elde etmiş olsa da elektrifikasyon dönüşüm sürecinde karşılaşılan zorluklar açısından Reykjavik'inin daha avantajlı bir konumda olduğu söylenebilir. Reykjavik, enerji üretiminde yenilenebilir kaynakları yoğun bir şekilde kullandığı için karbon salımını azaltmada büyük zorluklar yaşamazken, fosil yakıtlara daha fazla bağımlı olan Shenzhen, emisyonları azaltmak için daha büyük bir baskıya maruz kalmıştır. Bununla

birlikte, toplu taşıma filosunun kapasitesi konusunda karşılaştırma yapıldığında, karmaşık ve yüksek kapasiteli toplu taşıma yapısı; Shenzhen'in dezavantajlı bir konumda bulunduğunu gösterir çünkü kompleks bir yapıyı dönüştürmek hem yönetsel hem de finansal ve altyapısal bağlamda pek çok zorlukla baş etmeyi gerektirir. Tüm bu zorluklara rağmen Shenzhen sahip olduğu avantajlar sayesinde elektrifikasyon dönüşümünü başarılı bir şekilde sağlamıştır.

Sonuç olarak, elektrikli otobüsler; yüksek emisyon azaltma ve enerji verimini artırma potansiyellerinden ötürü pek çok önemli çevresel fayda sunar. Bu nedenle, dünya genelinde hızla yayılan çevre dostu ulaşım çözümlerine geçiş anlayışının önemli bir parçası olarak elektrikli otobüslerin yaygın entegrasyonu gündeme gelmiştir ve birçok kent filosunu tamamen elektrikli hale getirmese de elektrikli otobüsleri toplu taşıma sistemlerine entegre ederek buna yönelik kıymetli adımlar atmıştır. Elektrifikasyon dönüşümünün doğasında var olan finansal, altyapısal ve kurumsal zorluklar nedeniyle bu süreç genel olarak yavaş ilerler ve ilerleme şekli kentlerin yerel özelliklerine göre değişiklik gösterir. Bu zorluklara rağmen Shenzhen, 2017 yılında filosunun tamamı elektrikli hale getiren ilk kent olarak toplu taşıma elektrifikasyonunda öncü bir rol üstlenmiştir.

4.2. Metrocable Teleferik Sistemi: Medellín, Kolombiya

Kolombiya'nın ikinci büyük kenti olan Medellín; Aburrá Vadisi boyunca uzanan, etrafı And Dağlarıyla çevrili engebeli bir arazi üzerinde konumlanmakta ve genellikle dağ yamaçlarına yayılan düzensiz yerleşimlerden oluşmaktadır (Şekil 2). Bu engebeli coğrafi yapı hem fiziksel hem de sosyoekonomik açıdan Medellín'in gelişim sürecinin şekillenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Dik yamaçlı ve ulaşımı zorlayıcı olan vadinin kuzey ve kuzeydoğu kesimleri daha düşük gelirli sosyal grupların yerleşim alanları olarak gelişirken; kentin düz ve erişilebilir olan merkez ve güney kesimleri, genellikle daha üst gelirli sosyal grupların yerleşim alanları olarak gelişme göstermiştir (Heinrichs ve Bernet, 2014). Kentin plansız ve altyapıdan yoksun olarak gelişen engebeli alanları, kentsel hizmetlerin sınırlı olduğu bölgeler olarak öne çıkarken; düzlük alanlarda bu olanaklara yüksek erişimin sağlandığı ve ekonomik refahın korunduğu gözlemlenmektedir (Meninato ve Marinic, 2024). Ayrıca, dik yamaçlarda yer alan kentin az gelişmiş bölgeleri, coğrafi koşullar nedeniyle toplu taşıma altyapısına entegrasyon açısından ciddi zorluklarla karşılaşmıştır (Alshalalfah, Shalaby ve Dale, 2014). Dolayısıyla, bu bölgedeki kent sakinlerinin, kentin ekonomik ve sosyal merkezlerine erişimi de kısıtlı olmuştur; bu fiziksel bağlantı eksikliği nedeniyle kentteki mekânsal eşitsizlikler derinleşmiş ve sosyal izolasyon artmıştır (Meninato ve Marinic, 2024). Medellín'deki bu durum, sosyoekonomik ayrışmanın mekânsal düzeyde pekişmesinde coğrafi yapının önemli bir etken olduğunu ortaya koyar.



Şekil 2. Medellín'in Kent Manzarası (Mergili, 2022).

Medellín'in toplumsal ve mekânsal eşitsizliklerini giderme adına erişim problemlerine yönelik çözüm arayışları, entegre bir toplu taşıma sisteminin sağlanmasını ön plana çıkarmıştır. Ancak, Medellín'in engebeli coğrafyasının kara yolu ve raylı sistem gibi geleneksel toplu taşıma çözümlerini ekonomik ve teknik olarak zorlaması, yenilikçi çözümleri gerekli kılmıştır (Heinrichs ve Bernet, 2014). Son yıllarda, gelişmekte olan birçok kent, düşük gelirli nüfus grupları ile kentin diğer grupları arasındaki erişim problemini azaltmak amacıyla hızlı otobüs taşımacılığı (Bus Rapid Transit - BRT), teleferikler ve raylı ulaşım sistemleri gibi bir dizi toplu taşıma projesi uygulamaktadır (Bocarejo ve diğerleri, 2014). Teleferik teknolojisi, özellikle

engebeli arazi gibi coğrafi eşiklere sahip kentler için gerekli toplu taşıma hizmetlerini sağlamakta önemli bir araç olarak öne çıkar (Cardona-Urrea, Soza-Parra ve Ettema, 2024). Bu anlamda, teleferik tabanlı yenilikçi bir toplu taşıma çözümü olan Metrocable projesi, Medellín'in kentsel dönüşüm planlarının merkezinde yer almıştır. Metrocable sistemi, sosyoekonomik dezavantajlı bölgelerdeki erişim sorunlarını çözmek ve kentsel entegrasyonu artırmak amacıyla kentin çeperdeki yamaç arazilerinde bulunan düşük gelirli mahallelere hizmet veren bir besleyici olarak 2004 yılında hizmete sunulmuştur (Cardona-Urrea ve diğerleri, 2024; Heinrichs ve Bernet, 2014).



Şekil 3. Medellín Metrocable K hattı (Mergili, 2022)



Hali hazırda altı yeni hattın inşası devam etmekte olan Metrocable'ın ilk K hattı (Şekil 3) kentin kuzeydoğu bölgesindeki yoğun nüfuslu mahallelerine başarıyla hizmet sağlamıştır ve akabinde ek hatlar açılmış; bazı hatlar turizm ve çevresel koruma amacıyla genişletilmiştir (Davilila ve Daste, 2013). Metrocable projesi uluslararası düzeyde ilham verici bir model olarak değerlendirilmiş ve projesinin etkisiyle Latin Amerika ve Karayipler bölgesinde teleferik uygulaması hızla yaygınlaşarak toplu taşımanın önemli bir parçası haline

gelmiştir (Cardona-Urrea ve diğerleri, 2024). Medellín'in bu projedeki başarısı, projenin sadece bir ulaşım çözümü sunmakla kalmayıp aynı zamanda sosyal uyumu ve ekonomik gelişmeyi teşvik eden çok yönlü bir yaklaşımı benimsemiş olmasından kaynaklanmaktadır (Cardona-Urrea ve diğerleri, 2024). Bu bağlamda, benzer yeni projelerin ilgili karar alma süreçlerini desteklemek adına Metrocable uygulama sürecinin, proje çıktılarının ve etkilerinin kapsamlı bir değerlendirmesi Tablo IV'te sunulmuştur.

Tablo IV: Metrocable Teleferik Proje Değerlendirmesi (Alshalalfah ve diğerleri, 2014; Cardona-Urrea ve diğerleri, 2024; Davlila ve Daste, 2013; Galvin ve Maassen, 2019; Heinrichs ve Bernet, 2014; Wallace, 2021).

Kategori	Alt Başlıklar	Detaylar
Uygulama Zorlukları	Topografya ve Altyapı	Medellín'in engebeli topografyası, dar sokakları ve düzensiz kentleşme düzeni, Metrocable'in tasarım ve inşaat sürecini zorladı.
	Sosyal Kabul	Düşük gelirli mahalle sakinleri, projeye başlangıçta direnç gösterdiler fakat ulaşımındaki iyileşmelerin kendi yaşamlarına etkisini hissetmeye başladıktan sonra projeyi benimsemeye başladılar. Ayrıca, halkın katılımını sağlamak için yoğun bilinçlendirme çalışmaları yapıldı.
	Entegrasyon	Başlangıçta, Metrocable ile metro arasında entegre biletleme sisteminin bulunmaması, düşük gelirli toplulukların ekonomik toplu taşımadan yararlanmasını zorlaştırdı. Ayrıca, aktarma noktalarındaki yetersiz düzenlemeler ve sefer saatleriyle sıklıklarındaki uyumsuzluk, kullanıcı memnuniyetsizliğine yol açtı. Bu koşullar, toplu taşıma ağının etkili bir biçimde bütünleşmesini geciktirdi.
	Finansman ve Sürdürülebilirlik	Yüksek başlangıç maliyetlerini karşılayıp işletme giderlerini sürdürülebilir kılmak amacıyla kamu-özel sektör iş birliğine gidildi; ancak yatırımcı çekme, düşük gelirli topluluklara uygun fiyatlandırma ve ekonomik sürdürülebilirliği güvenceye alma konularında önemli zorluklar yaşandı.
Proje Başarıları	Erişim ve Entegrasyon	Daha önce kent merkezine bağlantısı zayıf olan düşük gelirli mahalleler; Medellín'in geleneksel metro sistemiyle doğrudan bağlantısı sağlanan Metrocable hatları sayesinde, kentin ekonomik ve sosyal merkezlerine kolayca erişim sağladı. Medellín'in Metrocable'i, toplu taşıma sistemine tamamen entegre edilmiş dünyanın ilk teleferiğidir.
	Hızlı ve Ekonomik Uygulama	Metrocable projesinin geleneksel toplu taşıma sistemlerine göre çok daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle hayata geçirilmesi, zaman baskısı altındaki yerel yöneticiler için etkili bir çözüm sundu.
	Sosyal Kapsayıcılık	İzole mahalleler, kent merkezine entegre edilerek sosyal dışlanma azaltıldı. Bu durum, Medellín'in "sosyal kentsel dönüşüm" çabalarını güçlendirdi.
	Katılım	Halkın proje kararlarına dahil edilmesi ve katılımcı bütçeleme uygulamaları, halk desteğini artırdı. Bu yaklaşım, halkın projeyi sahiplenmesini sağladı.
Uygulama Etkileri	Sosyoekonomik	
	Yaşam kalitesi	Ulaşımın iyileştirilmesi, düşük gelirli yeni iş ve eğitim olanakları sundu. Bu durum, yoksulluğun azalmasına ve yaşam standartlarının artmasına katkı sağladı. Aşırı yoksulluk oranında önemli bir düşüş sağlandı: Oran %36'dan (2002) %3 (2015) seviyelerine indi.
	Hizmetlere Erişim	Kent merkezine seyahat süresinin 2 saatten 30 dakikaya düşürülmesiyle yolculuk süreleri önemli ölçüde kıaldı. Bu iyileşme, eğitim, sağlık ve diğer sosyal hizmetlere erişimi kolaylaştırarak bireylerin bu hizmetlerden daha etkin yararlanmasına imkân sağladı.
	Eşitsizliklerin Azaltılması	Yolculuk maliyetlerinin düşmesi, kent merkezine erişimi kolaylaştırarak sosyal sınıflar arasındaki eşitsizlikleri azaltan bir etki yarattı
	Güvenlik	Ulaşım altyapısının iyileştirilmesi, yüksek suç oranlarına sahip dezavantajlı mahallelerin toplumsal entegrasyonunu güçlendirerek hem sosyal izolasyonu azalttı hem de kamu hizmetlerine erişimi artırdı. Bu gelişme, güvenlik algısında olumlu bir dönüşüm ve suç oranlarında da belirgin bir düşüş sağladı.
	Yerel Ekonomi	Proje, inşaat ve işletme aşamalarında yeni istihdam olanakları yarattı. Ayrıca artan ticaret hacmi, yerel ekonomiyi canlandırdı.
	Turizm ve Ticaret	Turistler, Metrocable üzerinden Medellín'in daha önce izole olmuş bölgelerini ziyaret etmeye başladı. Bu durum, turizm gelirlerini artırırken küçük işletmelerin gelişmesini destekledi.
	Çevresel	
	Hava Kalitesi	Büyük ölçüde Kolombiya'nın hidroelektrik kaynaklarına dayalı çalışan bu sistem, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azalttı ve karbon salınımını düşürdü. Bu, kentin genel hava kalitesini iyileştirerek sağlık sorunlarını azaltmaya yardımcı oldu. Her yıl 1,7 milyon galondan fazla dizel yakıtın kullanımı engellendi.
	Kentsel Alanların Korunması	Metrocable, diğer ulaşım altyapılarına kıyasla daha az yer kapladı ve çevreye minimum düzeyde zarar verdi. Tepelik arazilerdeki doğal alanların korunması sağlandı.
Gürültü	Geleneksel motorlu ulaşım araçlarına kıyasla çok daha az gürültü kirliliği yarattı.	

Tablo-IV'ten de anlaşıldığı üzere uygulama sürecindeki zorlukların üstesinden gelen Metrocable sistemi, kentin metro ağına entegre çalışarak yamaçlardaki düşük gelirli mahalleleri kent merkezine bağlamıştır. Tek bir biletle hem Metrocable hem de metro hatlarının kullanımı sağlanarak yolcuların ulaşım süreleri ve maliyetleri azaltılmıştır. Bu entegrasyon, fiziksel ve sosyal bağlantıları güçlendirmiş ve ekonomik fırsatlara erişimi sağlayarak yerel ekonomik canlılığı artırmıştır. İstasyon çevresinde artan ticari faaliyetler; suç oranlarının düşmesi ve mahallelerin görünürlüğünün artması projenin toplumsal etkilerinin somut göstergeleridir. Çevresel açıdan ele alındığında ise, fosil yakıtlı araçların yerini temiz enerjili teleferiklerin alması, karbon emisyonlarını kayda değer ölçüde azaltmış ve hava kalitesini iyileştirmiştir. Dolayısıyla, sosyoekonomik entegrasyon hedefiyle uygulanan proje aynı zamanda çevresel katkı da sağlayarak uzun vadede sürdürülebilir bir yerel ulaşım çözümü olarak dikkat çekmiştir. Ekonomik uygulanabilirliği, hızlı inşaa süreci ve yenilikçi yapısıyla Medellin teleferik sistemi, coğrafi kısıtlara sahip kentlerin sürdürülebilir gelişimine

yönelik etkili bir model sunmaktadır.

4.3. Elektrikli Rikşa: Delhi, Hindistan

Elektrikli rikşalar, üç tekerlekli olup küçük boyutları sayesinde dar sokaklarda hem yük hem de yolcu taşımacılığı için kolaylıkla kullanılabilen araçlardır (Şekil 4). Bu araçlar, enerji depolamak için bir bataryaya ve hareket için de bir elektrikli motora sahiptir; şarj işlemi için genellikle şebeke elektriği kullanılır ve tam dolu bir bataryayla, tamamen yüklü halde yaklaşık 80-100 kilometre yol gidilebilirler (Sameeullah ve Chandel, 2016). Düşük satın alma ve işletme maliyetleri sayesinde özellikle büyük kentlerde önemli bir pazar alanı edinen E-rikşalar 2008'den sonra Asya kentlerinde popüler hale gelmiştir (Sameeullah ve Chandel, 2016; Singh ve diğerleri, 2021). Bu coğrafyada yaygın kullanılan otomatik ve pedallı rikşalara tasarimsal benzerliği ve dikkat çeken çevre dostu özelliği nedeniyle bu araçlar, Asya'da hükümetlerce desteklenip halk tarafından kolayca kabul görmüştür (Aslam, 2019).



Şekil 4. Elektrikli Rikşa (E-rikşa) (Ajin, 2022; Shah, 2022).

Hindistan'ın Ulusal Başkent Bölgesinde çeşitli faaliyetlerin merkezi olan Delhi, ülkenin farklı bölgelerinden çok fazla göç alarak 2001-2011 yılları arasında yaklaşık 9 milyon nüfus artışıyla yüzleşmiştir (Beella, Diehl ve Vergragt, 2011; NIUA, y.y.). Öngörülemeyen bu nüfus büyümesi, hareketlilik talebini artırmış; ulaşım altyapısı ve çevre üzerinde muazzam bir baskı oluşturarak hava kirliliği ve trafik sıkışıklığı gibi pek çok probleme neden olmuştur (Beella ve diğerleri, 2011). Bunun üzerine, çevreyi koruma politikaları kapsamında Delhi hükümeti, 2010 yılında Çin'den ithal ettiği E-rikşaları çevreci bir çözüm

aracı olarak tanıtmış ve 2015'te gerekli yasal düzenlemeleri sağlayarak bu araçların toplu taşıma sistemine entegre edilmesini kolaylaştırmıştır (NIUA, y.y.; Sameeullah ve Chandel, 2016). Kentsel ulaşımında önceden kullanılan geleneksel rikşalarla yapısal benzerliği sayesinde E-rikşalar halk tarafından kolayca benimsenmiş ve araçların kullanımı kısa sürede yaygınlaşmıştır. Yani, Delhi'nin yoğun kent dokusu, yetersiz ulaşım altyapısı ve sosyal dinamikleri; E-rikşaların ideal bir çözüm olarak öne çıkmasına ve popülerleşmesine neden olmuştur.



Şekil 5. Yoğun Delhi Trafiköi (Shigemitsu, 2013; Schell, 2019).

Trafik sıkışıklığı problemiyle karşı karşıya olan Delhi (Şekil 5), hava kirliliği seviyesinde dünyada önde gelen kentlerden biridir ve toplam hava kirliliğinin %40'ı da ulaşımdan kaynaklanmaktadır (NIUA, yy.). E-rişşalar, sıfır karbon emisyonu ile bu sorunun çözümünde önemli bir araç olarak değerlendirilebilir. Elektrikle çalışan bu araçlar, fosil yakıt tüketimini nispeten ortadan kaldırma potansiyelindedir. Ayrıca, küçük ebatları sayesinde dar alanlarda zorlanmadan hareket edebilir, böylece daha az yakıt tüketimi ve karbon salımıyla daha kısa süreli ve kolay bir ulaşım sağlar (Prakash, Dwivedi, Prakash ve Kapoor, 2018). E-rişşalar, çevre dostu bir çözüm sunmakla birlikte toplu taşımada ilk-son mil bağlantısı için de uygun bir seçenek olarak öne çıkar. Delhi'deki günlük seyahatlerin %64'ten fazlası toplu taşımayla sağlanır fakat ilk-son mil bağlantısı eksikliği söz konusudur, bu noktada 4-5 km'lik mesafelerde etkili bir ulaşım aracı olarak metro istasyonları ve otobüs durakları gibi toplu taşıma noktalarına kolay erişim

sağlayan E-rişşalar toplu taşımayı destekleyen ve tamamlayan bir yapıdadır (Beella ve diğerleri,2011; Ghate, Ms Akshima Tejas Suneja,2018; NIUA, yy.; Prakash ve diğerleri,2018; Singh ve diğerleri,2021). E-rişşalar ayrıca, Delhi'nin sosyal yapısının gerektirdiği ihtiyaçlar açısından da önemli bir rol oynar: Bu araçlar Delhi'nin düşük gelirli sosyal yapısı için kritik önem arz eden uygun maliyetli ulaşım seçeneklerini sağlamakla birlikte istihdam fırsatları da sunar (Prakash ve diğerleri, 2018; Singh ve diğerleri, 2021). Kısaca, kentin dar sokak dokusuna uygunluğu, olumlu çevresel etkileri, toplu taşımayı tamamlayıcı nitelikte olması ve sosyal ihtiyaçları karşılayabilir uygunlukta olması gibi pek çok özelliği sayesinde E-rişşalar Delhi'nin yerel problemlerine cevap vererek halk tarafından kolaylıkla benimsenmiştir. Ancak, uygulamanın bu başarılı yönlerine rağmen uygulama sürecinde belirli zorluklarla karşılaşılmış, önemli sosyoekonomik ve çevresel etkiler gözlemlenmiştir (Tablo V).

Tablo V: Delhi'deki E-Rikşa Uygulamasının Değerlendirmesi (NIUA, y.y.; Prakash ve diğerleri, 2018; Singh ve diğerleri, 2021)

Kategori	Alt Başlıklar	Detaylar
Uygulama Zorlukları	Yönetişim ve Politik Eksiklikler	2014 öncesinde yasal bir çerçevenin bulunmaması, kayıt dışı araçların yaygınlaşmasına yol açtı. Trafik polisinin belirli bölgelerdeki eksikliği, kuralların ihlal edilmesine neden oldu.
	Teknik ve Operasyonel Kısıtlar	Kısa ömürlü bataryalar ve uzun şarj süreleri operasyonel verimliliği düşürdü. Yağmurlu havalarda sıklıkla yaşanan arızalar sürücüler için ek maliyete neden oldu.
	Sosyal Kabul	E-rikşalar genel olarak toplum tarafından kolayca benimsense de bisiklet rikşası sürücüleri E-rikşalara geçişte bazı teknik ve finansal zorluklarla karşılaştı.
	Altyapı ve Hizmet Eksiklikleri	Şarj istasyonlarının ve güvenli park alanlarının yetersizliği, günlük operasyonları zorlaştırdı. Tanımlı durakların olmaması, trafik düzensizliğine yol açtı.
Uygulama Başarıları	Erişim ve Entegrasyon	E-rikşalar, metro ve otobüs sistemleriyle entegre çalışarak ilk-son mil probleminde çözüm sağlayıp toplu taşımayı tamamladı. Özellikle düşük gelir grupları için uygun fiyatlı, erişilebilir bir ulaşım seçeneği sundu.
	Çevresel Sürdürülebilirlik	Elektrikli motorlarla çalışan E-rikşalar, fosil yakıt tüketimini azaltıp karbon emisyonlarını düşürerek hava kirliliğiyle mücadelede etkili oldu. Ayrıca, sessiz çalışarak gürültü kirliliğini de azalttı.
	Ekonomik ve Teknolojik Uygunluk	Uygun maliyetli işletme giderleriyle düşük gelir gruplarını destekleyerek ulaşımında ekonomik bir alternatif sundu. Yeni batarya teknolojilerinin denemesi, teknolojik gelişmelere kapı araladı.
	Sosyal Kapsayıcılık ve Fırsat Eşitliği	Kadınların sektöre katılımını artırdı; göçmelere ve düşük gelirli bireylere ekonomik fırsatlar sundu.
Uygulama Etkileri	Sosyoekonomik Etkiler	
	Yerel Ekonomi	E-rikşalar, yerel ekonomiyi canlandırarak küçük ölçekli işletmeler için ulaşım kolaylığı sağladı ve tüketici hareketliliğini artırdı.
	İstihdam ve Gelir	E-rikşalar, düşük gelirli bireyler ve göçmenler için yeni iş fırsatları yarattı ve sürücülerin gelirini artırdı. E-rikşa sürücülerinin gelirlerinde %400'e varan artışlar, bu araçların ekonomik anlamda çekici hale gelmesini sağladı.
	Kadın İstihdamı	Kadın sürücülere yönelik artan teşvikler, sektörde çeşitliliği artırdı.
	Güvenlik	E-rikşaların düşük hızlarda çalışması, kazaların şiddetini azaltsa da standart dışı araç yapıları ve güvenlik önlemlerinin eksikliği, yolcular ve sürücüler için risk oluşturmaktadır.
	Çevresel	
	Hava ve Gürültü Kirliliği	Elektrikli motorlar sayesinde karbon emisyonları azaltılarak hava kirliliğiyle mücadeleye katkı sağlandı ve sessiz çalışmaları da gürültü kirliliğini azalttı.
	Trafik ve Hareketlilik	E-rikşalar, ilk-son mil ulaşımında hareketliliği artırırken, düzensiz duraklama, düşük hız ve trafik kurallarına uyumsuzluk nedeniyle trafik sıkışıklığını artırmaktadır.

Sonuç olarak, E-rikşalar, Delhi'nin toplu taşıma sisteminde son yıllarda önemli bir yer edinmiştir. Bu durumu, kentin kendine özgü yerel dinamikleriyle doğrudan ilişkili değerlendirmek mümkündür. Delhi'nin yoğun nüfusu ve artan ulaşım talebi, ulaşım altyapısının geliştirilmesine duyulan ihtiyacı artırırken hava kirliliğiyle mücadele zorunluluğu, çevre dostu ulaşım araçlarının benimsenmesini gerekli kılmıştır. Bu bağlamda, küçük ebatlı, düşük maliyetli ve kolay erişilebilir olan E-rikşalar öne çıkmıştır. Delhi'nin sosyoekonomik çeşitliliği, yoğun nüfusu, dar sokakları ve toplu taşıma sistemindeki eksiklikleri, E-rikşaları kilit bir yerel ulaşım seçeneği haline getirmiştir çünkü bu araçlar, esnek ve ekonomik yapılarıyla

kentin ulaşım sistemindeki önemli boşlukları doldurmaktadır. Öte yandan, Delhi'nin altyapı eksikliği ve düzensiz büyümesi, bu araçların etkin kullanımında zorluklar yaratarak uygulamanın çevresel faydalarını sınırlamıştır. Ayrıca, Delhi'nin göç alan yapısı ve düşük eğitim düzeyine sahip sürücülerin sektörde yoğunlaşması, yasal düzenlemelere uyumu zorlaştırmış ve trafik güvenliğini olumsuz etkilemiştir. Yani, Delhi'nin yerel dinamikleri, e-rikşaların benimsenmesini hızlandırıp onları yerel ulaşımında önemli bir araç haline getirmiş olsa da uygulamanın etkinliğini artırmak ve zorlukları aşmak için altyapı yatırımları, düzenlemeler ve eğitim programları gibi hedefe yönelik yerel çözümlere ihtiyaç vardır.

5. Değerlendirme ve Sonuç

Kentsel ulaşım uygulamaları, çevresel sürdürülebilirlik hedefine ulaşmada önemli bir araç olarak değerlendirilir. Ancak, bu hedefe yönelik çözüm önerileri, her kente uygulanabilecek tek tip bir model yaklaşımının ötesine geçerek, yerel dinamikler temelinde belirlenmelidir çünkü her kentin coğrafi özellikleri, nüfus yoğunluğu, kültürel yapısı ve ekonomik imkânları birbirinden farklıdır. Özgün yaklaşımları gerektiren bu farklılıklar, kentsel uygulamaların hem tasarımını hem de uygulama biçimini doğrudan etkiler, bu nedenle projelerin başarısı ve sürdürülebilirliği adına, çevre dostu ulaşım çözümlerinde kentlerin özel ihtiyaçları ve bağlamı doğrultusunda geliştirilen esnek modeller kritik önem taşır.

Bu çalışma, farklı özelliklere sahip kentlerdeki çevre dostu ulaşım çözümlerinin nasıl şekillendiğini ve yerel dinamiklerin bu süreçteki belirleyici rolünü değerlendirmektedir. Doğru bir değerlendirme sunmak adına, çalışma kapsamında, incelenen bir dizi farklı uygulama örneği yerel koşullar ve bu koşulların gerektirdiği öncelikli ihtiyaçlar doğrultusunda sınıflandırılmıştır. Kentsel yoğunluk ve nüfus, coğrafi ve fiziksel özellikler, ekonomik düzey, tarihi ve kültürel doku, teknoloji ve yenilik, toplu taşıma, mikro hareketlilik kategorilerinden oluşan bu sınıflandırma, kentlerin yerel sorunlarının ve buna bağlı temel ulaşım ihtiyaçlarının hangi temeller üzerinden şekillendiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, nüfus yoğunluğu yüksek olan mega kentlerde trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve toplu taşıma yetersizliği gibi problemler öne çıkar ve çözüm olarak yüksek kapasiteli toplu taşıma uygulamaları önem taşır. Bunun yanında, coğrafi ve fiziksel dinamiklere göre tasarlanan çözümler incelendiğinde, dağlık arazilerde teleferik sisteminin; kıyı kentlerinde deniz ulaşımına yönelik uygulamaların ve ekstrem iklim bölgelerinde ise altyapının iklim koşullarına uyarlanması yönünde çözümlerin öne çıktığı görülür. Ekonomik olanaklar, ulaşımın finansmanı ve erişilebilirliği açısından kentlerdeki farklılıkları yansıtır, bu nedenle ulaşım problemleri ve önerilen çözümler ekonomik yapıya bağlı olarak şekillenir. Düşük gelirli bölgeler yetersiz ulaşım altyapısı ve beraberinde getirdiği problemlerle; orta ve yüksek gelirli bölgeler ise araç bağımlılığı, trafik sıkışıklığı gibi problemlerle baş etmek durumundadır. Dolayısıyla, sosyoekonomik düzeye bağlı olarak bu problemlere yönelik çözüm önerileri de farklılaşır. Ayrıca, kültürel yapı ve kültürel miras da farklı ulaşım çözümlerini gerektirir. Örneğin, tarihi kent merkezleri modern altyapıların uygulamasında sınırlamalara neden olur ve kentsel dokuya zarar vermeyen çözümleri gündeme getirir (dokuya uygun su taşımacılığı, sessiz tramvaylar, araçsız tarihi merkezler). Bu yerel dinamiklerin yanı sıra, teknoloji odaklı yenilikler ve mikro hareketlilik gibi ulaşımın gündem konu başlıkları da çözüm önerilerinin çeşitlenmesinde etkili olur: Mikro hareketlilik, kısa mesafe veya ilk-son kilometre (mil) ulaşım sorunlarına pratik

ve çevreci bir alternatif sunarken, teknoloji-odaklı yenilikler büyük ölçekli akıllı ulaşım ağlarını mümkün kılarak karbon emisyonunu azaltmada önemli rol oynar.

Bu genel çerçevede doğrultusunda, çalışma kapsamında, Shenzhen (Çin), Reykjavik (İzlanda), Medellín (Kolombiya) ve Delhi (Hindistan) kentlerinden örnek uygulamalar seçilmiş ve detaylı olarak incelenmiştir. Her bir örnek, farklı kategori altında değerlendirilebilecek spesifik özelliklere ve çözüm modellerine sahiptir. Kentsel yoğunluk ve nüfusa göre çözümler kategorisinde ele alınan Shenzhen, kamu-özel sektör iş birliğiyle, toplu taşıma filosundaki otobüsleri tamamen elektrikliye dönüştürmüştür; bu nedenle (toplu taşımanın bel kemiği olduğu) bir mega kentte büyük ölçekli ulaşım çözümlerinin başarısı adına önemli bir örnek niteliğindedir. Düşük nüfus yoğunluğu ve soğuk iklimiyle öne çıkan Reykjavik de toplu taşıma elektrifikasyonunda benzer adımlar atmış ancak farklı kent ölçeğine ve yerel dinamiklere sahip olması nedeniyle Reykjavik'in çevresel etki düzeyi Shenzhen' den farklılık göstermiştir. Yüksek nüfusu Shenzhen'in geniş kapasiteli otobüs filosu, yerel üretim avantajları ve devlet desteği küresel çapta bir etkiyle sonuçlanırken Reykjavik'in küçük ölçeği ve yenilenebilir enerji altyapısı çabalarını yerelle sınırlı tutmuştur. Reykjavik; elektrikli otobüs uygulamasının ötesinde, genel ulaşım yaklaşımı adına değerlendirildiğinde, jeotermal kaynaklardan yararlanarak elektrikli ulaşımı ekonomik ve çevreci bir yaklaşımla bütünleştirme hususunda önemli bir örnek teşkil eder. Dolayısıyla, coğrafi ve fiziksel dinamiklere göre çözümler kategorisinde, özellikle ekstrem iklim şartlarında ulaşım altyapısının nasıl şekillendirilebileceğinin bir örneğini sunar. Bu iki kentin karşılaştırmalı değerlendirmesi, benzer ulaşım çözümlerinin farklı özelliklere sahip kentlerde farklı sonuçlar doğurduğunu ve bu durumun aynı kent içinde uygulanan farklı çözümlerin etkileri için de geçerli olduğunu, yani aynı çözüm yaklaşımının hem kentler arasında hem de kent içinde çeşitlilik gösterebileceğini, ortaya koymaktadır. Dağlık arazisi ve kent çeperlerinde yaşayan yoksul kesimleriyle tanınan Medellín, coğrafi ve fiziksel dinamiklere göre sınıflandırmada dağlık ve engebeli kent kategorisinde yer alır. Buradaki Metrocable teleferik sistemi, dik yokuşların toplu taşımayı zorlaştırdığı bölgelerde yaşayan insanların kent merkezine hızlı ve rahat erişimini sağlamıştır. Proje aynı zamanda ekonomik ve sosyal bütünleşmeyi desteklediği için toplu taşıma çözümleri kategorisinde de önemli bir örnektir. Medellín örneği, kentsel ulaşımın yalnızca araç trafiği ve çevre kirliliği boyutunda değil, sosyoekonomik sorunları hafifletmede de kullanılabilirliğini gösterir. Dağlık arazide inşa edilen teleferik istasyonları, çevresindeki mahalleleri canlandırarak güvenliği ve yaşam kalitesini yükseltmiştir. Yüksek nüfus yoğunluğu ve hava kirliliği sorunlarına sahip Delhi, kentsel yoğunluğa göre çözümler kapsamında ele alınmış olsa da

aynı zamanda mikro hareketlilik kategorisinde de değerlendirilebilir çünkü metro ve otobüs sistemleriyle entegre çalışarak ilk-son mil probleminde çözüm sağlayıp toplu taşımayı kısa mesafelerde tamamlayıcı nitelikte desteklemiştir. Elektrikli rıksalar, hem ekonomik seviye hem de kültürel faktörler göz önünde bulundurularak geliştirilmiş pratik bir alternatiftir. Şehrin zaten benimsemiş olduğu rıksa kültürünü elektrikli hâle getirmek, emisyonların azaltılması ve trafik sıkışıklığının hafifletilmesi açısından çözüm sağlamıştır. Delhi'deki bu dönüşüm, büyük bütçeli projeler yerine, düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir yöntemlerin de çevre ve toplum yararına olabileceğini dayanaklardan bir modeldir.

Sonuç olarak, yerel dinamiklerin, çevre dostu kentsel ulaşım çözümlerinin şekillenmesinde ne kadar belirleyici bir etken olduğunu ortaya koymayı amaçlayan bu çalışma kapsamında, farklı dinamiklere sahip örnekler ele alınıp detaylı bir değerlendirmeye tâbi tutulmuştur. İncelenen kent örnekleri, çevreci ulaşım çözümlerinde tek tip bir yaklaşımdan ziyade yerelin bağlamına ve ihtiyaca göre uyarlanan esnek modellerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Her kentin demografik ve coğrafik

yapısı, kültürel dokusu, ekonomik olanakları ve enerji kaynakları uygulanacak yöntemin niteliğini ve ölçeğini belirler, bu nedenle ancak ihtiyaç temelli, esnek ve yenilikçi stratejilerle başarılı ulaşım çözümlerini uygulamaya geçirmek mümkün olur. Bu çalışma, örnek uygulamaların sosyoekonomik ve çevresel çıktılarını kısmen ele almakla birlikte, farklı kentlerdeki uygulamaları standart ölçütler (örneğin aynı emisyon göstergeleri, benzer ölçekli maliyet analizleri veya kullanıcı memnuniyeti anketleri) temelinde doğrudan karşılaştırmaya yönelik bütüncül bir çerçeve sunmamaktadır. Ayrıca uygulamaların uzun vadeli etkilerinin ve yerel halkın katılım-sahiplenme düzeyinin, daha kapsamlı ve derinlemesine bir bakış açısıyla incelenmesinin gelecekteki araştırmaları zenginleştireceği düşünülmektedir. Dolayısıyla, sonraki çalışmalarda, birbirine benzer metriklerin kullanıldığı ve projelerin tüm paydaşlar üzerindeki etkilerini içeren kapsamlı bir değerlendirme yönteminin oluşturulması önerilmektedir. Böylece, aynı kategorideki ya da benzer yerel özellikteki kentlerin daha doğrudan ve kapsamlı bir biçimde kıyaslanması; mevcut ya da tasarımı projelerin planlama aşamalarında daha fazla yol gösterici bilginin sunulması mümkün olacaktır.

Kaynakça

- Ajin, K.S. (2022). [Fotoğraf]. [pexels]. Erişim adresi: <https://www.pexels.com/tr-tr/fotograf/arac-surmek-arac-kullanmak-uzun-pozlama-10881293/>
- Alshalalfah, B., Shalaby, A. ve Dale, S. (2014). Experiences with Aerial Ropeway Transportation Systems in the Urban Environment. *Journal of Urban Planning and Development*, 140(1). doi:10.1061/(asce)up.1943-5444.0000158
- Amin, S. ve Vyas, D. S. (2016). Effects of Transportation on Environment. *International Journal of Advanced Research*, 4(11), 2127-225. doi:10.21474/ijar01/2073
- Ardila Gomez, A., Namkung, O.S., Dominguez-Gonzalez, K., He, H., & Bona, N. (2024). Planning for Transit-Oriented Development in Emerging Cities. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://hdl.handle.net/10986/42222> (Lisans: CC BY-NC 3.0 IGO)
- Aslam, I. (2019). Dimension Analysis and Survey of E-Rickshaws in Delhi Region, 6(5), 615-624.
- Banister, D., Anderton, K., Bonilla, D., Givoni, M. ve Schwanen, T. (2011). Transportation and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*. doi:10.1146/annurev-environ-032310-112100
- Beella, S. K., Diehl, J. C. ve Vergragt, P. J. (2011). Sustainable Transport Scenarios for New Delhi. 10th International Conference of the Greening of Industry Network.
- Bocarejo, J. P., Portilla, I. J., Velásquez, J. M., Cruz, M. N., Peña, A. ve Oviedo, D. R. (2014). An Innovative Transit System and its Impact on Low Income Users: The Case of the Metrocable in Medellín. *Journal of Transport Geography*, 39. doi:10.1016/j.jtrangeo.2014.06.018
- Cardona-Urrea, S., Soza-Parra, J. ve Ettema, D. (2024). Aerial Cable Cars as a Transit Mode: A Review of Technological Advances, Service Area Characteristics, and Societal Impacts in Latin America and the Caribbean. *Transport Reviews*, 44(3). doi:10.1080/01441647.2023.2294752
- Davlila, J. ve Daste, D. (2013). Medellín's Aerial Cable-Cars: Social Inclusion and Reduced Emissions. *Cities, Decoupling and Urban Infrastructure* içinde .
- Gehl, J. (2013). *Cities for People*. Island Press.
- Ghate, Ms Akshima Tejas Suneja, M.D. (2018). The E-Rickshaw Story: Was the Advent of Electric Mobility in India Planned. <https://www.teriin.org/blog/e-rickshaw-story-was-advent-of-electric-mobility-in-india-planned> adresinden erişildi.

- Gunnarsdóttir, I., Árnadóttir, Á., Heinonen, J. ve Davíðsdóttir, B. (2023). Decarbonization of Passenger Transport in Reykjavík, Iceland - A Stakeholder Analysis. Case Studies on Transport Policy, 12. doi:10.1016/j.cstp.2023.101019
- Han, J., Bhandari, K. ve Hayashi, Y. (2010). Assessment of Policies toward an Environmentally Friendly Urban Transport System: Case Study of Delhi, India. Journal of Urban Planning and Development, 136(1). doi:10.1061/(asce)0733-9488(2010)136:1(86)
- Heinrichs, D. ve Bernet, J. S. (2014). Public Transport and Accessibility in Informal Settlements: Aerial Cable Cars in Medellín, Colombia. Transportation Research Procedia içinde (C. 4). doi:10.1016/j.trpro.2014.11.005
- Lee, S. ve Bencekri, M. (2020). Urban Form and Public Transport Design. Urban Form and Accessibility: Social, Economic, and Environment Impacts. doi:10.1016/B978-0-12-819822-3.00018-3
- Leeder, D., Jain, A., Wang, X. ve Tvedt, K. (2021). Going electric: Policy paper. A Pathway to Zero-Emission Buses. European Bank for Reconstruction and Development, (June), 78. https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/06/EBRD_UITP_GIZ_Going-Electric-A-Pathway-to-Zero-Emission-Buses_June2021.pdf adresinden erişildi.
- Loo, B. P. Y. (2009). Transport, Urban. International Encyclopedia of Human Geography: Volume 1-12, 1-12, V12-465-V12-469. doi:10.1016/B978-008044910-4.01039-7
- Meninato, P. ve Marinic, G. (2024). Transforming Medellín: Architecture and Urban Design As Agents of Social Change. Journal of Architecture and Urbanism, 48(1), 83-90. doi:10.3846/jau.2024.17793
- Mergili, M. (2022). [Fotoğraf]. [Openstreet]. CC BY-NC-SA 4.0 lisansı ile lisanslanmıştır. Erişim: <https://openstreetmap.org>. <https://www.mergili.at/worldimages/picture.php?16177>
- Mohan, D. ve Tiwari, G. (1999). Sustainable Transport Systems: Linkages between Environmental Issues, Public Transport, Non-Motorised Transport and Safety. Economic and Political Weekly, Vol. 34, N(25).
- NIUA. (y.y.). Assessment of the E-Rickshaw Operations in Delhi. https://smartnet.niua.org/sites/default/files/resources/assessment_of_the_e-rickshaw_operations_in_delhi.pdf adresinden erişildi.
- OpenAI ChatGPT. (2025). Kentsel Ulaşım Çözümleri ve Yerel Etkileri. Erişim Tarihi: 8 Ocak 2025
- Paköz, M. Z., Yedekci Aslan, G., (2015) Develi'de Sürdürülebilir Ulaşım Projeleri, içinde Akgül, B. v.d. (ed) Develi'de Örnek Bir Yerel Kalkınma Planlaması: DETOK, Nobel Kitabevi.
- Pejšová, M. (2014). Environmentally Friendly Public Transport. Transactions on Transport Sciences, 7(4). doi:10.2478/trans-2014-0013
- Prakash, N., Dwivedi, R., Prakash, N. ve Kapoor, A. (2018). Impact Assessment of E-Rickshaws while Analyzing Entrepreneurial Success of Rickshaw Pullers. Indian Journal of Economics & Business, 17(3), 287-294. <https://www.researchgate.net/publication/329513028> adresinden erişildi.
- Ribeiro, P. J. G., Dias, G. ve Mendes, J. F. G. (2024). Public Transport Decarbonization: An Exploratory Approach to Bus Electrification. World Electric Vehicle Journal. doi:10.3390/wevj15030081
- Rodrigue, J. P. (2024). The Geography of Transport Systems. The Geography of Transport Systems. doi:10.4324/9781003343196
- Rodrigue, J. P., Comtois, C. ve Slack, B. (2020). The Geography of Transport Systems. The Geography of Transport Systems (Fifth.). New York. doi:10.4324/9781003343196
- Sameeullah, M. ve Chandel, S. (2016). Design and Analysis of Solar Electric Rickshaw: A Green Transport Model. 2016 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability, ICEETS 2016 içinde . doi:10.1109/ICEETS.2016.7582927
- Schell, A. (2019). [Fotoğraf]. [iStock]. Fotoğraf Kimlik No: 1135371039. Erişim: <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/yeni-delhi-delhi-hindistan-da-tuktuks-otob%C3%BCsler-ve-insanlarla-b%C3%BCy%C3%BCk-trafik-gm1135371039-302022608>
- Sclar, R., Werthmann, E., Orbea, J., Siqueira, E., Tavares, V., Pinheiro, B., ... Castellanos, S. (2020). THE FUTURE OF URBAN MOBILITY The case for electric bus. Coalition for Urban Transitions. .
- Shah, A. (2022). [Tricycle on Wet Road]. [pexels]. Erişim adresi: <https://www.pexels.com/photo/tricycle-on-wet-road-10763741/>
- Shigemitsu. (2013). [Heavy traffic jam at Chandni Chowk in Old Delhi]. [iStock]. Fotoğraf Kimlik No: 458880273. Erişim adresi: <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/heavy-traffic-jam-at-chandni-chowk-in-old-delhi-gm458880273-23612529>
- Singh, D. R., Mishra, S. ve Tripathi, K. (2021). Analysing Acceptability of E-Rickshaw as a Public Transport Innovation in Delhi: A Responsible Innovation Perspective. Technological Forecasting and Social Change, 170. doi:10.1016/j.techfore.2021.120908
- Sinha, K. C. (2003). Sustainability and Urban Public Transportation. Journal of Transportation Engineering, 129(4). doi:10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:4(331)
- The World Bank. (2021). Electrification of Public Transport Mobility and Transport Connectivity Series. International Bank for Reconstruction and Development /, 1-138. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/708531625052490238/pdf/Electrification-of-Public-Transport-A-Case-Study-of-the-Shenzhen-Bus-Group.pdf> adresinden erişildi.
- Turoń, K. ve Sierpiński, G. (2018). Selected solutions of environmentally-friendly urban transport systems.
- UN-Habitat. (2013). Planning and design for Sustainable Urban Mobility. United Nations Human Settlements Programme. [https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Planning and Design for Sustainable Urban Mobility.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Planning%20and%20Design%20for%20Sustainable%20Urban%20Mobility.pdf) adresinden erişildi.
- WRI. (2024). Release: Electric Bus Adoption Is Critical for Sustainable Cities - Here's How to Get There. World Resources Institute (WRI). <https://www.wri.org/news/release-electric-bus-adoption-critical-sustainable-cities-heres-how-get-there> adresinden erişildi.
- Zietsman, J. ve Rilett, L. R. (2002). Sustainable Transportation: Conceptualization And Performance Measures. Austin.

Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Kazı ve Dolgu Çalışmaları Kapsamında Yapılan Patlatmalı Kaya Kazıları Sonucu Oluşan Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Kandıra Cezaevi Lojmanları Açısından Değerlendirilmesi

Evaluation of Vibration Measurement Results Created By Blasting Rock Excavations Carried Out Within the Scope of Excavation and Filling Works of Kandıra Food Specialized Organized Industrial Zone in Terms of Kandıra Prison Lodging

Doç. Dr. Ercan ARPAZ

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

earpaz@kocaeli.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6309-5356

Öz

Günümüzde inşaat faaliyetlerinin büyük alanlarda gerçekleştirilmesi patlatmalı kaya kazılarını bazen vazgeçilmez kılmaktadır. Bu durum patlatma işlemlerinde firmalar ile çevre halkını karşı karşıya getirmekte ve faaliyetlerin aksamasına neden olabilmektedir. Bu çalışmada Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi kazı/dolgu faaliyetleri kapsamında yapılan patlatmalı kaya kazılarının oluşturduğu titreşimlerin izlenmesi ve sonuçlarının yakındaki bulunan Kandıra Cezaevi Lojmanları kapsamında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu değerlendirmede 4 farklı atım gerçekleştirilmiş ve atım noktasına en yakın binanın tabanı ve en üst kattan eş zamanlı olmak üzere mevzuat ve standartlara uygun olarak ölçüm ve değerlendirmeler yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre test denemesinde kullanılan patlatma paterninin Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre sınır değerleri aşmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Patlatma Kaynaklı Titreşimler, Tepe Parçacık Hızı, Tepe Parçacık Frekansı, Yapısal Hasar, Titreşimin İnsan Algısı.

Abstract

Nowadays, the fact that construction activities are carried out in large areas sometimes makes blasting rock excavations indispensable. This situation brings companies and the local people face to face during blasting operations and may cause disruption of activities. In this study, it is aimed to monitor the vibrations created by the blasting rock excavations carried out within the scope of the excavation/filling activities of Kandıra Food Specialized Organized Industrial Zone and to evaluate the results within the scope of the Kandıra Prison Lodgings located nearby. In this evaluation, 4 different blasts were performed and measurements and evaluations were made simultaneously from the base and the top floor of the building closest to the shot point in accordance with the legislation and standards. According to the measurement results, it was seen that the blasting pattern used in the test trial did not exceed the limit values according to the Environmental Noise Control Regulation.

Keywords: Blast Induced Vibrations, Peak Particle Velocity, Peak Particle Frequency, Structural Damage, Human Perception of Vibration.

1. Giriş

İnşaat sektörünün temel amaçlarından birisi insanoğlunun gereksinin duyduğu yapı ve yapısal unsurların inşasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için genellikle zemin ve kaya kazı işlemlerine ihtiyaç duymakta ve bu nedenle; insan gücü, mekanik araçlar, hidrolik ve delme-patlatma teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Delme-patlatma teknolojisi, özellikle diğerlerinin uygulanamaması veya uygulandığında beklenen ekonomik sonucu vermemesi durumlarında yaygın bir kullanım bulmaktadır.

İnşaat faaliyetlerinde temel ve en önemli süreci oluşturan kazı işlemlerinin makine veya diğer yöntemlerle gerçekleştirilmesinin, kayaçların madde/kütle özellikleri ve kullanılmakta olan teknoloji ile sınırlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle; pek çok halde delme-patlatma teknolojisi, doğrudan kazı veya gevşetme kazısı olarak büyük bir önem arz etmekte ve ekonomiklik ölçüleri içinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde; madencilik sektörü başta olmak üzere, inşaat, taş ocakçılığı, petrol arama ve üretim faaliyetleri, tarım ve ormancılık sektörü, alt yapı hizmetleri, endüstriyel ve askeri alanlar gibi kayacın yerinden sökülmesinde patlatma teknolojisi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yeraltı, açık ocak, yol ve temel açma amacıyla gerçekleştirilen patlatmalardan kaynaklanan, yaşayanlar ve doğal ve/veya yapay yapılar açısından olumsuz etki yapan şikayetlere sebep olan çevresel etkilerin başında patlatma kaynaklı titreşimler (yersarsıntısı ve hava şoku) gelmektedir. Bu çevresel etkiler, bölgede yaşayan insanlar ve yapılar üzerinde birtakım etkiler oluşturabilmektedir. Ancak bu etkilerin derecesi uzun zamandır ülkeler ve bölgeler bazında yapılan bilimsel çalışmalarla sınıflandırılmış ve yönetmeliklerle sınır değerler belirlenmiştir. Dolayısıyla, konu patlatmadan kaynaklanan bu titreşimlerin hissedilip hissedilmediğinden ziyade bu sınır değerlerin aşılp aşılmadığı noktasında tartışılmaktadır ve tartışılmalıdır.

Bu çalışmada, Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi kazı dolgu faaliyetleri kapsamında yapılan patlatmaların Kandıra Cezaevi Lojmanları üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesi ve mevzuat açısından uyumunun kontrolü amacıyla yapılan deneme atımlarının ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesine yer verilmiştir.

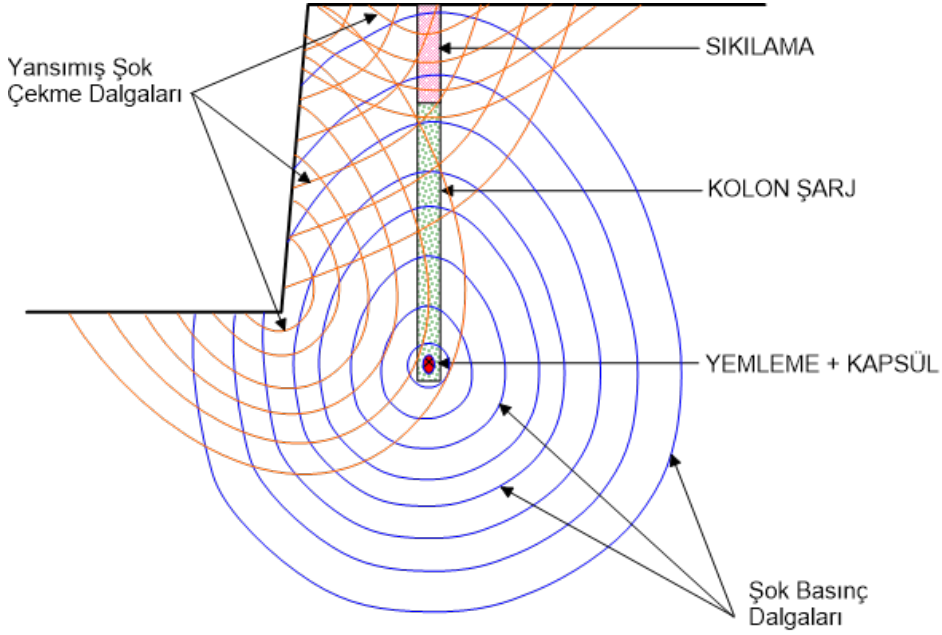
1.1. Patlatmalı Kazı Mekanizması

Kayaları gevşetmek veya parçalamak amacıyla kullanılan patlayıcı maddelerin istenen sonucu yaratması onların kayanın belirli bir bölümüne aniden ve çok büyük miktarda enerji verebilme kabiliyetlerinde yatmaktadır. Delikteki patlayıcı madde ateşlendiğinde bir saniyenin binde biri gibi çok kısa bir sürede oluşan hidrodinamik reaksiyon sonucu patlayıcı enerjisi, çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gaz şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 1). Ortaya çıkan bu enerji, deliği çevreleyen kaya üzerinde balyoz darbesi şeklinde etki yapmakta, böylece deliği çevreleyen kayaya uygulanan çok büyük basınçlar kayanın

kırılıp parçalanmasına yol açmaktadır (Ash,1963,Arpaz,2000).

Delğe konulup sıkılaması yapıldıktan sonra patlayıcı maddenin parçalanma ve ötelenmeye kadar geçen olayları dört temel aşamada incelenebilmektedir (Jimeno, 1995, Langefors, 1963, Persson 1994, Görgülü 2012).

- i. Detonasyon
- ii. Şok ya da birim deformasyon dalgalarının yayılımı
- iii. Gaz basıncının yayılımı
- iv. Kütle taşınması



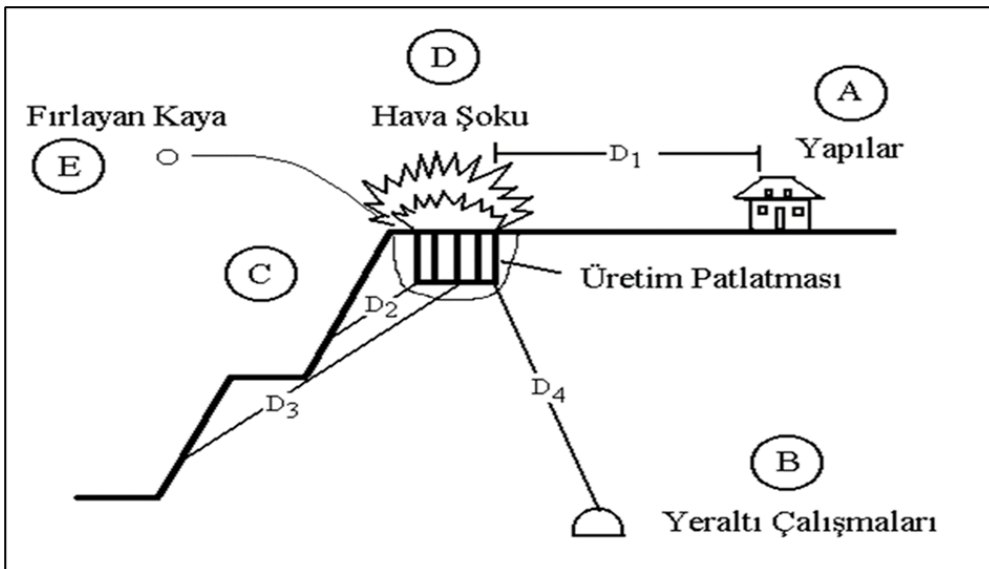
Şekil 1. Detonasyon Boyunca Gerilme Dalgalarının Kaya İçerisinde Yayılımı.

1.2. Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler

Madencilik, inşaat, taş ocaklığı, boru hattı gibi çeşitli sektörlerin vazgeçilmez işlemlerinden birisi olan patlatma zaman zaman çevresel problemlere neden olabilmektedir. Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkilerle ilgili şikayetler; daha büyük atımlara duyulan ihtiyaçla birlikte nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak giderek artmaktadır. Patlatmanın çevresel etki

alanları Şekil 2'de gösterilmektedir. Yer sarsıntısı, gürültü, fırlayan kaya ve toz gibi problemler, işletmenin yakınlarındaki yöre halkı kadar işletme personeli ve ekipmanı içinde büyük sorunlar yaratabilmektedir (Arpaz 2000, Görgülü 2012).

Bu çalışmada bu çevresel etkilerden özellikle yersarsıntısı, hava şoku üzerinde durulmuş ve değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler.

1.2.1. Yersarsıntısı

Kayacın içinde patlatılan patlayıcı maddenin yarattığı sismik dalgalar; kaya ortamında bir noktadan bir noktaya ulaşan enerji transferini temsil etmektedir. İlk başta ortama yeni giren enerji, ortamdaki denge konumunu bozarak yer değiştirmeye neden olmaktadır. Eğer, ortam yeni gelen enerjiye elastik özellik göstermezse, enerji sönmekte ve sadece titreşimi azalmış dalgalar yansımaktadır. Elastik özellik gösterdiğinde ise bozulan ortamın sonucu olarak komşu ortamlar denge konumundan ayrılarak yay-ağırlık mekanizmasına benzer bir şekilde salınım meydana getirmektedir. Böylece bozulan ortamın her elementi, salınımın özelliklerini diğer elementlere de geçirerek ortamda dalga hareketi oluşmaktadır.

Patlatma kaynaklı yersarsıntıları çevrede bulunan yapısal unsurlara oluşan sarsıntının genlik (parçacık hızı) ve frekansına bağlı olarak önemli hasarlara yol açabilmektedir. Patlatma kaynaklı yersarsıntıları patlama olayının ortaya çıkardığı doğal bir sonuç olup burada önemli olan etkisi minimize edilmiş atım uygulamalarının gerçekleştirilmesinin sağlanmasıdır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar bu bağlamda iki ana noktada birleşmektedir. Birincisi patlatmaların ortamda çıkardığı yersarsıntıların modellenmesi, ikincisi ise bu modellerin kullanılarak atımların kontrol altına alınmasıdır.

Bu amaçla literatürde en az 30 ölçüm yapılması ve bu ölçümlerden yola çıkarak kontrollü patlatmaların uygulanması yönünde görüş birliğine varılmıştır. Elde edilen bu ölçümler denklemdaki saha sabitleri olarak verilen parametrelerin elde edilmesini sağlayarak atımların hasarlarını kontrol altına almak ve mevzuat hükümlerini sağlayabilmek amacıyla kontrollü atım tekniklerinin uygulanmasını sağlayacaktır.

$$PPW = K * \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^\beta$$

Burada;

PPV: Tepe parçacık hızı (mm/sn)

R: Patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki mesafe (m)

W: Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

K ve β : Saha sabitleri.

1.2.2. Hava Şoku

Patlatma sonucu, kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla ve erken boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluştururlar. Önlemlerin alınmadığı koşullarda gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaşarak hava şoku

dalgalarına dönüşür (Jimeno, 1995).

Şok dalgaları çoğunlukla insanlarda psikolojik rahatsızlıklara neden olmakta, patlamanın kendilerine zarar vereceği endişesi yaratmaktadır. Atmosferde yol alarak binalara ulaşan şok dalgaları cam ve gevrek çerçevelerin titreşimlerine yol açmaktadır. Zaman zaman hava şok dalgaları şiddetli olabilmekte ve yapılarda hasara yol açabilmektedir. En belirgin hasar cam kırılmasıdır.

Hava şoku dalgasının yayılması, sıcaklık, rüzgâr ve yükseklik gibi atmosferik ve topografik koşullara bağlıdır. Belirli bir uzaklıktaki bulut kapallılığı bile bazen basınç dalgasının yere yeniden yansımaya neden olur.

Hava şokları patlatmadan kaynaklanan hava basınç dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Yüksek frekanslı basınç dalgaları duyulabilmektedir. Düşük frekanslı olanlar ise etki ettiği yapılarda tıkrıtlar oluşturduğunda duyulabilmektedir. Hava şoku düzeyi patlatma, arazi ve hava koşullarına bağlı olmaktadır. Patlatmadan kaynaklanan hava şokları yapılarda kırık ve çatlaklara, pencerelerde kırılmalara ve insanların rahatsız olmasına neden olabilmektedir. Hava şoklarının insanları rahatsız etmesi, insanların yapı içerisinde ve yapı dışında olmalarına göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık hava şoklarının binaya ulaşması sonrasında binanın yapısal özellikleri nedeniyle çıkardığı seslerden kaynaklanmaktadır.

2. Mevzuat ve Sınır Değerler

Gelişmiş ülkeler, patlatma kaynaklı titreşimlerin yapılara verdiği hasarları önlemek ve işletmeciler ile halkı karşıya getirmemek amacıyla, yıllar önce gerekli önlemleri almışlar ve bu konularla ilgili olarak sınır değerleri içeren belgeler yayınlamışlardır (Arpaz, 2000).

Ülkemizde ise bu konuların gündeme gelmesi nispeten yenedir. Ülkemizde konu ile ilgili akademik çalışmalar 1990'ların ortasından itibaren başlamış olup konu maden mühendisliği uzmanlık alanında yer bulmuştur. Ülkemizdeki bu konu ile ilgili ilk yönetmelik olan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC) 01.08.2005 tarihinde yürürlüğe girmiş 04.06.2010 tarihinde revizyona uğrayarak 2022 yılına kadar yürürlükte kalmıştır. Bu yönetmelik 30.11.2022 tarihinde "Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği" olarak başlığı değiştirilerek son halini almıştır.

Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nin "Çevresel Gürültü ve Titreşimin Yönetimi" konulu Dördüncü Bölüm 15. Maddesi aşağıda verilmiştir.

Çevresel titreşim değerlendirme yöntemleri

MADDE 15- (1) Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunulan alanlardaki patlatmalarda; oluşacak hava şoku, taş savrulması, titreşim gibi çevresel etkilerin asgari düzeyde tutulacağı bir patlatma paterni uygulanır. Ek-2'deki Tablo 3'te yer alan usul ve esaslara göre, patlatma yapılan alanın yakınındaki bina ve yapıların korunması için alınan tedbirler hazırlanan akustik raporlar içerisinde detaylı olarak açıklanır.

2.1. Yersarsıntısı

Yersarsıntısı ile ilgili müsaade edilebilir tepe parçacık hızı Tablo 3 ile tanımlanmıştır (Tablo 1). Yönetmelikte yer alan sınır değerleri Yönetmeliğin eklerinden olan Ek-2'de yer alan değerlerin grafiğe aktarılmış hali Şekil 3'te görülmektedir.

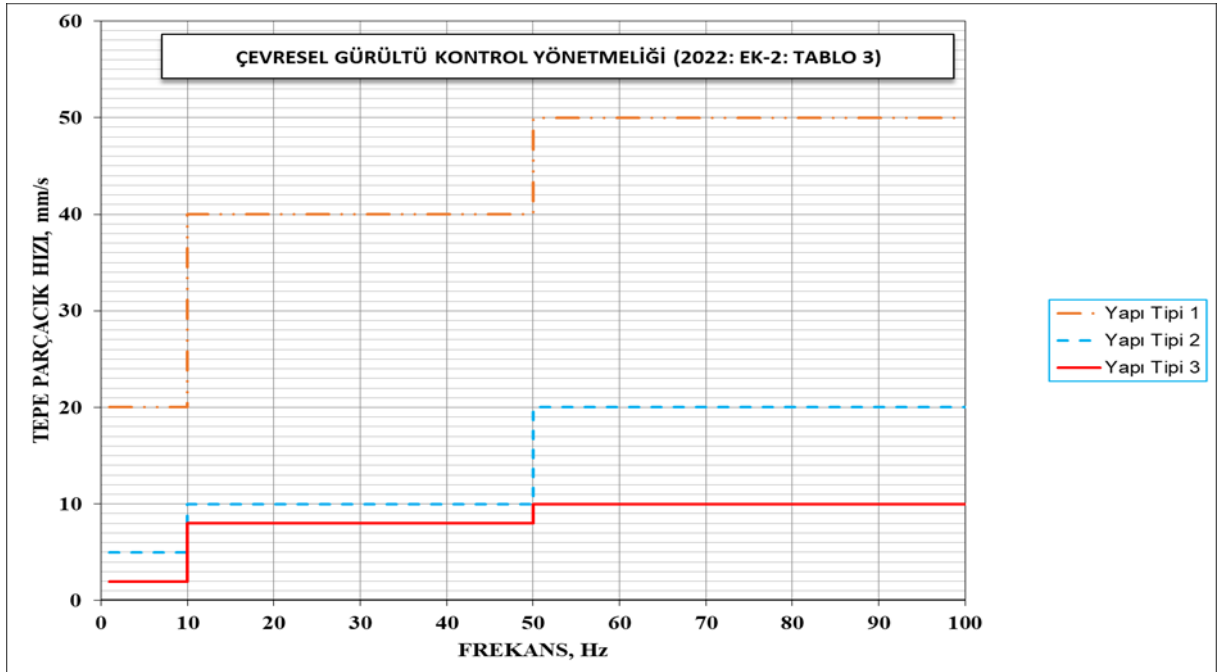
Tablo 1: Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlatma Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapıda Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri.

Yazı Tipi	Binaların Temelinde En Yüksek Titreşim Hızı (mm/s) (frekansa göre, f=Hz)			Tüm Frekanslar için en üst katın döşemesinde (tabanında) ⁽²⁾
	f = 1-10	f =10-50	f =50-100 ⁽¹⁾	
1 Endüstriyel binalar	20	40	50	40
2 Evler, tuğla ve beton gibi dayanıklı yapılar	5	15	20	15
3 Titreşime duyarlı olup 1. ve 2. maddenin dışında kalan binalar, tarihi ve doğal yapılar ⁽³⁾	2	8	10	8

(1) 100 devir/s büyük frekanslar için, büyük titreşim düzeyine izin verilebilir.

(2) Birden fazla katlı binalar için, ölçümlerin hem binaların temelinde hem de en üst katın döşemesinde alınması gerekir.

(3) Tarihi ve doğal yapılar için belirlenen bu sınır değerler, yerinde yapılacak hassas, kapsamlı titreşim ölçümleri ve bilimsel çalışmalar ile kısıtlanabilir.



Şekil 3. ÇVK Yönetmeliğine Göre Müsaade Edilebilir Tepe Parçacık Hızı Değerleri (Arpaz, 2023).

Tabloda anlaşılacağı üzere izin verilen en yüksek titreşim hızı değerleri başka bir ifadeyle yersarsıntısı değerleri frekansa bağlı olarak yapı ve kullanım tarzına bağlı olarak 3 farklı yapı tipine göre verilmiştir. Konu ile yapılan çalışmalar göstermiştir ki yersarsıntısının hasar derecesi sarsıntının hızı ile frekansına bağlı olarak değişmektedir. Grafikte çizginin üstünde kalan değerler hasar oluşabileceğini altındaki değerler ise hasar beklenmediğini yani emniyetli bölgeyi ifade etmektedir.

2.1.1. Hava şoku

Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde farklı iş kolları ile ilgili gürültü sınır değerleri yer alırken, patlatma sonucu oluşan hava şoku ile ilgili herhangi bir kriter belirlenmemiştir. İşitilebilir gürültü seviyeleri için (20-20.000 Hz) darbe gürültüsü sınır değeri $LC_{max} = 100$ dBC ile sınırlanmıştır. Ancak söz konusu yönetmelikte hava şoku (20 Hz altı) kriteri olmadığı için ABD tüzüğünde yer alan sınır

değerler kullanılmıştır (Rosenthal 1987). Bu tüzüğe göre sınır gürültü değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

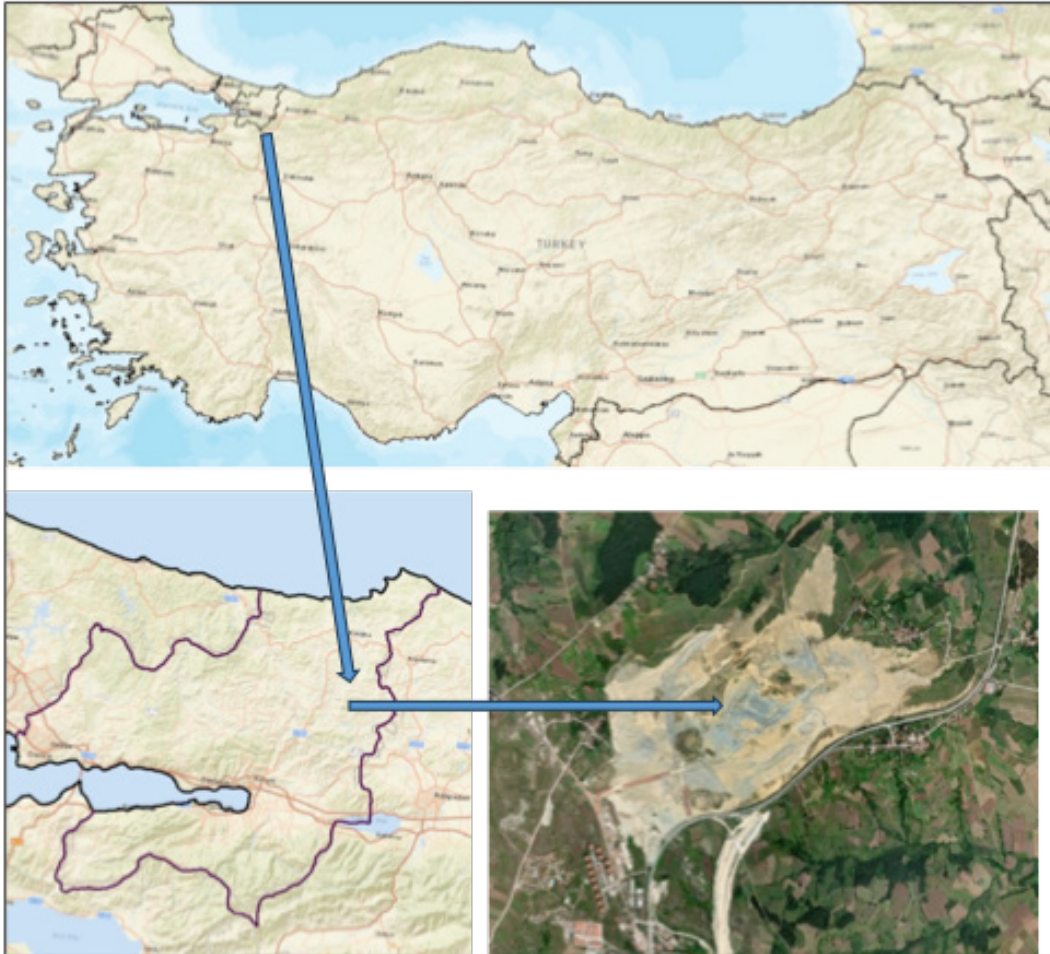
Tablo II: Cihazın Frekans Bandına Uygun Olarak İzin Verilen En Yüksek Gürültü Düzeyleri.

Ölçüm sisteminin düşük frekans limiti (Hz)	Maksimum gürültü seviyesi (dB)
≤ 2 Hz	En yüksek 133
≤ 6 Hz	En yüksek 129

3. Saha Tanıtımı ve Problemin Tanıtımı

3.1. Saha Tanıtımı

Saha Kocaeli ili, Kandıra İlçesi, Kocakaymaz Mahallesi hudutlarında olup Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü yönetim ve denetiminde kazı-dolgu ve alt yapı düzenleme faaliyetlerine devam etmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Yerbulduru Haritası.

Sahada halihazırda iki farklı bölgede patlatmalı kazı faaliyetleri devam etmekte olup bunlardan birincisi ana dolguda kullanılan kiltaş bölgesi ikincisi de üst dolgu için kullanılan killi kireçtaş bölgesidir. Her iki bölgede kullanılan patlatma tasarımları amaca bağlı olarak farklılıklar arz etmektedir.

Killi kireçtaş sahanın güney sınırında yer almakta olup sahada üst dolgu amacıyla kullanılacak özelliklere sahip yegâne yapıyı içermektedir. Ayrıca burası organize sanayi bölgesi parsellerinden olup kaya dolgu üretim amacı dışında saha düzenleme amaçlı kazı çalışması gerekmektedir.

Çalışma konusu sahada kayaçların dayanım ve kazılabilirlik özelliklerinin yanı sıra projenin zaman kısıtları, üretimin ekonomik ve verimli bir şekilde gerçekleşmesini temin amacıyla patlatmalı kaya kazısına geçilmesine karar verilmiştir.

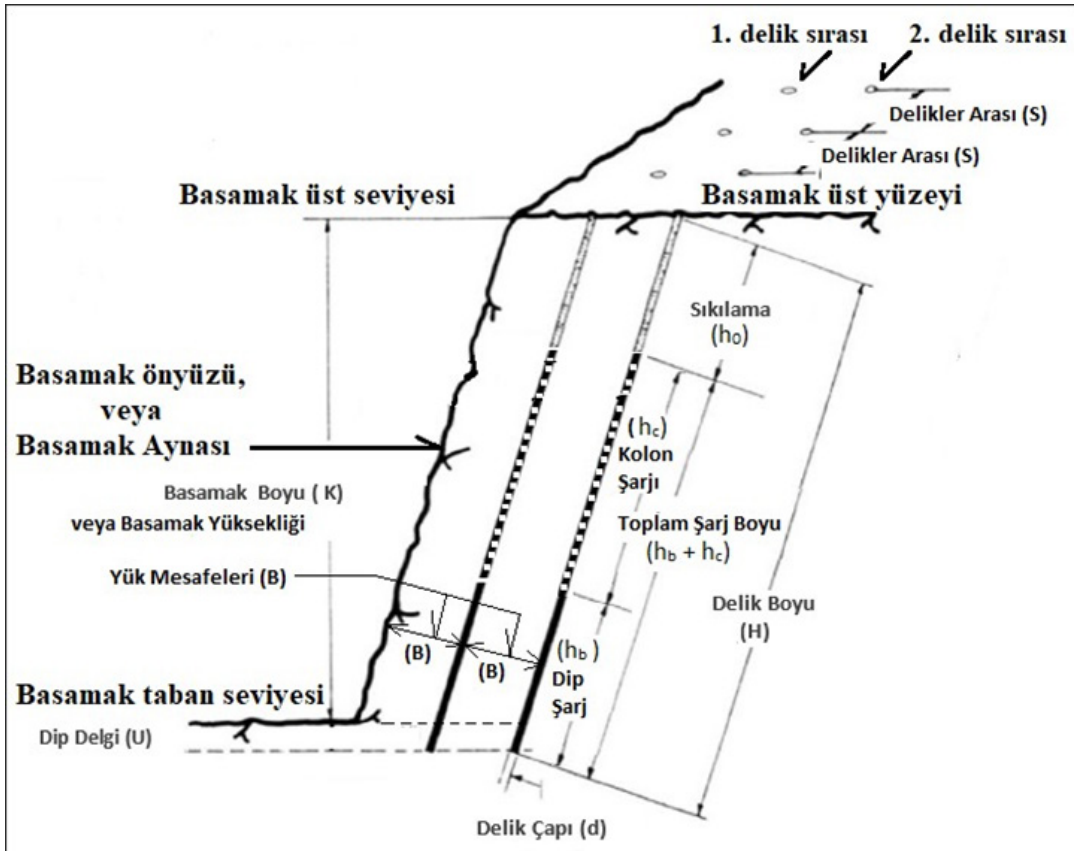
Patlatmalı kaya kazıları patlayıcı madde kullanılarak kayaçların kırılması (parçalanması), ötelenmesi ve verimli bir şekilde yüklemenin sağlanabileceği tane boyut dağılımına sahip yığınların oluşturulması amacıyla yaygın

olarak kullanılmaktadır.

Etkin bir patlatma tasarımı kaya madde ve kütle özelliklerinin yanı sıra istenen tane boyut dağılımını göz önüne alarak yapılan tasarımıdır. Günümüzde patlatma tasarımı denilince yukarıda ifade edilen istenen özelliklerle birlikte çevresel etkiler (titreşim, gürültü ve kaya fırlaması) gibi istenmeyen özelliklerinde denetim altına alındığı kontrollü patlatma tasarımları akla gelmektedir.

Bu amaçla işletmeden elde edilen veriler, saha gözlemleri ve konu ile ilgili literatürden yola çıkılarak teorik patlatma tasarımları gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımdaki birincil amaç başlangıçta yapılacak patlatmaların proje gereklilerini sağlayacak, riskleri bertaraf edecek tasarım büyüklüklerinin belirlenmesi ve nihayetinde planlanan üretim ve kapasitenin sağlanması için gerekli patlayıcı madde ihtiyaçlarının ortaya konulmasıdır.

Yapılan değerlendirmeler ve çevre kısıtları nedeniyle uygulanacak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve İç İşleri Bakanlığının hazırladığı kılavuzlar kullanılarak hazırlanan patlatma tasarımı bileşenleri (Şekil 5) aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. Basamak Kesiti ve Basamak Patlatması Terimleri.

Kireçtaşı Bölgesi İçin Patlatma Tasarımı

✓ Delik Çapı (d)	: 89 mm
✓ Basamak Yüksekliği (K)	: 6 -7 m
✓ Delik Boyu (H)	: 6 -7 m
✓ Basamak Şev Açısı (α)	: 80°
✓ Delik Eğimi(b)	: 90°
✓ Patlayıcı Madde Cinsi	: ANFO
✓ Patlayıcı Madde Yoğunluğu (P _{exp})	: 800 kg/m ³
✓ Delik Düzeni	: ŞEŞBEŞ
✓ Dilim Kalınlığı	: 2.5 m
✓ Delikler Arası Mesafe	: 3 m
✓ Sıklama Boyu	: 4 m
✓ Şarj Boyu	: 2 - 3 m
✓ Delikteki ANFO Miktarı	: 10- 15 kg
✓ Delikteki Dinamit Miktarı	: 1 kg
✓ Delik İçİ Kapsül	: 25/500 ms

3.2. Problemin Tarifi

Sahada patlatma faaliyetleri devam etmekte olup özellikle Kandıra Cezaevi lojmanları yönündeki patlatmalara yönelik bu bölgedeki yaşayanlar tedirginliklerini dile getirmektedirler. Tedirginliklerin temel sebebi patlatma kaynaklı titreşimlerin binalara zarar vermesi, maddi ve manevi kayıpların yaşanmasından dolayı oluşan korku olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle bölgenin daha önce yaşanmış depremin (17 Ağustos 1999 Marmara depremi) ve ülkemizde yakın zamanda meydana gelen Kahramanmaraş merkezli iki depremin yıkıcı etkilerinin hafızalarda yerini koruması bu korkuların daha üst seviyede olmasına neden olmaktadır. Halkta meydana gelen bu korkular aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Evler yıkılabilir,
2. Evlerin taşıyıcı sistemleri zarar görebilir,
3. Bina sürekli maruz kalınan titreşimlerden dolayı zayıflayıp olası bir depremde yıkılabilir,
4. Eşyalar zarar görebilir.

Yapılan görüşmelerde sahadaki kazı faaliyetlerinin yapılması gerektiği açıkça kabul görmüş yukarıda anılan şikayetlerin çözümü olarak farklı düşünceler ortaya atılmıştır. Bunlar;

1. Patlatmadan vazgeçilip doğrudan kazı ile kazının yapılması,

2. Daha az delik sayısı ile patlatmaların devam ettirilmesi.

Bu çalışmada, yapılan şikayetlerin yerinde titreşimler açısından incelenmesi ve sonuçların değerlendirilebilmesi amacıyla 14.12.2023 tarihinde taraflarında bulunacağı bir şekilde öncelikle bir dizi test atımı planlaması yapılmış ve titreşim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Titreşim ölçümleri planlanırken mevcut mevzuat (Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği) göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

4. Metodoloji

4.1. Test Patlatması Tasarımı

Test patlatması planlanırken titreşimlerin mevzuat sınırlarını sağlaması durumunda sonraki patlatmalarda da uygulanması düşünülen tasarım kullanılmıştır.

Kireçtaşı Bölgesi İçin Patlatma Tasarımı

✓ Delik Çapı (d)	: 89 mm
✓ Basamak Yüksekliği (K)	: 7 m
✓ Delik Boyu (H)	: 6 m
✓ Basamak Şev Açısı (α)	: 80°
✓ Delik Eğimi(b)	: 90°
✓ Patlayıcı Madde Cinsi	: ANFO
✓ Patlayıcı Madde Yoğunluğu (P _{exp})	: 800 kg/m ³
✓ Delik Düzeni	: Tek sıra
✓ Dilim Kalınlığı	: 3 m
✓ Delikler Arası Mesafe	: 4 m
✓ Sıklama Boyu	: 4 m
✓ Şarj Boyu	: 2 m
✓ Delikteki ANFO Miktarı	: 10 kg
✓ Delikteki Dinamit Miktarı	: 1 kg
✓ Delik İçİ Kapsül	: 25/500 ms

Test patlatması sırasında; titreşim miktarının belirlenmesi, mesafenin etkisi, delik sayısının etkisi ve kat yüksekliğinin etkisini belirleyebilmek amacıyla atım sayısı, delik sayısı ve ölçüm noktaları önceden belirlenmiş ve uygulanmıştır. Bu amaçla farklı uzaklıklarda ve delik sayısında 4 atım planlanmış, yönetmeliğin öngördüğü şekilde en yakın binanın taban ve en üst katında aynı andaki ölçüm alınmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Deneme Atım Bölgeleri.

4.2. Ölçüm Ekipmanı ve Yerleşimi

Ölçümlerde iki adet Instantel marka Minimate plus model patlatma titreşim ölçer cihazı kullanılmıştır. Cihaz 4 kanallı olup 3 kanal titreşim bileşenlerinin (Enine (T), Boyuna (L) ve Düşey (V)) ve bir kanal da hava şoku ölçümünü gerçekleştirmektedir. Yönetmelikte tanımlandığı üzere cihazlardan biri binanın bodrum kat tabanına diğeri en üst kat tabanına yerleştirilmiş eş zamanlı olarak ölçüm alınmıştır.

5. Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Metodolojide belirtilen tasarım ve cihazlar kullanılarak yapılan atımlardan elde edilen cihaz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Ölçüm sonuçlarına göre Tablo 2'de koyu renkle işaretlenen değerler her bir atım için tepe parçacık hızı değeri olarak alınmakta ve yönetmeliğe göre nihai değerlendirmeler bu veriler kullanılarak yapılmaktadır.

Tablodan anlaşılacağı üzere tepe parçacık hızı değerleri 1.14 - 13.72 mm/s ve bu değerlerin frekansları 20.5 - 34.7 Hz arasında değişmektedir.

Tablo III: Ölçüm Sonuçları.

Atım No	Delik Sayısı	Cihaz Konumu	Mesafe	Enine		Boyuna		Düşey		Bileşke	Hava Şoku
				R	PPVT (mm/s)	Hz	PPVL (mm/s)	Hz	PPVV (mm/s)		
1. Atım	30	Taban	110	2.6670	22.3	2.1590	23.3	3.5560	23.0	4.0261	114
		En Üst Kat	110	2.4130	15.6	3.0480	14.8	13.7160	23.0	13.8360	122
2. Atım	10	Taban	99	2.5400	34.7	1.2700	107.8	2.5400	34.7	3.0926	112
		En Üst Kat	99	2.1590	31.0	1.7780	34.7	8.6360	30.6	8.7703	121
3. Atım	19	Taban	100	2.2860	30.1	1.9050	37.2	1.9050	24.4	3.2873	112
		En Üst Kat	100	1.3970	18.0	2.2860	19.1	5.4610	24.7	5.6426	116
4. Atım	20	Taban	148	1.1430	20.5	1.0160	17.2	0.8890	23.5	1.3320	109
		En Üst Kat	148	0.8890	25.9	1.2700	21.3	2.5400	22.0	2.6670	113

Tüm deliklerde patlayıcı madde miktarı aynı olup 10 kg ANFO ve 1 kg Dinamit kullanılmıştır.

5.1. Mevzuat Açısından Değerlendirme

Çalışma sahasındaki yapılar yönetmeliğe göre 2. yapı tipi-ne girmekte olup ölçüm sonuçlarından görüldüğü üzere ölçülen titreşimlerin frekans aralığı 10- 50 Hz aralığında olup bütün değerler 15 mm/s müsaade edilebilir parçacık hızı sınır değerlerinin altında gerçekleşmiştir.

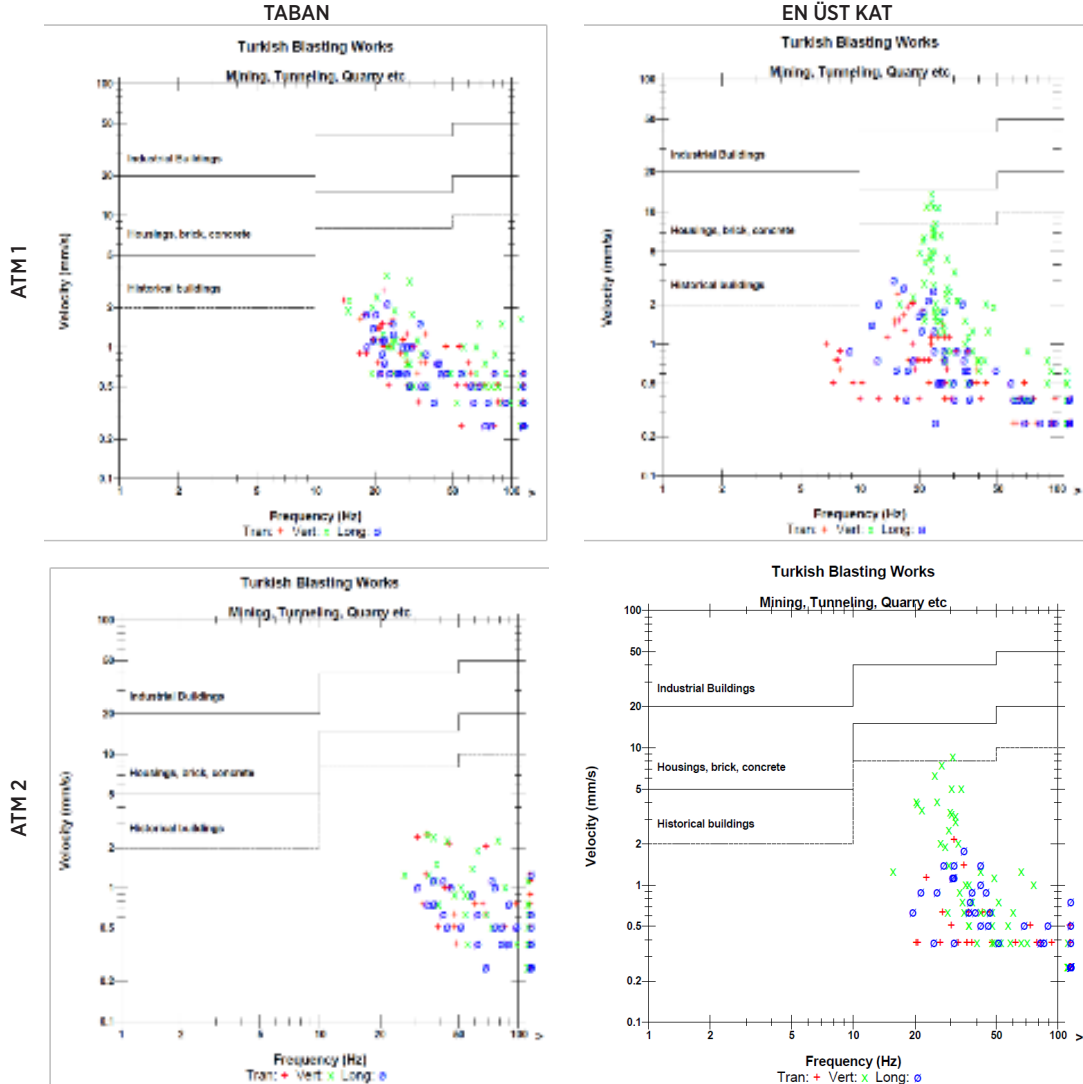
Yönetmeliğe göre verilen sınır değerlere bağlı olarak yapı-lan değerlendirmelerde parçacık hızı bileşenlerinin (eni-ne, boyuna ve düşey) hiçbiri sınır değerleri aşmamaktadır. Her bir atımın ölçüm noktalarına bağlı olarak bileşenler bazında tepe parçacık hızı değerlerinin sınır değerlere göre dağılımı cihaz çıktılarında Şekil 7'de gösterilmektedir.

5.2. Şikayetler Açısından Değerlendirme

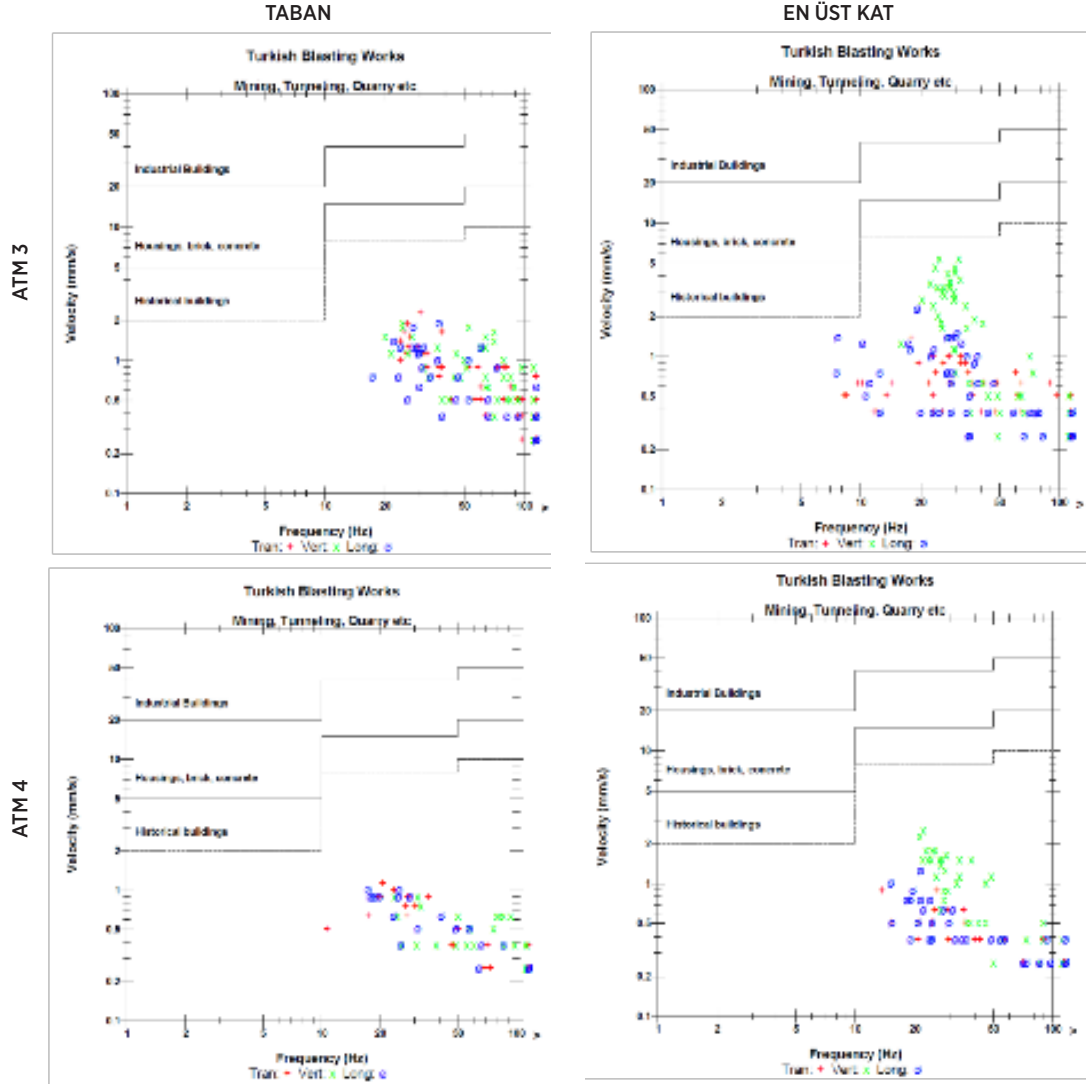
Mevzuat değerlerini karşılamasına rağmen şikayetlerin varlığı, patlatmaların şikayetler açısından da değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Şikayetlere göre değerlendirildiğinde;

i. Bazı evlerde hasarlar olduğu ifade edilmiş ve fotoğraflanmıştır.

Yapılan ölçüm sonuçlarına göre normal şartlarda hasar oluş-ması mümkün görünmemektedir. Fakat bazen normal şartlar-da bozulmalar oluşabilmektedir. Hasar oluşan yerlerdeki yapı ve yapım tarzı, zamana bağlı olarak oluşan yapılarıdaki deforma-syonlar bu hasarlanmalara sebebiyet verebilmektedir. Buna ek olarak meydana patlatma sonucu oluşan titreşimler bu hasar-ların ilerlemesine ve görünebilir olmasına neden olabilmektedir.



Şekil 7. Tepe Parçacık Hızı Değerlerinin Yönetmelik Hasar Kriterine Göre Değerlendirmesi.



Şekil 7. Tepe Parçacık Hızı Değerlerinin Yönetmelik Hasar Kriterine Göre Değerlendirmesi (Devamı).

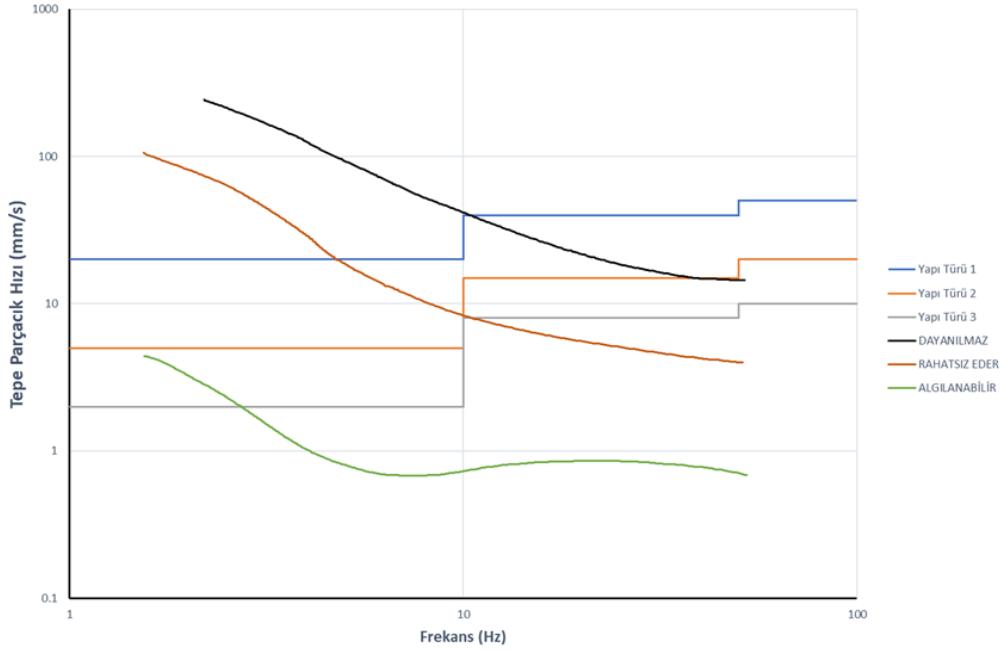
ii. Hane halklarının tedirgin olduğu ifade edilmiştir.

Yapılan ölçüm sonuçları ve patlatma kaynaklı titreşimler bilimi açısından incelendiğinde tedirginliğin oluşması insanların titreşimi algılama ölçeği açısından haklıdır.

Patlatma kaynaklı çevresel titreşimlerin yönetmelikte var olan

sınır değerleri yapılar açısından konulan değerlerdir. Yani insan algılamasından ziyade titreşimin yapı tarafından nasıl algılandığı ve hasar oluşturmayacak bir değere sahip olması göz önünde bulundurulur.

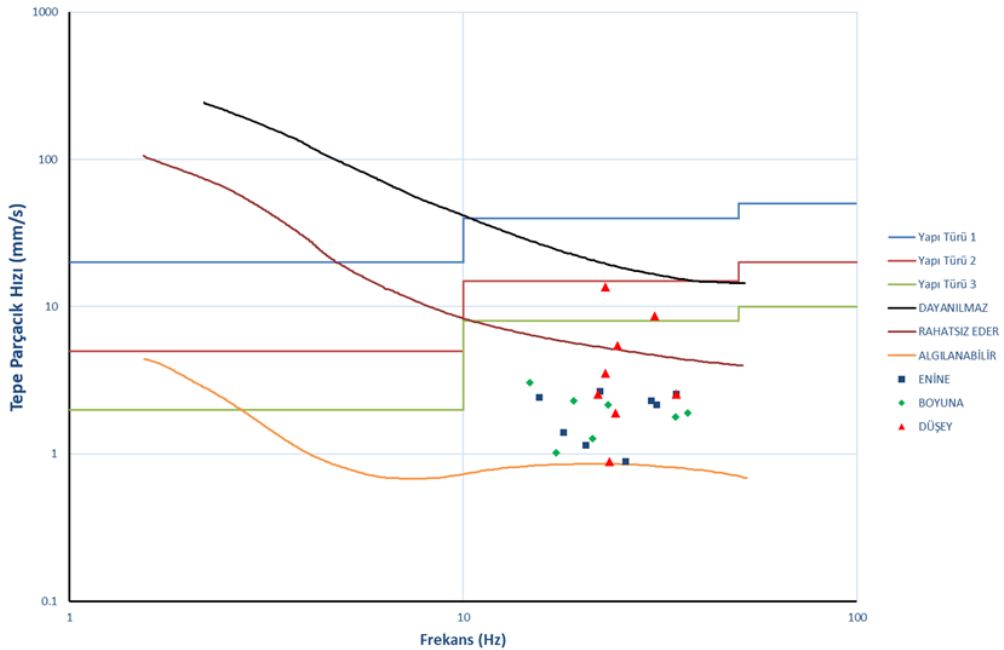
İnsanların ve yapıların titreşim genliği (mm/s) ve frekansa bağlı olarak tepkileri Şekil 8'de sunulmuştur (Siskind,1980).



Şekil 8. Titreşimleri Yapı ve İnsan Algısı.

Şekilden de görüleceği üzere yapılarda düşük frekanslarda sınır değerler düşerken başka bir ifadeyle yapının olumsuz etkisi artarken, insanlarda bu etki frekans değeri yükseldikçe artmaktadır.

Ölçüm sonuçları yönetmelik sınır değerleri ve insan algısı sınırlarına göre grafiğe yerleştirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Ölçüm Sonuçlarının Algı Dağılımı.

Şekilden görüldüğü üzere tüm titreşim değerleri yapı türü 2 için sınır değerlerin altında kalırken, insan algısı açısından tüm

titreşimler algılanabilir sınırının üzerinde, 3 düşey tepe parçacık hızı değeri ise rahatsızlık seviyesinin üstünde olmuştur.

6. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi kazı dolgu faaliyetleri kapsamında yapılan kireçtaşı bölgesi patlatmalarının Kandıra Cezaevi Lojmanları üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesi ve mevzuat açısından uyumunun kontrolü amacıyla yapılan deneme atımının ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda sahada ölçüm faaliyetleri standartlara ve mevzuata uygun olarak gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar problem tanımı bazında değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda halkta oluşan kaygı ve ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında;

1. Evler yıkılabilir: Ölçüm sonuçlarına göre Tepe parçacık hızı değerleri 1.14 - 13.72 mm/s ve bu değerlerin frekansları 20.5 - 34.7 Hz arasında değişmektedir. Binalarda yıkılma olayının gerçekleşebilmesi için taşıyıcı sistemlerin hasar görmesi gerekmektedir. Betonun titreşim kaynaklı hasarlanması için 1000 mm/s'nin üzerinde bir parçacık hızı oluşması gerekmektedir.

Ölçülen değerler böyle bir hasarı oluşturabilecek nicelikte değildir.

2. Evlerin taşıyıcı sistemleri zarar görebilir: Yukarıda ifade edildiği gibi taşıyıcı sistemlerde hasar oluşturma ihtimali söz konusu değildir.

3. Bina sürekli maruz kalınan titreşimlerden dolayı zayıflayıp olası bir depremde yıkılabilir: Binaların tekrarlayan titreşimlerden dolayı zayıflaması söz konusu değildir. Zayıflamanın oluşabilmesi için betonda hasar oluşturabilecek sınır sarsıntı değerinin üzerinde tekrarlı titreşimlere maruz kalması ve binaların statik tasarımlarında baz alınan emniyet katsayılarının aşılması gerekmektedir.

Özellikle deprem sonrası hasarlanan binalarda gözlemlenen bu durum mevcut koşullar altında çalışma sahası için mümkün değildir. Patlatma kaynaklı titreşimler daha önce tarafımdan yapılan bir çalışmada 2-3 şiddetinde bir depreme tekabül ettiği göz önüne alındığında gerek 17 Ağustos gerekse 6 Şubat depremleri sonrasında meydana gelen artçıların

büyüklik ve sayılarına göre buralardaki tüm yapıların hasarlanması gerekecektir.

4. Eşyalar zarar görebilir: Normal şartlarda çevresel titreşim sınır değerleri ülkedeki yapı stoğuna göre belirlenmekte olup amaç yapının herhangi bir şekilde hasarlanmasını engellemek amacıyla belirlenmektedir. Ülkemiz yönetmeliği de bu kriterler göz önüne alınarak çıkarılmış olup mevzuat yapı stoğuna göre (Aralık 2022 tarihinde) yenilenmiştir.

Bu sınır değerlerin belirli bir emniyet katsayısı gözetilerek çıkartıldığı özellikle yürürlükteki yönetmeliğin sınır değerleri birçok ülkedeki sınır değerlerin altında (daha güvenli bölgede) olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle böyle bir olumsuzlukta beklenmemektedir.

Problem tarifinde belirtildiği üzere dile getirilen çözüm önerileri patlatmalı kaya kazıları bilim ve tekniği bazında değerlendirildiğinde;

1. Patlatmadan vazgeçilip doğrudan kazı ile kazının yapılması: Doğrudan kazı bazı uygun koşullarda kabul edilebilir ve uygulanabilir bir kazı metodolojisidir. Saha özelinde bu durum irdelendiğinde sahada kazının ekskavatör vasıtasıyla yapılması mümkün görünmemektedir. Bu durumda sahada kırıcının kullanılması gerekecektir ki planlanan üretimin planlanan zaman dilimi içerisinde gerçekleşebilmesi için çoklu kırıcı çalıştırmak gerekecektir.

Kırıcı çalıştırılması durumunda her gün ve tüm gün boyunca aktif bir gürültü problemi oluşturacaktır ki bu da hane halklarının daha fazla rahatsızlığına sebebiyet verecektir. Daha önceki yapılan çalışmalar, gözlemler ve tecrübeler bu durumu teyit etmektedir.

2. Daha az delik sayısı ile patlatmaların devam ettirilmesi: Delik sayısı titreşimlerin oluşması ve gelişmesi açısından günümüz patlayıcı teknolojilerinde önemli bir parametre değildir (Yuvka, 2017). Her bir delik kendi zaman dilimi içerisinde gecikmeli olarak patlamakta olup delik sayısının fazlalığı sadece titreşimin süresini etkileyebilmektedir. Bu süre de saniye mertebesindedir. Bu durum ölçüm sonuçlarından bariz bir şekilde görülmektedir.

Tablo IV: Ölçüm Sonuçlarına Ait Özet Bilgiler.

Atım No	Delik Sayısı	Mesafe (m)	Tepe Parçacık Hızı (mm/s)		Titreşim Süresi (sn)
			Taban	En üst Kat	
1. Atım	30	110	3.5560	13.7160	1.5
2. Atım	10	99	2.5400	8.6360	0.5
3. Atım	19	100	2.2860	5.4610	0.8
4. Atım	20	148	1.1430	2.5400	0.5

Az delik sayısı ile patlatmaların yapılması patlatma sıklığını artıracak olup şikayetlerin daha fazla olmasına neden olacaktır. Her gün yapılacak bir ve daha fazla patlatmanın yerine ihtiyaç duyulan üretimi sağlayacak delik sayısına sahip haftada bir veya iki defa yapılacak patlatma programı ile daha az rahatsızlık yaratılacaktır. Sonuç olarak çalışma konusu sahada ölçümü gerçekleştirilen patlatma sonuçları açısından ülkemizdeki mevzuat açısından herhangi bir sıkıntı tespit edilememiştir. Fakat ilerde daha yakın bölgelerde yapılacak patlatmalarda gecikme başına patlayıcı madde miktarlarının

azaltılarak (ara sıklımalı çift yemleme) patlatmaların tasarlanmasına ihtiyaç duyulabilecektir.

Teşekkür

Yazar bu çalışmanın yapılabilmesi için ortam koşullarını sağlayan ve desteklerini esirgemeyen Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Yönetimi'ne ve GOGUSER İnş. ve Yapı Malz. Beton San. Tic. Ltd. Şti.'ne teşekkürlerini sunar.

Kaynakça

- Arpaz, E., (2000). Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, Sivas.
- Arpaz, E., (2012). Maden ve Taşocaklarında Patlatmalar ile Oluşan Gürültü ve Titreşimlerin Değerlendirilmesi, Fizik Mühendisleri Odası, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Gürültü Şubesi, Seminer, Ankara.
- Arpaz, E., (2023) Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Değerlendirilmesi İçin Bir Bilgisayar Programı, BLASTVIB V.2023, Kocaeli.
- Ash RL (1963). The Mechanics of Rock Breakage. Pit and Quarry. Part I, pp.98-112 (Aug); Part II, pp.118-123 (Sept); Part III, pp.126-131 (Oct); Part IV, pp.109-118 (Nov).
- Görgülü, K., Arpaz, E., Demirci, A., Büyüksaraç, A., Uysal, Ö., Durutürk, Y.S., Çaylak, Ç., Koçarlan, A., Dilmaç, M.K. (2013). Kaya Kütle ve Madde Özelliklerinin Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntıları Oluşumu ve Gelişimi Üzerine Etkilerinin Araştırılması, TÜBİTAK Projesi Proje No: 110M294.
- Jimeno C.L., Jimeno, E.L., Carcedo, F.J.A. (1995). Drilling and Blasting of Rocks. A.A. Balkema, Rotterdam. ISBN: 90 5410 199 7. Copyright ©1995 A.A. Balkema.
- Langefors, U. and Kihlström, B. (1963). The Modern Technique of Rock Blasting. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Persson, P.A., Holmberg, R., Lee, J. (1994). Rock Blasting and Explosives Engineering. New York: CRC Press, 540 pp.
- Rosenthal, M.F., Morlock, G.L. (1987). Blasting Guidance Manual, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü (2018). Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu, Ankara, 26 Sayfa.
- T.C. İç İşleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü (2023). Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Madde Kullanımına İlişkin İhtiyaç Raporu Hazırlama Kılavuzu, Ankara, 37 sayfa
- Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H. (1980). Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting, United States Bureau of Mines, 8507, Report of Investigations.
- Yuvka, S., Beyhan, S., Uysal, O. (2017). The effect of the Number of Holes on Blast-Induced Ground Vibrations. Environmental Earth Sciences, 76, 621.

Sağlıklı Çevre İçin Yerel Yönetimlerden Sağlık Çalışanlarının Beklentileri Üzerine Nitel Bir Araştırma

A Qualitative Research on Healthcare Workers' Expectations from Local Governments for a Healthy Environment

Doç. Dr. Ali ARSLANOĞLU

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye

ali.arslanoglu@sbu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-4454-0397

Öz

İnsan sağlığının korunması ve geliştirilmesi tedavi edilmesinden daha kolay ve maliyetsizdir. İnsan sağlığının korunması ve geliştirilmesi için sağlıklı bir çevre önemlidir. sağlıklı bir çevrenin oluşturulması için ise birçok kuruma ve kuruluşa görevler düşmektedir. Sağlıklı bir çevre oluşması, insanların hem sağlığını korumak için hem de sağlığını geliştirmek için önem arz etmektedir. Sağlıklı bir çevrenin oluşturulması için de kamu ve özel sektörlerin ortak hareket etmesi gerekmektedir. Kamu sektöründe ise merkezi ve yerel yönetim ile farklı bakanlıkların ortak politikalar, projeler oluşturmada ve uygulamada iş birliği yapmaları gerekmektedir. Bu anlamda da yerel yönetim ile sağlık kuruluşları arasında yapılacak iş birlikleri sağlıklı bir çevre için atılacak adımların daha güçlü olmasına neden olmaktadır. Ancak bu iş birliklerinde ortaya çıkan eksiklikler sağlıklı bir çevre için olumsuz etkilere neden olmaktadır. Sağlıklı çevre için yerel yönetim tarafından yapılan hizmetlerde ortaya çıkan sorunlar ve bu sorunların çözümü için beklentiler sağlık çalışanlarının gözünden incelenmiştir.

Sağlık çalışanlarının karşılaştığı sorunlar; atık yönetiminin kaynağında ayrıştırılmaması, verilen hizmetlerin odaklı düşünülmesi, altyapıların yetersiz olması, plansız şehirleşme, halkın bilgilendirilmemesi, yeşil alanların yetersiz olması ve haşereler ile mücadelenin yetersiz olmasıdır. Sağlıklı çevre ve sorunların ortadan kaldırılması için çözüm önerileri şu şekilde sıralanmaktadır. Bunlar; verilen hizmetlerin topluma faydasına göre karar verilmeli, atıkların kaynağında ayrıştırılarak etkili olması sağlanmalı, çevre kirliliğinin önlenmesi için tedbirler alınmalı, halkı bisiklet kullanmaya yönelik teşvikler sağlanmalı, yeşil alanlar artırılmalı, altyapılar uzun vadeli düşünerek planlanmalı, tıbbi atıkların yönetimi için politikalar geliştirilmeli, yapılan çalışmalar konusunda halk bilgilendirilmeli ve şehir planlamasında uzun vadeli planlamalar yapılmalıdır.

İnsanların sağlığını korumak ve geliştirmek için sağlıklı bir çevre oluşturmak önemlidir. Sağlıklı çevrenin oluşturulması için belediyelere önemli görevler düşmektedir. Belediyelerin bu görevlerini yerine getirirken bazı eksiklikleri ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek için belediyeler, özellikle de Sağlık Bakanlığı ile iş birliğine sürdürebilir şekilde devam etmelidir. Sağlıklı çevre için yapılacak politika/projelerin planlanması ve uygulanması sırasında sağlık personellerinin aktif olarak yer alması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sağlıklı Çevre, Yerel Yönetimler, Atık Yönetimi, Yeşil Alan, Sağlıkın Korunması, Sağlıkın Geliştirilmesi.

Abstract

The protection and development of human health is easier and less costly than treatment. A healthy environment is important for the protection and development of human health. Many institutions and organizations have responsibilities for the creation of a healthy environment. The formation of a healthy environment is important both for protecting and improving the health of people. In order to create a healthy environment, the public and private sectors need to act together. In the public sector, central and local governments and different ministries need to cooperate in creating and implementing common policies and projects. In this sense, the cooperation between local governments and health institutions causes the steps to be taken for a healthy environment to be stronger. However, the deficiencies that arise in these cooperations cause negative effects for a healthy environment. The problems that arise in the services provided by the local government for a healthy environment and the expectations for the solution of these problems were examined from the perspective of health workers.

The problems encountered by healthcare professionals are the failure to separate waste management at the source, the services provided being considered as vote-oriented, inadequate infrastructure, unplanned urbanization, the public not being informed, inadequate green areas and inadequate pest control. Solution suggestions for eliminating the problems for a healthy environment are listed as follows. These are; decisions should be made according to the benefit of the services provided to the society, waste should be separated at the source and ensured to be effective, measures should be taken to prevent environmental pollution, incentives should be provided to the public for cycling, green areas should be increased, infrastructures should be planned with long-term consideration, policies should be developed for the management of medical waste, the public should be informed about the work done and long-term plans should be made in urban planning.

It is important to create a healthy environment to protect and improve people's health. Municipalities have important duties to create a healthy environment. While municipalities are fulfilling these duties, some deficiencies arise. In order to overcome these problems, municipalities should continue to cooperate sustainably, especially with the Ministry of Health. It is recommended that health personnel be actively involved in the planning and implementation of policies/projects for a healthy environment.

Keywords: Healthy Environment, Local Administrations, Waste Management, Green Area, Health Protection, Health Development.

Giriş

COVID 19 pandemisinin ortaya çıkması insan-hayvan-çevre ilişkisinin önemini ortaya koymuştur. Bu ilişkinin kontrolsüz bir şekilde devam etmesi ortaya sorunların çıkmasına neden olmaktadır. Bu sorunlardan en önemlisi de karmaşık sağlık sorunlarıdır. Bu karmaşık sağlık sorunlarının çözümü ile insan, hayvan ve çevre sağlığının korunması için ileri sürülen tek sağlık kavramı gündemdedir (Serpen, 2020; Yılmaz ve Yılmaz, 2020).

Tek sağlık, yerel, bölgesel, ulusal ve küresel düzeylerde çalışan, iş birlikçi, çok sektörlü ve disiplinler arası bir yaklaşımdır (CDC, 2013). Tek Sağlık, insanların, hayvanların ve ekosistemlerin sağlığını sürdürülebilir bir şekilde dengelemeyi ve iyileştirmeyi amaçlayan bütünlük ve birleştirici bir yaklaşımdır (WHO, 2024). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tek sağlığı, halk sağlığı için arzu edilen sonuçlara ulaşmak amacıyla birçok sektörün farklı meslek gruplarının iletişimi ve beraber çalışarak programlar, politikalar, mevzuat ve araştırmalar tasarlamak ve uygulamaya yönelik bir yaklaşım olarak tanımlamaktadır (Aslan, 2022; Çarıkçı ve Harmancı, 2023). Bu yaklaşım, yerel, ulusal ve uluslararası kapsamda insanların, hayvanların ve çevrenin arzu edilen sağlığa ulaşması için birçok disiplin ve üyelerinin birlikte çalışarak dünya sağlığını geliştirmek, korumak ve güvenliğini sağlamasıdır (Temizyürek, 2007; Mackenzie ve Jeggo, 2019).

Sağlık insanın en temel hakkıdır. Sağlık nedir? Sağlığın en genel tanımı DSÖ tarafından yapılmıştır. DSÖ Sağlık ile ilgili tanımı şu şekildedir; "Sağlık sadece hastalık ve sakatlığın olmayışı değil, beden, ruhen ve sosyal yönden tam iyilik halidir." (WHO, 1948). Sağlık hakkı, yaşam, gıda, barınma, çalışma, eğitim, mahremiyet, bilgiye erişim, işkenceden uzak olma ve örgütlenme, toplanma ve hareket özgürlükleri de dahil olmak üzere diğer insan haklarının gerçekleştirilmesiyle yakından ilişkilidir ve bunlara bağlıdır.

Sağlığın korunması, geliştirilmesi, tedavi edilmesi ve rehabilitasyonu için verilen hizmetlere sağlık hizmetleri denilmektedir. Sağlık hizmetleri, "Kişi ve toplumların sağlıklarını korumayı, hastalandıklarında tedavilerini yapmayı, tam olarak iyileşmeyip sakat kalanların başkalarına bağımlı olmadan yaşayabilmelerini sağlamayı ve toplumların sağlık düzeylerini yükseltmeye yönelik yapılan planlı çalışmaların tümünü" ifade eder (Öztek, 2019). Sağlık hizmetlerinin genel özellikleri; vazgeçilmezdir, ikamesi yoktur, çoğu zaman ertelenemez, devlet sağlık hizmeti sunumunu tamamen sağlık kuruluşlarına devredemez, tek başına da sağlık hizmetini sunamaz, kamu, özel, üniversite ve

sivil toplum kuruluşları ile iş birliği kaçınılmazdır, finansal yükü yüksektir, yüksek düzeyde profesyonellik gerektirir, yüksek düzeyde teknoloji kullanır, sadece hekimlik ve hemşirelik işi değildir, birçok meslek grubuyla ekip çalışmasını gerektirir, toplumun ve basının duyarlılık alanlarından biridir (Halaç ve Bektemür, 2024). Sağlık hizmetleri sınıflandırılmasında 4 ana başlıkta toplanmaktadır: 1) Koruyucu sağlık hizmetleri 2) Tedavi edici sağlık hizmetleri 3) Rehabilitasyon edici Sağlık Hizmetleri 4) Sağlığın geliştirilmesi. Bunlar içinde önemli bir yere sahip olan sağlığın geliştirilmesi ve korunmasıdır.

Koruyucu sağlık hizmetleri kişiye ve çevreye yönelik olarak ikiye ayrılır. Kişiye yönelik olan koruyucu sağlık hizmetleri birincil, ikincil ve üçüncül olmak üzere üçe ayrılır. Birincil koruyucu sağlık hizmetleri kişiyi olası hastalık risklerinden korumayı amaçlamaktadır. Çevreye yönelik koruyucu sağlık hizmetleri ise daha çok kişilerin çevresindeki etmenlerin korunarak, iyileştirilerek ve sürdürülebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır (Altuntaş, 2015).

Sağlığın geliştirilmesi, bireyin iyilik düzeyinin artmasını sağlar. Sağlığın geliştirilmesi, bireyin kendi sağlığını geliştirme ve kendi sağlığı üzerindeki kontrolünü artırma gücünü kazanması olarak tanımlanmıştır (Bahar ve Açıl, 2014). Sağlığın sürdürülmesi ve geliştirilmesi için yeterli ve dengeli bir şekilde beslenme (Muslu, 2020), sağlık iletişimi (Bulduklu ve Koçak, 2010), eşitsizliklerin giderilmesi, adaletin sağlanması (Şentürk, 2020), toplumsal, ekonomik ve çevresel şartların iyileştirilmesi gerekmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2011). Sağlık geliştirilmesi, insanların sağlıkları üzerindeki kontrollerini artırmalarını ve sağlıklarını iyileştirmelerini sağlamasıdır. Bu nedenle sağlık, yaşamın amacı değil, günlük yaşamın bir kaynağı olarak görülür. Sağlık, sosyal ve kişisel kaynakların yanı sıra fiziksel kapasiteleri de vurgulayan olumlu bir kavramdır. Bu nedenle, sağlık geliştirilmesi yalnızca sağlık sektörünün sorumluluğu değildir (Ottawa Sözleşmesi, 1986). Bu nedenle sağlığının korunması ve geliştirilmesi sektörler arası iş birliği gerektirmektedir. Bu sektörler arasında da yerel yönetimler önemli bir yer tutmaktadır.

Sağlığın korunması ve geliştirilmesi ile ilgili olarak yerel yönetimlerin yapması gereken farklı hizmetler bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 1990 yılında yayınlanan "Sağlığa Uygun Kentler Milano Bildirisi" ve 1998 yılında yayınlanan "Atina Sağlıklı Kentler Deklarasyonu" çerçevesinde değerlendirildiğinde yerel yönetimlerin sağlık alanında da yapacağı hizmetler büyük öneme sahiptir. Yerel yönetimler arasında ise toplumun rahat, huzur ve mutluluğu için sağlık ve sosyal hizmetleri sağlayan özellikle belediyelerdir (Akın, 2022). Topluma sosyal ve sağlık anlamında hizmet üreten çağdaş sosyal belediyeçilik beklenmektedir.

İnsanların birçoğu, sağlık açısından tehlike ve risk içeren ortamlarda yaşamakta, çalışmakta ve tehlikelere maruz kalmaktadır. İnsan sağlığını çevresinde bulunan biyolojik, kimyasal ve fiziksel faktörler doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. İnsan yaşamı için gerekli olan ancak kıt olan doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir olması sağlıklı bir çevre ile olmaktadır. Sağlığı koruyan ve geliştiren politikalar, sadece kıt kaynakları küresel, bölgesel ve yerel ekolojik stratejilerle koruyan bir çevrede elde edilebilir (Sağlık Bakanlığı, 2011a). Doğal kaynakların dünya çapında korunması küresel bir sorumluluk olarak vurgulanmalıdır (Ottawa Charter, 1986). Doğal ve sonradan yapılmış çevrelerin korunması ve doğal kaynakların muhafaza edilmesi, sağlığın teşviki ve geliştirilmesi stratejilerinde ele alınmalıdır (Sağlık Bakanlığı, 2011b). Çünkü sağlıklı bir çevre, sağlığın korunması ve geliştirilmesi için gerekli olan tüm elementleri içermektedir. Sağlıklı bir çevre sayesinde insanların sağlığı korunmakta ve geliştirilmektedir. Sağlıklı bir çevre sağlanması için birçok sektöre görev düşmektedir. Bu sektörlerin başında da yerel yönetimlere özellikle de belediyelere görevler düşmektedir.

Peki sağlıklı bir çevre için sağlık çalışanları belediyelerden ne bekliyorlar?

Sonuç olarak bugün dünden daha fazla tek sağlık çatısında, insan, hayvan ve çevre sağlığının korunmasında disiplinler arası iş birliğine, disiplinler arası ortak eğitim, ortak toplantı, daha sıkı iletişim, ortak araştırma, bilgi ve tecrübe paylaşımına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yöntem

Araştırmanın Amacı, Türü ve Örnekleme

Bu araştırma, sağlık hizmetlerinde çalışanların sağlıklı çevre için belediyelerin yapmış oldukları hizmetlere ilişkin bakış açılarını anlayabilmek amacıyla yapılmış nitel bir çalışmadır. Amaçlı örneklem yöntemi kullanılarak, sağlık hizmetlerinde çalışan 7 kişi ile derinlemesine görüşme yapılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama yöntemi olarak derinlemesine görüşme tekniği kullanılmıştır. Derinlemesine görüşme tekniği, araştırılan konunun tüm boyutlarını kapsar.

Genellikle açık uçlu soruların kullanıldığı ve detaylı cevapların alınmasına olanak sağlayan birebir görüşmelerle bilgi toplanmasıdır. Katılımcının her türlü duygu, bilgi, tecrübe ve gözlemlerine görüşme yoluyla ulaşılır (Gemlik vd., 2022).

Derinlemesine görüşme tekniğinde yarı yapılandırılmış formdan yararlanılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme formunun araştırmadaki kullanım nedeni önceden hazırlanmış belirli düzeydeki görüşme tutanağına bağlı olarak devam ettirilip sistematik ve karşılaştırılabilir bilgi sunmasıdır (Türnüklü, 2000). Araştırma verileri literatürden elde edilen açık uçlu sorular ve demografik özelliklere ilişkin sorulardan alınan cevaplara göre elde edilmiştir. Açık uçlu sorular ve demografik özelliklere ilişkin sorular tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1: Yarı Yapılandırılmış Soru Formu

Cinsiyet:
Meslek:
Soru 1: Yerel yönetimin sağlıklı bir çevre oluşturma konusundaki sorumluluklarını yerine getirmeyi nasıl değerlendiriyorsunuz? Eksik kalan alanlar nelerdir?
Soru 2: Sağlıklı bir çevre için yerel yönetimlerin sürdürülmesi gereken projeler veya politikalar nelerdir? Bu projede sağlık çalışanlarının nasıl bir rol oynamasını önerirsiniz?
Soru 3: Çevre kirliliği, atık yönetimi ve yeşilin korunması gibi yerel yönetimlerin halk sağlığının artırılması için ne gibi adımlar atılmalıdır?
Soru 4: Yerel yönetimlerle birlikte yaşadıklarınızda karşılaştığınız en büyük sorunlar nelerdir ve bunların aşılması için ne gibi çözümler önerirsiniz?

Araştırmanın Geçerlik ve Güvenirliği

Geçerlik ve güvenirlilik nicel olarak yürütülen araştırmalar kapsamında olduğu kadar, bilimsel araştırmalar olması nedeniyle nitel araştırmalar için de araştırmanın çerçevesinin oluşturulması, verilerin toplanması, analiz edilmesi ve yorumlanması ile bulguların sunulması aşamaları için büyük önem teşkil etmektedir. Genel anlamda geçerlik, araştırma neticesinde elde edilen sonuçların doğruluğuyla ilgilenirken; güvenirlilik, araştırma sonuçlarının genellenebilirliği ve tekrar edilebilirliği ile ilgilenmektedir. Ancak nitel araştırmaların geçerliği ve güvenirliliği nicel araştırmalardaki gibi "geçerlik ve güvenirlilik" kavramları çerçevesinde değil, nitel araştırmanın kendine has yapısına uygun olduğu düşünülen alternatif kavramlarla açıklanmaktadır (Merriam, 2013).

Bu araştırmanın geçerlik ve güvenirlilik değerlendirmesi inandırıcılık, aktarılabirlik (transfer edilebilirlik), tutarlılık ve teyit edilebilirlik kavramları doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda inandırıcılık boyutunda araştırmanın verilerinin kaynaklarıyla uzun süren etkileşim

içerisinde bulunulmuştur. Bunun yanında, katılımcıların farklı algı seviyeleri, tecrübeleri ve bakış açıları ortak bir yere bağlanmaya çalışılmadan olabildiğince zenginlik ile çeşitleme yapılmıştır. Elde edilen veriler birbirleri ile karşılaştırılmış, yorumlanmış ve kavramsallaştırılarak çalışma derinlik odaklı olarak gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Transfer edilebilirlik kapsamında ise elde edilen veriler kodlama ve temalara göre düzenlenerek verinin doğal olması için olduğunca sadık kalınarak okuyucuya sunulmuş olup, ayrıntılı betimleme yapılmıştır. Ayrıca yazında nitel araştırmalarda aktarılabirliği artırma açısından amaçlı örnekleme yöntemlerinin kullanılması önerilmekle birlikte, bu araştırmada örnekleme seçimi bu doğrultuda yapılmıştır. Araştırmanın tutarlılığının incelenmesinde ise, görüşme soruları hazırlanırken danışman ve uzman kişilerin görüşleri alınmış, görüşme esnasında benzer süreçlerde katılımcılara benzer yaklaşımlarla sorular yöneltilmiş ve veriler sonuçlarla ilişkilendirilmiştir (Merriam, 2013).

Verilerin Analizi

Bu araştırmada içerik analizi yönteminden yararlanılmıştır. Verilerin söylem sayısı ve frekansları belirlenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına uygun olarak tablolar oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

Bulgular

Bu kısımda, araştırma kapsamında katılımcılarla yapılan görüşmeler doğrultusunda elde edilen verilerin analizi yapıldıktan sonra tablolar oluşturulmuştur.

Tablo II: Katılımcıların Kişisel Bilgilerine İlişkin Bulgular

KATILIMCI	CİNSİYET	MESLEK	YAŞ	KURUM	ÇALIŞMA SÜRESİ	ÖĞRENİM DURUMU
<i>Katılımcı 1</i>	Erkek	Doktor	57	Kamu	34 yıl	Lisansüstü
<i>Katılımcı 2</i>	Kadın	Hemşire	46	Kamu	24 yıl	Lisansüstü
<i>Katılımcı 3</i>	Kadın	Hemşire	41	Kamu	19 yıl	Lisans
<i>Katılımcı 4</i>	Kadın	Hemşire	40	Kamu	18 yıl	Lisansüstü
<i>Katılımcı 5</i>	Kadın	Hemşire	38	Kamu	16 yıl	Lisansüstü
<i>Katılımcı 6</i>	Erkek	Doktor	35	Kamu	11 yıl	Lisansüstü
<i>Katılımcı 7</i>	Erkek	Doktor	34	Kamu	10 yıl	Lisansüstü

Araştırmaya katılan sağlık çalışanları çoğu kadın ve hemşiredir. Katılımcıların tamamı kamu hastanelerinde görev yapmaktadır. Yaşları 34 ila 57 arasında değişmektedir.

Çalışma süreleri ise 10 ila 34 yıl arasında değişmektedir. Katılımcıların 6'sı lisansüstü öğrenim durumuna sahiptir.

Tablo III: Yerel Yönetimin Sağlıklı Bir Çevre Oluşturma Konusundaki Sorumluluklarını Yerine Getirmesi*

Söylem	n	%
<i>Yerel yönetimin sorumluluklarını yerine getirmede sorunlar yaşanmaktadır.</i>	7	53,8
<i>Merkezi yönetimin kararına göre hareket ediliyor.</i>	1	7,7
<i>Yerel yönetimler sağlıklı bir çevre oluşturma konusunda olumlu yönde çaba göstermektedir.</i>	1	7,7
<i>Bölgeden bölgeye değiştiği ve yöneticilerin çevre yönetimi anlayışı ile şekilleniyor.</i>	1	7,7
<i>Sağlıklı çevre oluşturmada iyi olmadıklarını düşünüyorum.</i>	1	7,7
<i>Her zaman hizmet ettikleri yerin sosyal ve çevresel özelliklerine uygun bir çevre politikası geliştirmeli</i>	1	7,7
<i>Halk sağlığını korumaya yönelik yerel yönetim hizmetleri yetersiz kalmaktadır.</i>	1	7,7

*Katılımcılar birden fazla söylemde bulunmuşlardır.

Araştırmaya katılanların tamamı sağlıklı çevre oluşturma ile yerel yönetimin sorumluluklarını yerine getirmede sorunlar yaşandığı konusunda görüş bildirmişlerdir. Bu söylemde toplam söylemler içinde %53,8 oranında en fazla oluşan söylemdir. Ayrıca katılımcılar sağlıklı çevre oluşturma konusunda değerlendirme yaptıklarında aynı oranda (%7,7) 6 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; merkezi yönetimin kararına göre hareket ediliyor, yerel yönetimler

sağlıklı bir çevre oluşturma konusunda olumlu yönde çaba göstermektedir, bölgeden bölgeye değiştiği ve yöneticilerin çevre yönetimi anlayışı ile şekilleniyor, sağlıklı çevre oluşturmada iyi olmadıklarını düşünüyorum, her zaman hizmet ettikleri yerin sosyal ve çevresel özelliklerine uygun bir çevre politikası geliştirmeli ve halk sağlığını korumaya yönelik yerel yönetim hizmetleri yetersiz kalmaktadır.

Tablo IV: Yerel Yönetimin Sağlıklı Bir Çevre Oluşturma Konusundaki Eksiklikleri*

Söylem	n	%
<i>Atık yönetimi ile ilgili eksiklikleri bulunmaktadır.</i>	4	23,3
<i>Sokak hayvanları yönetimi konusunda eksiklikleri bulunmaktadır.</i>	2	11,8
<i>Sağlıklı çevre konusunda halkı bilinçlendirme konusunda eksiklikleri bulunmaktadır.</i>	2	11,8
<i>Sağlıklı çevre için altyapı konusunda eksiklikleri bulunmaktadır.</i>	2	11,8
<i>Yeşil alanlar konusunda eksiklikleri bulunmaktadır.</i>	2	11,8
<i>Doğal afetlere hazırlık konusunda eksiklikleri bulunmaktadır.</i>	2	11,8
<i>Haşerelerle mücadele konusunda eksiklikleri bulunmaktadır.</i>	1	5,9
<i>Sağlık çevre için yapılan denetimlerde eksiklikler bulunmaktadır.</i>	1	5,9
<i>Toplu taşımalarda hijyen ile ilgili eksiklikleri bulunmaktadır.</i>	1	5,9

*Katılımcılar birden fazla söylemde bulunmuşlardır.

Araştırmaya katılanların sağlıklı çevre oluşturmada yerel yönetimin eksiklikleri olduğu konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bu eksikler konusunda en fazla atık yönetimi ile ilgili eksiklikleri bulunduğunu belirtmişlerdir (%23,3). İkinci sırada aynı oranda (%11,8) 5 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; sokak hayvanları yönetimi konusunda eksiklikleri bulunmaktadır, sağlıklı çevre konusunda halkı bilinçlendirme konusunda eksiklikleri bulunmaktadır,

sağlıklı çevre için altyapı konusunda eksiklikleri bulunmaktadır, yeşil alanlar konusunda eksiklikleri bulunmaktadır ve doğal afetlere hazırlık konusunda eksiklikleri bulunmaktadır. Üçüncü sırada ise aynı oranda (%5,9) 3 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; haşerelerle mücadele konusunda eksiklikleri bulunmaktadır, sağlık çevre için yapılan denetimlerde eksiklikler bulunmaktadır ve toplu taşımalarda hijyen ile ilgili eksiklikleri bulunmaktadır.

Tablo V: Sağlıklı Bir Çevre İçin Yerel Yönetimlerde Sürdürülmesi Gereken Projeler veya Politikalar*

Söylem	n	%
<i>Atık yönetimine yönelik politikalar belirlenmeli</i>	4	33,4
<i>Hava kirliliğinin önlenmesine yönelik projeler ve politikalar üretilmeli</i>	2	16,7
<i>Sokak hayvanları ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli</i>	2	16,7
<i>Yeşil alanlar ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli</i>	1	8,3
<i>Su kaynaklarının korunması ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli</i>	1	8,3
<i>Toplu taşıma araçları ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli</i>	1	8,3
<i>Yeşil hareket olarak bilinen projelere, belediyelerin aktif katılımı artırılabilir</i>	1	8,3

*Katılımcılar birden fazla söylemde bulunmuşlardır.

Araştırmaya katılanlar sağlıklı bir çevre için yerel yönetimlerde sürdürülmesi gereken projeler veya politikalar konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bu proje ve politikalar konusunda en fazla atık yönetimi ile ilgili olması gerektiğini belirtmişlerdir (%33,4). İkinci sırada aynı oranda (%16,7) 2 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; hava kirliliğinin önlenmesine yönelik projeler ve politikalar üretilmeli ve sokak hayvanları ile ilgili proje ve politikalar

üretilmelidir. Üçüncü sırada ise aynı oranda (%8,3) 4 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; yeşil alanlar ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli, su kaynaklarının korunması ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli, toplu taşıma araçları ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli ve yeşil hareket olarak bilinen projelere, belediyelerin aktif katılımı artırılabilir.

Tablo VI: Çevre Kirliliği, Atık Yönetimi ve Yeşilin Korunması gibi Yerel Yönetimlerin Halk Sağlığının Artırılması İçin Atacağı Adımlar*

Söylem	n	%
<i>Yeşil alanların korunması ve artırılması</i>	7	21,8
<i>Atık yönetimi etkin olarak takip edilmeli</i>	7	21,8
<i>Havanın kirlenmesinin önlenmesi</i>	4	12,5
<i>Suların kirlenmesinin önlenmesi</i>	3	9,4
<i>Şehir planlamasında uygun olmayan yapılaşmalar önlenmeli</i>	3	9,4
<i>Halkın bilinçlendirilmesi</i>	2	6,3
<i>Toprağın kirlenmesinin önlenmesi</i>	2	6,3
<i>Işık kirliliğinin önlenmesi</i>	2	6,3
<i>Gürültünün önlenmesi</i>	1	3,1
<i>Sokak hayvanları ile ilgili tedbirler alınmalı</i>	1	3,1

*Katılımcılar birden fazla söylemde bulunmuşlardır.

Araştırmaya katılanların çevre kirliliği, atık yönetimi ve yeşilin korunması gibi yerel yönetimlerin halk sağlığının artırılması için atacağı adımlar konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bu adımlar konusunda en fazla aynı oranda (%21,8) ve tamamı 2 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; yeşil alanların korunması ve artırılması ve atık yönetimi etkin olarak takip edilmelidir. İkinci sırada %12,5 oranında havanın kirlenmesinin önlenmesi söyleminde bulunmuşlardır. Üçüncü sırada ise aynı oranda (%9,4) 2 farklı

söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; suların kirlenmesinin önlenmesi ve şehir planlamasında uygun olmayan yapılaşmalar önlenmelidir. Dördüncü sırada aynı oranda (%6,3) 3 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; halkın bilinçlendirilmesi, toprağın kirlenmesinin önlenmesi ve ışık kirliliğinin önlenmesidir. Beşinci sırada ise aynı oranda (%3,1) 2 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; gürültünün önlenmesi ve sokak hayvanları ile ilgili tedbirler alınmalıdır.

Tablo VII: Yerel Yönetimlerle Birlikte Yaşadıklarınızda Karşılaştığınız En Büyük Sorunlar*

Söylem	n	%
<i>Atık yönetiminin kaynağında ayrıştırılmasını yönetememesi</i>	3	25
<i>Verilen hizmetlerin oy odaklı düşünülmesi</i>	2	16,7
<i>Altyapıların yetersiz olması</i>	2	16,7
<i>Plansız şehirleşme</i>	2	16,7
<i>Halkın bilgilendirilmemesi</i>	1	8,3
<i>Yeşil alanların yetersiz olması</i>	1	8,3
<i>Haşereler ile mücadele konusunda sorunlar</i>	1	8,3

*Katılımcılar birden fazla söylemde bulunmuşlardır.

Araştırmaya katılanlar yerel yönetimlerle birlikte yaşadıklarınızda karşılaştığınız en büyük sorunlar konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bu sorunlar konusunda en fazla %25 oranında atık yönetiminin kaynağında ayrıştırılmasını yönetememesi sorunu olduğu söyleminde bulunmuşlardır. İkinci sırada ise aynı oranda (%16,7) 3 farklı

söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; verilen hizmetlerin oy odaklı düşünülmesi, altyapıların yetersiz olması ve plansız şehirleşmedir. Üçüncü sırada aynı oranda (%8,3) 3 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; halkın bilgilendirilmemesi, yeşil alanların yetersiz olması ve haşereler ile mücadele konusunda sorunlardır.

Tablo VIII: Yaşanılan Sorunlar İçin Çözüm Önerileri*

Söylem	n	%
<i>Verilen hizmetlerin topluma faydasına göre karar verilmeli</i>	3	16,7
<i>Atıkların kaynağında ayrıştırılarak etkili olması sağlanmalı</i>	3	16,7
<i>Çevre Kirliliğinin önlenmesi için tedbirler alınmalı</i>	3	16,7
<i>Halkı bisiklet kullanmaya yönelik teşvikler sağlanmalı</i>	2	11,1
<i>Yeşil alanlar artırılmalı</i>	2	11,1
<i>Altyapılar uzun vadeli düşünerek planlanmalı</i>	2	11,1
<i>Tıbbi atıkların yönetimi için politikalar geliştirilmeli</i>	1	5,6
<i>Yapılan çalışmalar konusunda halk bilgilendirilmeli</i>	1	5,6
<i>Şehir planlamasında uzun vadeli planlamalar yapılmalı</i>	1	5,6

*Katılımcılar birden fazla söylemde bulunmuşlardır.

Araştırmaya katılanların yaşadıkları sorunlar için çözüm önerileri konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bu çözüm önerileri en fazla aynı oranda (%16,7) 3 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; verilen hizmetlerin topluma faydasına göre karar verilmeli, atıkların kaynağında ayrıştırılarak etkili olması sağlanmalı ve çevre kirliliğinin önlenmesi için tedbirler alınmalıdır. İkinci sırada ise aynı oranda (%11,1) 3 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; halkı bisiklet kullanmaya yönelik teşvikler sağlanmalı, yeşil alanlar artırılmalı ve altyapılar uzun vadeli düşünerek planlanmalıdır. Üçüncü sırada aynı oranda (%5,6) 3 farklı söylemde bulunmuşlardır. Bunlar; tıbbi atıkların yönetimi için politikalar geliştirilmeli, yapılan çalışmalar konusunda halk bilgilendirilmeli ve şehir planlamasında uzun vadeli planlamalar yapılmalıdır.

Tartışma

Sağlıklı bir çevre, insan sağlığının korunması ve geliştirilmesi için önemlidir. Sağlıklı bir çevre için de tüm sektörler iş birliği içinde çalışmalıdır. Sağlık sektöründe çalışan hekim ve hemşirelerin görüşleri doğrultusunda sağlıklı bir çevre için belediyelerin yaptıkları ve sağlık sektörünün beklentileri yapılan çalışmada elde edilen bulgular ışığında tartışılmıştır.

Araştırmaya katılanların tamamı sağlıklı bir çevre oluşturmada ve yerel yönetimin sorumluluklarını yerine getirmede sorunlar yaşadığı konusunda görüş bildirmişlerdir. Benzer şekilde yapılan bazı çalışmalarda aynı sorunlar yaşandığını belirtmişlerdir (Dede, 2000; Öztaş ve Zengin, 2008; Şentürk, 2020; Akkaya ve Piyal, 2022).

"Bölgeden bölgeye değiştiğini ve yöneticilerin çevre yönetimi anlayışı ile şekillendiğini düşünüyorum. İlçede ikamet eden bir vatandaş olarak, devletin merkezi kararı doğrultusunda

bir çalışma yapılıyorsa, yerel yöneticiler de konuyla ilgili bazı çalışmalara başlıyorlar. Ancak sonuçların takibinin yapıldığını, verilerin değerlendirildiğini ve önemsendiğini ancak yerel yönetici konuya inandıysa görebiliriz diye düşünüyorum....."

"Yerel yönetimler; demokratik, özerk ve saydam yapıda olmalıdırlar. Her zaman hizmet ettikleri yerin sosyal ve çevresel özelliklerine uygun bir çevre politikası geliştirmeli ve yaşama geçirmelidir..."

"Halk sağlığını korumaya yönelik yerel yönetim hizmetleri yetersiz kalmaktadır."

".....Yerel yönetimler sağlıklı bir çevre oluşturma konusunda olumlu yönde çaba göstermektedir ancak uygulamalarda bazı eksiklikler ve zorluklar bulunmaktadır..."

"...belediyelerin sağlık bir çevre oluşturma konusundaki sorumluluklarını yadsınamaz bir gerçektir, ancak bu konuda çok iyi olmadıklarını düşünüyorum..."

"...oy odaklı bakış açısından sıyrılması gerekiyor halkın gerçekten yararını önemsemesi halkın faydasını önemsemesi gerekiyor..."

Tüm katılımcılar sağlıklı bir çevre oluşması için belediyenin yaptıklarının yadsınamaz olduğunu ancak sorunlar yaşandığını belirtmişlerdir.

Araştırmaya katılanlar sağlıklı çevre oluşturmada yerel yönetimin eksiklikleri olduğu konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bu eksikler konusunda en fazla atık yönetimi ile ilgili eksiklikleri bulunduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde yapılan bazı çalışmalarda da belediyelerin bu konuda eksiklikleri olduğu vurgulanmıştır (Güleç Solak ve Pekküçükşen, 2018; Yılmaz ve Bozkurt, 2010; Çaldak, 2020; Özcan Sarıhan ve Çakır, 2023).

Bunun dışında sağlıklı çevre oluşturulması ile ilgili sokak hayvanları yönetimi, sağlıklı çevre konusunda halkı

bilinçlendirme, sağlıklı çevre için altyapı, yeşil alanlar, haşerelerle mücadele, sağlıklı çevre için yapılan denetimlerde ve toplu taşımalarda hijyen konularında eksikliklerinin olduğu ifade edilmiştir. Literatürde bu eksikliklere vurgu yapan benzer çalışmalar bulunmaktadır. Bunlar sokak hayvanları yönetimi eksikliği (Yazıcı ve Yaslıkaya, 2021; Kırışık ve Öztürk, 2021; Kesmen, 2024), sağlıklı çevre konusunda halkı bilinçlendirme eksikliği (Yıldırım, 2022), sağlıklı çevre için altyapı eksikliği (Yücel vd., 2012; Yazıcı ve Yaslıkaya, 2021; Uzun ve Can, 2021; Kesmen, 2024), yeşil alanlar konusunda eksiklikleri (Yazıcı ve Yaslıkaya, 2021; Uzun ve Can, 2021; Hassamancıoğlu, 2021) doğal afetlere hazırlık konusunda eksikliği (Yeşildal, 2020; Güngörmüş ve Doğanılmaz-Duman, 2023; Can ve Can, 2023) haşerelerle mücadele konusunda eksikliği, sağlık çevre için yapılan denetimlerde eksikliği (Yazıcı ve Yaslıkaya 2021) ve toplu taşımalarda hijyen ile ilgili eksiklikleri bulunmaktadır.

Araştırmaya katılanlar sağlıklı bir çevre için yerel yönetimlerce sürdürülmesi gereken projeler veya politikalar konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bu proje ve politikalar konusunda en fazla atık yönetimi ile ilgili olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bunun dışında hava kirliliğinin önlenmesine yönelik projeler ve politikalar üretilmeli, sokak hayvanları ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli, yeşil alanlar ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli, su kaynaklarının korunması ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli, toplu taşıma araçları ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli ve yeşil hareket olarak bilinen projelere belediyelerin aktif katılımı artırılması konularında beklentilerini söylemişlerdir. Literatürde bu proje ve politikalarla ilgili yazılan benzer çalışmalar bulunmaktadır. Atık yönetimi ile ilgili proje ve politikalar (Çaldak, 2021; Ergen, 2021; Seyhan, 2023) hava kirliliğinin önlenmesine yönelik projeler ve politikalar (Yıldırım, 2023), sokak hayvanları ile ilgili proje ve politikalar (Güven ve Yazar, 2021; Göncü. 2024), yeşil alanlar ile ilgili proje ve politikalar üretilmeli (Ergen, 2021), su kaynaklarının korunması ile ilgili proje ve politikalar (Ergen, 2021; Bostancı, 2022) belediyelerin aktif katılımı artırılması konularında beklentilerini söylemişlerdir.

"...Bunun yanında yöneticiler sorumlu olduğu bölgede en fazla atık üretimi yapan kurum veya kuruluşları tespit etmeli, atıkların türlerine ve sağlığı tehdit derecelerine göre sınıflandırmalı ve bunlara yönelik uygulanan yönetim süreçlerini belirlemeli, kontrolü gerektiren politikaları belirleyerek dikkatle takibini yapmalıdır..."

"...Yerel düzeyde uygulanan politikalar ve stratejiler toplumun genel yaşam kalitesini artırabilir ve sağlık risklerini azaltabilir..."

"...Parklar, bahçeler ve ağaçlandırma çalışmaları yaygınlaştırılmalıdır. Okullarda doğanın korunması yönünde proje çalışmaları yapılabilir..."

"Öncelikle sahaya inerek kök neden analizleri planlanmalı, en üst düzeydeki kişiler ile sosyal sorumluluk projeleri geliştirilmeli ve bu politikaların tabana yayılması hedeflenmelidir..."

Araştırmanın katılımcıları sağlıklı bir çevre için birçok proje yapılacağı ve politikalar yapılabileceği konusunda görüş bildirmişlerdir. Bu projelerde ve politika uygulamalarında sağlık çalışanlarının aktif rol almasının ve iş birliği yapılmasının etkili olacağı görüşündedirler.

Araştırmaya katılanların çevre kirliliği, atık yönetimi ve yeşilin korunması gibi yerel yönetimlerin halk sağlığının artırılması için atacağı adımlar konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bunlar; yeşil alanların korunması ve artırılması, atık yönetimi etkin olarak takip edilmeli, havanın kirlenmesinin önlenmesi, suların kirlenmesinin önlenmesi, şehir planlamasında uygun olmayan yapılaşmalar önlenmeli, halkın bilinçlendirilmesi, toprağın kirlenmesinin önlenmesi, ışık kirliliğinin önlenmesi, gürültünün önlenmesi ve sokak hayvanları ile ilgili tedbirler alınmalıdır. Literatürde çevre kirliliği, atık yönetimi ve yeşilin korunması gibi yerel yönetimlerin halk sağlığının artırılması için atacağı adımlara vurgu yapan benzer çalışmalar bulunmaktadır. Bunlar; yeşil alanların korunması ve artırılması (Ergen, 2021), atık yönetimi etkin olarak takip edilmeli (Çaldak, 2021; Ergen, 2021; Seyhan, 2023), havanın kirlenmesinin önlenmesi (Kavcar, 2017; Yıldırım, 2023), suların kirlenmesinin önlenmesi (Kavcar, 2017; Ergen, 2021; Yazıcı ve Yaslıkaya, 2021; Bostancı, 2022), şehir planlamasında uygun olmayan yapılaşmalar önlenmeli (Özden, 2001; Özden ve Kubat, 2011; Yazıcı ve Yaslıkaya, 2021; Alas ve Çelebi, 2024), halkın bilinçlendirilmesi (Meydan Yıldız, 2016; Uzun ve Can, 2021), toprağın kirlenmesinin önlenmesi (Kavcar, 2017), ışık kirliliğinin önlenmesi (Yıldız ve Yılmaz, 2005; Tenikler, 2023; Onur Kalfa, 2024), gürültünün önlenmesi (Ak ve Bıçkı, 2016; Onur Kalfa, 2024) ve sokak hayvanları ile ilgili tedbirler (Güven ve Yazar, 2021; Yazıcı ve Yaslıkaya, 2021; Göncü. 2024) alınmalıdır.

"...Çevre ve şehircilik planlaması olarak bahçe ve yeşil alanlara daha fazla yer ayrılabilir. Görüntü kirliliği açısından da benzeşik projelere izin verilebilir..."

"...Diğer bir konu görüntü kirliliği; bu meyanda yol kenarındaki reklam tabelalarının azaltılmasını isterim, apartmanlara gereksiz led süsleme yapılmasının önüne geçilmelidir, binadaki tabelalar belli standartlarda olmalıdır..."

"...Çevre kirliliği, atık yönetimi ve yeşil alanların korunması

gibi alanlarda yerel yönetimlerin halk sağlığını artırmak için atabileceği adımlar, çevre sağlığının korunması ve sürdürülebilir bir yaşam alanı oluşturulması açısından kritik öneme sahiptir. Bu adımların, çevreyi korurken halkın sağlığını doğrudan iyileştirecek ve yaşam kalitesini artıracak şekilde tasarlanması gerekmektedir..."

"...Atık yönetimi için her eve örneğin boş pil toplama kutuları veya pet şişe toplama poşetleri verilmeli, kutu başına veya ağırlığına göre toplayan kimselere ödül verilmelidir. Ayrıştırılabilir ve geri dönüştürülebilir çöp kutuları ayrı ayrı halkın hizmetine sunulabilir..."

Araştırmaya katılanlar, yaşanan sorunlar için çözüm önerileri konusunda söylemlerde bulunmuşlardır. Bunlar; verilen hizmetlerin topluma faydasına göre karar verilmeli, atıkların kaynağında ayrıştırılarak etkili olması sağlanmalı, çevre kirliliğinin önlenmesi için tedbirler alınmalı, halkı bisiklet kullanmaya yönelik teşvikler sağlanmalı, yeşil alanlar artırılmalı, altyapılar uzun vadeli düşünerek planlanmalı, tıbbi atıkların yönetimi için politikalar geliştirilmeli, yapılan çalışmalar konusunda halk bilgilendirilmeli ve şehir planlamasında uzun vadeli planlamalar yapılmalıdır. Literatürde yaşanan sorunlar için çözüm önerilerine benzer çalışmalar bulunmaktadır. Bunlar; atıkların kaynağında ayrıştırılarak etkili olması sağlanmalı (Zengin ve Esedov, 2010; Çaldak, 2021; Yılmaz ve Bozkurt, 2010), çevre kirliliğinin önlenmesi için tedbirler alınmalı (Zengin ve Esedov, 2010; Erdem, 2015; Bulut ve Karaca, 2020), yeşil alanlar artırılmalı (Zengin ve Esedov, 2010; Erdem, 2015), altyapılar uzun vadeli düşünerek planlanmalı, tıbbi atıkların yönetimi için politikalar geliştirilmeli (Zengin ve Esedov, 2010), yapılan çalışmalar konusunda halk bilgilendirilmeli (Karagözoğlu, 2020; Bulut ve Karaca, 2020; Salman-Özdemir vd., 2024) ve şehir planlamasında uzun vadeli planlamalar yapılmalıdır (Yazıcı ve Yashıkaya, 2021).

"...Çalıştığım kurumda atık yönetimi alanına giren bir çalışmaya yürütmekteyim. Bu kadar içinde olduğum bir konuda yerel yönetimin konuya hiçbir şekilde dahilini duymadım. Yerel

yönetimler benim izlenimimde sadece depodan alınan atıkların imhasına varan süreçte rol oynamaktadır. Oysa atıklar kaynağında sürece başlar ve belediyelerin bu alanda da bazı sorumlulukları ve takipleri olması gerektiğini düşünüyorum..."

"...Çok fazla binalanmadan kaynaklı altyapı; kanalizasyonlar ve giderler bu ihtiyacı karşılayamamaktadır. Giderek artan betonlaşma yüzünden en ufak bir yağmurda bile binalara su basmaktadır. Altyapı konusunda revizyona gidilmesi ve binalanmaların kısıtlanması giderek kötüleşen çevre kirliliğine bir dur diyecektir..."

"...en başta gelecek dönem seçilemezsem kaygısı ile değil de bu 5 yılda gelecek kuşaklara nasıl daha güzel bir yerleşim yerleri bırakabilirim şiarı ile hareket etmek gerekir. Son olarak, belediyelerin kendisine oy veren, vermeyen; orada ikamet etmiş, etmemiş tüm vatandaşlara eşit hizmet amacıyla planlama yapması gerektiğini düşünmekteyim..."

"Geri Dönüşüm ve Atık Yönetimi: Atıkların kaynağında ayrıştırılması ile ilgili eğitimler verilmeli, çöp kutuları düzenli olarak boşaltılmalı ve geri dönüşüm teşvik edilmelidir."

"Ulaşımın Geliştirilmesi: Yerel yönetimler, çevre dostu ulaşım seçeneklerine yatırım yapmalı (örneğin, bisiklet yolları, elektrikli otobüsler) ve toplu taşıma sistemlerini güçlendirmelidir."

"Altyapı Yatırımları: Su, elektrik ve kanalizasyon sistemlerine yapılacak yatırımların artırılması gereklidir. Eski altyapılar yenilenmeli, bu hizmetler daha geniş alanlara yayılmalıdır."

"Yeşil Alanların Artırılması: Yerel yönetimler, özellikle şehir merkezlerinde, yeşil alanları artırmak için parklara, bahçelere ve ağaçlandırma projelerine yatırım yapmalıdır. Bu alanlar, halkın fiziksel ve psikolojik sağlığını destekler."

"Çevre Kirliliği ile Mücadele: Hava kirliliğini önlemek için trafik yoğunluğunu azaltıcı önlemler alınmalı ve temiz enerji kullanımı teşvik edilmelidir. Aynı şekilde, su kirliliğiyle mücadele için atık su arıtma tesislerinin modernize edilmesi gereklidir."

"Yeni yerleşim alanı planlamasında işe yürüyerek ve bisikletle gidilebilecek planlamalar yapılmalıdır."

Sonuç

Sağlıklı bir çevre oluşması insanların hem sağlığını korumak için hem de sağlığını geliştirmek için önem arz etmektedir. Sağlıklı bir çevrenin oluşturulması için de kamu ve özel sektörlerin ortak hareket etmesi gerekmektedir. Kamu sektöründe ise merkezi ve yerel yönetim ile farklı bakanlıkların ortak politikalar, projeler oluşturmada ve uygulamada iş birliği yapmaları gerekmektedir. Bu anlamda da yerel yönetim ile sağlık kuruluşları arasında yapılacak iş birlikleri sağlıklı bir çevre için atılacak adımların daha güçlü olmasına neden olmaktadır.

Ancak bu iş birliklerinde ortaya çıkan eksiklikler sağlıklı bir çevre için olumsuz etkilere neden olmaktadır. Sağlıklı çevre için yerel yönetim tarafından yapılan hizmetlerde ortaya çıkan sorunlar ve bu sorunların çözümü için beklentiler sağlık çalışanlarının gözünden incelenmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda; çalışmaya katılan sağlık çalışanlarının tamamı yerel yönetimler sağlıklı bir çevre oluşturma konusunda olumlu yönde çaba gösterdiklerini söylemişlerdir. Ancak yerel yönetimlerden olan belediyelerin sağlıklı bir çevre oluşturulması için yaptıkları faaliyetlerde sorunlar yaşandığını da belirtmişlerdir. Belediyelerin sağlıklı çevre oluştururken yaptıkları hizmetlerde gördükleri aksaklıkları da beyan etmişlerdir. Bunlar; merkezi yönetimin kararına göre hareket edildiği, bölgeden bölgeye hizmetlerin değiştiği, yöneticilerin çevre yönetimi anlayışı ile şekillendiğini ve halk sağlığını korumaya yönelik yerel yönetim hizmetleri yetersiz kaldıklarıdır.

Sağlıklı çevre oluşturmada yerel yönetimin eksiklikleri bulunmaktadır. Bu eksikler atık yönetimi, sokak hayvanları yönetimi, sağlıklı çevre konusunda halkı bilinçlendirme, sağlıklı çevre için altyapı, yeşil alanlar, doğal afetlere hazırlık, haşerelerle mücadele, sağlıklı çevre için yapılan denetimlerde ve toplu taşımalarda hijyen ile ilgili eksiklikleri bulunmaktadır.

Sağlıklı bir çevre için yerel yönetimlerce sürdürülmesi gereken projeler veya politikalar beklenmektedir. Bu proje ve politikalar atık yönetimi ile ilgili, hava kirliliğinin önlenmesine yönelik, sokak hayvanları ile ilgili, yeşil alanlar ile ilgili,

su kaynaklarının korunması ile ilgili, toplu taşıma araçları ile ilgili ve yeşil harekât olarak bilinen projelere, belediyelerin aktif katılımı beklenmektedir.

Çevre kirliliği, atık yönetimi ve yeşilin korunması gibi yerel yönetimlerin halk sağlığının artırılması için adımlar atması beklenmektedir. Bu adımlar yeşil alanların korunması ve artırılması, atık yönetiminin etkin olarak takip edilmesi, havanın kirlenmesinin önlenmesi, suların kirlenmesinin önlenmesi, şehir planlamasında uygun olmayan yapılaşmaların önlenmesi, halkın bilinçlendirilmesi, toprağın kirlenmesinin önlenmesi, ışık kirliliğinin önlenmesi, gürültünün önlenmesi ve sokak hayvanlarının yönetimi ile ilgili olmalıdır.

Sağlık çalışanlarının karşılaştığı sorunlar; atık yönetiminde atıkların kaynağında ayrıştırılmaması, verilen hizmetlerin oy odaklı düşünülmesi, altyapıların yetersiz olması, plansız şehirleşme, halkın bilgilendirilmemesi, yeşil alanların yetersiz olması ve haşereler ile mücadelenin yetersiz olmasıdır.

Sağlıklı bir çevre ve sorunların ortadan kaldırılması için çözüm önerileri şu şekilde sıralanmaktadır. Bunlar; verilen hizmetlerin topluma faydasına göre karar verilmeli, atıkların kaynağında ayrıştırılarak etkili olması sağlanmalı, çevre kirliliğinin önlenmesi için tedbirler alınmalı, halkı bisiklet kullanmaya yönelik teşvikler sağlanmalı, yeşil alanlar artırılmalı, altyapılar uzun vadeli düşünerek planlanmalı, tıbbi atıkların yönetimi için politikalar geliştirilmeli, yapılan çalışmalar konusunda halk bilgilendirilmeli ve şehir planlamasında uzun vadeli planlamalar yapılmalıdır.

İnsanların sağlığını korumak ve geliştirmek için sağlıklı bir çevre oluşturmak önemlidir. Sağlıklı çevrenin oluşturulması için belediyelere önemli görevler düşmektedir. Belediyelerin bu görevlerini yerine getirirken bazı eksiklikleri ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek için belediyeler, ilgili kuruluşlar, bakanlıklar ve özellikle de Sağlık Bakanlığı ile iş birliğini sürdürülebilir şekilde devam etmelidir. Sağlıklı çevre için yapılacak politika/projelerin planlanması ve uygulanması sırasında sağlık personellerinin aktif olarak yer alması önerilmektedir.

Kaynakça

- Ak, D., ve Bıçkı, D. (2016). Yavaş Kent (CITTASLOW) Hareketinin Kentsel Yaşam Kalitesi Bağlamında Değerlendirilmesi. *Journal of International Social Research*, 9(46): 615-632.
- Akkaya, B., ve Piyal, B. (2022). Pandemi Döneminde Yeniden “Tek Sağlık” Kavramı. *Sağlık ve Toplum*, 32(3), 23-33. <https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/1145788/pandemi-doneminde-yeniden-tek-saglik-kavrami-Al>
- Akın, A. (2022). Yerel Yönetimler, Kadının Güçlenmesi ve Sağlık. *Yerel Yönetimler Bağlamında Koruyucu Sağlık Perspektifiyle Kadın Sağlığının Desteklenmesi. Türkiye Aile Sağlığı ve Planlaması Vakfı*. 5-20.
- Alas, B., ve Çelebi, İ. (2024). Yerel Yönetimlerde Kentsel Dönüşüm Strateji Önermesi Şişli Örneği. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 6(1), 37-51. <https://doi.org/10.53472/jenas.1412737>
- Altuntaş, Ö. (2015). Alternatif Sağlık Hizmetleri: Evde Bakım / Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Aile Hekimliği A.D. <http://slideplayer.biz.tr/slide/2809823>
- Aslan, D. (2022). Tütün Kontrolü İçin Tek Sağlık Yaklaşımı Neden Gereklidir? *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*. 31(özel sayı): 24-28.
- Bahar, Z. ve Açıl, D. (2014). Sağlığı Geliştirme Modeli: Kavramsal Yapı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi*, 2014, 7 (1), 59-67.
- Bostancı, S. (2022). Yerel Yönetimlerin İklim ve Su Politikaları. *JOEEP: Gelişmekte Olan Ekonomiler ve Politika Dergisi*, 7(1), 395-410.
- Buldukluy ve Koçak, A. (2010). Sağlık İletişimi, İstanbul, Akademi Basım ve Yayıncılık.
- Bulut, Y. ve Karaca, Z. (2020). Kent ve Çevre Sorunlarında Toplumsal Duyarlılık: Antakya Örneği. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(4), 1596-1609. <https://doi.org/10.21547/jss.745121>
- Can, B. ve Can, E. (2023). Şubat 2023 Türkiye Depremleri Sonrası Afet Bölgesi Hayvan Sağlığı Koordinasyonu Kapsamında Hatay İlinde Yürütülen Çalışmalar ve Afet Yönetiminde Veteriner Hekimliği. *Resilience*, 7(2), 375-389. <https://doi.org/10.32569/resilience.1359851>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2013). One health. Available from: <https://www.cdc.gov/one-health/about/index.html>.
- Çaldak, H.F. (2021). Evsel Katı Atık Yönetimi: Çemişgezek Belediyesi Örneği. *Recep Tayyip Erdoğan University Journal of Science and Engineering*, 2(1), 6-15. <https://doi.org/10.53501/rteufemud.807649>
- Çarıkçı, F. ve Harmanlı, N.F. (2023). Kedi Tırmığı Hastalığı (Bartonellosis) Olan Çocuklarda Tek Sağlık Kavramı ile Hemşirelik Yaklaşımı. *KTO Karatay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(2), 151-161. <https://doi.org/10.59244/ktokusbd.1292538>
- Dede, E. (2000). Tehlikeli Atıklar Konusunda Yerel Yönetimlerin Sorumlulukları. *Yerel Yönetim ve Denetim Dergisi*, 5(3):28
- Erdem, N. (2015). Çevre Sorunlarının Yerel Yönetimler Kapsamında İncelenmesi. *Sosyal ve Beşerî Bilimleri Dergisi*, 7(1).
- Ergen, Z. (2021). Ekolojik Dengeyle Uyumlu Yeşil Bütçeler ve Yerel Yönetim Uygulamaları. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 30(2), 62-73. <https://doi.org/10.35379/cusosbil.944665>
- Gemlik, H.N., Şeker, R., Arslanoğlu, A. ve Çengel, Ö. (2022). Sağlık Kurulunda Çalışanların İletişim Sorunları ve Çözüm Önerileri Üzerine Nitel Bir Araştırma. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 9(4), 344-350.
- Göncü, B. (2024). Kötü Huylu Sorunlar Bağlamında Türkiye’de Sokakta Yaşayan Hayvanlar: Eleştirel Halkla İlişkiler Perspektifinden Bir Çerçeve. *REFLEKTİF Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 331-347. <https://doi.org/10.47613/reflektif.2024.162>
- Güleç Solak, S. ve Pekçüçükşen, Ş. (2018). Türkiye’de Kentsel Katı Atık Yönetimi: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(3): 653-683.
- Güngörmüş, Y.G. ve Doğanıılmaz Duman, D. (2023). Yerel Yönetimlerin Salgınla Mücadelesi: İzmir Karabağlar İlçesi Örneği. *Yıldız Social Science Review*, 8(2), 94-107.
- Güven, A., ve Yazar, B. (2021). Tüm Canlılar İçin Sosyal Belediyecilik. *Tarsus Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 17-40.
- Halaç, Ş. ve Bektemür, G. (2024). Sağlık Hizmetleri. Hastane İşletmeciliği İçinde 15-30 (Ed. Arslanoğlu ve Bektemür). Nobel Akademik yayıncılık. Ankara.
- Hassamancıoğlu, V.M. (2021). Türkiye’de Yerel Yönetimlerin Kentsel Açık-Yeşil Alan Yönetimi Stratejilerinin Değerlendirilmesi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 18(39): 627-656. <https://doi.org/10.26466/opus.906382>
- Karagözoğlu, N. (2020). Çevre Sorunları, Nedenleri ve Çözüm Önerileri: Yozgat Örneği. *International Journal of Geography and Geography Education* (42), 356-373. <https://doi.org/10.32003/igge.680120>
- Kavcar, B. (2017). Eko-kent Kent Modeli [Çevrimiçi]. Erişim: <http://sbpturkiye.com/eko-kent-modeli.html>
- Kesmen, H. (2024). Yerel Yönetim Hizmetlerinden Vatandaşların Memnuniyet Düzeylerinin Belirlenmesi: Elâzığ Belediyesi Örneği. *Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi*, 11(21): 1-28.
- Kırışık, F. ve Öztürk, K. (2021). Şiddet Haberlerinden Hayvan Haklarına, Sahipsiz Köpek Sorunu. *Dumlupınar Üniversitesi*

Sosyal Bilimler Dergisi (69): 360-388. <https://doi.org/10.51290/dpusbe.946017>

- Mackenzie, JS. ve Jeggo, M. (2019) The One Health Approach-Why Is It So Important? *Tropical Medicine Infectious Disease*, 4(2): 88.
- Merriam, S.B. (2013). *A Guide to Qualitative Research Design and Practice*. Ankara, Nobel Yayıncılık.
- Meydan Yıldız, S.G. (2016). Çevre Bilinci ve Eko-Kent Planlaması: Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi örneği.
- Muslu, M. (2020). Sağlığın Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Beslenme İçin Alternatif Bir Kaynak: Yenilebilir Böcekler. *GIDA (2020) 45(5) 1009-1018* doi: 10.15237/gida.GD20071
- Onur Kalfa, D. (2024). The Calm City Movement as a Solution to The Regional Development Trap: The Case of Şarköy. *Social Sciences Research Journal*, 13 (01), 148-164.
- Ottawa Charter for Health Promotion, 1986 <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/349652/WHO-EURO-1986-4044-4380361677-eng.pdf?sequence=1>
- Özcan Sarihan, N. ve Çakır, E. (2023). Yerel Yönetimlerde Katı Atık Yönetimi ve Gelişimi: Genel Çerçeve ile Türkiye'ye Bakış. *Journal of History School*, 66,
- Özden, P.P., ve Kubat, A.S. (2011). Türkiye'de şehir yenilemenin uygulanabilirliği üzerine düşünceler. *İTÜDERGİSİ/a*, 2(1).
- Özden, P.P (2001). Kentsel Yenileme Uygulamalarında Yerel Yönetimlerin Rolü Üzerine Düşünceler ve İstanbul Örneği. *I.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi* No: 23-24 (Ekim 2000-Mart 2001)
- Öztaş, C., ve Zengin, E. (2011). Yerel Yönetimler ve Çevre. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (54), 181-200.
- Öztekin, Z. (2019). Halk Sağlığı Bakışıyla Sağlık Hizmetleri Kavramlar-İlkeler-Politikalar. Maltepe Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Sağlık Bakanlığı. Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2011a). Sağlığın Teşviki ve Geliştirilmesi Sözlüğü. Dünya Sağlık Örgütü Organizasyonu 1998. Bakanlık Yayın No: 814, Ankara.
- Sağlık Bakanlığı Temel sağlık hizmetleri Genel müdürlüğü (2011b). Sağlığın Teşviki ve Geliştirilmesine Yönelik Dönüm Noktaları Global Konferanslardan Bildirirler. Dünya Sağlık Örgütü 2009. Bakanlık Yayın No: 813, Ankara.
- Salman Özdemir, B., Yontu, Y. ve Sivri, N. (2024). Tek Sağlık Kapsamında COVID-19 Pandemisi Plastik Kirliliğine Nasıl Kaynak Oluşturdu? Güncel Araştırmalar ve Bilgi Boşluklarının Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(1), 32-44. <https://doi.org/10.35229/jaes.1404637>
- Serpen, A. (2020). Tek Sağlık. Türk Tabipler Birliği Covid 19 Pandemisi Altıncı Ay Değerlendirme Raporu.
- Seyhan, N., 2023, Türkiye'de Atık Yönetimi: İllerin Performanslarının MAIRCA Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 58(3), 2670-2685.
- Tenikler, G. (2023). Işık Kirliliği ile Mücadele Kapsamında Uluslararası ve Ulusal Düzeyde Gerçekleştirilen Çalışmalara İlişkin Bir Değerlendirme. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 8(1), 120-154.
- Temizyürek, A. (2007) Veteriner Hekimler ile İnsan Hekimleri Tek Sağlık Konseptine Geri Dönüyorlar. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 78(4):16-23.
- Türnüklü A. (2000). Eğitim bilim araştırmalarında etkin olarak kullanılabilecek nitel bir araştırma tekniği: Görüşme. *Kuram ve uygulamada eğitim yönetimi*, 24: 543.
- Uzun, O., ve Can, E. (2021). Mahalli İdare Birlikleri Bağlamında Sağlıklı Kentler Birliği Yerel Yönetimler İlişkileri: Bursa Örneği. *Düzce University Journal of Science and Technology*, 9(1), 60-78. <https://doi.org/10.29130/dubited.786055>
- WHO, (1948). https://www.who.int/health-topics/human-rights#tab=tab_1 Erişim Tarihi: 25 Aralık 2024.
- WHO. (2024). One Health. Available from: https://www.who.int/health-topics/one-health#tab=tab_1
- Yazıcı, M. ve Yalçınkaya, R. (2021). Yerel Yönetim ve Kentsel Güvenlik İlişkisi Üzerine Bir İnceleme: Bandırma Örneği. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (12): 78-92.
- Yeşildal, A. (2020). Doğal Afetlerle Mücadelede Yerel Yönetimlerin Rolü ve Kapasite Sorunları: Esnek Şehir Uygulaması. *Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(1), 87-116.
- Yıldırım, A. (2023). Yerel Yönetimlerde Çevre: Malatya Büyükşehir Belediyesi Örneği. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 27(2), 267-284.
- Yıldız, N.D., ve Yılmaz, H. (2005). Işık kirliliği, ortaya çıkardığı sorunlar ve çözüm önerileri. *Research in Agricultural Sciences*, 36(1), 117.
- Yılmaz, D., ve Bozkurt, D. (2010). Türkiye'de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 11-28.
- Yılmaz, O., ve Yılmaz, C. (2020). Tek sağlık ve COVID 19. 4. Uluslararası Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırmaları Kongresi. *Bildirir Tam Metin Kitabı*. 22-23 Ağustos.
- Yücel, N., Yücel, A., Güler, E., ve Ak, M. (2012). Belediyelerde hizmet pazarlaması: Elâzığ Belediyesi örneği. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 150-164.
- Zengin, E. ve Esedov A. (2010). Çevre Sorunlarının Yerel Özellikleri ve Üsküdar Örneği, *Sosyal Siyaset Konferansları*, Sayı: 59: 149-178.

Evrişimsel Sinir Ağlarıyla Marmara Denizi'ndeki Müsilaj Oluşumlarının Tespitinde Eğitim Veri Seti Boyutunun Etkisinin İncelenmesi

Examining the Effect of Training Data Set Size on the Detection of Mucilage Formations in the Sea of Marmara with Convolutional Neural Networks

Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN

Gebze Teknik Üniversitesi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye
mkocal@gtu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-9487-497X

Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL

Gebze Teknik Üniversitesi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye
soncel@gtu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-1945-2336

Arş. Gör. Mustafacan SAYGI

Gebze Teknik Üniversitesi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye
msaygi@gtu.edu.tr
ORCID: 0009-0003-6015-1273

Doç. Dr. İsmail ÇÖLKESEN

Gebze Teknik Üniversitesi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye
mkocal@gtu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-9670-3023

Öz

Ekosistem için büyük önem arz eden denizel ortamlarda meydana gelen olumsuz değişimlerin önüne geçilebilmesi için alınacak önlemlerin belirlenmesinde takip ve izleme sistemlerinin geliştirilmesi kritik bir rol oynamaktadır. Bu noktada her geçen gün ilerleyen sensör teknolojisinin ürünü olan uzaktan algılanmış görüntülerin kullanılması çevresel değişim analizlerde önemli avantajlar sunmaktadır. Bunun yanı sıra, derin öğrenme tekniklerinin kullanılması da bu karmaşık ve büyük hacimli uzaktan algılanmış veri setlerinden daha yüksek performans alınmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada, 2021 yılında Marmara Denizi'nin doğusunda yer alan Kocaeli Körfezi'nde gözlemlenen müsilaj oluşumlarının uydu görüntüleri ve derin öğrenme modelleri ile tespiti ve haritalandırılması hedeflenmiştir. Çalışmada atmosferik olarak düzeltilmiş Sentinel-2 (Seviye-2) görüntüleri temel veri kaynağı olarak kullanılmış ve piksel tabanlı Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) mimarisine dayalı derin öğrenme modelleriyle sınıflandırma yapılmıştır. Bu kapsamda, ESA modellerinin sınıflandırma performansı, model oluşumunda kullanılan eğitim veri setinin boyutuyla ilişkili olarak detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Sentinel-2 uydu görüntülerinin yeniden örneklenmesi ve kara piksellerinin maskelenmesinin ardından çalışma alanında yer alan temiz su yüzeyi ve müsilaj oluşumlarına yönelik örnek pikseller toplanmıştır. Derin öğrenme modellerinin eğitim ve test aşamasında kullanılmak üzere elde edilen örnek piksellerden oluşan veri seti boyutunun müsilaj oluşumlarının tespitine etkisinin incelenmesi amacı ile yer doğrulama veri seti örnekleme oranları dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları, model oluşumunda kullanılan örnek sayısının artması ile birlikte tahmin modelinin performansında %7 seviyelerinde artış olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte 19 Mayıs 2021 tarihinde çalışma alanında 4km²'lik bir alana yayılan yoğun müsilaj oluşumları tespit edilmiştir. Elde edilen nicel değerlendirmeler sonucunda daha geniş veri setlerinin derin öğrenme modellerinin sınıflandırma doğruluğuna katkı sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Evrişimsel Sinir Ağları, Müsilaj, Sentinel-2, Uzaktan Algılama.

Abstract

The development of tracking and monitoring systems plays a critical role in determining the measures to be taken to prevent negative changes in marine environments, which are of great importance for the ecosystem. At this point, the use of remotely sensed images, which are the product of sensor technology that advances day by day, offers significant advantages in environmental change analyses. In addition, the use of deep learning techniques provides higher performance from these complex and large volume remotely sensed data sets. In this study, it was aimed to detect and map the mucilage formations observed in Kocaeli Bay, located in the east of the Marmara Sea in 2021, with satellite images and deep learning models. In this study, atmospherically corrected Sentinel-2 (Level-2) images were used as the main data source and classification was made with deep learning models based on pixel-based Convolutional Neural Networks (ESA) architecture. In this context, the classification performance of ESA models is discussed in detail in relation to the size of the training data set used in model formation. After resampling the Sentinel-2 satellite images and masking the land pixels, sample pixels for the clean water surface and mucilage formations in the study area were collected. In order to examine the effect of the size of the data set, which consists of sample pixels obtained for use in the training and testing stages of deep learning models, on the detection of mucilage formations, the ground validation data set was determined by taking into account the sampling rates. The study results show that as the number of samples used in model formation increases, there is a 7% increase in the performance of the prediction model. However, on May 19, 2021, dense mucilage formations spread over an area of 4 km² were detected in the study area. As a result of the quantitative evaluations obtained, it was seen that larger data sets contributed to the classification accuracy of deep learning models.

Keywords: Deep Learning, Convolutional Neural Networks, Mucilage, Sentinel-2, Remote Sensing.

Giriş

Gün geçtikçe artan nüfus yoğunluğunun ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla hızla artan sanayileşme, gerekli ham maddenin temini için artan tarımsal faaliyetler, nüfusa bağlı artan antropojenik etkiler ve en önemlisi küresel ısınmayla birlikte iklim değişikliğinin etkileri her geçen gün ekosistemde büyük değişiklikler meydana getirmektedir. Hem denizlerde hem de karasal ekosistemde meydana gelen değişikliklere bu ortamlarda yaşayan canlılar farklı tepkiler verebilmektedir. Denizel ortamlardaki canlıların en çarpıcı tepkilerinden biri de müsilaj oluşumudur. Müsilaj, genel olarak deniz karı, kümelenmiş kütle, köpük birikimi, flokülasyon ve mukus aglomerasyonu gibi terimlerle de tanımlanmaktadır (Özalp, 2021). Deniz salyası olarak da adlandırılan bu oluşumların temel nedeni ise planktonik organizmalar ve filamentli alglere dayanmaktadır (Schiaparelli vd., 2007). Genellikle ani değişimler sonucu meydana gelen müsilaj oluşumlarında karasal girdilerin etkili olduğu bilinmekle beraber büyük oranda belirsizlik de bulunmaktadır (Cozzi vd., 2004). Müsilaj oluşumlarındaki artışın, alt tabakadaki çözünmüş oksijen seviyelerinin

tükenmesine neden olarak, ekosistemde bir çöküşe yol açabileceği ifade edilmektedir (Taş vd., 2020). Dolayısıyla hem deniz ekosistemini hem de dolaylı olarak karasal ekosistemin çevresel olarak korunması amacıyla gerekli önlemlerin alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda, gerekli önemlerin alınabilmesi ve karar vericilere gerekli bilgilerin sağlanabilmesi amacıyla bu oluşumlara neden olan faktörlerin ortaya çıkarılması, meydana geldiği süreçlerde takip ve tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Nitekim, özellikle geniş kapsama alanlarına sahip veri teminine olanak sağlayan uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımı bu konudaki araştırmalara büyük katkı sağlamaktadır. Her geçen gün gelişen sensör teknolojisi sayesinde yer gözlemine dayalı uygulamalarda daha yüksek seviyede özelliklerin elde edilmesini sağlayan uzaktan algılanmış görüntülerden oluşan veri setleri; su kalitesinin değerlendirilmesi, alg patlaması oluşumlarının tespiti, su alanlarının çıkarımı gibi çeşitli çalışma alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Colkesen vd., 2024; Mishra ve Mishra, 2024; Wasehun vd., 2024; Sun vd., 2024). Bunun yanı sıra, son dönemin popüler teknolojisi olan yapay zekaya dayalı derin öğrenme teknikleri de düşük seviyeli ham verilerden elde edilen özelliklerden daha yüksek seviyede bilgi çıkarımına olanak tanınması nedeniyle kompleks veri seti olarak nitelendirilebilen uzaktan algılanmış veri setlerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Kattenborn vd., 2021; Hou vd., 2021; Hu vd., 2021; Kaushal vd., 2024; Xue vd., 2024).

Halihazırda mevcut literatür göz önünde bulundurulduğunda, müsilaaj formasyonlarının tespitinde birçok farklı teknik ve veri seti kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Kavzoglu vd., 2021; Acar vd., 2021; Kavzoglu ve Goral, 2022; Yagci vd., 2022; Colkesen vd., 2023; Sefercik vd., 2024; Yılmaz vd., 2024; Esi vd., 2024). Örneğin Acar vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada bulut tabanlı Google Earth Engine platformunda Sentinel-2 uydu görüntülerinin temel veri seti olarak kullanılmış olup makine öğrenmesi algoritmalarından Rastgele Orman algoritması sınıflandırma aşaması için tercih edilmiştir. Müsilaaj oluşumlarının tespitine yönelik gerçekleştirilen başka bir çalışmada Yagci vd. (2022) günlük veri almına olanak sağlayan ancak düşük mekânsal çözünürlüğe sahip Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) uydu görüntülerinin müsilaaj oluşumlarının günlük olarak izlenmesi ve tespitini incelemiştir. MODIS uydu görüntüleri ile elde edilen sonuçlar hem Sentinel-2 uydu görüntüleriyle hem de yersel ölçümlere dayalı spektrometre ölçümleriyle doğrulanmıştır. Diğer taraftan nitel ve nicel sonuçlar, üretilen haritalarda kara-su geçiş bölgelerinde sınırlı güvenilirlik olsa da müsilaaj oluşumlarını doğru bir şekilde tespit edebilmektedir. Colkesen vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, müsilaaj oluşumlarının tespitine yönelik Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak Otomatik Müsilaaj Çıkarım İndeksi (AMEI) önerilmiştir. Üç farklı tarihte Marmara Denizi'nde meydana gelen müsilaaj oluşumlarına dayalı olarak geliştirilen AMEI, Jenks Natural Breaks (JNB) eşik değeri algoritmasına dayalı olarak otomatik eşik değeri tayini uyarınca geliştirilmiştir. Diğer taraftan önerilen yöntem, 21 farklı spektral indeksle karşılaştırılmış olup elde edilen yöntemin etkinliği vurgulanmıştır. Sefercik vd. (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise müsilaajın deniz suyu kalitesi, deniz yüzeyi sıcaklığı ve radar sinyali yansıma gücü üzerindeki etkileri, müsilaajla kaplı iki farklı bölgede yapılan detaylı bir araştırma ile değerlendirilmiştir. Yersel ölçümlere dayalı su yüzeyi sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, pH, askıda katı maddeler, çözünmüş oksijen ve klorofil-a gibi su kalitesi parametreleri de çalışma kapsamında elde edilmiştir. Ayrıca, yine yersel ölçümlere dayalı olarak farklı müsilaaj formasyonları ve temiz su yüzeyine ait spektral yansıma değerleri elde edilmiştir. Bunun yanı sıra uzay tabanlı Sentinel-1, Sentinel-2 ve Sentinel-3 radar ve optik görüntüleri kullanılarak, müsilaajın deniz yüzeyi sıcaklığı, spektral yansıma ve radar sinyali geri saçılma üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, müsilaajın su kalitesi üzerinde belirgin etkiler yarattığını ve orta ile yoğun müsilaajın radar sinyali gücünde sırasıyla yaklaşık 0,5 ve 1 desibel azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca, deniz yüzeyi sıcaklığı açısından, temiz su ile orta yoğunluklu ve yoğun müsilaaj alanları arasındaki farkın 1,05-2,25°C arasında olduğu ortaya konmuştur.

Çalışma kapsamında, Marmara Denizi'nin doğusunda yer alan Kocaeli Körfezi'nde meydana gelen müsilaaj oluşumlarının Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) tabanlı derin öğrenme teknikleri ve Sentinel-2 uydu görüntüleri ile tespit edilmesinde eğitim veri seti boyutunun, sınıflandırma performansına etkisi incelenmiştir.

Yöntem

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında uygulanan yöntem adımları üç temel başlık altında toplanmıştır. İlk olarak temel veri seti olarak kullanılacak Sentinel-2 uydu görüntüleri, çalışma alanında müsilaj oluşumlarının gözlemlendiği tarihte temin edilmiştir. Ardından temin edilen uydu görüntülerinin yeniden örneklenmesi ve kara alanlarının maskelenmesi gibi ön işlemleri gerçekleştirilmiş ve derin öğrenme modellerinin eğitim aşamasında kullanılmak üzere eğitim ve test veri setleri oluşturulmuş ve çalışmanın amacına yönelik olarak rastgele bölünmüştür. Son olarak sınıflandırma işlemlerinin gerçekleştirilmesi için kullanılacak ESA tabanlı derin öğrenme modelleri oluşturulmuş ve sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma Alanı ve Veri Seti

Çalışma kapsamında uygulama alanı olarak, 2021 yılında yoğun müsilaj oluşumlarının gözlemlendiği Marmara Denizi'nin doğusunda yer alan İzmit Körfezi seçilmiştir (Şekil 1). Marmara Bölgesi'nin doğusunda yer alan ve yoğun sanayi faaliyetlerinin merkezi konumunda bulunan Kocaeli ilinin kıyı şeridi içerisinde kalan çalışma alanı yaklaşık 210 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bölgenin Türkiye'nin en önemli sanayi merkezlerinden biri konumunda olması, nüfusun hızla artmasına neden olmuştur. Son beş yıllık nüfus ölçümlerine göre, Kocaeli'nin nüfusunun %20 oranında bir artış göstererek 2.102.907 kişiye ulaştığı tespit edilmiştir (TUIK, 2023).



Şekil 1. Çalışma Alanı.

Çalışma kapsamında, temel veri seti olarak Avrupa Uzay Ajansı tarafından Copernicus programının Sentinel-2 uydu misyonu tarafından servis edilen uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yer gözlemine dayalı uygulamalar için geliştirilen Sentinel-2 uydu misyonu Sentinel-2A ve Sentinel-2B güneşe eş yörüngede bulunan ikiz uydulardan oluşmaktadır. Üç farklı mekânsal çözünürlük tipi sunan Sentinel-2 uydu görüntüleri, 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip 4 spektral banda, 20 m mekânsal çözünürlüğe sahip 6 spektral banda ve 60 m mekânsal çözünürlüğe sahip 3 spektral banda sahiptir. Beş günlük zamansal çözünürlüğe sahip Sentinel-2 uydu görüntüleri, kızılötesi ve kırmızı kenar dalga boyu aralığında 5 farklı spektral banda ve açık erişime sahip olması nedeniyle birçok araştırmada kullanılmaktadır. Sentinel-2 uydu görüntülerine ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Sentinel-2 Uydu Görüntülerinin Teknik Özellikleri.

Bant Numarası	Spektral Bölge	Merkez Dalgaboyu (nm)	Mekansal Çözünürlük (m)
B01	Kıyı Aerosol	443	60
B02	Mavi	490	10
B03	Yeşil	560	10
B04	Kırmızı	665	10
B05	Kırmızı kenar	705	20
B06	Kırmızı kenar	740	20
B07	Kırmızı kenar	783	20
B08	Yakın Kızılötesi	842	10
B8A	Kırmızı Kenar	865	20
B09	Su Buharı	945	60
B10	Kısa Dalga Kızılötesi	1380	60
B11	Kısa Dalga Kızılötesi	1610	20
B12	Kısa Dalga Kızılötesi	2190	20

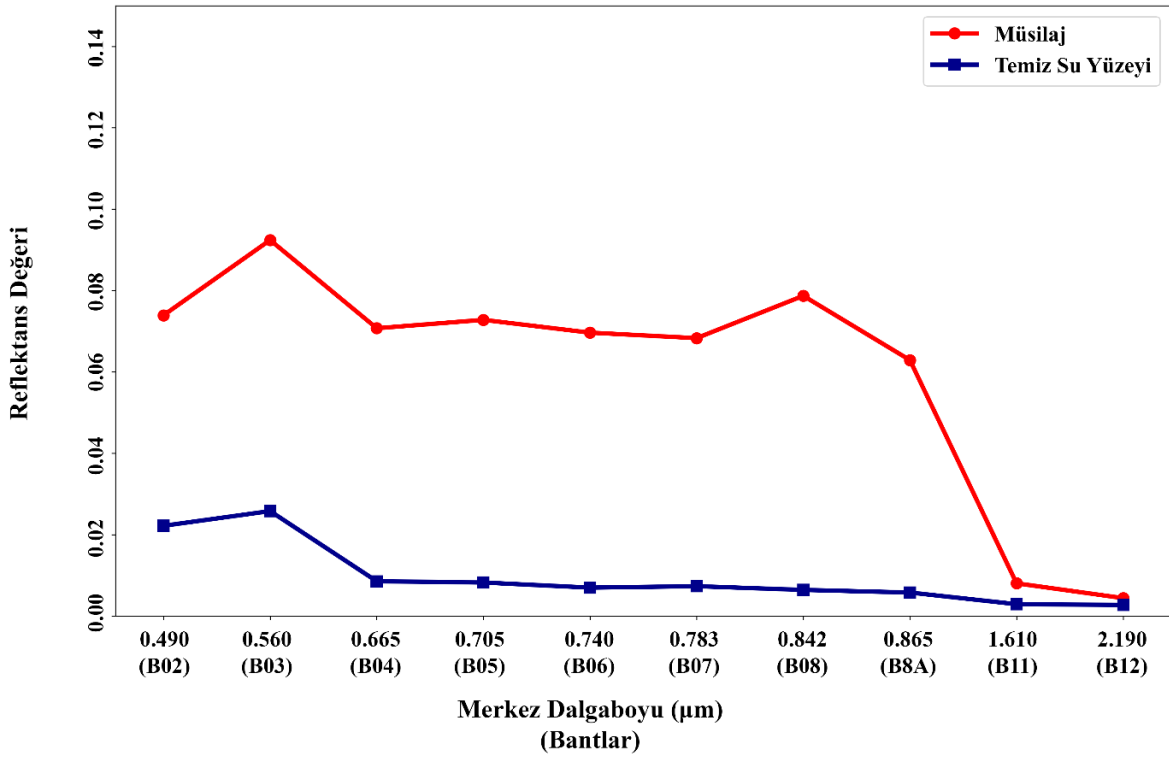
Veri Temini ve Ön İşlemler

Temel veri olarak kullanılan, çalışma alanında müsilaaj formasyonlarının gözlemlendiği 19 Mayıs 2021 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüsü Avrupa Uzay Ajansı Copernicus Açık Erişim Merkezi'nden (<https://dataspace.copernicus.eu/>) temin edilmiştir. Sentinel-2 uydu görüntüsü; atmosferik, radyometrik ve geometrik düzeltmeleri gerçekleştirilmiş Seviye-2 olarak temin edilmiştir. Müsilaaj

oluşumlarının daha hassas ve yüksek doğrulukta tespiti amacıyla çalışma alanında bulut içermeyen görüntüler tercih edilmiştir. Elde edilen görüntünün 60 m mekânsal çözünürlüğe sahip kıyı aerosolleri, atmosferik etkiler ve su buharı gibi çalışmalar için kullanılan Kıyı Aerosol (B01), Su Buharı (B09) ve Kısa Dalga Kızılötesi - Sırrus (B10) bantları veri setinden çıkarılmış olup geriye kalan 10 spektral bant çalışmada kullanılmıştır. Veri setinden yer alan 20 m mekânsal çözünürlükteki spektral bantlar, 10 m mekânsal çözünürlükteki diğer spektral bantların çözünürlüğüne eşitlenebilmesi adına literatürde sıklıkla kullanılan en yakın komşuluk enterpolasyon tekniği yardımıyla 10 m mekânsal çözünürlüğe yeniden örneklenmiştir (Wang vd., 2016). Veri setinin çözünürlüğünün iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen işlemler ENVI 5.3 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yeniden örneklenen veri seti üzerinde kara alanlarının maskelenmesi literatürde birçok çalışmada su alanlarının çıkarımında yaygın olarak kullanılan Modifiye Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi'nden (MNDWI) yararlanılmıştır (Xu, 2006). Veri setinin Yeşil (B03) ve Kısa Dalga Kızılötesi-1 (B11) spektral bantlarını esas alınarak hesaplanan bu spektral indeks, -1 ile +1 değer aralığına sahip olmakla beraber negatif değerler kara piksellerine karşılık gelirken pozitif değerler su piksellerini temsil etmektedir. Çalışma kapsamında, belirtilen veri seti kullanılarak oluşturulan gri-düzyen indeks haritası üzerinden, görsel yorumlamaya dayalı eşik tayini kullanılarak kara alanları maskelenmiştir. Bununla birlikte, çalışmada daha hassas bir sonuç elde edilebilmesi için görüntüde yer alan gemilere ait pikseller de maskelenmiş olup yalnızca müsilaaj ve su piksellerinden oluşan görüntü elde edilmiştir.

Gerçekleştirilecek sınıflandırma işleminde kullanılacak eğitim ve test veri setinin oluşturulması amacıyla çalışma alanında yer alan temiz su yüzeyi ve müsilaaj oluşumlarına ait örnek pikseller toplanmıştır. Müsilaaj oluşumlarına yönelik toplanan örnek pikseller Colkesen vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada belirtilen orta ve düşük yoğunluktaki müsilaaj oluşumları da göz önünde bulundurularak toplanmıştır. Görsel yorumlamaya dayalı gerçekleştirilen bu işlemlerin daha hassas bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla yalancı renk kombinasyonlarından yararlanılmıştır. Toplanan örnek piksellerin spektral yapısı analiz edilmiş olup ortalama ve standart sapma değerlerine bağlı olarak aykırı değerler elimine edilmiştir. Son durumda sınıflandırma işleminde kullanılmak üzere her iki sınıfa ait 1500'er örnek piksel kullanılarak veri seti oluşturulmuştur. Şekil 2'de su ve müsilaaj örnek piksellerine ilişkin ortalama spektral imzaları verilmiştir. Spektral imzalar incelendiğinde müsilaaj oluşumlarının hem spektrumun hem görünür bölgesinde hem de kızıl ötesi bölgesinde su piksellerinden oldukça farklı spektral karakteristiği olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, su ve müsilaaj oluşumlarının Sentinel-2 görüntüsünün orta kızılötesi bantlarında (B11 ve B12) spektral olarak benzer değerler aldığı görülmektedir.



Şekil II. Müsilaj ve Su Piksellerinin Spektral İmzaları.

Evrişimsel Sinir Ağları (ESA)

Çalışma kapsamında, gerçekleştirilen sınıflandırma işlemleri için Evrişimsel Sinir Ağları mimarisinin temel alındığı piksel-tabanlı derin öğrenme tekniği kullanılmıştır. Özellikle ESA mimarisine dayalı derin öğrenme tekniklerinin, büyük veri boyutuna ve kompleks yapıya sahip uzaktan algılanmış görüntülerde özellik öğrenme özelliği sayesinde sınıflandırma performansına katkı sağlamaktadır (Zhang vd., 2019). Bunun yanı sıra geleneksel tabanlı yöntemlere kıyasla düşük seviyeli özellikler olarak nitelendirilebilen ham verilerden yüksek seviyede ve derin özelliklerin çıkarılmasını sağlaması farklı durumlara kolay adapte olabilmesini ve dolayısıyla transfer edilebilir bir model geliştirilmesine katkı sunmaktadır (Hinton and Salakhutdinov, 2006; Wang vd., 2018). Çalışma kapsamında tasarlanan ESA tabanlı derin öğrenme modellerinde 2 ardışık konvolüsyon katmanları ve ardından her biri 1 x 1

çekirdek (Kernel) boyutuna sahip ReLU aktivasyon fonksiyonu ile etkinleştirilmiştir. Evrişim katmanlarının ardından elde edilen özellikler düzleştirme (Flatten) katmanı ile vektörel formata dönüştürülmüştür. Bu işlemi takiben iki tam bağlı (Dense) katman kullanılmış olup ReLU aktivasyon fonksiyonu kullanılarak doğrusal olmayan ilişkilerin modellenmesi amaçlanmıştır. Modelin aşırı öğrenme durumunu ortadan kaldırmak ve genelleme kapasitesini artırmak amacıyla %20'lik seyreltme (Dropout) kullanılmış ve bazı nöronlar rastgele olacak şekilde devre dışı bırakılmıştır. Son aşamada ise modelin son katmanında, iki sınıflı bir sınıflandırma problemi için softmax aktivasyon fonksiyonu ile çalışan bir çıktı katmanı yer almaktadır. Çalışmanın amacına yönelik olarak farklı eğitim veri setlerinin performanslarının daha objektif bir şekilde değerlendirilebilmesi için tüm model eğitimlerinde ESA tabanlı model mimarisi aynı şekilde kullanılmıştır.

Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmanın temel amacı, mülaj oluşumlarının tespiti-ne yönelik farklı eğitim veri seti boyutları dikkate alınarak oluşturulan ESA modellerinin performanslarının analiz edilmesidir. Bu doğrultuda, görüntü üzerinde su ve mülaj oluşumlarını temsil eden toplam 3.000 pikselden oluşan yer doğrulama verisi, rastgele örnekleme prensibine dayalı olarak Tablo II’de verilen farklı örnekleme oranları dikkate alınarak eğitim ve test veri seti olarak ayrılmıştır. Elde edilen veri setinin eğitim ve test sayısına yönelik bilgilere Tablo II’de yer verilmiştir.

Tablo II: Derin Öğrenme Modelinin Eğitim ve Test Aşamalarında Kullanılan Pikselle Sayıları.

Bant Numarası	Spektral Bölge	Merkez Dalgaboyu (nm)
10:90	300	2700
30:70	900	2100
50:50	1500	1500
70:20	2100	900
90:10	2700	300

Tablo II’de yer alan farklı eğitim boyutlarına sahip veri setleri kullanılarak eğitilen derin öğrenme modellerinin performanslarının objektif bir şekilde karşılaştırılabilmesi amacıyla model hiper-parametreleri tüm modellerde sabit tutulmuştur. Bu kapsamda model hiper-parametreleri deneme yanılma stratejisine bağlı olarak belirlenmiş olup Tablo III’te belirtilmiştir.

Tablo III: Derin Öğrenme Modellerinin Eğitim Aşamasında Kullanılan Hiper Parametreler.

Hiperparametre	Değer
Optimizatör	Adam
Öğrenme Oranı	0.001
Kayıp Fonksiyonu	Kategorik Çapraz Entropi
Batch Boyutu	16
Eğitim Tur Sayısı	10

Derin öğrenme modelleri Tablo III’te belirtilen hiper parametreler kullanılarak ayrı ayrı eğitilmiş olup eğitim süreçlerinde herhangi bir şekilde “aşırı öğrenme” ve “yetersiz öğrenme” olmamıştır. Model eğitimlerinde, eğitim tur sayısının 10 olarak belirlenmesinin en temel nedeni derin öğrenme modellerinin yüksek işlem kapasiteli iş istasyonlarına ihtiyaç duymasının yanı sıra sınıflandırma probleminin nispeten ikili sınıflandırma problemi (mülaj ve su) olarak basit bir problem olarak nitelendirilebilir olmasından kaynaklanmaktadır. Modellerin eğitim süreçlerinin

değerlendirilebilmesi için her bir eğitim tur sayısında elde edilen eğitim ve doğrulama kayıp grafikleri oluşturulmuştur. Ayrıca, her bir derin öğrenme modeli için en az eğitim kaybının yaşandığı eğitim tur sayısı model tahmin aşamasında kullanılmak üzere belirlenmiştir.

Derin öğrenme modellerinin eğitim aşamasının ardından modellerin performanslarının değerlendirilmesi amacıyla literatürde derin öğrenme ve uzaktan algılama tabanlı uygulamalarda sıklıkla tercih edilen doğruluk analizi metrikleri kullanılmıştır. Doğruluk analizi metriklerine ilişkin eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$\text{Kesinlik} = \frac{DY}{DP + YP}$$

$$\text{Hassasiyet} = \frac{DP}{DP + YN}$$

$$F - \text{Skor} = \frac{2 \times \text{Kesinlik} \times \text{Hassasiyet}}{\text{Kesinlik} + \text{Hassasiyet}}$$

$$IoU = \frac{DP}{DP + YP + YN}$$

$$\text{Genel Doğruluk} = \frac{DP + DN}{DP + DN + YP + YN}$$

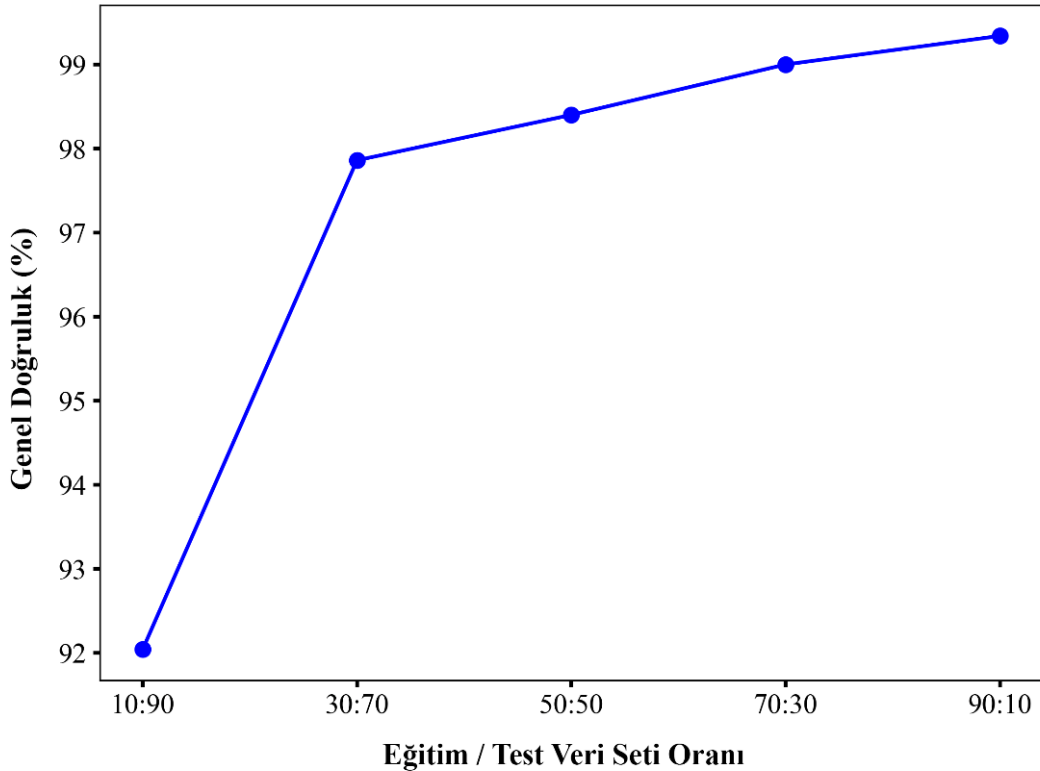
Bu kapsamda, modellerin tahmin sonuçları ve test pikselleri kullanılarak hata matrisi üretilmiştir. Ardından sınıf bazlı doğruluk değerlendirmesi için Doğru Pozitif (DP), Doğru Negatif (DN), Yanlış Pozitif (YP) ve Yanlış Negatif (YN) değerleri hesaplanmış olup bu kapsamda kesinlik, hassasiyet, f-skör, genel doğruluk ve birleşim üzerinde kesişim metrikleri hesaplanmıştır. Doğru pozitiflerin sayısının, doğru pozitifler ve yanlış pozitiflerin toplamına bölünmesiyle elde edilen kesinlik metriği, tahmin edilen piksellerin ne kadarının eksiksiz tahmin edildiğine yönelik bilgi vermesi amacıyla kullanılmıştır. Diğer taraftan hassasiyet ise doğru pozitiflerin sayısının doğru pozitif ve yanlış negatiflerin sayısının toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir. Diğer taraftan bireysel kullanımında net bir şekilde sınıflandırma doğruluğunun elde edilmesine katkı sağlamayan kesinlik ve hassasiyet metriklerinin harmonik ortalaması olarak elde edilen f-skör metriği hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra kesişim alanlarının birleşim alanlarına oranıyla elde edilen birleşim üzerinde kesişim (IoU) ve hata matrisinde yer alan tüm bileşenlerin formülasyonuna dahil edildiği genel doğruluk (GD) metrikleri hesaplanmıştır. Uygulanan modellerin farklı metrikler için doğruluk analizi sonuçları Tablo IV’te belirtilmiştir.

Tablo IV: Doğruluk Analizi Sonuçları.

Metrik	10:90	30:70	50:50	70:30	90:10
Kesinlik (%)	92,97	97,88	98,39	98,99	99,33
Hassasiyet (%)	92,12	97,87	98,43	99,02	99,33
F-Skor (%)	92,01	97,86	98,40	99,00	99,33
IoU (%)	85,20	95,81	96,85	98,02	98,68
GD (%)	92,04	97,86	98,40	99,00	99,34

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda tüm doğruluk analizi metriklerinde en yüksek eğitim veri seti boyutuna sahip veri seti kullanılarak eğitilen derin öğrenme modelinin en yüksek sınıflandırma performansına sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra 10:90 dağılımına sahip veri setinin ardından doğruluk oranında %5'in üzerinde bir artış sağlanmasına karşın 30:70 veri setinin ardından doğruluk oranlarındaki artış boyutu %1'in altına düşmüştür. Özellikle IoU metriği baz alınarak gerçekleştirilen

analizde 10:90 ve 30:70 veri setleri kullanılarak eğitilen derin öğrenme modelinin %10'un üzerinde bir farka sahip olduğu görülmektedir. Genel doğruluk metriğindeki değerlere benzer şekilde 30:70 veri seti dağılımıyla eğitilen derin öğrenme modelinin ardından doğruluk oranlarındaki artış azalma eğilimi göstermiştir. Buna yönelik olarak her bir eğitim veri setinde derin öğrenme modellerinin genel doğruluk oranlarının dağılımı Şekil III'te gösterilmiştir.

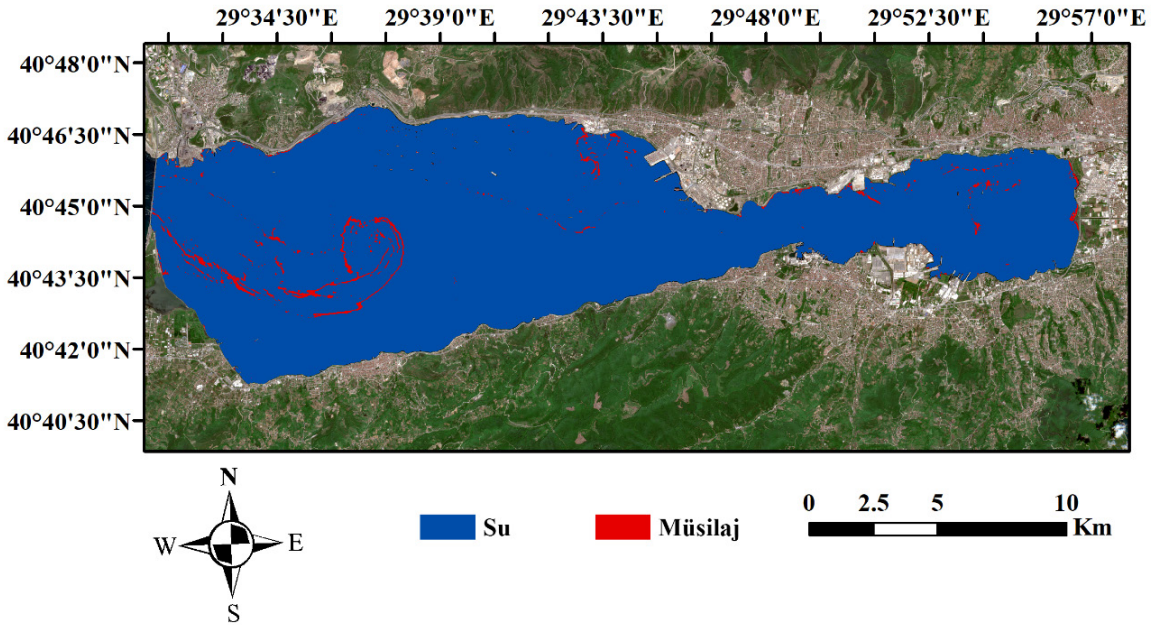


Şekil III. Derin Öğrenme Modellerinin Eğitim Veri Setine Göre Genel Doğruluk Oranları.

Geleneksel yöntemlere ve makine öğrenmesi algoritmalarına göre düşük seviyeli özelliklerden yüksek seviyeli özelliklerin çıkarılmasına katkı sağlayan derin öğrenme modelleri, bu yöntemlere kıyasla daha yüksek boyutlara sahip veri setlerine ihtiyaç duymaktadır. Nitekim bu durum göz önünde bulundurulduğunda derin öğrenme modellerinin daha yüksek sınıflandırma performansına sahip olduğu da çalışma kapsamında gerçekleştirilen uygulamada görülmüştür. Farklı veri seti boyutları kullanılarak eğitilen derin öğrenme modellerinin doğruluk analizi sonucu elde edilen genel doğruluk oranları göz önünde bulundurulduğunda eğitim verisinin boyutunun artması durumunda modelin tahmin doğruluğunun önemli seviyelerde artış gösterdiği

görülmektedir.

Elde edilen sonuçlar neticesinde en yüksek sınıflandırma doğruluğuna ulaşılan derin öğrenme modeli kullanılarak 19 Mayıs 2021 tarihinde çalışma alanında tespit edilen mülaj oluşumlarının dağılımını gösteren tematik harita üretilmiştir (Şekil IV). Çalışma alanının batı kesiminde, Körfezin kuzey ve doğusunda yer alan kıyı kesimlerinde yoğun mülaj oluşumları gözlenmiştir. Toplamda yaklaşık 210 km²'lik kısmında mülaj oluşumları gözlenmiştir. Bununla birlikte yalnızca yüksek yoğunluktaki mülaj oluşumlarının değil aynı zamanda orta ve düşük yoğunlukta olarak nitelendirilebilen formasyonların da derin öğrenme modeli tarafından tespit edildiği görülmüştür.



Şekil IV. En Yüksek Genel Doğruluk Oranına Sahip Derin Öğrenme Modeli İçin Üretilen Tematik Harita.

Çalışma kapsamında, son dönemin popüler teknolojisi yapay zeka tabanlı derin öğrenme tekniklerinin uzaktan algılanmış veri setleri kullanılarak mülaj formasyonlarının tespitindeki performansları incelenmiştir. Bu doğrultuda, farklı eğitim ve test veri seti boyutlarında oluşturulan beş farklı veri seti kullanılarak ESA tabanlı derin öğrenme modellerinin performansları analiz edilmiştir. Derin öğrenme modellerinin eğitim süreçlerinin ardından model performansları doğruluk analizi metrikleri kullanılarak nicel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, eğitim veri seti boyutunun artışına paralel olarak derin öğrenme modelinin performansında önemli seviyelerde artışlar olduğunu göstermektedir. Buna karşın, eğitim veri seti boyutunun 10:90 olarak belirlenerek eğitilen derin öğrenme modelinin

performansının, eğitim veri seti boyutu 30:70 olarak belirlenerek eğitilen derin öğrenme modeline göre büyük bir artış sergilemesine rağmen ardından model doğruluğunun çok düşük artış göstererek neredeyse sabit kaldığı görülmektedir. Dolayısıyla, gelecek çalışmalarda gerçekleştirilen bu analizlerin farklı uzaktan algılanmış veri setleri, farklı derin öğrenme mimarileri ve parametre optimizasyonu süreçleri değerlendirilerek gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra çalışma kapsamında modellerinin performansları yalnızca su ve mülaj oluşumlarına yönelik pikseller kullanılarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, gelecek çalışmalarda eğitilen derin öğrenme modellerinin farklı nesnelere de doğruluk analizine dahil edilerek modellerin hassasiyetinin değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynakça

- Acar, U., Yılmaz, O. S., Çelen, M., Ateş, A. M., Gülgen, F., & Şanlı, F. B. (2021). Determination of Mucilage in the Sea Of Marmara Using Remote Sensing Techniques with Google Earth Engine. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4), 423-434.
- Colkesen, I., Kavzoglu, T., Sefercik, U. G., & Ozturk, M. Y. (2023). Automated Mucilage Extraction Index (AMEI): A Novel Spectral Water Index for Identifying Marine Mucilage Formations From Sentinel-2 Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 44(1), 105-141.
- Colkesen, I., Ozturk, M. Y., & Altuntas, O. Y. (2024). Comparative Evaluation of Performances of Algae Indices, Pixel-And Object-Based Machine Learning Algorithms in Mapping Floating Algal Blooms Using Sentinel-2 Imagery. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 38(4), 1613-1634.
- Cozzi, S., Ivancic, I., Catalano, G., Djakovac, T., & Degobbi, D. (2004). Dynamics of the Oceanography Properties during Mucilage Appearance in the Northern Adriatic Sea: Analysis of the 1977 event in comparison to earlier events. *Journal of Marine Systems*, 50, 223-241. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.01.007>
- Esi, Ç., Ertürk, A., & Erten, E. (2024). Nonnegative Matrix Factorization-Based Environmental Monitoring of Marine Mucilage. *International Journal of Remote Sensing*, 45(11), 3764-3788.
- Hinton, G. E., and R. R. Salakhutdinov. (2006). Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science* 313 (5786): 504-507. [doi:10.1126/science.1127647](https://doi.org/10.1126/science.1127647).
- Hou, Y., Liu, Z., Zhang, T., & Li, Y. (2021). C-UNet: Complement UNet for Remote Sensing Road Extraction. *Sensors*, 21(6), 2153.
- Hu, K., Zhang, D., & Xia, M. (2021). CDUNet: Cloud Detection UNet for Remote Sensing Imagery. *Remote Sensing*, 13(22), 4533.
- Kattenborn, T., Leitloff, J., Schiefer, F., & Hinz, S. (2021). Review on Convolutional Neural Networks (CNN) in Vegetation Remote Sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 173, 24-49.
- Kaushal, A., Gupta, A. K., & Sehgal, V. K. (2024). A Semantic Segmentation Framework with UNet-Pyramid for Landslide Prediction using Remote Sensing Data. *Scientific Reports*, 14(1), 1-23.
- Kavzoglu, T., & Goral, M. (2022). Google Earth Engine for Monitoring Marine Mucilage: Izmit Bay in Spring 2021. *Hydrology*, 9(8), 135.
- Kavzoglu, T., Tonbul, H., Çölkesen, İ., & Sefercik, U. G. (2021). The Use of Object-Based Image Analysis for Monitoring 2021 Marine Mucilage Bloom in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4), 529-536.
- Mishra, V. K., & Mishra, A. K. (2024). Mapping Phytoplankton and Algal Blooms with a Novel Multi Sensor Water Index (MSWI). *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*.
- Özalp, H. B. (2021). First massive mucilage event observed in deep waters of Çanakkale Strait (Dardanelles), Turkey. *Journal of the Black Sea/mediterranean Environment*, 27(1), 49-66.
- Schiaparelli, S., Castellano, M., Povero, P., Sartoni, G., Cattaneo-Vietti, R. (2007). A Benthic Mucilage event in North- Western Mediterranean Sea and its Possible Relationships with the Summer 2003 European Heatwave: Short Term Effects on Littoral Rocky Assemblages. *Marine Ecology*, 28(3), 341- 353.
- Sefercik, U. G., Colkesen, I., Kavzoglu, T., Ozdogan, N., & Ozturk, M. Y. (2024). Assessing the Physical and Chemical Characteristics of Marine Mucilage Utilizing In-Situ and Remote Sensing Data (Sentinel-1, -2, -3). *PFG-Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 92(4), 415-430.
- Sun, D., Gao, G., Huang, L., Liu, Y., & Liu, D. (2024). Extraction of Water Bodies from High-Resolution Remote Sensing Imagery Based on a Deep Semantic Segmentation Network. *Scientific Reports*, 14(1), 14604.
- Taş, S., Kuş, D., & Yılmaz, I. N. (2020). Temporal variations in Phytoplankton Composition in the North-Eastern Sea of Marmara: Potentially Toxic Species and Mucilage Event. *Mediterranean Marine Science*, 21(3), 668-683. <https://doi.org/10.12681/mms.22562>
- Wang, Q., Zhang, X., Chen, G., Dai, F., Gong, Y., & Zhu, K. (2018). Change Detection Based on Faster R-CNN for High-Resolution Remote Sensing Images. *Remote sensing letters*, 9(10), 923-932.
- Wasehun, E. T., Hashemi Beni, L., & Di Vittorio, C. A. (2024). UAV and Satellite Remote Sensing for Inland Water Quality Assessments: A Literature Review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 277.
- Xue, H., Liu, K., Wang, Y., Chen, Y., Huang, C., Wang, P., & Li, L. (2024). MAD-UNet: A Multi-Region UAV Remote Sensing Network for Rural Building Extraction. *Sensors*, 24(8), 2393.
- Yagci, A. L., Colkesen, I., Kavzoglu, T., & Sefercik, U. G. (2022). Daily Monitoring of Marine Mucilage Using the MODIS Products: A Case Study of 2021 Mucilage Bloom in the Sea of Marmara, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(3), 170.
- Yılmaz, E. O., Tonbul, H., & Kavzoglu, T. (2024). Marine Mucilage Mapping with Explained Deep Learning Model Using Water-Related Spectral Indices: A Case Study of Dardanelles Strait, Turkey. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 38(1), 51-68.
- Zhang, W., Tang, P., & Zhao, L. (2019). Remote Sensing Image Scene Classification Using CNN-CapsNet. *Remote Sensing*, 11(5), 494.
- Xu, H. (2006). Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features In Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2023). 2023 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları. <https://data.tuik.gov.tr/>

Güneş Enerjisinin Soğutma Sistemlerinde Kullanımı: AVM için Enerji Performansı Değerlendirmesi

Utilization of Solar Energy in Cooling Systems: An Energy Performance Assessment for Shopping Malls

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman SAPMAZ

Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli/Türkiye.
suleyman.sapmaz@kocaeli.edu.tr
ORCID: 0000-0002-9475-5986

Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN

Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli/Türkiye.
ibrahim.kilicaslan@kocaeli.edu.tr
ORCID: 0000-0002-1697-9642

Öz

Bu çalışmada, AVM'lerde yaygın olarak kullanılan elektrikli tahrikli mekanik soğutma sistemlerinin yerine güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin uygulanabilirliği incelenmiştir. Bu işletmelerde tüketim profilleri incelendiğinde, yaz aylarında artan soğutma ihtiyacının, güneş enerjisi potansiyeliyle örtüşmesi dikkat çekmektedir. Ayrıca, toplam inşaat alanının çatı alanına oranla yüksek olması, geniş güneş kolektörlerinin kurulumu için uygun bir altyapı sunmakta ve güneş enerjisinin soğutmada kullanımını avantajlı hale getirmektedir. Bu yöntemle, yapının kendi enerjisini üretip tükettiği sürdürülebilir bir iklimlendirme modeli ortaya çıkmaktadır. Modelleme sonuçlarına göre, Parabolik Oluk Kolektör (PTC) sistemi ve absorpsiyonlu soğutma entegrasyonu, toplam soğutma talebinin %60-68'ini güneş enerjisinden karşılayabilir. SM2 senaryosunda depolama entegrasyonu ile harici enerji ihtiyacının yaklaşık %90 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir. SM1 ve SM1.5 senaryosunda PTC kurulumu için gerekli çatı alanı 4.000 m², SM2 senaryosunda bu alan ihtiyacı 8.000 m²'ye çıkmaktadır. Enerji depolamada ileri teknolojilerin uygulanması ve sistem parametrelerinin optimizasyonu ile enerji kazanım miktarı artırılabilir. Bu sayede yatırımın geri dönüş süresi de azalacaktır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri, Parabolik Oluk Kolektör, Enerji Depolama, Alışveriş Merkezleri.

Abstract

In this study, the applicability of solar energy assisted absorption cooling systems instead of electrical driven mechanical cooling systems, which are widely used in shopping centres, is investigated. When the consumption profiles of these enterprises are examined, it is noteworthy that the increased cooling demand in the summer months coincides with the solar energy potential. In addition, the fact that the total construction area is high compared to the roof area provides a suitable infrastructure for the installation of large solar collectors and makes the use of solar energy in cooling advantageous. With this method, a sustainable air conditioning model emerges in which the building produces and consumes its own energy. According to the modelling results, the Parabolic Trough Collector (PTC) system and absorption cooling integration can meet 60-68% of the total cooling demand from solar energy. In SM2 scenario, it is determined that external energy demand can be reduced by approximately 90% with storage integration. In the SM1 and SM1.5 scenarios, the roof area required for PTC installation is 4,000 m², while this area requirement increases to 8,000 m² in the SM2 scenario. The amount of energy recovery can be increased by applying advanced technologies in energy storage and optimising the system parameters. In this way, the return on investment will be reduced.

Keywords: Solar Energy, Absorption Cooling Systems, Parabolic Trough Collector, Energy Storage, Shopping Malls.

Giriş

Sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonunun artışı, küresel ortalama sıcaklıkların yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum, küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini artırmaktadır. İklim konferanslarında belirlenen hedef doğrultusunda, Paris anlaşması ile yüzyıl sonunda küresel sıcaklık artışının 1,5°C ile sınırlandırılması amaçlanmaktadır (Dış İşleri Bakanlığı, 2024). Sıcaklık artışının sınırlanması için en büyük kısmı enerji sektöründen kaynaklan küresel emisyonların azaltılması gerekmektedir. Ulaştırma, Sanayi ve Bina gibi sektörlerde gerçekleşen emisyonlar da dolaylı olarak enerji dönüşümlerinden kaynaklanmaktadır. Bunlar da dahil edildiğinde, toplam emisyonların yaklaşık %75'inin enerji kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu yüksek emisyon değeri, ağırlıklı olarak fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır.

Sanayileşmiş ülkelerde enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri binalarda gerçekleşmektedir (Wall ve diğerleri, 2012). Bu tüketimin azaltılması için enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji sistemlerinin binalara entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji entegrasyonu konusunda aktif ve pasif sistemler, ısı ve elektrik üretimini içeren pek çok uygulama ticari ölçekte uygulanabilmektedir (Lee, Choi, Yoon ve Kim, 2023). Ülkemizde binalarda enerji verimliliğini artırmak amacıyla 2008 yılında "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir ("Resmi Gazete", 2008). Bu yönetmeliğe göre, 2025 yılı itibarıyla inşaat alanı 2.000 m²'nin üzerindeki binaların birincil enerji tüketiminin en az %10'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması zorunlu hale gelecektir. Ayrıca, Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması'na taraf olması kapsamında yayımlanan Niyet edilen Katkı Beyanında da binalarda enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji entegrasyonunun teşvik edilmesi hedefleri belirtilmiştir.

Binalarda yenilenebilir enerjinin etkin kullanımına yönelik önemli bir alan, güneş enerjisiyle üretilen ısı enerjisinin soğutma amaçlı kullanılmasıdır. Bu bağlamda, güneş destekli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin entegrasyonu, enerji tasarrufu ve çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyel sunmaktadır. Güneş kaynaklı ısı enerjisiyle çalışan absorpsiyonlu soğutma sistemleri, özellikle birincil enerji tüketimini azaltma ve çevresel etkileri en aza indirme bağlamında, geleneksel buhar sıkıştırma soğutuculara umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Ayou ve Coronas, 2020; Sarbu ve Sebarchievici, 2015). Absorpsiyonlu soğutucular, soğutma çevrimini sürdürmek için genellikle güneş kolektörlerinden elde edilen termal enerjiyi kullanırken, geleneksel sistemlerde elektrikle çalışan kompresörler tercih edilmektedir (Pezutto ve diğerleri, 2022). Wang ve arkadaşları (Wang, Yan, Wang, Zhang ve Shi, 2018), parabolik oluklu güneş kolektörlerine dayalı bir absorpsiyonlu soğutma sisteminin termal performansını modelleme yöntemiyle analiz ederek yaklaşık %61,98 solar enerji kullanımını sağlanacağını hesaplamışlardır. Zheng ve arkadaşları (Zheng ve diğerleri, 2019), parabolik oluklu kolektörler ve çift etkili absorpsiyonlu bir soğutucunun bir araya geldiği bütünleşmiş bir güneş ısıtma ve soğutma sistemine ilişkin matematiksel bir model ve performans analizi sunmuştur. Çalışma sonucunda birincil enerji tüketiminde %21,3, karbondioksit emisyonunda %18,8 azaltım sağlanabileceği görülmüştür. Drosou ve arkadaşları (Drosou, Kosmopoulos ve Papadopoulos, 2016), ofis binalarında güneş ısıtma ve soğutma uygulamaları için bir yönlendirilmiş güneş termal (CST) sisteminin uygulanmasını incelemiştir. Çalışma sonucunda düşük ve orta sıcaklıklarda PTC sisteminin düzlem kolektörlere göre daha az yer kapladığı belirtilmiştir. Figaj ve Żoładek (Figaj ve Żoładek, 2021), bir solar çanak yoğunlaştırıcı konsantratörü, termal kolektörler, tersinir bir ısı pompası ve bir absorpsiyon veya adsorpsiyon soğutucu içeren bir güneş ısıtma ve soğutma sisteminin enerji-ekonomik değerlendirmesini gerçekleştirmiştir. Çalışmada alan soğutma ihtiyacının %46,1-%99,1 oranında güneşle sağlanabileceğini ve şartlara bağlı olarak yatırımın geri ödeme süresinin 8-20 yıl arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Redpath ve arkadaşları (Redpath, Paneri, Singh, Ghitas ve Sabry, 2022) 50 kW'lık tek etkili bir absorpsiyonlu soğutucu, düzlem ve bileşik kolektör dizisi ve bir sıcak su depolama tankı içeren bina ölçekli bir güneş soğutma sistemi tasarlamak için TRNSYS simülasyonunu kullanmıştır. Amaris ve arkadaşları (Amaris, Rodriguez ve Bourouis, 2022), NH₃/LiNO₃ akışkanlı absorpsiyonlu bir çevrim için AVM enerji tüketimini karşılaştırmıştır. Günlük ısı enerji gereksiniminin %40-%50 oranında güneşten sağlanabileceğini hesaplamışlardır. Badea ve arkadaşları (Badea, Badea,

Epureanu ve Frumuşanu, 2016), endüstriyel bir tesiste ısıl ve elektriksel soğutma performansını karşılaştırmıştır. Absorpsiyonlu soğutucu kullanılması durumunda yatırım maliyetinin, mekanik soğutma sisteminin 3 katına ulaşacağı bildirilmiştir.

Güneş enerjisinin entegrasyonu açısından AVM binalarında fırsatlar oluşmaktadır. Bu tür binalar geniş alan ve düşük kat sayısı (yatay yapılanma) nedeniyle çatı üstünde güneş hasat alanının yüksek olmasına imkân tanımaktadır. Öte yandan bina kullanımının sadece belirli saatlerle (çoğunluğu gündüz) sınırlı olması güneş enerjisi potansiyeli ile tüketim profillerinin eşlenmesine olanak tanımaktadır. AVM'lerde enerji verimliliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre etmek üzere çeşitli akademik çalışmalar yapılmıştır (Berus ve Benteşen Yakut, 2024; İldeş, Taşdemir ve Umaroğulları, 2021; Yılmaz ve Atik, 2022). Bu çalışmada yaz aylarındaki soğutma ihtiyacını mekanik soğutma sistemleri yerine güneşten üretilen ısının girdi olarak kullanıldığı absorpsiyonlu soğutma sistemleri ile sağlanması incelenmektedir. Yapılan modelleme çalışması ile 365 günlük çalışma süresinde AVM soğutma sisteminin yük profili ve güneş enerjisi destekli sistemin soğutma kapasitesi kıyaslanarak binanın enerji performansı değerlendirilmektedir. Bu çalışma, güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin AVM binalarındaki enerji performansını değerlendiren kapsamlı bir modelleme sunarak, güneş enerjisi ile değişken soğutma talebinin eşleştirilmesine yönelik özgün bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Materyal ve Metot

Çalışmada bir AVM'ye ait gerçek enerji tüketimi verilerine dayanılarak hesaplanan soğutma ihtiyacının AVM'ye entegre edilecek solar ısıl/absorpsiyonlu soğutucu sistemi tarafından sağlanması değerlendirilmektedir. Tasarlanan sistemin şematik çizimi Şekil I de verilmektedir. AVM enerji tüketimi verileri Çankaya (Çankaya, 2024) tarafından yapılan çalışmadan uyarlanarak alınmıştır. Çalışmada AVM enerji profili için 5 yıllık sürede ölçülen toplam elektriksel enerji tüketimi verisi sunulmuştur. Çalışma yapılan AVM binasında ısıtmanın doğalgazla, soğutmanın ise elektrik tahrikli HVAC sistemi ile gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Günlük profil ortalamalarına bakıldığında gün içi dalgalanmanın düşük olduğu ve tüketiminin kısa sürede ortalama değere ulaştığı ve kapanma saatinde de hızla düştüğü görülmüştür. Elektrik tüketiminin alt gruplara dağılımı (aydınlatma, havalandırma, soğutma, su pompalama vb.) ise verilmemiştir. Yaz şartlarında enerji profilindeki artışın soğutmadan kaynaklı olduğu tahmin edilmiştir. Bu nedenle soğutma tüketimi; kış aylarındaki tüketim, yaz aylarında gerçekleşen enerji tüketim değerlerinden çıkartılarak hesaplanmıştır. Yılın 4 ayı (Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) için enerji tüketiminin diğer aylardan belirgin şekilde yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle

analiz kapsamında Haziran-Eylül ayları incelenmiştir. Tahmin edilen soğutma kapasiteleri ve maksimum talep değeri Tablo I'de verilmektedir.

Tablo I: Hesaplanan Ortalama ve Maksimum Soğutma Yükleri.

Saat	Soğutma Yüğü (kW)			
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
11:00	450	500	650	550
12:00	450	500	650	550
13:00	450	500	650	550
14:00	450	500	650	550
15:00	450	500	650	550
16:00	450	500	650	550
17:00	450	500	650	550
18:00	450	500	650	550
19:00	450	500	650	550
20:00	450	500	650	550
21:00	450	500	650	550
Maksimum	500	550	700	570

Soğutma Sistemi

Ticari olarak yaygın kullanılan ortam soğutma sistemi buhar sıkıştırma çevrimine dayanan mekanik soğutucu üniteleridir. Soğutucu sistemi performans katsayısı (COP) kavramı ile ifade edilmektedir. Bu ifade sağlanan soğutma kapasitesinin kompresör gücüne oranı olarak verilmektedir. COP değeri Denklem 1'e göre hesaplanabilir. İklimlendirmede yaygın kullanılan mekanik soğutma sistemi COP değerleri kondenser sıcaklığına ve diğer tasarım parametrelerine bağlı olmakla beraber 2-7 arasında değişmekte ve yaygın olarak 4,5-6,5 arası değerler ile karşılaşılmaktadır (Leung, Tso, Wu, Zheng ve Cao, 2020).

$$COP = \frac{\dot{Q}_{soğutma}}{\dot{W}_{kompresör}} \quad \text{Denklem 1}$$

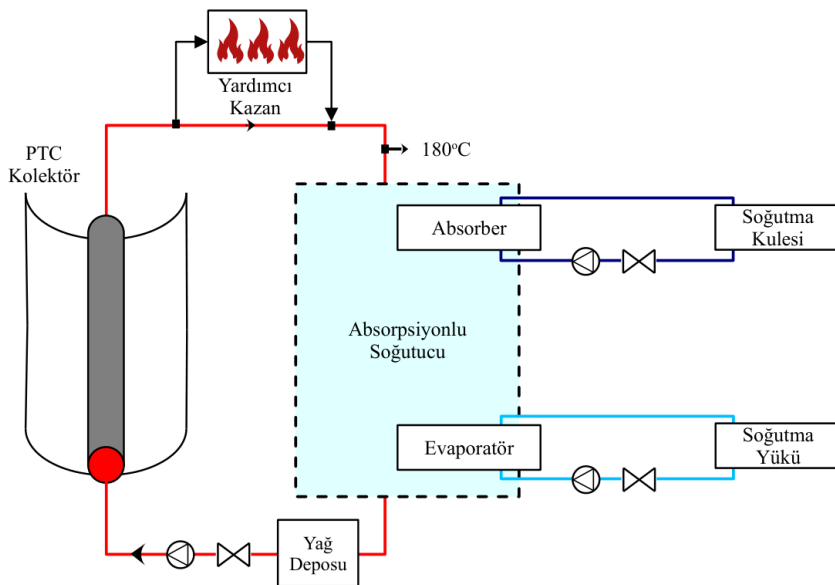
Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde orta sıcaklıkta ısı kaynağı kullanılarak soğutma sağlanmaktadır. Bu sistemde aracı akışkan Su-Lityum Bromür (H₂O-LiBr) çözeltisidir. Mekanik bir sıkıştırma olmaksızın çevrime dışarıdan sağlanan ısı etkisiyle su yüksek basınçtaki çözelti içerisinde buharlaşarak ayrılır (jeneratör) ve kondensere iletilir. Kondenserde yoğunlaştırılan su daha sonra basıncı azaltılarak evaporatöre iletilir. Evaporatörde tekrar buharlaşırken ortamdan ısı çeker ve soğutma etkisi sağlanmış olur. Gaz fazdaki akışkan soğurucuya (absorber) gelerek jeneratörden gelen (zayıf) çözelti ile karışır. Soğurucuda sıcaklık düşürülerek çözelti ilk hale dönmüş olur. Çözeltinin tekrar jeneratöre aktarılmasıyla çevrim tekrar başlatılır.

Absorpsiyonlu soğutma sistemi COP değeri tek etkili

sistemler için tipik olarak 0,4 ila 0,8 arasında değişirken, çift etkili sistemlerde optimum koşullar altında 1,2 veya daha yüksek COP değerlerine ulaşabilir (Abd Majid, Sulaiman, Fujii ve Naono, 2014; Ahmadu, 2019). Absorpsiyonlu soğutma sistem COP değeri, Denklem 1 de kompresör gücü ($\dot{W}_{kompresör}$) yerine tüketilen ısı enerjisi ($Q_{ısı}$) konularak hesaplanır.

Absorpsiyonlu soğutma sisteminin çalışma sıcaklığı, performansını etkileyen kritik bir faktördür. Tek etkili lityum bromür-su (LiBr-H₂O) absorpsiyonlu soğutucular tipik olarak 80°C ile 95°C arasındaki sıcaklıklarda çalışırken, çift etkili sistemlerde genellikle 150°C'yi aşan daha yüksek sıcaklıklar gereklidir (H. Ahmed, 2018; Tawalbeh ve diğerleri, 2020). Düşük dereceli ısı kaynaklarını kullanma imkânı sunması, enerji verimliliğini artırmanın yanı sıra işletme maliyetlerini de düşürerek absorpsiyonlu soğutma gruplarını güneş enerjili soğutma ve atık ısı geri kazanımı gibi uygulamalar için cazip bir seçenek haline getirmektedir (Saleh, 2022).

Bermejo (Bermejo, Pino ve Rosa, 2010) tarafından yapılan çalışmada ticari olarak kabul görmüş çift etkili bir absorpsiyonlu soğutma sisteminde (174 kW soğutma kapasitesi, 180°C solar çevrim akışkan sıcaklığı) gerçek şartlarda uzun süreli çalışma verisine dayanarak COP değeri 1,16 olarak hesaplanmıştır. Bu COP değeri benzer güçlerde analiz gerçekleştirilen teorik çalışmalarla da desteklenmektedir (Karaali, 2017). Bu çalışmada soğutma sistemi COP değeri 1,2 olarak kabul edilmiştir. Aracı akışkanın soğutucuya giriş sıcaklığı 180°C kabul edilmiştir. Tablo I de verilen soğutma kapasitesinin sağlanabilmesi için yaklaşık 600 kW ısı kapasite üretilmesi gerekmektedir. Güneş sistemi boyutlandırması bu değer esas alınarak yapılmıştır.

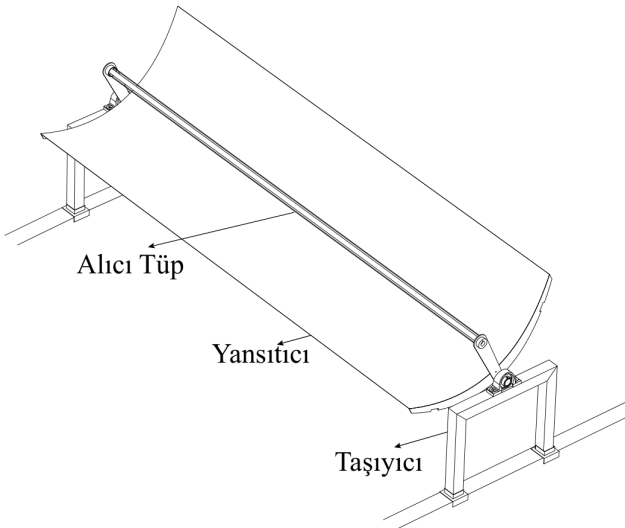


Şekil 1. İncelenen Soğutma Prosesi.

Güneşten Isı Üretimi

Düzlem kolektörlerde aracı akışkan sıcaklığının 120°C' ye ulaştığı raporlanmakla birlikte bu sistemler yaygın olarak 50-60°C aralığında çalışmaktadır (Velázquez, García-Valladares, Saucedo ve Beltrán, 2010). Daha yüksek sıcaklıklarda ise güneş ışınımının yoğunlaştırılması gereklidir. Yoğunlaştırılmış solar güç (CSP) üretim sistemlerinde güneş enerjisi bir noktaya (solar çanak, solar kule), ya da içerisinde aracı akışkan dolaştırılan bir boruya (parabolik oluk, doğrusal fresnel) odaklanarak ısı üretimi sağlanmaktadır. Birim alana düşen ışınım miktarı düzlem kolektörlere kıyasla fazla olduğu için aracı akışkan yüksek sıcaklıklara (300-600°C) ulaşabilmektedir.

Bu çalışmada CSP sistemi olarak Parabolik Oluk Kolektör (PTC) sistemi seçilmiştir. PTC sistemi; yansıtıcı, alıcı ve destek yapısından oluşur. Parabolik geometriye sahip ve yüzeyi yüksek oranda yansıtıcı olan reflektör, güneş ışığını alıcı tüp üzerine odaklar. Alıcı, dış cam tabaka ve içteki çelik ısı toplayıcı borudan oluşur ve parabolün odak noktasına yerleştirilmiştir. Boru ile cam tüp arasındaki alan, ısı kaybını en aza indirmek için vakumlanmıştır. Metal boruya odaklanan ısı, boru içinden geçen çalışma akışkanına aktarılır. Çalışma akışkanı pompalanarak ihtiyaç duyulan sahaya ulaştırılır. Sistem ayrıca destek yapısı, termal genişlemeye uygun elemanlar ve güneşi takip sistemi gibi bileşenleri içerir. Verilen çalışma sıcaklık aralığında CSP sistemi için basınçlı su veya ısı transfer yağı kullanımı mümkün olmaktadır. PTC sisteminin şematik çizimi Şekil II' de verilmektedir.



Şekil II. PTC Sistemi Kolektör Yapısı.

Kolektörün geometrik tasarımında yoğunlaştırma oranı, kenar açısı ve alıcı borunun çapının tespiti önemli girdilerdir. Yoğunlaştırma oranı (C) güneş ışığının toplandığı toplam alanın, ışınımın odaklandığı toplam yüzey alanına oranıdır. Yoğunlaştırma oranı arttıkça ulaşabilecek azami sıcaklık değeri de artmaktadır. Kenar açısı (ϕ_r), yansıtıcının kenarı ve odak eksenini arasındaki açıdır. Bu değer odak mesafesi (f) ve açıklık genişliğine (W) bağlı olarak hesaplanabilir. Alıcı borunun ideal çapı (D) kenar açıklığı ve odak mesafesi ile hesaplanmaktadır. Bu parametreler Denklem 2-4 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$C = A_a/A_r \quad \text{Denklem 2}$$

$$\phi_r = \arctan \left[\frac{8f/W}{1.6(f/W)^2 - 1} \right] \quad \text{Denklem 3}$$

$$D = (4f/1 + \cos\phi_r)\sin(0.267) \quad \text{Denklem 4}$$

Alıcı boruya gelen toplam ışınım miktarı (S) Denklem 5 ile hesaplanmaktadır. Bu denklemde I_b anlık ışınım değeri, ρ ise ışınımın kolektörde absorbe edilme oranını ifade etmektedir. Toplam ışınımın kullanılabilir kısmının (Q_u) hesaplanmasında Denklem 6 kullanılmaktadır. Bu denklemde U_L kayıp katsayısını, kullanılan FR terimi ise kolektör verimini ifade etmektedir. Kayıp katsayısının hesaplanabilmesi için atmosfer ile boru arasındaki tüm katmanlarda arasında iletim ve taşınım yoluyla kaybolan ısı miktarının hesaplanması gerekmektedir. U_L ve F_R değerlerin hesaplanması için detaylı yöntemler Duffie ve Beckman (Duffie ve Beckman, 2013) tarafından verilmiştir.

$$S = I_b \rho \quad \text{Denklem 5}$$

$$Q_u = F_R A_a [S - (A_r/A_a) U_L (T_i - T_a)] \quad \text{Denklem 6}$$

Yaz gün dönümünde öğlen saati gerçekleşen ışınım değerinin (DPDNI, kW/m²), öngörülen solar ısı kapasitesine bölünmesi ile gerekli solar alanı (Denklem 7) hesaplanmaktadır. İhtiyaç duyulan toplam alan ise bu değere, gölgelenmenin önlenmesi için sıralar arasında boş bırakılan mesafeden kaynaklı alan eklenerek hesaplanabilir. Burada hesaplanan kapasite sadece yaz gün dönümü ışınımı için gerekli üretimi sağlamaktadır. Bu durumda ışınım değeri farklılaştığında anlık üretim de değişkenlik gösterecektir.

$$A_{solar} = Q_{solar}/DPDNI \quad \text{Denklem 7}$$

Güneş ışınımı verileri (ve diğer iklimsel veriler), uydu sistemleri ve yeryüzünde konumlu ölçüm sistemleri tarafından toplanmaktadır. Dünya genelindeki herhangi bir konum için ortalama güneş ışınımı verileri, Global Solar Atlas gibi web platformlarında erişilebilir durumdadır.

Türkiye’de yıllık ortalama güneş ışınımı şiddeti yaklaşık 1527,1 kWh/m²’dir. Güneş enerjisi sistemlerinin enerji üretimini simüle etmek için saatlik ortalama ışınım verileri, sıcaklık, rüzgâr hızı vb. bilgiler gereklidir. Ölçüm verilerinde takip eden yıllar arasında oluşabilecek değişkenlik yüksek olduğu için genellikle, birden fazla yılın iklim verilerinin analiz edilerek her ay için en uygun değerlerin seçildiği “Tipik Meteorolojik Yıl (TMY)” formatı kullanılır. Bu çalışmada kullanılan TMY dosyaları, yer ölçüm istasyonlarından derlenen ve ücretsiz erişim sunan bir çevrimiçi portal (climate.onebuilding.org) üzerinden temin edilmiştir (“OneBuilding.Org”, 2024).

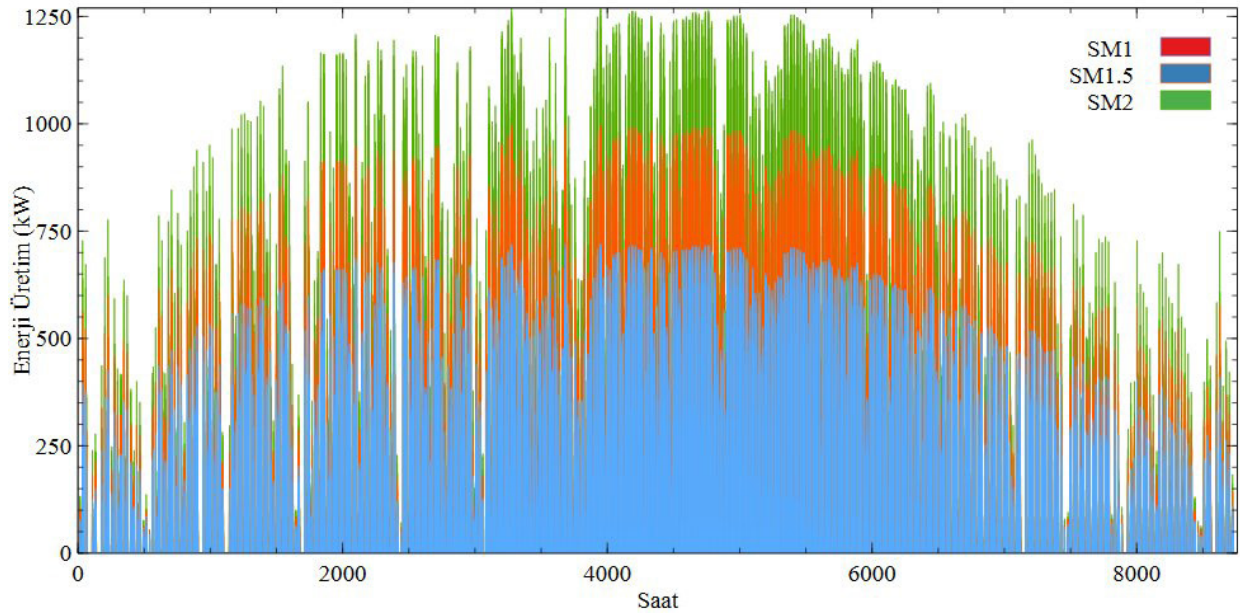
Literatürde, PTC sisteminin tasarım faktörlerini optimize eden ve sistem verimliliğini artıran çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada, PTC ve absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin ticari binada (AVM) soğutma ihtiyacını karşılamak üzere bütünleşme imkânları araştırılmıştır. Bu nedenle, tasarım detaylarına derinlemesine değinilmemiştir. Güneş enerjisi hesaplamaları için açık kaynaklı System Advisor Model (SAM) yazılımı kullanılmıştır (Wagner ve Gilman,

2011). Üretilen güneş verileri ve gerekli soğutma talepleri karşılaştırılarak sistemin enerji katkısı ve teknik uygulanabilirliği tartışılmıştır.

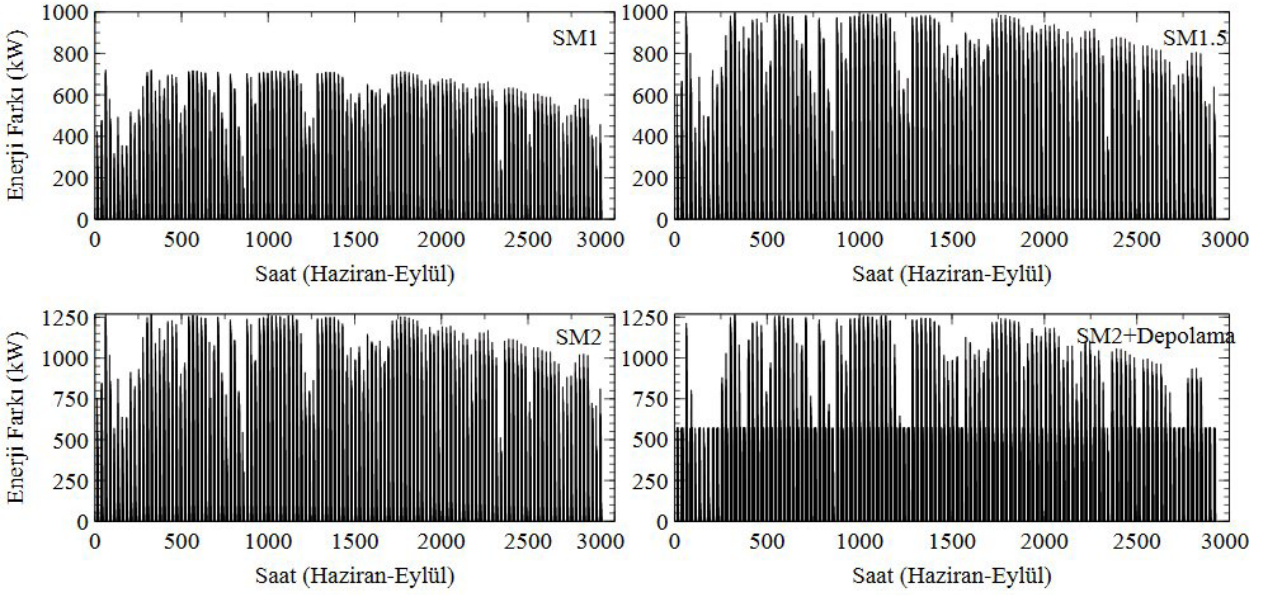
PTC tasarım kapasitesi ve üretim değerleri değişken olduğu için enerji talebi ve tasarım kurulu gücü arasındaki oran (SM) bir tasarım kriteri olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada SM1, 1,5 ve 2 değerleri için analiz yapılmıştır. İlave olarak SM2 senaryosu için ısı depolama uygulaması modellenerek toplam performansa etkisi incelenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

PTC sistemi ile üretilebilecek enerji miktarı Şekil III’te verilmektedir. Yaz ayları üretimleri tasarlanan kapasitelere yakın değerlere ulaşmaktadır. Fakat kış aylarında tasarım kapasitesinin en iyi şartlarda yaklaşık %50’si sağlanabilmektedir. Bununla birlikte sistemde üretilen ısı kış aylarında ısıtma ihtiyacının bir kısmını sağlayabilecektir. SM1, SM1,5, SM2 durumları için yıllık üretim miktarı kurulum kapasitesinin sırasıyla %23,9, %28,3 ve %30,6’sını sağlamaktadır.



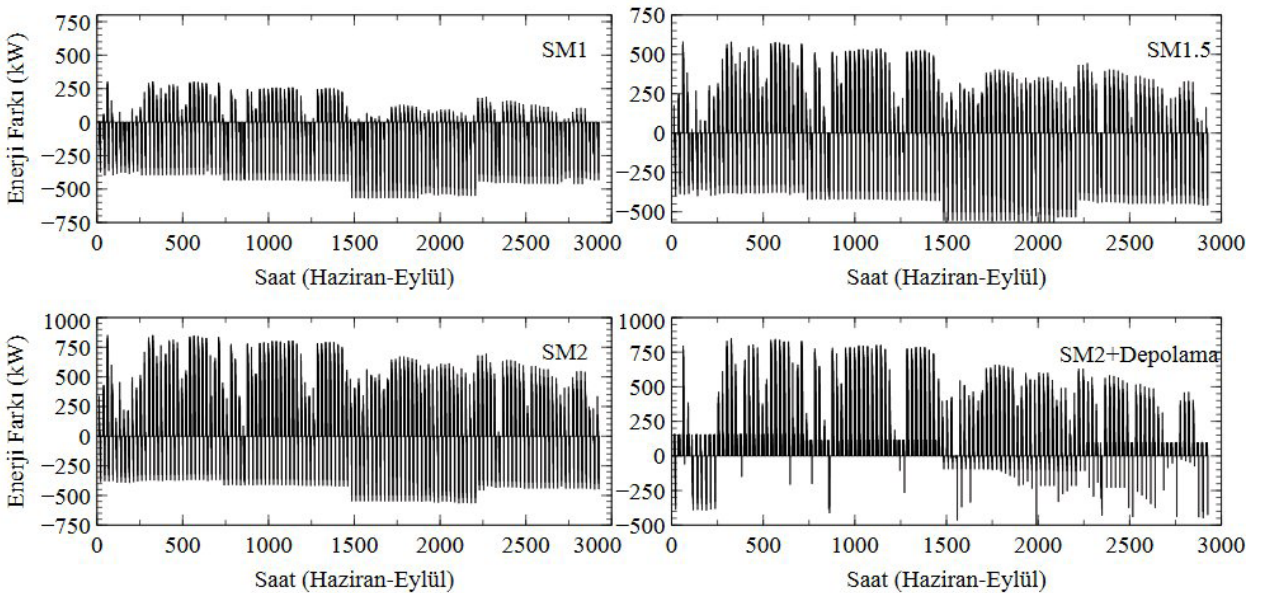
Şekil III. PTC ile Yıllık Enerji Üretim Profili.



Şekil IV. Soğutma Talebinin Olduğu Haziran-Eylül Dönemi Enerji Üretim Profili.

Şekil IV analiz edilen zaman aralığı için toplam ısı üretimlerini göstermektedir. Kullanılan alanın artışıyla doğrusal olarak üretilen ısı miktarının arttığı görülmektedir. Ayrıca tüm senaryolar için gün ortasında tasarım kapasitesi sağlanırken gün başlangıcı ve bitişinde enerji açığı oluştuğu

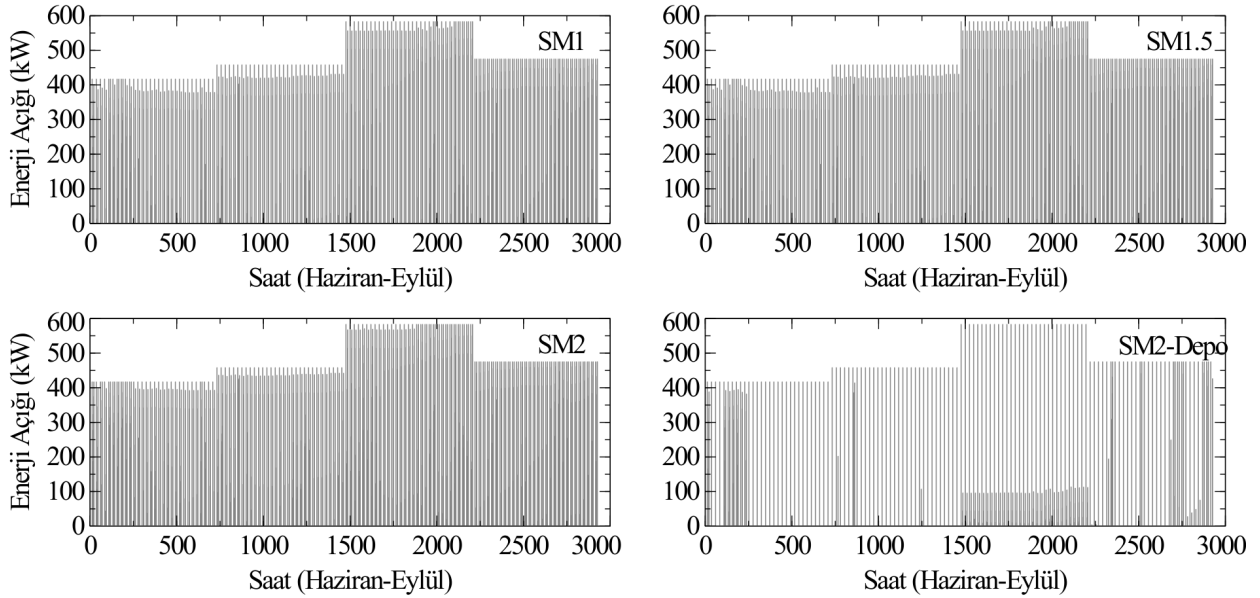
görülmektedir. Depolama senaryosunda tasarlanan depolama kapasitesi ile gün sonunda enerji açığı kapatılabilmektedir. Gün başlangıcındaki açığı kapatılabilmek için ise yaklaşık 10-12 saat süresince enerji depolayabilecek depolama kapasitesi/teknolojisinin sağlanması gereklidir.



Şekil V. Haziran-Eylül Dönemi Enerji Açığı.

Şekil V'de saatlik enerji üretimi (soğutma) ile ortalama talep arasındaki farklılık (+ değerler üretim fazlası, - değerler üretim açığı) gösterilmektedir. Depolama uygulanmayan senaryolarda üretim açığı birbirine benzer profil göstermektedir. Enerji fazlasının engellenmesi açısından en tutarlı senaryo SM1 senaryosu olmaktadır. Enerji fazlası

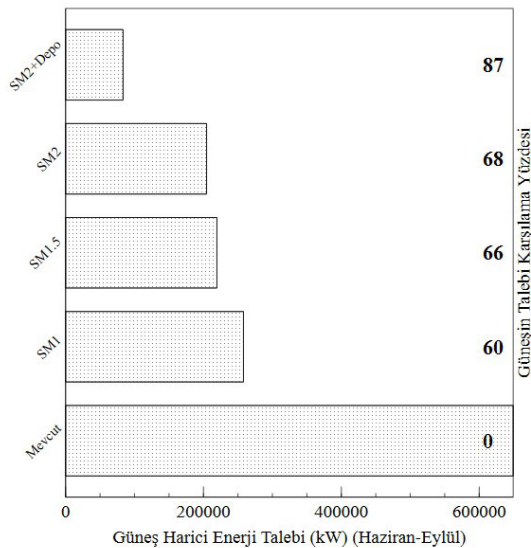
olduğunda kolektörlerin belirli bir kontrol sırasıyla devreden çıkması sağlanmaktadır. Aksi taktirde tüketilemeyen ısı aracı akışkanın aşırı ısınmasına neden olacaktır. Enerji açığının olduğu saatler ise büyük oranda 11:00 ve 21:00 saatleri olduğu görülmüştür.



Şekil VI. Haziran-Eylül Yardımcı Kazan Enerji Profili.

Şekil VI'da kapasite fazlası üretimler yok sayılarak her ay için talep edilen soğutma yükü (ısı karşılığı) sağlanması için gerekli harici ısı miktarı görülmektedir. Bu 4 ayın her biri için tasarlanan ısı kapasite kadar ek yakıtlı ısıtıcı yatırımı

yapılması gerekliliği oluşmaktadır. Bu durumda ek yakıtlı kazan tamamen ikame edilemeyeceği için yatırım maliyeti artacaktır. Öte yandan depolamalı senaryoda yardımcı kazan kullanımının son derece sınırlı olduğu görülmektedir.



Şekil VII. Toplam Enerji (Yardımcı Kazan) Talebi Ve Talebin Karşılama Yüzdesi.

Şekil VII'de güneş enerjisinin Haziran-Eylül dönemi toplam talebin %60-68 kadarlık kısmını karşılayabileceği görülmektedir. SM1 ve SM2 senaryoları arasında alan kullanımı açısından 2 kat fark olmasına rağmen kapasiteyi karşılamak konusunda etkinliğin çok fazla artmadığı görülmektedir. Depolama senaryosu ise harici enerji talebini belirgin şekilde azaltmaktadır. Bu durumda sistem tasarımı yapılırken mutlaka depolamanın değerlendirilmesi gereklidir.

Sistemin tekno-ekonomik analizinin yapılabilmesi için detaylı yatırım maliyetlerinin elde edilmesi gereklidir. Analiz için kullanılan program (System Advisor Manual-SAM)

içerisinde maliyet analizleri verilse de bina çatısına spesifik bir uygulama için detaylı mühendislik çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle maliyet analizi gerçekleştirilmemiştir. En düşük işletme maliyeti sunacak senaryonun SM2-Depolama olduğu görülmektedir. Yatırım maliyeti açısından yorumlanırsa mekanik soğutma ünitesinin ikame edilmiş olması ve ısıtma için mevcut kazanın yaz aylarında soğutma için ek ısı ihtiyacı sağlanması için kullanılma imkânı olması sistemi cazip hale getirmektedir. Ayrıca kış aylarında PTC sisteminde üretilecek fazla ısının da ekonomik getirisi olabilecektir.

Sonuç

Bu çalışmada alışveriş merkezlerinde (AVM) güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin enerji talebinin karşılanması açısından uygulanabilirliği incelenmiştir. Modelleme ve simülasyon sonuçlarına dayalı olarak Parabolik Oluk Kolektör (PTC) sistemleri, yaz aylarında toplam soğutma talebinin %60-68'ini karşılayabilecek kapasiteye sahiptir. Bu, AVM'lerin geniş çatı alanları ve yaz aylarında artan enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, güneş enerjisi ile soğutmanın etkili bir çözüm olduğunu göstermektedir. Enerji depolama entegrasyonu, sistem performansını önemli ölçüde artırmıştır. Depolama senaryosu (SM2-Depo), harici enerji ihtiyacını yaklaşık %90 oranında azaltmıştır. Aynı solar alana sahip SM2 senaryosunda ise bu değer %68'de kalmıştır. Bu farklılık, enerji depolamanın, güneş enerjisinin sürekli kullanılabilirliğini sağlamada kilit bir rol oynamaktadır. AVM açısından gerekli ısı depolamanın yaz aylarında sadece 2-3 saatlik kapasiteye sahip olması yeterlidir. SM1 senaryosunda 4.000 m²'lik bir çatı alanında PTC kurulumu yeterli olurken, SM2 senaryosunda bu alan ihtiyacı 8.000 m² olarak hesaplanmıştır. İncelenen AVM'nin sahip olduğu çatı alanı, her iki senaryonun da uygulanabilir

olduğunu göstermektedir. Yaz aylarında maksimum performans sağlanırken, kış aylarında üretilen fazla enerji, ısıtma ihtiyaçlarını kısmen karşılamak için kullanılabilir. Bu durum, sistemin yıl boyu enerji yönetimine katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Sistem tasarımında depolama entegrasyonu, yatırım maliyetlerini artırsa da uzun vadeli enerji tasarrufu ve düşük işletme maliyetleriyle bu maliyetlerin dengeleneceği öngörülmektedir. Bu çalışmada incelenen uygulamanın detaylı bir tekno-ekonomik analizi yatırımın geri ödeme süresinin hesaplanmasını sağlayacaktır. Ayrıca çalışmada kullanılan verilerin uzun süreli ölçüme dayalı olması sonuçların güvenilirliğini artıracaktır. Bu çalışmada PTC sistemini yönü, dizilişi vb. tasarım parametreleri ihmal edilmiştir. Sonuç olarak, güneş enerjisi destekli ve enerji depolama uygulaması da içeren absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin AVM'lerde uygulanması, enerji tüketimini azaltma ve karbon ayak izini düşürme açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Çalışmanın bulguları, bu tür sistemlerin enerji performansı açısından uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Kaynakça

- Abd Majid, M.A., Sulaiman, S.A., Fujii, T. ve Naono. (2014). Studies on Steam Absorption Chillers Performance at a Cogeneration Plant. MATEC Web of Conferences, 13, 05003. doi:10.1051/matec-conf/20141305003
- Ahmadu, T. O. (2019). Experimental evaluation of a 3 kW Absorption Chiller Prototype. Nigerian Journal of Technology, 38(2), 334. doi:10.4314/njt.v38i2.9
- Amaris, C., Rodriguez, A. ve Bourouis, M. (2022). Technical and Environmental Performance of a Solar/Gas Driven Absorption Chiller using NH₃/LiNO₃. Journal of Renewable Energies, 25(1), 27-42. doi:10.54966/jreen.v25i1.1069
- Ayou, D. S. ve Coronas, A. (2020, 1 Haziran). New Developments and Progress in Absorption Chillers for Solar Cooling Applications. Applied Sciences (Switzerland). MDPI AG. doi:10.3390/app10124073
- Badea, N., Badea, G. V., Epureanu, A. ve Frumuşanu, G. (2016). Solar Cooling - Comparative Study between Thermal and Electrical Use in Industrial Buildings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering içinde (C. 145). Institute of Physics Publishing. doi:10.1088/1757-899X/145/2/022027
- Bermejo, P., Pino, F. J. ve Rosa, F. (2010). Solar Absorption Cooling Plant in Seville. Solar Energy, 84(8), 1503-1512. doi:10.1016/j.soler.2010.05.012
- Berus, Y. ve Benteşen Yakut, Y. (2024). Derin Öğrenme (1D-CNN, RNN, LSTM, BiLSTM) ile Enerji Tüketim Tahmini: Diyarbakır AVM Örneği. DÜMF Mühendislik Dergisi. doi:10.24012/dumf.1415055
- Çankaya, N. (2024). Deriving Power Consumption Models From Energy Bills for Optimal Sizing of Hybrid Power in Commercial Buildings. IEEE Access, 12, 115042-115054. doi:10.1109/ACCESS.2024.3444710
- Dış İşleri Bakanlığı. (2024). URL-Paris Anlaşması. 15 Aralık 2024 tarihinde <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> adresinden erişildi.
- Drosou, V., Kosmopoulos, P. ve Papadopoulos, A. (2016). Solar Cooling System using Concentrating Collectors for Office Buildings: A Case Study for Greece. Renewable Energy, 97, 697-708. doi:10.1016/j.renene.2016.06.027
- Duffie, J. A. ve Beckman, W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley. doi:10.1002/9781118671603
- Figaj, R. ve Żoładek, M. (2021). Operation and Performance Assessment of a Hybrid Solar Heating and Cooling System for Different Configurations and Climatic Conditions. Energies, 14(4). doi:10.3390/en14041142
- H. Ahmed, M. (2018). Impact of Storage Tank Size and Backup Heating Unit on a Solar Absorption Cooling System. International Journal of Thermal and Environmental Engineering, 17(1), 41-50. doi:10.5383/ijtee.17.01.005
- İldeş, E., Taşdemir, F. D. ve Umaroğulları, F. (2021). İç Mekân Konfor Şartlarının AVM (Alışveriş Merkezi) Çalışanları Üzerindeki Etkileri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(3), 406-429. doi:10.29130/dubited.755756
- Karaali, R. (2017). Exergetic Comparison of Single and Double Effect Absorption Cooling Cycles Tek ve Çift Etkili Absorpsiyonlu Soğutma Çevrimlerinin Ekserji Yönünden Karşılaştırılması. Karaelmas Fen ve Müh. Derg (C. 7). <http://fbd.beun.edu.tr> adresinden erişildi.
- Lee, R., Choi, M., Yoon, J. ve Kim, D. (2023). Impacts of Lighting and Plug Load Variations on Residential Building Energy Consumption Targeting Zero Energy Building Goals. Journal of Building Engineering, 75. doi:10.1016/j.jobee.2023.106962
- Leung, M. K. H., Tso, C. Y., Wu, W., Zheng, Z. ve Cao, J. (2020). Chillers of Air-Conditioning Systems: An Overview. HKIE Transactions Hong Kong Institution of Engineers, 27(3), 113-127. doi:10.33430/V27N3THIE-2019-0055
- OneBuilding.Org. (2024). https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/TUR_Turkey/index.html adresinden erişildi.
- Pezzutto, S., Quaglini, G., Riviere, P., Kranzl, L., Novelli, A., Zambito, A. ve Wilczynski, E. (2022). Screening of Cooling Technologies in Europe: Alternatives to Vapour Compression and Possible Market Developments. Sustainability (Switzerland), 14(5). doi:10.3390/su14052971
- Redpath, D., Paneri, A., Singh, H., Ghitas, A. ve Sabry, M. (2022). Design of a Building-Scale Space Solar Cooling System Using TRNSYS. Sustainability (Switzerland), 14(18). doi:10.3390/su141811549
- Resmi Gazete. (2008). <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=13594&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5>. 15 Aralık 2024 tarihinde <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=13594&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5> adresinden erişildi.
- Abd Majid, M.A., Sulaiman, S.A., Fujii, T. ve Naono. (2014). Studies on Steam Absorption Chillers Performance at a Cogeneration Plant. MATEC Web of Conferences, 13, 05003. doi:10.1051/matec-conf/20141305003
- Ahmadu, T. O. (2019). Experimental evaluation of a 3 kW Absorption Chiller Prototype. Nigerian Journal of Technology, 38(2), 334. doi:10.4314/njt.v38i2.9
- Amaris, C., Rodriguez, A. ve Bourouis, M. (2022). Technical and Environmental Performance of a Solar/Gas Driven Absorption Chiller using NH₃/LiNO₃. Journal of Renewable Energies, 25(1), 27-42. doi:10.54966/jreen.v25i1.1069
- Ayou, D. S. ve Coronas, A. (2020, 1 Haziran). New Developments and Progress in Absorption Chillers for Solar Cooling Applications. Applied Sciences (Switzerland). MDPI AG. doi:10.3390/app10124073
- Badea, N., Badea, G. V., Epureanu, A. ve Frumuşanu, G. (2016). Solar Cooling - Comparative Study between Thermal and Electrical Use in Industrial Buildings. IOP Conference Series: Materials Science

and Engineering içinde (C. 145). Institute of Physics Publishing. doi:10.1088/1757-899X/145/2/022027

- Bermejo, P., Pino, F.J. ve Rosa, F. (2010). Solar Absorption Cooling Plant in Seville. *Solar Energy*, 84(8), 1503-1512. doi:10.1016/j.soler.2010.05.012
- Berus, Y. ve Benteşen Yakut, Y. (2024). Derin Öğrenme (1D-CNN, RNN, LSTM, BiLSTM) ile Enerji Tüketim Tahmini: Diyarbakır AVM Örneği. *DÜMF Mühendislik Dergisi*. doi:10.24012/dumf.1415055
- Çankaya, N. (2024). Deriving Power Consumption Models From Energy Bills for Optimal Sizing of Hybrid Power in Commercial Buildings. *IEEE Access*, 12, 115042-115054. doi:10.1109/ACCESS.2024.3444710
- Dış İşleri Bakanlığı. (2024). URL-Paris Anlaşması. 15 Aralık 2024 tarihinde <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> adresinden erişildi.
- Drosou, V., Kosmopoulos, P. ve Papadopoulos, A. (2016). Solar Cooling System using Concentrating Collectors for Office Buildings: A Case Study for Greece. *Renewable Energy*, 97, 697-708. doi:10.1016/j.renene.2016.06.027
- Duffie, J.A. ve Beckman, W.A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Wiley. doi:10.1002/9781118671603
- Figaj, R. ve Żoładek, M. (2021). Operation and Performance Assessment of a Hybrid Solar Heating and Cooling System for Different Configurations and Climatic Conditions. *Energies*, 14(4). doi:10.3390/en14041142
- H.Ahmed, M. (2018). Impact of Storage Tank Size and Backup Heating Unit on a Solar Absorption Cooling System. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering*, 17(1), 41-50. doi:10.5383/ijtee.17.01.005
- İldeş, E., Taşdemir, F. D. ve Umaroğulları, F. (2021). İç Mekân Konfor Şartlarının AVM (Alışveriş Merkezi) Çalışanları Üzerindeki Etkileri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(3), 406-429. doi:10.29130/dubited.755756
- Karaali, R. (2017). Exergetic Comparison of Single and Double Effect Absorption Cooling Cycles Tek ve Çift Etkili Absorpsiyonlu Soğutma Çevrimlerinin Ekserji Yönünden Karşılaştırılması. *Karaelmas Fen ve Müh. Derg (C. 7)*. <http://fd.beun.edu.tr> adresinden erişildi.
- Lee, R., Choi, M., Yoon, J. ve Kim, D. (2023). Impacts of Lighting and Plug Load Variations on Residential Building Energy Consumption Targeting Zero Energy Building Goals. *Journal of Building Engineering*, 75. doi:10.1016/j.jobee.2023.106962
- Leung, M.K.H., Tso, C.Y., Wu, W., Zheng, Z. ve Cao, J. (2020). Chillers of Air-Conditioning Systems: An Overview. *HKIE Transactions Hong Kong Institution of Engineers*, 27(3), 113-127. doi:10.33430/V27N3THIE-2019-0055
- OneBuilding.Org. (2024). https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/TUR_Turkey/index.html adresinden erişildi.
- Pezzutto, S., Quaglini, G., Riviere, P., Kranzl, L., Novelli, A., Zambito, A. ve Wilczynski, E. (2022). Screening of Cooling Technologies in Europe: Alternatives to Vapour Compression and Possible Market Developments. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). doi:10.3390/su14052971
- Redpath, D., Paneri, A., Singh, H., Ghitas, A. ve Sabry, M. (2022). Design of a Building-Scale Space Solar Cooling System Using TRNSYS. *Sustainability (Switzerland)*, 14(18). doi:10.3390/su141811549
- Resmi Gazete. (2008). <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=13594&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5> 15 Aralık 2024 tarihinde <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=13594&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5> adresinden erişildi.
- Saleh, A. (2022). Modeling and Performance Analysis of a Solar Pond Integrated with an Absorption Cooling System. *Energies*, 15(22). doi:10.3390/en15228327
- Sarbu, I. ve Sebarchievici, C. (2015, 17 Ağustos). General Review of Solar-Powered Closed Sorption Refrigeration Systems. *Energy Conversion and Management*. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.enconman.2015.07.084
- Tawalbeh, M., Salameh, T., Albawab, M., Al-Othman, A., Assad, M. E. H. ve Alami, A. H. (2020). Parametric Study of a Single Effect Lithium Bromide-Water Absorption Chiller Powered by a Renewable Heat Source. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 8(3), 464-475. doi:10.13044/j.sdewes.d7.0290
- Velázquez, N., García-Valladares, O., Saucedo, D. ve Beltrán, R. (2010). Numerical simulation of a Linear Fresnel Reflector Concentrator used as direct generator in a Solar-GAX cycle. *Energy Conversion and Management*, 51(3), 434-445. doi:10.1016/j.enconman.2009.10.005
- Wagner, M. J. ve Gilman, P. (2011). Technical Manual for the SAM Physical Trough Model. <http://www.osti.gov/bridge> adresinden erişildi.
- Wall, M., Munari Probst, M. C., Roecker, C., Dubois, M. C., Horvat, M., Jørgensen, O. B. ve Kappel, K. (2012). Achieving solar energy in architecture - IEA SHC Task 41. *Energy Procedia* içinde (C. 30, ss. 1250-1260). Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.egypro.2012.11.138
- Wang, J., Yan, R., Wang, Z., Zhang, X. ve Shi, G. (2018). Thermal Performance Analysis of an Absorption Cooling System Based on Parabolic Trough Solar Collectors. *Energies*, 11(10). doi:10.3390/en1102679
- Yılmaz, O. ve Atik, K. (2022). Çanakkale Kent Merkezindeki Leed Sertifikalı Yeşil Binalar Üzerine Araştırmalar: Çanakkale Esas 17 Burda AVM Örneği. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 88-108. doi:10.34186/klujes.1105837
- Zheng, X., Shi, R., Wang, Y., You, S., Zhang, H., Xia, J. ve Wei, S. (2019). Mathematical Modeling and Performance Analysis of an Integrated Solar Heating and Cooling System Driven by Parabolic Trough Collector and Double-Effect Absorption Chiller. *Energy and Buildings*, 202. doi:10.1016/j.enbuild.2019.109400

Tekstil Boyar Maddesinin Metal Modifiyeli Kitosan Bilyeler Kullanılarak Fotokatalitik Oksidasyon Prosesi ile Arıtımı

Purification of Textile Dye by Photocatalytic Oxidation Process Using Metal Modified Chitosan Balls

Zülal DEMİRKAYA

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
zulal.demirkaya@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2605-670X

Araş. Gör. Gizem BAŞARAN DİNDAŞ

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
gdindas@gtu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5647-6636

Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
nbektas@gtu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-8257-9452

Prof. Dr. Hüseyin Cengiz YATMAZ

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
yatmaz@gtu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5085-5256

Öz

Bu çalışmada boyar maddenin giderilmesi amacıyla fotokatalitik oksidasyon prosesinde katalizör olarak kullanılmak üzere doğada biyosentez ile üretilen kitosandan elde edilen kitosan biyopolimerine yüklenmek üzere kobalt, demir (II), demir (III) ve bakır metalleri belirlendi ve oksidant olarak peroksimonosülfat (PMS) seçildi. Belirlenen metaller hazırlanan kitosan bilyelerine yüklendikten sonra direct orange 46 boyası kullanılarak 20 mg/L konsantrasyonda hazırlanan çözeltiler dört farklı metalle yüklenen katalizörler ve PMS ile fotokatalitik prosesi çalışılarak spektrofotometre ile ölçülen giderim verileri kaydedildi. Bu çalışmalar ışığında kobalt yüklü kitosan bilyelerinin tepkimeleri hızlandırıp oldukça iyi sonuçlar verdiği gözlemlendiğinden bu katalizörler ile 50 ve 100 mg/L konsantrasyonlar ile çalışmalara devam edildi. Ayrıca katalizör ve PMS miktarını optimize etmek ve proseste ışık kullanılıp kullanılmaması durumlarındaki verimleri gözlemlenmek, ışık kullanılması gereken durumlarda UVA veya UVA led ışıklarının etkisini karşılaştırmak üzere de çalışmalar yapıldı. Son olarak bir tekstil firmasının gerçek atık suyu için kobalt yüklü kitosan bilyelerin katalizör olarak kullanılması ile aynı prosesler uygulandı. Sonuçta kobalt yüklü kitosan bilyelerin fotokatalitik prosesinde katalizör olarak kullanılmasıyla yüksek verimler elde edildiği gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Metal Modifiyeli Kitosan Bilye, PMS, Fotokatalitik Oksidasyon, Tekstil Boyar Madde.

Abstract

In this study, cobalt, iron (II), iron (III) and copper metals were determined to be loaded into the chitosan biopolymer obtained from chitin produced by biosynthesis in nature to be used as a catalyst in the photocatalytic oxidation process to remove the dyestuff, and peroxymonosulfate (PMS) was selected as the oxidant. After the determined metals were loaded into the prepared chitosan beads, the photocatalytic process was studied with the solutions prepared at 20 mg/L concentration using direct orange 46 dye, catalysts loaded with four different metals and PMS, and the removal data measured with a spectrophotometer were recorded. In the light of these studies, since it was observed that cobalt-loaded chitosan beads accelerated the reactions and gave very good results, studies were continued with these catalysts at 50 and 100 mg/L concentrations. Studies were also carried out to optimize the amount of catalyst and PMS, to observe the efficiency whether light was used in the process or not, and to compare the effect of UVA or UVA LED lights when light was required. Finally, the same processes were applied to real wastewater of a textile company, using cobalt-loaded chitosan beads as catalysts. As a result, it was observed that high efficiency was achieved by using cobalt-loaded chitosan beads as catalysts in the photocatalytic process.

Keywords: Metal Modified Chitosan Bead, PMS, Photocatalytic Oxidation, Textile Dyestuff.

Giriş

Dünyanın yüzde 70'i suyla kaplı olmasına rağmen, bu suyun yaklaşık yüzde 2.5'i kullanılabilir tatlı sudur (Okello vd., 2015). Tatlı suyun ise yüzde 70'i tarımda kullanıldığı için yeniden kullanılamaz durumdadır (Kubiak-Wójcicka vd., 2020). Ayrıca, iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle yaşanan kuraklıklar ve hızlı nüfus artışı sonucu, gün geçtikçe kullanılabilir su miktarı hızla azalmaktadır. Bu durumda öncelik verilmesi gereken en önemli husus, kullanılan suların yeniden kullanılmak üzere arıtılmasıdır. Atık suların arıtılması için çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte, atık suların özellikleri ve arıtım maliyeti gibi farklı değişkenlere bağlı olarak halen en ideal arıtma yöntemleri için çalışmalar yapılmaktadır.

Tekstil, deri, kozmetik ve plastik gibi endüstriyel uygulamalar neticesinde, atık sularda istenmeyen ve olumsuz çevresel etkilere sahip boyar maddeler gözlemlenmektedir (Zollinger, 2001). Tehlikeli kirleticiler olan boyar maddeler, özellikle tekstil endüstrisinde kullanılmaktadır (Hernandez-Rodriguez vd., 2014). Dünya genelinde artan nüfusa ve tüketime bağlı olarak tekstil ürünlerine olan talebin artması nedeniyle, tekstil endüstrisi ciddi bir kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu endüstride, üretilen ürünün kilogramı başına 50-100 litre su tüketilmekte ve oluşan atık sular; renklendiriciler, çeşitli organik-inorganik bileşikler, yüksek konsantrasyonlu ağır metaller, toplam çözünmüş katılar ile yüksek düzeyde kimyasal oksijen ihtiyacı içerdiğinden, oldukça karmaşık bir kimyasal karakteristiktir (Manu ve Chaudhari, 2002; Sharma vd., 2007). Endüstriyel üretim sonrasında bozunmaya dirençli olduğu için çevrede uzun süreli kirliliğe neden olan boyar madde içerikli atık sular, yetersiz arıtma sonucu sucul ortamlara deşarj edildiğinde, boyar maddeler su kaynaklarının yüzeyini kaplayarak güneş ışığını engelleyip sucul yaşamı tehlikeye atabilmektedir (Jia vd., 2020). Bu sebeple, atık sulardan boyar madde giderimi önem arz etmektedir.

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerin farklı kombinasyonları ile oluşturulan geleneksel arıtma yöntemleri, son yıllarda, atık suların uygun deşarj standartlarına arıtılmasındaki yetersizlik ve endüstriler için artan maliyetler sebebiyle kullanım açısından tercih edilmemektedir; bu da araştırmacıları, atık suların endüstrilerde yeniden kullanımı ve geri kazanımı konularında arıtma teknolojilerine yönlendirmektedir (Kobya vd., 2003). Son yıllarda, kimyasal çöktürme, adsorpsiyon, ozonlama, fenton, foto-fenton, ultraviyole ışınlama ve elektrokimyasal oksidasyon gibi ileri oksidasyon prosesleri, biyolojik olarak arıtılması zor atık suların ve renkli tekstil atık sularının yüksek arıtma verimleri ile ön plana çıkmıştır (Meyer, 1981; Chatzisyneon vd., 2006). Bir reaksiyonun katalizör ve ışık varlığında hızlandırılmasına dayanan fotokatalitik prosesler, atık sulardan boyar maddelerin giderimi için kullanılan etkili yöntemlerden biridir (Tao vd., 2023).

Arıtma proseslerinde doğal katalizörlerin kullanımı yapılan çalışmalarla araştırılmaktadır. Doğal katalizörler, doğada kolay erişilebilir, ucuz ve çevre dostu olmaları sebebiyle tercih edilmektedir (Buasri vd., 2015). Dünya genelinde oldukça fazla miktarda yengeç ve karides kabuğu, deniz ürünleri üreten şirketler tarafından değerlendirilmeden atık olarak çevreye atılmaktadır (Karaton Kuzgun ve Gürel İnanlı, 2012). Son yıllarda sıfır atık gibi yönetmeliklerin de etkisiyle, atıkların yeniden değerlendirilmesi gündeme gelmiş ve bu kapsamda kabuklu su ürünleri de çürümeye bırakılmak yerine yeniden değerlendirilmeye başlanmıştır (Shahidi vd., 1999; Duman ve Şenel, 2004; Demir vd., 2008). Yeryüzünde selülozdan sonra en sık rastlanan polisakkarit olan kitin, her yıl yaklaşık 10 milyar ton miktarda doğada biyosentez yoluyla üretilmektedir (Oktav Bulut ve Elibüyük, 2017; Tav, 2019). Kitinin en önemli türevlerinden biri olan ve polikatyonik özellikteki bir biyopolimer olan kitosan, kitinin alkali ortamda kısmen ya da tamamen deasetilasyonu ile elde edilir. Fotokatalitik prosesler için çeşitli katalizörler kullanılmakla birlikte, bu katalizörlerin doğal olması çevre açısından önem teşkil etmekte ve maliyet açısından avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada, doğal bir biyopolimer olan kitosan modifiye edilerek bilye formuna getirilmiştir. Ayrıca, üretilen kitosan bilyelere foto-katalitik özellik kazandırabilmek ve oksidasyon prosesinde aktif rol oynayabilmeleri adına da metal tuzları ile modifiye edilmiştir. Metaller ile modifiye edilen kitosan bilyelerin ışık kaynağı altında etkileşime girmesi ve fotokatalitik özellik sergilemesinin yanı sıra katalizörün oksidasyon performansını öne çıkaran PMS ile birlikte kullanımı ile endüstriyel atıksuların arıtımına ilişkin bir yenilik

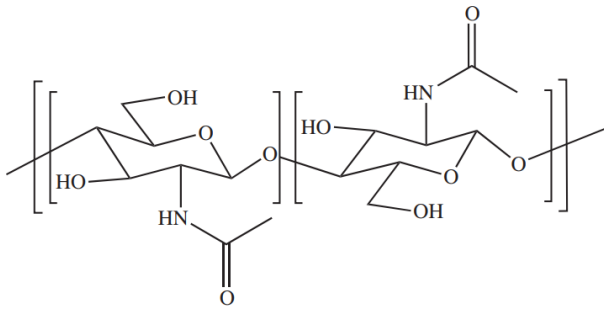
kazandırmaktadır. Böylece, ışık kaynağından doğan enerji tüketiminin de önüne geçilerek daha düşük maliyetli ve etkili bir arıtım prosesi dizaynı uygulanmıştır.

Kitosanın Yapısı ve Özellikleri

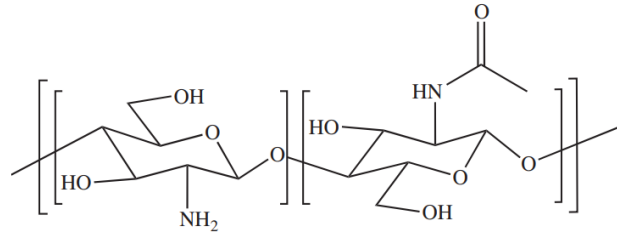
Yengeç, karides gibi kabuklular ve böceklerin dış iskeletlerinde, mantar hücre duvarlarında, yeşil alglerin hücre duvarlarında ve mayalarda bulunan kitin, sert, beyaz renkli, elastik yapılı olmayan, azotlu bir polisakkarittir (Gottardi ve Galli, 1985; Khedr vd., 2012). Bu polisakkarit türü, yeryüzünde selülozdan sonra sayıca en fazla olan türdür (Albadarin vd., 2017). β -(1,4) bağlantılı 2-asetamid-2-deoksi- β -D-glukozdan oluşan kitinin kimyasal yapısı, Şekil 1'de gösterilmiştir (Croisier ve Jérôme, 2013).

Kitinin, demineralizasyon, deproteinizasyon ve renk değiştirme aşamalarını içeren deasetilasyonu ile elde edilen kitosan, doğal bir biyopolimerdir (Khedr vd., 2012). Poli- β -(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukopiranoz olarak adlandırılan kitosanın kimyasal yapısı, Şekil 2'de gösterilmiştir (Croisier ve Jérôme, 2013; Bekci vd., 2008). Biyoaktif, katyonik, doğal bir polisakkarit olan kitosan, su ve diğer organik çözücülerde çözünmezken, asetik asit, laktik asit, formik asit gibi seyreltik asitlerde çözünebilir (Çetinkaya, 2022).

Moleküler ağırlık, deasetilasyon derecesi, pH ve iyonizasyon, kitosanın viskozitesini etkileyen faktörlerdendir (Çetinkaya, 2022). Genellikle sıcaklık arttıkça, kitosan çözeltisinin viskozitesi azalır (Cho vd., 2006). Kitin ve kitosanın sağladığı avantajlar, bu maddelerin doğal, toksik olmayan, biyobozunur olmalarından ve su tutma kapasitelerinin yüksek olmasından kaynaklanır. Bu özellikleri sayesinde, kitosan; su arıtma, tıp, ziraat, eczacılık, medikal, tekstil, kağıt ve kozmetik gibi birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır (Yılmaz vd., 2006). Kitosan, ideal absorban özelliklerine sahip olması sayesinde, atık sulardan kirleticileri uzaklaştırmak için kullanılan, dünyanın en bol bulunan ve düşük maliyetli biyopolimerlerinden biridir (Çetinkaya, 2022).



Şekil 1. Kitinin Kimyasal Yapısı.



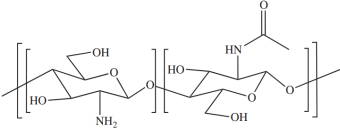
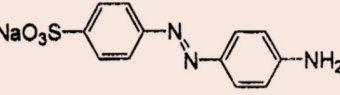
Şekil 2. Kitosanın Kimyasal Yapısı.

Materyal ve Metot

Materyal

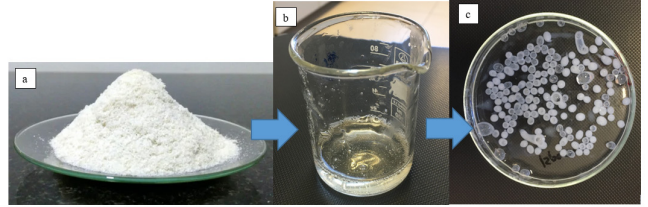
Kullanılan Kimyasal Maddeler: Çalışmada kullanılan kimyasallar, literatür araştırması sonucunda seçilmiş olup laboratuvar ortamında ticari olarak temin edilmiştir. Bu çalışmada kitosan üretim aşaması ele alınmamış, bunun yerine ticari marka kitosan (Sigma Aldrich) kullanılmıştır. Polimer hale getirmek için asetik asit (Merck), polimer haldeki kitosana bilye şekli vermek amacıyla sodyum hidroksit (Merck), kitosan bilyelerin şeklini sabitlemek için gluteraldehit (Merck) kullanılmıştır. Kitosan bilyelere yükleme yapmak amacıyla demir (II) sülfat (Merck), demir (III) klorür, kobalt (II) sülfat ve bakır (II) sülfat kullanılmıştır. Sentetik atık su hazırlanırken Direct Orange 46 boyar maddesi (Dyestar) tercih edilmiştir. Tablo 1’de, katalizör oluşturmada kullanılan kitosanın ve sentetik atık su hazırlamada kullanılan Direct Orange 46 boyar maddesinin kimyasal formülü ve yapısı verilmiştir.

Tablo 1: Kitosan ve Direct Orange 46 Boyar Maddesinin Kimyasal Formül ve Yapısı.

Adı	Kimyasal Formülü	Yapısı
Kitosan	$C_{56}H_{103}N_9O_{39}$	
Direct Orange 46	$C_{12}H_{10}N_3NaO_3S$	

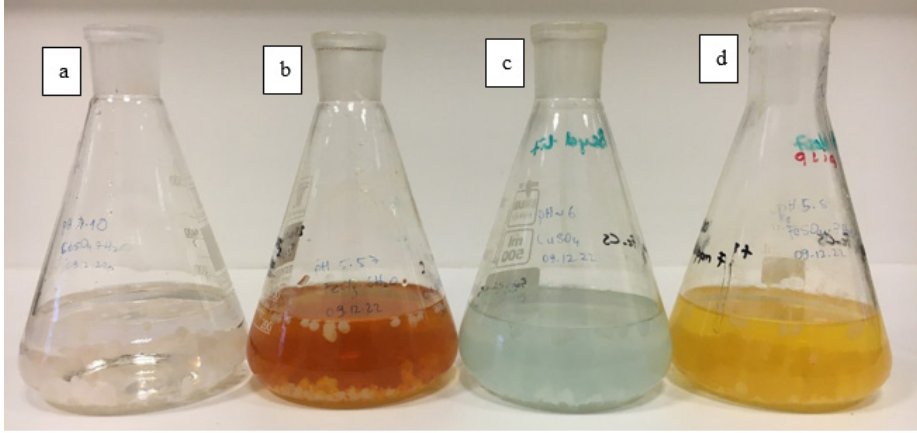
Metot

Kitosan Bilyelerin Hazırlanması: Toz haldeki kitosan (Şekil 3-a) maddesi, polimer hale getirilmek üzere, hacimce %5’lik 100 mL asetik asit çözeltisine eklendi. Beherde hazırlanan bu karışım, 400 rpm karıştırma hızı ile 24 saat boyunca çalkalayıcıya bırakıldı (Şekil 3-b). Bir gün sonra polimer halde jelleşen kitosan, şırınga yardımıyla çekilerek, 2M NaOH çözeltisine bilyeler halinde damlatıldı (Şekil 3-c). Çözeltiden süzülüp behere alınan bilyelere, hacimce %0.1’lik 250 mL gluteraldehit çözeltisi eklendi ve 250 rpm karıştırma hızı ile 24 saat boyunca karıştırıldı. Daha sonra süzülen bilyeler, pH 8-9 civarına gelene kadar saf su ile yıkanıp, 24 saat boyunca 30°C’de kontrollü bir şekilde etüvde kurutulmuştur.

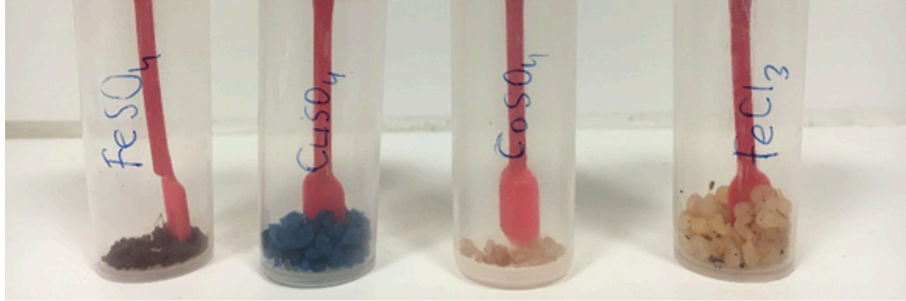


Şekil 3. a) Toz Haldeki Kitosan b) Jel Kıvamında Polimer Hale Geçen Kitosan c) NaOH Çözeltisine Damlatılarak Bilye Haline Getirilen Kitosan.

Hazırlanan kitosan bilyelere Fe^{+2} , Fe^{+3} , Co^{+2} ve Cu^{+2} metallerinin yüklenmesine karar verildi. Bu amaçla 100 mg/L konsantrasyona sahip ve 250 mL hacimli metal çözeltilerini hazırlamak üzere $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ ve $CuSO_4$ bileşikleri kullanıldı. Her bir metal yükleme prosesi için 10 gram kurutulmuş kitosan bilye kullanıldı ve ayrı ayrı erlenmeyerlere alınıp her birine 250 mL farklı bir metal çözeltisi eklendi. Hazırlanan karışımlar, 250 rpm hızında çalkalayıcıya alınarak 5 saat boyunca yükleme işlemi gerçekleştirildi (Şekil 4). Çözeltilerinden süzülen ve saf su ile yıkanan kitosan bilyeler, 24 saat boyunca 30°C’de kontrollü bir şekilde etüvde kurutuldu (Şekil 5). Böylece kobalt yüklü (CBCo), bakır yüklü (CBCu), demir(II) yüklü (CBF2) ve demir(III) yüklü (CBF3) olmak üzere dört farklı tipte metal yüklü kitosan bilyeler elde edildi.

Kitosan Bilyelerin Metal ile Modifiye Edilmesi:

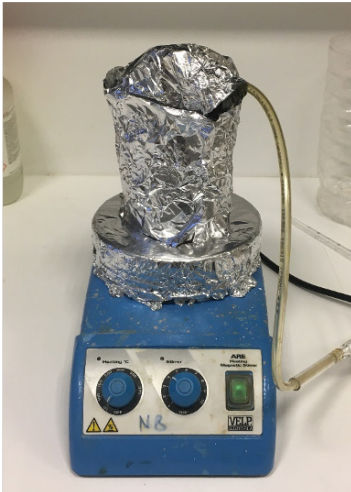
Şekil 4. Metal ile Modifiye Edilen Kitosan Bilyelerin Adsorpsiyon Sonrası Görünümü. (a) $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, (b) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, (c) CuSO_4 , (d) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



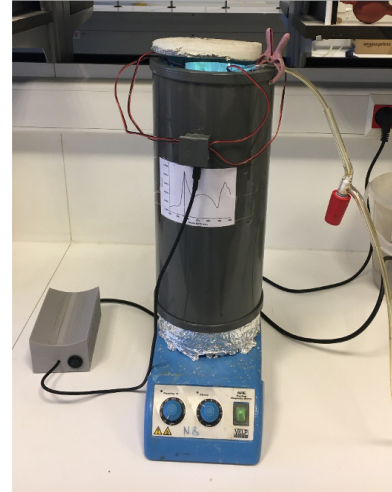
Şekil 5. Metal Modifiyesinden Sonra Kurutulan Kitosan Bilyeler. (a) FeSO_4 , (b) CuSO_4 , (c) CoSO_4 , (d) FeCl_3

Modifiye Edilmiş Kitosan Bilyeler ile DO46 Boyar Maddesinin Giderilmesi: İlk olarak, hazırlanan 20 mg/L'lik, 250 mL DO46 boyar maddesi çözeltisinin PMS ile giderimini gözlemek adına, çözelti 30-40°C aralığında 120 dakika boyunca tutularak 10 mM PMS ile karıştırıldı (Şekil

6). Daha sonra, aynı düzeneğe UVA LED ışık kaynağı bağlanarak deney tekrarlandı (Şekil 7). Ardından, kitosan bilyelerin katalizör olarak kullanılması amacıyla deneysel düzenek hazırlanmıştır.



Şekil 6. Katalitik Oksidasyon Düzeneği.



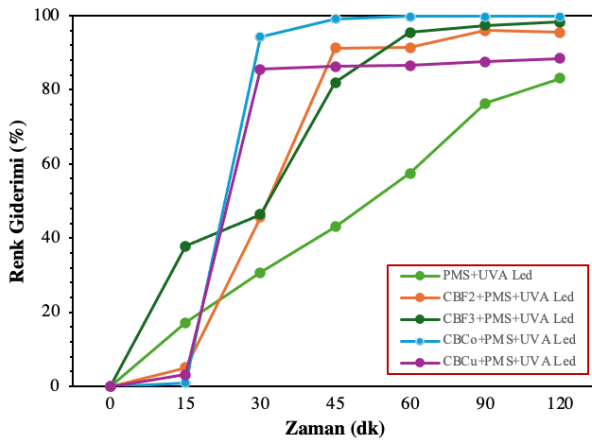
Şekil 7. Fotokatalitik Oksidasyon Düzeneği.

Katalizör etkisini araştırmak için her bir katalizörden 1g/L olacak şekilde 10 mM PMS, 20 mg/L boya madde konsantrasyonu ile çalışmalar yapıldı. Renk giderim veriminde en iyi sonucun elde edildiği katalizör kullanılarak ışığın etkisi, boya konsantrasyonunun etkisi (20, 50 ve 100 mg/L), katalizör konsantrasyonunun etkisi (1, 0.5, 0.25 ve 0.125 g/L) ve PMS oksidanının etkisi (1, 2, 5 ve 10 mM) araştırıldı. Spektrofotometre ile boya konsantrasyonu takip edilerek boya madde/renk giderim verimi hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

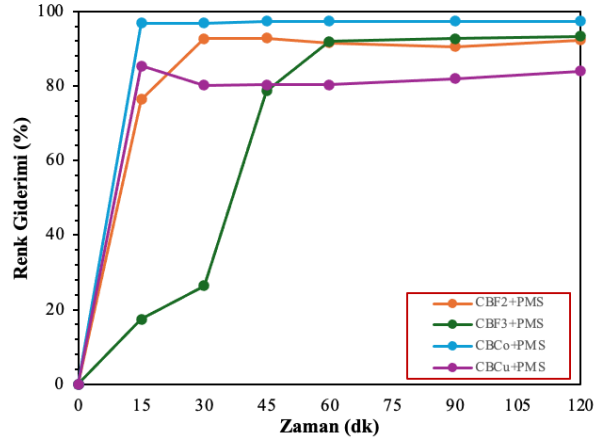
Katalizörlere Yüklenen Metallerin Giderime Etkisi

Fotokatalitik Oksidasyon Prosesi ile Renk Giderim Verimi: Katalizör etkisini araştırmak için her bir katalizörden 1 g/L olacak şekilde, 10 mM PMS ve 20 mg/L boya madde konsantrasyonu ile çalışmalar yapılmıştır. Renk giderim veriminde en iyi sonucun elde edildiği katalizör kullanılarak, ışığın etkisi, boya konsantrasyonunun etkisi (20, 50 ve 100 mg/L), katalizör konsantrasyonunun etkisi (1, 0.5, 0.25 ve 0.125 g/L) ve PMS oksidanının etkisi (1, 2, 5 ve 10 mM) araştırılmıştır. Spektrofotometre ile boya konsantrasyonu takip edilerek, boya madde/renk giderim verimi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde CBCo katalizörü ile maksimum renk giderim verimi elde edildiği görülmüştür. Bunun sebebi, Co metali PMS oksidantının etkileşimi sonrası oluşan $SO_4^{\bullet-}$ radikalidir. Yun ve arkadaşları (2019) parasetamol ilaç etken maddesinin gideriminde kobalt iyonunun (Co^{+2}) PMS ile birlikte kullandıkları zaman Co^{+2} 'nin katalitik oksidasyon prosesine katkı sağladığını tespit etmişlerdir (Yun vd., 2019).



Şekil 8. Geliştirilen katalizörlerin fotokatalitik oksidasyon prosesinde renk giderimine etkisi (20 mg/L boya madde + 1 g/L Katalizör + 10 mM PMS + UVA led).

Katalitik Oksidasyon Prosesi ile Renk Giderim Verimi: Şekil 9'da görüldüğü üzere, 120 dakika sonunda CBF3'ün bulunduğu beherdeki giderim verimi %93'ü geçerken, CBCo katalizörleri %97,40 giderim verimi ile ışısız ortamda da umut vadetmeyi sürdürdü. Bu sebeple, sonraki aşamalarda bu iki (CBF3 ve CBCo) katalizörün kullanılmasına karar verildi.



Şekil 9. Geliştirilen katalizörlerin katalitik oksidasyon prosesinde renk giderimine etkisi (20 mg/L boya madde + 1 g/L Katalizör + 10 mM PMS).

Katalitik Oksidasyon Prosesinde Boyar Madde Konsantrasyonunun Renk Giderim Verimine Etkisi:

Boyar madde konsantrasyonu 50 mg/L'e yükseltirken, PMS ise yarı yarıya azaltıldı. Bunun sonucunda, CBF3 beklenen giderim verimini karşılamazken, CBCo yine %98'in üzerine çıkararak bu yöntemde kullanılacak optimum katalizör olma özelliği gösterdi. Bunun sebebi, Eşitlik 1'de gösterildiği gibi reaksiyon sırasındaki $SO_4^{\bullet-}$ radikalinin yanı sıra $\bullet OH$ radikali de oluşmaktadır.

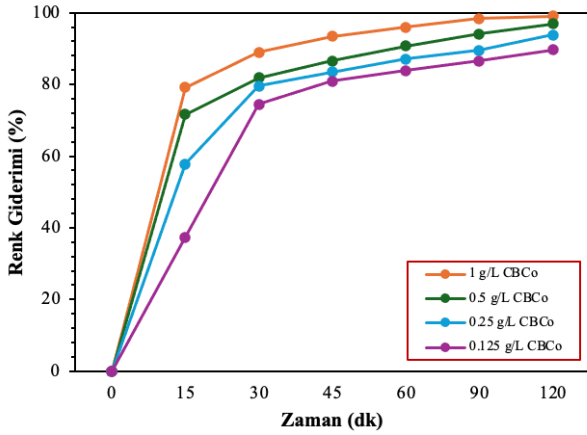


Ortamdaki Fe^{+3} iyonu, $\bullet OH$ radikali ile reaksiyona girerek Fenton benzeri reaksiyonlar oluşmaktadır. Bu sırada oluşan Fe^{+2} iyonu da Eşitlik 2'de gösterildiği gibi ortamda bulunan $SO_4^{\bullet-}$ radikalini sönmlemedir (Xia vd., 2020).

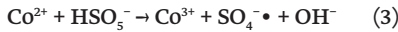


Katalizör Konsantrasyonunun Renk Giderim Verimine

Etkisi: Şekil 10'da görüldüğü gibi, deneylerde kullanılacak optimum katalizör miktarına karar vermek için sırasıyla 1, 0.5, 0.25 ve 0.125 g/L CBCo katalizörü kullanılmıştır. Katalizör dozaj miktarının azalması ile renk giderim veriminde de azalma görülmüştür. 120 dakikanın sonunda, 1g/L katalizör kullanılarak %99 renk giderim verimi elde edilmiş olsa da, 0.125 g/L katalizör ile yapılan deneyin giderim verimi yaklaşık %90 olarak izlenmiştir. Bunun sebebi, daha önce de bahsedildiği üzere Co-PMS etkileşimidir. Katalizör dozajının azalmasıyla ortamdaki kobalt miktarı azalmakta ve buna bağlı olarak Eşitlik 3'te de gösterildiği üzere $SO_4^{\cdot-}$ radikali konsantrasyonunda bir azalma söz konusu olmaktadır (Hu ve Long, 2016). Ancak, fazla katalizör kullanımının önüne geçmek adına optimum katalizör miktarı 0.125 g/L olarak belirlenmiştir.

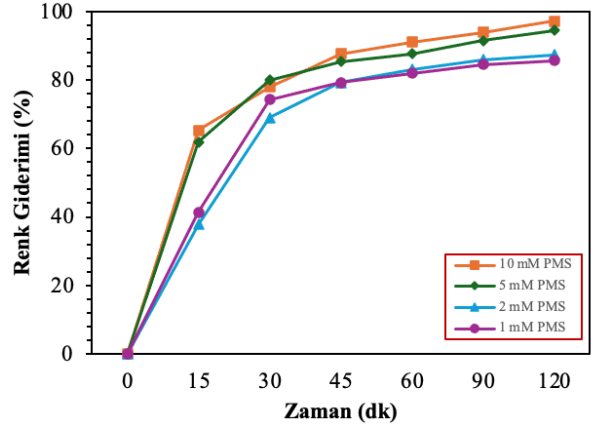


Şekil 10. CBCo Katalizör Konsantrasyonunun Renk Giderimine Etkisi (50 mg/L boyar madde + 5 mM PMS).



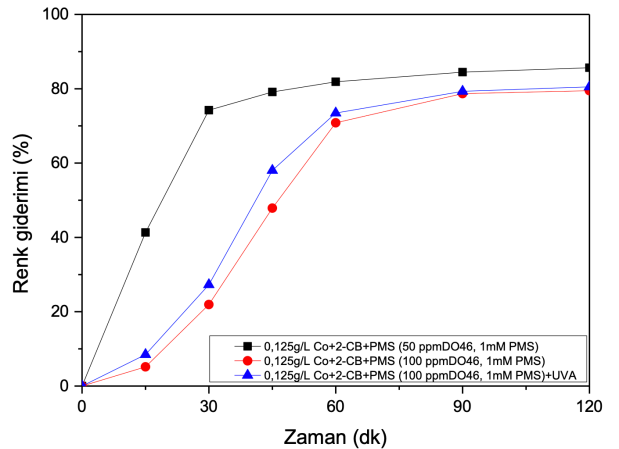
Katalitik Oksidasyon Prosesinde PMS Konsantrasyonunun

Renk Giderim Verimine Etkisi: Daha sonra belirlenen katalizör miktarı ile optimum PMS miktarını karşılaştırmak adına yeni deneyler yapıldı. Şekil 11'de görülen sonuç verileri değerlendirildiğinde, 1 mM PMS konsantrasyonu ile yapılan çalışmada giderim veriminin %85'in üzerine çıktığı görüldü. Bu oran hem kabul edilebilir bir sonuç olduğundan hem de kaynak kullanımını en aza indirdiğinden 1 mM PMS konsantrasyonunun optimum olduğuna karar verildi.



Şekil 11. PMS Konsantrasyonunun Renk Giderimine Etkisi (50 mg/L boyar madde + 0.125 g/L CBCo).

Boyar maddelerin giderilmesi için uygulanan bu yöntemde optimum katalizör ve PMS miktarlarına karar verildikten sonra boyar madde konsantrasyonu yükseldiğinde kabul edilebilir sonuçlara ulaşıp ulaşılamayacağını denemek için boyar madde konsantrasyonu 100 mg/L'e yükseltildi. Optimum katalizör miktarı (0.125 g/L) ve PMS miktarı (1 mM) ile 50 mg/L boyar maddesinin giderim verimi daha önce çalışılmıştı. Aynı koşullarda 100 mg/L boyar madde ile de çalışıldı ve Şekil 12'de sonuçlar karşılaştırıldı. Verimde bir miktar düşme gözlenirse de %79.46 gibi kabul edilebilir bir giderim sağlandı. Böylece optimum şartlardaki çalışmanın yüksek konsantrasyonda da umut vadettiği gözlemlenirken, deney düzeneğinin katalitikten fotokatalitiğe dönmemesinin aynı şartlar altındaki 100 mg/L boyar maddesinin gideriminde daha yüksek verim sağlayıp sağlamayacağı da çalışıldı. Bu aşamada %81.13 giderim verimi elde edilmiş olup sonuçlar Şekil 12'de karşılaştırıldı; ışık varlığında anlamlı bir giderim artışı olmadığı, bu sebeple katalitik oksidasyonun daha az kaynakla daha kabul edilebilir bir giderim prosesi olduğu görülmüştür.



Şekil 12. Optimum Proses Şartlarında Renk Giderim Çalışması Sonuçları.

Sonuç

Bu çalışmada amaç, doğal katalizörler kullanarak ve kullanılan kaynakları minimize ederek verimli bir giderim ortaya koymak olduğu için her aşamada elde edilen sonuçlar bu doğrultuda değerlendirildi. İlk aşamada, literatür taraması ile oluşturulan kitosan bilyelere yüklenmesi için en yüksek verimlerin gözlemlendiği metaller seçildikten sonra, bu metaller ile hazırlanan katalizörlerin fotokatalitik yöntem ile boyar madde giderimlerinin karşılaştırılması sonucu, CBF2, CBF3 ve CBCo katalizörlerinin sonraki aşamalar için umut vadettiği, fakat ışıksız ortamda yapılan deney sonucu CBF3 ve CBCo katalizörlerinin çalışmaya değer olduğu gösterildi. Çalışmanın amacına yönelik olarak, kullanılan PMS kaynağını azaltarak daha yüksek konsantrasyonda boyar maddenin giderimini sağlamak için sonraki

aşamada konsantrasyon yükseltirken PMS miktarı yarıya düşürüldü ve artık CBCo katalizörünün aralarındaki en tercih edilebilir olduğu, bu deneyin sonucuyla gözlemlendi. Öyle ki, kullanılan bu katalizör, konsantrasyonun yükselmesine ve PMS'nin yarıya düşürülmesine rağmen halen %98'in üzerinde giderim verimi sağladı. Daha sonra, yine amaca yönelik olarak en az kaynak kullanımını desteklemek için optimum katalizör ve PMS miktarlarına karar verilmek adına deneyler düzenlendi. Minimize edilen kaynak miktarları ile konsantrasyon daha da yükseltilecek hem ışıklı hem de ışıksız ortamdaki giderim verimleri karşılaştırıldı ve Co+2 metali ile yüklü kitosan bilyelerinin ışıksız ortamda dahi boyar madde gideriminde umut vaat eden bir katalizör olduğu sonucuna varıldı.

Kaynakça

- Albadarin, A. B., Collins, M. N., Naushed, M., Shirazian, S., Walker, G., Mangwandi, C. (2017). Activated Lignin-Chitosan Extruded Blends for Efficient Adsorption of Methylene Blue. *Chemical Engineering Journal*, 307: 264-272.
- Bekci, Z., Özveri, C., Seki, Y., Yurdakoç, K. (2008). Sorption of Malachite Green on Chitosan Bead. *J. Hazard Mater*, 154(1-3): 254-261.
- Buasri, A., Rochanakit K., Wongvitvichot W. (2015). The Application of Calcium Oxide and Magnesium Oxide from Natural Dolomitic Rock for Biodiesel Synthesis, *Energy Procedia*, 79, 562-566.
- Chatzisyneon, E., Xekoukoulotakis, N. P., Coz, A., Kalogerakis, N. and Mantzavinos, D. (2006). Electrochemical Treatment of Textile Dyes and Dyehouse Effluents, *Journal of Hazardous Materials B137*, 998-1007.
- Cho, J., Heuzey, M. C., Begin, A. ve Carreau, P. J. (2006). Viscoelastic Properties of Chitosan Solutions: Effect of Concentration and Ionic Strength. *J. Food Eng.* 74, 500- 515.
- Croisier, F., Jérôme, C. (2013). Chitosan-Based Biomaterials for Tissue Engineering. *European Polymer Journal*, 49(4): 780-792.
- Çetinkaya, H., (2022), Kitosan-Borik Asit Kompoziti ile Atıksulardan Eritrosin B Boyasının Giderilmesi: Deneysel Ve Teorik Çalışmalar, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demir, A, Öktem T, Seventekin N. (2008). Kitosanın Tekstil Sanayinde Antimikrobiyal Madde Olarak Kullanımının Araştırılması, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 9.
- Duman, S.S, Şenel S. (2004). Kitosan ve Veteriner Alandaki Uygulamaları, *Veteriner Cerrahi Dergisi*, 10 (3-4), 62-72.
- Gottardi, G., Galli, E. (1985). *Mineral and Rocks Natural Zeolites*, Springer Verlag, 1- 16.
- Hernandez-Rodriguez, M.J. Fernandez-Rodriguez, C. Dona-Rodriguez, J.M. Gonzalez Diaz, O.M. Zerbanı, D. and Pena, J.P. (2014). "Treatment of effluents from Wool Dyeing Process by Photo-Fenton at Solar Pilot Plant". *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2/1, 163-171.
- Hu, P.D., and Long, M. C. (2016). Cobalt-Catalyzed Sulfate Radical-Based Advanced Oxidation: A Review on Heterogeneous Catalysts and Applications. *Appl. Catal. B Environ.* 181, 103-117. Doi: 10.1016/j.apcatb.2015.07.024.
- Jia, L. Liu, W. Cao, J. Wu, Z. and Yang, C. (2020). "Modified Multi-Walled Carbon Nanotubes Assisted from Fractionation for Effective Removal of Acid Orange 7 from the Dyeing Wastewater". *Journal of Environmental Management*. V.262, 15 May 2020, 110260.
- Karaton Kuzgun, N., Gürel İnanlı, A. (2012). Kitosan Üretimi ve Özellikleri ile Kitosanın Kullanım Alanları, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6 (2): 16-21, 6.
- Khedr, S.A., Shouman M.A., Attia A.A. (2012). Adsorption Studies on The Removal of Cationic Dye from Shrimp Shell Using Chitin, 3(1): 507-519.
- Kobya, M., Can, O.T. and Bayramoğlu, M. (2003). Treatment of Textile Wastewaters by Electrocoagulation Using Iron and Aluminum Electrodes, *Journal of Hazardous Materials*, B100, 163-178.
- Kubiak-Wójcicka, K., Machula S. (2020). Influence of Climate Changes on the State of Water Resources in Poland and Their Usage, *Geoscience*, 10, 312, 21.
- Manu, B. and Chaudhari, S. (2002). Anaerobic Decolorisation of Simulated Textile Wastewater Containing Azo Dyes. *Bioresource Technology*, 82, 225-31.
- Meyer, U. (1981). Biodegradation of Synthetic Organic Colorants, In *Microbial Degradation of Xenobiotics and Recalcitrant Compounds*, FEMS Symposium, 12, 371-378 Academic Press, New York.
- Okello, C., Tomasello B, Greggio N, Wambiji N, Antonellini M. (2015). Impact of Population Growth and Climate Change on the Freshwater Resources of Lamu Island, Kenya, *Water dergisi*, 7, 1264-1290, 27.
- Oktav, Bulut M, Elibüyük U. (2017). Yengeç Kitininden Kitosan Üretimi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 213-219, 7.
- Shahidi F, Arachchi J.K.V, Jeon, Y.J. (1999). Food Applications of Chitin and Chitosans, *Trends in Food Science & Technology*, 37-51.
- Sharma, K.P., Sharma, S., Sharma, S., Singh, P.K., Kumar, S., Grover, R. and Sharma, P.K. (2007). A Comparative Study on Characterization of Textile Wastewaters (untreated and treated) Toxicity by Chemical And Biological Tests, *Chemosphere*, 69, 48-54.
- Tao, P., Wang X, Zhao Q, Guo H, Liu L, Qi X, Cui W. (2023). Framework Ti-Rich Titanium Silicalite-1 Zeolite Nanoplates for Enhanced Photocatalytic H₂ Production from CH₃OH, *Applied Catalysis B: Environmental*, 122392.
- Tav, A. (2019). Karides Kabuklarından Farklı Yöntemler İle Kitosan Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yalova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Xia, X., Zhu F, Li J, Yang H, Wei L, Li Q, Jiang J, Zhang G, Zhao Q. (2020). A Review Study on Sulfate-Radical-Based Advanced Oxidation Processes for Domestic/Industrial Wastewater Treatment: Degradation, Efficiency, and Mechanism, *Front. Chem.* 8. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.592056>.
- Yılmaz, E., Tekinay, A.A., Çevik, N. (2006). Deniz Ürünleri Kaynaklı Fonksiyonel Gıda Maddeleri. *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23(1/1): 523-527.
- Yun, W. C., Lin, K. Y. A., Tong, W. C., Lin, Y. F., and Du, Y. (2019). Enhanced Degradation of Paracetamol in Water Using Sulfate Radicalbased Advanced Oxidation Processes Catalyzed by 3-Dimensional Co₃O₄ Nanoflower. *CEJ*, 373, 1329-1337. Doi: 10.1016/j.cej.2019.05.142.
- Zollinger, H. (2001). *Color Chemistry: Synthesis, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments*, Wiley-VCH, Weinheim-Federal Republic of Germany, 3. Cilt.

Kocaeli İlinde Yer Alan İşletmelerin Yeşil Yönetim Uygulamalarına Dair Bir Araştırma

A Research on Green Management Practices of Businesses in Kocaeli Province

Vesile ÇAVUŞOĞLU

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yönetim ve Organizasyon, Çanakkale, Türkiye
vcavusoglu@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6643-5520

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah KIRAY

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İşletme Bölümü, Çanakkale, Türkiye
abdullahkiray@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1734-8364

Öz

Günümüzde iklim değişikliği ve doğal kaynakların aşırı kullanımının yanı sıra işletmelerin faaliyetlerini yürütürken çevreye zarar verme ihtimalleri sürdürülebilirlik kavramının önemini daha da artırmıştır. Bunun nedeni ise sürdürülebilirlik ile gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmamak için bugünden önlem alma gerekliliğidir. Bu noktada, işletmelerin faaliyetleri esnasında çevreye en az zarar verecek şekilde çalışmalarını beklenmektedir. Bu çalışma ile sanayi bölgelerindeki işletmelerin sürdürülebilirliği sağlamak için neler yaptığını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Çalışma nitel araştırma yöntemi ile yürütülmüştür. Yoğun sanayi bölgesi olan Kocaeli ilinde yer alan Brisa, Kordsa ve Kentsa araştırmanın örneklemi olarak belirlenmiştir. Veriler bahse konu üç işletmenin internet sitesinde yer alan bilgilerden elde edilerek içerik analizine tabi tutulmuştur. Araştırma sonucunda işletmelerin yeşil yönetim göstergelerinin sertifikalar, ürünler, proje ve işbirlikleri, çevresel duyarlılık faaliyetleri, haberler, blog yazıları, yeşil bina, sürdürülebilirlik raporları, yönetim kurulu başkanı ve CEO mesajı, stratejiler ve öncelikler olduğu görülmüştür. Bununla birlikte bu üç işletmenin üretim, satın alma ve pazarlama fonksiyonlarına yeşil yönetimi dahil ettikleri de elde edilen diğer bir sonuçtur.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Yeşil Yönetim, Çevre, Yeşil İşletme, Yeşil Uygulamalar.

Abstract

Today, climate change and excessive use of natural resources, as well as the possibility of businesses harming the environment while carrying out their activities, have further increased the importance of the concept of sustainability. The reason for this is the need to take precautions today in order not to jeopardize the ability of future generations to meet their needs with sustainability. At this point, businesses are expected to work in a way that causes the least harm to the environment during their activities. This study aims to reveal what businesses in industrial zones do to ensure sustainability. The study was conducted using the qualitative research method. Brisa, Kordsa and Kentsa, located in Kocaeli province, which is a densely populated industrial zone, were determined as the sample of the study. The data was obtained from the information on the websites of the three businesses in question and subjected to content analysis. As a result of the research, it was seen that the green management indicators of the businesses were certificates, products, projects and collaborations, environmental awareness activities, news, blog posts, green building, sustainability reports, chairman and CEO message, strategies and priorities. In addition, another result obtained was that these three businesses included green management in their production, purchasing and marketing functions.

Keywords: Sustainability, Green Management, Environment, Green Business, Green Practices.

Giriş

İşletmeler, toplumdaki bireylerin ihtiyaçlarına yönelik mal ve hizmet üretmekle sorumlu birimlerdir. Bu sorumlulukları; atıkları ayrıştırma, kaynak verimliliği, geri dönüşüm, enerji tasarrufu gibi konulara dikkat ederek yerine getirmeleri mühimdir çünkü Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu'nun 2022 yılı verilerine göre Türkiye'de hava kirliliğine neden olan ikinci kaynak imalat ve sanayi işletmeleri, üçüncü kaynak ise maden işletmeleridir. Bununla birlikte büyük sanayi kuruluşlarının atık sularını arıtmaması sebebiyle su kirliliğinin meydana geldiği de bu raporda yer alan diğer bir husustur (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). İşletmelerin çevre üzerinde bu denli etkisinin olması sebebiyle sürdürülebilirlik kavramı işletmeler için önem kazanmıştır. Sürdürülebilirlik ile amaçlanan gelecek neslin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılamaktır (Tam ve Taruna, 2016) ve işletmeler, zaman, maliyet, kalite ve esneklik gibi geleneksel performans ölçütlerine sürdürülebilirlik olgusunu dahil edebilirler, bu da yeşil yönetim olarak adlandırılmaktadır (Sohns vd., 2023).

Bu araştırma ile esas olarak işletmelerin sürdürülebilirlik, yeşil yönetim ve çevre duyarlılığı konularına yönelik uygulamalarını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği tarafından 2021 yılına ait sanayi kapasite raporlarının derlenmesi ile hazırlanan Sanayi Liderleri Programına göre Türkiye'nin ilk üçü hesaplanmıştır ve bu rapora göre birinci sırada İstanbul, ikinci sırada İzmir ve üçüncü sırada Kocaeli yer almaktadır (TOBB, 2022). 81 il arasında Kocaeli ilinin ilk üçte yer alması, yoğun bir sanayi bölgesi olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu araştırmanın amacına uygunluk açısından araştırmanın örnekleme yöntemi olarak kasıtlı örnekleme yöntemi ile Kocaeli ilinde yer alan Brisa, Kordsa ve Kentsa işletmeleri seçilmiştir. Bu kapsamda bu üç işletmenin internet sitesinde yer alan bilgiler veri olarak kullanılmış ve içerik analizi yapılmıştır. Araştırma ile amaçlanan bir diğer şey ise ilgili literatüre katkı sağlamaktır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte neredeyse her işletmenin bir internet sitesinin olduğu görülmektedir dolayısıyla tüketicilerin bir işletme ile ilgili bilgi alacakları ilk yerin internet siteleri olabileceği düşünülmektedir ancak yazında bu konuya yönelik internet sitesi incelemesi yapan az sayıda çalışma vardır (Anggita vd., 2022; Çakanel vd., 2022; Doğancılı ve Akbulut, 2015; Gezer ve Esmer, 2023; Saenggo ve Widoretno, 2024 ; Sukmadilaga vd., 2023; Yurtlu vd., 2021).

Yapılan analizler sonucunda, işletmelerin yeşil yönetim göstergelerinin sertifikalar, ürünler, proje ve işbirlikleri, çevresel duyarlılık faaliyetleri, haberler, blog yazıları, yeşil bina, sürdürülebilirlik raporları, yönetim kurulu başkanı ve ceo mesajı, stratejiler ve öncelikler olduğu görülmüştür. Öte yandan işletmelerin yeşil üretim, yeşil satın alma ve yeşil pazarlama faaliyetlerinde bulunduğu görülmüştür.

1. Kuramsal Çerçeve

1.1. Sürdürülebilirlik ve Yeşil Yönetim

İşletmelerin, yeni iş yaratmak, toplumun refah düzeyini artırmak, işsizliği azaltmak ve buldukları ülkeyi uluslararası anlamda daha iyi hale getirmek gibi birtakım amaçları bulunmaktadır. Bütün bunların yanı sıra işletmeler sürdürülebilir olmak da isterler. Sürdürülebilirlik çalışmaları, günümüzde daha çok işletme tarafından uygulandıkça dünyanın ve bireylerin geleceği daha güvenli hale gelmektedir. Özellikle iklim değişikliğinin etkileri ve

doğal kaynakların aşırı kullanımıyla ilgili artan çevresel zorluklarla birlikte yeşil büyüme stratejileri daha da önem kazanmaya başlamıştır (Yuliantini vd., 2023).

Sürdürülebilirlik, en basit haliyle, gelecek neslin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan bugünü karşılayan gelişme olarak tanımlanmaktadır (Tam ve Taruna, 2016). Sürdürülebilirlik, dünya çapındaki işletmelerin üzerinde durması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilirliğin bir sonucu olarak işletmeler, kaynak verimliliği sayesinde kendi kendini idame ettiren dairesel ekonominin yaratıldığı stratejik bir dönüm

noktası olarak görülmektedir (Joshi vd., 2023). Genel anlamda sürdürülebilirlik için birtakım göstergeler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; doğal kaynakların ve ekosistemlerin taşıma kapasitesini aşmamak, insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisini azaltmak (özellikle yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynakların kullanım oranları), uzun vadeli ekonomik, sosyal ve çevresel hedefleri entegre etmek, biyolojik, kültürel ve ekonomik çeşitliliği korumak, enerji kullanımı ve sera gazı emisyonları (toplam ve kişi başına), hasat edilen ormanların başarıyla yeniden dikilen yüzdesi, ekonomik faaliyetin çevresel olarak ayarlanmış ölçümleri, temel ihtiyaçları karşılamak için gereken çalışma saatleri (ortalama ücret üzerinden), nüfusun en üst ve en alt kesimleri arasındaki gelir eşitsizliği ve iş bulabilen üniversite mezunlarının sayısıdır (Farrel ve Hart, 1998). İşletmeler sürdürülebilirliği sağlamak için; sürdürülebilirlik bilincine sahip çalışanları işe alabilir, potansiyel çalışanların toplumsal, çevresel ve insan refahına olan bağlılıklarını değerlendirilebilir, kendi sosyal ve çevresel taahhütlerini açıklayan eğitimler sunabilir, çalışan performansını sürdürülebilirlik hedeflerine göre değerlendirilebilir ve ödüllendirilebilir (Joshi vd., 2023).

Yeşil yönetimin odak noktası sürdürülebilirliktir ve yeşil yönetim zaman, maliyet, kalite ve esneklik gibi geleneksel performans ölçütlerine sürdürülebilirliği ekleyen bir yaklaşımdır. (Sohns vd., 2023). Başka bir deyişle yeşil yönetim, işletmelerin çevreye duyarlı uygulamalarını ifade etmektedir (Haden vd., 2009). İşletmelerin yeşil uygulamaları ile diğer endüstrilerden gelen atıklar yeniden kullanılarak

yeni ürünler piyasaya sürülmekte ve hammadde ve enerji kaynaklarına olan ihtiyaç azalmaktadır böylece maliyetlerde düşüş söz konusu olmaktadır. Bunun yanı sıra, bu uygulamalar ile uzun dönemde işletmelerin rekabet gücünün artacağını söylemek de mümkündür (Sellitto vd., 2024). Yeşil yönetim ile hedeflenen, sürdürülebilirlik açısından iş süreçlerinin en iyi hale gelmesidir (Sohns vd., 2023). Görüldüğü üzere yeşil yönetim ve sürdürülebilirlik, iç içe geçmiş iki kavramdır. Sürdürülebilirlik çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç ana boyuttan oluşmakta, yeşil yönetim ise sürdürülebilirliğin alt boyutu olarak değerlendirilmektedir (Karakuş ve Endirencelebi, 2018). Bu alt boyutlardan çevresel sürdürülebilirlik, insanlar için sağlıklı bir çevre, yenilebilir doğal kaynakların akılcı kullanımını ve yenilenemeyen doğal kaynakların korunmasını ifade eder. Verimlilik, büyüme ve istikrar ise ekonomik sürdürülebilirliğin temelini oluşturmaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik ise tam istihdam, eşitlik, sağlık, güvenlik gibi unsurların sağlanmasıdır (Soubbotina, 2004).

1.2. Yeşil Yönetim Uygulamaları

Yeşil olmak çok yönlü bir süreçtir ve işletmeler çeşitli şekillerde bunu uygulamaktadır. Genel olarak, çevre bilincine sahip bir işletme "4R"den en azından birini kullanmaktadır. Bunlar: (reduction) azaltma, (reuse) yeniden kullanma, (recycling) geri dönüştürme ve (recovery) kurtarmadır (Çekanavičius vd., 2014). Yaygın olarak kullanılan yeşil işletme uygulamaları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yeşil İşletme Uygulamaları (Çekanavičius vd., 2014).

Wang ve arkadaşları (2018), yeşil yönetim uygulamalarının ağızdan ağıza pazarlanması yolu ile işletmeye yönelik güvenin sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Gün geçtikçe işletmeler, bilgi teknolojilerinin artışı ile kendi internet sitelerini geliştirerek burada faaliyetlerine yönelik bilgiler sağlamakta ve kendi reklamlarını yapmaktadır. İşletmelerin internet sitelerinde sürdürülebilirlik, çevre bilinci ve yeşil yönetim faaliyetlerini sergilemeleri de mümkündür. Bu şekilde işletmeler müşteri sadakati elde edebilirler (Sun vd. 2022). Yapılan çalışmalarda, yeşil yönetim faaliyetlerine yönelik işletmelerin internet sitelerinde şunları sundukları görülmüştür (Anggita vd., 2022; Çakanel vd., 2022; Doğancili ve Akbulut, 2015; Gezer ve Esmer, 2023; Saenggo ve Widoretno, 2024 ; Sukmadilaga vd., 2023; Yurtlu vd., 2021) :

- Ödül ve sertifikalar
- Faaliyet raporları
- Sürdürülebilirlik raporları
- Yıllık raporlar
- Finansal raporlar
- Mali tablolarda yer alan çevresel maliyetler, atık geri dönüşüm maliyetleri, çevresel Ar-Ge maliyetleri
- Projeler (geri dönüşüm, sıfır atık)
- Çevresel duyarlılık faaliyetleri (atık yönetimi ve kimyasal kullanımı, su ve enerji tüketim verileri vb.)

1.3. İşletme Fonksiyonları ve Yeşil Yönetim

Yeşil yönetim, tüm işletme fonksiyonlarına uyarlanabilir ancak işletmenin örgütsel yapısına ve sektöre bağlı olarak bazı fonksiyonlarda yeşil uygulamalar daha verimli sonuçlar ortaya çıkarabilir (Akduru, 2024). Günümüzde doğal kaynakların tükenmesi, gelir eşitsizliği ve sosyal sorumluluk konusundaki endişelerin önemli hale gelmesi ile birlikte işletmeler, çevreye duyarlı yönetim uygulamalarını hayata geçirirken ürünlerini ve süreçlerini yeniden düşünmektedir. Bu odaklanma, yeşil üretim olarak da adlandırılan çevre dostu üretim kavramını gündeme getirmiştir (Hallam ve Conteras, 2016). Yeşil ürünler, üretim ve kullanımları boyunca çevre dostudur, çevreye zararsızdır veya minimum düzeyde zararlıdır. Bu nedenle işletmeler, artan talebi karşılamak için yeşil ürünler üretmeye başlamıştır. Örneğin, hibrit elektrikli araçlar temsili bir yeşil ürün olarak kabul edilebilir. İçten yanmalı motorlarla çalışan otomobillerden çıkan egzoz gazının, çevreyi ciddi şekilde kirleten önemli

bir sera gazı ve kirletici kaynağı olduğu iyi bilinmektedir. Bu örneğe ek olarak, ünlü bir giyim şirketi olan H&M'in, kıyafet üretmek için biyolojik olarak parçalanabilen tekstil malzemeleri kullandığı bilinmektedir (Tao vd., 2024). Özellikle imalat sektörü içerisinde yer alan işletmelerin, yeşil yönetimi, üretim fonksiyonuna dahil etmesi oldukça önemlidir çünkü imalat sektörü faaliyetlerinin, dünyadaki yaşama zarar veren atık ve kirliliğe sebep olduğu düşünülmektedir (Akduru, 2024).

İnsan kaynakları da yeşil yönetimin uygulanabileceği alanlardan biridir. Yeşil insan kaynakları yönetimi, örgütsel yeşil dönüşümü kolaylaştıran bir uygulama mekanizması olarak görülmektedir ve yeşil örgütsel hedefleri desteklemek için yeşil planlama, işe alım, eğitim ve geliştirme, tazminat ve değerlendirme yoluyla uygulanmaktadır (Joshi vd., 2023).

Pazarlama fonksiyonunun yeşil uygulamaları, esas olarak çevre dostu ürün, hizmet veya girişimlerin tanıtımı için benimsenen stratejileri ifade etmektedir. Örneğin turizm sektörü içerisinde yer alan oteller, elektronik etiketler veya eko-etiketler kullanmak, yeşil sertifikalara sahip olmak ve müşterileri çevreyi koruma avantajları hakkında bilgilendirmek gibi eylemler ile yeşil yönetime dahil olmaktadır. Bu uygulamalar ile otellerin maliyetlerde azalma, pazarda olumlu imaj, iyi toplum ilişkileri, çalışan mutluluğu ve pazar rekabeti gibi belirli avantajlara sahip olduğu gözlemlenmektedir ancak müşterilerin yeşil mallar/hizmetler için ekstra ödeme yapmaktan kaçınması gibi zorluklarla karşı karşıya kaldığını söylemek mümkündür (Ray vd., 2024). Pazarlama, tüketicinin ürettiği ürünler ve bunların satın alınması ve satış sonrası hizmetleri konusunda farkındalık yaratmayı içeren bir süreçtir. Pazarlama, işletmelerin kar elde etmesini, hayatta kalmasını ve rekabet etmesini destekler. Yeşil pazarlama yaklaşımında, bu pazarlama sürecinin tamamı doğayı koruyan politikalar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilir (Akduru, 2024). Örneğin yeşil satın alma ile işletmeler, çevresel faktörleri satın alma planlarına ve davranışlarına dahil ettiklerinde, genellikle düşük karbonlu taleplerini tedarikçilere açıkça iletirler ve ortaklarla çevresel stratejik iş birliği imzalarlar ve aynı zamanda tedarikçilerini iç çevre denetimleri ve ISO14000 sertifikasyonu ile de seçilebilirler (Fu vd., 2023). Yeşil pazarlama dört farklı adımdan oluşur. Yeşil hedefleme olarak da bilinen ilk adımda, çevre dostu ve duyarlı tüketiciler için yeşil ürünler tasarlanır. İkinci adımda sürdürülebilirlik için çeşitli yeşil stratejiler oluşturulur ve geliştirilir. Üçüncü adımda, çevreye zararlı ürünlerin üretimi zamanla azaltılır ve mümkün olduğunca yeşil ürün üretimine odaklanılır. Dördüncü adımda, işletme yeşil pazarlama bilincine ulaşmış olur (Akduru, 2024).

Muhasebe fonksiyonu açısından yeşil yönetim uygulaması yeşil muhasebe veya çevre muhasebesi tanımı ile literatürde yerini almıştır (Sukmadilaga vd., 2023). Uzun vadede, yeşil muhasebe, işletmenin operasyonel yükünü azaltabilmek ve üretim maliyetlerini düşürmek için uygulanan bir programdır. İnsanların çevreyi korumanın öneminin çok farkında olduğu bir çağda, işletmeler tarafından yeşil muhasebe faaliyetlerinin uygulanması tüketiciler için özel bir ilgi yaratmaktadır (Angitta vd., 2022). Çevreye karşı görev, bir işletmenin, kurumsal sosyal sorumluluğunda en önemli faktör haline gelmiştir (Gola vd., 2022). Bu bakış açısıyla, yeşil muhasebe, çevreyi korumaya odaklanan bir muhasebe uygulamasıdır. Yeşil muhasebe, muhasebe süreci sırasında meydana gelen finansal, çevresel ve sosyal kalemlerin, işlemlerin veya olayların değerini tanımak, ölçmek, kaydetmek, özetlemek, raporlamak ve açıklamak için kullanılmaktadır (Saenggo ve Widoretno, 2024).

1.4. Yeşil Yönetim Uygulamalarının Sonuçları

Yerli ve yabancı yazında yeşil yönetim uygulamalarının işletmelere sağladığı faydalara yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, işletmelerin yeşil uygulamalar ile daha başarılı olabileceğini göstermektedir. Örneğin; Türk ve Kara (2010), turizm sektöründe yaptıkları çalışma sonucunda üretim, insan kaynakları, pazarlama, muhasebe ve finans, Ar-Ge'nin yeşil yönetim anlayışı ile yürütülmesi durumunda işletmenin pazar payı, hizmet kalitesi, müşteri tatmini, verimlilik, rekabet gücü gibi başarı göstergelerinde iyileşmeler olacağını ifade etmişlerdir. Lun (2011), yeşil yönetim uygulamaları ile birlikte işletme performansında artışın söz konusu olacağını belirtmiştir. Yine bu yazarların elde ettiği sonuçlara benzer olarak Karakuş ve Erdirençelebi (2018) de birden fazla sektörün içerisinde yer aldığı örnekleme yeşil işletme fonksiyonlarının işletme performansını artıracığı sonucuna ulaşmışlardır. Ar ve Tokol (2010) da, yeşil pazarlama ile birlikte, tekstil sektöründe uluslararası pazarlara girme olasılığı, pazar payı artışı, ihracat artışı, işletme imajının olumlu etkilenmesi, satış miktarının artışı, rekabet üstünlüğü elde etme, müşterinin ürün kalitesine dair algısının artması ve müşteri memnuniyetini artışı gibi sonuçların elde edilebileceğinden bahsetmişlerdir. Elshaer ve arkadaşları (2023), yeşil yönetimin işletmenin çevresel, ekonomik ve sosyal performansını (sürdürülebilir performans) olumlu yönde etkilediğini ifade etmişlerdir. Yine aynı yazarlar, bu etkiyi işletme çalışanlarının çevre dostu davranışlarının daha da güçlendirebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Sellitto ve arkadaşları (2024) da, yeşil inovasyon ve stratejiler ile birlikte işletmelerin rekabet gücünde önemli oranda bir artış söz konusu olacağını belirtmişlerdir. Sonuç olarak gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde

yeşil yönetimin işletme performansını artıracığını söylemek mümkündür.

2. Araştırmanın Tasarımı ve Yöntemi

Günümüzde sürdürülebilirlik ve çevre bilincinin önemli bir konu haline gelmesi ile birlikte işletmelerin de bu hususlara dikkat çekmek ve farkındalık yaratmak için birtakım uygulamalar gerçekleştirdiği görülmektedir. Gelişen teknoloji ile işletmeler tarafından yürütülen bu uygulamaları, işletmelerin kendi internet sitelerinde açıklamalarıyla, müşteri sadakati ve güveni elde edebilmeleri mümkün hale gelebilmektedir. Bu konuya ilişkin işletme internet sitelerini incelemeye yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmalar olsa da (Anggita vd., 2022; Çakanel vd., 2022; Doğancılı ve Akbulut, 2015; Gezer ve Esmer, 2023; Saenggo ve Widoretno, 2024 ; Sukmadilaga vd., 2023; Yurtlu vd., 2021) konunun derinlik kazanması ve geliştirilmesiyle, ilgili literatüre katkısı önem arz etmektedir. Bu çalışma ile işletmelerin internet sitelerinde yeşil yönetim, çevre bilinci ve sürdürülebilirlik konularına ilişkin hangi uygulamaları gerçekleştirdiklerini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda bu araştırmanın temel sorusu "İşletmelerin internet sitelerinde yer verdikleri sürdürülebilirlik, yeşil yönetim ve çevre bilinci uygulamaları nelerdir?" şeklinde oluşturulmuştur.

Araştırma nitel yöntem kullanılarak, fazla anlaşılmamış fenomenlerin anlaşılmasına elverişli olan örnek olay yöntemi (Yin, 2003) ile sürdürülebilirlik, yeşil yönetim ve çevre bilinci konularının bütüncül bir şekilde çözümlenmesine yönelik yürütülmüştür. Kocaeli ilinde faaliyet gösteren Kentsa, Brisa ve Kordsa, konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacak potansiyeli taşıyan nesnelere ortaya çıkarmasından dolayı kasıtlı örnekleme yöntemi (Locke ve Golden-Biddle 2002) ile seçilmiştir.

Araştırmada ikincil veri kaynaklarından yararlanılmıştır. Bu veriler, araştırılması amaçlanan konu ve olaylar hakkındaki bilgilerden oluşan yazılı materyalleri ifade eden belge incelemesi (Yıldırım ve Şimşek, 2011:187) yapılarak araştırmanın örnekleminde yer alan üç işletmenin internet sitelerinde yer verdikleri bilgilerden elde edilmiştir. İşletmelerin internet sitesi incelemesi 2024 Kasım ve Aralık aylarında yapılmıştır. Elde edilen veriler, analiz edilirken içerik analizi yöntemi kullanılmıştır.

3. Araştırma Bulguları

Araştırma kapsamında incelenen işletmelere ilişkin faaliyet alanı bilgileri Tablo I'de gösterilmiştir.

Tablo I: Araştırma Kapsamında Yer Alan İşletmeler Faaliyet Alanları

İşletmeler	Faaliyet Alanı
Brisa	Lastik ve kaplama
Kordsa	Lastik, kompozit, inşaat güçlendirme
Kentsa	Enerji üretim ve tedarik

Araştırma kapsamında incelenen üç işletme de Kocaeli ilinde yer almaktadır ve üst kuruluşları Sabancı Holding'tir. Brisa, 1988 yılında Bridgestone Corporation ve Sabancı Holding'in anlaşması ile bu ismi almıştır. Sürdürülebilir büyümeyle topluma üstün değerler sunma misyonu ile ilerlemektedir (<https://www.brisa.com.tr/>). Kordsa ise 1973 yılında Sabancı Holding iştiraki olarak kurulmuş ve hayatı güçlendirmek vizyonunu benimsemiş ve sektör standartlarını daha sürdürülebilir daha çevreci alternatifleriyle dönüştürerek üretmeye ve bu yöndeki yatırımlarına devam etmektedir (<https://kordsa.com/>). 1997 yılında devreye alınan Kentsa, Enerjisa tarafından kurulan doğalgaz santralidir. Yaşama saygı duyarak daha güzel bir gelecek için enerji üretmek bu işletmenin misyonudur (<https://www.enerjisauretim.com.tr/>).

3.1. Yeşil Yönetim Göstergelerine İlişkin Bulgular

Araştırma kapsamında yer alan işletmelerin internet siteleri incelendiğinde benimsedikleri yeşil yönetim göstergeleri Tablo II'de yer almaktadır.

Tablo II: İşletmelerinin İnternet Sitelerinde Yer Alan Yeşil Yönetim Göstergeleri

İşletmeler	Yeşil Yönetim Göstergeleri
Brisa	Stratejiler, Sürdürülebilirlik raporları, Sertifikalar, Öncelikler, Projeler ve işbirlikleri, Ürünler, Yeşil bina (Brisa Akademi ve Brisa Müze)
Kordsa	Yönetim kurulu başkanı ve CEO mesajı, Basın bülteni ve haberler, Sürdürülebilirlik raporları, Sertifikalar, Ürünler, Çevresel duyarlılık faaliyetleri
Kentsa	Ödüller, Sertifika, Sürdürülebilirlik raporları, Blog yazıları

Brisa'nın internet sitesi incelenmesinde ilk olarak sürdürülebilirlik stratejisi olarak şunları benimsediği görülmektedir: Düşük karbon ekonomisine geçiş, düşük temaslı ekonomiye geçiş ve kültürel ve sosyal dönüşüm. Bu işletmeye ait sürdürülebilirlik raporlarının 2012-2023 yılları arasında yer aldığı görülmektedir. İşletmenin sahip olduğu sertifikalardan ISO14001 Çevre Yönetimi Sistemleri Sertifikasını Türkiye'de alan ilk işletme olduğu bilgisine yer verilmiştir. Bu sertifikanın yanı sıra ISO 14064 Sera Gazı Emisyonlarının

Doğrulanması, ISO 14046 Su Ayak İzi Doğrulaması, ISO50001 Enerji Yönetim Sistemleri sertifikalarına da sahip olduğu da görülmektedir. Aynı zamanda bu işletmenin önceliklerinin enerji ve emisyon yönetimi, doğal kaynakların kullanımı, çevreci ürün ve hizmetler, dögüsel ekonomi, sürdürülebilir satın alma, biyoçeşitliliği korumak olduğu bilgisi de internet sitesinde yer almaktadır. Turnalar Hep Uçsun projesi kapsamında Brisa, WWF-Türkiye ve Doğa İçin Çal grubu ile iş birliği yapmıştır. Böylece turnaların Çukurova Deltası'ndaki popülasyonunun korunmasının yanı sıra türe yönelik tehditlerini araştırılarak gerekli önlemler alınmıştır. Ürünlerinden Kinesis'in uzun ömürlü olması ile ve Bandag lastik lastik kaplamanın hammadde kullanımında tasarruf sağlaması ve atıkların azaltılması ile çevresel sürdürülebilirliğe katkısının olacağı bilgisine yer verilmiştir. Son olarak da bu işletmenin Kocaeli ilinde yer alan tesisindeki Brisa Akademi ve Brisa Müzesi'nde kullanılan elektriğin %20-25'lik bir kısmını kendisinin ürettiği, yağmur sularının filtre edilerek bahçe sulamasında kullanıldığı bilgisine yer verilmiştir.

Kordsa'nın internet sitesi incelendiğinde ilk olarak yönetim kurulu başkanı ve CEO mesajı dikkat çekmektedir. Bu mesajlarda yeşil yönetim uygulamaları, sertifikalar ve ödüllere ilişkin bilgiler yer almaktadır. Öte yandan bu işletmenin gazete ve basında yer alan haberlerinin görsellerine de yer verildiği görülmektedir. Örneğin "Kordsa sürdürülebilir havacılık ürünlerini sergiledi, Emisyonu %46,2 oranında azaltacak" başlıklı habere yer verilmiştir. Bu işletmenin sahip olduğu mevcut sertifikalar ve belgeler şunlardır: ISO 14001: 2015 Çevre Sistem Belgesi, Sıfır atık belgesi, KTMM Sıfır Atık Belgesi, Kratos_EPD_Çevresel Ürün Beyanı. Ürünlerinden Monoply Nylon ile kauçuk bileşim ihtiyacını %40'a kadar azaltabildiği dikkat çekmektedir. Bununla birlikte kauçuk bileşim ihtiyacının yeni nesil Kordsa PET bezleri ile de azaltıldığı bilgisi mevcuttur. Kordsa'nın kalenderleme ve pişirme gerektirmeyen, kullanıma hazır üst kuşak malzemesi olan Capmax ile de üretim verimliliği sağlanmaktadır. Bu ürünlerin yanı sıra Kordsa, ürünlerinde ileri malzemeler kullanarak gürültü kirliliğinin önüne geçmektedir. İleri malzemeler kullanımı ile lastik ağırlığının azalacağını ve böylece daha az yakıt kullanılacağını da belirtmiştir. 2014-2022 yıllarına ait sürdürülebilirlik raporları da internet sitesinde yer almaktadır. Bu işletmenin çevresel duyarlılık faaliyetleri ise şu şekilde sıralanmıştır: enerji verimliliği, su yönetimi, atıkların geri dönüşümü ve ayrıştırılması, biyoçeşitliliğin korunması.

Kentsa'nın internet sitesinde de diğer iki işletmenin internet sitesinde olduğu gibi 2020-2023 yılları arasındaki sürdürülebilirlik raporlarına yer verdiği görülmektedir. Bu işletmenin Covid 19 döneminde, TSE tarafından belirlenen enfeksiyon önleme ve kontrol denetimlerini başarıyla geçerek TSE Covid-19 Güvenli Hizmet Belgesi almaya hak kazanması dikkat çeken başka bir konudur. Faaliyet raporlarında yer alan bir diğer bilgi ise karbon azaltım sertifikasına sahip olmasıdır. Bu işletmenin blog sekmesinde yer alan yazılar da yine yeşil yönetime ilişkin faaliyetlerde bulunduğu göstermektedir. Örneğin bunlardan biri Arkun Barajı Yaban Hayatı Projesi'dir ve bu sayede belirli bir toprak parçası üzerinde bir yandan fotovoltaik panellerle elektrik üretilirken, diğer yandan panel aralarında veya panellerin alt taraflarında tarım için uygun alanlar oluşturulmaktadır.

3.2. Yeşil İşletme Fonksiyonlarına İlişkin Bulgular

İnternet sitesi incelemelerinde dikkat çeken bir başka konu bu üç işletmenin de üretim, satın alma ve pazarlama fonksiyonlarında yeşil yönetimi kullanıyor olmasıdır. Yeşil üretim açısından incelendiğinde Brisa'nın Bandag adlı lastik kaplama yönteminde %70 daha az petrol kullanıldığı bilgisi

yer almaktadır. Kordsa'nın ise Monoply Nylon ve Yüksek çekme mukavemetli PET ürünlerinde daha az kauçuk malzeme kullandığı belirtilmektedir. Öte yandan yine bu işletmenin Capmax kalenderleme ve pişirme gerektirmeyen, kullanıma hazır üst kuşak ürünü ile üretim verimliliği sağlanmaktadır. Bunlarla birlikte bu işletme, enerji verimliliğini artıran ve karbon salınımını azaltan, tehlikeli kimyasallar içermeyen yeni ürün ve teknolojiler geliştirmek için araştırma çalışmalarına da devam etmektedir. Bu işletme ürünlerinde kullandığı gelişmiş malzemeler ile gürültü kirliliğinin de önüne geçmektedir. Kordsa bunların yanı sıra kendi malzeme yönetim hedeflerine de internet sitesinde yer vermiştir. Bunlar şu şekildedir: Malzemelerin verimli kullanımı, aynı kalitede ürünü daha az malzeme ile üretmek, malzemelerin yeniden kullanımını sağlamak. Kentsa santralinde ise elektrik üretimi yapılarak yeşil üretim sağlanmaktadır.

İncelemeye alınan işletmelerin yeşil satın alma süreçlerinde ürün tedariki yaparken gözettiği birtakım özellikler bulunmaktadır. Örneğin, Brisa tedarikçi seçiminde şunlara dikkat etmektedir: İklim değişikliği ile mücadele etme konusunda duyarlı olmak, enerji verimliliği sağlamak için çaba göstermek, hammaddeleri korumak ve bilinçli kullanmak, atıkları azaltılmak, geri dönüşüm ve doğaya uyumlu üretim gerçekleştirmek, düşük karbonlu teknolojilere öncelik vermek, sera gazı emisyonlarını hesaplamak, azaltım stratejileri belirleyen ve zehirli-yasaklı maddeleri dışlayıcı yönetsel çalışmalar yürütmek, çevre ve enerji konularında tüm yasal mevzuat ve standartlara uymak ve gerekliliklerin ötesinde faydalı çalışmalar yürütmek. Bunlara sorumlu satın alma politikası başlığı ile yer vermiştir. Kordsa ise tedarikçilerinde ISO 14001:2015 Çevre yönetim sistemi sertifikasının varlığını gözetmektedir. Bunun yanı sıra 2019 yılında başlattığı anket uygulaması ile performans değerlendirmesi de yapmaktadır. Kentsa ise tedarikçilerinin, çevrenin korunması ile ilgili geçerli yasal ve diğer şartlar kapsamındaki (örneğin kredi gereklilikleri) kanun ve yönetmeliklerin gerekliliklerine (hava emisyonları, atıklar, atık su, kimyasal maddeler ile ilgili tüm kanunlar dâhil olmak üzere) eksiksiz uymasını tercih etmektedir.

Son olarak yeşil pazarlama, işletmelerin sürdürülebilirliğe ilişkin göstergelerinin tümünü kapsamaktadır. Bu yolla da bu işletmelerin müşteri memnuniyetini ve müşteri sadakatini hedefledikleri ifade edilebilir.

Sonuç ve Tartışma

Sürdürülebilirlik ve çevre bilinci konusu sanayileşmenin başlangıcından bu yana önemli bir konu haline gelmiştir. Bu önemin sebebi gelecek nesillere daha iyi şartlar hazırlamanın yanı sıra bugün insan sağlığı başta olmak üzere hayvan ve bitki türlerinin devamlılıklarını ve niteliklerini korumayı sağlamaktır. Bu önemle birlikte işletmelerin yeşil yönetim uygulamaları gerçekleştirmesinin işletme performansını da artırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur (örn: Ar ve Tokol, 2010; Elshaer vd., 2023; Karakuş ve Erdirençelebi, 2018; Lun, 2011; Sellitto vd., 2024; Türk ve Kara, 2010). Dolayısıyla TOBB'nin sanayileşme yoğunluğunu tespit etmek için 2021 verilerine göre hazırladığı raporda 81 il arasında üçüncü sırada olan Kocaeli ilinde yer alan üç işletme amaçlı örnekleme yöntemi ile seçilerek incelenmiştir.

Araştırmadan elde edilen ilk sonuç örnekleme de yer alan üç işletmenin stratejiler, sürdürülebilirlik raporları, sertifikalar, öncelikler, proje ve işbirlikleri, ürünler, yeşil bina, yönetim kurulu başkanı ve CEO mesajı, ürünler, çevre duyarlılık faaliyetleri, ödüller, haberler ve blog yazıları ile yeşil yönetimi benimsediklerini internet sitelerinde göstermektedir. Daha önce bu sonuçlarla benzer sonuçların elde edildiği çalışmalar mevcuttur. Örneğin Yurtlu ve arkadaşları (2021) otellerde yeşil yönetimin göstergelerinin sertifikalar, enerji ve su tasarrufu gibi çevre duyarlılık faaliyetleri olduğunu ifade etmişlerdir. Bu yazarlar gibi Doğançili ve Akbulut (2015) da otellerde bir inceleme yapmışlar ve bahsi geçen bu göstergelere ek olarak iş birlikleri ile de yeşil yönetimin benimsenebileceğini öne sürmüşlerdir. Bunlarla birlikte Saenggo ve Widoretno (2024) ise maden ve sağlık sektöründe yer alan işletmelerin sürdürülebilirlik raporlarını incelemişlerdir. Angitta ve arkadaşları (2022) da gerçekleştirdikleri çalışmada sürdürülebilirlik raporlarının yanı sıra yıllık raporlar ve karbon emisyon politikasından bahsetmişlerdir. Tarım işletmelerinin yeşil yönetim uygulamaları ise Gezer ve Esmer (2023)' e göre sertifikalar ve

geri dönüşüm ve sıfır atık gibi projelerle mümkün olmaktadır. Son olarak da çalışmada yeşil bina olarak bahsedilen Brisa Müze ve Brisa Akademi'de olduğu gibi Çakanel ve arkadaşları (2022) üniversite faaliyet raporlarını incelemişler ve yeni binalarda su israfının önüne geçildiği sistemlerin mevcut olduğunu ifade etmişlerdir.

Araştırmadan elde edilen bir diğer sonuç ise işletmelerin üretim, satın alma ve pazarlama süreçlerine yeşil yönetimi dahil ettikleridir. Buna göre işletmeler üretim sürecinde kullandıkları hammaddeler ile enerji tasarrufu elde etmektedir. Literatürden elde edilen bilgilere göre işletmeler, tedarikçi seçimini, tedarikçilerin sahip olduğu sertifikalara göre yapabileceğini göstermektedir (Fu vd., 2023). Bu çalışmadan ise işletmelerin satın alma sürecinde tedarikçi seçimi yaparken sahip olunan sertifikanın yanı sıra kanun ve yönetmeliklerin gerekliliklerine (hava emisyonları, atıklar, atık su, kimyasal maddeler ile ilgili tüm kanunlar dâhil olmak üzere) eksiksiz uymanın da önemli olduğu anlaşılmıştır. Bunlarla birlikte tedarikçi seçiminin anket uygulanarak da yapıldığı görülmüştür.

Bireylerin çevresel kaygıların artması sebebi ile her geçen gün çevresel farkındalıkları artmaktadır. Bu sebeple mal ve hizmet aldıkları işletmelerin de bu bilince sahip olması bireylerin ilgisini çekmektedir. Bu araştırma, işletmelerin büyük oranda yeşil yönetimi benimseyerek çevresel sorumluluklarını yerine getirmek için çeşitli stratejiler ve göstergeler kullandıklarını ortaya koymuştur. Bu göstergelere göre işletmeler, faaliyetleri sırasında çevreye duyarlı ve çevreyi koruyucu eylemlerde bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, Kocaeli ve etkilediği fiziksel çevrede var olan canlıların sağlığı ve gelecek nesillerin kaynak gereksinimlerinin sağlanabilmesi açısından pozitif gelişmeler olduğunu göstermektedir. Bunların yanı sıra bireyler tarafından çevre bilincine sahip işletmelere ilgi artacağı için işletme performansı da bu durumdan olumlu bir şekilde etkilenecektir.

Kaynakça

- Akduru, H. E. (2024). What Stops Businesses from Adopting Green Management Practices? A Qualitative Study from the Turkish Manufacturing Sector. *Business & Management Studies: An International Journal*, 12(3), 439-454.
- Anggita, W. ve Nugroho, A.A. (2022). Carbon Emission Disclosure and Green Accounting Practices on The Firm Value. *Jurnal Akuntansi*, 26(3), 464-481.
- Čekanavičius, L., Bazytė, R. ve Dičmonaitė, A. (2014). Green Business: Challenges and Practices. *Ekonomika*, 93(1), 74-88.
- Çakanel, Z., İrmış, A. ve Kumbalı, H. Ç. (2022). Üniversitelerde Yeşil Yönetim Üzerine Bir Araştırma. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 9(2), 1209-1238.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2023). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu. Erişim Adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/turk-ye-cevre-sorunlari-ve-oncel-kler-_2022-20240318090416.pdf
- Doğançili, O. ve Akbulut, B.A. (2015). Yeşil Yıldız Çevre Etiketine Sahip Otellerin Web Sitelerinde Yeşil Pazarlamayı Kullanmalarına İlişkin İçerik Analizi. 16. Ulusal Turizm Kongresi içinde (s.402-417). Çanakkale, Türkiye.
- Elshaer, I.A., Azazz, A.M. ve Fayyad, S. (2023). Green Management and Sustainable Performance of Small-And Medium-Sized Hospitality Businesses: Moderating The Role of an Employee's Pro-Environmental Behaviour. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2244.
- Farrell, A. ve Hart, M. (1998). What Does Sustainability Really Mean?: The Search for Useful Indicators. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 40(9), 4-31.
- Fu, C., Liu, Y.Q. ve Shan, M. (2023). Drivers of Low-Carbon Practices in Green Supply Chain Management in Construction Industry: An Empirical Study in China. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139497.
- Gezer, Y. ve Esmer, Y. (2023). Tarımsal İşletmelerde Yeşil Yönetim Uygulamaları: Nitel Bir Araştırma. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 15(2), 172-187.
- Gola, K. R., Mendiratta, P., Gupta, G. ve Dharwal, M. (2022). Green Accounting and Its Application: A Study on Reporting Practices of Environmental Accounting in India. *World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 18(1-2), 23-39.
- Haden, S.S.P., Oyler, J.D. ve Humphreys, J.H. (2009). Historical, Practical, and Theoretical Perspectives on Green Management: An Exploratory Analysis. *Management Decision*, 47(7), 1041-1055.
- Hallam, C. ve Contreras, C. (2016). Integrating Lean And Green Management. *Management Decision*, 54(9), 2157-2187.
- Joshi, A., Kataria, A., Rastogi, M., Beutell, N. J., Ahmad, S. ve Yusliza, M. Y. (2023). Green Human Resource Management in The Context Of Organizational Sustainability: A Systematic Review and Research Agenda. *Journal of Cleaner Production*, 430, 139713.
- Karakuş, G. ve Erdirencelebi, M. (2018). İşletmelerin Yeşil Yönetim Algılarının İşletme Performansı Üzerindeki Etkisini Ölçmeye Yönelik Bir Araştırma. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(4), 681-704.
- Locke, K., ve Golden-Biddle, K. (2002). An Introduction to Qualitative Research: Its Potential for Industrial and Organizational Psychology. S. G. Rogelberg (der.), *Handbook of Research Methods in Industrial and Organizational Psychology içinde* (s. 99-118). Oxford: Blackwell.
- Lun, Y. V. (2011). Green Management Practices and Firm Performance: A Case of Container Terminal Operations. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 559-566.
- Ray, A., Sachdeva, I., Rana, N. P., Nunkoo, R. ve She, L. (2024). Is The Information on Green Hotel Websites Aligned with The Drivers Affecting Customers' Intention to Visit Green Hotels? A Mixed-Methods Approach. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 33(1), 1-32.
- Saenggo, A.T.P. ve Widoretno, A.A. (2024). Exploring The Impacts of Green Accounting, Sustainability Report Disclosure, and Environmental Investment on Financial Performance. *JASa (Jurnal Akuntansi, Audit dan Sistem Informasi Akuntansi)*, 8(2), 420-432.
- Sellitto, M.A., Herrmann, F.F., Dias, M. F. P., Rodrigues, G. S. ve Butturi, M. A. (2024). Green Supply Chain Management in The Southern Brazilian Rice Industry: A Survey and Structural Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 477, 143846.
- Sohns, T. M., Aysolmaz, B., Figge, L. ve Joshi, A. (2023). Green Business Process Management for Business Sustainability: A Case Study of Manufacturing Small and Medium-Sized Enterprises (Smes) from Germany. *Journal of Cleaner Production*, 401, 136667.
- Soubbotina, T.P. (2004). *Beyond Economic Growth: An Introduction to Sustainable Development*. Washington: World Bank Publications.
- Sukmadilaga, C., Winarningsih, S., Yudianto, I., Lestari, T. U. ve Ghani, E. K. (2023). Does Green Accounting Affect Firm Value?: Evidence from ASEAN Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(2), 509-515.
- Sun, H., Samad, S., Rehman, S. U. ve Usman, M. (2022). Clean and Green: The Relevance of Hotels' Website Quality and Environmental Management Initiatives for Green Customer Loyalty. *British Food Journal*, 124(12), 4266-4285.
- Tam, H. ve Taruna, D. (2016). Green Management: Road to Sustainability & Corporate Efficiency. *International Journal of Applied Research*, 2(1), 586-590.
- Tao, F., Zhou, Y., Bian, J. ve Lai, K. K. (2024). Agency Selling or Reselling? Channel Selection of Green Products with Consumer Environmental Awareness. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 27(2), 326-345.

- TOBB (2022). Sanayinin Liderleri Programı. Erişim Adresi: <https://www.tobb.org.tr/SanayiMudurlugu/Documents/SanayininLiderleri/Sanayinin%20Liderleri%20Program%C4%B1%20Sunumu.pdf>
- Türk, M. ve Kara, E. (2018). Konaklama İşletmelerinde Çevre Bilinci ve Yeşil Yönetim Uygulamalarının İşletme Başarısına Katkısı: Muğla İli Üzerine Bir Araştırma. OPUS International Journal of Society Researches, 8(15), 848-876.
- Wang, J., Wang, S., Xue, H., Wang, Y. ve Li, J. (2018). Green Image and Consumers' Word-of-Mouth Intention in The Green Hotel Industry: The Moderating Effect of Millennials. Journal of Cleaner Production, 181, 426-436.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2018). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yin, R. K. (2003). Case Study Research. California: Sage Publications.
- Yuliantini, T., Marlapa, E., Daru, A. S. I. H., Srihadi, T. F., Rohman, A. ve Soelton, M. (2023, November). Business Planning Based On Green Management, Should be Sustainable?. ICCD, 5(1), 135-140.
- Yurtlu, M., Kar, M., Metin, F. ve Güneş, S. G. (2021). Kalite Yönetim Ödülü Alan Otellerin Çevre Duyarlılık Faaliyetlerinin Yeşil Yıldız Kriterleri Kapsamında Değerlendirilmesi. Journal of Architectural Sciences and Applications, 6(2), 476-493.

İnternet Kaynakları

- <https://www.brisa.com.tr/>, (Erişim Tarihi: 10.12.2024).
- <https://kordsa.com/>, (Erişim Tarihi: 10.12.2024).
- <https://www.enerjisauretim.com.tr/enerji-uretimi/diger-sant-rallerimiz/kentsa-dgcs>, (Erişim Tarihi: 10.12.2024).

Akıllı Şehir Dönüşümlerinde Mavi Ayak İzi Bileşenlerinden Katı Atıklar İçin Bir Değerlendirme: Kocaeli İli Örneği

Solid Waste Evaluation from Blue Footprint Components in Smart City Transformations: Kocaeli City Case

Zeynep ÖZDAMAR

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye
zeynepk@sakarya.edu.tr
ORCID: 0009-0009-5665-519X

Rümeysa KİRACI

Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Sakarya, Türkiye
rkiraci@sakarya.edu.tr
ORCID: 0009-0008-3711-0322

Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye
mahnaz@sakarya.edu.tr
ORCID: 0000-0001-8991-9221

Öz

Kentleşme ve endüstriyel gelişimin hızlanması, modern şehirlerde çevresel bozulmayı beraberinde getirmektedir. Kentsel alanlarda bu çevre problemlerinin çözümü ve önlenmesi için gerçekleştirilen çeşitli uygulamalara rağmen, şehirler doğal ekosistemlerle olan uyumunu giderek yitirmektedir. Bu bağlamda, kentsel sürdürülebilirliğin sağlanması ve doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılması için ekolojik ayak izi analizleri kritik bir öneme sahiptir. Son dönemde, şehirlerin çevresel sürdürülebilirliğini optimize etmek amacıyla "Akıllı Şehir" uygulamaları da ön plana çıkmaktadır. Bu dönüşümün başarıyla gerçekleştirilebilmesi için su yönetimi, atık sistemleri, altyapı hizmetleri, sağlık, güvenlik, çevre koruma, enerji verimliliği ve ulaşım gibi temel kentsel fonksiyonlara ilişkin entegre bilgi sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu bilgi sistemleri, şehirlerin akıllı şehir dönüşümünü gerçekleştirme için temel bir yapı taşı oluşturmaktadır. Akıllı şehir özelliklerine sahip bu şehirlerde, mavi ayak izi ve sarı ayak izi değerlendirmelerinin yapılması kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, hızlı kentleşme ve endüstriyel gelişimin çevresel etkileri bağlamında, Kocaeli ili genelinde akıllı şehir dönüşümü ve sürdürülebilirlik göstergelerinden biri olan mavi ayak izi değerlendirmelerine odaklanılmıştır. Bu kapsamda, Kocaeli şehrine ait mavi ayak izi bileşenlerinden biri olan atık ayak izi 2023 yılı için hesaplanmış ve analiz edilmiştir. Araştırmanın, Kocaeli'nin mavi ayak izi profilinin belirlenmesine katkı sağlarken, kentsel atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde de referans niteliği taşıması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mavi Ayak İzi, Akıllı Şehir, Atık Yönetimi, Sürdürülebilirlik, Kocaeli.

Abstract

The acceleration of urbanization and industrial development brings about environmental degradation in modern cities. Despite various efforts to address and prevent these environmental problems in urban areas, cities are increasingly losing harmony with natural ecosystems. In this context, ecological footprint analyses are of critical importance for ensuring urban sustainability and transferring natural resources to future generations. Recently, "Smart City" applications have come to the forefront to optimize the environmental sustainability of cities. For this transformation to be successfully achieved, integrated information systems related to key urban functions such as water management, waste systems, infrastructure services, health, security, environmental protection, energy efficiency, and transportation need to be developed. These information systems serve as a fundamental building block for cities to realize their smart city transformation. In smart cities, assessments of the blue footprint and yellow footprint are essential. This study focuses on the evaluation of the blue footprint, one of the key sustainability indicators within the context of smart city transformation, in relation to the environmental impacts of rapid urbanization and industrial development in the Kocaeli province. In this context, the waste footprint, a component of the blue footprint for the city of Kocaeli, has been calculated and analyzed for the years 2023. The study aims to contribute to identifying Kocaeli's blue footprint profile and serve as a reference in developing urban waste management strategies.

Keywords: Blue Footprint, Smart City Waste Management, Sustainability, Kocaeli.

1. Giriş

Günümüzde sanayinin gelişimi, kentleşme ve nüfus artışıyla birlikte küresel çevre kirliliği hızla artmaktadır. Buna göre, sınırlı doğal kaynakların korunması ve gelecek nesillere aktarılması giderek daha önemli bir konu haline almakta, şehirlerin kontrolsüz ve hızlı gelişmesinin önüne geçmek için sürdürülebilir şehir yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. (Kaya ve Susan, 2020). Şehirleşmenin yarattığı sorunların çözümü için “Yeni Şehircilik Hareketi, Akıllı Büyüme Yaklaşımı, Sürdürülebilir Kentler, Yeşil Kentler, Ekolojik Kentler” gibi pek çok model ve yaklaşım ortaya konulmuştur. Daha sonra şehirlerde yaşam kalitesini yükseltmeyi hedefleyen ve yeni teknolojilerin kullanılmasına odaklanan “Dijital Kent, Zeki Kent, Sanal Kent, Yetenekli Kent, Siber Kent ve Bilgi Kenti” gibi yeni modeller geliştirilmiştir. Bu süreçte kentsel yaşam kalitesini yükseltmek ve kentsel sürdürülebilirliği sağlamak için geliştirilen modellerin kapsayıcısı ve son noktası olarak “Akıllı Şehir” yaklaşımı yeni bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır (Cömertler vd., 2021). Bir şehrin sürdürülebilir akıllı şehir özelliği taşıması makro ve mikro tüm bileşenlerin ele alınarak daha kaliteli ve konforlu hizmet için en yeni fikir ve projelerin geliştirilmesine bağlıdır (Dal ve Özdemir, 2020). Bu bağlamda, “Akıllı Şehir” kavramı, doğal kaynakların sürdürülebilir ve verimli bir şekilde kullanılmasında ileri teknolojilerin desteğini içeren bir yaklaşım olarak tanımlanabilir. Avrupa Parlamentosu ise akıllı şehir kavramını, “çok paydaşlı, belediye bazlı bir ortaklık temelinde bilgi ve iletişim teknolojisi tabanlı çözümler sunarak kamu meselelerini ele alan bir şehir” olarak tanımlamaktadır (Nohutçu ve Akpınar, 2022). Akıllı şehir kavramı gelişim süreci; teknolojik yenilikler, sosyal ve ekonomik faktörler, yönetim düzenlemeleri, politika ve iş dünyasının karmaşık bir etkileşimiyle şekillenmektedir. Bu nedenle, akıllı şehir uygulamaları; her şehrin kendine özgü politikaları, hedefleri, mali kaynakları ve işlem kapasitesine bağlı olarak farklı şekillerde hayata geçirilebilmektedir (Uçar vd., 2017). Ancak kentlerin dönüşümü ile akıllı şehirlerin planlanması ve tasarlanması süreçlerini bir arada ele alan performans verilerinin eksikliği, mevcut akıllı kentsel dönüşüm uygulamalarının ve gelecekteki projelerin izlenmesi ve değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır (Hamurcu, 2023).

Akıllı şehirlere yönelik üzerinde uzlaşmış ortak bir bileşen analizi veya gösterge setinin bulunmaması nedeniyle, bu alanda farklı göstergeleri ele alan ve bu göstergelerden hareketle geliştirilen endeksler doğrultusunda şehirleri tanımlayan çok sayıda bağımsız çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların büyük bir kısmı, akıllı şehir yaklaşımının sürdürülebilirlik kavramını kapsadığına dikkat çekmektedir (Hamurcu, 2023). Şehirlerde çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için çevre kirliliğine ve su kaynaklarının kirlenmesine karşı daha dirençli olması gerekmektedir. Bunu yapmak için gereken bilgi ve teknolojiler bazı gelişmiş şehirlerde mevcut ve uygulanmakla birlikte az gelişmiş veya gelişmemiş şehirler bu bilgi ve teknolojilere sahip değildir (Gülbaz ve Alhan, 2018). Bu doğrultuda, şehirler için temel bir ölçüm ve karşılaştırma sunan bir şehir planı olarak “Mavi Şehirler (City Blueprint)” yöntemi geliştirilmiştir. Su ve atık sisteminin koordineli bir yaklaşımla entegrasyonuna yönelik geliştirilen bu yöntemde, bir şehir için yedi bileşen ve yirmibeş göstergeye dayalı bir uygulama sunulmaktadır. Bu yedi temel bileşen; temel su hizmetleri, su kalitesi, atık su arıtma, katı atık yönetimi, altyapı, iklim adaptasyonu ve yönetişimdir. Bu yöntemin, şehirlerin su döngüsü hizmetlerini iyileştirme yollarını belirlemelerine katkı sağlayacağı ifade edilmektedir (Blue Cities: Everything Revolves Around The City, 2016). Bu bağlamda, akıllı şehirler; su, atık, altyapı, sağlık, güvenlik, çevre, enerji ve ulaşım gibi alanlarda gelişmiş bir kent bilgi sistemine sahip şehirler olarak da tanımlanmaktadır. Su kalitesine etki eden bileşenlerin değerlendirildiği temel su hizmetleri, su kalitesi, atık su arıtma, katı atık yönetimi, altyapı ve iklim adaptasyonu gibi bileşenlerin değerlendirildiği ayak izi “Mavi Ayak İzi” olarak adlandırılırken, yönetim ve bilişimle ilgili bileşenlerin oluşturduğu ayak izi ise “Sarı Ayak İzi” olarak tanımlanmaktadır. Mavi ayak izi dahilindeki katı atıklar aynı zamanda su kalitesine de etki eden bir bileşendir. Şehirlerde atıkların depolandığı sahalarda sızıntı suyunu engelleyecek yeterli önlemlerin bulunmaması durumunda bu atıklar; yeraltı suları, yüzey suları, denizler ve okyanuslar için potansiyel kirlenme kaynakları olarak değerlendirilmektedir (Rashmary vd., 2019).

Şehirlerde ve belediyelerde entegre su kaynakları kalite yönetiminin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla plan metodolojisi geliştirilmesi, Van Leeuwen tarafından 2011 yılında başlatılmıştır. Bu metodoloji, geleceğin şehirlerinde su yönetimi için geliştirilen eğitim modüllerinde detaylandırıldığı üzere, başlangıçta şehirlerdeki stratejik

planlama sürecinin bir parçası olarak temel değerlendirme niteliğinde sunulmuştur. Metodoloji, Yeşil Şehir Endeksi'nin (2015) dahil edilmesi ve çeşitli değerlendirme çerçevelerinin eklenmesiyle kapsamlı bir şekilde geliştirilmiştir (Koop ve Leeuwen, 2017). Bu bağlamda ortaya çıkan mavi şehirler konsepti, Avrupa İnovasyon Ortaklığı (EIP) Water'ın bir girişimi olarak şekillenmiştir. Avrupa Birliği'nin Horizon 2020 programı kapsamında yürüttüğü bu çalışma, Avrupa Komisyonu'nun Akıllı Şehirler politikasında su ve atık yönetimi stratejilerinin benimsenmesi konusunda önemli bir rehber niteliğindedir (Blue Cities: Everything Revolves Around The City, 2016). KWR Watercycle Araştırma Enstitüsü'nde geliştirilen ve AB TRUST projesi kapsamında daha da rafine edilerek son halini alan Mavi Ayak İzi kavramı, şehirlerin sürdürülebilir su yönetimi konusundaki mevcut durumlarını hızlı bir şekilde değerlendirmelerine, diğer şehirlerle karşılaştırmalı analizler yapmalarına ve performanslarını iyileştirmeye yönelik uzun vadeli stratejik planlama süreçleri geliştirmelerine olanak sağlamaktadır (Leeuwen, Koop ve Sjerps, 2016). İstanbul Üniversitesi'nin paydaş olarak yer aldığı ve Avrupa Birliği Ufuk 2020 Programı kapsamında desteklenen bir proje çerçevesinde de, İstanbul şehri için akıllı şehir dönüşümlerinde iki temel ayak izi olan "Mavi Ayak İzi" ve "Sarı Ayak İzi" belirlenmiştir (Gülbaz ve Alhan, 2018).

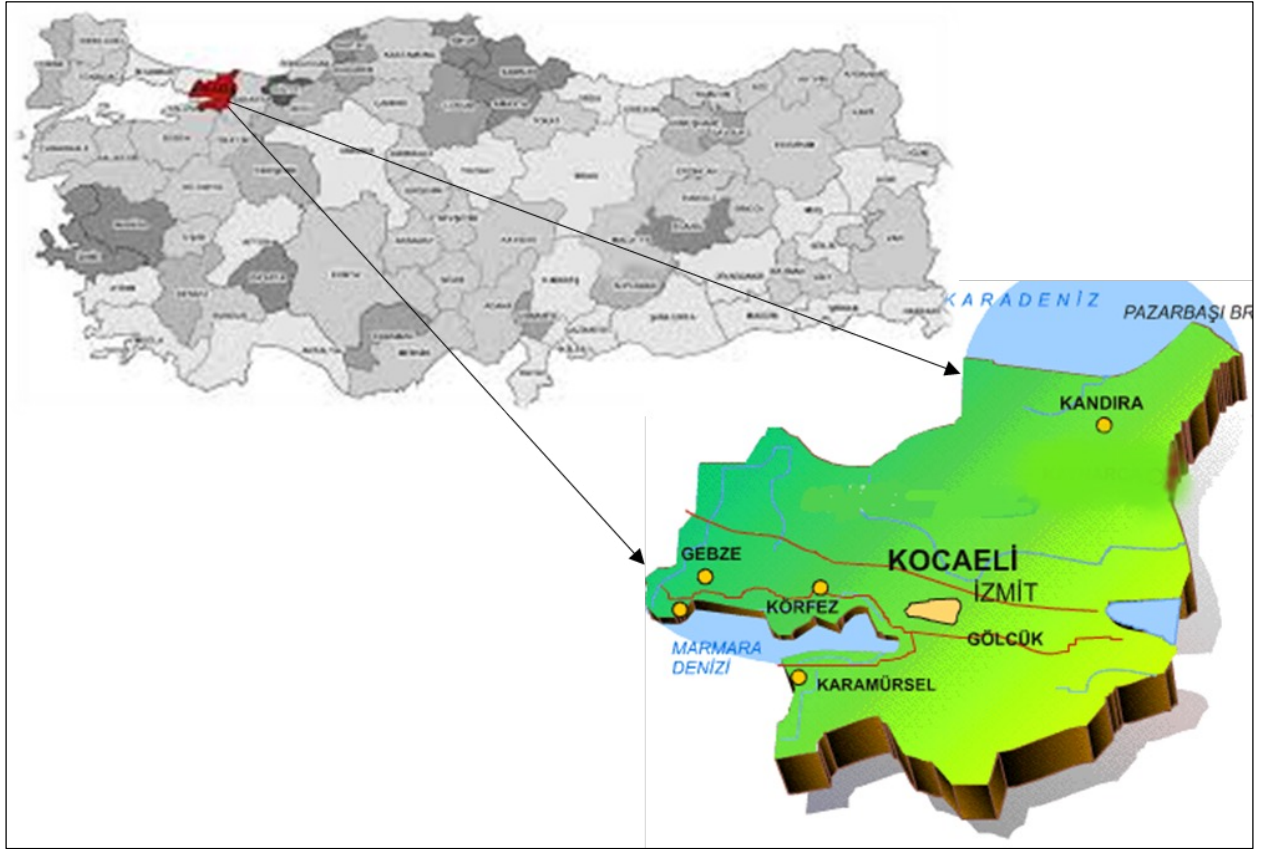
Bu araştırma, kentsel ayak izi çalışmalarındaki metodolojik eksiklikleri göz önünde bulundurarak, Kocaeli Şehri'nin akıllı şehir dönüşümü sürecinde mavi ayak izi bileşenlerinden katı atık göstergesinin etkisini sistematik bir yaklaşımla incelemektedir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin kurumsal faaliyet planları değerlendirildiğinde, akıllı şehir stratejilerini ulusal öncelikler ve kentsel kabiliyetler doğrultusunda yapılandırdığı gözlemlenmektedir (Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Faaliyet Raporu, 2023). Kentsel yerleşimlerin akıllı teknolojilere entegrasyon sürecine katkı sağlaması hedeflenen bu çalışmada, sürdürülebilir akıllı şehir yapılanmasının temel mavi ayak izi parametrelerinden olan katı atık göstergesi analitik bir perspektifle ele alınmıştır. Araştırma, Kocaeli özelinde mevcut atık yönetimi uygulamalarının optimizasyonuna yönelik metodolojik bir çerçeve sunmayı ve şehrin bütüncül mavi ayak izi değerinin hesaplanmasında öncül bir çalışma niteliği taşımayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, çalışmanın kapsamı mavi ayak izi bileşenlerinden katı atık göstergesinin nicel analizine odaklanmıştır.

2. Veriler ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Kocaeli, Marmara Bölgesi'nin Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde, 29°22'-30°21' doğu boylamı, 40°31' - 41°13' kuzey enlemi arasında yer alır ve Şekil 1'de gösterilmektedir. Şehrinin yüzölçümü 3.420 km² ve 2023 yılı için nüfusu 2.102.907 kişi' dir (TÜİK, 2023). Doğu ve güneydoğuda Sakarya, güneyde Bursa şehirleri, batıda Yalova şehri, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ve İstanbul şehri, kuzeyde de Karadeniz'le çevrilidir. Kocaeli

şehrinin Bursa sınırını Sa-manlı Dağları'nın tepelerinden geçen hat oluşturur. Güney-doğuda bu sınır Maşukiye'nin hemen yanındaki Sapanca Gölü kıyısında Sakarya şehrine dayanır (Kocaeli, Demografik Yapı, 2024). Kocaeli Asya ile Avrupa'yı birleştiren önemli bir yol kavşağında bulunmaktadır. Doğal bir liman olan İzmit Körfezi işlek bir deniz yoludur ve 35 adet liman tesisi ile bir liman kenti olma özelliğini taşımaktadır. İl, Türkiye sanayinin merkez üssü konumundadır ve öne çıkan sektörler; kimya, otomotiv ve demir çelik sektörleridir. Ayrıca son yıllarda, Ar-Ge ve inovasyonun merkez üssü olma konusunda da hızla ilerlemektedir (Kocaeli Valilik, 2024).



Şekil 1. Kocaeli İli Haritası.

2.2 Hesaplama Yöntemi

Mavi ayak izi hesaplamalarında belediyelerden ve “BlueSCities” 2016 yılı raporunda yer alan veriler toplanmıştır. Değerlendirilen bileşenlere etki eden alanlara indikatör

olarak adlandırılmıştır (Gülbaz ve Alhan, 2018). Tablo 1’de gösterildiği gibi toplamda yedi kategori bulunmaktadır. Tablo 1, mavi ayak izi, suyun sürdürülebilir yönetimi için çeşitli alanlarda ölçüm ve değerlendirme yapılmasını sağlayan bir çerçevedir. (Leeuwen, Koop & Sjerps, 2015).

Tablo I: Geliştirilmiş Şehir Planı Çerçevesinin (CBF) Temel Yöntemi ve Özellikleri (Leeuwen, Koop ve Sjerps, 2015).

Amaç	Şehirlerde mavi ayak izi çerçevesinde temel yöntemi ve özellikleri durumuna ilişkin temel performans değerlendirmesi
Kategoriler	1. Su kalitesi 2. Katı atık yönetimi 3. Temel su hizmetleri 4. Atık su arıtma 5. Altyapı 6. İklim 7. Yönetişim
Veriler	Kamu verileri veya şehirler tarafından sağlanan veriler
Puanlar	0 (kötü performans) ila 10 (mükemmel performans)
Sonuç	Mavi Şehir Endeksi (BCI), 0 ile 10 arasında değişen 25 göstergenin geometrik ortalamasıdır.

Tablo 2’de ise bu kategorileri oluşturan yirmi beş adet indikatör gösterilmektedir. Her bir indikatörün değerlendirilmesi 0 (çok zayıf performans) ile 10 (mükemmel performans) arasında bir ölçekte yapılmaktadır (Leeuwen, Koop & Sjerps, 2015).

Bu çalışmada, sadece ikinci kategoride olan katı atık bertarafına ait indikatör verileri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Katı atık bertaraf kategorisinde toplamda üç indikatör bulunmaktadır ve bunlar Tablo 2’ de işaretlenerek gösterilmiştir.

Tablo II: Mavi Ayak İzi Kategorileri ve İndikatörler (Gülbaz & Alhan, 2018).

Kategori	No	İndikatör
Su Kalitesi	1	İkincil AAT
	2	Üçüncül AAT
	3	Yeraltı Suyu Kalitesi
Katı Atık Bertaraf*	4	Toplanan Katı Atık
	5	Geri Dönüştürülen Katı Atık
	6	Enerjiye Çevrilen Katı Atık
Temel Su Hizmetleri	7	İçme Suyuna Erişim
	8	Temiz İçme Suyuna Erişim
	9	İçme Suyu Kalitesi
Atıksu Arıtımı	10	Nutrient Geri Kazanımı
	11	Enerji Geri Kazanımı
	12	Arıtma Çamuru Geri Dönüşümü
	13	AAT Enerji Verimliliği
Altyapı	14	Ortalama Kanalizasyon Yaşı
	15	İşletme Maliyeti Geri Dönüşümü
	16	Su Kaçakları
	17	Yağmur Suyu Ayırık Sistemleri
İklim Değişikliğine Dayanıklılık	18	Yeşil Alan
	19	İklim Adaptasyonu
	20	İçme Suyu Tüketimi
	21	Enerji Tasarruflu Yapılar
Su Yönetimi	22	Yönetim ve Uygulama Planları
	23	Kamu Katılımı
	24	Su Verimliliğinin Ölçümü
	25	Suyun Çekiciliği

Tablo 2, mavi ayak izi kategorileri ve bunlara ait indikatörleri içermektedir (Gülbaz & Alhan, 2018) Çalışma çerçevesinde, su kalitesi, katı atık bertarafı, temel su hizmetleri, atıksu arıtımı, altyapı, iklim değişikliğine dayanıklılık ve su yönetimi gibi ana kategoriler altında toplam yirmi beş indikatör yer almaktadır.

Çalışmada kullanılacak metoda dair belirlenmiş indikatörler değerleri Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı tarafından sağlanmıştır. Bu verilere ait değerler ise Tablo 3’de gösterilmektedir.

Tablo III: Kocaeli Şehrine Ait İndikatör Değerleri.

İndikatör	İndikatör Adı	Değer
1	Kocaeli Nüfusu (Kişi)	2.102.907
2	Kocaeli’nde Yılda Toplanan Katı Atık Miktarı (kg)	639.565.000
3	Kocaeli İli Kişi Başına Yılda Toplanan Katı Atık Miktarı (kg)	304,13
4	Kocaeli İlinde Geri Dönüştürülen veya Kompostlanan Katı Atık Miktarı (%)	4,71
5	Kocaeli İlinde Enerji Kazanımı İçin Yakılan Katı Atık Miktarı (%)	0

Tablo 3, Kocaeli şehrine ait Mavi Ayak İzine ait Katı Atık Bertarafı indikatörlerinin değerlerini göstermektedir. Ayrıca katı atıkların toplanması, geri dönüşümü ve enerji kazanımı gibi önemli ölçümler için bu tabloda yer alan verilerden faydalanılmıştır.

Her bir indikatör değeri Leeuwen, Koop ve Sjerps tarafından hazırlanmış olan nümerik metod kullanılarak hesaplanmıştır. 2. kategori 4. indikatör değeri olan “Toplanan katı atık” miktarını hesaplamak için formül 1 kullanılmaktadır.

Toplanan Katı Atık Ölçeklendirme Formülü =

$$[1-(X-136,4)÷(689,2-136,4)] \times 100 \text{ (Formül 1)}$$

Burada:

$$X = \text{Kişi Başına Yılda Toplanan Katı Atık Miktarı (kg)}$$

Bu formül özellikle toplanan katı atık hesaplanmasında kullanılmaktadır. Formülde X hariç diğer sayısal veriler, Leeuwen, Koop ve Sjerps’ın çalışmalarındaki hesaplamalarla oluşturduğu ve kabul edilmiş değerler olan referans verilerdir. Bu değer haneler, küçük ticari işyerleri, ofis binaları, okullar ve hükümet binaları gibi kurumlardan ve belediye tarafından toplanan atıklar için kullanılan veya bertaraf edilen atıkların miktarını ifade etmektedir.

2. kategoride yer alan ve 5. indikatör olan “geri dönüştürülen veya kompostlanan toplam atık” hesaplanmasında formül 2 kullanılmaktadır.

$$\text{Geri Dönüştürülen Toplam Atık Ölçeklendirme Formülü} = [(\% X (100 - Y))] \times 10 \text{ (Formül 2)}$$

Burada:

$$X = \text{Geri Dönüştürülen veya Kompostlanan Katı Atık Miktarının \% Değeri}$$

$$Y = \text{Enerji Kazanımı İçin Yakılan Atık Miktarının \% Değeri}$$

Bu gösterge, toplanan belediye atıklarının ne kadarının geri

dönüştürüldüğü veya kompost haline getirilen miktarın yüzde olarak ifadesidir. Ancak, atıklar enerji geri kazanımı için yakıldığı zaman, bu yöntem sürdürülebilir olsa da geri dönüşüm için kullanılamaz. Bu nedenle, geri dönüştürülecek atıkların oranını hesaplamak için önce toplam belediye atıklarından (%100) yakılan atık oranı çıkarılmaktadır. Böylece, formül 2’de gösterildiği şekilde daha net bir hesaplama yapılabilir.

2. kategorinin 6. indikatörü olan “katı atık ile enerji geri kazanım” hesaplanmasında formül 3 kullanılmaktadır.

$$\text{Katı Atık ile Enerji Kazanımı Ölçeklendirme Formülü} = [(\% Y) / (100 - \% X)] \times 10 \text{ (Formül 3)}$$

Burada:

$$X = \text{Geri Dönüştürülen veya Kompostlanan Katı Atık Miktarının \% Değeri}$$

$$Y = \text{Enerji Kazanımı İçin Yakılan Atık Miktarının \% Değeri}$$

Bu gösterge, toplanan belediye atıklarının enerji geri kazanımı amacıyla yakılan atık miktarının yüzdesini göstermektedir. Ancak, atıklar geri dönüştürüldüğünde veya kompost haline getirildiğinde, bu işlemler sürdürülebilir olsa da aynı atıklar enerji geri kazanımı için yakılamamaktadır. Bu nedenle, enerji geri kazanımı için yakılabilecek atık miktarının oranını hesaplamak için önce toplam belediye atıklarından (%100), geri dönüştürülen veya kompost yapılan atık miktarının oranı çıkarılmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

Kocaeli Şehri Mavi Ayak İzine ait katı atık verileri tespit edilmiş ve çalışmada kullanılan metodla katı atık bileşenine ait indikatörlere göre ölçeklendirme değerlendirmeleri yapılmıştır.

İndikatörün değerlendirilmesi daha öncede belirtildiği gibi 0 (çok zayıf performans) ile 10 (mükemmel performans) arasında bir ölçekte yapılmaktadır. Tablo 4’te Kocaeli ili ne ait bu indikatörler için hesaplanan ölçek değerler gösterilmektedir.

Tablo IV: Kocaeli Şehrine Ait Mavi Ayak İzi Hesaplamalarında Katı Atık Bileşenine Göre Belirlenmiş İndikatörlerin Hesaplanan Değerleri.

Katı Atık Bileşenine Ait İndikatörler	2023 Yılı Ölçek Değerleri
Toplanan Katı Atık	6,90
Geri Dönüştürülen Katı Atık	0,47
Enerjiye Çevrilen Katı Atık	0
Toplam	7,37

Tablo 4, Kocaeli şehrinin mavi ayak izi hesaplamalarında katı atık yönetimi bileşenine ait belli indikatörlerin 2023 yılına ait ölçek değerlerini göstermektedir. Veriler, atıkların toplanması, geri dönüşümü ve enerjiye çevrilmesiyle ilgili faaliyet düzeylerini değerlendirmektedir. Toplanan katı atık bileşenine ait hesaplanan değer 6,90 olarak belirlenmiştir. Bu ölçek, atık toplama sürecinin şehir genelindeki etkinliğini ifade etmektedir. Leeuwen, Koop ve Sjerps'in 2016 yılı çalışmasında Mavi Ayak İzi hesaplamalarındaki 7-10 arasındaki değer yüksek değer olarak belirlenmiştir. Yüksek değer olumlu performansı işaret etmektedir ve toplama sisteminin kapsamlı bir şekilde işlediğini gösterir. Ancak bu değer aynı zamanda atık üretiminin fazlalığını da yansıtabilir (Kolukısaoglu, Maçın ve Demir, 2018). Geri dönüştürülen katı atık bileşenine ait ölçek değeri 0,47'dir. Bu oran, toplanan katı atıkların geri dönüşüm sürecine dâhil edilen kısmını

temsil etmektedir. Kocaeli'nin geri dönüşüm oranının düşük olduğunu belirtmektedir. Leeuwen, Koop ve Sjerps'in 2016 yılı çalışmasında Mavi Ayak İzi hesaplamalarındaki 0-3 arasındaki değerleri düşük değer olarak belirlenmiştir. Düşük değerde yer alan indikatörlerin performansın veya ölçümün yetersiz olduğunu, daha fazla geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle atık yönetim sisteminde geri dönüşüm süreçlerinin geliştirilmesi gerektiği açıkça görülmektedir (Yılmaz, Niyaz & Tomar, 2021) Enerjiye çevrilen katı atık oranı 0 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, enerji geri kazanımı için katı atıkların yakılmadığını veya bu yöntemin şehirde uygulanmadığını göstermektedir.

Kocaeli Şehri'nin Mavi Ayak İzi değerlendirmesi için 2023 yılına ait katı atık bileşenin indikatörlerine ait ölçek değerlerinin grafiksel dağılımı Şekil 2' de gösterilmektedir.

**Şekil 2. Kocaeli Şehrinin 2023 Yılı Atık İndikatörlerine Ait Ölçek Değerleri.**

Şekil 2'de yer alan veriler Mavi Ayak İzi hesaplamaları kullanılarak, katı atık indikatörlerinin hesaplanmasıyla oluşturulmuştur. Bu hesaplama yöntemiyle veriler 0-10 arasında değer almaktadır.

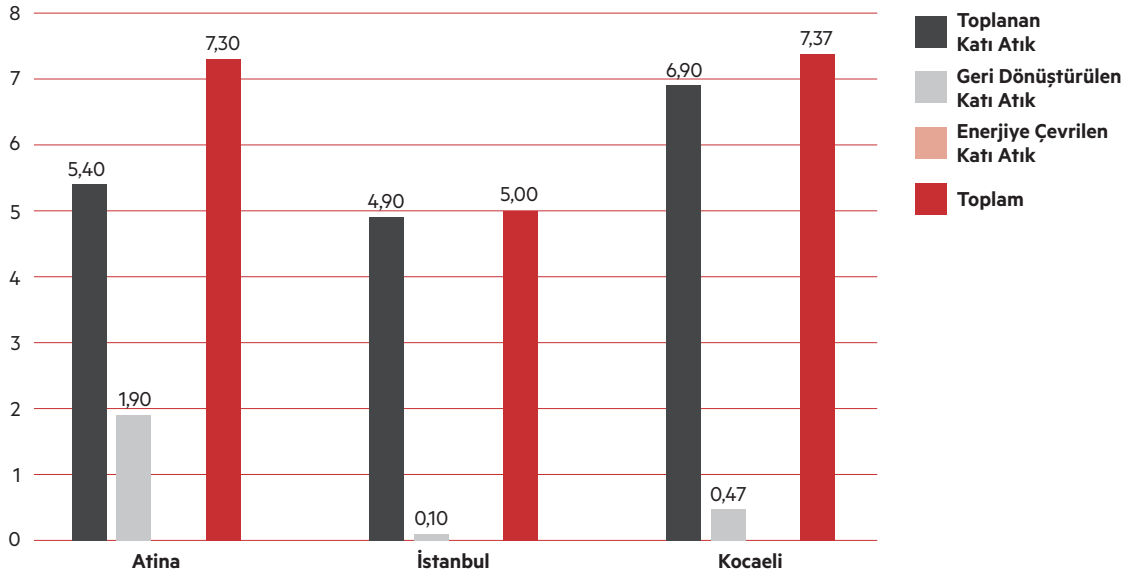
- 0-3: Düşük Değer (Performans ve ölçümün yetersiz olması ve geliştirilmesi gerektiğini gösterir.)
- 4-6: Orta Değer (Ölçümün makul bir seviyede olduğunu ancak iyileştirme potansiyeli olduğunu gösterir.)

- 7-10: Yüksek Değer (Performansın ve ölçümün iyi ya da çok iyi olduğunu gösterir (Leeuwen, Koop ve Sjerps'in 2016).

Ayrıca Kocaeli şehrine ait ölçek değerler, "BlueSCities" 2016 yılı raporunda Atina, İstanbul, Helsinki ve Cenova şehirlerinin Mavi Ayak İzi verilerine ait sadece katı atık bileşenine ait ölçek değerleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 4) ve (Şekil 3).

Tablo IV: Kocaeli Şehrine Ait Mavi Ayak İzi Hesaplamalarında Katı Atık Bileşen Değerlerinin Atina ve İstanbul Şehirleri ile Karşılaştırılması.

İndikatörler		Atina	İstanbul	Kocaeli
Katı Atık Bileşeni	Toplanan Katı Atık	5,40	4,90	6,90
	Geri Dönüştürülen Katı Atık	1,90	0,10	0,47
	Enerjiye Çevrilen Katı Atık	0	0,000073	0
Toplam		7,30	5,00	7,37



Şekil 3. Kocaeli Şehrinin 2023 Yılı Atık İndikatörlerine Ait Ölçek Değerlerinin, 2016 Yılı BlueScities Raporunda Hesaplanan İstanbul, Atina ve Helsinki Değerleri ile Karşılaştırılması.

Bu karşılaştırma sonuçlarında yer alan Atina ve İstanbul verileri BlueSCities 2016 raporundan alınarak, çalışmamızda yer alan Kocaeli verileri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre; BlueSCities 2016 raporuna göre toplanan katı atık miktarı İstanbul ili için 4,90, Atina için 5,40'dür. Çalışmada tespit edilen 2023 yılına ait Kocaeli şehrinin verisi ise 6,90'dır. BlueSCities 2016 raporuna göre geri dönüştürülen veya kompostlanan katı atık miktarı İstanbul ili için 0,10, Atina için 1,90 ve 2023 yılına ait Kocaeli şehri için bu değer 0,47'dir. 2016 yılı için katı atık ile enerji geri kazanımı İstanbul için yaklaşık 0 ve Atina şehrine ait veri de 0'dır, 2023 yılı için Kocaeli değeri de aynı olup 0'dır.

Çalışma sonucuna göre bu zaman aralığında Kocaeli şehri toplam katı atık mavi ayak izi değeri 7,37'dir. Çalışılan metoda göre 0-10 aralığında olan bu değer sonuç olarak Kocaeli şehrinde katı atık yönetiminde uygulamaların ortalamasının üzerinde bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Ancak diğer indikatör değerlerini özel olarak incelediğimizde enerjiye çevrilen katı atık indikatör değerinin 0 olduğu bu alanda yerel yönetimler tarafından katı atık yönetiminde

iyileştirilmelere açık olduğu gözlenmektedir. Kocaeli şehrinin toplam değerini 2016 yılına göre Atina ve İstanbul şehirleri ile karşılaştırıldığında ise Atina değeri ile hemen hemen aynı olduğu tespit edilmiştir. 2016 yılında Atina ve İstanbul şehirlerini de kapsayan bu çalışmada Atina'nın nüfusu yaklaşık 5 milyon kişi olarak kaydedilmiştir. 2023 yılında yaklaşık 2 milyon kişi nüfusa sahip olan Kocaeli şehrinin mavi ayak izinin toplam katı atık bileşeninin değeri, 2016 yılı yaklaşık 5 milyon kişi nüfusa sahip Atina değeri ile yaklaşık olarak aynı olması, Kocaeli şehri yerel yönetimler tarafından gelecekte mümkün nüfus artışında katı atık yönetimini daha da geliştirilmesi anlamına gelebilir. Kocaeli şehri için aynı karşılaştırma, İstanbul şehri için yapıldığında 2016 yılında yaklaşık 14 milyon kişi nüfusa sahip İstanbul şehrinin toplam mavi ayak izi katı atık bileşen değeri 5'e göre, oldukça iyi bir değere sahiptir. Ancak aradaki nüfus farkı göz ardı edilemez düzeydedir. Buna göre Kocaeli şehri gelecekte daha iyi bir değer ve nüfus artışı için yerel yönetimler tarafından katı atık yönetiminde iyileştirmelere ihtiyaç duyacağını ortaya koymaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Kocaeli ili özelinde, akıllı şehir dönüşümleri kapsamında mavi ayak izi bileşenlerinden biri olan katı atık göstergesinin etkileri analiz ederek, sürdürülebilir atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine yönelik bulgular sunulmuş ve öneriler geliştirilmiştir. Şehirlerin çevresel sürdürülebilirliğini artırmak ve doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılmasını sağlamak için mavi ayak izi gibi kapsamlı analizlerin yapılması önemlidir.

Araştırma sonuçları, Kocaeli'nin mavi ayak izi profilinin belirlenmesinde katı atık göstergesinin önemli bir bileşen olduğunu ortaya koymaktadır. Katı atıkların, özellikle su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığında, bu bileşenin etkin bir şekilde yönetilmesi, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de akıllı şehir dönüşüm süreçleri açısından önemli bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgular, Kocaeli İl'indeki mevcut atık yönetimi uygulamalarının, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı gibi sürdürülebilir yöntemlerle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Bunun yanında, gelecek çalışmalar için öneriler geliştirilmiştir:

- Atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için atıkların kaynağında ayrıştırılması ve geri dönüşüm altyapısının güçlendirilmesi öncelikli hedefler arasında yer almalıdır.
- Akıllı teknolojilerin entegrasyonu, atık toplama süreçlerinin daha verimli hale getirilmesini, maliyetlerin düşürülmesini ve çevresel etkilerin azaltılmasını sağlayacaktır.
- Atıktan enerji geri kazanımı için en temiz teknolojiler

kullanılarak yeni tesislerin kurulması veya mevcut tesislerin kapasitesinin artırılması gerekmektedir.

- Ulusal ve uluslararası işbirlikleri ile farklı ülkelerdeki akıllı şehir stratejileri ve mavi ayak izi uygulamaları gibi başarılı örneklerden faydalanılarak, bu alandaki kapasite güçlendirilebilir.
- Mavi ayak izi hesaplamalarının ulusal düzeyde standartlaştırılması ve yerel yönetimlerin bu hesaplamaları düzenli olarak yapması teşvik edilmelidir.
- Katı atıkların depolanan alanlarda sızıntı sularının yeraltı ve yüzey sularına karışmasını önlemek için gerekli altyapı iyileştirmeleri yapılmalıdır.

Sonuç olarak, bu çalışma, Kocaeli'nin akıllı şehir dönüşüm sürecinde mavi ayak izi bileşenlerinden biri olan katı atık göstergesinin önemini vurgulamakta ve sürdürülebilir atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine yönelik kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Çalışmanın bulguları, yalnızca Kocaeli için değil, benzer çevresel ve kentsel sorunlarla karşı karşıya olan diğer şehirler için de yol gösterici bir referans niteliği taşımaktadır. Akıllı şehir dönüşüm süreçlerinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için, mavi ayak izi analizlerinin düzenli olarak yapılması ve bu analizlerin sonuçlarına dayalı stratejik planlamaların hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, yerel yönetimlerin, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için akıllı teknolojilerden ve yenilikçi yaklaşımlardan faydalanması gerekmektedir.

Kaynakça

- Cömertler, S., & Cömertler, N. (2021). Akıllı Kentlerde Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Sürdürülebilirlik, Kopenhag Örneği. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 6(1), 317-333.
- Dal, M., & Özdemir, Y. (2020). Dijital Çağda Neden Bir Kent Sürdürülebilir Akıllı Şehir Olmalıdır. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 2(2), 205-215.
- Gülbaz, S., & Alhan, C. M. K. (2018). Mavi Şehirler: Su ve Atık ile Avrupa Akıllı Şehir Stratejisinin Entegrasyonu: Mavi ve Sarı Ayak İzi Kavramlarının İstanbul İçin Uygulaması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(1), 581-590.
- Hamurcu, A.U. (2023). Akıllı Şehirler ve Sürdürülebilir Kentsel Dönüşüm. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 2(4), 70-95.
- Kaya, H.E., & Susan, A.T. (2020). Sürdürülebilir Bir Kentleşme Yaklaşımı Olarak, Ekolojik Planlama ve Eko-Kentler. *İdealkent*, 11(30), 909-937.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, (2023). Faaliyet Raporu. <https://www.kocaeli.bel.tr/faaliyet-raporlari.html> (Erişim tarihi: 15.11.2024)
- Kocaeli Valiliği, (2024). Kocaeli Ekonomisinde Sanayinin Yeri, <http://www.kocaeli.gov.tr/kocaeli-ekonomisinde-sanayinin-yeri> (Erişim tarihi: 15.11.2024)
- Kolukisaoglu, M., Maçin, K.E., & Demir, İ. (2018). Katı Atık Toplama Sıklığının Toplama-Taşıma Maliyetine Etkisi. *Artibilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 46-56.
- Koop, S.H., & van Leeuwen, C.J. (2015). Application of the Improved City Blueprint Framework in 45 Municipalities and Regions. *Water Resources Management*, 29, 4629-4647.
- Koop, S. H., & Van Leeuwen, C. J. (2017). The Challenges of Water, Waste and Climate Change in Cities. *Environment, Development and Sustainability*, 19(2), 385-418.
- KWR Institute (2016). Blue Cities: Everything Revolves Around The City, <https://www.kwrwater.nl/en/actueel/blue-cities-everything-revolves-around-the-city/> (Erişim tarihi: 12.11.2024)
- Nohutçu, A., & Akpınar, A. (2022). Türkiye’de Yerel Yönetimler Akıllı Şehirler İçin Ne Kadar Hazır: Politika Belgeleri Üzerinden Bir İnceleme. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (48), 1-21.
- Rahmasary, A.N., Robert, S., Chang, I.S., Jing, W., Park, J., Bluemling, B. & van Leeuwen, K. (2019). Overcoming the Challenges of Water, Waste and Climate Change in Asian Cities. *Environmental management*, 63, 520-535.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, (2024). Kocaeli, Demografik Yapı, <https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Menu/24/Demografik-Yapi> (Erişim tarihi: 15.11.2024)
- TÜİK, (2023). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuculari-2023-49684> (Erişim tarihi: 15.11.2024)
- Uçar, A., Negiz, N., & Şemşit, S. (2017). Avrupa Birliği Akıllı Kent Uygulamaları ve Türkiye’deki Yansımaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22 (Kayfor 15 Özel Sayısı), 1785-1798.
- Van Leeuwen, C.J., Koop, S.H., & Sjerps, R.M.A. (2016). City Blueprints: Baseline Assessments of Water Management and Climate Change in 45 Cities. *Environment, Development and Sustainability*, 18, 1113-1128.
- Yılmaz, A.M., Niyaz, Ö., & Tomar, O. (2021). Türkiye’deki Tüketicilerin Katı Atıkların Geri Dönüşümü Konusundaki Bilinç Düzeylerinin ve Farkındalıklarının Belirlenmesi. *COMU Journal of Agriculture Faculty*, 9(2), 379-392.

ŞURA
AKADEMİ

ŞURA KENT POLİTİKALARI VE ARAŞTIRMALARI MERKEZİ

Kozluk Mahallesi Mehmet Ali Kağıtçı Sokak no:71 İzmit/KOCAELİ

+90 262 270 01 01 | bilgi@suraakademi.org.tr

www.suraakademi.org.tr

ŞÛRA AKADEMİ

İklim Değişikliğinin Tarım ve Hayvancılığa Etkileri / *The Effects of Climate Change on Agriculture and Animal Raising*
Prof. Dr. Ali KARABAYIR

Tarım Sektöründe Sürdürülebilir Arazi ve Su Kaynaklarının Kullanımı / *Sustainable Use of Land and Water Resources in the Agricultural Sector*
Prof. Dr. Murat YILDIRIM

Biyolojik Çeşitlilik, Sürdürülebilirlik ve Kocaeli Örneği / *Biological Diversity, Sustainability and the Case of Kocaeli*
Prof. Dr. Halim Aytakin ERGÜL

Kocaeli İzmit Körfez Dip Çamurunun Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği ve Üretilen Yapı Malzemelerinin Çevreye Katkısı / *Usability of Kocaeli İzmit Gulf Seabed Sludge as a Construction Material and the Environmental Contribution of the Produced Materials*
Prof. Dr. Salih Taner YILDIRIM

İzmit Körfezi Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Zamansal ve Mekansal Analizi / *Temporal and Spatial Analysis of İzmit Bay Coastal Change with GIS and Remote Sensing Technologies*
Prof. Dr. Ozan ARSLAN, Damlanur KARABULUT, Begüm GÜNER, Emir Çağrı GEDİKBAŞ

Yapılması Planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki Taşıt Trafikinin Kocaeli İli Hava Kirliliğine Etkisi / *The Effect of Vehicle Traffic on the Planned Southern Marmara Highway on Air Pollution in Kocaeli Province*
Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK, Fatma SOSLU

Kentsel Ulaşımında Çevre Dostu Yerel Çözümler / *Environmentally Friendly Local Solutions in Urban Transportation*
Araş. Gör. İcran ÖZBEK, Doç. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ

Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Kazı ve Dolgu Çalışmaları Kapsamında Yapılan Patlatmalı Kaya Kazıları Sonucu Oluşan Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Kandıra Cezaevi Lojmanları Açısından Değerlendirilmesi / *Evaluation of Vibration Measurement Results Created By Blasting Rock Excavations Carried Out Within the Scope of Excavation and Filling Works of Kandıra Food Specialized Organized Industrial Zone in Terms of Kandıra Prison Lodging*
Doç. Dr. Ercan ARPAZ

Sağlıklı Çevre İçin Yerel Yönetimlerden Sağlık Çalışanlarının Beklentileri Üzerine Nitel Bir Araştırma / *A Qualitative Research on Healthcare Workers' Expectations from Local Governments for a Healthy Environment*
Doç. Dr. Ali ARSLANOĞLU

Evrimsel Sinir Ağlarıyla Marmara Denizi'ndeki Müsilaj Oluşumlarının Tespitinde Eğitim Veri Seti Boyutunun Etkisinin İncelenmesi / *Examining the Effect of Training Data Set Size on the Detection of Mucilage Formations in the Sea of Marmara with Convolutional Neural Networks*
Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN, Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL, Araş. Gör. Mustafacan SAYGI, Doç. Dr. İsmail ÇÖLKESEN

Güneş Enerjisinin Soğutma Sistemlerinde Kullanımı: AVM için Enerji Performansı Değerlendirmesi / *Utilization of Solar Energy in Cooling Systems: An Energy Performance Assessment for Shopping Malls*
Dr. Öğr. Üyesi Süleyman SAPMAZ, Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN

Tekstil Boyar Maddesinin Metal Modifiyeli Kitosan Bilyeler Kullanılarak Fotokatalitik Oksidasyon Prosesi ile Arıtımı / *Purification of Textile Dye by Photocatalytic Oxidation Process Using Metal Modified Chitosan Balls*
Zülal DEMİRKAYA, Araş. Gör. Gizem BAŞARAN DİNDAŞ, Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ, Prof. Dr. Hüseyin Cengiz YATMAZ

Kocaeli İlinde Yer Alan İşletmelerin Yeşil Yönetim Uygulamalarına Dair Bir Araştırma / *A Research on Green Management Practices of Businesses in Kocaeli Province*
Vesile ÇAVUŞOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Abdullah KIRAY

Akıllı Şehir Dönüşümlerinde Mavi Ayak İzi Bileşenlerinden Katı Atıklar İçin Bir Değerlendirme: Kocaeli İli Örneği / *Solid Waste Evaluation from Blue Footprint Components in Smart City Transformations: Kocaeli City Case*
Zeynep ÖZDAMAR, Rümeyza KİRACI, Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT