

— ŞÛRA —

# AKADEMİ

KENT ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

SAYI:11 | 2026 | ISSN: 2791-8424





**ŞÛRA**  
**KENT POLİTİKALARI**  
VE ARAŞTIRMALARI MERKEZİ

# ŞURA AKADEMİ

**Kent Araştırmaları Dergisi**

**Uluslararası Süreli Yayın**

**ISSN: 2791-8424**

**Yıl: 2026 Sayı:11**

**Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Adına İmtiyaz Sahibi**

Doç. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN

**Genel Koordinatör**

Dr. Hayri BARAÇLI

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**

Ayhan VAROL

**Bilimsel Yayın Koordinatörü**

Doç. Dr. Ali YEŞİLDAL

**Yayın Danışmanı**

Dr. Kemal Taha HÜLAGÜ

**Baş Editör**

Ömer Bora NAMLI

**Düzenleme ve Editör Kurulu**

Menekşe SÖZEN

Dr. Burcu CİNER

Sami TÜMÜÇ

Dilara AKKAYA

**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 ÖĞÜT, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Rabia TERZİ, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Elif Özlem AYDIN ORAL, Gebze Teknik Üniversitesi	Prof. Dr. Saadettin Haluk ÇİTÇİ, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ercüment ÇİFTÇİ, Kocaeli Üniversitesi	Prof. Dr. Şeref DEMİRAYAK, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Firdevs KARAHAN, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	Prof. Dr. Yılmaz BİNGÖL, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Haluk SELVİ, Sakarya Üniversitesi	Prof. Dr. Zeynep Gamze MERT, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN, Kocaeli Üniversitesi	Doç. Dr. Tayfun SALİHOĞLU, Pamukkale Üniversitesi
Prof. Dr. Kerem KÜÇÜK, Kocaeli Üniversitesi	Dr. M. Cemil ARSLAN, Marmara Belediyeler Birliği Genel Sekreteri
Prof. Dr. Levent ATALI, Kocaeli Üniversitesi	Dr. Öğr. Üyesi Murat YILDIZ, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Meral ELÇİ, Gebze Teknik Üniversitesi	Öğr. Gör. Ramazan AYBEY, Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Nevcihan DURU, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji 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

**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**
- 009** **İzmit Körfezi'nde Deniz Müsilajı Sorunu: Derleme Çalışması / Marine Mucilage Problem in the Gulf of Izmit: A Review Study**  
**Öğr. Gör. Dr. Çisil GÜLÜMSER GÖKTAŞ - Prof. Dr. Sevil VELİ**
- 021** **Afetlere Müdahalede Sivil Toplum Örgütlerinin Rolü: 2021-Marmaris Yangını Örneği / The Role of Civil Society Organizations in Disaster Response: The Case of the 2021-Marmaris Fire**  
**Prof. Dr. Fatma Neval GENÇ - Sinem BAYAR**
- 037** **The Transformative Role of Cities in Addressing the Climate Crisis: Local Governance and Stakeholder Participation / İklim Kriziyle Mücadelede Kentlerin Dönüştürücü Rolü: Yerel Yönetişim ve Paydaş Katılımı**  
**Doç. Dr. Selçuk GÜRÇAM**
- 055** **The Effect of Biochar Applied to Soils on N<sub>2</sub>O Emissions in the Presence of Urea Fertilizer / Üre Gübresi Varlığında Toprağa Uygulanan Biyokömürün N<sub>2</sub>O Emisyonları Üzerindeki Etkisi**  
**Kevser ŞAKOĞLU - Araş. Gör. Eda CEYLAN SAHRA - Dr. Öğr. Üyesi Derya AYRAL ÇINAR**
- 065** **Arşiv Belgeleri Işığında Osmanlı Eğitim Tarihinin Önemli Halkalarından Tuhfe-i Vehbi'ye Dair Bazı Tespitler / Some Observations on Tuhfe-i Vehbi, One of the Important Links in the History of Ottoman Education, in the Light of Archival Documents**  
**Doç. Dr. Seyit YAVUZ**



*Kartepe, Kocaeli*

# Önsöz / Introduction

ŞURA Akademi Kent Araştırmaları Dergisi'nin bu sayısı; günümüzün en kritik meselelerinden olan çevre kirliliği, iklim krizi ve sürdürülebilirlik konularını derinlemesine inceleyen güçlü bilimsel çalışmalara ev sahipliği yapıyor. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin daha önce gerçekleştirdiği stratejik çalıştayların bir devamı niteliğinde olan bu sayı, yerel ve küresel ölçekteki çevre sorunlarına bilimsel çözüm önerileri geliştirmek adına akademik bir zemin hazırlamaktadır.

Derginin mevcut sayısında alanında uzman isimler; iklim değişikliğinden deniz ekosistemine, afet yönetiminde sürdürülebilir tarım tekniklerine kadar geniş bir yelpazede kapsamlı araştırmaları bir araya getirmiştir. Bu kapsamda;

- İzmit Körfezi'ndeki müsilaj sorunu üzerine yapılan derleme çalışması, bölgemizin ekolojik sağlığı için hayati bir veri sunarken;
- Biyokömürün azot emisyonları üzerindeki etkisi tarımsal sürdürülebilirliğe ışık tutmaktadır.
- Küresel bir perspektifle kentlerin iklim kriziyle mücadeledeki liderlik potansiyeli tartışılmakta,
- 2021 Marmaris yangını örneğiyle afet müdahalesinde sivil toplumun rolü analiz edilmektedir.
- Ayrıca, Osmanlı eğitim tarihine dair arşiv belgeleri üzerinden yapılan tespitlerle, toplumsal hafızamızın ve kurumsal köklerimizimizin önemi vurgulanmaktadır.

Teknolojik gelişmeler ve artan çevresel duyarlılıkla birlikte, çevre koruma konularında önemli bir ivme yakalanmıştır. Ancak bu çabaların artarak devam etmesi elzemdir; zira insan, içinde yaşadığı çevrenin niteliğiyle doğrudan orantılı bir yaşam kalitesine sahiptir. Gelecek nesillerin yaşam hakkını korumak, mevcut olanakları azaltmadan sürdürülebilirliği sağlamak ancak bilgiye dayalı stratejilerle mümkündür.

ŞURA Akademi Dergisi, bu nitelikli çalışmalarla ilgili tüm taraflara yeni bir hareket alanı sağlamış ve bilimsel bir öncülük üstlenmiştir. Hakem değerlendirmelerinden geçerek titizlikle yayına hazırlanan bu eserlerin, başta milletimiz olmak üzere tüm akademi dünyasına ve yerel yönetim paydaşlarına yararlı olmasını dileriz.

This issue of ŞURA Akademi hosts powerful scientific studies that deeply examine environmental pollution and sustainability, which are among the most critical issues of our day. Serving as a continuation of the strategic workshops previously organized by Kocaeli Metropolitan Municipality, this issue provides an academic basis for developing scientific solutions to environmental problems on both local and global scales.

In this current issue, experts in their fields have brought together comprehensive research under various headings:

- While the review study on the marine mucilage problem in the Gulf of İzmit provides vital data for the ecological health of our region,
- The research on the effects of biochar on nitrogen emissions sheds light on agricultural sustainability.
- From a global perspective, the leadership potential of cities in combating the climate crisis is discussed,
- The case of the 2021 Marmaris fire analyzes the role of civil society in disaster response.
- Furthermore, observations on Ottoman educational history through archival documents emphasize the importance of our social memory and institutional roots.

A significant momentum has been gained in environmental protection through technological developments and increasing environmental awareness. However, it is essential that these efforts continue to increase; for human beings possess a quality of life directly proportional to the quality of the environment they inhabit. Ensuring sustainability and protecting the rights of future generations is only possible through knowledge-based strategies.

ŞURA Akademi Journal has provided a new field of action for all relevant parties and has taken a scientific lead with these high-quality studies. We hope that these works, which have been meticulously prepared for publication through peer review, will be beneficial to our nation, the academic world, and all local government stakeholders.

**Doç. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN**

Kocaeli Büyükşehir Belediye Başkanı  
Mayor of Kocaeli Metropolitan Municipality

# Sunuş / Foreword

Dergimizin bu sayısında, yerel sorunlardan küresel krizlere, global afet yönetiminden tarihsel eğitim mirasımıza kadar geniş bir akademik perspektifi sizlerle buluşturmanın heyecanını yaşıyoruz. Disiplinlerarası bir köprü kurmayı hedefleyen bu sayımızda yer alan beş değerli çalışma, hem teorik derinlikleri hem de pratik çözüm önerileriyle literatüre önemli katkılar sunmaktadır.

Sayımızın odağında yer alan çevre ve iklim krizi teması, farklı boyutlarıyla ele alınmıştır:

- **İzmit Körfezi ve Müsilaj:** Öğr. Gör. Dr. Çisil GÜLÜMSER GÖKTAŞ ve Prof. Dr. Sevil VELİ'nin derleme çalışması, yakın geçmişte ekosistemimizi ciddi şekilde tehdit eden müsilaj sorununu İzmit Körfezi özelinde mercek altına alıyor.
- **İklim Krizinde Yerel Liderlik:** Doç. Dr. Selçuk GÜRÇAM, küresel bir sorun olan iklim kriziyle mücadelede kentlerin ve yerel aktörlerin sahip olduğu stratejik potansiyeli ve liderlik rollerini tartışmaya açıyor.
- **Tarım ve Emisyon Yönetimi:** Kevser ŞAKOĞLU, Araş. Gör. Eda CEYLAN SAHRA ve Dr. Öğr. Üyesi Derya AYRAL ÇINAR'ın araştırması, sürdürülebilir tarım teknikleri kapsamında biyokömür kullanımının  $N_2O$  emisyonları üzerindeki etkisini deneysel bir yaklaşımla inceliyor.

Toplumsal direnç ve kurumsal hafıza başlıklarında ise iki kritik çalışma öne çıkıyor:

- **Afet Yönetimi ve STK'lar:** Prof. Dr. Fatma Neval GENÇ ve Sinem BAYAR, 2021 Marmaris yangınları üzerinden sivil toplum örgütlerinin afet müdahalesindeki hayati rolünü saha verileriyle ortaya koyuyor.
- **Eğitim Tarihimize Bir Bakış:** Doç. Dr. Seyit Yavuz, Osmanlı eğitim sisteminin özgün eserlerinden biri olan *Tuhfe-i Vehbi* üzerine arşiv belgeleri ışığında yaptığı tespitlerle bizi tarihsel bir yolculuğuna çıkarıyor.

Bilimin ışığında, çevreye duyarlı ve toplumsal meselelere duyarsız kalmayan bir bakış açısıyla hazırlanan bu sayının, tüm araştırmacılara ve ilgi duyan okurlarımıza faydalı olmasını temenni ederiz.

Keyifli okumalar dileriz.

In this latest issue of our journal, we are pleased to present a broad academic perspective ranging from local environmental issues to global crises, and from contemporary disaster management to our historical educational heritage. The five valuable studies in this issue bridge various disciplines, offering significant contributions to the literature through both theoretical depth and practical solutions.

The central theme of environment and climate change is explored through several dimensions:

- **Marine Mucilage in the Gulf of Izmit:** The review study by Dr. Çisil GÜLÜMSER GÖKTAŞ and Prof. Dr. Sevil VELİ examines the mucilage problem, which has recently posed a severe threat to our ecosystem, specifically focusing on the Gulf of Izmit.
- **Local Leadership in the Climate Crisis:** Assoc. Prof. Dr. Selçuk GÜRÇAM discusses the strategic potential and leadership roles of cities and local actors in the fight against the global climate crisis.
- **Agriculture and Emission Management:** The research by Kevser ŞAKOĞLU, Research Assist. Eda CEYLAN SAHRA and Dr. Derya AYRAL ÇINAR adopts an experimental approach to investigate the effects of biochar application on N<sub>2</sub>O emissions in the presence of urea fertilizer within the scope of sustainable agricultural techniques.

In terms of social resilience and institutional memory, two critical studies stand out:

- **Disaster Response and NGOs:** Prof. Dr. Fatma Neval GENÇ and Sinem BAYAR reveal the vital role of civil society organizations in disaster response, using the 2021 Marmaris fires as a case study supported by field data.
- **A Glimpse into Educational History:** Assoc. Prof. Dr. Seyit YAVUZ takes us on a historical journey with his findings on *Tuhfe-i Vehbi*, one of the unique works of the Ottoman education system, in the light of archival documents.

We hope that this issue, prepared with a scientific perspective that remains sensitive to environmental and social issues, will be beneficial to all researchers and interested readers.

Enjoy your reading.

Doç. Dr. Ali YEŞİLDAL  
Editör / Editor



# İzmit Körfezi'nde Deniz Müsilajı Sorunu: Derleme Çalışması

## Marine Mucilage Problem in the Gulf of Izmit: A Review Study

**Öğr. Gör. Dr. Çisil GÜLÜMSER GÖKTAŞ**

Kocaeli Üniversitesi, Merkez Laboratuvarı, Kocaeli, Türkiye

cisil.goktas@kocaeli.edu.tr

ORCID: 0000-0003-0602-1120

**Prof. Dr. Sevil VELİ**

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

sevilv@kocaeli.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5191-4350

Makale Türü:

**DERLEME**

Gönderilme Tarihi:

**28 Aralık 2025**

Kabul Tarihi:

**19 Ocak 2026**

### Öz

Deniz müsilajı, deniz ekosistemlerinde fitoplanktonların aşırı çoğalması sonucu oluşan organik bir yapıdır ve son yıllarda Marmara Denizi başta olmak üzere Türkiye denizlerinde ciddi bir çevre sorunu haline gelmiştir. İzmit Körfezi, coğrafi konumu, yarı kapalı yapısı ve yoğun antropojenik baskılar nedeniyle müsilaj oluşumuna karşı son derece hassas bir ekosistemdir. Bu derleme makalede, İzmit Körfezi özelinde müsilaj oluşumunun bilimsel temelleri, tarihsel gelişimi, çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri ile mücadele yöntemleri kapsamlı olarak ele alınmaktadır. 2021 yılında yaşanan büyük müsilaj krizi, bölgenin çevresel kırılganlığını ve acil müdahale gereksinimini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz Kirliliği, Fitoplankton, İzmit Körfezi, Marmara Denizi, Müsilaj.

### Abstract

Marine mucilage is an organic structure formed as a result of excessive proliferation of phytoplankton in marine ecosystems and has become a serious environmental problem in Turkish seas, particularly in the Sea of Marmara, in recent years. The Gulf of Izmit is an extremely vulnerable ecosystem to mucilage formation due to its geographical location, semi-enclosed structure, and intense anthropogenic pressures. This review article comprehensively addresses the scientific basis of mucilage formation specific to the Gulf of Izmit, its historical development, environmental and socio-economic impacts, and management approaches. The major mucilage crisis experienced in 2021 revealed the region's environmental fragility and the urgent need for intervention.

**Keywords:** Gulf of Izmit, Marine Pollution, Mucilage, Phytoplankton, Sea of Marmara.

## 1. Giriş

Müsilaj, halk arasında “deniz salyası” olarak bilinen, denizlerde fitoplankton olarak adlandırılan mikroskobik bitkisel organizmaların aşırı çoğalması sonucunda ürettikleri yapışkan, jel kıvamında organik bir maddedir (Savun-Hekimoğlu ve Gazioglu, 2021). Bu madde, sırasıyla, “oligomer oluşumu” ve “polimerizasyon ile supramoleküler yapı gelişimi” olmak üzere iki fazlı bir mekanizma ile oluşur; karbonhidratlar, proteinler, lipitler ve Ca, Mg gibi inorganik katyonları içeren kompleks bir karışım halindedir (Mecozzi, Pietroletti, Scarpiniti, Acquistucci ve Conti, 2012). Müsilaj, doğal şartlarda fitoplanktonun stres koşullarına karşı geliştirdiği bir savunma mekanizması olarak ortaya çıkar, ancak belirli çevresel faktörlerin bir araya gelmesiyle kontrol dışı boyutlara ulaşabilir.

Müsilajın oluşumunda rol oynayan fitoplankton türleri arasında diyatomlar ve dinoflagellatlar gibi türler yer almaktadır. Marmara Denizi'ni 2021'de etkisi altına alan yoğun müsilaj oluşumu sürecinde, yüzey tabakasındaki köpüklü müsilajda *Phaeocystis pouchetii* (Prymnesiophyceae) ile *Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium*, *Thalassiosira rotula* (Bacillariophyceae) ve *Gonyaulax fragilis* (Dinophyceae) tespit edilmiş; bentik habitatta ise filamentöz müsilaj üreten *Chrysoreinhardia giraudii* ve *Nematochryopsis marina* (Chrysophyceae) türleri belirlenmiştir (Balkıs-Özdelice, Durmuş ve Balcı, 2021). Bu mikroorganizmalar uygun çevresel koşullar altında hızla çoğalır ve hücre dışı polisakkarit yapılar salgılayarak müsilaj agregasyonuna neden olurlar (Tufekçi, Balkıs, Polat Beken, Ediger ve Mantıkçı, 2010). Salgılanan bu organik madde, deniz suyunda diğer partiküller, bakteriler ve organik atıklarla birleşerek makroskobik boyutlarda görülebilen müsilaj kümelerini meydana getirir. Dünya genelinde müsilaj olayları özellikle Akdeniz havzasında yaygın olarak gözlemlenmekte olup, ilk kayıtlı müsilaj olayı 1729 yılında Adriyatik Denizi'nde belgelenmiştir (Turk, Hagström, Kovač ve Faganeli, 2010).

İzmit Körfezi, Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda yer alan, yaklaşık 50 km uzunluğunda ve ortalama 10 km genişliğindeki yarı kapalı bir deniz ekosistemidir (Telli-Karakoç ve diğerleri, 2002). Karakteristik iki tabakalı sistemi ile bilinmekte olup (Hasanoglu ve Göktaş, 2022), haloklin derinliği tipik olarak 18-25 m arasında değişmektedir (Çokacar ve diğerleri, 2024). Körfez, Kocaeli ili ve çevresinde yaşayan yaklaşık 2 milyon nüfusa ev sahipliği yapmakta ve bölgenin en önemli sanayi merkezlerinden birini barındırmaktadır. Coğrafi konumu itibarıyla İzmit Körfezi, Marmara Denizi ile sınırlı su değişimine sahip olması nedeniyle kirletici maddelerin birikimi açısından yüksek risk taşımaktadır (Ergül, Aksan ve İpşiroğlu, 2018). 1960'lı yıllardan itibaren hızlı sanayileşme ve kentleşme süreçleri, körfezin su kalitesinde ciddi bozulmalara yol açmıştır. Gebze, Dilovası ve Körfez ilçelerinde yoğunlaşan sanayi tesisleri, organize sanayi bölgeleri ve yerleşim alanlarından kaynaklanan atıklar, körfezin taşıma kapasitesini önemli ölçüde zorlamaktadır.

Bu derleme makalenin temel amacı, İzmit Körfezi'nde yaşanan müsilaj sorununu bilimsel bir perspektiften ele almak, oluşum mekanizmalarını açıklamak ve sürdürülebilir çözüm önerilerini ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında müsilajın biyolojik ve kimyasal temelleri, İzmit Körfezi özelindeki tarihsel gelişimi, çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri ile mücadele stratejileri sistematik olarak değerlendirilmektedir.

## 2. Müsilaj Oluşumunun Bilimsel Temelleri

### 2.1. Fitoplankton ve Müsilaj Oluşum Mekanizması

Müsilaj oluşumu, deniz ekosistemlerindeki birincil üreticiler olan fitoplanktonun metabolik aktivitelerinin bir sonucudur. Normal koşullarda fitoplankton popülasyonları, besin elementleri, ışık, sıcaklık ve otlayıcı baskısı gibi faktörler tarafından dengelenir. Ancak bu dengenin bozulması durumunda, özellikle besin elementlerinin (azot ve fosfor) aşırı artışı ve uygun fiziksel koşulların bir araya gelmesiyle fitoplankton patlamaları meydana gelir.

Müsilaj oluşumunun aşamaları incelendiğinde sırasıyla hücre dışı polisakkarit salgılama, nano ve mikrojel oluşumu, makroagregat formasyonu, polimerizasyon ve yapısal stabilizasyon, son olarak ise çökme ve bentik birikme olarak değerlendirilebilir. Fitoplanktonun hücre dışı polisakkarit üretimi, müsilajın temel yapı taşı oluşturur (Svetličić ve diğerleri, 2011). Salgılanan heteropolisakkarit fibrilleri, su ortamında birbirleriyle bağ kurmaya başlar. İlk olarak nanojeller, ardından mikrojeller oluşur. Bu süreç kendiliğinden gerçekleşir ve jelleşme polimer zincirleri arasındaki elektrostatik ve Van der Waals etkileşimleriyle sağlanır (Chin, Orellana ve Verdugo, 1998). Polisakkaritler başlangıçta hücrelerin çevresinde koruyucu bir tabaka oluştururken, yüksek fitoplankton yoğunluğunda bu salgılar birleşerek makroskopik agregasyonlar oluşturur. Müsilaj matriksinin yapışkan ve jel benzeri özelliği, içerisinde çok sayıda mikroorganizma, organik partikül ve besin elementini tutabilmesinden kaynaklanır. Mikrojeller zamanla birleşerek daha büyük yapıları oluşturur. Bu aşamada önce deniz karı benzeri yapılar meydana gelir, daha sonra detritus, askıda katı maddeler, mikroplastik partiküller gibi maddeler agregatlara yapışır. Yapı giderek büyüyerek metrelerce uzunluğa ulaşabilir (Ricci, Penna, Capellacci ve Penna, 2014). Müsilaj agregaları ileriki aşamalarda daha kararlı hale gelir. Oksijen seviyeleri düştükçe, agregalar toksik sülfür ve kükürt bileşikleri açısından zenginleşebilir. Örneğin, Gemlik Körfezi'nin 64 m derinliğindeki anoksik sularında hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S, 0,1 µmol/L) tespit edilmiştir (Karahan ve diğerleri, 2026). Bu bileşikler polimerizasyon ve vulkanizasyon süreçlerinde rol oynayarak filament oluşumunu etkileyebilir ve yapısal kararlılığı artırabilir, ancak bu mekanizmalar Marmara Denizi müsilajı için henüz detaylı olarak araştırılmamıştır. Zamanla yoğunluğu artan Müsilaj agregaları su kolonunda aşağı doğru hareket eder, deniz tabanına çökerek bentik ekosistemleri örter. Klorofil-a verilerine göre, müsilaj oluşumunun yüzeyden çok derin sularda (~10 m) gerçekleşmiş olabileceği belirtilmiştir (Ergül ve diğerleri, 2021).

İzmit Körfezi'nde yapılan çalışmalarda, müsilaj oluşumunda özellikle Skeletonema, Chaetoceros gibi diyatom türleri ile Proocentrum ve Noctiluca gibi dinoflagellatların baskın olduğu tespit edilmiştir (Ergül ve diğerleri, 2018; Tufekçi ve diğerleri, 2010). Bu türlerin aşırı çoğalması, körfezin sığ ve durağan su kütlesi özellikleri ile birleştiğinde müsilaj agregasyonları için uygun ortam olmaktadır.

### 2.2. Çevresel Koşullar ve Tetikleyici Faktörler

**2.2.1. Besin Kirliliği ve Ötrofikasyon:** Müsilaj oluşumunun en kritik tetikleyicisi, deniz ortamındaki azot ve fosfor konsantrasyonlarının aşırı artışıdır. Bu durum ötrofikasyon olarak adlandırılır ve İzmit Körfezi için en önemli çevresel sorunlardan biridir. İzmit Körfezi özelinde yapılan kapsamlı izleme çalışmaları, 1970'li yıllardan bu yana devam eden ötrofikasyon sürecinin körfez ekosistemini ciddi şekilde etkilediğini ortaya koymaktadır (Eyüboğlu ve Eyüboğlu, 2020). Marmara havzasındaki evsel atıksu arıtma tesisleri, sanayi tesisleri ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan besin elementleri yüklenmesi, su kütlesindeki azot ve fosfor seviyelerini kritik eşiklerin üzerine çıkarmaktadır.

2007-2008 yıllarında körfezde gözlenen yoğun müsilaj olayları, fitoplankton yoğunluğundaki artışla birlikte değerlendirildiğinde bölge için ciddi bir ötrofikasyon riski oluşturmaktadır (Eyüboğlu ve Eyüboğlu, 2020). Araştırmalar, İzmit Körfezi sularında azot ve fosfor konsantrasyonlarının Marmara Denizi ortalamasının önemli ölçüde üzerinde seyrettiğini göstermektedir. Özellikle körfezin iç kısımlarında ve dere ağızlarına yakın bölgelerde besin element yükü son derece yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Bu durum, fitoplankton büyümesi için sınırlayıcı olmaktan çıkan besin elementlerinin, kontrolsüz çoğalmaya zemin hazırlamasına neden olmaktadır. İzmit İç Körfez'de Su Çerçeve Direktifi sınıflandırmasına göre "Kötü Su Kalitesi", orta ve dış körfezde ise "Zayıf Su Kalitesi" olarak değerlendirilen ekolojik durum, evsel ve endüstriyel atıkların besin elementi girdisi üzerindeki baskısının sürdüğünü göstermektedir (Eyüboğlu ve Eyüboğlu, 2020).

Biyofilmler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, besin ve metal stresinin diatom topluluklarında yapısal değişimlere yol açtığını ve özellikle müsilaj tüpü oluşturan Berkeleya türleri ile zikzak koloniler oluşturan türlerin baskın hale geldiğini göstermiştir (Belando, Marín, Aboal, García-Fernández ve Marín-Guirao, 2017). Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Marmara Denizi'nde gerçekleştirilen araştırmalar, müsilaj kaplı alanlar ile klorofil-a konsantrasyonu arasında güçlü bir korelasyon bulunduğunu ortaya koymuş; Gemlik Körfezi'nde klorofil-a konsantrasyonunda %272'ye varan artışlar tespit edilmiştir (Polat, Sanlı ve Akçay, 2022).

### 2.2.2. Sıcaklık Artışı ve Fiziksel Koşullar:

Sıcaklık, deniz müsilajı oluşumunda en belirleyici çevresel faktörlerden biridir. Akdeniz'de müsilaj olayları genellikle yaz aylarında, su sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde gözlemlenmektedir. *Ostreopsis cf. ovata* türü üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, 24°C'de en yüksek büyüme oranlarının (0,48 ± 0,05 bölünme/gün) elde edildiğini, 19°C'de ise büyümenin tüm tuzluluk değerlerinde inhibe olduğunu göstermiştir (Carnicer ve diğerleri, 2016). Özellikle dikkat çekici olan bulgu, 28°C'de toksin konsantrasyonlarının 24°C'ye kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olmasıdır; bu durum, iklim değişikliğinin müsilaj olaylarının yoğunluğunu değil, ancak toksisitesini artırabileceğine işaret etmektedir (Carnicer ve diğerleri, 2016). Bununla birlikte, yüksek sıcaklıklar fitoplanktonun metabolik aktivitesini hızlandırırken, aynı zamanda sudaki oksijen çözünürlüğünü azaltır. İzmit Körfezi'nde özellikle yaz aylarında su sıcaklığının 25°C'nin üzerine çıkması, müsilaj oluşumu için uygun koşullar yaratmaktadır.

İklim değişikliği ve küresel ısınmaya bağlı olarak deniz suyu sıcaklıklarındaki sistematik artış, fitoplankton büyüme sezonunun uzamasına ve müsilaj olaylarının sıklığının artmasına neden olmaktadır. Özellikle, Akdeniz'de müsilaj olaylarının sıklığı ve yayılımı, iklim değişikliği ile doğrudan ilişkilidir. Danovaro ve ark. (2009), Akdeniz'de son 200 yıllık müsilaj kayıtlarını inceleyerek, müsilaj olaylarının sayısının özellikle son 20 yılda neredeyse üstel olarak arttığını ve bu artışın sıcaklık anomalileri ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Spearman korelasyonu  $r_s=0.50$ ,  $P<0.003$ ). Tarihsel analizler, 1920 öncesinde müsilaj olaylarının yalnızca Adriyatik Denizi'nde gözlemlendiğini, ancak 1980'den sonra Ege, Kuzey Adriyatik ve Marmara Denizi gibi farklı bölgelere yayıldığını göstermektedir. Son 60 yıllık sıcaklık anomalileri analizi, 1977'den bu yana pozitif sıcaklık anomalilerinin sürekli olarak devam ettiğini (0.097-0.524°C aralığında) ve bu dönemin müsilaj patlamalarıyla çakıştığını ortaya koymuştur. Özellikle 2006-2007 kışı, son 30 yılın en sıcak kışı olarak kaydedilmiş (önceki ortalama sıcaklıklara göre 2-3°C daha yüksek) ve bu süre zarfında müsilajın kapladığı bölge ve ne kadar kalıcı olduğu, daha önce hiç yaşanmamış boyutlara ulaşmış; Mart 2007'de müsilaj İtalya kıyı şeridinde 2.500 km'den fazla uzunlukta gözlenmiş ve masif agregalar neredeyse kesintisiz olarak beş aydan fazla sürmüştür (Danovaro, Fonda Umani ve Pusceddu, 2009). Adriyatik Denizi'nde müsilaj agregalarının geleneksel olarak Mayıs-Temmuz arasında ortaya çıkıp yaz boyunca (Ağustos'ta zirve yaparak) gelişmesine karşın, son yıllarda (2003, 2006, 2007, 2008) müsilajın çok daha erken (Kasım/Aralık ve Ocak aylarında) görülmeye başlaması, iklim kaynaklı sıcaklık anomalilerinin müsilaj oluşumu ile bağlantısını güçlendirmektedir (Danovaro ve diğerleri, 2009).

Tuzluluğun sıcaklıkla etkileşim halinde müsilaj üreten organizmaların büyümesini etkilediği gösterilmiştir. *Ostreopsis cf. ovata* için 32-38 aralığındaki tuzluluk değerlerinde büyüme gözlemlenmiş, ancak 28°C'de en yüksek büyüme oranları tuzluluk 36'da elde edilmiştir. Tuzluluk 32 ve 38'de büyüme inhibisyonu görülmüştür (Carnicer ve diğerleri, 2016). Bu sonuçlar, kıyasal sulardaki tuzluluk dalgalanmalarının (buharlaştırma, yağış, nehir akışı değişimleri) müsilaj oluşturan organizmaların dinamiklerini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir.

Kraus ve Supić (2015), yüzey ısı kaybı epizotlarının müsilaj olaylarının dinamiğinde kritik rol oynadığını belirlemiştir. 18 Temmuz 1997'deki yoğun ısı kaybı olayı (yaklaşık 240 W m<sup>-2</sup>), kuzeybatı rüzgârları eşliğinde gerçekleşmiş ve bentik tür *Cylindrotheca closterium*'un sedimentten su kolonuna yükselmesi, halihazırda oluşmuş makroagregatların parçalanması ve fırsatçı türlerin agregatlardan çevredeki suya salınması gibi önemli sonuçlar doğurmuştur. Temmuz sonu ile ağustos ortası arasındaki daha az yoğun ısı kaybı epizotları (30-160 W m<sup>-2</sup>) ise makroagregatların parçalanmasında ve düşük tuzlulukta suların batıdan doğuya taşınmasında etkili olmuş, böylece olayın geniş alanlara yayılmasını sağlamıştır (Kraus ve Supić, 2015). Kömüscü ve arkadaşları (2022), Marmara Denizi'nde 2021 yılında gözlenen yoğun müsilaj oluşumunun, artan deniz yüzeyi sıcaklıkları ve azalan rüzgâr hızlarının yarattığı durağan hidrodinamik koşullarla yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada, pozitif deniz yüzey sıcaklığı anomalilerinin ve zayıf rüzgâr rejiminin müsilajın hem oluşumunu hem de kıyasal alanlarda yoğunlaşmasını kolaylaştırdığı vurgulanmaktadır (Kömüscü, Aksoy ve Dogan, 2022).

Kuzey Adriyatik'teki 1997 mucus olayını inceleyen Kraus ve Supić (2015), makroagregatların su kolonunun üst katmanlarında, büyük girdapların merkezi bölgelerinde oluştuğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar, oluşum bölgelerinin karakteristik özelliklerini termoklin üzerindeki katmanlarda düşük tuzluluk ve yoğunluk değerleri ile çevresindeki alanlara kıyasla daha belirgin tabakalaşma şeklinde tanımlamıştır. Bu bulgular, müsilaj oluşumunun genellikle aşırı tabakalaşmış su kolonlarının üst katmanlarında başladığını desteklemektedir. İzmit Körfezinin hidrodinamik özellikleri de müsilaj birikiminde kritik rol oynar. Yarı kapalı yapısı ve iki tabakalı su kütlesi nedeniyle körfezde özellikle yaz-sonbahar dönemlerinde ara ve alt tabakalarda çözünmüş oksijen konsantrasyonları kritik seviyelere düşmekte, zaman zaman anoksik koşullar oluşmaktadır (Eyüboğlu ve Eyüboğlu, 2020). Zayıf akıntı rejimi ve durgun su koşulları, oluşan müsilaj agregasyonlarının dağılmasını ve seyrelmesini engellemektedir. Özellikle rüzgârsız ve sakin hava koşullarında, körfez yüzeyinde müsilaj tabakalarının yoğunlaşması gözlenmektedir. Körfezin sıg ve yarı kapalı yapısı, bu durumu daha da şiddetlendirmektedir.

### 3. İzmit Körfezi'nde Müsilaj Sorununun Tarihi ve Gelişimi

#### 3.1. Geçmiş Müsilaj Olayları

İzmit Körfezi, coğrafi konumu ve antropojenik baskılar nedeniyle müsilaj oluşumlarının sıklıkla gözlemlendiği bölgelerden biri olmaktadır. Tüfekçi ve ark. (2010), Marmara Denizi'nde Ekim 2007-Şubat 2008 döneminde gözlenen müsilaj olayı sırasında yürüttükleri çalışmada, müsilaj üretici türler olan *Gonyaulax fragilis* (maksimum 83.600 hücre/L), *Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium* (161.250 hücre/L) ve *Thalassiosira rotula*'yı (131.040 hücre/L) baskın türler olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada İzmit Körfezi yüzey sulurunda Redfield oranına (16) kıyasla oldukça düşük azot-fosfor oranları (N:P = 0.1-14.4) ölçülmüş ve müsilajın yüksek organik karbon içeriğinin (%24 org-C) bu yapının fitoplankton kaynaklı hücre salgılarla ilişkili olduğunu gösterdiği belirtilmiştir (Tüfekçi ve diğerleri, 2010).

2015 yılında İzmit Körfezi'nde (Marmara Denizi) ardışık zararlı dinoflagellat patlamaları gözlenmiştir. Altı farklı örneklem, kızıl jel olaylarını takiben Ergül ve arkadaşları (2018) tarafından gerçekleştirilmiştir. *Prorocentrum micans* en bol tür olup, 3 Mayıs 2015'te Karamürsel istasyonunda ortalama  $18 \times 10^6$  birey/L bolluğa ulaşmış ve bu durum yüksek  $\text{NH}_3$  ve  $\text{o-PO}_4^{3-}$  seviyeleriyle eş zamanlı olmuştur. Örnekte ayrıca *P. micans* tarafından üretilen müsilaj agregaları ile kaplı ölü amfipodlar ( $72 \pm 12$ ) birey/L bulunmuştur. En yüksek biyokütle 14 Mayıs'ta Hereke istasyonunda ( $268 \pm 26.0$ ) mg/L olarak kaydedilmiştir (Ergül ve diğerleri, 2018). Antropojenik atıksu deşarjlarının yanı sıra, bilinmeyen kaynaklar ve yeniden askıya çıkma besin maddesi seviyelerinde artışlara neden olmuştur. 6 Kasım 2015'te uzun süreli kuzeydoğu rüzgarlarından (5 gün boyunca 35 km/s) sonra rüzgâr kaynaklı sediment yeniden askıya çıkmasının ardından bir yukarı akım meydana gelmiştir (Ergül ve diğerleri, 2018).

Ergül ve ark. (2021), 2021 yılı müsilaj olayının erken aşamasını incelemek amacıyla Marmara Denizi'nde dört istasyondan Eylül 2020 ve Nisan 2021'de topladıkları örneklerde toplam 83 fitoplankton türü tespit etmişler, müsilaj ile ilişkili türler olarak bilinen *Cylindrotheca closterium*, *Skeletonema costatum* (Nisan 2021'de İzmit istasyonunda 10 m derinlikte 11.200 hücre/L ile en bol tür), *Gonyaulax fragilis*, *Prorocentrum micans*, *Gymnodinium sp.* ve *Gyrodinium sp.* gibi türleri tanımlamışlardır. Marmara Denizi'nde tür sayısının 59'dan 28'e düşmesiyle azalan biyoçeşitliliğe rağmen hücre sayısında artış gözlenmiş (İzmit'te  $\sim 12.000$ 'den  $42.000$  hücre/L'ye, Biga'da  $\sim 2.000$ 'den  $50.000$  hücre/L'ye), TRIX değerleri tüm Marmara istasyonlarında "Kötü" ekolojik kalite göstermiş ve düşük N:P oranları (0.07-0.30) azotun sınırlayıcı besin

maddesi olduğunu ortaya koymuştur. Müsilaj oluşumları Nisan 2021'de deniz suyu sıcaklığı  $15^\circ\text{C}$ 'nin altında ve tuzluluk  $\sim 30\text{‰}$  iken "tül perde şeklinde" başlangıç aşamasında gözlenmiş, klorofil-a verilerine göre müsilaj oluşumunun yüzeyden çok derin sularda ( $\sim 10$  m) gerçekleşmiş olabileceği belirtilmiştir (Ergül ve diğerleri, 2021).

2021 yılı Nisan ayından itibaren Marmara Denizi'nin tamamında görünür hale gelen müsilaj tabakası, İzmit Körfezi'nde özellikle yoğun olarak gözlenmiştir. Gebze Eskişehir bölgesi, Körfez ilçesi ve Başiskele sahilleri müsilaj örtüsü altında kalmış, deniz yüzeyinde kalın tabakalar oluşmuştur. Uydu görüntüleri, körfezin geniş bir kısmının müsilaj tarafından kaplandığını açıkça ortaya koymuştur. Google Earth Engine platformunda Mayıs-Temmuz 2021 döneminde çekilen Sentinel-2 görüntüleri kullanılarak İzmit Körfezi'ndeki müsilaj kaplı alanların haritalanması için beş farklı su indeksi uygulanmıştır. Sonuçlar, müsilaj oluşumunun 14 Mayıs'ta yaklaşık  $6 \text{ km}^2$  deniz yüzeyini kaplayarak başladığını, 24 Mayıs'ta en yüksek seviyeye ulaştığını ( $32.12 \text{ km}^2$ ) ve Temmuz sonunda azaldığını göstermiştir. Uygulanan indeksler arasında Ayrılanmış Yüzen Alg İndeksi (AFAI), kısmen bulutlu görüntülerde bile müsilaj haritaları üretmede en başarılı olmuş, bunu Normalize Edilmiş Bulanıklık İndeksi (NDTI) ve Müsilaj İndeksi (MI) izlemiştir. Yeşil kanal kullanan indekslerin uydu görüntülerinden müsilaj bilgisini çıkarmada yetersiz kaldığı belirlenmiştir (Kavzoglu ve Goral, 2022).

Karahan ve ark. (2026), 2021 yılında Marmara Denizi'nde meydana gelen kapsamlı müsilaj olayı sırasında ve sonrasında 24 istasyondan toplanan 39 örnekte 16S, 18S ve ITS bölgelerinin çevresel DNA (eDNA) metabarkodlaması ve in situ fizikokimyasal ölçümler yaparak mikrobiyal toplulukları karakterize etmişlerdir. Bulgular, müsilaj oluşumunun Dinophyceae, diyatomlar, Chytridiomycota ve Polariobacter ve Lentimonas gibi eksopolimer parçalayan bakterileri içeren belirgin bir mikrobiyal topluluk değişimi ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Karahan ve diğerleri, 2026).

#### 3.2. Bölgesel Özelliklerin Müsilaj Oluşumuna Etkisi

İzmit Körfezi'nin yarı kapalı havza yapısı, su sirkülasyonunun sınırlı olmasına ve kirleticilerin körfez içinde birikmesine yol açmaktadır. Marmara Denizi ile olan su değişimi, körfezin batı çıkışındaki dar boğaz bölgesiyle sınırlıdır ve bu durum, körfezin kendini yenileme kapasitesini ciddi şekilde azaltmaktadır (Morkoç ve diğerleri, 2001). Stratifikasyon olarak adlandırılan bu su katmanlaşması, özellikle yaz aylarında belirginleşmekte ve dip sularda oksijen azalmasına neden olmaktadır (Tüfekçi ve diğerleri, 2010).

Körfezin en kritik özelliklerinden biri, çevresinde yoğun sanayi faaliyetlerinin bulunmasıdır. Pendik, Tuzla, Darıca, Gebze, Dilovası, Körfez, Derince, İzmit, Gölcük ve Karamürsel gibi sanayi kentleriyle çevrili olan körfez, Türkiye'nin en yoğun sanayi bölgelerinden birinin merkezinde yer almaktadır (Ergül ve diğerleri, 2018). Körfez çevresinde 35'ten fazla liman ve iskele ile yüzlerce sanayi tesisi bulunmakta ve yılda 12.000-15.000 arası gemi trafiğine ev sahipliği yapmaktadır. Petrokimya tesisleri, gemi inşa sanayi, metal işleme, otomotiv yan sanayi ve tekstil gibi çeşitli sektörlerin yoğunlaşması, körfeze önemli miktarda evsel ve endüstriyel atık yükü getirmektedir (Ergül ve diğerleri, 2021).

Bu yoğun sanayi faaliyetleri ve kentsel yerleşimler, körfeze ciddi miktarda azot ve fosfor yükü taşımaktadır. Geçmişte yapılan çalışmalar, körfeze giren kirletici yükünün önemli bir kısmının yetersiz arıtılmış veya hiç arıtılmamış evsel ve endüstriyel atıksulardan kaynaklandığını göstermiştir. 1999 Marmara Depremi sonrasında yaşanan petrokimya tesisleri yangını ve denize dökülen petrol ürünleri, körfezin ekolojik hassasiyetini gözler önüne sermiştir (Okay ve diğerleri, 2001).

Tüm bu faktörler bir araya geldiğinde, İzmit Körfezi'nin müsilaj oluşumuna son derece elverişli bir ortam sunduğu anlaşılmaktadır. Kapalı havza yapısı, sınırlı su sirkülasyonu, yoğun kirlilik yükü ve iklim değişikliğine bağlı artan su sıcaklıkları, körfezi Marmara Denizi'nin en hassas alanlarından biri haline getirmektedir (Eyüboğlu ve Eyüboğlu, 2020). Bu nedenle, İzmit Körfezi'nde müsilaj sorununun anlaşılması ve çözümlenmesi, yalnızca yerel değil, tüm Marmara Denizi'nin ekolojik sağlığı açısından kritik öneme sahiptir.

### 3.3. Güncel Durum

2021 yılındaki büyük krizden sonra yapılan yoğun temizlik çalışmalarına rağmen, İzmit Körfezi'nde müsilaj sorunu tamamen ortadan kalkmamıştır. 2024 ve 2025 yıllarında yapılan izleme çalışmaları, körfezin farklı bölgelerinde hala müsilaj oluşumlarının gözlemlendiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Gebze Eskihisar, Başiskele Seymen Sahili ve körfezin iç kesimlerinde düzenli olarak müsilaj tabakaları tespit edilmektedir.

Son dönemde yapılan bilimsel çalışmalar, müsilaj oluşturan organizmaların ve bu organizmaların ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin körfez sularında hala yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu göstermektedir (Karahan ve diğerleri, 2026). Bu durum, uygun çevresel koşulların oluşması halinde müsilaj patlamalarının tekrar yaşanabileceğine işaret etmektedir. Bilim insanları, müsilaj tehlikesinin devam ettiğini ve kapsamlı önlemler alınmadığı takdirde sorunun kronik hale gelebileceğini vurgulamaktadır.

## 4. Çevresel ve Sosyo-Ekonomik Etkiler

### 4.1. Deniz Ekosistemi Üzerindeki Etkiler

Müsilaj, deniz ekosistemlerinde geniş çaplı tahribata yol açan ciddi bir çevresel sorundur. Bu jelatinöz kütle, su yüzeyini kaplayarak oksijen transferini engellemekte ve deniz canlıları için önemli tehditler oluşturmaktadır (Uflaz, Akyüz, Bolat, Bolat ve Arslan, 2021). Müsilaj agregasyonlarının parçalanması ve mikrobiyal aktivite sonucu oksijen tüketimi hızla artar, bu da hipoksik (düşük oksijen) ve anoksik (oksijensiz) koşulların oluşmasına yol açar. Deniz tabanında yaşayan bentik organizmalar, oksijen yetersizliği nedeniyle yaşamlarını sürdüremez hale gelir. Marmara Denizi'nde yapılan ölçümlerde çözünmüş oksijen seviyeleri 2,39-4,6 mg/L arasında kaydedilmiş olup bu değerler birçok omurgalı ve kabuklu canlı için ölümcül düzeydedir (Karadurmuş ve Sari, 2022). Özellikle 3 mg/L'nin altındaki oksijen seviyeleri hipoksik kabul edilmekte ve deniz organizmaları için ciddi tehlike oluşturmaktadır. Marmara Denizi'nde 2020 ve 2021 yılları arasında yapılan karşılaştırmalı analizler, müsilajın su kalitesi parametreleri üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Çözünmüş oksijen ve pH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiş, pH değerleri tüm örnekleme noktalarında düşüş göstermiş, bu durum deniz kirliliğinin boyutunu yansıtmıştır (Oral, 2023).

Müsilaj, su kolonunun optik özelliklerini de önemli ölçüde etkilemektedir. Ağustos 2021'de Marmara Denizi'nde ışıklı tabaka derinliği 14-23 metre aralığında sınırlı kalmıştır. Fotosentetik aktif radyasyonun yaklaşık %50'si ilk 5 metrede, %80'i ise 4-9 metre derinlikte sönmüştür (Öztürk ve Ediger, 2023). Müsilaj örtüsü, güneş ışığının su kolonuna geçişini engelleyerek fotosentezi olumsuz etkiler. Bu durum, birincil üretimi destekleyen tabakayı daraltarak fitoplankton aktivitesini olumsuz etkilemektedir. Deniz ekosisteminin birincil üretkenliği azalır ve besin zincirinin temeli sarsılır. Dip bitkileri ve algler ışık yetersizliği nedeniyle ölürlenir, bu durum tüm besin ağını etkiler.

Müsilaj patlamalarının en önemli sonuçlarından biri, deniz organizmalarında oksidatif stres oluşumudur. Çevresel stresörler fizyolojik dengeyi bozduğunda, reaktif oksijen türleri (ROS) üretimi ile antioksidan savunma sistemi arasında dengesizlik oluşabilir ve bu durum lipitlerde, proteinlerde ve DNA'da hücresel hasara yol açabilir. Marmara Denizi'nde Eylül 2021-Nisan 2022 döneminde dört deniz ürünü türünde (derin su pembe karidesi, dil balığı, hamsi ve istavrit) yapılan kapsamlı bir çalışmada türler arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir (Dagsuyu ve diğerleri, 2025). Derin su pembe karidesi en yüksek indirgenmiş

glutatyon (GSH) düzeyi ve en düşük lipit peroksidasyonu (LPO) düzeyi göstermiş olup, bu durum güçlü bir oksidatif stres savunmasına işaret etmektedir. Buna karşın, hamsi ve istavrit gibi pelajik türler azalmış GSH ve yükselmiş LPO düzeyleri ile değişken antioksidan enzim aktiviteleri sergilemiş, bu da çevresel strese karşı daha yüksek hassasiyet gösterdiklerini ortaya koymuştur (Dagsuyu ve diğerleri, 2025).

Müsilaj sadece yüzey sularını değil, deniz tabanını da olumsuz etkilemektedir. Yoğun müsilaj kümeleri 5-30 metre derinliklerde gözlemlenmiş ve bentik organizmaları tehdit etmiştir (Karadurmuş ve Sari, 2022). Kabuklular, yumuşakçalar, makroalgler, deniz kestaneleri ve gorgonlar gibi bentik canlılar üzerinde olumsuz etkiler raporlanmıştır. Çanakkale Boğazı'nda mercan habitatlarının gelişim düzeyi, sağlık durumu ve yaşamı ciddi şekilde tehdit altına girmiştir (Özalp, 2021).

Balıklar ve diğer hareketli deniz canlıları, müsilajdan kaçınmaya çalışsa da geniş alanlarda yayılmış müsilaj tabakaları nedeniyle yaşam alanları daralmaktadır. 2021 yılındaki müsilaj patlaması sırasında Marmara Denizi'nde yaşanan toplu ölümler, olayın şiddetini açıkça ortaya koymuştur. Kapıdağ Yarımadası kıyılarında yapılan araştırmalarda, 18 farklı aileye ait 10.164 ölü birey tespit edilmiştir (Karadurmuş ve Sari, 2022). En çok etkilenen tür, 100 m<sup>2</sup> başına 3.040 ölü birey yoğunluğuyla *Atherina sp.* (gümüş balığı) olmuştur. Bunu *Engraulis encrasicolus* (hamsi), *Spicara sp.* (isparoz), *Trachurus trachurus* (istavrit) ve *Sardina pilchardus* (sardalya) izlemiştir. Ölen türlerin %93'ünü pelajik türler oluşturmuş, bu durum müsilajın özellikle açık su balıklarını nasıl etkilediğini göstermiştir (Karadurmuş ve Sari, 2022).

Müsilaj sonrası dönemde tür zenginliği %26 (61 türden 45 türe), toplam teleost biyokütlesi ise %22 (1338,2 kg/km<sup>2</sup> den 1040,9 kg/km<sup>2</sup>'ye) oranında azalmıştır. Özellikle pelajik türlerde dramatik düşüşler kaydedilmiş, *Sprattus sprattus* biyokütlesi %99, *Engraulis encrasicolus* %98, *Sardina pilchardus* %87 oranında azalmıştır (Sarı ve Karadurmuş, 2024).

## 4.2. Balıkçılık ve Denizcilik Faaliyetlerine Etkileri

Müsilaj, balıkçılık faaliyetlerini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Balıkçıların ağlarının tıkanması, av veriminin düşmesi ve ürün kalitesinin bozulması gibi sorunlarla karşılaşmaktadır (Yentur, Büyükkateş, Özen ve Altın, 2013). 2007 yılındaki müsilaj olayının ticari balık avında önemli bir düşüşe yol açtığı ve özellikle pelajik türlerden (hamsi, uskumru, sardalya) elde edilen gelirin %90'ın üzerinde azaldığı raporlanmıştır (Keleş, Yılmaz ve Zengin, 2020). İzmit

Körfezi balıkçılığı, müsilaj sorununun en doğrudan etkilediği sektörlerden biridir. Müsilaj agregasyonları balık ağlarına yapışarak avlanma faaliyetlerini neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Balıkçılar ağlarını denize atamamakta, atabilseler bile ağlar müsilaj nedeniyle kullanılamaz hale gelmektedir. 2021 krizi sırasında balıkçılar, müsilaj nedeniyle aylarca denize açılmadıklarını ve ciddi ekonomik kayıplar yaşadıklarını ifade etmişlerdir (Karakulak, Kahraman, Uzer, Gül ve Doğu, 2023). Uzun vadeli resmi av verilerine göre, Marmara Denizi'nde 1967-2016 yılları arasında 22 ticari balık türü kaybolmuş, birim çabadaki av miktarı %90 oranında azalmıştır ve aşırı avcılık baskısı altındaki stoklar, müsilaj felaketinin olası etkileriyle daha da kötüleşme tehdidi altındadır (Sarı ve Karadurmuş, 2024).

Müsilaj, deniz taşımacılığı ve gemi operasyonlarını önemli ölçüde etkilemektedir (Uflaz ve diğerleri, 2021). Bu etkiler özellikle deniz suyu filtreleri, soğutma sistemleri, balast suyu sistemleri, acil yangın pompaları ve tanker temizlik sistemleri gibi donanımlar üzerinedir. Örneğin, deniz suyu filtresi gözeneklerinde biriken müsilaj, kısa sürede filtreleri tıkayarak deniz suyu akışını azaltmaktadır. Yetersiz deniz suyu akışı, ana makine, jeneratörler, kompresörler ve soğutma damperleri üzerinde termal strese neden olarak makine hasarlarına yol açmaktadır (Uflaz ve diğerleri, 2021). Benzer şekilde, müsilaj parçacıkları soğutma kanallarında ani tıkanmalara neden olarak soğutma rejimini bozmaktadır. Bu durum, ana makine yağlama yağı sıcaklığında ani artışa, yağlama kabiliyetinin azalmasına ve önce türbin yataklarında, ardından kol yataklarında aşınmanın hızlanmasına yol açmaktadır (Uflaz ve diğerleri, 2021). Ayrıca, özellikle kimyasal taşımacılık sektöründe, tank temizlik işlemleri için büyük miktarda suya ihtiyaç duyulmaktadır. Müsilajlı deniz suyunun sterilite sorunu nedeniyle kullanılamaması, operasyonların askıya alınmasına veya yüksek maliyetli tatlı su kullanımına yol açmaktadır (Uflaz ve diğerleri, 2021).

Deniz turizmi ve rekreasyonel aktiviteler de müsilajdan olumsuz etkilenmektedir. Kıyıları kaplayan müsilaj tabakası, plajların kullanılabilirliğini azaltmakta ve estetik açıdan rahatsızlık vermektedir. Marina işletmeleri, yelken kulüpleri ve su sporları merkezleri müşteri kaybı yaşamaktadır. Müsilajın kötü kokusu ve yapışkan yapısı, sahil bölgelerinde yaşayanların ve ziyaretçilerin deneyimini olumsuz etkilemektedir. Sahillerdeki müsilaj birikintileri estetik açıdan rahatsız edici olmasının yanı sıra, denize girmeyi imkânsız hale getirmektedir. Düşük su sirkülasyonuna bağlı olarak oluşabilecek mikrobiyal kontaminasyon riski nedeniyle, müsilajla kaplı alanlarda yüzme önerilmemektedir (Yentur ve diğerleri, 2013).

### 4.3. Halk Sağlığı Riskleri

Müsilajın insan sağlığı üzerinde doğrudan etkisi olmasa da dolaylı riskler bulunmaktadır. Düşük su sirkülasyonuna bağlı olarak oluşabilecek mikrobiyal kontaminasyon, halk sağlığı açısından endişe kaynağı oluşturmaktadır (Yentur ve diğerleri, 2013). Müsilaj, belirli mikroorganizmaları barındırabilme özelliği sebebiyle hastalık yapıcı bakterilerin daha geniş alanlara ulaşmasına katkıda bulunabilir (Danovaro ve diğerleri, 2009). Özellikle *Vibrio* türü bakteriler müsilaj ortamında çoğalabilir ve bu bakterilerle temas, enfeksiyonlara yol açabilir. Müsilajlı suda yüzme veya müsilaja doğrudan temas, cilt tahrişleri, göz enfeksiyonları ve sindirim sistemi sorunlarına neden olabilir. Ayrıca, müsilaj ortamında yaşayan balık ve diğer deniz ürünlerinin tüketimi de potansiyel sağlık riski oluşturur. Bu organizmalarda birikim gösterebilen toksinler ve patojen mikroorganizmalar, besin zinciri yoluyla insanlara ulaşabilir. Bu nedenle, müsilaj olan bölgelerden avlanan deniz ürünlerinin tüketiminde dikkatli olunması ve sağlık otoritelerinin uyarılarına uyulması önemlidir.

## 5. Mücadele Yöntemleri ve Uygulanan Stratejiler

### 5.1. Türkiye'de Uygulanan Müdahale Programları

2021 müsilaj krizi sırasında yapılan su altı araştırmaları, sorunun yalnızca yüzeyle sınırlı olmadığını ortaya koymuştur. Dalgıçların gözlemleri, deniz tabanındaki mercanların, süngerlerin ve diğer bentik organizmaların müsilaj örtüsü altında kalarak zarar gördüğünü ve öldüğünü göstermiştir. Müsilajın 0-30 metre derinlikler arasında yaygın olarak bulunduğu ve tüm Marmara Denizi'ni etkilediği tespit edilmiştir. Bu durum, balıkçılık faaliyetlerini tamamen durma noktasına getirmiş, turizm sektörünü olumsuz etkilemiş ve kıyı yerleşimlerinde kötü koku ve hijyen sorunlarına yol açmıştır.

Krizin boyutunun fark edilmesiyle birlikte, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Marmara Belediyeler Birliği'nin koordinasyonunda 4 Haziran 2021 tarihinde "Marmara Denizi'nde Müsilaj Problemi ve Çözüm Önerileri Çalıştayı" düzenlenmiş ve 6 Haziran 2021'de 22 maddeden oluşan "Marmara Denizi Eylem Planı" kamuoyuyla paylaşılmıştır. Bu plan kapsamında müsilajın fiziksel yöntemlerle temizlenmesi, atıksu arıtma tesislerinin ileri biyolojik arıtma sistemlerine dönüştürülmesi, deniz kirliliğinin önlenmesi ve bilimsel izleme çalışmalarının yoğunlaştırılması gibi acil önlemler belirlenmiştir. 13 Haziran 2021 tarihli 2021/10 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile Koordinasyon Kurulu

oluşturulmuş ve çok aktörlü bir mücadele stratejisi benimsenmiştir. Eylem planı kapsamında gerçekleştirilen acil müdahale çalışmaları şunları içermektedir:

- Deniz süpürgeleri ve özel donanımlı gemilerle yüzey temizliği
- MF1000 cihazları ile su sütununda çözünmüş oksijen artırımı (İzmit Körfezi'nde 4 adet, Pendik açıklarında 1 adet)
- Toplanan müsilajın bertaraf edilmesi
- Atıksu arıtma tesislerinin ileri biyolojik arıtma kapasitesine dönüştürülmesi
- Deşarj standartlarının güncellenmesi ve sıkılaştırılması

22 Haziran 2021 tarihinde 2021/13 sayılı Genelge ile Marmara Denizi'ne deşarj yapan atıksu arıtma tesislerinin deşarj standartları güncellenmiş ve daha katı sınır değerler getirilmiştir. Bu düzenlemeler, özellikle azot ve fosfor giderim yükümlülüklerini artırmış, arıtma tesislerinin ileri teknolojilere geçişini zorunlu kılmıştır.

TÜBİTAK ve Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) öncülüğünde yedi farklı başlıkta araştırma grupları oluşturulmuş ve müsilajın oluşum mekanizmaları, oksijen azlığı, biyoçeşitliliğe etkileri ve bertaraf yöntemleri üzerine yoğun bilimsel çalışmalar başlatılmıştır.

### 5.2. İzmit Körfezi Özelindeki Uygulamalar

İzmit Körfezi'nde müsilaj mücadelesi kapsamında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (KBB) öncülüğünde yoğun temizlik çalışmaları yürütülmüştür. Deniz süpürgeleri ile yüzeyden toplanan müsilaj miktarı yüzlerce metreküpe ulaşmıştır. Ancak temizlik çalışmalarının sadece geçici bir rahatlama sağladığı, temel nedenlere yönelik kalıcı çözümler üretilmediği takdirde müsilajın tekrar oluştuğu gözlenmiştir. Bu sebeple, yüzey temizliğinin ötesinde, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi deniz tabanındaki kirlilik kaynaklarını ortadan kaldırmaya yönelik kapsamlı bir dip çamuru temizleme projesi başlatmıştır. "Marmara Yeniden" adı verilen bu proje kapsamında, toplam 656 futbol sahası büyüklüğündeki alanda yaklaşık 8,5 milyon ton dip çamurunun denizden çıkarılması hedeflenmiştir. Projenin birinci etabında İzmit Körfezi'ndeki 92 hektarlık alandan 1 milyon metreküp çamur temizlenmiş olup, devam eden ikinci etapta 165 hektarlık alanda 1 milyon 100 bin metreküp çamurun bertaraf edilmesi planlanmıştır (KBB, 2025a). Toplamda 468 hektarlık alanı kapsayan ve 3,8 milyon metreküp dip çamurunun temizlenmesini öngören bu proje,

yıllardır deniz tabanında biriken azot ve fosfor yükünün azaltılması, oksijen seviyesinin artırılması ve biyolojik çeşitliliğin yeniden kazanılması açısından kritik önem taşımaktadır (KBB, 2025b).

Ayrıca, organize sanayi bölgelerindeki arıtma tesislerinin denetimi artırılmış, atıksu deşarj standartlarına uyum zorunlu hale getirilmiştir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Karadeniz sahil şeridinden İzmit Körfezi'ne uzanan geniş bir alanda ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri kurarak doğal kaynakların korunmasına yönelik önemli adımlar atmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Kocaeli, Avrupa Birliği müktesebatının öngördüğü hedef tarihten çok önce atıksularının tamamını biyolojik olarak arıtır hale gelmiş ve yüzde yüz biyolojik atıksu arıtma oranına ulaşmıştır. Arıtma altyapısındaki dönüşüm rakamlarla da açıkça görülmektedir: 2019 yılında 17 biyolojik ve 6 ileri biyolojik tesis bulunurken, bu sayı 2021 yılında 13 biyolojik ve 9 ileri biyolojik tesise, 2023 yılında ise 2 biyolojik ve 21 ileri biyolojik tesise ulaşmıştır (KBB, 2025c).

Öte yandan, arıtılmış atıksuların geri kazanımı projesi hem su kaynaklarının korunması hem de döngüsel ekonomi anlayışının benimsenmesi açısından önemli bir model oluşturmaktadır. Yıllık 48 milyon metreküp kapasiteye ulaşan geri kazanım suyu tesisleri sayesinde, 2023 yılında sanayi kuruluşları tarafından 15,2 milyon metreküp geri kazanım suyu kullanılmış ve bu miktar kadar içme suyu tasarruf edilmiştir. Türkiye'nin en büyük sanayi kuruluşu olan TÜPRAŞ'ın, daha önce Sapanca Gölü'nden temin ettiği suyu, artık Körfez Atık Su Arıtma Tesisi'nde inşa edilmiş olan geri kazanım tesisi ile geri kazanılmış suyla karşılaması hem yüzey sularının hem de yeraltı sularının korunmasına doğrudan katkı sağlamaktadır (İSU, 2025a).

Müsilaj riskinin etkin yönetimi için sürekli izleme ve erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi zorunludur. Bu bağlamda İSU tarafından Kocaeli'de kurulan kapsamlı

SCADA sistemleri kritik bir işlev üstlenmektedir. İçme suyu SCADA sistemi aracılığıyla 340 adet tesis, terfi merkezi, depo ve isale hattı anlık olarak izlenmekte; su kalitesi parametreleri, debi değerleri ve olası arızalar merkezi bir noktadan kontrol edilmektedir (İSU, 2025b). Atıksu SCADA sistemi ile ise 55 atıksu terfi merkezi, 14 yağmursuyu terfi merkezi, 16 atıksu arıtma tesisi, 26 adet kanalizasyon kolektör hattı, 4 adet yağmursuyu kolektör hattı ve 25 sanayi tesisi çıkışı dahil olmak üzere toplam 140 noktada atıksuyun miktarı ve kirlilik parametreleri anlık olarak ölçülmektedir. Özellikle organize sanayi bölgelerinde yer alan tesislerin etkin işletilmesi ve sürekli denetlenmesinin kritik öneme sahip olduğu düşünüldüğünde, 28 adet sanayi atık arıtma tesisinin çıkışlarına kurulan online izleme sistemi sayesinde kanala deşarj edilen atıksuların kimyasal kirlilik yükleri 7/24 takip edilmekte, yönetmelikle belirlenen limitler aşıldığında otomatik numune alma sistemi devreye girmekte ve gerekli yaptırımlar uygulanmaktadır. Meteoroloji radar görüntüleri ile entegre çalışan sistem, yağış tahminlerine göre terfi merkezlerinin önceden hazırlanmasını sağlamakta; dere ve kolektör seviyelerinin anlık izlenmesiyle aşırı yağış durumlarında taşma riskleri minimize edilmektedir (İSU, 2025c). Bu tür bir izleme altyapısı, yalnızca kriz yönetimi değil, önleyici çevre yönetimi açısından da temel bir araçtır.

2021 yılından itibaren körfez sularında sürekli izleme programları başlatılmıştır. TÜBİTAK-MAM laboratuvarlarında yapılan analizlerle su kalitesi parametreleri düzenli olarak takip edilmekte, fitoplankton kompozisyonu ve yoğunluğu izlenmektedir. Ayrıca, günümüzde İzmit Körfezi'nde müsilaj oluşumlarının erken tespiti ve izlenmesi için uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımı yaygınlaşmakta olup, özellikle su ile ilişkili spektral indeksler ve yapay zeka tabanlı derin öğrenme modellerinin başarılı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur (Yılmaz, Tonbul ve Kavzoglu, 2024). Bu izleme verileri, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve müsilaj riskinin öngörülmesi açısından değerlidir.

## 6. Sonuç ve Öneriler

İzmit Körfezi'nde gözlenen müsilaj sorunu, tek bir nedene indirgenemeyecek kadar karmaşık ve çok boyutlu bir çevresel problemdir. Bu olgu; uzun yıllar boyunca biriken besin elementi yükleri, körfezin yarı kapalı hidrodinamik yapısı, iklim değişikliği kaynaklı deniz suyu sıcaklık artışları ve meteorolojik durağanlık gibi faktörlerin birlikte etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, İzmit Körfezi'nde müsilaj sorununa yönelik kalıcı çözümler, uzun vadeli, entegre ve disiplinler arası bir yönetim yaklaşımını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede en öncelikli hedef, körfeze ulaşan azot ve fosfor başta olmak üzere besin elementi girdilerinin radikal biçimde azaltılmasıdır. Bu amaçla, tüm kent sel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin ileri biyolojik arıtım (azot-fosfor giderimi) kapasitesine kavuşturulması temel bir gerekliliktir. Kocaeli ili, Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nin karşı karşıya kaldığı çevresel tehditlere karşı çok boyutlu ve bütüncül bir mücadele stratejisi geliştirmiştir. Bu strateji, yalnızca anlık sorunlara müdahale etmekle kalmayıp uzun vadeli sürdürülebilirliği hedefleyen yapısal dönüşümleri de kapsamaktadır. Atıksu arıtma altyapısında gerçekleştirilen iyileştirmeler bu dönüşümün temel ayaklarından birini oluşturmaktadır. 2019 yılında yalnızca 6 adet olan ileri biyolojik arıtma tesisi sayısı 2023 yılında 21'e yükseltilmiştir. Bu gelişme, denize deşarj edilen kirlilik yükünün önemli ölçüde azaltılması anlamına gelmektedir. Bunun yanı sıra, tarımsal alanlarda kontrolsüz gübre ve zirai ilaç kullanımının önlenmesi, evsel atıkların kaynağında azaltılması, katı atık yönetiminin iyileştirilmesi ve yağmur suyu drenaj sistemlerinin kanalizasyon şebekelerinden ayrıştırılması, besin elementi girdilerinin azaltılmasında tamamlayıcı önlemler olarak değerlendirilmelidir.

Müsilaj riskinin etkin yönetimi için sürekli izleme ve erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi zorunludur. Körfez genelinde İSU tarafından kurulan gerçek zamanlı su kalitesi izleme istasyonları (SCADA sistemleri) ile besin tuzları, çözünmüş oksijen, klorofil-a ve bulanıklık gibi parametrelerin düzenli takibi; fitoplankton kompozisyonu ve meteorolojik değişkenlerle entegre edildiğinde, müsilaj oluşumunun önceden öngörülmesine olanak sağlayacaktır. Bu tür bir izleme altyapısı, yalnızca kriz yönetimi değil, önleyici çevre yönetimi açısından da temel bir araçtır.

İklim değişikliğinin etkilerinin giderek artması ve deniz suyu sıcaklıklarının yükselmeye devam etmesi, müsilaj sorununu gelecekte daha da karmaşık hale getirecektir. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin su kalitesi yönetim planlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Deniz yüzeyi sıcaklıklarındaki artış ve durağan meteorolojik koşulların müsilaj oluşumunu kolaylaştırıcı rolü göz önünde bulundurulduğunda, iklim senaryolarına dayalı risk analizleri, karar alma süreçlerinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır.

Körfez ekosisteminin dayanıklılığının artırılması da uzun vadeli çözümün temel bileşenlerinden biridir. Bentik habitatların iyileştirilmesi, deniz çayırları gibi kritik ekosistemlerin korunması ve balık stoklarının sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, İzmit Körfezi'nin müsilaj gibi baskılara karşı direncini artıracaktır. Ekolojik restorasyon çalışmaları, yalnızca biyolojik çeşitliliği korumakla kalmayıp, körfezin kendi kendini yenileme kapasitesini de güçlendirecektir.

Son olarak, müsilaj sorununun çözümü için politik irade ve tüm paydaşların etkin iş birliği hayati öneme sahiptir. Marmara Denizi Eylem Planı'nın kararlılıkla uygulanması ve düzenli olarak etkinliğinin değerlendirilmesi, İzmit Körfezi için özel koruma alanı statüsünün tartışılması, havza bazlı entegre su yönetimi yaklaşımının benimsenmesi ve kirletici kaynaklara yönelik caydırıcı yaptırımların uygulanması gerekmektedir. Bilimsel araştırmaların desteklenmesi ve elde edilen verilerin karar alma süreçlerine entegre edilmesi, alınan önlemlerin başarısını artıracaktır. Bunun yanında, kamusal farkındalık programlarının güçlendirilmesi, çevre eğitiminin yaygınlaştırılması ve balıkçılar başta olmak üzere etkilenen kesimler için ekonomik destek ve alternatif geçim olanaklarının geliştirilmesi de sürecin sosyal boyutunu tamamlamaktadır. İzmit Körfezi'nin gelecek nesillere sağlıklı bir ekosistem olarak aktarılabilmesi için bilim temelli, kararlı ve sürdürülebilir adımların gecikmeden atılması; benzer çevresel krizlerin tekrarlanmadığı, ekolojik açıdan dengeli bir gelecek için temel bir gereklilik olarak görülmelidir.

## Kaynakça

- Balkis-Özdelice, N., Durmuş, T. ve Balcı, M. (2021). A Preliminary Study on the Intense Pelagic and Benthic Mucilage Phenomenon Observed in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4), 414–422. doi:10.30897/ijegeo.954787
- Belando, M. D., Marín, A., Aboal, M., García-Fernández, A. J. ve Marín-Guirao, L. (2017). Combined in situ effects of metals and nutrients on marine biofilms: Shifts in the diatom assemblage structure and biological traits. *Science of The Total Environment*, 574, 381–389. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.08.197
- Carnicer, O., García-Altare, M., Andree, K. B., Tartaglione, L., Dell'Aversano, C., Ciminiello, P., ... Fernández-Tejedor, M. (2016). *Ostreopsis cf. ovata* from western Mediterranean Sea: Physiological responses under different temperature and salinity conditions. *Harmful Algae*, 57, 98–108. doi:10.1016/j.hal.2016.06.002
- Chin, W.-C., Orellana, M. V. ve Verdugo, P. (1998). Spontaneous assembly of marine dissolved organic matter into polymer gels. *Nature*, 391(6667), 568–572. doi:10.1038/35345
- Çokacar, T., Altıok, H., Mutlu, S., Yüksek, A., Ediger, D. ve Partal, F. B. (2024). Alterations of the Physical and Biochemical Structure in the Izmit Bay Following the Blockage Events at the Istanbul Strait. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(12). doi:10.4194/TRJFAS26712
- Dagsuyu, E., Can-Tuncelli, I., Yanardag, R., Erkan, N., Dogruyol, H., Ulusoy, S., ... Ucol, D. (2025). Environmental stress responses to marine mucilage: Oxidative damage in economically important seafood from the Sea of Marmara. *Environmental Pollution*, 374, 126266. doi:10.1016/j.envpol.2025.126266
- Danovaro, R., Fonda Umani, S. ve Pusceddu, A. (2009). Climate Change and the Potential Spreading of Marine Mucilage and Microbial Pathogens in the Mediterranean Sea. *PLoS ONE*, 4(9), e7006. doi:10.1371/journal.pone.0007006
- Ergül, H. A., Aksan, S. ve İpşiroğlu, M. (2018). Assessment of the consecutive harmful dinoflagellate blooms during 2015 in the Izmit Bay (the Marmara Sea). *Acta Oceanologica Sinica*, 37(8), 91–101. doi:10.1007/s13131-018-1191-7
- Ergül, H. A., Balkis-Ozdelice, N., Koral, M., Aksan, S., Durmuş, T., Kaya, M., ... Canlı, O. (2021). The early stage of mucilage formation in the Marmara Sea during spring 2021. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 27(2), 232–257.
- Eyüboğlu, H. ve Eyüboğlu, Ö. (2020). İzmit Körfezi'nde Çevresel Baskıların Etkileri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(1), 25–37. doi:10.35229/jaes.649669
- Hasanoglu, S. ve Göktaş, R. K. (2022). Fugacity-based analysis of polycyclic aromatic hydrocarbon pollution in Izmit Bay, Turkey: An analytical framework for assessment with limited data. *Marine Pollution Bulletin*, 182. doi:10.1016/j.marpolbul.2022.113990
- İSU, Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (Erişim: 26.12.2025a). Kullanılmış Su Geri Dönüşümü. <https://www.isu.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=329>
- İSU, Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (Erişim: 26.12.2025b). İçmesuyu SCADA Sistemi. <https://www.isu.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=253>
- İSU, Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (Erişim: 26.12.2025c). Atıksu SCADA Sistemi. <https://www.isu.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=37>
- Karadurmuş, U. ve Sari, M. (2022). Marine mucilage in the Sea of Marmara and its effects on the marine ecosystem: Mass deaths. *Turkish Journal of Zoology*, 46(1), 93–102. doi:10.3906/zoo-2108-14
- Karahan, A., Deliceirmak, S., Esti, M., Tezcan-Kalkan, E., Öztürk, E. ve Örek, H. (2026). Microbial and environmental interactions of the 2021 mucilage event in the Sea of Marmara. *Regional Studies in Marine Science*, 93, 104619. doi:10.1016/j.rsma.2025.104619
- Karakulak, F. S., Kahraman, A. E., Uzer, U., Gül, B. ve Doğu, S. (2023). Müsilajın Marmara Denizi Balıkçılığına Etkisi. *Marmara Denizi'nin Müsilaj Sorunu* içinde (ss. 197–220). Istanbul University Press. doi:10.26650/B/İS32.2023.002.09
- Kavzoglu, T. ve Goral, M. (2022). Google Earth Engine for Monitoring Marine Mucilage: Izmit Bay in Spring 2021. *Hydrology*, 9(8), 135. doi:10.3390/hydrology9080135
- Keleş, G., Yılmaz, S. ve Zengin, M. (2020). Possible economic effects of musilage on Sea of Marmara fisheries. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences*, 4(2), 173–177.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (Erişim: 26.12.2025a). İzmit Körfezi Dip Çamuru Temizliği. <https://www.kocaeli.bel.tr/hizmet/izmit-korfezi-dip-camuru-temizligi-90.html>
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (Erişim: 26.12.2025b). Bu çalışma ülkemiz adına gurur kaynağı (haber formatı). <https://www.kocaeli.bel.tr/haber/bu-calisma-ulkemiz-adina-gurur-kaynagi-49685.html>
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (Erişim: 26.12.2025c). Atık Su Arıtma. <https://www.kocaeli.bel.tr/hizmet/atik-su-aritma-220.html>
- Kömüşçü, A. Ü., Aksoy, M. ve Dogan, O. H. (2022). An Analysis of Meteorological Conditions in Relation to Occurrence of the Mucilage Outbreaks in Sea of Marmara, March-June 2021. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 9(3), 126–145. doi:10.30897/ijegeo.1037842
- Kraus, R. ve Supić, N. (2015). Sea dynamics impacts on the macroaggregates: A case study of the 1997 mucilage event in the northern Adriatic. *Progress in Oceanography*, 138, 249–267. doi:10.1016/j.pocean.2015.06.005
- Mecozzi, M., Pietroletti, M., Scarpiniti, M., Acquistucci, R. ve Conti, M. E. (2012). Monitoring of marine mucilage formation in Italian seas investigated by infrared spectroscopy and independent component analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(10), 6025–6036. doi:10.1007/s10661-011-2400-4
- Morkoç, E., Okay, O. S., Tolun, L., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H. ve Legoviç, T. (2001). Towards a clean İzmit Bay. *Environment International*, 26(3), 157–161. doi:10.1016/S0160-4120(00)00103-3

- Okay, O., Tolun, L., Tellî-Karakoç, F., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H. ve Morkoç, E. (2001). İzmit Bay (Turkey) Ecosystem after Marmara Earthquake and Subsequent Refinery Fire: the Long-term Data. *Marine Pollution Bulletin*, 42(5), 361-369. doi:10.1016/S0025-326X(00)00163-6
- Oral, H. V. (2023). Environmental Statistical Analysis on the Impacts of Marine Mucilage on some Seawater Quality Parameters. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 10(1), 153-160. doi:10.30897/ijegeo.1187859
- 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.
- Öztürk, İ. D. ve Ediger, D. (2023). Effects of mucilage on the optical properties of water column in the Sea of Marmara. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 29(1), 73-86.
- Polat, A. B., Sanlı, F. B. ve Akcay, O. (2022). The relationship between mucilage covered areas and chlorophyll-a concentration: The sea of Marmara case. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 40(3), 673-684.
- Ricci, F., Penna, N., Capellacci, S. ve Penna, A. (2014). Potential environmental factors influencing mucilage formation in the northern Adriatic Sea. *Chemistry and Ecology*, 30(4), 364-375. doi:10.1080/02757540.2013.877004
- Sarı, M. ve Karadurmuş, U. (2024). Post-mucilage status of the teleost fish assemblages in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Zoology*, 48(3), 154-164. doi:10.55730/1300-0179.3170
- Savun-Hekimoğlu, B. ve Gazioğlu, C. (2021). Mucilage Problem in the Semi-Enclosed Seas: Recent Outbreak in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4), 402-413. doi:10.30897/ijegeo.955739
- Svetličić, V., Žutić, V., Radić, T. M., Pletikapić, G., Zimmermann, A. H. ve Urbani, R. (2011). Polymer Networks Produced by Marine Diatoms in the Northern Adriatic Sea. *Marine Drugs*, 9(4), 666-679. doi:10.3390/md9040666
- Telli-Karakoç, F., Tolun, L., Henkelmann, B., Klimm, C., Okay, O. ve Schramm, K.-W. (2002). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) distributions in the Bay of Marmara sea: İzmit Bay. *Environmental Pollution*, 119(3), 383-397. doi:10.1016/S0269-7491(01)00341-4
- Tufekçi, V., Balkis, N., Polat Beken, Ç., Ediger, D. ve Mantıkçi, M. (2010). Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology*, 34(2), 199-210. doi:10.3906/biy-0812-1
- Turk, V., Hagström, Å., Kovač, N. ve Faganeli, J. (2010). Composition and function of mucilage macroaggregates in the northern Adriatic. *Aquatic Microbial Ecology*, 61(3), 279-289. doi:10.3354/ame01447
- Uflaz, E., Akyüz, E., Bolat, F., Bolat, P. ve Arslan, Ö. (2021). Investigation of the effects of mucilage on maritime operation. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 27(2), 140-153.
- Yentur, R. E., Büyükkateş, Y., Özen, Ö. ve Altın, A. (2013). The Environmental and Socio-Economical Effects of a Biologic Problem: Mucilage. *Marine Science and Technology Bulletin*, 2(2), 13-15.
- Yılmaz, E. O., Tonbul, H. ve 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. doi:10.1007/s00477-023-02560-8

# Afetlere Müdahalede Sivil Toplum Örgütlerinin Rolü: 2021-Marmaris Yangını Örneği

## The Role of Civil Society Organizations in Disaster Response: The Case of the 2021-Marmaris Fire

**Prof. Dr. Fatma Neval GENÇ**

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İİBF Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Aydın, Türkiye.

fngenc@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0003-2014-2113

**Sinem BAYAR**

Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Uzmanı

Makale Türü:

**ARAŞTIRMA**

Gönderilme Tarihi:

**21 Aralık 2025**

Kabul Tarihi:

**28 Ocak 2026**

### Öz

Bu çalışmada, kamu yönetimi ve afet yönetimi perspektifinden orman yangınlarında sivil toplum örgütlerinin rolü konu edilmiştir. Türkiye’de orman yangınlarını önleme ve yangınla mücadelede sorumlu kurumsal yapılanma nedeniyle, bu olaylara daha çok kriz ve acil müdahale perspektifinden bakılmaktadır. Oysa yangınlar; sadece tek bir aşamaya odaklanan kriz yönetimi anlayışından ziyade, afet yönetiminin risk analizi, zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme evrelerini kapsayan bütünlük bir yaklaşımla ele alındığı takdirde başarıyla yönetilebilir.

Buradan hareketle, çalışmada afet yönetiminde başarı unsurlarından biri olan etkili koordinasyon ve işbirliğinin öneminden yola çıkarak “afet yönetimi” perspektifinden sivil toplum örgütlerinin rolü 2021-Marmaris Orman yangını örneğinde incelenmektedir. Bu kapsamda yangına müdahale sürecinde yer alan kurumların rollerini, koordinasyon ve işbirliği durumlarını, bu süreçte yaşadıkları sorunları analiz etmek bu sürece dair çözüm alternatifleri geliştirmek amaçlanmıştır. Çalışmada öncelikle afet yönetiminde gönüllülük, sivil toplum örgütlerinin rolü, koordinasyonun önemi üzerinde durulduktan sonra, 2021-Marmaris orman yangınında müdahale sürecinde görev yapan 5 farklı sivil toplum örgütü temsilcisi ile yarı yapılandırılmış görüşme formu çerçevesinde görüşme yapılmış, bu süreçte yaşadıkları sorunlar, nedenleri ve çözüm önerileri ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Afet, Müdahale, Koordinasyon, Gönüllülük, Sivil Toplum, Marmaris Yangını.

### Abstract

*This study examines the role of civil society organizations in forest fires from the perspectives of public administration and disaster management. In Turkey, due to the influence of the institutional structure responsible for forest fire prevention and response, fires are viewed primarily from a crisis and emergency response perspective. However, fires, fire risks, and emergencies are events that can be successfully managed by approaching them from the risk and crisis management dimensions of the disaster management process, including risk analysis and reduction, intervention, recovery, and preparedness stages, rather than from a crisis management approach that focuses on only one stage.*

*Based on this, the study examines the role of civil society organizations from a “disaster governance” perspective, drawing on the importance of effective coordination and cooperation, which is one of the success factors in disaster management, using the example of the 2021 Marmaris Forest Fire. Within this scope, the aim is to analyze the roles of the institutions involved in the fire response process, their coordination and cooperation, and the problems they encountered during this process, and to develop alternative solutions for this process. The study first focuses on voluntarism in disaster management, the role of civil society organizations, and the importance of coordination. Subsequently, semi-structured interviews were conducted with representatives of five different civil society organizations involved in the response process during the 2021 Marmaris forest fire. The challenges they faced, their causes, and proposed solutions were identified during this process.*

**Keyword:** Disaster, Response, Coordination, Volunteerism, Civil Society, Marmaris Fire.

## Giriş

Nüfus artışı, sağlıksız kentleşme, iklim krizi gibi farklı nedenlerle sıklığı ve şiddeti artan afetlerde her yıl binlerce insan hayatını kaybederken, can ve mal kayıpları da artmaktadır. Coğrafya, gelişmişlik durumu, yerleşme ve kentleşme durumu afetlerin görülme sıklığını ve neden olabileceği hasarın boyutunu etkilerken, genel anlamda afet yönetiminin başarısında afetin öncesinde risk azaltımı ve hazırlık, hızlı ve etkin müdahale en kısa sürede normal yaşama geri dönebilme kapasitesi büyük önem taşır. Bu anlamda afet yönetiminin başarısı güçlü bir ekonomi, afetler konusunda uzman, kurumsallaşmış yasal, örgütsel, mali ve teknolojik altyapı, hazırlıklı kurumlar, bilinçli bir sosyal ve kültürel yapı, yönetim anlayışı çerçevesinde işbirliği halinde çalışan ulusal, yerel kamu kurumları, özel sektör ve sivil toplu örgütlerinin bulunması ile yakından alakalıdır. Bu faktörlerin içinde işbirliği ve koordinasyon, yaşanmış afet tecrübelerinden de takip edilebileceği gibi, en önemlilerinden biridir.

Afetler içinde iklim değişikliğine bağlı afetlerin sıklığı giderek artmaktadır. Bunlar içinde yangınlar, neden oldukları tahribat açısından dikkat çekmektedir. Yangınların artık istisnai olaylar, krizler değil, sosyal-ekolojik sistemlerin kalıcı bir bileşeni haline gelmişlerdir. Orman yangınlarıyla mücadelede teknik müdahale merkezli yaklaşımlardan, risk azaltma, hazırlık, yerel kapasite geliştirme ve yönetim temelli bütüncül stratejilere geçilmesi gerekmektedir. Dünya genelinde artan orman yangınlarının sıklığı, şiddeti ve etkileri karşısında, geleneksel yangın yönetimi yaklaşımları yetersiz kalmaktadır. Yerel halkın katılımı, toplum temelli yangın yönetimi, çok aktörlü yönetim, planlı arazi kullanımı, önleyici yaklaşımlar ile mümkün olabilecektir (Tahacker vd., 2023). Orman yangınlarının iklim kriziyle bağlantılı yeni bir afet türü olarak ele alınması gerekmektedir. Bu da ancak yönetim ve toplumsal katılım ile geliştirilen yaklaşımlarla mümkündür. Yangınlara karşı etkili mücadele, yalnızca söndürme kapasitesinin artırılmasıyla değil, toplumsal dirençliliğin güçlendirilmesiyle sağlanabilir (Smith vd., 2016).

Türkiye de afetlerin sık yaşandığı bir ülkedir. Nitekim 17 Ağustos 1999 ve 6 Şubat 2023 depremleri ülkemizin afet tehlike ve risklerini, neden olabileceği sonuçları en şiddetli biçimde göstermiştir. Bu sebeple afetlere hazırlık, Türkiye gibi ülkeler için sosyo-ekonomik kalkınma ile de alakalı öncelikli kamu politika alanlarından biri olarak düşünülme durumundadır.

Deprem dışında Türkiye için diğer afet tehlike ve riskleri de söz konusudur. Örneğin iklim değişikliğinin etkileri üzerine yapılan projeksiyonlarda bu değişimlerden Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz Havzası'nın daha şiddetli biçimde etkileneceği öngörülmektedir. İklim krizine bağlı olarak sel, yangın, fırtına gibi doğa kaynaklı afetlerin sayısının ve şiddetinin artması; yağış düzeninin değişiklik göstermesi, sıcak hava dalgaları nedeniyle istilacı türlerin ortaya çıkması ve salgın hastalıkların görülme sıklığının artması gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Nitekim 2021 yazında Türkiye, tarihinin en büyük orman yangınlarından birine tanıklık etmiştir. Muğla-Marmaris'te başlayan yangın, sıcak hava dalgası, düşük nem oranı ve kuvvetli rüzgârın etkisiyle hızla büyümüş, günlerce kontrol altına alınamamış ve büyük tahribat yaratmıştır.

Bu çalışmanın amacı, kamu yönetimi alanından, afet yönetimi perspektifinden afetlerde müdahalede koordinasyonun önemini 2021-Marmaris Yangını örneği üzerinden analiz etmek, bu süreçte yer alan sivil toplum örgütlerinin rollerini, koordinasyon ve işbirliği durumlarını, bu süreçte yaşadıkları sorunları analiz etmek bu sürece dair çözüm alternatifleri geliştirmektir.

Türkiye'de orman yangınlarını önleme ve mücadeleden de sorumlu kurumsal yapılanma (Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü vb.) ve mevzuat<sup>1</sup> bulunmakla beraber, artan yapılaşma, iklim krizi ve diğer faktörlerin etkisi ile yangınla mücadelenin de bu yeni durumlara uygun planlanması ve uygulanması ihtiyacı vardır.

Yangınlar, yangın riskleri, acil durum, sadece bir aşamaya odaklanan kriz yönetimi yaklaşımından ziyade afet yönetimi sürecinin risk ve kriz yönetimi boyutları ile; risk analizi ve azaltımı-müdahale-iyileştirme-hazırlık aşamaları ile yaklaştığı takdirde başarılı şekilde yönetilebilecek olaylardır (Savaş ve Genç, 2021). Bununla çalışmada birlikte afet yönetiminde başarı unsurlarından biri olan etkili koordinasyon ve işbirliğinin öneminden yola çıkarak afet yönetiminde çok sektörlü yapılanmayı anlatan “afet yönetimi” perspektifinden değerlendirmeler yapılmaktadır.

<sup>1</sup> 6831 sayılı Orman Kanunu, Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Görevlilerin Görevleri İşler Hakkında Yönetmelik (1976), Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları, Orman Yangınlarını Söndürme Çalışmaları Esnasında Ölenlere ve Sakatlananlara Ödenecek Tazminatı İlişkin Yönetmelik (2004), Orman Yangınlarıyla Mücadelede Görev Yapan Gönüllüler Hakkında Yönetmelik (2019).

Bu kapsamda çalışmada öncelikle afet yönetiminde gönüllülük, sivil toplum örgütlerinin rolü, koordinasyonun önemi üzerinde durulmuştur. Ardından 2021-Marmaris orman yangınında müdahale sürecinde görev yapan seçilmiş sivil toplum örgütlerinin yöneticileri ile yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilmiştir. Yangında kamu kurumları, yerel yönetimler kadar sivil toplum örgütleri ve gönüllüler de müdahale sürecinde rol almışlardır. STK'lar kamu kurumlarıyla koordinasyon, kaynakların, araç, gereç ve malzemenin yönetimi, halkla iletişim, afet sonrasında iyileştirme süreçleri gibi pek çok konuda role ve bilgiye sahiptir. Bu çerçevede literatür taraması ve nitel araştırmaya dayanan çalışmada, müdahale sürecine katılan yerel aktörlerin perspektifinden algılarının, deneyimlerinin olayın yönetimi, diğer kurum ve aktörlerle etkileşim süreçleri ve karar alma bağlamındaki öznel deneyimlerinin derinlemesine anlaşılması amaçlanmaktadır.

Çalışmada müdahale sürecinde aktif şekilde, farklı koordinasyon ağları içinde rol almış ve yangın öncesinde de yerelde faaliyet gösteren STK'lar örneklem olarak seçilmiştir. Bunun amacı, afet öncesinde bölgeye dair yerel bilgi birikimine de sahip olmalarıdır. Bu kapsamda 5 yerel sivil toplum örgütünün temsilcisi ile yarı yapılandırılmış görüşme formu çerçevesinde görüşme yapılmış, bu süreçte yaşadıkları sorunlar, nedenleri ve çözüm önerileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. 5 yerel sivil toplum örgütünü hedef örneklem, amaçsal örnekleme stratejisi ile almakla olaya dair bir genellemeden ziyade söz konusu olay özelinde ayrıntılı betimleme yapmak, olayı anlamak amaçlanmıştır. Diğer yandan görüşmelerden tekrar eden temaların ortaya çıkması, görüşmelerle belirli bir doygunluğa sağlandığını da işaret etmektedir. (Bkz Guest vd., 2006). Yarı yapılandırılmış görüşme formu, çalışmanın amacına uygun biçimde önceden belirlenmiş ana temalar etrafında yönlendirilmiş soru seti sunarken, katılımcıların görüşlerini detaylandırmasına ve esnetilmesine fırsat tanımıştır. Toplanan veriler tematik analiz tekniği ile çözümlenmiştir. Bu şekilde elde edilen verilerdeki temel tema ve alt temalar tespit edilerek aktör deneyimleri kavramsal olarak yapılandırılmaya çalışılmıştır.

## 1. Literatür İncelemesi

Literatürde sosyal bilimler alanında 2021-Marmaris orman yangınına konu alan çalışmalar daha ziyade ekonomik etkileri üzerinde durmaktadır. Örneğin Coşandal ve Patigöç (2022) 2021-Muğla ve Marmaris yangınlarının turizm üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Buna göre Covid-19 krizinin ardından bölgede meydana gelen yangın işletmelerin büyük bölümünün kapanması ve müşterilerin tahliye edilmesine bağlı olarak ekonomik kayıplar oluşmuştur. Sarı ve Karaoğlan (2024) Marmaris'te yangından en fazla etkilenen Osmaniye, Bayır, Hisarönü, İçmeler, Turgut, Orhaniye, Turunç ve Yeşilbelde'de yaşayan vatandaşlar üzerine yaptıkları çalışmada, yangınlardan en çok orman köylerinde yaşayan ve geçimini ormandan sağlayanların etkilendiği, bunların geçim kaynaklarında değişiklikler meydana gelmesi ve ekonomik yönden gelir kaybı yaşamalarının yanında sosyal açıdan da bazı zorluklar yaşadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin; defne, adaçayı, kekik vb. satarak geçimini sağlayan insanlar ve arıcılar ekonomik yönden doğrudan etkilenmişlerdir.

Bu çalışma ile orman yangınlarında gönüllülük ve sivil toplumu konu edinmesi açısından benzer bir çalışma, Çar ve Akyol'a aittir (2024). Yazarlar çalışmalarında ormancılık mevzuat ve literatürüne yeni giren bir kavram olarak gönüllülük sistemini değerlendirilmiş, bu kapsamda orman yangını gönüllüsü eğitimi almış kişilerle ve Orman Genel Müdürlüğü'nün farklı kademelerinde çalışan ve orman yangınları yönetiminde tecrübeli personel ile anket ve mülakatlar gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada gönüllülerin yangınların nedenleri, zorluk derecesi vb. hakkında görüşleri, yangınlarla mücadele yöntemi yanında, yangında hangi alanlarda görev yaptıkları sorulmuş, uzmanlara da yangındaki görevleri, eğitim, tatbikat, eylem planlarının yeterliliğine, yangın yönetiminde ilgili aktörler ve merkezin, yangın yönetim aracının yeri ve özelliklerine, yangın ekipmanlarına, gönüllü katılımına, yangına müdahalede karşılaştıkları güçlüklerle dair görüşleri sorulmuştur.

Benzer şekilde Ergün (2023) çalışmasında orman yangınlarında gönüllülüğün önemini vurgulanmaktadır. Köşer ve Aslan (2023) çalışmalarında 2021'deki Akdeniz orman yangınlarında

yaşanan tahliye zorluklarını, olay yerinde çalışan gönüllü arama kurtarma ekip üyeleri üzerinde yaşadıkları deneyim, karşılaştıkları kolaylıklar ve zorlukları (STK bünyesinde yer almamak, yardım malzemelerinin fazlalığı, dağıtımının iyi organize edilmemesi, suiistimal edilmesi, tam ihtiyaç bölgesine ulaşamaması, katılımcıların bazılarının eğitimsiz olması, teçhizatlarının yetersiz olması, sayıca fazla ve kontrolünün güç olması, kendilerini riske atmaları, STK'ların kendi aralarında yaşadıkları çatışmalar, koordinasyon sorunları), tahliye zorlukları (mekânsal bağlılık, yaş, daha çok yardım bekleme vb.), vatandaştan kaynaklanan zorluklar (bilinçsizlik, asılsız ihbar, mekana bağlılık, kurumlara güvensizlik vb.) araştırdıkları çalışmayla ortaya koymuşlardır.

Literatürde de kamu yönetimi, afet yönetimi perspektifinden yangınları konu alan çalışmaların sayısı azdır. Bu bakış açısından örnek çalışmalardan birinde Savaş ve Genç (2023), 2021-Manavgat Yangınları üzerine yaptıkları çalışmada kriz ve afet yönetiminde koordinasyonun öneminden hareketle 2021 Manavgat Orman Yangınlarında koordinasyonun nasıl sağlandığı, bu alanda yaşanan sorunlar, müdahale sürecine katılan kurumların temsilcileriyle (AFAD, Orman Bölge Müdürlüğü, itfaiye, sivil toplum örgütleri, gönüllüler) yapılan yarı yapılandırılmış görüşme ile incelenmiştir.

## 2. Afetlerde Sivil Toplumun Rolü ve Koordinasyon

Başarılı afet yönetimi sürecinin en önemli unsurlarından biri, afet yönetimi bakış açısıyla afet yönetiminin her aşamasından yerel halk, sivil toplum örgütleri, özel sektör gibi ilgili aktörleri sürece dahil etmektir. Bu anlamda sivil toplum örgütlerinin afet yönetimi sürecine etkin şekilde dahil edilmesi afet yönetiminin başarısını artırmaktadır.

Zira afetler sıklıkla, tür itibarıyla karmaşıktıkça, afet yönetiminde sorumlu kamu kurumlarının kapasitesini<sup>2</sup> aşan bir durum ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan kamu dahil, halk, sivil toplum, özel sektör ve ilgili tüm aktörlerin hazırlıklı olması afet yönetiminde başarıyı etkilemektedir.

Yerel sivil toplum örgütleri, bölgeyi, afet risklerini, ve sosyo kültürel yapıyı en iyi bilen kesim iken büyük ölçekli afetlerde uluslararası sivil toplum örgütleri kapasite ve uzmanlık bilgisi ile destek sağlamaktadır (Genç, 2007). Bu çerçevede ve 1999, 2023 depremlerinde somut biçimde görüldüğü gibi sivil toplum örgütleri özellikle müdahale ve afet sonrası dönemde kısa, orta ve uzun vadede bu sürecin önemli bir parçasıdır. Müdahale sürecinde sivil toplum örgütleri arama

ve kurtarma süreçlerinde, barınma, yiyecek vb ihtiyaçların temininde, dağıtımında önemli roller üstlenmişlerdir.

Gönüllülük ve sivil toplum mekanizması sadece depremler değil, sıklığı artan sel, yangın gibi afetlerde de daha görünür hale gelmiştir. Bu örneklerden de hareketle, mevzuatta bazı düzenlemeler yapılmıştır. Orman yangınlarıyla mücadelede gönüllülerin hukuki haklarını düzenlemek ve denetim, çalışma, sorumluluk, görev, eğitim, araç gereç ve kıyafetleri ile ilgili düzenleme yapmak amacı ile 6831 sayılı Orman Kanunu'na dayanarak Orman Yangınlarıyla Mücadelede Görev Yapan Gönüllüler Hakkında Yönetmelik (2019) hazırlanmıştır.

Afetlerde koordinasyon, müdahale süreçlerinin etkinliği ve verimliliği açısından hayati öneme sahiptir. Koordinasyon, farklı kurum ve kuruluşların, iletişim halinde olması, bilgi paylaşımı ve ortak kaynak ve teknoloji yönetimi, ortak eğitim ve tatbikatlar gibi yöntem ve araçlarla uyum içinde çalışmasını sağlar ve afet yönetiminin her aşamasında başarısını arttırır (İsbir ve Genç, 2008a; İsbir ve Genç, 2008b).

Bu anlamda koordinasyon afet öncesinde sorumlu uluslararası, ulusal, yerel örgütler kamu kurumları, özel sektör ve sivil toplum örgütlerinin birbirinden haberdar, iletişim ve işbirliği halinde olmasını, işbirliği ve koordinasyonunun afet öncesinde tanımlanmış, eğitim ve tatbikatlarla denenmiş, iletişim teknolojileri ile desteklenmiş, güncel ve hazır tutulmasını gerektirir. Böyle bir yapı var ise, afet anında hızlıca müdahalesi; ilgili aktörlerin/kurumların afet anında hızlı ve etkili bir şekilde hareket edebilmesi, bilgi akışının kesintisiz olması, kaynakların doğru zamanda ve doğru yere yönlendirilmesi mümkün olabilir. Afet sonrası kısa ve uzun vadede de tüm kurumların, gönüllülerin bölgede koordinasyonu, yapılacak işlerin belirlenmesi ve görevlendirmelerin yapılması gibi konular etkin işbirliği ve koordinasyonu gerektirmektedir (Genç, 2021a, 2021b).

Afet ve kriz durumlarında koordinasyon sorunlarının temel sebepleri şöyle sıralanabilir (Savaş ve Genç, 2023); i) Afet müdahale operasyonlarına katılan grupların bilgi, eğitim, faaliyet, müdahale kapasitesinin farklı olması; ii) Olağan dönemlerde de afetlere müdahale görevli kurumların, birbirleriyle nasıl bağlantı kuracaklarını belirleyen standartlar, ilkeler, davranış kurallarının yeterli olmaması, bağlantılarının olmaması, birbirlerinden haberdar olmamaları, iii) Örgütlerin farklı örgütsel yapılara, çalışma şekillerine, hiyerarşik ilişkilere sahip olmaları; deneyim ve hazırlık seviyelerinin farklı olması, örgütler arasındaki rekabet, örgütlerin birlikte çalışma tecrübesinin olmaması; afet bölgesinin ve yerel koşulların

<sup>2</sup> Orman yangınları özelinde değerlendirildiğinde, OGM'de görevli personel sayısının ülkenin yüzölçümüne ve orman varlığı düşünüldüğünde yetersiz olması, OGM'nin 2021 yılı için hedeflediği 100 bin gönüllü hedefine ulaşamaması, sayının 2023 için 13.400 kişi olması olumsuz olarak değerlendirilmektedir. Diğer taraftan diğer ülkelere bakıldığında, Örneğin ABD' itfaiyecilerin %67'si, Almanya'da %90'ı gönüllülerden oluşmaktadır. Japonya gibi 800 bin civarında gönüllü itfaiyecisi olan bazı ülkelerde bu gruplar özellikle ulaşılması güç, dağlık bölgelerdeki müdahalelerde önemli rol üstlenmektedir (Ergün, 2023).

uluslararası sivil toplum örgütlerinin bazıları için yeni olması, bölgenin ve özelliklerinin bilinmemesi; örgütlerin gerek stratejik gerekse operasyonel seviyede koordinasyonun getireceği ek maliyetlerden kaçmak istemesi, iv) Afet durumlarında bilginin, kaynakların yanlış yönetilmesi, etkin olmayan iletişim; v) Çok sayıda örgütün katılımına paralel biçimde bilgi paylaşımı, kurtarma planları konusunda müzakere, uzlaşma, koordinasyon, hesap verebilirlik gibi sorunların yaşanması, vi) Müdahale sürecinde afetin doğası gereği ortaya çıkan güçlükler; kayıplar, altyapı sistemlerinde çökme, hızlı ve zamanında müdahale etme gereği, iletişim ve ulaşım sistemlerinin işlemez hale gelmesi; çok sayıda yerli ve yabancı yardım örgütünün bölgeye girmesi, önceden hazırlanmış olan planların, ortaya çıkan acil durumla nadiren birebir aynı özellikler göstermesi, vii) Uluslararası hukukta uluslararası afet müdahalelerinde uygulanacak, yasal ve kurumsal çerçeveyi belirleyen kuralların sınırlı, oluşturulmamış veya dağınık durumda olması; yardım örgütlerinin birbirleriyle, ulusal kamu kurumları ve kolluk kuvvetleriyle koordinasyon ve işbirliği yapmada güçlük çekmeleri; yardım edilen ülkeyle uluslararası yardımı yapacak ülkelerin afet yönetim sistemlerindeki farklılıklardan, yardım edilen ülkenin afet yönetim kapasitesinden, ulusal afet yönetim mevzuatının olup olmamasından kaynaklanan sorunlar; uluslararası müdahaleye katılan örgütlerin yasal ve kurumsal yapı, örgüt kültürü, personel yapısından kaynaklanan ve ortak hareket etmelerini güçleştiren sorunlar.

Bununla beraber genel olarak Türkiye’de yangın yönetimine dair sorunlardan da söz edilebilir (Güngöroğlu vd., 2024) i) görev alanı sorunları (yangına müdahale konusunda OGM, belediye itfaiyesi görev alanları); görev ve yetki alanları çatışması, organizasyon ve koordinasyon sorunları, orman, tarım, mera, yerleşim alanlarının iç içe girmiş olması (kombine yangınlar); ii) yangının nedenine bağlı sorunlar (kırsal alanda yerleşimin artması, mahalleye dönüşen köyler vb.); “yangın mükellefligi” ve gönüllülük sistemine dair sorunlar: sayının istenen seviyeye ulaşmamış olması (yangın gönüllüsü eğitim almadığı ve kişisel koruyucu donanımlara sahip olmadıkları gereğiyle yöre halkının yangınlara müdahalesinin kolluk kuvvetlerince engellenmesi, gönüllülerden faydalanma şekli konusunda belirsizliklerin mevcut olması); iii) yasal düzenlemeler (mevzuat ne kadar güçlü olursa olsun, idari tedbirlerdeki eksiklikler, mevzuatta katılımcılık ve eğitim gibi önleyici hükümlerin yetersizliği, kayıtların düzenli biçimde tutulmaması); iv) kamuoyunun farkındalığının eksikliği, v) personel ve çalışma sorunları, vi) yangına dirençli ormanlar ve yerleşimlerin oluşturulması, vii) hava araçları sorunları, viii) ormanlık alan veya yakınındaki tesislerle ilgili yangın sorunları, ix) yanan alanlarda ekosistem hizmet ve ürünlerine dayalı sorunlar (Ergün, 2023).

### 3. Marmaris Orman Yangınlarında Sivil Toplum Örgütlerinin Rolüne Dair Bir Araştırma

2021 yılı içinde Türkiye’de 2.793 adet orman yangını çıkmış ve bu yangınlarda 139.503 hektar orman alanı zarar görmüştür. 2021 orman yangınlarında 139.503 hektar alanın yandığı görülmektedir. Bu alan 2008-2020 yılları arasında yanan toplam alandan (98.950 hektar) daha fazladır. 2021 ve 2022 yıllarında meydana gelen büyük yangınlar, geniş alanların yanmasına neden olmuştur. 2021 yılında meydana gelen yangınlar sebebiyle Antalya, Mersin, Osmaniye, Adana ve Muğla’nın bazı ilçeleri “Genel Hayata Etkili Afet Bölgesi” ilan edilmiştir.

Muğla’nın Marmaris İlçesi, son yıllarda büyük orman yangınlarına sahne olmuş ve bu yangınlar tarım arazileri ve yerleşim yerlerine zarar verirken bölgenin ekosistemi, ekonomisi ve sosyal yapısı üzerinde ciddi etkiler bırakmıştır. Yangından 435 çiftçi yangından doğrudan zarar görürken 6.354 baş hayvan telef olmuştur. Yangınlar sadece çevresel tahribata yol açmamış, aynı zamanda ekonomik faaliyetleri de olumsuz etkilemiştir. Marmaris, Türkiye’nin önemli çam balı üretim merkezlerinden biridir ve bu yangınlar arıcılık faaliyetlerine büyük zarar vermiştir. Yanan ormanlık alanlar, bölgedeki biyolojik çeşitliliği tehdit etmiş ve birçok hayvan türünün yaşam alanlarını yok etmiştir. 28 Temmuz-4 Ağustos 2021 tarihleri arasında meydana gelen yangınlardan en çok etkilenen bölgelerden biri de Marmaris’tir. Muğla genelinde toplam 52.219,5 hektar ormanlık alan zarar görürken, bunun büyük bir bölümü Marmaris çevresinde; bölgede 12.764 hektar orman alanı tahrip olmuştur. Marmaris’te 2021 yılında meydana gelen orman yangınlarında yanan 9.114 hektar orman alanı o yıl Türkiye genelinde yanan orman alanlarının %6,5’ini oluşturmaktadır. Yangınlardan en çok etkilenen mahalleler; Osmaniye, Bayır, Hisarönü, İçmeler, Turgut, Orhaniye, Turunç ve Yeşilbelde’dir (Sarı ve Karaoğlan, 2024).

Marmaris’te turizm faaliyetlerine bağlı olarak son yıllarda orman kenarlarında yerleşimlerin arttığı ve bu durumun hem yangınların çıkmasına etki edebildiği hem de çıkan yangınlar sonrası bu alanlardaki yerleşimlerin tehlike altında kalabildiği görülmüştür. Örneğin şehir merkezine en yakın yerleşim alanlarından biri olan İçmeler Mahallesinde 2021 yılında meydana gelen yangın o çevredeki otelleri, işletmeleri ve yazlık evleri tehdit etmiştir. Sonraki süreçte de yanan ormanlık alanlardan bu yerleşim alanına doğru çamur akıntıları yaşanmıştır (Sarı ve Karaoğlan, 2024). 21 Haziran 2022’de Marmaris’in Bördübet bölgesinde çıkan orman yangını, kuvvetli rüzgârın da etkisiyle hızla yayılmış ve yaklaşık 4.392 hektar orman alanını etkilemiştir.

2021-Marmaris Orman Yangını, yangının geniş bir alana yayılması ve uzun süre kontrol altına alnamaması, nihayetinde ortaya çıkan tahribat ile etkin bir afet yönetimi ve koordinasyonunun ne denli önemli olduğunu bir kez daha göstermiştir.

Bu çerçevede bu çalışmada 2021-Marmaris Yangınlarını müdahale sürecinde görev almış sivil toplum örgütlerinin temsilcileri ile yarı yapılandırılmış mülakat gerçekleştirilmiştir. Bu sivil toplum örgütleri daha ziyade Muğla'da faaliyet gösteren Mahalle Afet Gönüllüleri Acil Müdahale Derneği (MAGAME), MAG Bodrum, SAR (2 kişi), NAK<sup>3</sup>, Afed İl temsilciliği<sup>4</sup> iken, üzere toplam 5 sivil toplum örgütünden 6 yetkili ile görüşülmüştür.

Çalışmada 2021-Marmaris Orman Yangınlarında sivil toplum örgütleri üzerinden yaşanan koordinasyon sorunlarına odaklanarak, bu sorunların nedenlerini ve çözüm önerilerini ortaya korumak amaçlanmıştır. Araştırma sonuçları sivil toplum örgütlerinin afetlerdeki rolünden hareketle Marmaris yangını örneğinde sivil toplum kuruluşlarının etkinliği dair de fikir vermektedir.

Görüşmecilere şu sorular yöneltilmiştir: 1. Sivil Toplum örgütü olarak yangınlara müdahalede görevleriniz nelerdir? 2. Marmaris Yangınına müdahalede sizin göreviniz neydi?, 3. Marmaris Yangınına müdahale ederken ne gibi sorunlarla karşılaştınız?, 4. Karşılaştığınız sorunları nasıl çözdünüz?, 5. Yangına müdahale ederken ne tür (kimlerden, hangi kurumlardan vb.) kolaylıklarla karşılaştınız?, 6. Marmaris yangınıyla mücadele kapsamında iş birliği yaptığınız kurumlar kimlerdi?, 7. Yangına müdahalede yaşanan sorunlara ilişkin olarak somut çözüm önerileriniz nelerdir?, 8. Yangına müdahalede kullandığınız ekipmanlar nelerdir? Bu ekipmanlar sizce yeterli midir?, 9. Yangına müdahalede sizinle görev yapan diğer kurumların performansını değerlendirir

misiniz?, 10. Müdahale aşamasına dair eklemek istediğiniz başka husus var mıdır?

Yangınla mücadele eden kurumların temsilcileri ve müdahale ekipleri ile yapılan görüşmeler ve anketler, koordinasyon sorunlarının daha derinlemesine anlaşılmasını sağlamıştır. Bu yöntemde, yangın sırasında yaşanan iletişim sorunları, ekipman eksiklikleri ve uyumsuzluklar hakkında doğrudan bilgi toplanmıştır.

Bu çalışmada, Muğla Marmaris orman yangını sürecinde görev alan sivil toplum örgütü üyeleri ve gönüllülerden olmak üzere toplamda 5 kurum ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerden elde edilen veriler nitel araştırmaya dayalı olarak, sorulan sorulara alınan cevaplara göre, tematik analiz yaklaşımıyla çözümlenmiştir. Araştırma kapsamında katılımcılara sorulan sorular ve alınan cevaplar yangınlarda görev tanımı, müdahalede karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri, yardım alınan ve işbirliği yapılan kurumlar, ekipman ve diğer aktörlerin performansına dair değerlendirmeler başlıklarında toplanmış ve tablolar halinde görselleştirilmiştir.

### 3.1. Yangınlarda Görev Tanımı

Görüşmecilere genel olarak yangınlara müdahalede STK olarak bir görevlerinin olup olmadığı, görev tanımlarının ne olduğu sorulmuştur. Buna göre STK'lar yangına müdahale afet ve özellikle orman yangınları sürecindeki rollerinin farkında olduklarını ve bu rolleri büyük ölçüde destekleyici, tamamlayıcı ve koordinasyona dayalı bir çerçevede tanımladıklarını göstermektedir. Katılımcıların ifadelerine göre STK'ların genel olarak yangına müdahaledeki görevleri operasyonel ve teknik destek, arama-kurtarma, tahliye ve ilkyardım; lojistik ve gıda desteği, önleme, farkındalık ve yangın sonrası destek şeklinde gruplandırılabilir.

**Tablo 1: STK'ların Yangınlardaki Görevleri**

Görev Tanımı	Açıklama
Operasyonel ve Teknik Destek	Bazı STK'lar, yangın sahasında doğrudan müdahale faaliyetlerine katıldıklarını ifade etmişlerdir. Bu kapsamda sayılan görevler; yangın mahalline güvenli ulaşım rotalarının belirlenmesi ve ekiplere rehberlik edilmesi (SAR 1), hortum taşıma, su sıkma ve yangın söndürme faaliyetlerinde aktif rol alma (SAR 2), yangının yayılmasını önleyici çalışmalara destek verilmesi ve soğutma faaliyetlerine katılımdır (NAK; MAG Bodrum).
Arama-Kurtarma, Tahliye ve İlkyardım	Görüşmeciler, STK'ların önemli görevlerinden birinin insan ve hayvan tahliyesi olduğunu vurgulamıştır. AFAD koordinasyonunda yerleşim yerlerinin tahliyesinin gerçekleştirilmesi, olası risklere karşı hazır tutulan arama-kurtarma timleri (Ak Tim) aracılığıyla ev, iş yeri, hayvan barınakları ile büyükbaş ve küçükbaş hayvanların güvenli alanlara taşınması öne çıkan faaliyetler arasındadır (MAG Bodrum; NAK). Buna ek olarak, yangın sahasında ve tahliye alanlarında ilkyardım hizmetlerinin sunulması, yaralı insan ve hayvanlara ilk müdahalenin yapılması STK'ların kritik görevleri arasında yer almaktadır.
Lojistik ve İş Gücü Desteği	STK'lar, yangınla mücadelede lojistik destek sağlayan önemli aktörler olarak tanımlanmaktadır. Gönüllü ekipler aracılığıyla su, yiyecek, ekipman, maske ve ilkyardım malzemelerinin yangın bölgesine ulaştırılması; resmi kurumların iş gücü ihtiyacının karşılanmasına destek verilmesi bu kapsamda öne çıkan görevlerdir (MAGAME).

<sup>3</sup> NAK Arama Kurtarma Derneği Muğla İl Temsilciliği.

<sup>4</sup> Afed Muğla İl Temsilcisi.

<b>Koordinasyon ve Kurumsal İş Birliği</b>	Görüşmelerde STK'ların müdahale sürecinde bağımsız değil AFAD ve Orman Genel Müdürlüğü (OGM) koordinasyonunda faaliyet gösterdikleri vurgulanmıştır. Destek çağrısı alındığında, yangına uygun ekipman ve kişisel koruyucu donanımla sahaya intikal edilmesi; bölgedeki sorumlu birimlerle temas kurularak ihtiyaç duyulan noktalarda pozisyon alınması önemli bir görev olarak tanımlanmıştır (Afed; MAG Bodrum).
<b>Önleme, Farkındalık ve Yangın Sonrası Destek</b>	Bazı STK'lar, görev tanımlarını yalnızca yangın anı ile sınırlı değil önleme ve iyileştirme süreçlerini de kapsayacak şekilde geniş bir çerçevede ele almaktadır. Bu kapsamda; okullarda ve kırsal bölgelerde yangına neden olan faktörlere ilişkin eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri yürütülmesi, sosyal medya ve basın aracılığıyla kamuoyunun bilgilendirilmesi, yangın sonrası süreçte bağış kampanyaları, ağaçlandırma çalışmaları, gıda, kıyafet ve geçici barınma yardımları sağlanması, kamu kurumlarıyla iş birliği içinde politika geliştirme ve savunuculuk faaliyetlerine katkı sunulması önemli görev alanları olarak ifade edilmiştir (MAGAME).

### 3.1. Marmaris Yangınında Görev Tanımı

Görüşmecilere Marmaris Yangını sürecinde kurum olarak hangi görevleri üstlendikleri sorulmuş ve bu şekilde hangi alanlarda faaliyet gösterdikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Buna göre, üstlenilen görevler operasyonel müdahale ve

yangın söndürme faaliyetleri; ulaşım, rota ve güvenlik desteği, arama, kurtarma ve tahliye; lojistik destek başlıkları altında toplanmaktadır.

**Tablo 2: STK'ların Marmaris Yangınındaki Görev Alanları**

Görev Tanımı	Açıklama
<b>Operasyonel Müdahale ve Yangın Söndürme</b>	Bazı katılımcılar, yangın sahasında doğrudan söndürme faaliyetlerine katıldıklarını ifade etmiştir. Bu kapsamda görevler; yangına fiilen müdahale etmek (SAR 1; SAR 2; Afed), yangının yayılmasını engellemek amacıyla şerit açma ve çapalama (NAK), yangın kontrol altına alındıktan sonra soğutma çalışmalarına destek verme (NAK) şeklinde tanımlanmıştır.
<b>Ulaşım, Rota ve Güvenlik Desteği</b>	Görüşmecilerden biri, yangın sürecinde emniyetli yol ve rota bilgisinin yayılması, sahaya ulaşımın sağlanması ve ulaşım konusunda üst düzey destek verilmesinin temel görevleri arasında yer aldığını belirtmiştir (SAR 1). Bu görev, hem ekiplerin güvenliği hem de müdahalenin sürekliliği açısından kritik bir işlev üstlenmektedir.
<b>Arama-Kurtarma, Tahliye ve Hassas Grupların Korunması</b>	STK temsilcileri, yangın sürecinde tahliye ve arama-kurtarma faaliyetlerinin önemli bir görev alanı olduğunu vurgulamıştır. Yerleşim yerlerinin AFAD koordinasyonunda tahliye edilmesi (MAG-Bodrum), yaşlı, hasta ve hareket kabiliyeti kısıtlı kişilerin güvenli alanlara taşınması, hayvanların kurtarılması ve tahliyesi (MAG AME; NAK) bu kapsamda öne çıkan görevlerdir.
<b>Kurumlar Arası Koordinasyon ve Lojistik Destek</b>	Katılımcılar, görevlerini yerine getirirken AFAD, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ve itfaiye ekipleriyle koordinasyon halinde çalıştıklarını ifade etmişlerdir. OGM ekiplerinin daha hızlı ve etkin çalışabilmesi için yangın hortumlarının açılması, toplanması ve sahadaki ihtiyaçlara göre destek sağlanması (MAG-Bodrum); gerekli alanlarda lojistik destek verilmesi (MAG AME; Afed) önemli görevler arasında yer almaktadır.

### 3.1. Müdahalede Karşılaşılan Sorunlar

Görüşmecilerden, müdahale sürecinde yaşadıkları güçlükleri ve sınırlılıkları değerlendirmeleri istenmiştir. Buna göre, karşılaşılan sorunlar ekipman ve lojistik yetersizlikler; eğitimsiz ve kontrolsüz gönüllüler; koordinasyon ve

görev dağılımı; iletişim altyapısındaki aksaklıklar ve bilgi kirliliği; coğrafi ve fiziksel koşulların zorluğu; hava koşulları, teknolojik yetersizlikler ve çoklu yangınlar başlıkları altında gruplandırılabilir.

**Tablo 3: Müdahalede Karşılaşılan Sorunlar**

Sorunlar	Açıklama
<b>Ekipman ve Lojistik Yetersizlikler</b>	Görüşmeciler, yangın sürecinde malzeme ve ekipman eksikliklerinin müdahaleyi önemli ölçüde zorlaştırdığını vurgulamıştır. Yetersiz hava desteği, kişisel koruyucu donanım eksikliği, uygun ayakkabı ve giysi yokluğu gibi sorunlar sahadaki güvenliği tehdit etmiştir. Bazı katılımcılar, müdahale sırasında ayakkabıları yanan personelin bulunduğunu, temiz kıyafete ve temel hijyen koşullarına erişimde ciddi sıkıntılar yaşandığını ifade etmiştir (SAR 1; SAR 2). Ayrıca, yardım malzemelerinin dağıtımında yaşanan adaletsizlikler ve düzensizlikler (örneğin bazı bölgelerde yiyeceklerin israf olurken, müdahale eden ekiplerin aç kalması) lojistik yönetimindeki aksaklıklara işaret etmektedir (SAR 2).
<b>Eğitimsiz ve Kontrolsüz Gönüllü Katılımı</b>	Katılımcıların dile getirdiği ortak sorunlardan biri, yangın sahasına eğitimsiz ve yetkilendirilmemiş bireysel gönüllülerin girmesidir. Yangınla mücadele konusunda bilgi ve deneyimi olmayan kişilerin müdahaleye katılmak istemesi, hem kendi can güvenliklerini riske atmış hem de profesyonel ekiplerin işini zorlaştırmıştır (SAR 1; MAG-Bodrum; NAK). Bu durumun en çarpıcı sonucu, yangın sırasında gönüllü bir vatandaşın hayatını kaybetmesidir. Görüşmeciler, orman yangınlarına müdahalenin tamamen ekip çalışması gerektirdiğini, ortak eğitim ve dil birliği olmayan kişilerin panik ve bilinçsiz davranışlarının sahadaki koordinasyonu bozduğunu vurgulamıştır (MAG-Bodrum).
<b>Koordinasyon ve Görev Dağılımı Sorunları:</b>	Özellikle müdahalenin ilk aşamalarında, STK'lar ile resmi kurumlar arasında net bir görev ve sorumluluk paylaşımının yapılamaması, önemli bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Hangi kurumun hangi bölgede görev alacağına dair belirsizlikler, iletişim eksikliği ve bilgi akışındaki kopukluklar müdahale sürecini yavaşlatmıştır (MAGAME). Bununla birlikte, görüşmeciler AFAD koordinasyonunun devreye girmesiyle bu sorunların büyük ölçüde giderildiğini ve sürecin daha sistemli ilerlediğini belirtmişlerdir. Bu durum, merkezi ve tek elden yürütülen koordinasyonun afet müdahalesindeki kritik önemini göstermektedir.
<b>İletişim Altyapısındaki Aksaklıklar ve Bilgi Kirliliği</b>	Yangın sırasında iletişim hatlarının kullanılamaz hale gelmesi, telsiz ve telefon bağlantılarında yaşanan kesintiler sahadaki ekipler arasında iletişim kopukluklarına yol açmıştır (NAK). Buna ek olarak, sosyal medyada yayılan yanlış ve teyitsiz bilgilerin bazı STK'ların yanlış yönlendirilmesine neden olduğu ve hareket kabiliyetlerini sınırladığı ifade edilmiştir (MAGAME). Bu bulgular, afet dönemlerinde doğrulanmış ve tek merkezden yönetilen bilgi akışının hayati önem taşıdığını ortaya koymaktadır.
<b>Coğrafi ve Fiziksel Koşulların Zorluğu</b>	Yangının başladığı bölgelerin (Bördübet, Yedi Adalar, Hisarönü gibi) sarp ve engebeli arazi yapısı, müdahaleyi güçleştiren önemli bir faktör olarak değerlendirilmiştir. Yangının yayılması ve yolların kapanması, hem ekiplerin hem de yardım malzemelerinin bölgeye ulaşmasını geciktirmiştir (MAGAME; NAK). Bu durum, özellikle kara müdahalesinin sınırlı kaldığı alanlarda hava desteğinin önemini daha da artırmıştır.
<b>Hava Koşulları, Teknolojik Yetersizlikler ve Çoklu Yangınlar</b>	Katılımcılar, düşük nem, aşırı sıcaklık ve yön değiştiren şiddetli rüzgârların yangının hızla büyümesine neden olduğunu ve kontrolü zorlaştırdığını belirtmiştir. Buna ek olarak, hava gücü, gece görüşlü araçlar ve ileri teknolojik imkânların yetersizliği önemli bir sınırlılık olarak dile getirilmiştir (Afed). Aynı dönemde Manavgat, Bodrum ve Marmaris gibi farklı bölgelerde eş zamanlı yangınların çıkması, ulusal müdahale kapasitesinin bölünmesine ve kaynakların zorlanmasına yol açmıştır.

### 3.4. Sorun Çözme Yöntemleri

Katılımcılar, müdahale sürecinde karşılaştıkları sorunları çözmeye, şu türden kapasitenin, araçların ve yöntemlerin faydalı olduğunu ifade etmiştir: Eğitimli ve kalifiye personel ile birbirini tanıyan ekipler halinde çalışmak (SAR 1, SAR 2, MAG-Bodrum); gönüllülerle koordinasyon içinde olmak ve gönüllüleri planlı biçimde sürece dâhil etmek (SAR 1, MAGAME, MAG-Bodrum), afet öncesinde eğitilmiş gönüllü havuzu oluşturmak ve sahaya çıkmadan önce kısa eğitimler vermek (MAGAME, MAG-Bodrum), bireysel ve kontrolsüz gönüllülüğün yol açtığı sorunları eğitim yoluyla gidermek (MAG-Bodrum), bilgi doğrulama mekanizmalarını kullanmak

ve yalnızca doğrulanmış bilgileri paylaşmak (MAGAME), etkili iletişim ve haberleşme ağları kurarak sahadan hızlı ve doğru bilgi sağlamak (MAGAME, MAG-Bodrum), AFAD ve diğer kurumlarla sürekli ve koordineli iletişim içinde olmak (MAGAME, NAK, MAG-Bodrum); can güvenliğini önceleyen, sürdürülebilir ve kontrollü çalışma düzeni oluşturmak (NAK), uzun süreli müdahalelerde vardiyalı çalışma, dinlenme ve görev devri uygulamak, (NAK), teknolojik, hava ve kara unsurlarını içeren çok boyutlu teknik destekten yararlanmak (Afed), afet öncesinde yerel kapasiteyi güçlendirmek ve mahalle temelli örgütlenmeler kurmak, (MAG-Bodrum), mahalle düzeyinde hızlı müdahale ederek küçük olayların büyümesini engellemek (MAG-Bodrum).

### 3.5. Yardım Alınan Kurumlar

STK'ların müdahale aşamasında en çok temas ettiği ve yardım aldığı kurumların merkezi kamu kurumları, yerel yönetimler, diğer sivil toplum örgütleri halk ve genel anlamda sosyal medya olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, yangınlarda

da “afet yönetişi” yaklaşımının önemini ortaya koyarken, her kurumun görev alanı, rolü ve kapasitesi ölçğinde afet yönetimindeki önemine dikkat çekmektedir.

**Tablo 4: Yardım Alınan Kurumlar**

Kurum	Açıklama
Kurumsal Koordinasyon ve Merkezî Yönetim Desteği	AFAD'ın koordinasyonunda hareket edilmesi, AFAD'a bağlı çalışılması ve destek talebi doğrultusunda sahaya çıkılması, kriz masaları kurularak STK'ların sürece dâhil edilmesi (AFAD vurgusu: MAGAME, MAG-Bodrum, NAK)
Yerel Yönetimlerin Lojistik ve Mekânsal Desteği	Belediyelerin ulaşım, konaklama ve lojistik destek sağlaması, belediye tesislerinin STK'lara açılması (spor salonları, konaklama alanları vb.), gıda, su ve benzeri temel ihtiyaçların belediyeler tarafından karşılanması (Marmaris Belediyesi ve diğer yerel yönetimler: MAGAME, NAK),
Kamu Kurumlarının Teknik ve Operasyonel Katkıları	OGM'nin yangının karakteristiği ve müdahale yöntemleri konusunda saha bilgisi sunması, itfaiye müdürlüklerinin yangın söndürme ve tahliye süreçlerinde destek vermesi, SAR Arama Kurtarma ekipleriyle eşgüdümlü çalışması, OGM, itfaiye, SAR: NAK, MAGAME),
Sivil Toplum Kuruluşları ve Gönüllüler Arası İşbirliği	STK'larla birlikte hareket edilmesi, diğer gönüllü ekiplerle sahada işbirliği yapılması, STK faaliyetlerinin görünürlüğünün artmasıyla gönüllü desteğinin çoğalması (STK'lar ve gönüllüler: MAGAME, MAG-Bodrum, NAK),
Halkın Doğrudan Desteği	Halkın su, yiyecek ve barınma gibi temel ihtiyaçlar konusunda ekiplere destek olması, yerel halkın sahadaki ekipleri sahiplenmesi (MAGAME),
Sosyal Medya ve Dijital İletişim Yoluyla Destek	Sosyal medya üzerinden bağış çağrılarının yapılması ve kaynak temin edilmesi, sosyal medya sayesinde daha fazla gönüllüye ulaşılması (MAGAME),
Müdahale Sürecinin Kolaylaşması ve Etkinliğin Artması	AFAD ile kurulan işbirliği sayesinde ulaşım, işe ve barınma sorunlarının azalması, kurumlar arası işbirliğinin sahadaki zorlukları azaltması, müdahale sürecinin daha verimli ve düzenli yürütülmesi (MAG-Bodrum, NAK)

### 3.6. İşbirliği Yapılan Kurumlar

Marmaris Yangınında STK'ların merkezi kamu kurumları, yerel yönetimler, diğer sivil toplum örgütleri ve özel sektörle işbirliği içinde çalıştığı anlaşılmaktadır.

**Tablo 5: İşbirliği Yapılan Kurumlar**

Kurum	Açıklama
Merkezî Kamu Kurumları ile İş Birliği:	Tarım ve Orman Bakanlığı / Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ile yangın söndürme faaliyetlerinin koordinasyonu, STK'ların müdahale alanına giriş izinlerinin OGM aracılığıyla sağlanması, AFAD ile arama kurtarma koordinasyonu, afet bölgesinde organizasyon ve malzeme desteği (MAGAME, MAG-Bodrum, NAK, Afed),
Yerel Yönetimler ile İş Birliği	İlçe ve büyükşehir belediyeleriyle lojistik destek sağlanması, barınma alanlarının (tesisler, geçici alanlar) belediyeler tarafından temin edilmesi, sahadaki görev dağılımının belediyelerle koordineli yürütülmesi (MAGAME, MAG-Bodrum, NAK, Afed),
Mülki İdare ve Yerel Kriz Yönetimi Birimleri	Valilik ve kaymakamlıklarla yerel düzeyde kriz yönetiminin yürütülmesi, STK'ların sahada faaliyet gösterebilmesi için resmi izinlerin verilmesi (MAGAME),

<b>Güvenlik ve Acil Müdahale Birimleri ile İş Birliği</b>	İtfaiye teşkilatlarıyla yangın söndürme ve tahliye süreçlerinde koordinasyon, Jandarma, polis ve askeri birliklerle güvenlik, tahliye ve saha kontrolü sağlanması (MAGAME, NAK, Afed),
<b>Sivil Toplum Kuruluşları ve Gönüllü Yapılarla İş Birliği</b>	STK'larla birlikte sahada eşgüdümlü çalışma, gönüllü gruplar ve platformlarla (örn. "Yangın Gönüllüleri") sosyal medya üzerinden koordinasyon, alan bazlı görev paylaşımı (bir STK'nın yiyecek, diğerinin barınma sağlaması gibi) (MAGAME, MAG-Bodrum, NAK)
<b>Özel Sektör Kuruluşları ile İş Birliği</b>	Lojistik firmalarıyla yardım ve malzeme taşınmasının sağlanması, gıda ve market zincirlerinin temel ihtiyaç malzemeleri bağışı ve kampanya desteği sunması, turizm tesisleri ve otellerin gönüllülere konaklama imkânı sağlaması(MAGAME),
<b>Bilgi, Harita ve Kaynak Paylaşımına Dayalı İş Birliği Biçimleri</b>	Yangının ilerleyişine ilişkin bilgi ve harita paylaşımı, ihtiyaç listeleri ve tahliye yollarına dair bilginin ortak kullanımı, ortak bağış kampanyaları ve kaynak toplama faaliyetleri yürütülmesi (MAGAME)

### 3.7. Sorunlara Dair Çözüm Önerileri

Görüşmecilerin Marmaris Yangınında karşılaşılan sorunların çözümüne dair sundukları öneriler; eğitim ve bilinçlendirme ile nitelikli insan kaynağı yetiştirme; gönüllü yönetimi, ekipman ve personel; lojistik ve depolama kapasitesinin

artırılması; iletişim, teknoloji ve koordinasyon altyapısının güçlendirilmesi, yerel halk katılımının artırılması ve afet yönetimi perspektifinin geliştirilmesi başlıkları altında gruplandırılabilir.

**Tablo 6: Müdahale Sorunlarının Çözümüne Dair Öneriler**

<b>Çözüm Önerisi</b>	<b>Açıklama</b>
<b>Eğitim, Bilinçlendirme ve Yetkin İnsan Kaynağı</b>	Temel yangın ve afet eğitimlerinin zorunlu ve düzenli hale getirilmesi, aralıklı ve sürekli eğitimlerle personel ve gönüllülerin yetkinliğinin artırılması, yangın anında sahada görev alacak kişilere yetki verecek düzeyde eğitimler verilmesi, eğitim almamış kişilerin yangın alanına sokulmaması, toplum temelli afet ve yangın eğitiminin yaygınlaştırılması, kırsal bölgelerde ve mahallelerde yangın bilinci eğitimlerinin artırılması (SAR 1, SAR 2, MAGAME, MAG-Bodrum, NAK),
<b>Gönüllü Yönetimi ve Akredite Gönüllü Sistemleri</b>	Akredite ve kayıtlı gönüllü sistemlerinin geliştirilmesi, önceden eğitim almış gönüllülere afet kartları verilerek sahaya girişlerinin kolaylaştırılması, mobil tanımlama sistemleriyle gönüllülerin kimlik ve yetkilerinin anlık kontrol edilmesi, yerel gönüllü sistemlerinin kurulması (SAR 2, MAGAME, NAK),
<b>Ekipman, Personel ve Operasyonel Kapasitenin Güçlendirilmesi</b>	Yeterli sayıda personelin istihdam edilmesi, personelin belirli afet türlerine (örneğin orman yangını) özel olarak eğitilmesi, ekipmanların her an kullanıma hazır, güvenli ve erişilebilir alanlarda tutulması, yangına ulaşım yollarının ve müdahale imkânlarının artırılması (SAR 1, NAK),
<b>Lojistik, Depolama ve Malzeme Yönetim Sistemleri</b>	Merkezi depo sistemlerinin oluşturulması, yardım malzemelerinin önceden belirlenen depolara yönlendirilmesi ve planlı dağıtım yapılması, barkodlu/dijital izleme sistemleriyle yardım malzemelerinin takibinin sağlanması, afet malzeme bankalarının kurulması (gıda, hijyen, barınma kitleri) (MAGAME)
<b>İletişim, Koordinasyon ve Bilgi Yönetimi</b>	Tek sesli ve resmi iletişim kanallarının kullanılması, Valilik veya AFAD onaylı bilgilendirme kanallarının sosyal medya ile entegre edilmesi, STK'lara özel bilgi akış hatlarının ve acil iletişim kanallarının kurulması, STK'lar ile müdahale eden kurumlar arasında tanışıklık ve işbirliğinin artırılması, kurumlar arası düzenli toplantılar ve tatbikatlar yapılması (MAGAME, MAG-Bodrum, NAK),
<b>Erken Uyarı, Önleme ve Teknolojik Altyapı</b>	Yangına hassas ve riskli alanların önceden belirlenmesi, erken uyarı ve izleme sistemleri için teknolojik altyapının kurulması, yangın gözlem kulelerinin, yangın gözetlerinin sayısının ve kapasitesinin artırılması, ulaşılması zor alanlarda teknolojik cihazlar ve ekiplerle önleyici tedbirlerin alınması (NAK, Afet);
<b>Uzun Vadeli Afet Yönetimi ve Önleyici Politikalar</b>	Sadece acil müdahaleye değil, uzun vadeli afet yönetimi sistemlerine yatırım yapılması, orman yangınlarının önlenmesine yönelik erken eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri, iklim krizi konusunda toplumsal farkındalığın artırılması, kırsal kalkınma programlarıyla yangından etkilenen köylü ve çiftçilere sürdürülebilir destek sağlanması (MAGAME, MAG-Bodrum),
<b>Yetkilendirme, Denetim ve Yerel Katılım</b>	STK'lara da çevre kontrolü ve denetleme yetkisi verilmesi, halkın koruma, gözetim ve erken ihbar süreçlerine dâhil edilmesi, yangın başlamadan önce alınan önlemlerin önceliklendirilmesi (Afet)

### 3.8. Ekipman Yeterliliği

Müdahale sürecine katılan STK temsilcilerine, yangın döneminde kamuoyunda da tartışılan malzeme ve araç gerecin yeterliliği konusundaki değerlendirmeleri de sorulmuştur.

Buna göre katılımcıların genel bir yetersizliğe işaret ettikleri dikkati çekerken farklı araç gerece dair ayrıntılı değerlendirmeleri aşağıda özetlenmektedir:

**Tablo 7: Ekipmanın Yeterlik Durumu**

Kurum	Açıklama
Kişisel Koruyucu Donanımlar <sup>5</sup>	Genel olarak mevcut olduğu, ancak bazı durumlarda yetersiz kalabildiği veya STK'ların bu ekipmanları temin etmekte zorlandığı ifade edilmiştir. (SAR 1, MAGAME, MAG-Bodrum, NAK, Afed),
El Aletleri ve Hafif Müdahale Ekipmanları <sup>6</sup>	Özellikle gönüllü STK'lar tarafından yaygın biçimde kullanılmakta; ancak doğrudan yangına müdahalede sınırlı etkiye sahip olduğu ve kapasitenin yetersiz kaldığı belirtilmektedir (MAGAME, MAG-Bodrum, NAK),
Kara Araçları ve Su Temin Ekipmanları <sup>7</sup>	Varlığına rağmen suya erişimde yaşanan gecikmelerin müdahaleyi ciddi biçimde zorlaştırdığı vurgulanmıştır. Su olmadan araçların etkisiz kaldığı ifade edilmiştir. (SAR 2, MAGAME),
Hava Araçları ve Havadan Müdahale Kapasitesi <sup>8</sup>	Özellikle yangının ilk günlerde yetersiz kaldığı, bölgesel yangın yoğunluğunun hava ve kara kapasitesini aştığı belirtilmiştir. Sonraki süreçte yurt dışından gelen desteklerle kapasitenin arttığı ifade edilmiştir. (MAGAME);
İletişim, Koordinasyon ve Teknolojik Destek Ekipmanları <sup>9</sup>	Müdahale etkinliğini artırdığı, ancak her ekipte eşit düzeyde bulunmadığı ve dağılımda dengesizlikler yaşanabildiği ifade edilmiştir.(MAGAME, MAG-Bodrum),
STK'ların Ekipman Kapasitesi ve Kaynak Yetersizliği	STK'ların kendi ekipmanlarının sınırlı olması, ileri düzey ekipmanların genellikle orman ve itfaiye ekipleriyle birlikte kullanılması, gönüllü kuruluşların ekipman temininde maddi ve lojistik zorluklar yaşaması STK'ları, ekipman açısından en kırılgan aktörler olarak öne çıkmakta; yeterli destek sağlanmadığında müdahale kapasitelerinin ciddi biçimde sınırlandığı vurgulanmaktadır. (MAG-Bodrum, Afed),
Genel Yeterlilik Algısı ve İyileştirme İhtiyacı	Ekipmanların bazı durumlarda yeterli, bazı durumlarda yetersiz kalması, bölgesel toplantılar ve saha gözlemleriyle ekipman eksiklerinin tespit edilmesi gereği, yetkili kurumların ekipman planlaması ve dağıtımını konusunda daha aktif rol alması beklentisi (SAR 1, MAGAME, Afed)

### 3.9. Diğer Kurumların Performansına Dair Değerlendirmeler

Sivil toplum örgütlerinin yöneticilerinin müdahale sürecine katılan diğer aktörlerin performansına dair değerlendirmelerinin genel olarak özverili, fedakarca olduğu,

ancak hazırlık, koordinasyon ve ekipman eksikliklerine dikkat çektikleri görülmektedir.

**Tablo 8: Müdahaleye Katılan Diğer Kurumların Performansına Dair Değerlendirmeler**

Değerlendirme	Açıklama
Özveri, Fedakârlık ve Yoğun Emek Vurgusu	Sahada görev yapan tüm kurum ve ekiplerin aç, susuz ve uykusuz şekilde büyük bir özveriyle çalıştığı, insanüstü çaba gösterildiği, niyet ve gayret açısından kimsenin eleştirilemeyeceği, ortak amacın yangını söndürmek olduğu ve ekiplerin bu bilinçle hareket ettiği (SAR 2, MAG-Bodrum),
Genel Performansın Orta Düzeyde Değerlendirilmesi	Kurumların çaba göstermesine rağmen müdahalenin genel performansının “orta düzey” olduğu, özellikle büyük afetlerde mevcut sistemlerin daha etkili çalışabileceği yönünde dolaylı eleştiriler (SAR 1),
Kamu Kurumlarının Rolü ve Sahadaki Etkinliği:	Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM) ilk müdahalede kritik rol üstlendiği ve deneyimli olduğu, İtfaiye teşkilatlarının yerel müdahalelerde etkili olduğu, AFAD'ın yangın sonrası tahliye ve koordinasyon süreçlerinde önemli bir görev yürüttüğü, kamu personelinin sahada yüksek özveriyle çalıştığı (MAGAME);

<sup>5</sup> Yanmaz/yangına dayanıklı ayakkabı ve botlar, yangına dayanıklı elbise, koruyucu kask, gözlük, eldiven, solunum maskeleri / solunum cihazları, ilk yardım, yanık ve kanama durdurucu ekipmanlar vb.

<sup>6</sup> Tırmık, kürek, kazma, çapa, pala, sırt pompaları, yangın tüpleri, ağaç kesme motorları

<sup>7</sup> Arazözler, itfaiye araçları, su tankerleri, dozer ve greyderler (yangın şeritleri açmak için)

<sup>8</sup> Yangın söndürme uçakları (CL-215, Beriev BE-200 vb.), Helikopterler (kovalı sistemler), İnsansız hava araçları (İHA – gözetleme ve haritalama amaçlı)

<sup>9</sup> Telsizler, Uydu destekli haberleşme sistemleri, Mobil koordinasyon merkezleri, Haritalama yazılımları ve GPS cihazları, Termal kameralar

<b>STK'ların Destekleyici Rolü ve Katkıları:</b>	STK'ların hızlı organize olarak lojistik, erzak dağıtımı ve hayvan kurtarma gibi alanlarda boşlukları doldurduğu, gönüllü desteği sayesinde toplumsal dayanışmanın güçlü biçimde hissedildiği, sosyal medya aracılığıyla bilgi akışı ve farkındalık sağlandığı (MAGAME),
<b>Koordinasyon ve Hazırlık Eksiklikleri</b>	Bazı STK'ların yeterli resmi koordinasyon olmadan sahaya girmesi nedeniyle zaman zaman karmaşa yaşandığı, eğitim ve profesyonel yangın söndürme ekipmanı eksiklikleri nedeniyle STK'ların çoğunlukla destekleyici rolde kalabildiği, kurumlar arası koordinasyonun büyük afetlerde yetersiz kalabildiği (MAGAME, SAR 1);
<b>Afetin Ölçeği Karşısında Kurumsal Hazırlıksızlık</b>	2021 Orman Yangınlarının büyüklük ve şiddet olarak kurumlar ve STK'lar için beklenmedik olduğu, mevcut kapasitenin afetin ölçeği karşısında yetersiz kaldığı, bu süreçten elde edilen deneyimlerin, kurumların bugün daha hazırlıklı olmasına katkı sağladığı (NAK);
<b>Ekipman Eksikliklerinin Performansa Etkisi</b>	Kurumların ve STK'ların ellerinden geleni yapmalarına rağmen ekipman eksiklikleri nedeniyle sonuç almada zorlandıkları, Müdahalenin başarısının sadece insan gücüne değil, donanım yeterliliğine de bağlı olduğu (Afed)

### 3.10. İlave Konular

STK yöneticilerinin görüşme soruları haricinde müdahale sürecine dair eklemek istedikleri değerlendirmeleri içinde yangın konusunda eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının,

ekipman ve erken uyarı sistemlerinin, kurumlar arası koordinasyon, yerel sivil toplum örgütlerinin ve gönüllülerin öneminin ön plana çıktığı görülmektedir.

**Tablo 9: Müdahale Sürecine dair Diğer Konular**

Konu	Açıklama
<b>Eğitim ve Bilinçlendirme Gerekliliği</b>	Afetlerin zararını azaltmanın temel koşulunun eğitilmiş personel ve bilinçli toplum olduğu, yangına sebep olan unsurlar, yangın anı ve sonrası hakkında halkın sistematik biçimde eğitilmesi gerektiği, yerel halkın ve gönüllülerin önceden eğitilmesinin müdahale sürecine önemli katkı sağlayacağı (SAR 1, SAR 2, MAGAME, MAG-Bodrum);
<b>Erken Uyarı, Önleme ve Hazırlık Vurgusu</b>	Yangının ilk tespiti ile müdahale arasındaki sürenin kritik olduğu, erken uyarı sistemleri, kamera ve uydu izleme, risk haritalarının daha etkin kullanılması gerektiği, afet gerçekleşmeden önce alınan önlemlerin, müdahaleden daha değerli olduğu (MAGAME, SAR 1);
<b>Kurumlar Arası Koordinasyon ve Tek Merkezden Yönetim</b>	Müdahale aşamasında çok sayıda kurumun sahada bulunmasının yetki ve görev karmaşasına yol açabildiği, AFAD gibi tek bir kriz yönetim merkezi üzerinden yönlendirme yapılmasının etkinliği artıracacağı, kamu kurumları ile STK'lar arasındaki iş birliğinin müdahaleyi güçlendirdiği (MAGAME, MAG-Bodrum);
<b>Gönüllülerin Rolü ve Yerel Kapasitenin Güçlendirilmesi</b>	Eğitilmiş gönüllülerin müdahale sürecinde önemli bir destek unsuru olduğu, Mahalle Afet Gönüllüleri gibi yerel yapılanmaların sahada kapasite artırıcı rol oynadığı, gönüllülerin koordinasyonu ve yetkinliğinin artırılması gerektiği (MAGAME, MAG-Bodrum);
<b>Lojistik, ulaşım ve ikmal sorunları:</b>	sahada çalışan ekiplerin su, yakıt, yiyecek gibi temel ihtiyaçlarının zaman zaman aksadığı, mobil ikmal merkezlerinin ve hızlı konuşlanabilir lojistik sistemlerin gerekliliği, STK'ların afet alanına hızlı ulaşabilmesi için ulaşım araçlarının kapasitesinin artırılması gerektiği (MAGAME, NAK),
<b>Ekipman ve Maddi Destek İhtiyacı</b>	Afetlerde kullanılan ekipmanların büyük kısmının kullanılamaz hale gelebildiği, eğitilmiş STK'ların ekipman yenileme ve temini için maddi desteğe ihtiyaç duyduğu, yeterli kaynak sağlanmasının, müdahalede etkinliği doğrudan artıracacağı (NAK, MAG-Bodrum),
<b>Psikososyal Destek İhtiyacı:</b>	Yangına müdahale eden personelin ve afetten etkilenen halkın psikolojik olarak yıprandığı, müdahale sürecinin bir parçası olarak psikososyal destek ekiplerinin sahada yer alması gerektiği (MAGAME),
<b>Dayanışma, Katılım ve Ortak Akıl Vurgusu</b>	Afetlerle mücadelede her kurumun ve bireyin katkısının önemli olduğu, dayanışmanın müdahalenin başarısında belirleyici rol oynadığı, sürecin ortak akılla geliştirilmesi gerektiği (MAG-Bodrum, Afed)

## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, 2021 Marmaris Orman Yangını sürecinde sivil toplum kuruluşlarının afet yönetimindeki rollerini, karşılaştıkları sorunları ve çözüm pratiklerini incelemiştir.

Çalışmada ortaya konulan bulguların önemli bölümü, literatürde önceden yapılmış çalışmalarla da uyumludur. Buna göre, Çar ve Akyol'un (2024) afetlerde gönüllülerin katılımında eğitim ve tatbikatların önemi üzerinde duran çalışmaları; Köşer ve Aslan'ın (2023) müdahale aşamasında gönüllülerin karşılaştıkları güçlükler, müdahale aşamasına dair koordinasyon sorunları, gönüllülerin kendini riske atması, tatbikatların yetersiz olması gibi sonuçları içeren çalışması, Savaş ve Genç'n (2023) koordinasyon sorunlarına değinen çalışmalarının bulguları ile mevcut çalışmanın benzer sonuçları ortaya koydukları görülmektedir.

Elde edilen bulgular, STK'ların yalnızca müdahale aşamasında değil, afet öncesi risk azaltımı ve hazırlık ile afet sonrası iyileştirme süreçlerinde de kritik roller üstlenme potansiyelini ortaya koymaktadır. Ancak etkin bir afet yönetimi için STK'ların gönüllülük esasına dayalı yapılar olmanın ötesinde, planlı, eğitilmiş ve kurumsal afet yönetim sistemlerinin ayrılmaz bir parçası haline getirilmesi gerekmektedir. Afet yönetiminin tüm aşamalarında kamu-STK-toplum iş birliğini güçlendiren bütüncül bir yaklaşım, benzer afetlerle etkilerini azaltmada belirleyici olacaktır.

Çalışmada STK yöneticileri perspektifinden ortaya çıkan temel sorun alanları afet yönetiminin 4 temel aşaması temel olmak üzere şu şekilde gruplandırılabilir:

i) Risk Analizi ve Risk Azaltımına İlişkin Sorunlar: orman yangınlarına yönelik önleyici politikaların yetersizliği, yangın göletleri, su kaynakları ve yangına erişim yollarının nicelik ve nitelik açısından yetersizliği, iklim değişikliğine bağlı risklerin (kuraklık, düşük nem, şiddetli rüzgârlar) afet planlarına yeterince entegre edilmemesi, yerel halkın yangın nedenleri ve önleyici davranışlar konusunda yeterince bilinçli ve hazırlıklı olmaması; yangın riski yüksek bölgelerde erken uyarı ve izleme sistemlerinin (kamera, İHA, sensör vb.) sınırlı olması, özellikle STK'ların yangına müdahalede kullandığı ekipmanların sınırlı ve yetersiz olması, yangın söndürme uçakları, gece görüşlü hava araçları ve teknolojik izleme sistemlerinde kapasite eksikliği, merkezi ve planlı afet lojistik ve malzeme yönetim sistemlerinin yetersizliği, yardım malzemelerinin dağıtımında eşitsizlik ve koordinasyon sorunları,

ii) Hazırlık Aşamasına İlişkin Sorunlar: STK'ların afet öncesi planlama ve tatbikat süreçlerine sınırlı düzeyde dâhil

edilmesi, STK'ların ekipman, lojistik ve ulaşım kapasitesinin yetersizliği, kurumlar arası (AFAD-OGM-belediyeler-STK'lar) önceden belirlenmiş net görev ve sorumluluk paylaşımının yeterli olmaması, afet öncesi düzenli ve ortak tatbikatların yeterince yapılmaması, eğitilmiş ve akredite gönüllü sisteminin eksikliği; gönüllülerin eğitim, yetki ve sorumluluklarının net tanımlanmamış olması, afet sahasında kimliklendirme ve yetkilendirme mekanizmalarının bulunmaması, eğitim almamış gönüllülerin can güvenliğini tehlikeye atması ve profesyonel ekiplerin iş yükünü artırması, gönüllülerin motivasyon, psikolojik destek ve sürdürülebilir katılımına yönelik mekanizmaların eksikliği,

iii) Müdahale Aşamasına İlişkin Sorunlar: müdahalenin ilk günlerinde kurumlar arası koordinasyon eksikliği, STK'lar ile resmi kurumlar arasında iletişim ve bilgi akışındaki aksaklıklar, yangın sahasına eğitimsiz ve kontrolsüz gönüllülerin girmesi, kişisel koruyucu donanım, yangın ekipmanı ve lojistik malzemelerde yetersizlik ve dengesiz dağılım hava ve kara unsurlarının (özellikle hava araçları) ilk aşamada yetersiz kalması, yardım ve lojistik malzemelerin ihtiyaç duyulan noktalara zamanında ve planlı ulaştırılmaması, sosyal medyada yayılan yanlış ve doğrulanmamış bilgilerin koordinasyonu zorlaştırması, aşırı sıcak, düşük nem ve şiddetli rüzgâr gibi hava koşullarının müdahaleyi güçleştirilmesi, müdahale sürecinde fiziksel ve psikolojik yorgunluk; afet anında yetki ve sorumluluk karmaşası, STK'ların karar alma ve kriz yönetimi süreçlerine sınırlı katılımı, tek sesli ve güvenilir resmi iletişim kanallarının yetersiz kullanımı, afet yönetiminde STK'ların tamamlayıcı aktör olarak kurumsallaştırılmaması,

vii) Yeniden İnşa ve İyileştirme Sürecine İlişkin Sorunlar: afet sonrası psikososyal destek hizmetlerinin sınırlı olması, yangından etkilenen bölge halkı için uzun vadeli geçim ve kırsal kalkınma projelerinin yetersizliği, STK'ların afet sonrası politika geliştirme ve savunuculuk süreçlerine yeterince dahil edilmemesi, müdahale sırasında kullanılamaz hale gelen ekipmanların yenilenmesine yönelik sürdürülebilir finansman eksikliği,

STK'ların afet yönetiminde, özellikle yangınlarda potansiyelinin etkin biçimde kullanılabilmesi için yapısal, kurumsal ve yönetsel iyileştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çerçevede afet yönetiminin 4 aşaması temel alınarak şu öneriler getirilebilir:

Risk Analizi ve Risk Azaltımı Aşamasına İlişkin: Bölgeye dair İl Risk Azaltım Planı vb. raporlar Marmaris ve çevresinde orman yangını riskinin iklim değişikliği, kuraklık, düşük

nem oranı, şiddetli ve yön değiştiren rüzgârlar ile insan kaynaklı faktörler nedeniyle giderek arttığını göstermektedir. STK temsilcileri, yangınların büyük ölçüde önlenbilir riskler kapsamında değerlendirilebileceğini ve afet öncesi dönemde yeterli risk azaltım çalışmalarının yapılmamasının yangınların büyümesine yol açtığını vurgulamaktadır. Bu kapsamda; orman yangınlarına ilişkin risk haritalarının güncellenmesi, yangına hassas bölgelerde erken uyarı ve izleme sistemlerinin (kamera, İHA, sensör vb.) yaygınlaştırılması gerekmektedir; yerel halkın, özellikle kırsal bölgelerde yaşayanların, yangın nedenleri ve alınabilecek önlemler konusunda sürekli ve uygulamalı eğitimlerle bilinçlendirilmesi risk azaltımında önemli bir araçtır; Mahalle Afet Gönüllüleri (MAG) benzeri toplum temelli örgütlenmeler yaygınlaştırılarak, yangının erken fark edilmesi ve büyümeden kontrol altına alınması sağlanabilir; yangın göletleri, su kaynakları ve ulaşım yollarının sayısı ve kapasitesi artırılarak, yangınla mücadele altyapısı güçlendirilmelidir.

**Hazırlık Aşamasına Dair:** Çalışma, afetlere hazırlık aşamasında STK'ların önemli bir bilgi ve insan kaynağına sahip olduğunu; ancak bu kapasitenin büyük ölçüde kurumsal planlama ve resmi afet yönetim sistemleriyle yeterince entegre edilmediğini ortaya koymaktadır. Özellikle gönüllülerin eğitimi, akreditasyonu ve görev tanımlarındaki belirsizlikler, hazırlık aşamasındaki temel sorunlar arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda; akredite gönüllü sistemleri geliştirilerek, afet öncesinde eğitim almış gönüllülere resmi kimlik ve yetkilendirme verilmelidir. STK'lar ile AFAD, OGM ve yerel yönetimler arasında düzenli toplantılar ve ortak tatbikatlar yapılmalıdır. STK'ların ekipman, ulaşım ve lojistik kapasiteleri afet öncesinde desteklenmeli; merkezi ve bölgesel afet malzeme depoları oluşturulmalıdır. Gönüllü havuzları oluşturularak, afet anında sahaya yalnızca eğitimli ve donanımlı kişilerin yönlendirilmesi sağlanmalıdır.

**Müdahale Aşamasına Dair:** Marmaris Yangını sırasında STK'lar; yangın söndürme, tahliye, lojistik destek, hayvan kurtarma, ilkyardım ve soğutma çalışmalarında aktif rol üstlenmiştir. Ancak müdahale sürecinde koordinasyon eksiklikleri, iletişim sorunları, ekipman yetersizlikleri ve eğitimsiz bireysel gönüllülerin sahaya girmesi müdahalenin etkinliğini azaltmıştır. Bu çerçevede; afet anında tek merkezli bir kriz yönetimi anlayışı benimsenmeli ve tüm STK faaliyetleri AFAD koordinasyonunda yürütülmelidir. İletişim altyapısı güçlendirilerek, afet bölgelerinde kesintisiz telsiz ve uydu iletişim sistemleri kullanılmalıdır. Eğitim almamış bireylerin afet sahasına girişleri sınırlandırılmalı, gönüllü yönetimi profesyonel bir sistemle yürütülmelidir. Sahada çalışan ekiplerin fiziksel ve psikolojik dayanıklılığını artırmak amacıyla vardiya sistemi, dinlenme alanları ve psikososyal destek mekanizmaları oluşturulmalıdır.

**Yeniden İnşa ve İyileştirme Dair:** Araştırma bulguları, STK'ların afet sonrası dönemde yalnızca maddi yardım sağlayan aktörler değil; aynı zamanda toplumsal iyileşme, savunuculuk ve politika geliştirme süreçlerinde de etkili olabileceklerini göstermektedir. Ancak bu aşamada STK'ların rolü genellikle sınırlı kalmakta ve uzun vadeli iyileştirme politikalarına yeterince dahil edilmemektedir. Bu kapsamda; yangından etkilenen bölge halkı için psikososyal destek, geçim kaynaklarının yeniden oluşturulması ve kırsal kalkınma projeleri hayata geçirilmelidir. STK'lar, ağaçlandırma ve ekosistem restorasyonu çalışmalarında kamu kurumlarıyla iş birliği içinde daha aktif rol almalıdır. Afet sonrası deneyimlerden öğrenilen dersler doğrultusunda, afet yönetim politikalarının geliştirilmesi sürecine STK'ların katılımı sağlanmalıdır. Kullanılamaz hale gelen ekipmanların yenilenmesi için STK'lara sürdürülebilir mali destek mekanizmaları oluşturulmalıdır.

## Kaynakça

- Coşandal, M., Partigöç, N.S. (2022). Afetlerin Turizm Sektörüne Etkisi: Orman Yangınları Örneği Muğla - Marmaris İlçesi. *Resilience*, 257-267.
- Ergün O.F. (2023). Türkiye’de Orman Yangınları ve Gönüllülük. *J Emerg Aid Disaster Science*; 3(1):7-14.
- Genç, F.N. (2007). Doğal Afetlerde Sivil Toplum Kuruluşlarının Rolü. 1999 Marmara Depremi Örneği, Uluslararası Sivil Toplum Kuruluşları Kongresi.
- Genç, F.N. (2021a). Afet Yönetimi, Nobel Yayınevi.
- Genç, F.N. (2021b). Kriz Yönetimi, Nobel Yayınevi.
- G. Guest, A. Bunce, L. Johnson. (2006). How Many Interviews are Enough? An Experiment with Data Saturation and Variability, *Field Methods*, 18 (1) (2006), 59-82
- İsbir, E., Genç. F.N. (2008a). Uluslararası Afet Müdahale Hukukuna Doğru Türk Afet Yönetim Sistemi. *Amme İdaresi Dergisi*, 41(1), 15-41.
- İsbir, E.G. Genç, F.N (2008b). Afetlere Müdahalede Uluslararası Örgütlerin Rolü: 1999-Marmara Depremi Örneği. *Amme İdaresi Dergisi*, 41 (3), 73-97.
- Köçer, M.S. ve Aslan, R., (2023). Gönüllü Arama Kurtarma Ekiplerinin Orman Yangınlarındaki Tahliye Deneyimleri: 2021 Akdeniz Orman Yangınları. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(3), 829-851.
- Sarı, C., Karaoğlan C., (2024). Orman Yangınlarının Sosyoekonomik Etkileri: Marmaris Örneği, *New Era International Journal of Interdisciplinary Social Researches*.
- Savaş, N., Genç, F. N., (2023). Afetlerde Koordinasyon: 2021 Antalya Manavgat Orman Yangını Örneği, *Strategic Public Management Journal*, Vol 10 (2025) Issue:27, 159-180.
- Smith, A. M. S., Kolden, C. A., Paveglio, T. B., Cochrane, M. A., Bowman, D. M., Moritz, M. A., Kliskey, A. D., Alessa, L., Hudak, A. T., Hoffman, C. M., Lutz, J. A., Queen, L. P., Goetz, S. J., Higuera, P. E., Boschetti, L., Flannigan, M., Yedinak, K. M., Watts, A. C., Strand, E. K., van Wagtendonk, J. W., Anderson, J. W., Stocks, B. J. ve Abatzoglou, J. T. (2016). The Science of Firescapes: Achieving Fire-Resilient Communities. *Bioscience*, 66(2), 130-146. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv182>.
- Thacker, F. E. N., Ribau, M. C., Bartholomeus, H. ve Stoof, C. R. (2023). What is a Fire Resilient Landscape? Towards an Integrated Definition. *Ambio*, 52(10), 1592-1602.



# The Transformative Role of Cities in Addressing the Climate Crisis: Local Governance and Stakeholder Participation

## İklim Kriziyle Mücadelede Kentlerin Dönüştürücü Rolü: Yerel Yönetişim ve Paydaş Katılımı

Doç. Dr. Selçuk GÜRÇAM

İğdır İl Özel İdaresi, İğdır, Türkiye.

selcukgrcm@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0426-329X

Makale Türü:

**ARAŞTIRMA**

Gönderilme Tarihi:

**21 Mayıs 2025**

Kabul Tarihi:

**27 Aralık 2025**

### Abstract

While the climate crisis creates environmental, social, and economic vulnerabilities on a global scale, the position of cities in the face of this multifaceted crisis is becoming increasingly crucial. Cities, responsible for a significant share of greenhouse gas emissions, also play a leading role in sustainability policies. In this context, climate policies developed jointly by local governments, civil society, the private sector, and citizens contribute not only to reducing environmental impacts but also to strengthening social justice, economic resilience, and democratic participation. This study examines the transformative role of cities in the climate crisis, the practices of local actors, and the multilevel governance structures that support this process. Within the scope of the study, good practice examples from various organizations and countries are analysed, and recommendations for transformative actions by cities are presented.

**Keywords:** Climate crisis, Local governments, Urbanization, Multi-Actor Collaboration, Stakeholder Participation

### Öz

İklim krizi, küresel ölçekte çevresel, sosyal ve ekonomik kırılganlıklar yaratırken, kentlerin bu çok katmanlı kriz karşısındaki pozisyonu giderek önemli bir hal almaktadır. Sera gazı emisyonlarının önemli bir kısmından sorumlu olan kentler, aynı zamanda sürdürülebilirlik politikalarında da öncü rol oynamaktadır. Bu bağlamda, yerel yönetimlerin, sivil toplumun, özel sektörün ve vatandaşların birlikte geliştirdikleri iklim politikaları, yalnızca çevresel etkilerin azaltılmasıyla sınırlı kalmayıp; sosyal adalet, ekonomik dayanıklılık ve demokratik katılımın da güçlendirilmesine katkı sunmaktadır. Bu çalışmada, kentlerin iklim krizinde dönüştürücü rolüne, yerel aktörlerin uygulamalarına ve bu süreci destekleyen çok düzeyli yönetim yapılarına yer verilmiştir. Çalışma kapsamında, farklı kuruluşlardan ve farklı ülkelerden iyi uygulama örneklerine incelenirken, kentlerin dönüştürücü eylemlerine dair öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** İklim Krizi, Yerel Yönetimler, Kentleşme, Çok Aktörlü İş Birliği, Paydaş Katılımı

## 1. Introduction

The climate crisis is a multi-layered phenomenon that, through its environmental, social, and economic impacts, is reshaping both the responsibilities and roles of local governments. Today, approximately 57 percent of the world's population lives in cities (World Bank 2025), and this figure is projected to reach 68 percent by 2050 (United Nations 2018). Moreover, cities account for a substantial share of global greenhouse gas emissions. Therefore, they are both among the actors most affected by the climate crisis and those with the potential to generate solutions (UN-Habitat 2020).

The impacts of the climate crisis—such as rising temperatures, sea-level rise, floods, and air pollution—pose serious threats to the lives of urban populations (IPCC 2021). For instance, the 2019 flood disaster in Venice, a city long struggling with rising sea levels, once again demonstrated the role of local governments in addressing environmental risks and the necessity of building more resilient cities (Cavaleri et al. 2020).

The importance of local governments in combating the climate crisis encompasses not only their capacity to respond to crises but also their potential to develop preventive strategies (Bulkeley 2010). For instance, Copenhagen, which aims to become the world's first carbon-neutral capital by 2025, stands out with its innovative energy management, sustainable transportation systems, and green urban planning (C40 Knowledge Hub 2019). Strategic initiatives, such as smart buildings that enhance energy efficiency, bicycle-friendly infrastructure (Green City Times 2025), and the expansion of renewable energy sources (Petrea and Ursache 2023), form part of this goal.

Anguelovski and Carmin (2011) argue that multi-stakeholder collaboration and community participation enhance the effectiveness of local governments. Therefore, partnerships among civil society organizations, universities, the private sector, and citizens make local solutions more effective in addressing the climate crisis (Frantzeskaki, Kabisch, and McPhearson 2016). One successful example of sustainable urban development is Freiburg, Germany. The city has become one of the most sustainable in Europe by implementing renewable energy projects with active public participation (McDarris 2024). This illustrates that local governments are not only policymakers but also intermediary actors who engage and unify all segments of society.

Schreurs (2008) emphasizes that local governments develop more effective climate policies by enhancing their financial and technical capacities. Support from international financial institutions plays a critical role in the implementation of low-carbon and climate-resilient infrastructure projects by cities. For instance, the World Bank-supported City Resilience Program (World Bank 2019) aims to increase the adaptation capacity of cities in developing countries.

The role of cities in combating the climate crisis is not confined to their own borders; they are also influential actors at the national and international levels (Hughes, Chu, and Mason 2018). Cities actively participate in international initiatives such as the Paris Agreement and the United Nations Sustainable Development Goals, and they also contribute to global policy development processes. For example, the Cities Climate Leadership Group (C40), which brings together 97 major cities, develops and implements effective policies to combat the climate crisis (Cities Climate Leadership Group 2024).

Today, cities are viewed not only as densely populated areas but also as centres for developing sustainability policies, reducing carbon footprints, and implementing environmental solutions. Their growing populations make their potential in combating the climate crisis increasingly visible. At the alternative climate summit held in Copenhagen in December 2009, it was emphasized that cities are responsible for 80% of global carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions and can serve as leaders in climate action (Nijman 2016).

Herrschel and Newman (2017) demonstrate that cities are not merely passive entities in globalization processes; they play an active role within multi-level governance structures. Similarly, Bakker (2021) argues that local

governments can act as independent climate actors contributing to the formation of international legal norms. Lee (2014) also examines cities' participation in transnational climate networks through comparative analysis, demonstrating that local governments are becoming increasingly active in the field of global governance.

In his analysis of the C40 Climate Leadership Group, Acuto (2013) criticized the restrictive effects of neoliberal policies on cities' autonomy while explaining their position in global environmental governance. Koch (2021) argues that, despite their vulnerabilities, the capacity of Global South cities to develop locally based solutions is increasing. Jones (2018) examined the decisive role of policy-making processes and institutional capacity in climate adaptation in cities such as Stockholm, Copenhagen, and Tokyo, arguing that cities can demonstrate effective leadership independently of national governments when they strengthen their own governance capacities. Miller (2024) demonstrated that cities such as Los Angeles, Shenzhen, and Toronto can influence global climate policies by developing alternative solutions when national governments fall short.

All these studies demonstrate that cities are not merely defensive against the climate crisis; on the contrary, they are multidimensional and active actors with the potential to effect change. Thanks to multi-actor structures shaped by the participation of local governments, civil society, the private sector, and citizens, cities have a transformative impact on the climate crisis, both locally and globally.

This transformative role of cities goes beyond merely responding to environmental problems and also encompasses their capacity to create change at the social, institutional, and political levels. The concept of "transformative governance" emphasizes that local climate policies should be designed not only to focus on adaptation or mitigation but also to foster structural transformation (Buylova et al. 2025; Hölscher, Wittmayer, and Loorbach 2018; Korhonen-Kurki et al. 2025). This approach argues that urban actors can trigger systemic change through learning, innovation, and collective action in response to the climate crisis (Patterson et al. 2017). Therefore, cities becoming transformative actors in climate action is a process that, unlike classical environmental management, also encompasses the principles of social justice, participation, and governance innovation (Frantzeskaki, Dumitru, et al. 2016).

The primary objective of this study is to demonstrate the transformative role of cities in the context of the climate crisis and to examine the strategic importance of local governance and stakeholder engagement in this process through examples. Especially in this period of ongoing failures in combating the climate crisis, cities are not only the places affected by the crisis but also key actors at the heart of the solution, as they are responsible for a significant portion of global greenhouse gas emissions. Indeed, at the 2025 United Nations meeting, US President Donald Trump's characterization of the climate crisis as "the world's biggest scam" (Volcovici 2025) is a clear indication that the situation has now exceeded the jurisdiction of individual countries. As the largest contributors to emissions, countries are expected to lead the climate response; failing to shoulder this responsibility while dismissing the efforts of others as a scam demonstrates that combating the climate crisis can no longer be resolved solely through global negotiations.

This research is based on a qualitative methodology and includes a comprehensive literature review. Within this framework, reports from international organizations such as the IPCC, UN-Habitat, C40 Cities, and ICLEI, as well as academic books, articles, and online data sources, were examined. Within this framework, the study examines the increasing role of cities in climate policies, their capacity to respond to the climate crisis, and the multi-actor governance structures that determine the impact of cities at both national and international levels. A comparative analysis of the case studies discussed under these headings was also conducted. Thus, the study distinguishes itself from similar research through its multi-layered evaluation approach and offers a comprehensive perspective for future academic studies and policy development processes.

## 2. Why Are Cities Important?

The climate crisis, one of the greatest global threats of the 21st century, directly affects both natural systems and humanity. Cities have emerged as key actors in addressing this global challenge. Today, more than half of the world's population lives in urban areas (UNEP 2024), and this proportion is projected to increase significantly by 2050. This demographic trend places cities at the centre of greenhouse gas emissions while positioning them as potential drivers of solutions to the climate crisis. The World Bank's report "Thriving: Making Cities Green, Resilient, and Inclusive in a Changing Climate" also highlights the crucial role of cities in both mitigating the climate crisis and protecting populations from its impacts (Mukim and Roberts 2023).

Cities contribute approximately 85% of global Gross Domestic Product (GDP) and are responsible for more than 60% of greenhouse gas emissions (Harris et al. 2020). Urban areas with high carbon footprints—stemming from sectors such as industry, transportation, and construction—have the potential to mitigate these impacts by transitioning to low-carbon energy and transportation systems (UNDP 2024).

IPCC reports (2022, 2023) show that cities are affected by the climate crisis in regionally distinct ways, necessitating adaptation and resilience strategies at the local level. The rise of megacities—from 31 cities with populations exceeding 10 million in 2016 (United Nations 2016) to 35 by 2025 (World Population Review 2025)—further highlights challenges related to environmental sustainability, infrastructure pressure, and social justice. World Bank data indicate that the projected increase of 2.5 billion urban dwellers by 2050 will place significant strain on water resources, infrastructure, and ecosystems. Forest conservation, investment in green spaces, and integrated urban planning strategies are considered critical for reducing these pressures and enhancing resilience (Mukim and Roberts 2023).

Local governments need to develop sustainable development policies that both reduce emissions and implement structural transformations such as green infrastructure, nature-based solutions, and reduced fossil fuel dependency (Friday, Mills, and McQueen 2022; UN-Habitat 2021).

Rosenzweig et al. (2010) state that local governments can contribute to global climate policies through innovative solutions, and that these solutions can serve as models for other cities. Bulkeley and Betsill (2003) emphasize that cities should be regarded not only as implementers but also as transformative actors in the fight against the climate crisis.

Vulnerable communities in cities—such as women, young people, and Indigenous peoples—are disproportionately affected by the climate crisis (Seidel and Bell 2014; UN-Women 2025). Therefore, the active participation of these groups in all climate policy processes—such as the formulation of Nationally Determined Contributions (NDCs) ahead of COP30 in 2025—is critical to ensuring that policies are fair and inclusive (Pradyumna, Patil, and Ramesh 2023; UNFCCC-KCI 2024). A World Bank report also highlights that the lack of inclusivity in low-income cities increases the vulnerability of marginalized groups—including women, youth, and low-income communities—to climate-related shocks. Many of those arriving in cities due to climate-induced migration live in informal settlements with limited access to essential services, thereby deepening inequality and social tensions (Mukim and Roberts 2023).

### 2.1. The Share of Cities in Global Greenhouse Gas Emissions

Cities are at the heart of global carbon emissions. More than half of the world's population lives in cities, and this concentration in urban areas increases energy demand, transport, and consumption (IEA 2021). For example, according to the U.S. Department of Energy (DOE), New York State emitted 175.9 million metric tons (MMT) of CO<sub>2</sub> into the atmosphere in 2018 (Ronk 2021). This amount is higher than the emission levels of most countries, such as Belgium, Bulgaria, and Greece (Ritchie & Roser, 2020).

Globally, emissions from large cities are increasing in parallel with urban population growth and industrialization (UN-Habitat 2020). Today, cities account for a significant share of global energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions, and GDP. This share is directly linked to the economic activities and intensive energy use of cities in both developed and developing countries.

**Table I: Top 10 Cities with the Highest Urban Carbon Footprint (2018) (Charlton 2018; Daniel Moran 2018).**

Rank	City	Country	Per Capita Emissions (t CO <sub>2</sub> )	Population (people)	Total Emissions (Mt CO <sub>2</sub> )	National Rank
1	Seoul	South K.	13.0 ± 2.4	21,254,000	276.1 ± 51.8	1
2	Guangzhou	China	6.1 ± 1.0	44,309,000	272.0 ± 46.2	1
3	New York	USA	17.1 ± 5.5	13,648,000	233.5 ± 75.4	1
4	Hong Kong SAR	China	34.6 ± 6.3	6,029,000	208.5 ± 37.8	1
5	Los Angeles	USA	14.6 ± 3.2	13,482,000	196.4 ± 43.7	2
6	Shanghai	China	7.6 ± 1.9	23,804,000	181.0 ± 44.6	2
7	Singapore	Singapore	30.8 ± 6.5	5,235,000	161.1 ± 34.1	1
8	Chicago	USA	21.1 ± 5.1	7,260,000	152.9 ± 37.2	3
9	Tokyo/Yokohama	Japan	4.0 ± 0.6	32,999,000	132.8 ± 21.4	1
10	Riyadh	Saudi A.	20.7 ± 4.6	5,747,000	118.8 ± 26.4	1

Table I shows the 10 cities with the highest carbon emissions worldwide in 2018. These cities stand out due to their population densities, industrial infrastructure, transport systems, and

energy consumption patterns. The table presents per capita emissions (tons of CO<sub>2</sub>), city population, and total carbon emissions (Mt CO<sub>2</sub>) generated by these populations for each city.

**Table II: Country-Based Carbon Emission Data for 2022 (Worldometer 2022).**

Rank	Country	Per Capita Emissions (t CO <sub>2</sub> )	Total Emissions t CO <sub>2</sub> )	Population (persons)	Total Emissions (Mt CO <sub>2</sub> )
1	Malaysia	8.00	277,531,770	34,695,493	277.5
2	Taiwan	11.77	275,573,980	23,420,111	275.6
3	Egypt	2.36	265,961,280	112,618,250	266.0
4	Spain	5.32	254,363,430	47,828,382	254.4
5	Kazakhstan	12.27	245,886,290	20,034,609	245.9
6	U.A.E.	21.36	218,799,350	10,242,086	218.8
7	Pakistan	0.82	199,329,850	243,700,667	199.3
8	Iraq	4.40	193,836,310	44,070,551	193.8
9	Argentina	4.05	184,037,200	45,407,904	184.0
10	Algeria	3.89	177,079,430	45,477,389	177.1

Table II lists the 10 countries closest to the cities shown in Table 1 in terms of total emissions, based on 2022 data. The table presents carbon emissions per capita, total population, and total CO<sub>2</sub> emissions generated by these populations for each country.

A comparison of Tables I and II reveals that cities are not merely micro-representations of countries in terms of carbon emissions; rather, the emissions of some cities alone exceed the total emissions of many countries. For example, Seoul's total

emissions are nearly equal to those of Malaysia and Taiwan. This clearly demonstrates the critical role cities play in the emissions crisis. The emissions of cities such as New York and Los Angeles are comparable to those of countries like Spain, Kazakhstan, and even the United Arab Emirates. In terms of per capita emissions, rates in cities are generally higher than in countries. For instance, per capita emissions in Hong Kong are 34.6 tonnes, while in the United Arab Emirates they are as low as 21.36 tonnes.

## 2.2. Local Authorities' Rapid and Innovative Solutions

Innovative solutions developed by cities to combat the climate crisis are not merely technical applications; they also reflect the governance capacities of cities. Local governance is defined as a multi-level, participatory decision-making process in which the public sector, private sector, and civil society share responsibilities. Rhodes (1996) defines "governance" as the capacity to steer through networks rather than through hierarchical state control, while Pierre and Peters (2000) describe it as a form of policymaking in which public authorities collaborate with other social actors. Stoker (1998) identifies the fundamental characteristics of governance as multi-actor participation, mutual interdependence, resource sharing, and flexible steering mechanisms. In this context, local governance represents a new management approach in which municipalities are positioned not only as service providers but also as network builders, facilitators, and mediators (Pierre 2011).

Central government decision-making processes are often lengthy, whereas local authorities have the advantage of being able to take direct action. Local authorities can play a transformative role through methods such as on-site renewable energy production, green energy procurement, or energy supply from renewable sources. Using a combination of different renewable energy options can facilitate the achievement of local goals, particularly in areas where resources vary seasonally or regionally. Such investments are emerging as effective and sustainable tools for reducing carbon emissions (US EPA 2025). Community-based energy initiatives are becoming increasingly widespread worldwide; cooperatives and social enterprises, in which local communities play an active role in renewable energy projects, provide both economic and social benefits (Becker, Kunze, and Vancea 2017; Wu, Carroll, and Denny 2022).

For example, solar panels have been installed in the Santa Marta favelas in Brazil, reducing energy costs and providing training to the local community. Solar energy cooperatives in London's Brixton area are reducing fuel poverty while also creating local employment. Tenants in the Hvidovrebo social housing area in Denmark have achieved energy independence by integrating solar energy systems into roof renovation projects. In Portland, USA, municipal funds have been established for solar energy and energy efficiency projects to support low-income communities. Under the "Net Zero Carbon Buildings Commitment," carried out through inter-city cooperation, the goal is for new buildings to achieve net-zero emissions by 2030 and all buildings by 2050 (IRENA 2021). Such projects contribute both to reducing emissions and to achieving energy independence for local governments.

Innovative solutions are not limited to the energy sector. Reforms in the transport sector have a significant impact on reducing greenhouse gas emissions (GAO 2023). For example, Bogotá's TransMilenio system has substantially reduced vehicle traffic and emissions by increasing the use of public transport within the city (Echeverry et al. 2005). The visionary approach of Gustavo Francisco Petro Urrego, Mayor of Bogotá at the time, who prioritized environmental issues, was also instrumental in this success. Petro emphasized that combating the climate crisis and protecting the environment are not secondary but fundamental responsibilities; he stated that air and water are sources of life and that protecting these elements should be a priority for local governments (ICLEI 2014). This example demonstrates that even with limited resources, low-cost and effective policies supporting environmental sustainability can be implemented.

Innovative practices by local governments also support social resilience and economic development (Fu, Han, and Peng 2025; Sánchez-Hernández 2024). For example, the electric ferry programme implemented in Kochi, India, has reduced carbon emissions while revitalizing the local economy (Joseph and Elias 2024). Such multi-dimensional approaches demonstrate the importance of local governments in creating sustainable cities. This, in turn, makes cities an effective instrument in combating the climate crisis. The capacity of cities to implement these solutions and make a difference on a global scale plays a critical role in fostering a sustainable future.

## 3. Local Actors

### 3.1. The Role of Local Actors and Examples of Success

Cities are key actors in implementing low-carbon development, adaptation policies, and resilience strategies, despite being major sources of greenhouse gas emissions. While cities are responsible for a large share of energy consumption and emissions, they are also vulnerable to climate risks such as the urban heat island effect, sea level rise, and extreme weather events. Local actors play a critical role in the success of climate strategies through their involvement in urban planning, governance, private sector collaboration, and social participation. In this regard, some cities that stand out in combating the climate crisis through multiple strategies are:

*Oslo*: When the city was selected as the European Green Capital in 2019, it had reduced its greenhouse gas emissions by 28% since 2009 and emissions from municipal operations by 86% compared to 2012 (European Commission 2025). The city's 2030 target is to reduce emissions by 95%, while increasing forest conservation, energy efficiency, and climate resilience (European Commission 2025; UNEP 2018). Forty percent

of private vehicles in the city are electric, 90% of new vehicle sales are electric, and all buses are expected to be electric by 2026. Forty percent of journeys are made on foot, while increased bicycle use, car sharing, and shore power applications at ports are reducing carbon emissions (European Commission 2025; Lundgren 2025). Flower meadows, fjord clean-up efforts, and the new air quality action plan implemented in the city aim to protect nature and biodiversity (European Commission 2025). In 2018, 37% of household waste was recycled and 2.6% was reused; this strategy has also been used to generate electricity and heat (Oslo Kommune 2025).

**Copenhagen:** The city, which aims to become the world’s first carbon-neutral capital by 2025, has set targets under the 2012 Copenhagen Climate Plan to reduce energy consumption by 7%, energy production by 80%, mobility by 75%, and city administration by 5% (CNCA 2025). Since 1990, greenhouse gas emissions in the city have fallen by 40%, and CO<sub>2</sub> per capita decreased by 31% between 2005 and 2014. A further reduction of 400,000 tonnes in emissions is planned for 2025 (Berger 2017; Mathiesen, Auken, and Skibsted 2019). The use of renewable energy is increasing in the city; for example, while 30% of electricity needs were met by wind energy in 2013, this figure reached 60% in 2023 (Climate Action 2013; Rosado 2024). The city has 546 km of cycle paths, and significant investments are made in cycling projects each year (Gürçam 2024). In this context, cycling accounts for 45% of transport in the city, electric and biofuel vehicles account for 64%, and public

transport is largely carbon neutral. For every \$1 spent on carbon reduction in the city, \$85 in private sector investment is generated (Berger 2017).

**Barcelona:** Urban systems in the city are managed in real time through the Smart City Model (IoT) and sensors (Kamel Boulos and Al-Shorbaji 2014). The city’s 10,000 smart street lamps reduce energy use and light pollution by 30%, while also enabling air and noise monitoring. Sensor-equipped waste bins have reduced collection costs by 20% and lowered carbon emissions. Smart water meters and leak detection systems have reduced water loss by 25% (Inam 2024). Traffic is optimized through GPS tracking and smart lights, while public transport stops provide real-time information and USB charging points. Hybrid buses, low-emission zones, and electric vehicle incentives are also in place. A 6,000-bike sharing system supports eco-friendly transport in the city. The new Catalan Climate Change Law aims to reduce greenhouse gas emissions by 40% by 2030, 65% by 2040, and 100% by 2050, while targeting a transition to 100% renewable energy (Barcelona City Council 2018; Elassy et al. 2024; Veloso, Fonseca, and Ramos 2024). The 24 km heating and cooling network in the 22@Barcelona and Fórum areas plays a key role in the city’s transformation (Energy Cities 2015). Each of the cities examined also demonstrates that cities have evolved into actors that guide urban transformation processes, rather than merely being policy implementers.

**Table III: Comparison of Cities in Terms of Climate Actions and Key Success Themes**

Theme	Oslo	Copenhagen	Barcelona
<b>Emission Reduction Targets</b>	Target to reduce emissions by 95% by 2030; 28% reduction achieved since 2009.	Target to become carbon-neutral capital by 2025; 40% reduction since 1990.	Targets to reduce emissions by 40% by 2030, 65% by 2040, and 100% by 2050.
<b>Energy Policies</b>	Prioritizes energy efficiency, forest conservation, energy recovery, and clean energy production.	Share of renewable energy in production increased from 30% in 2013 to 60% in 2023.	Targets to increase renewable energy use and a heating-cooling network established in the 22@Barcelona district.
<b>Transport and Mobility</b>	40% of private vehicles are electric; all buses expected to be electric by 2026; high rates of walking and cycling.	Cycling accounts for 45% of transport; public transport largely carbon-neutral; electric and biofuel vehicles account for 64%.	Smart traffic management, hybrid buses, low-emission zones, and a 6,000-bike sharing system.
<b>Waste and Resource Management</b>	37% of household waste recycled; energy and heat generated through recovery.	Not specifically addressed, but resource efficiency is part of general targets.	Sensor-equipped waste bins reduced collection costs by 20% and water loss by 25%.
<b>Digital and Smart City Applications</b>	Focus on monitoring and reporting with environmental data and air quality plans.	Digitalization strategy not specified.	IoT sensors, smart street lamps, smart water meters, and integrated traffic management systems.
<b>Nature, Ecosystems, and Resilience</b>	Fjord clean-up, flower meadows, and biodiversity protection projects.	Urban resilience targets indirectly integrated into carbon neutrality plan.	Enhancing resilience through air quality, green spaces, and energy efficiency policies.
<b>Governance and Economy</b>	86% reduction in emissions from municipal operations; strong public planning.	High private sector investment per unit of carbon reduction (1\$ → 85\$).	Public-private partnerships strengthened through smart city investments.

Although the cities of Oslo, Copenhagen, and Barcelona have different focal points in their climate actions, they are addressed under common themes in Table III. While all three cities have long-term emission reduction targets, energy transitions are central to these goals. Oslo stands out in its climate policies with energy efficiency, forest conservation, and nature-based solutions, whereas Copenhagen leads in renewable energy production and private sector investments. Barcelona, meanwhile, actively employs digital transformation and smart city applications, optimizing energy, water, and waste management to support its climate strategies through technological innovations. All cities promote low-carbon mobility in transport, with Oslo and Copenhagen excelling in electric and bicycle transport, and Barcelona in smart traffic and sharing systems. Furthermore, Oslo's nature conservation-focused projects, Copenhagen's economic sustainability approach, and Barcelona's digital governance model demonstrate that cities possess distinct but equally powerful strengths in combating the climate crisis.

### 3.2. Local Community Participation and Social Awareness

Local community participation in combating the climate crisis enhances the success of sustainable projects (Almeida et al. 2023). Projects in which local communities actively engage raise social awareness while fostering individuals' sensitivity to environmental impacts (Ballard and Bratosin 2024; Karim and Thiel 2017). Some exemplary practices in this context are as follows:

*Germany (Energy Cooperatives and Local Participation):* Energy cooperatives in Germany are fundamental tools for a democratic energy transition, in which the public participates as both producers and decision-makers (Lennon, Dunphy, and Sanvicente 2019). For example, Elektrizitäts Werke Schönau (EWS), founded in the town of Schönau in 1994, took control of the local grid in 1997 and has been supplying 100% renewable

energy nationwide since 1998. This cooperative has invested in solar, wind, hydroelectric, and combined heat and power plants, while also promoting social awareness through magazines, seminars, and cultural events (Centre for Public Impact 2021). In another example, Bürgerwerke operates as an umbrella cooperative, providing renewable energy with the participation of over 15,000 citizens through the merger of more than 90 cooperatives. This cooperative ensures transparency of energy sources for its customers while offering democratic energy management (Ehrtmann, Holstenkamp, and Becker 2021; Solar-Bürger-Genossenschaft 2025). However, while the cooperative's membership is predominantly composed of elderly, male, academically educated, and high-income individuals, young people, women, and low-income groups remain underrepresented (Radtke and Schröder 2024).

*Australia (Solidarity and Volunteer Groups in Times of Crisis):* During the bushfires in Australia in 2019–2020, volunteer groups supported on-the-ground response efforts and strengthened social solidarity (Volunteering Australia 2021). Digital tools and social media campaigns raised donations and awareness; for example, Australian comedian Celeste Barber raised millions of dollars in aid (Andrew 2020; BBC 2020). Volunteers actively working in the field provided logistical support and assisted communities affected by the disaster (Wood 2020). This experience highlighted the importance of integrating volunteer groups with institutional structures in disaster management.

*Sweden (Energy-Saving Practices):* In Sweden, households and communities are being educated through energy-saving awareness campaigns, increasing understanding of high energy costs and low efficiency (Swedish Energy Agency 2022; UNESCO 2025). Homeowners are offered insulation, window and heating system optimization, behavioural guidance, and tax incentives, while awareness of energy efficiency is also promoted in cities through educational campaigns (Stockholms Stad 2023). These practices ensure energy efficiency at both individual and societal levels and raise public awareness about sustainable energy use.

**Table IV: Comparison of Local Community Participation and Social Awareness Examples**

Theme	Germany	Australia	Sweden
Form of Participation	Citizens participate as producers and decision-makers through energy cooperatives.	Volunteer groups and community-based solidarity initiatives.	Individual and societal awareness-raising through education and awareness campaigns.
Application Area	Renewable energy production and energy management.	Disaster management and community solidarity during crises.	Energy saving, efficiency, and sustainable energy use.
Tools and Methods	Cooperative organizations, seminars, cultural events, magazines.	Digital tools, social media campaigns, and volunteer field activities.	Educational campaigns, tax incentives, technical guidance, and behavioural change initiatives.

<b>Social Impact</b>	Active public involvement in the energy transition; strengthened democratic energy governance.	Increased community solidarity and volunteerism during post-disaster recovery.	Development of energy awareness and conservation habits among individuals.
<b>Strengths</b>	Participatory energy model, transparency, and local ownership.	Rapid mobilization, volunteer support, and digital solidarity networks.	State-supported awareness, behavioural change, and increased energy efficiency.
<b>Limitations/ Challenges</b>	Socioeconomic limitations of participation (age, income, gender imbalance).	Lack of institutional coordination within volunteer structures.	Difficulty in ensuring the continuity of sustainable behaviours.

As shown in Table IV, the examples from Germany, Australia, and Sweden illustrate different approaches to local community participation and social awareness. However, participatory models that enhance social ownership have been established in all three countries. In Germany, citizens are involved in production and decision-making processes through energy cooperatives, guiding the energy transition at a democratic and local level. This model serves as a strong example in terms of transparency and local ownership, although its limitation lies in the fact that participation is restricted to certain social groups, reducing inclusiveness. In Australia, volunteer groups strengthen solidarity, particularly during crises, and reach large audiences through digital campaigns. Nevertheless, these volunteer structures face challenges in continuity due to a lack of institutional coordination. In Sweden, energy-saving campaigns focus on individual behavioral change and societal awareness, with energy efficiency promoted through state-supported education and incentive mechanisms. Although local community participation varies across socio-cultural contexts in these examples, all converge on common goals of increasing environmental awareness, enhancing sustainability consciousness, and grounding climate policies in a social framework.

#### 4. Multi-stakeholder Collaboration and Examples of Good Practice

Stakeholder participation and multi-stakeholder governance require cooperation among different interest groups to address complex issues, such as environmental challenges. Ansell and Gash (2008) conceptualize this model through the notion of “collaborative governance.” According to them, collaborative governance is a trust-based form of governance in which public institutions, the private sector, and civil society engage in joint decision-making processes. Emerson and Nabatchi (2015), on the other hand, divide this process into three key components—participation inclusiveness, institutional alignment, and joint goal production—through their “integrative framework for collaborative governance.” Within this framework, stakeholder participation is not merely a form of representation in decision-making but can also serve as a transformative

tool for building social legitimacy.

*World Wildlife Fund (WWF):* The Amazon rainforests are rapidly disappearing, along with the habitats of the indigenous peoples who live there. In this context, protecting indigenous communities plays a critical role in ecosystem conservation (Ramírez 2024; WWF 2025a). While defending the rights of these communities, WWF also seeks to prevent deforestation and foster a sustainable future. Programs such as the Indigenous Land Management Training Programme (PFGTI) enhance leadership and forest conservation capacity in the region. Additionally, conservation agreements and alternative livelihood initiatives support both regional stability and ecosystem revitalization (WWF 2019). Community forests in Cameroon and WWF’s “green business model” initiatives enable local communities to safeguard both economic sustainability and biodiversity (Kimengsi et al. 2019; WWF 2025b). These approaches underscore the importance of local participation in environmental protection and in generating social benefits.

*Sierra Club:* The Sierra Club’s “Ready for 100” campaign encourages local governments in the United States to pursue 100% renewable energy targets (Sierra Club 2025). The campaign mobilizes mayors, educational institutions, and community leaders to participate in the clean energy transition. Cities such as San Francisco, Grand Rapids, and San Diego are playing pioneering roles in this shift (Hess and Gentry 2019; MOSAIC 2016). The campaign emphasizes showcasing local successes and positively influencing social perceptions. This approach treats the energy transition as both a social and a technical process. It promotes local participation and fosters bottom-up energy democracy in the shift toward clean energy.

*350.org:* 350.org conducts campaigns against fossil fuel projects on a global scale and aims to promote energy justice (350org 2024; Brecher 2015; Poggioli 2023). The organization collaborates with communities that have historically contributed the least to emissions but are most affected by the climate crisis, actively involving the public in these initiatives. Its prominent campaigns include International Climate Action Day, resistance to the Keystone XL pipeline, the Divest

from Fossil Fuels campaign, and the Global Climate Strikes. These efforts have achieved significant results at both local and global levels (350.org 2024). Additionally, 350.org pressures governments and financial institutions to end fossil fuel investments, thereby supporting a sustainable and equitable energy transition.

**C40 Cities Network:** The C40 Cities Network comprises 97 major cities collaborating to reduce carbon emissions, enhance climate resilience, and foster socially equitable urban environments (C40 Cities 2025). The organization accelerates urban climate policies through networking, knowledge sharing, financing, and capacity building. For instance, it supports renewable energy and sustainable mobility projects in cities such as Mexico City (Alexander and Smith 2017). C40 strengthens institutional capacity through social justice-focused programs (Women4Climate, City Diplomacy, City Intelligence), enhancing cities' contributions to global climate governance beyond national governments (Gaus 2021). Its inclusive approach ensures that local climate actions are more equitable and effective through participatory mechanisms.

**Local Governments for Sustainability (ICLEI):** ICLEI collaborates with over 2,500 local governments across more than 125 countries, supporting zero-emission and resilient development (ICLEI 2025a). For example, the City of Aspen in the United States has operated on 100% renewable energy since 2015 through its municipal utility, Aspen Electric, using sources such as hydroelectric, wind, and landfill gas. The Australian Capital Territory (ACT) achieved 100%

renewable electricity generation by 2020 and has implemented policies targeting net-zero emissions by 2045. Byron Shire in Australia aims for net-zero emissions in the stationary energy sector by 2025. In South Korea, Inje County and Jeju Province have adopted comprehensive policies focused on 100% renewable energy and 100% renewable electricity and transport, respectively (ICLEI 2025b). ICLEI also supports small and medium-sized enterprises, raises community awareness, and provides both environmental and economic benefits through initiatives such as waste management and recycling (ICLEI 2016). These efforts enhance local governments' capacity to achieve their sustainability objectives.

**United Cities and Local Governments (UCLG):** UCLG is an organization representing more than 240,000 local governments worldwide and promoting global local governance (UCLG-MEWA 2025). Participatory planning, social inclusion, and sustainable development goals have been implemented in cities such as Medellín, Pasto, Porto Alegre, Durban, and Surabaya. For instance, in Porto Alegre, Brazil, social protection and participation were promoted through partnerships with NGOs supporting waste collectors (Hydropolitics Academy 2021). In Surabaya, Indonesia, SDG priorities were identified, local government capacity was strengthened through green infrastructure and disaster resilience programs, and social participation was facilitated (UCLG ASPAC 2021). These examples illustrate that UCLG serves as a dynamic platform supporting local governments' active participation in decision-making processes on global issues and sustainable development.

**Table V: Comparison of Multi-Actor Collaboration and Best Practice Examples**

Theme	WWF	Sierra Club	350.org	C40 Cities Network	ICLEI	UCLG
Scope and Objectives	Ecosystem conservation and sustainable livelihoods with indigenous communities in the Amazon and Africa.	Encouraging local governments to set 100% renewable energy targets.	Global campaigns against fossil fuels and promoting energy justice.	Carbon reduction, climate resilience, and social equity across 97 major cities.	Zero-emission and resilient development with over 2,500 local governments in 125 countries.	Representing over 240,000 local governments to strengthen global local governance.
Participating Actors	Indigenous peoples, community leaders, WWF experts.	Mayors, educational institutions, community leaders.	Local communities, civil activists, international supporters.	City networks, municipal officials, social justice programs.	Local governments, small and medium-sized enterprises, communities.	Local governments, city networks, civil society, and citizens.

<b>Application Areas</b>	Forest conservation, indigenous rights, sustainable livelihoods.	Renewable energy transition and social awareness.	Fossil fuel divestment, energy transition, and climate action.	Urban carbon reduction, renewable energy, mobility, and equity.	Renewable energy, waste management, recycling, and awareness campaigns.	Participatory planning, green infrastructure, disaster resilience, and sustainable development.
<b>Tools and Approaches</b>	Training programs (PFGTI), conservation agreements, "green business model."	"Ready for 100" campaign emphasizing bottom-up governance.	International campaigns, climate strikes, ending fossil fuel investments.	Knowledge sharing, financing, capacity building, thematic programs.	Technical support, project implementation, awareness initiatives.	Global representation, knowledge exchange, sharing of best practices.
<b>Socio-Ecological Impact</b>	Local leadership, ecosystem restoration, and livelihood security.	Awareness of clean energy and local-level energy democracy.	Global awareness through public mobilization and reduction of fossil investments.	Accelerated urban climate policies and equity-focused transformation.	Increased capacity of local governments and environmental benefits.	Enhanced participation of local governments in global decision-making processes.
<b>Key Features</b>	Local, community-based approach integrating nature conservation and social justice.	Increasing societal participation in energy transitions with local governments.	Bottom-up organization and emphasis on energy justice.	Coordination among global city networks and equity-based governance.	Multi-level local sustainability practices.	Global platform for local democracy and inclusive development.

Table V illustrates that multi-stakeholder collaboration models manifest in environmental governance at different scales and under varying social dynamics. WWF integrates its nature conservation-oriented approach with local community knowledge and participation, ensuring socio-ecological integrity. The Sierra Club unites local governments and community leaders to establish a participatory and democratic governance model for the transition to renewable energy. 350.org advocates for global energy justice through grassroots movements, generating social pressure against fossil fuel investments. The C40 Cities Network exemplifies city diplomacy, combining carbon reduction and social equity goals while enhancing the capacity for joint action among cities. ICLEI produces environmental and economic benefits through projects that strengthen local governments' technical capacities, whereas UCLG promotes the global representation of local governments and participatory planning aligned with sustainable development goals. Collectively, these cases demonstrate that multi-stakeholder governance shapes the resolution of environmental challenges at both local and global levels, relying on cooperation, inclusivity, and the pursuit of shared objectives.

## 5. Discussion and Conclusion

This study demonstrates that, particularly as the possibility of limiting global warming to 1.5°C diminishes, cities are increasingly enhancing their potential to lead this process. It also reveals how cities are positioned not only as implementers but also as transformative and policy-making actors in combating the climate crisis. The findings show that effective responses to the climate crisis are mostly initiated at the local level and that successful strategies are shaped by strong governance structures, community participation, and the effective role of local actors.

The findings of this study reveal three transformative axes in cities' fight against the climate crisis:

- 1. Institutional transformation:** Increasing the governance capacity of local administrations.
- 2. Social transformation:** Strengthening the local level through citizen participation, energy democracy, and volunteering practices.
- 3. Political transformation:** Cities becoming influential actors in global environmental policies through supranational networks.

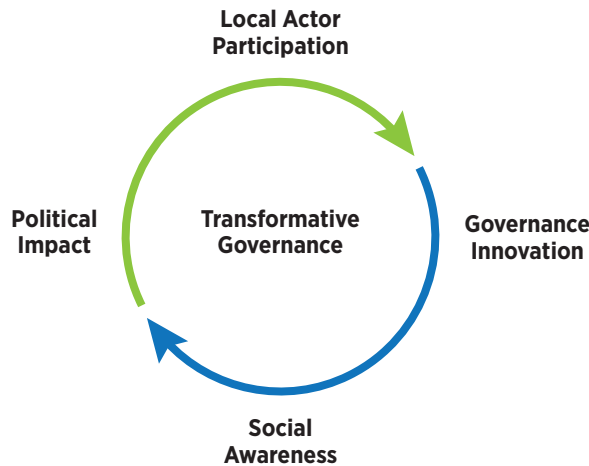
When these three axes are considered together, they demonstrate that cities are no longer merely implementers of climate policies but are also becoming norm-setting and guiding actors.

In the context of the topics addressed in the study, WWF supports the protection of the Amazon rainforests and indigenous peoples, while the Sierra Club guides local governments in the United States toward achieving 100% renewable energy. 350.org runs campaigns against fossil fuel projects on a global scale and promotes energy justice. The C40 Cities Climate Leadership Group reduces greenhouse gas emissions through knowledge sharing, capacity building, and sustainable mobility projects in major cities such as Mexico City, Durban, and Bogotá. ICLEI supports renewable energy and net-zero emissions targets in cities such as Aspen, Byron, and Jeju. UCLG strengthens participatory planning, social inclusion, and sustainable development processes in cities such as Medellín, Porto Alegre, Durban, and Surabaya. Finally, examples where local actors play a strategic role—such as Oslo, Copenhagen, and Barcelona;

energy cooperatives in Germany; energy-saving practices in Sweden; and voluntary solidarity groups in Australia—are producing concrete results through social participation, technological innovation, and sustainability principles.

Bulkeley and Betsill's (2003) emphasis on the need to re-define local governments as transformative actors in climate policies is consistent with the findings of this study. Similarly, Acuto's (2013) work on the C40 Network demonstrates that cities have become norm-producing actors not only at the local level but also in global environmental governance. This theoretical perspective reveals that practices such as Oslo's electric transport initiatives or Copenhagen's carbon neutrality targets are not merely local solutions but also contribute to global governance systems.

The findings show that the transformative power of cities operates through a 'multi-layered governance cycle.' In this cycle, the chain of local actor participation → governance innovation → social awareness → political impact forms the fundamental dynamic of transformation at the global scale (Figure 1).



**Figure 1:** *The Multi-Layered Governance Cycle of Cities in Climate Action*

One of the fundamental arguments of the study is that transformation must begin locally. The process of change—starting from the neighbourhood and extending to the city, then the country, and finally the world—is only possible with the active participation of individuals and local actors. The right and will of people to redesign their own living spaces form the basis of climate justice. Empowering the local level paves the way for sustainable climate policies at the global level.

However, despite positive local examples, the progress of global climate negotiations remains disappointing. Although the Glasgow Pact published at COP26 emphasises that decarbonisation is imperative, analyses prior to COP28 show that we are still far from the 43% roadmap necessary to reduce emissions (Dasgupta, Lall, and Wheeler 2022; Henriques 2024). Inequalities in climate finance represent fundamental shortcomings in the fight against the climate crisis. With even the \$1.3 trillion in support requested by developing countries unmet, this situation deepens international

debates on climate justice (Hill& Mahat,2024). Therefore, alternative climate policies initiated under the leadership of local governments and cities are strategically important for both breaking the inertia of central governments and advancing the implementation of climate policies.

The findings of the study show that the transformative role of cities in combating the climate crisis is not limited to producing technical solutions but also redefines the culture of governance. This transformation demonstrates that innovative practices developed at the local level can influence national and global policies. Cities thus become both implementing and policy-making actors at the centre of a multi-level climate governance structure.

At the policy level, three key frameworks have emerged to increase the transformative impact of cities:

1. *Local financing and capacity building*: Increasing the share of local government (municipal, etc.) budgets allocated to climate action and facilitating access to international funds.
2. *Participatory decision-making mechanisms*: Democratising decision-making processes through citizens' assemblies,

energy cooperatives, and local forums to produce more effective climate policies.

3. *Strengthening city diplomacy*: Institutionalising the sharing of knowledge, technology, and finance through networks such as C40, ICLEI, and UCLG.

These steps ensure the sustainability of innovative practices developed at the local level while also establishing climate governance on a fair and sustainable basis.

In conclusion, the climate crisis is not only an environmental issue but also an economic, social, and political one. Therefore, a multi-layered and multi-stakeholder approach is required to find effective solutions. Cities lie at the heart of this structure and are among its most dynamic components. Empowering local actors, increasing public participation, and establishing a fair governance approach are indispensable for a sustainable future at both national and global levels. Time is running out for an effective response to the climate crisis, and hope lies not in global deception but in local resilience, public awareness, and the vision of cities.



## References

- 350.org. 2024. "Celebrating 350.Org: The Top 10 Most Influential Moments in Our History." Retrieved (<https://350.org/celebrating-350-org-the-top-10-influential-moments-in-our-history/>).
- Acuto, Michele. 2013. "The New Climate Leaders?" *Review of International Studies* 39(4):835–57. doi: 10.1017/S0260210512000502.
- Alexander, James, and Val Smith. 2017. "Opinion: 4 Ways Cities Are Financing Climate Action." *Devex*. Retrieved (<https://www.devex.com/news/opinion-4-ways-cities-are-financing-climate-action-89533>).
- Almeida, Paul, Luis Rubén González, Edward Orozco Flores, Venise Curry, and Ana Padilla. 2023. "The Building Blocks of Community Participation in Local Climate Meetings." *Npj Climate Action* 2(1):37. doi: 10.1038/s44168-023-00071-4.
- Andrew, Scottie. 2020. "An Australian Comedian Has Raised More than \$26 Million to Fight Deadly Bushfires." *CNN*. Retrieved (<https://edition.cnn.com/2020/01/06/australia/australian-comedian-26-million-australia-fires-trnd/index.html>).
- Anguelovski, Isabelle, and JoAnn Carmin. 2011. "Something Borrowed, Everything New: Innovation and Institutionalization in Urban Climate Governance." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3(3):169–75. doi: 10.1016/j.cosust.2010.12.017.
- Ansell, Chris, and Alison Gash. 2008. "Collaborative Governance in Theory and Practice." *Journal of Public Administration Research and Theory* 18(4):543–71. doi: 10.1093/jopart/mum032.
- Bakker, Christine. 2021. "Are Cities Taking Center-Stage? The Emerging Role of Urban Communities as 'Normative Global Climate Actors.'" *The Italian Yearbook of International Law Online* 30(1):81–106. doi: 10.1163/22116133-03001006.
- Ballard, Hannah, and Theodor Bratosin. 2024. "Why Local Action Is Crucial to Addressing Global Climate Change." *World Economic Forum*. Retrieved (<https://www.weforum.org/stories/2024/08/local-action-crucial-to-global-climate-change/>).
- Barcelona City Council. 2018. *Climate Plan 2018-2030*. [https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/climate\\_plan\\_maig.pdf](https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/climate_plan_maig.pdf)
- BBC. 2020. "Australia Fires: How the World Has Responded to the Crisis." Retrieved (<https://www.bbc.com/news/world-australia-51024904>).
- Becker, Sören, Conrad Kunze, and Mihaela Vancea. 2017. "Community Energy and Social Entrepreneurship: Addressing Purpose, Organisation and Embeddedness of Renewable Energy Projects." *Journal of Cleaner Production* 147:25–36. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.01.048.
- Berger, John J. 2017. "Copenhagen, Striving to Be Carbon Neutral: The Economic Payoffs." *ICLEI*. Retrieved (<https://talkofthecities.iclei.org/copenhagen-striving-to-be-carbon-neutral-the-economic-payoffs/>).
- Brecher, Jeremy. 2015. *Climate Insurgency*. Routledge.
- Bulkeley, Harriet. 2010. "Cities and the Governing of Climate Change." *Annual Review of Environment and Resources* 35(1):229–53. doi: 10.1146/annurev-environ-072809-101747.
- Bulkeley, Harriet, and Michelle Betsill. 2003. *Cities and Climate Change: Urban Sustainability and Global Environmental Governance*. Routledge.
- Buylova, Alexandra, Naghmeh Nasiritousi, Jennifer Bergman, Lisa Sanderink, Björn Wickenberg, Cesar Casiano Flores, and Kes McCormick. 2025. "Bridging Silos through Governance Innovations: The Role of the EU Cities Mission." *Frontiers in Sustainable Cities* 6. doi: 10.3389/frsc.2024.1463870.
- C40 Cities. 2025. "Our History." Retrieved (<https://www.c40.org/about-c40/our-history/>).
- C40 Knowledge Hub. 2019. "Copenhagen 2025 Climate Plan: Roadmap 2017 - 2020." Retrieved ([https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Copenhagen-2025-Climate-Plan-Roadmap-2017-2020?language=en\\_US](https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Copenhagen-2025-Climate-Plan-Roadmap-2017-2020?language=en_US)).
- Cavaleri, Luigi, Marco Bajo, Francesco Barbariol, Mauro Bastianini, Alvise Benetazzo, Luciana Bertotti, Jacopo Chiggiato, Christian Ferrarin, Fabio Trincardi, and Georg Umgiesser. 2020. "The 2019 Flooding of Venice and Its Implications for Future Predictions." *Oceanography* 33(1):42–49. doi: 10.5670/oceanog.2020.105.
- Centre for Public Impact. 2021. "Community Energy Cooperative: Schönau, Germany." Retrieved (<https://centreforpublicimpact.org/public-impact-fundamentals/community-energy-cooperative-schonau-germany/>).
- Charlton, Emma. 2018. "These Are the Cities with the Biggest Carbon Footprints." *World Economic Forum*. Retrieved (<https://www.weforum.org/stories/2018/07/these-are-the-cities-with-the-biggest-carbon-footprints/>).
- Cities Climate Leadership Group. 2024. "Casablanca to Become 97th C40 City." Retrieved (<https://www.c40.org/news/casablanca-to-become-97th-city-to-join-c40-cities/>).
- Climate Action. 2013. "Climate Plan 2025 in Copenhagen, Denmark." Retrieved ([https://www.climateaction.org/news/copenhagen\\_denmark\\_aims\\_to\\_be\\_carbon\\_neutral\\_by\\_2025/](https://www.climateaction.org/news/copenhagen_denmark_aims_to_be_carbon_neutral_by_2025/)).
- CNCA. 2025. "Copenhagen, Denmark (Copenhagen Has Major Climate Ambitions and Aims to Be the First Carbon Neutral Capital in 2025)." Retrieved (<https://carbonneutralcities.org/cities/copenhagen/>).
- Daniel Moran. 2018. "Global Gridded Model of Carbon Footprints (GGMCF)." *Citycarbonfootprints.info*. Retrieved (<https://citycarbonfootprints.info/>).
- Dasgupta, Susmita, Somik Lall, and David Wheeler. 2022. "Cutting Global Carbon Emissions: Where Do Cities Stand?" *The World Bank Group*. Retrieved (<https://blogs.worldbank.org/en/sustainablecities/cutting-global-carbon-emissions-where-do-cities-stand>).

- Echeverry, Juan Carlos, Ana María Ibáñez, Andrés Moya, Luis Carlos Hillón, Mauricio Cárdenas, and Andrés Gómez-Lobo. 2005. "The Economics of TransMilenio, a Mass Transit System for Bogotá." *Economía* 5(2):151-96.
- Ehrtmann, Moritz, Lars Holstenkamp, and Timon Becker. 2021. "Regional Electricity Models for Community Energy in Germany: The Role of Governance Structures." *Sustainability* 13(4):2241. doi: 10.3390/su13042241.
- Elassy, Mohamed, Mohammed Al-Hattab, Maen Takruri, and Sufian Badawi. 2024. "Intelligent Transportation Systems for Sustainable Smart Cities." *Transportation Engineering* 16:100252. doi: 10.1016/j.treng.2024.100252.
- Emerson, Kirk, and Tina Nabatchi. 2015. *Collaborative Governance Regimes*. Georgetown University Press.
- Energy Cities. 2015. "100% RES - Towards Energy Self-Sufficiency by 2050." Retrieved (<https://energy-cities.eu/best-practice/100-res-towards-energy-self-sufficiency-by-2050/>).
- European Commission. 2025. "Once a Green Capital, Always a Green Capital: Oslo's Continued Path to Sustainability." Retrieved ([https://environment.ec.europa.eu/news/oslos-five-year-report-2025-02-04\\_en](https://environment.ec.europa.eu/news/oslos-five-year-report-2025-02-04_en)).
- Frantzeskaki, Niki, Adina Dumitru, Isabelle Anguelovski, Flor Avelino, Matthew Bach, Benjamin Best, Constanze Binder, Jake Barnes, Giuseppe Carrus, Markus Egermann, Alex Haxeltine, Michele-Lee Moore, Ricardo Garcia Mira, Derk Loorbach, David Uzzell, Ines Omann, Per Olsson, Giorgia Silvestri, Richard Stedman, Julia Wittmayer, Rachel Durrant, and Felix Rauschmayer. 2016. "Elucidating the Changing Roles of Civil Society in Urban Sustainability Transitions." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 22:41-50. doi: 10.1016/j.cosust.2017.04.008.
- Frantzeskaki, Niki, Nadja Kabisch, and Timon McPhearson. 2016. "Advancing Urban Environmental Governance: Understanding Theories, Practices and Processes Shaping Urban Sustainability and Resilience." *Environmental Science & Policy* 62:1-6. doi: 10.1016/j.envsci.2016.05.008.
- Friday, Catherine, Meghan Mills, and Julie McQueen. 2022. "Six Ways That Governments Can Drive the Green Transition." Ernst & Young Global Limited. Retrieved ([https://www.ey.com/en\\_gl/insights/government-public-sector/six-ways-that-governments-can-drive-the-green-transition](https://www.ey.com/en_gl/insights/government-public-sector/six-ways-that-governments-can-drive-the-green-transition)).
- Fu, Lianying, Xu Han, and Jizong Peng. 2025. "The Impact of Innovation-Driven Policies on Urban Resilience." *Humanities and Social Sciences Communications*. doi: <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04796-x>.
- GAO. 2023. *State and Local Efforts to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Vehicles*.
- Gaus, Julia. 2021. "What Is The C40 Cities Group & What Has It Achieved?" *ClimaTalk*. Retrieved (<https://climatalk.org/2021/12/04/what-is-the-c40-cities-group-what-has-it-achieved/>).
- Green City Times. 2025. "Green City: Copenhagen, Denmark."
- Gürçam, Selçuk. 2024. "Paving the Way for Climate Resilience through Sustainable Urbanization: A Comparative Study." *Lectio Socialis* 8(1):17-34. doi: 10.47478/lectio.1396483.
- Harris, Steve, Jan Weinzettel, Andrea Bigano, and Albin Källmén. 2020. "Low Carbon Cities in 2050? GHG Emissions of European Cities Using Production-Based and Consumption-Based Emission Accounting Methods." *Journal of Cleaner Production* 248:119206. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119206.
- Henriques, Martha. 2024. "Climate Change: The 1.5C Threshold Explained." *BBC*. Retrieved (<https://www.bbc.com/future/article/20231130-climate-crisis-the-15c-global-warming-threshold-explained>).
- Herrschel, Tassilo, and Peter Newman. 2017. *Cities as International Actors*. London: Palgrave Macmillan UK.
- Hess, David J., and Haley Gentry. 2019. "100% Renewable Energy Policies in U.S. Cities: Strategies, Recommendations, and Implementation Challenges." *Sustainability: Science and Policy* 15(1):45-61. doi: 10.1080/15487733.2019.1665841.
- Hill, Alice C., and Priyanka Mahat. 2024. "Was COP29 in Azerbaijan a Failure?" *Council on Foreign Relations*. Retrieved (<https://www.cfr.org/expert-brief/was-cop29-azerbaijan-failure>).
- Hölscher, Katharina, Julia M. Wittmayer, and Derk Loorbach. 2018. "Transition versus Transformation: What's the Difference?" *Environmental Innovation and Societal Transitions* 27:1-3. doi: 10.1016/j.eist.2017.10.007.
- Hughes, Sara, Eric K. Chu, and Susan G. Mason. 2018. *Climate Change in Cities Innovations in Multi-Level Governance*. edited by S. Hughes, E. K. Chu, and S. G. Mason. Cham: Springer International Publishing.
- Hydropolitics Academy. 2021. "Localizing The Decent Work Agenda: The Role Of Local Authorities." Retrieved (<https://www.hidropolitikakademi.org/tr/news-detail/28645/localizing-the-decent-work-agenda-the-role-of-local-authorities>).
- ICLEI. 2014. "Bogotá Is Cleaning Its Air One Bus at a Time. And It Works." Retrieved (<https://talkofthecities.iclei.org/bogota-is-cleaning-its-air-one-bus-at-a-time-and-it-works/>).
- ICLEI. 2016. "Coimbatore Sets a Guinness World Record." Retrieved (<https://southasia.iclei.org/news/coimbatore-sets-a-guinness-world-record/>).
- ICLEI. 2025a. "ICLEI - Local Governments for Sustainability." Retrieved (<https://iclei.org/>).
- ICLEI. 2025b. "ICLEI 100% RE Cities and Regions Network Leaders." Retrieved ([https://iclei.org/meet\\_the\\_cities\\_and\\_regions/](https://iclei.org/meet_the_cities_and_regions/)).
- IEA. 2021. *Empowering Cities for a Net Zero Future: Unlocking Resilient, Smart, Sustainable Urban Energy Systems*.
- Inam, Mahnoor. 2024. "Example of a Smart City: A Case Study into Barcelona." *Minnovation Technologies*. Retrieved (<https://minnovation.com.au/smart-cities-2/>).

example-of-a-smart-city-a-case-study-into-barcelona/).

- IPCC. 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- IPCC. 2022. "Cities, Settlements and Key Infrastructure." Pp. 907-1040 in *Climate Change 2022 - Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- IPCC. 2023. *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. edited by P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, A. Birt, M. Ha, D. J. A. Orendain, L. Ignon, S. Park, Y. Park, A. Reisinger, D. Cammaramo, A. Fischlin, J. S. Fuglestvedt, G. Hansen, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, J. B. R. Matthews, K. Mintenbeck, A. Pirani, E. Poloczanska, N. Leprince-Ringuet, and C. Péan.
- IRENA. 2021. *Renewable Energy Policies for Cities: Buildings*. Abu Dhabi. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/May/IRENA\\_Policies\\_for\\_Cities\\_Buildings\\_2021.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/May/IRENA_Policies_for_Cities_Buildings_2021.pdf)
- Jones, Stephen. 2018. *Cities Responding to Climate Change*. Cham: Springer International Publishing.
- Joseph, George, and Arun A. Elias. 2024. "Assessing the Sustainability and Resilience of Urban Transit: The Case of Kochi Water Metro." *Sustainable and Resilient Supply Chain* 12:141-57. doi: <https://doi.org/10.1108/S1479-35982024000012012>.
- Kamel Boulos, Maged N., and Najeeb M. Al-Shorbaji. 2014. "On the Internet of Things, Smart Cities and the WHO Healthy Cities." *International Journal of Health Geographics* 13(1):10. doi: 10.1186/1476-072X-13-10.
- Karim, Md. Rezaul, and Andreas Thiel. 2017. "Role of Community Based Local Institution for Climate Change Adaptation in the Teesta Riverine Area of Bangladesh." *Climate Risk Management* 17:92-103. doi: 10.1016/j.crm.2017.06.002.
- Kimengsi, Jude Ndzifon, Jurgen Pretzsch, Eckhard Auch, and Balgah Roland Azibo. 2019. "WWF's Green Business Model in Protected Area Conservation and Livelihoods Sustenance in Cameroon: The Need for a Shift in Approach?" *Environment and Natural Resources Research* 9(1):9. doi: 10.5539/enrr.v9n1p9.
- Koch, Florian. 2021. "Cities as Transnational Climate Change Actors: Applying a Global South Perspective." *Third World Quarterly* 42(9):2055-73. doi: 10.1080/01436597.2020.1789964.
- Korhonen-Kurki, K., D. D'Amato, A. Belinskij, D. Lazarevic, P. Leskinen, E. J. Nylén, M. Pappila, O. Penttilä, S. Pitzén, N. Pykäläinen, T. Turunen, and S. Vikström. 2025. "Transformative Governance: Exploring Theory of Change and the Role of the Law." *Earth System Governance* 23:100230. doi: 10.1016/j.esg.2024.100230.
- Lee, Taedong. 2014. *Global Cities and Climate Change*. Routledge.
- Lennon, Breffní, Niall P. Dunphy, and Estibaliz Sanvicente. 2019. "Community Acceptability and the Energy Transition: A Citizens' Perspective." *Energy, Sustainability and Society* 9(1):35. doi: 10.1186/s13705-019-0218-z.
- Lundgren, Kari. 2025. "Even Oslo Has an Air Quality Problem." Bloomberg. Retrieved (<https://www.bloomberg.com/news/articles/2025-04-11/why-oslo-s-dirty-air-persists-despite-rise-of-electric-vehicles>).
- Mathiesen, Brian Vad, Ida Auken, and Jens Martin Skibsted. 2019. "This Is How Copenhagen Plans to Go Carbon-Neutral by 2025." World Economic Forum. Retrieved (<https://www.weforum.org/stories/2019/05/the-copenhagen-effect-how-europe-can-become-heat-efficient/>).
- McDarris, Alisha. 2024. "This May Be One of Germany's Most Sustainable Cities. So What Is Freiburg Doing Right?" Adventure. Com. Retrieved (<https://adventure.com/freiburg-germany-blueprint-sustainable-city/>).
- Miller, David. 2024. *Solved: How the World's Great Cities Are Fixing the Climate Crisis*. University of Toronto Press.
- MOSAIC. 2016. "Sierra Club Launches 'Ready For 100' Campaign." Retrieved (<https://joinmosaic.com/2016/03/14/2018-4-9-sierra-club-launches-readyfor100-campaign/>).
- Mukim, Megha, and Mark Roberts. 2023. *Making Cities Green, Resilient, and Inclusive in a Changing Climate THRIVING*.
- Nijman, Janne Elisabeth. 2016. *The Rising Influence of Urban Actors (The Broker - Special Report on "Cities of the World Unite," 2009)*.
- Oslo Kommune. 2025. "Waste and Recycling Statistics." Retrieved (<https://www.oslo.kommune.no/politics-and-administration/statistics/environment-status/waste-and-recycling-statistics/>).
- Patterson, James, Karsten Schulz, Joost Vervoort, Sandra van der Hel, Oscar Widerberg, Carolina Adler, Margot Hurlbert, Karen Anderton, Mahendra Sethi, and Aliyu Barau. 2017. "Exploring the Governance and Politics of Transformations towards Sustainability." *Environmental Innovation and Societal Transitions* 24:1-16. doi: 10.1016/j.eist.2016.09.001.
- Petrea, Madalina Ioana Ivanov, and Ioana-Maria Ursache. 2023. "Inside the World's Most Sustainable Smart City: Lessons From Copenhagen." Pp. 225-38 in *Sustainable Development of European Smart Cities*.
- Pierre, Jon. 2011. *The Politics of Urban Governance*. Macmillan Education UK.
- Pierre, Jon, and B. Guy Peters. 2000. *Governance, Politics and the State*. Macmillan Education UK.
- Poggioli, Nicholas A. 2023. "Bill McKibben's Contributions to Organizing, Activism, and Environmental Thought." Pp. 2369-78 in *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Cham: Springer International Publishing.

- Pradyumna, Adithya, Sheetal Patil, and Madhuri Ramesh. 2023. "Considering Vulnerable Communities in Climate Mitigation and Adaption Plans, India." *Bulletin of the World Health Organization* 101(02):149-51. doi: 10.2471/BLT.22.288846.
- Radtke, Jörg, and Bianca Schröder. 2024. "Increasing Participation in the Energy Transition: Making Community Energy Cooperatives More Diverse." *Research Institute for Sustainability*. Retrieved (<https://www.rifs-potsdam.de/en/news/increasing-participation-energy-transition-making-community-energy-cooperatives-more-diverse>).
- Ramírez, Darío. 2024. "Amazon Fires Devastate Indigenous Territories and Protected Areas: A Crisis in Numbers." *Amazon Frontlines*. Retrieved (<https://amazonfrontlines.org/chronicles/amazon-fires-devastate-indigenous-territories-and-protected-areas-a-crisis-in-numbers/>).
- Rhodes, R. A. W. 1996. "The New Governance: Governing without Government." *Political Studies* 44(4):652-67. doi: 10.1111/j.1467-9248.1996.tb01747.x.
- Ritchie, Hannah, and Max Roser. 2020. "CO<sub>2</sub> Emissions." *OurWorldinData.Org*. Retrieved (<https://ourworldindata.org/co2-emissions>).
- Ronk, Patrick. 2021. *4 Facts About New York's Transportation Emissions*. New York.
- Rosado, Pablo. 2024. "Denmark Generates a Larger Share of Its Electricity from Wind than Any Other Country." *Our World in Data*. Retrieved (<https://ourworldindata.org/data-insights/denmarks-electricity-has-a-larger-share-of-wind-power-than-any-other-country>).
- Rosenzweig, Cynthia, William Solecki, Stephen A. Hammer, and Shagun Mehrotra. 2010. "Cities Lead the Way in Climate-Change Action." *Nature* 467(7318):909-11. doi: 10.1038/467909a.
- Sánchez-Hernández, María Isabel. 2024. "Strengthening Resilience: Social Responsibility and Citizen Participation in Local Governance." *Administrative Sciences* 14(10):260. doi: <https://doi.org/10.3390/admsci14100260>.
- Schreurs, Miranda A. 2008. "From the Bottom Up: Local and Subnational Climate Change Politics." *The Journal of Environment & Development* 17(4):343-55. doi: 10.1177/1070496508326432.
- Seidel, Bastian M., and Erica Bell. 2014. "Health Adaptation Policy for Climate Vulnerable Groups: A 'Critical Computational Linguistics' Analysis." *BMC Public Health* 14(1):1235. doi: 10.1186/1471-2458-14-1235.
- Sierra Club. 2025. "100% Campaign." <https://www.sierraclub.org/ready-for-100/campaign>
- Solar-Bürger-Genossenschaft. 2025. "Das Bürgerwerke-Qualitätsversprechen: 100 % Ökostrom Aus Sonne, Wind Und Wasser." Retrieved (<https://www.solarbuergergenossenschaft.de/index.php/qualitaetsversprechen/>).
- Stockholms Stad. 2023. "The Energy Solution." Retrieved (<https://start.stockholm/en/about-the-city-of-stockholm/how-the-city-is-governed/energianvandning/>).
- Stoker, Gerry. 1998. "Governance as Theory: Five Propositions." *International Social Science Journal* 50(155):17-28. doi: 10.1111/1468-2451.00106.
- Swedish Energy Agency. 2022. "Småhusägare Är Oroliga För Vinterns Energipriser." Retrieved ([https://www.energimyndigheten.se/49f7ab/globalassets/nyheter/2022/novus-grafrapport\\_energimyndigheten-17-juni-2022.pdf](https://www.energimyndigheten.se/49f7ab/globalassets/nyheter/2022/novus-grafrapport_energimyndigheten-17-juni-2022.pdf)).
- UCLG-MEWA. 2025. "UCLG World Organization." Retrieved (<https://uclg-mewa.org/en/organization/uclg-world-organization/>).
- UCLG ASPAC. 2021. *Voluntary Local Review Improving Sustainable Development Towards A Resilient Post-Pandemic Community*. Surabaya.
- UN-Habitat. 2020. *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization*. Nairobi.
- UN-Habitat. 2021. *Global Environment for Cities-GEO for Cities: Towards Green and Just Cities*. Nairobi.
- UN-Women. 2025. "How Gender Inequality and Climate Change Are Interconnected." *United Nations*. Retrieved (<https://www.unwomen.org/en/articles/explainer/how-gender-inequality-and-climate-change-are-interconnected>).
- UNDP. 2024. "Cities Have a Key Role to Play in Tackling Climate Change - Here's Why."
- UNEP. 2018. "Oslo Takes Bold Steps to Reduce Air Pollution, Improve Livability." Retrieved (<https://www.unep.org/news-and-stories/story/oslo-takes-bold-steps-reduce-air-pollution-improve-livability>).
- UNEP. 2024. "Cities Have a Key Role to Play in Tackling Climate Change - Here's Why." Retrieved (<https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/cities-have-key-role-play-tackling-climate-change-heres-why>).
- UNESCO. 2025. "Sweden Climate Change Communication and Education." Retrieved (<https://education-profiles.org/europe-and-northern-america/sweden/~climate-change-communication-and-education>).
- UNFCCC-KCI. 2024. *Impacts of the Implementation of Response Measures on Intergenerational Equity, Gender, Local Communities, Indigenous Peoples, Youth and People in Other Vulnerable Situation*. Bonn, Berlin.
- United Nations. 2016. *The World's Cities in 2016*. [https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the\\_worlds\\_cities\\_in\\_2016\\_data\\_booklet.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf)
- United Nations. 2018. "68% of the World Population Projected to Live in Urban Areas by 2050, Says UN." Retrieved (<https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>).
- US EPA. 2025. "Local Renewable Energy Benefits and Resources." Retrieved (<https://www.epa.gov/statelocalenergy/local-renewable-energy-benefits-and-resources>).

- Veloso, Águeda, Fernando Fonseca, and Rui Ramos. 2024. "Insights from Smart City Initiatives for Urban Sustainability and Contemporary Urbanism." *Smart Cities* 7(6):3188-3209. doi: 10.3390/smartcities7060124.
- Volcovici, Valerie. 2025. "Trump Tells UN That Climate Change Is 'greatest Con Job' Globally." Retrieved (<https://www.reuters.com/sustainability/cop/trump-tells-un-that-climate-change-is-con-job-2025-09-23/>).
- Volunteering Australia. 2021. "Bushfire Response and Recovery." Retrieved (<https://www.volunteeringaustralia.org/policy/advocacy-campaigns/royal-commission-into-national-natural-disaster-arrangements/>).
- Wood, Johnny. 2020. "5 Global Efforts to Tackle Australian Bushfires." World Economic Forum. Retrieved (<https://www.weforum.org/stories/2020/01/ways-to-help-australia-bushfires-volunteer-firefighters-fundraisers/>).
- World Bank. 2019. "Resilient Cities." Retrieved (<https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/resilient-cities-program>).
- World Bank. 2025. "Urban Population (% of Total Population)." Retrieved (<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>).
- World Population Review. 2025. "Largest Cities by Population 2025 Top 10 Most Populated Cities in the World." Retrieved (<https://worldpopulationreview.com/cities>).
- Worldometer. 2022. "CO2 Emissions per Capita 4.8 tons per Person in the World." Worldometers.Info. Retrieved (<https://www.worldometers.info/co2-emissions/co2-emissions-per-capita/>).
- Wu, Hangjian, James Carroll, and Eleanor Denny. 2022. "Harnessing Citizen Investment in Community-Based Energy Initiatives: A Discrete Choice Experiment across Ten European Countries." *Energy Research & Social Science* 89:102552. doi: 10.1016/j.erss.2022.102552.
- WWF. 2019. "Big Wins 2019: Inclusive Conservation." Retrieved (<https://www.wwf.org.co/en/?357663/Big-Wins-2019-Inclusive-Conservation>).
- WWF. 2025a. "3 Ways You Can Help the Amazon Rainforest." Retrieved (<https://www.wwf.org.uk/updates/ways-help-amazon-rainforest>).
- WWF. 2025b. "Community-Based Natural Resource Management." Retrieved ([https://origin-congo.wwf-sites.org/what\\_we\\_do/forests\\_and\\_forest\\_carbon/sustainable\\_forest\\_management/community\\_forestry/](https://origin-congo.wwf-sites.org/what_we_do/forests_and_forest_carbon/sustainable_forest_management/community_forestry/)).

# The Effect of Biochar Applied to Soils on N<sub>2</sub>O Emissions in the Presence of Urea Fertilizer

## Üre Gübresi Varlığında Toprağa Uygulanan Biyokömürün N<sub>2</sub>O Emisyonları Üzerindeki Etkisi

### Kevser ŞAKOĞLU

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye.

### Araş. Gör. Eda CEYLAN SAHRA

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye.

edaceylan@gtu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-3736-7768

### Dr. Öğr. Üyesi Derya AYRAL ÇINAR

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye.

deryacinar@gtu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-6378-6897

Makale Türü:

**ARAŞTIRMA**

Gönderilme Tarihi:

**3 Ocak 2026**

Kabul Tarihi:

**21 Ocak 2026**

## Abstract

Climate change is characterized by long-duration changes in temperature and weather patterns caused by human activities and natural processes. The main factors contributing to climate change include GHGs such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), with agriculture being an important source. Agricultural activities, especially livestock, rice cultivation, and fertilizer use, contribute significantly to GHG emissions and generate a feedback cycle that affects both food security and ecosystem health.

In addition to nitrogen fertilizers, soil conditioner additives that improve soil properties are also used to increase yield in agriculture. Among these soil conditioners, biochar, which is rich in organic carbon, is commonly preferred due to its benefits and the ability to bury carbon in the soil as a negative carbon technology. Research shows that biochar reduces N<sub>2</sub>O emissions through multiple mechanisms, such as altering soil microbial communities and improving soil chemistry. On the other hand, the effectiveness of biochar in reducing N<sub>2</sub>O emissions depends on nitrogen fertilization levels and soil properties and shows optimum results under low nitrogen input conditions.

In this study, the effects of biochar addition at the time of the application of urea fertilizer, which is the most widely used fertilizer in agriculture in Turkey, on N<sub>2</sub>O emissions, N<sub>2</sub>O balance in soil, and soil properties will be investigated. In the presence of 7% biochar, it was observed that N<sub>2</sub>O emissions caused by urea application decreased by approximately 7 times. Furthermore, nitrate concentration, which is formed as a result of urea application and poses environmental risks such as increasing N<sub>2</sub>O emissions or leaching into groundwater, decreased by approximately 1.8 times when biochar and urea were present together. These results show that biochar can be successful in reducing greenhouse gas (N<sub>2</sub>O) emissions and climate change impacts caused by fertilizer applications.

**Keywords:** Negative Carbon Technology, Biochar, Urea, N<sub>2</sub>O Emission, Agriculture.

## Öz

*İklim değişikliği, insan faaliyetleri ve doğal süreçlerden kaynaklanan uzun süreli sıcaklık ve hava durumu değişiklikleriyle karakterize edilir. İklim değişikliğine katkıda bulunan başlıca faktörler arasında karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azot oksit (N<sub>2</sub>O) gibi sera gazları yer alır ve tarım önemli bir kaynaktır. Tarımsal faaliyetler, özellikle hayvancılık, pirinç yetiştiriciliği ve gübre kullanımı, sera gazı emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunur ve hem gıda güvenliğini hem de ekosistem sağlığını etkileyen bir geri besleme döngüsü oluşturur.*

*Azotlu gübrelerle ek olarak, toprak özelliklerini iyileştiren toprak düzenleyici katkı maddeleri de tarımda verimi artırmak için kullanılır. Bu toprak düzenleyiciler arasında, organik karbon açısından zengin olan biyokömür, faydaları ve negatif karbon teknolojisi olarak toprakta karbon tutma yeteneği nedeniyle yaygın olarak tercih edilir. Araştırmalar, biyokömürün toprak mikrobiyal topluluklarını değiştirme ve toprak kimyasını iyileştirme gibi birden fazla mekanizma yoluyla N<sub>2</sub>O emisyonlarını azalttığını göstermektedir. Öte yandan, biyokömürün N<sub>2</sub>O emisyonlarını azaltmadaki etkinliği, azotlu gübreleme seviyelerine ve toprak özelliklerine bağlıdır ve düşük azot girdisi koşullarında optimum sonuçlar gösterir.*

*Bu çalışmada, Türkiye'de tarımda en yaygın kullanılan gübre olan üre gübresinin uygulanması sırasında biyokömür ilavesinin N<sub>2</sub>O emisyonları, topraktaki N<sub>2</sub>O dengesi ve toprak özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. %7 biyokömür varlığında, üre uygulamasının sebep olduğu N<sub>2</sub>O emisyonunun yaklaşık 7 kat azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca, üre uygulaması sonucu oluşan ve N<sub>2</sub>O emisyonlarını artırma ya da yeraltı suyuna sızma gibi çevresel riskler teşkil eden nitrat konsantrasyonu ise, biyokömür ile üre birlikte olduğu durumda, yaklaşık 1.8 kat azalmıştır. Bu sonuçlar, biyokömürün, gübre uygulamalarının sebep olduğu sera gazı (N<sub>2</sub>O) emisyonu ve iklim değişikliği etkilerini azaltma konusunda başarılı olabileceğini göstermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Negatif Karbon Teknolojisi, Biyokömür, Üre, N<sub>2</sub>O Emisyonu, Tarım.

## Introduction

Climate change describes long-term changes in temperature and weather conditions around the world and is usually caused by human activities and natural processes. Human-induced climate change is accelerated by an increase in GHGs (GHG) released into the atmosphere, particularly from fossil fuel use, deforestation and intensive agricultural activities.

These gases accumulate in the atmosphere, disrupting the Earth's energy balance and leading to an increase in global temperatures. Climate change includes not only temperature increase, but also a wide range of environmental and socio-economic impacts such as extreme weather events, sea level rise, ecosystem degradation and biodiversity loss (Saouter & Gibon, 2024).

The impact of agriculture on climate change is multifaceted; agricultural activities have a significant impact on GHG emissions and are also sensitive to climate change (Majeed et al., 2023). GHGs are major contributors to climate change and several key gases play an important role in this process. The most important GHGs are carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and various fluorinated gases (Seydi et al., 2024). Agriculture is a major source of GHG emissions, including methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) (Majeed et al., 2023). N<sub>2</sub>O emitted to the atmosphere as a result of agricultural activities has a global warming potential about 298 times higher compared to CO<sub>2</sub> (Seydi et al., 2024).

Biochar is a carbon-rich solid obtained by thermal decomposition of biomass below 700 °C in an oxygen-free or low-oxygen environment (Chen et al., 2019). Biochar is used to improve the fertility of agricultural soil, reduce environmental pollution by preventing pollutants such as heavy metals and pesticides from accumulating in water

and soil, and reduce GHG by trapping carbon in the atmosphere. As the temperature increases the aromatic carbon structure of biochar increases and nanopores are formed, but at temperatures above 800 °C the carbon skeleton structure of biochar becomes unstable and some nutrients such as nitrogen and phosphorus are lost. Biochar generally has an alkaline pH. The specific surface area is in the range 1.5-500 m<sup>2</sup>/g and increases with temperature: at high temperatures the pore size decreases and its number increases. Increasing temperature also increases hydrophobicity and reduces water holding capacity. Moreover, biochar has a high C content and a high stability that can remain in the soil for thousands of years (Chen et al., 2019). This makes biochar a negative emissions technology (NET). Biochar contributes to reducing atmospheric carbon levels through both the stabilization of carbon and its ability to displace fossil fuels. Biochar applications not only provide negative emissions by sequestering carbon, but also provide further reductions in total emissions through benefits such as displacing fossil fuels and reducing land-based GHG emissions. Biochar therefore has a role in combating climate change by fixing the carbon in biomass in the soil rather than releasing it into the atmosphere (Deng et al. 2024,).

Biochar contributes to reducing N<sub>2</sub>O emissions by influencing several soil properties. First, biochar is generally alkaline and increases soil pH. This effect is particularly pronounced in acidic soils and facilitates the final step of denitrification, which ensures the complete conversion of N<sub>2</sub>O to N<sub>2</sub> (Lin, et al 2024,). Moreover, traditional agricultural activities heavily depend on N fertilizers and application of these fertilizers results in lower pH which in turn give rise to N<sub>2</sub>O emissions. Thus, the combined use of biochar and N fertilizer can reduce emissions by maintaining pH at higher levels than N fertilizer (Lin, et al 2024,). In another study, in acidic paddy soils, biochar addition increased the pH from 5.40 to 8.15, promoting the formation of N<sub>2</sub>O reductase (NosZ) and thus reducing N<sub>2</sub>O emissions by 0.65-2.49 times. It was also highlighted that the effects of biochar depend on the application dose and its interaction with the soil. After biochar amendment in alkaline paddy soils, N<sub>2</sub>O fluxes decreased by 64.50% and 89.70% in 0.5% biochar and 5% biochar treatments, respectively, and this effect was more significant in the 5% biochar treatment (Wei et al., 2023). Wu et al. (2018) investigated the effect of two biochars (corn cob and olive pomace) and soil pH on GHG emissions from different soil types (acidic sandy soil and alkaline clay soil) in laboratory vessel experiments. Over the 62-day incubation period, the use of olive biochar (pH: 9.24, %C: 49) in acidic sandy soil reduced total N<sub>2</sub>O emissions by 68.4% compared to nitrogen fertilizer (N) application only. Under the same conditions, corn biochar (pH: 8.46, %C: 78) reduced N<sub>2</sub>O emissions by 26.9%. In the alkaline clay soil, olive biochar gave a 34.3% reduction in cumulative N<sub>2</sub>O emissions, while corn biochar had no effect on emissions. Also, the N<sub>2</sub>O-reducing effect of olive biochar in alkaline clay soil (pH: 7.9) increased from 35% to 53% when the pH of the soil was modified to the pH level of acidic sandy soil (pH: 5.3). This finding suggests that the high N<sub>2</sub>O-reducing effect of olive biochar is largely due to the liming effect it provides to the soil (Wu et al., 2018).

Furthermore, the porous structure of biochar regulates denitrification processes and prevents N<sub>2</sub>O accumulation by providing a low redox potential. Additionally, biochar acts as an 'electron shuttle', facilitating electron transfer between microorganisms and thus promoting complete denitrification (Wei et al., 2023). Cayuela et al. (2013) stated that biochar can promote the conversion of N<sub>2</sub>O to N<sub>2</sub> by facilitating electron transfer between denitrifying microorganisms in soil.

Coapplication of biochar and urea lower N<sub>2</sub>O emissions by 24% compared to urea alone, while urea applied in combination with biochar and urease inhibitor (UI) reduced N<sub>2</sub>O emissions by 53% (Dawar et al. 2021). The results from field experiment confirm that biochar reduces N<sub>2</sub>O emissions, since biochar affects nitrogen accessibility by decreasing NO<sub>3</sub><sup>-</sup> while increasing NH<sub>4</sub><sup>+</sup> concentration in the soil. This effect can be explained by the adsorption of soil NH<sub>4</sub><sup>+</sup> on the surface of biochar and the regulation of microbial activities. In the study conducted by Liu et al. (2020), it was explained that biochar adsorbed NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N in the soil and limited nitrification substrates. In general, the promotion of denitrification and limitation of nitrification substrates by biochar were the main mechanisms to reduce soil N<sub>2</sub>O emissions. It was explained that it could increase the activity of N<sub>2</sub>O reductase (nosZ), which enables the conversion of N<sub>2</sub>O to N<sub>2</sub>. Biochar with a high C/N ratio reduces N<sub>2</sub>O emissions by reducing ammonification and nitrification.

It has also been observed that biochar improves soil water holding capacity (WHC) and allows wheat to maintain appropriate moisture levels between irrigation periods, which has a positive effect on final grain yield. Tan et al. (2024) shows biochar application shows that the control group (CK) plants exhibited an average total height of 375 mm, while the average values for roots and stems were 150 mm and 225 mm, respectively. When applied alone, biochar (C) caused a significant increase in total plant height with an average of 475 mm, while roots and stems had a length of 175 mm and 300 mm, respectively. In contrast, the Bacillus strain alone showed a total plant height similar to that of the control group, showing that plant growth was influenced by the bacterial strain to an unimportant extent. However, co-application of biochar and Bacillus strain showed the most obvious effect, with mean values above 230 mm and 215 mm for stem length and root length of the tallest plant, respectively, pointing to their possible synergistic effect on plant growth.

The main objective of this study is to determine the role of biochar as a soil amendment on soil quality and environmental impacts. In this direction, the effects of biochar application on physicochemical properties of soils, its effects on GHG emissions and its impacts on nitrogen mass balance in soils will be investigated in detail. Within the context of the study, firstly, the effects of biochar on physical and chemical parameters such as soil porosity, water holding capacity, and pH will be analyzed. In addition, the effect of biochar use on N<sub>2</sub>O emissions in soils where nitrogen fertilizers are applied will be measured, and its potential for reducing GHG emissions will be evaluated. Finally, the effects of biochar application on nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) concentration in soils supplemented with nitrogen fertilizer will be examined to determine the role of biochar in terms of nitrogen retention capacity and loss risks. The findings to be obtained in line with these objectives will provide important data that will contribute to sustainable agricultural practices.

## Material and Method

### Soil Supply and Characterization

**Determination of Soil pH and EC Values:** 10 g of soil sample sieved through a 0.2 mm sieve was placed in a flask containing 25 ml of pure water and shaken gently. After shaking the soil-water mixture in a sealed jar for one hour, the pH of the soil-water mixture will be measured with a pH meter, electrical conductivity with an EC probe, and oxidation value with an ORP probe (Baird, et al., 1998) (Hassan et al., 2022).

**Determination of Soil Organic Matter:** Soil organic matter content will be determined by mass change of soil samples dried at 105°C for 1 hour and then incinerated at 550°C in a muffle furnace for 4 hours (Fernandez et al., 2011).

**Determination of Soil Water Holding Capacity:** Soil water holding capacity will be calculated using the method described in Brischke & Wegener, (2019). A coarse filter paper was placed on the bottom of a Buchner funnel (100 mm diameter) and will be moistened so that the filter paper sticks to the funnel. Then 50 g of soil samples were added onto the coarse

filter and 25 mL of pure water was added and left for 2 hours. The pure water filtered through the funnel will be collected in a measuring tape placed under the funnel. The volume of water accumulated in the tape measure will be noted and the soil water holding capacity will be calculated using the following equation.

$$\text{WHC \%} = (\text{volume of water added to soil} - \text{volume of water drained from soil}) / \text{mass of soil in muni} \times 100$$

Soil water holding capacity will be kept constant at 60% throughout the works. In this direction, the incubators will be weighed during each sampling, and the necessary water will be added according to the decrease in weight (Ağ, 2021).

**Soil Nitrate Analysis:** Nitrate nitrogen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) analysis in the soils to be used in the experimental studies will be performed according to (Wei et al., 2020). At a ratio of 1:5, 5 grams of soil will be extracted in 25 ml of 2 M KCl solution, then the soil samples filtered through Whatman 602 filter paper will be analyzed for KNO<sub>3</sub> in a spectrophotometer. This analysis will also be applied to the soils after incubation to measure the nitrogen remaining in the soil as a result of fertilization.

## Incubation Experiments

**Reactor Setup:** For incubation studies, 50g of dry soil will be placed in 300 ml serum bottles. Soil samples to be used in the studies will be dried at room temperature. The dried soil samples will be sieved through a 2 mm sieve to ensure complete mixing for incubation experiments. The pH and conductivity of the soil will be measured at a ratio of 1:5 soil: deionized water (a/a) (Ren et al.,2020).

**Fertilizer Addition:** Urea, the most widely used nitrogen fertilizer in Turkey, will be used as fertilizer in the experimental studies (Ministry of Agriculture and Forestry,2018).As stated in the Fertilization Guide by Güçdemir (2006), Based on the 12-18 kg-N/da nitrogen application recommended in the fertilization guide, the bottles were added with the required dose of fertilizer.

**Biochar Addition:** The optimum amount of biochar to be added to the soil varies according to specific crop types, soil conditions and desired outcomes. In the literature, it has been observed that application rates between 10-31.5 tons/ha are generally effective in improving soil properties and crop yields, while applications above this (e.g. 47.25 tons/ha) are associated with reduced yields and deterioration in soil structure. Hematimatin et al.,(2024) showed that 10 t/ha is effective to improve soil organic carbon and nitrogen dynamics without negatively affecting crop yield. On the other hand, Yang et al.(2024) found that optimum rates for tobacco are between 600 and 900 kg/ha, while higher rates (1200-1800 kg/ha) negatively affect growth. In maize cultivation, moderate biochar applications of 30.7 tons/ha significantly improved maize yield and soil properties (Wang et al., 2023). Biochar use can disrupt nutrient dynamics and microbial activity, leading to suboptimal plant growth (Kocsis et al., 2020). (Jin et al., 2020) found that higher application rates such as 47.25 tons/ha led to reduced soil aggregation and lower crop yields.

Based on the soil surface area in the bottles, the amount of biochar to be added per square centimeter was calculated. Based on this, it was decided to add 7% of the biochar per 5 grams of soil in the bottles. The experimental plan prepared in this direction is given in Table I.

**Table I: Experiment plan.**

Treatment	Biochar	Fertilizer
C	-	-
U	-	Urea
B	%7	-
U	-	Urea

**N<sub>2</sub>O Measurements:** Gas samples will be taken from the incubators every one day. Samples were taken using 10 ml syringes. The analysis of one sample takes 8 min. Gas samples will be analyzed directly on a gas chromatograph (GC) with an electron capture detector (ECD). The GC oven temperature will be set to 35°C and the ECD temperature to 350°C. High purity N<sub>2</sub> (99.99%) was used as carrier and N<sub>2</sub>O as standard gas for the analyses (Yu et al.,2021). Total N<sub>2</sub>O emissions will be calculated at time intervals (Yi et al., 2023).

N<sub>2</sub>O emissions produced from soils during incubation will be calculated according to Liu et al. (2022) like in Equation 1.

$$N \text{ (Net emisyon)} = \rho \times v \times x \frac{dc}{dt} \times 273 / ((273 + T) \times w \times t$$

(Equation 1)

Where N is the net N<sub>2</sub>O emission rate from soil (mg N/kg soil/h), ρ is the density of N<sub>2</sub>O at standard atmospheric pressure (kg m<sup>-3</sup>), v is the volume of the static closed jars (m<sup>3</sup>), dc/dt is the rate of change of N<sub>2</sub>O concentration with time (mg kg<sup>-1</sup>), T is the temperature inside the bottles (°C), w is the weight of dry soil (kg) and t is the time the bottles remain closed (h).

## Results And Discussion

Soil characterization was determined before N<sub>2</sub>O analyses were performed. The pH of the soil used in the experiment was measured as 8.05. The electrical conductivity of the soil was measured as 245 mS/cm and in this case, the salinity of the soil is low and it is a suitable soil for plants. The moisture percentage of the soil is 6% and OM is 2+-0,1%. The water holding capacity is 23%. The pH of the oak wood biochar used in the experiment is 12.6, carbon content is 83%, nitrogen content is 0.95%, and moisture is 1.36%.

In this study, the temporal effects of four treatments (control, B, BU, and U) on N<sub>2</sub>O emissions were examined (Figure I.). The findings indicate that only biochar treatment does not cause any N<sub>2</sub>O emission beyond control and exhibited a similar pattern to the control group throughout the process. Only urea-treated (U) group displayed the most remarkable outcomes. N<sub>2</sub>O emissions in this group rapidly decreased after rising sharply to roughly 76 ppm on day 21. This pattern demonstrates how microbial denitrification quickly consumes the system's high nitrogen content. Emissions decrease when the nitrogen source is exhausted.

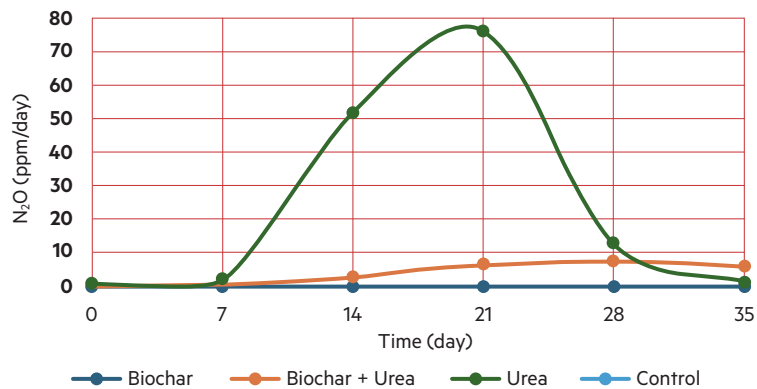


Figure I. Weekly N<sub>2</sub>O emissions during incubation.

Rising N<sub>2</sub>O emissions over time are evident in the BU, group, where biochar was used in conjunction with urea. After 21st day, N<sub>2</sub>O emissions increased to around 7 ppm and stayed stable after that. The quick conversion of excess nitrogen by microbial processes and the saturation of biochar's nitrogen retention capacity may be the causes of this increase. The processes may be accelerated by the microstructure of biochar, which encourages microbial colonization. In this instance, the literature's frequent emphasis on biochar's capacity to regulate nitrogen dynamics and lower GHG emissions is pertinent. By enhancing the adsorption of inorganic nitrogen forms like nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), it can also limit the access of microbial activity on the substrate. As a result, the processes of nitrification and denitrification are indirectly inhibited, which lowers the production of N<sub>2</sub>O. In addition to the presence of biochar with urea, the alkaline nature of the soil structure may be the cause of the low N<sub>2</sub>O emissions observed in this investigation. Zhiwei et al. (2023) found that the application of biochar decreased N<sub>2</sub>O emissions in alkaline soils to a limited degree; however, this effect may be substantial for certain types of biochar, such as olive biochar. Specifically, even in alkaline conditions, high doses of biochar (5%) reduced emissions by up to 89%. These findings imply that the study's low N<sub>2</sub>O emissions could be caused by the pH of the soil as well as

the kind and quantity of biochar utilized. Furthermore, by encouraging the reduction of N<sub>2</sub>O to N<sub>2</sub> through denitrification, biochar's promotion of the nosZ gene may have been successful in maintaining low emissions. It was determined that, in comparison to the BU group, biochar had a stronger effect on lowering N<sub>2</sub>O emissions. High nitrogen input can result in high GHG emissions, as demonstrated by this application without biochar. Biochar also shown to benefit ecosystem services, soil quality and health, and reduce GHG emissions.

Cumulative N<sub>2</sub>O emissions were calculated based on weekly N<sub>2</sub>O emission measurements and the results are given in Figure II. The control group and the biochar group had the lowest total emissions when the measured cumulative N<sub>2</sub>O emissions were analyzed. Both groups have low emission values, which suggests that the system's nitrogen conversion is not significantly influenced by microbial activity. When biochar and urea were applied together, N<sub>2</sub>O accumulation was around 130 ppm/day and significantly lower than that Urea alone group (1000 ppm/day). This suggests that biochar lowers GHG emissions in the case of nitrogen inputs through urea fertilizer. As mentioned in the literature, the biochemical mechanisms explaining this effect are that biochar stimulates nosZ genes to complete the denitrification process down to N<sub>2</sub> and alters microbial activity by increasing soil pH.

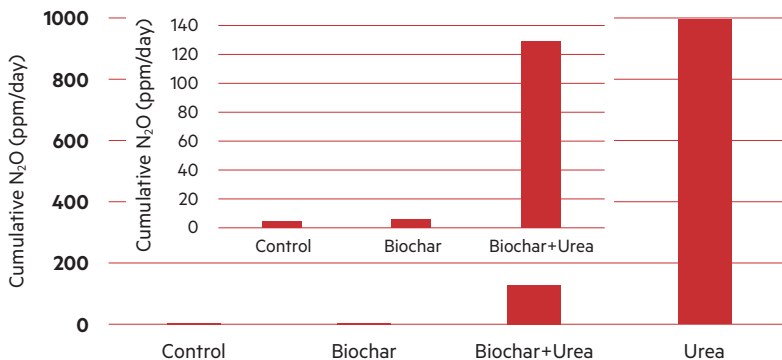


Figure II. Cumulative N<sub>2</sub>O emissions (ppm/day).

Nitrate levels in the soil indicates the amount of nitrogen available to plants as well as groundwater contamination risk. High  $\text{NO}_3^-$ -N content increases the potential for  $\text{N}_2\text{O}$  emission because nitrate is the substrate for denitrification and converted to  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{N}_2$ . As shown in Table II, nitrate concentration is significantly low in only biochar case (155 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/kg) since biochar is not a source of nitrogen. On the other hand, nitrate concentration is the highest in urea alone application (714 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/kg) since urea is the main source of nitrogen. Biochar addition with urea decreased nitrate concentration down to 406 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/kg. One of the numerous mechanisms described in the literature is the high surface area and porosity of biochar adsorbing  $\text{NO}_3^-$  ions. According to Zhiwei et al. (2023), adding biochar to soil may also decrease the amount of  $\text{N}_2\text{O}$  produced during denitrification by blocking the enzymes that allow  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NO}_2^-$  to be converted to  $\text{N}_2\text{O}$  in soil.

**Table II:**  $\text{NO}_3^-$ -N in milligrams per kilogram in soil.

Treatment	mg $\text{NO}_3^-$ -N/kg Soil
B	155 ± 11
BU	406 ± 36
U	714 ± 5

According to Li et al. (2023), the field experiment results show that applying biochar lowers  $\text{NO}_3^-$  content and raises  $\text{NH}_4^+$  concentrations following nitrogen addition, confirming that biochar lowers  $\text{N}_2\text{O}$  emissions. By raising the concentration of  $\text{NH}_4^+$  in the soil and decreasing  $\text{NO}_3^-$ , biochar influences nitrogen availability. The adsorption of soil  $\text{NH}_4^+$  onto the surface of the biochar and the control of microbial activity can be used to explain this effect. According to Liu et al. (2020), biochar controls microbial activity, limits nitrification substrates, and adsorbs soil  $\text{NH}_4^+$ -N.

## Conclusion and Suggestions

Biochar is a negative emissions technology (NET) owing to its high and stable C content. It helps lower atmospheric carbon levels sequester carbon in the soil so biochar lower GHG emissions lessen environmental pollution causing climate change. Moreover, biochar is found to be beneficial for agricultural purposes by improving soil properties such as nutrient retention and water holding capacity.

This study showed that biochar can lower  $\text{N}_2\text{O}$  emissions resulted from nitrogen fertilizer application. The data reveal a significant decrease in in  $\text{N}_2\text{O}$  emissions when biochar was added at a rate of 7% in conjunction with urea.

The literature review revealed that numerous studies clearly demonstrated the potential effects of biochar application on plant growth and the benefits of biochar application on plants and agricultural yield. However, there is not any comprehensive study about  $\text{N}_2\text{O}$  emissions as a result of biochar and nitrogen fertilizer application. Besides,  $\text{N}_2\text{O}$  emissions in the presence of a plant has to be determined to evaluate environmental impacts and plant response simultaneously. Last by not the least, type of fertilizer, soil characteristics and dosage need to be carefully considered in order to optimize the use of biochar in agricultural systems.

## References

- Ağ, M. (2021). Rizosfer Etkisi Ve Azotlu Gübrelemenin Sera Gazı Emisyonu Üzerindeki Etkisi.
- Baird, G., Rice, E., & Posavec, S. (1998). Standard Methods. In Amer Public Health Assn (20th ed.). Retrieved from <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>.
- Brischke, C., & Wegener, F. L. (2019). Impact of water holding capacity and moisture content of soil substrates on the moisture content of wood in terrestrial microcosms. *Forests*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/f10060485>.
- Cayuela, M. L., Spott, O., Pascual, M. B., Sánchez-García, M., & Sánchez-Monedero, M. A. (2024). Key biochar properties linked to denitrification products in a calcareous soil. *Biochar*, 6(1), 90.
- Chen, W., Meng, J., Han, X., Lan, Y., & Zhang, W. (2019). Past, present, and future of biochar. In *Biochar* (Vol. 1, Issue 1, pp. 75-87). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s42773-019-00008-3>.
- Dawar, K., Fahad, S., Jahangir, M. M. R., Munir, I., Alam, S. S., Khan, S. A., Mian, I. A., Datta, R., Saud, S., Banout, J., Adnan, M., Ahmad, M. N., Khan, A., Dewil, R., Habib-ur-Rahman, M., Ansari, M. J., & Danish, S. (2021). Biochar and urease inhibitor mitigate NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emissions and improve wheat yield in a urea fertilized alkaline soil. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96771-0>.
- Deng, X., Teng, F., Chen, M., Du, Z., Wang, B., Li, R., & Wang, P. (2024). Exploring negative emission potential of biochar to achieve carbon neutrality goal in China. *Nature Communications*, 15(1), 1085. Erwan Saouter, Thomas Gibon. (2024). Climate change. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-51332-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-51332-9_2).
- Fernandez, J. M., Plante, A. F., Leifeld, J., & Rasmussen, C. (2011). Methodological considerations for using thermal analysis in the characterization of soil organic matter. 389-398. <https://doi.org/10.1007/s10973-010-1145-6>.
- Güçdemir, I. (2006). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. 1-30. Retrieved from <http://www.tarim.gov.tr/Belgeler/SagMenuVeriler/ToprakSuGubreTavsiyeVerileri.pdf>.
- Hassan, M. U., Aamer, M., Mahmood, A., Awan, M. I., Barbanti, L., Seleiman, M. F., ... Huang, G. (2022). Management Strategies to Mitigate N<sub>2</sub>O Emissions in Agriculture. *Life*, 12(3), 1-33. <https://doi.org/10.3390/life12030439>.
- Hematimatin, N., Igaz, D., Aydın, E., & Horák, J. (2024). Biochar application regulating soil inorganic nitrogen and organic carbon content in cropland in the Central Europe: a seven-year field study. *Biochar*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s42773-024-00307-4>.
- Jin, L., Wei, D., Yin, D., Zhou, B., Ding, J. L., Wang, W., ... Wang, L. (2020). Investigations of the effect of the amount of biochar on soil porosity and aggregation and crop yields on fertilized black soil in northern China. *PLoS ONE*, 15(11 November), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238883>.
- Kocsis, T., Kotroczó, Z., Kardos, L., & Biró, B. (2020). Optimization of increasing biochar doses with soil-plant-microbial functioning and nutrient uptake of maize. *Environmental Technology and Innovation*, 20, 101191. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101191>.
- Lin, F., Wang, H., Shaghaleh, H., Ali Adam Hamad, A., Zhang, Y., Yang, B., & Alhaj Hamoud, Y. (2024). Effects of Biochar Amendment on N<sub>2</sub>O Emissions from Soils with Different pH Levels. *Atmosphere*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/atmos15010068>.
- Liu, Hongshan, Zheng, X., Li, Y., Yu, J., Ding, H., Svein, T. R., & Zhang, Y. (2022). Soil moisture determines nitrous oxide emission and uptake. *Science of the Total Environment*, 822, 153566. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153566>.
- Liu, Hongyuan, Li, H., Zhang, A., Rahaman, M. A., & Yang, Z. (2020). Inhibited effect of biochar application on N<sub>2</sub>O emissions is amount and time-dependent by regulating denitrification in a wheat-maize rotation system in North China. *Science of the Total Environment*, 721, 137636. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137636>.
- Najma Majeed, Rimsha Sharif, Muhammad Noman Sheeraz, Sabeen Sajjad, Hafsa Maqsood, Muhammad Imran, Muhammad Usman Jamshaid, Muhammad Arif, Muhammad Baqir Hussain. (2023). Impact of climate change on agriculture & vice versa. <https://doi.org/10.38211/jqaas.2023.3.31>.
- Ren, X., Tang, J., Liu, X., & Liu, Q. (2020). Effects of microplastics on GHG emissions and the microbial community in fertilized soil. *Environmental Pollution*, 256, 113347. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113347>.
- Sedigheh Seydi Fatemeh Haghighatjoo Mohammad Reza Rahimpour. (2024). Non-CO<sub>2</sub> GHGs. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-93940-9.00235-8>.
- Tan, S., Wang, B., Yun, Q., Yan, W., Xiao, T., & Zhao, Z. (2024). Enhancing the growth of chili plants and soil health: Synergistic effects of coconut shell biochar and *Bacillus* sp. strain Ya-1 on rhizosphere microecology and plant metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(20), 11231.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2018). Gübre Sektör Politika Belgesi (2018-2022). 95.
- Wang, L., Leghari, S. J., Wu, J., Wang, N., Pang, M., & Jin, L. (2023). Interactive effects of biochar and chemical fertilizer on water and nitrogen dynamics, soil properties and maize yield under different irrigation methods. *Frontiers in Plant Science*, 14(September), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1230023>.
- Wei, Z., Li, C., Ma, X., Ma, S., Han, Z., Yan, X., & Shan, J. (2023). Biochar mitigates N<sub>2</sub>O emissions by promoting complete denitrification in acidic and alkaline paddy soils. *European Journal of Soil Science*, 74(6). <https://doi.org/10.1111/ejss.13428>.

- Wei, Z., Shan, J., Chai, Y., Well, R., Yan, X., & Senbayram, M. (2020). Regulation of the product stoichiometry of denitrification in intensively managed soils. *Food and Energy Security*, 9(4). <https://doi.org/10.1002/fes3.251>.
- Wu, D., Senbayram, M., Zang, H., Ugurlar, F., Aydemir, S., Brüggemann, N., ... & Blagodatskaya, E. (2018). Effect of biochar origin and soil pH on greenhouse gas emissions from sandy and clay soils. *Applied Soil Ecology*, 129, 121-127. Yanai, Y., Toyota, K., & Okazaki, M. (2007). Effects of charcoal addition on N<sub>2</sub>O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments: Original article. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(2), 181-188. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00123.x>.
- Yang, Y., Ahmed, W., Ye, C., Yang, L., Wu, L., Dai, Z., ... Zhao, Z. (2024). Exploring the effect of different application rates of biochar on the accumulation of nutrients and growth of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Frontiers in Plant Science*, 15(February), 1-18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1225031>.
- Yi, Z., Zhang, Z., Chen, G., Rengel, Z., & Sun, H. (2023). Microplastics have rice cultivar-dependent impacts on grain yield and quality, and nitrogenous gas losses from paddy, but not on soil properties. *Journal of Hazardous Materials*, 446(November 2022), 130672. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130672>.
- Yu, H., Zhang, Z., Zhang, Y., Song, Q., Fan, P., Xi, B., & Tan, W. (2021). Effects of microplastics on soil organic carbon and GHG emissions in the context of straw incorporation: A comparison with different types of soil. *Environmental Pollution*, 288(January), 117733. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117733>.
- Zhiwei, W., Yu, W., Feng, C., Shuyong, Z., & Hongyuan, L. (2023). Research progress of biochar on nitrous oxide emissions from soil and its influencing mechanism. *SHS Web of Conferences*, 163, 04033. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202316304033>.



# Arşiv Belgeleri Işığında Osmanlı Eğitim Tarihinin Önemli Halkalarından Tuhfe-i Vehbî'ye Dair Bazı Tespitler

## Some Observations on Tuhfe-i Vehbi, One of the Important Links in the History of Ottoman Education, in the Light of Archival Documents

Doç. Dr. Seyit YAVUZ

Erzurum Teknik Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, Erzurum, Türkiye.

seyit.yavuz@erzurum.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5797-5963

Makale Türü:

**ARAŞTIRMA**

Gönderilme Tarihi:

**5 Ocak 2026**

Kabul Tarihi:

**25 Ocak 2026**

### Öz

Osmanlı Devleti, kuruluşundan itibaren eğitim öğretime her zaman büyük bir özen göstermiş, medrese ve mekteplerin işleyişiyle yakından ilgilenmiştir. Bu medreselerde yetişen birçok insan devlet memuru, bürokrat, şeyhülislâm derecesine kadar yükselmiştir. Devletin geleceğiyle ilgili kararların alımında padişah ile fikir alışverişi yapabilecek seviyelere yükselen bu görevliler, yalnızca padişaha yakın konumda görev almamışlar; aynı zamanda memleketin uzak coğrafyalarına da gönderilerek devleti temsil etmişlerdir. Osmanlı Devleti döneminde eğitimin her zaman olduğu gibi öncelikle aile içinde başladığını; bunu takiben de genellikle 4-6 yaşına gelen çocukların sıbyan veya mahalle mekteplerine gönderildiğini belirtmek gerekir. Bir uğur getirdiğine inanıldığı için de 4 yaş 4 ay 4 günlük çocuklar sıbyan mekteplerine gönderilmiş; burada öncelikle temel dinî bilgiler, elif-ba ve ardından Kur'an-ı Kerim'i okuma üzerine eğitim alan çocuklar bilhassa Arapça ya da Farsça gibi ikinci dil öğrenimi için de manzum sözlükleri okumuş/ezberlemişlerdir. Osmanlı eğitim hayatında manzum sözlük denildiğinde akla ilk gelen de kazandığı şöhret ve itibar ile *Tuhfe-i Şâhidî* olmuştur.

*Tuhfe-i Şâhidî*, Muğlalı İbrahim Şâhidî Dede tarafından 16. yüzyılda kaleme alınmış Farsça-Türkçe sözlüklerden biridir. Yazıldığı yüzyıldan 19. yüzyıla kadar sıbyan mekteplerinde ve rüştiyelerde ders kitabı olarak okutulan bu sözlük, *Tuhfe-i Vehbî* kaleme alınana kadar bu şöhretini sürdürmüştür. *Tuhfe-i Vehbî* 18. yüzyılda Sünbülzâde Vehbî tarafından yazılmış bir diğer Farsça-Türkçe manzum sözlüktür. Sünbülzâde Vehbî bu manzum sözlüğü İran'a resmî bir görevle gönderildikten sonra te'lif etmiştir. İran'ın İsfahan, Şiraz, Nihavend gibi pek çok bölgesine giden şair, burada tanıştığı pek çok şairden elde ettiği bilgileri de kullanmak istediği için böyle bir sözlük kaleme almıştır. Bu yazı, *Tuhfe-i Vehbî*'nin XIX. yüzyıl sonlarında ahlâkî sebeplerle bazı teftiş komisyonları tarafından denetime tâbi tutulmasının nedenlerini ve sonuçlarını arşiv belgeleri ışığında incelemeyi amaçlamaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Osmanlı'da Eğitim, Sıbyan Mektepleri, Sünbülzâde Vehbî, Manzum Sözlük, *Tuhfe-i Vehbî*.

## Abstract

*From its very foundation, the Ottoman Empire always attached great importance to education and instruction, and closely supervised the functioning of madrasas and schools. Many individuals trained in these madrasas rose to positions such as state officials, bureaucrats, and even to the rank of Shaykh al-Islam. These officials, who attained a level at which they could exchange views with the sultan on decisions concerning the future of the state, did not merely serve in positions close to the sultan; they were also dispatched to distant regions of the realm to represent the state.*

*As was always the case in the Ottoman period, education began primarily within the family; subsequently, children who generally reached the age of four to six were sent to a primary schools (sıbyan or neighborhood schools). Since it was believed to bring good fortune, children who were four years, four months, and four days old were sent to a primary schools. There, after receiving instruction primarily in basic religious knowledge and the alif-ba, followed by learning to read the Qur'an, children—especially for the purpose of acquiring a second language such as Arabic or Persian—read and memorized verse dictionaries. In the context of Ottoman educational life, when a verse dictionary is mentioned, the first work that comes to mind due to its fame and prestige is Tuhfe-i Şahidi.*

*Tuhfe-i Şahidi is one of the Persian-Turkish dictionaries written in verse, composed in the sixteenth century by İbrahim Şahidi from Mugla. From the century in which it was written until the nineteenth century, this dictionary was used as a textbook in primary schools and high/grammar schools, maintaining its renown until the composition of Tuhfe-i Vehbi. Tuhfe-i Vehbi is another Persian-Turkish verse dictionary, written in the eighteenth century by Sümbülzade Vehbi. Sümbülzade Vehbi composed this verse dictionary after being sent to Iran on an official assignment. The poet traveled to many regions of Iran, such as Isfahan, Shiraz, and Nihavand, and, wishing to make use of the knowledge he acquired from numerous poets he encountered there, decided to compile such a dictionary. This article aims to examine, in the light of archival documents, the reasons for and consequences of the inspection of Tuhfe-i Vehbi by certain inspection commissions in the late nineteenth century on moral grounds.*

**Keywords:** *Education in Ottoman Empire, Primary Schools, Sümbülzade Vehbi, Verse Dictionary, Tuhfe-i Vehbi.*

---

## Giriş

Osmanlı Devleti, yaklaşık altı asır boyunca hükmettiği topraklarda varlığını sürdürebilmek için başta yönetim, hukuk ve siyaset olmak üzere pek çok alanda sağlam bir zemin oluşturmaya çalışmış; zaman zaman aksaklıklar yaşansa da uzun varlığını bu sağlam zemin sayesinde korumayı başarmıştır. Devlete bağlı olan tebaanın kendini geliştirmesi ve Osmanlı Devleti'nin farklı teşkilatlarında istihdam edilmesi için de bilhassa eğitim hayatına büyük önem verilmiştir. İznik ve İzmit başta olmak üzere zaman zaman başkentini değiştirmesine de bağlı olarak İstanbul, Bursa, Edirne, Sivas, Diyarbakır, Erzurum ve Amasya gibi şehirlerde pek çok medrese inşa edilmesi, Osmanlı ilmi yapısının merkezden taşraya doğru yayılmasını sağlamıştır. Eğitim-öğretimin hiyerarşik bir şekilde ve muayyen usullerle yürütüldüğü medreselerle birlikte zikredilmesi gereken bir diğer yapı ise daha çok sıbyan mektebi olarak adlandırılan fakat taş mektep veya mahalle mektebi de denilen yapılarıdır. Abbâsîler devrinde “küttâb” adıyla anılan mekteplere Karahanlılar veya Selçuklular'da “sıbyan mektebi” denildiği ve Osmanlılar'da da bu ismin kullanıldığı belirtilir. Osmanlılar zamanla bu tip mektepleri “dârü'tta'lim, dârülilm, muallimhâne, mahalle mektebi, taş mektep, mekteb-i ibtidâiyye” gibi adlarla da anmışlardır. Bu mekteplerin hocalarına “muallim”, yardımcılarında “kalfa” (halife) denilmiştir. Osmanlılar'da XIX. yüzyılda mektep kelimesi bütün öğretim kurumlarını içine alacak bir genişlik kazanmış, hatta fakültelerin adında bile yer almıştır (Baltacı, 2004: 6).

Osmanlı devrinde genellikle mahallelerdeki cami veya mescitlerin hemen yanına inşa edilen bu mekteplerde talebelere daha çok ilk dinî bilgilerin öğretimi amaçlanmıştır. Bu mekteplerin esas gayesi İslâm dininin âdâb ve erkânını, bu cümleden olmak üzere Kur'ân okumayı, yazı yazmayı, namaz kılmayı ve ilmihâl bilgilerini öğretmekti (Kara&Birinci, 2017: 23). Bununla beraber Arapça ve Farsçanın basit gramer kuralları ile bu dildeki birçok kelimenin Türkçe karşılıkları kazandırılmaya özen gösterilmiştir. Bu dillerin öğretimi için de daha çok manzum sözlüklere müracaat edilmiştir. Manzum sözlüklerin hem nazmen kaleme alınmaları hem de aruz ölçüsüyle yazılmaları okuyanların ezberleyebilmelerini daha da kolaylaştırmaktadır. Bu sebeple sıbyân veya müptedî biçiminde de anılan çocuklar hangi dili öğreneceklerse o dilde yazılmış manzum sözlüklerin bu çocuklara ezberletilmesine gayret edilmiştir. Osmanlı devrinde bir eserin daha kolay ezberlenmesini sağlamanın en önemli vasıtalarından biri hiç şüphesiz aruz ve müzikalitedir. Aruz vezniyle kaleme alınan manzum sözlüklerin sıbyan mekteplerinde bu amaçla kullanılması da gayet makul ve mantıklı görünmektedir. Farklı dönemlerde bazı mensur eserlerin nazma çekilmesinin sebepleri altında da o eserin daha kolay ezberlenmesini sağlamak düşüncesi yatmaktadır.

Sıbyan mekteplerinde birçok farklı dilin basit gramer kurallarını ve kelimelerini öğretmek amacıyla kaleme alınmış mezkûr manzum sözlüklerden biri de Sünbülzâde Vehbî'ye aittir. Sünbülzâde Vehbî'nin Tuhfe-i Vehbî ismiyle nazmettiği bu eser, belki şairin kendisinin dahi beklemediği kadar itibar görmüş; tabir caizse Tuhfe-i Şâhidî'nin tahtını salmıştır. Çünkü o güne kadar mekteplerde Farsça öğretiminde ilk aşamasında sıklıkla kullanılan ve meşhur olan sözlük Muğlalı İbrahim Şâhidî'nin yazdığı Tuhfe-i Şâhidî isimli sözlüktü. Fakat Tuhfe-i Vehbî yazıldıktan sonra sıbyan mekteplerinde daha sık kullanılır hâle gelmiştir. Tuhfe-i Vehbî'nin neden asırlar sonra böyle bir şöhret kazanmış olduğu farklı saiklerle açıklanabilir. Ömer Faruk Akün'ün bu konu hakkındaki yorumu ve tespiti son derece dikkate değer görünmektedir. Müellifin kelimeleri kolayca hatırd tutacak tarzda sıralayıp kafiyelendirmedeki başarısı, esere büyük ve süratli bir rağbet temin ederek, kendisine kadar bu sahada muteber kitap olarak elde dolaşan Şâhidî'nin Tuhfe'si ile birlikte diğer manzum lügatleri itibardan düşürmüş ve yarım asır öncesine kadar medrese ve rüştiyelerde Farsça tedrisatta talebeye ezberlettirilen klasik bir kitap seviyesine yükselmiştir. Muhtelif Farsça kelimelere, müellifin İran'da müşahade ettiği, bizdekilere nazaran farklı ve aynı zamanda lügatlere geçmemiş hususi manalarını da göstermesi Tuhfe'nin bilhassa belirtmeğe değer tarafıdır (Akün, 1979: 241).

Tuhfe-i Vehbî kazandığı bu itibara ve ders kitabı olarak sıbyan mekteplerindeki sık kullanımına da bağlı olarak birçok kez basılmıştır. Seyfettin Özege'nin aktardıklarına göre ilki 1798 tarihinde olmak üzere bazıları tarihsiz altmışa yakın baskısı yapılmıştır (Özege, 1977: 1877). Osmanlı Devleti'nde bir eserin böyle hatırı sayılır derecede rağbet görmesinin temel sebeplerinden biri o eserin mescit, mektep ya da konak gibi yerlerde sıklıkla okunmuş/okutulmuş olmasıdır. Bu cümleden olmak üzere elif-balar, mevlid metinleri, karabaş cüzleri zikredilebilecek eserler arasındadır. Tuhfe-i Şâhidî, Tuhfe-i Vehbî, Sübha-yı Sıbyân ve benzeri sözlükler de mekteplerde okutulduğu için yazma veya matbu nüshalarına sıklıkla rastlanan eserler arasındadır. Günümüzde dahi kütüphane kataloglarında rastgele yapılacak bir tarama ile ismi anılan manzum sözlüklerin onlarca nüshası ile karşılaşmak mümkündür.

## 1. Tuhfe-i Vehbî

Sünbülzâde Vehbî tarafından kaleme alınan Farsça-Türkçe manzum sözlüktür. İbrahim Şâhidî'nin tuhfesinden sonra kısa sürede en çok itibar gören manzum sözlüklerden biri olmuştur. Tuhfe-i Vehbî toplamı 881 beyittir. Başta 93 beyitlik mesnevi tarzında, yazar hakkında ve sözlüğün düzeni ve içeriği konusunda bilgilerin verildiği bir ön söz yer alır. Sözlük kısmı beyit sayısı 7 ile 16 arasında değişen 57 kıt'a ve istilâhât-ı Acem başlıklı 201 beyitlik mesneviden oluşur. Sonra da 5 beyitlik bir tarih kıt'ası yazılmıştır. Kıt'alar kafiyelerine göre alfabetik olarak sıralanmıştır. Sözlüğün 6 beyitlik 11. kıt'ası da yine mesnevi tarzındadır. (Öz, 2010: 248).

Diğer pek çok manzum sözlükte olduğu gibi Tuhfe-i Vehbî için de hazırlanmış bazı şerh, alfabetik tertip, fihrist, nazire ve tazmin türünde eserler bulunmaktadır. Bu tür eserlerin kaleme alınmasındaki asıl amaç yine medrese veya mektep talebelerinin Tuhfe-i Vehbî'de aradıkları mevzuları daha kolay bulabilmeleri veya Tuhfe-i Vehbî'de anlatımın az ya da muğlak kalan bölümlerinin şerhlerle daha iyi anlaşılmasını ve daha geniş bilgiye ulaşılmasını sağlamaktır. Tuhfe-i Vehbî üzerine hazırlanan şerhlerden en hacimli Ahmet Hayâtî-yi Elbistânî'ye aittir. Şerhu Tuhfeti'l-Manzûmeti'd-Dürriyye fi Lugati'l-Fârisiyye ve'd-Deriyye isimindeki bu şerh Sünbülzâde'nin tuhfesinden dokuz sene sonra kaleme alınmıştır. Bundan başka İstanbullu Mehmed Lebîb Efendi'nin Tuhfe Şerhi: Müntehab-ı Lebîb, Abdurrahman el-Fâzıl'ın Şerh-i Tuhfe-i Vehbî'si ve Hamdî isimli bir müellifin Şerh-i Tuhfe'si Tuhfe-i Vehbî üzerine yazılan diğer şerhlerdir.

## 2. Tuhfe-i Vehbî ile İlgili Bazı Arşiv Belgeleri

Manzum sözlükler ve bu sözlükler üzerine yapılan şerhlerle alakalı günümüze kadar onlarca çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda daha çok incelenen Arap harfli metinlerin transkripsiyonlu aktarımı ve incelemeleri üzerinde durulmuş, sözlüklerin hangi amaçlar için kaleme alındıkları sorgulanmış, Arapça veya Farsça öğrenimindeki faydaları ve gördükleri rağbet ele alınmıştır. Fakat bu yazı, manzum sözlüklerin bugüne kadar yalnızca birkaç cümleyle geçiştirilmiş müstehcenlik konusuna dair değerlendirmeleri ele alacaktır. Bu sebeple manzum sözlüklerin ahlâkî yönünden uygun olup olmadığı indî bir yaklaşımın ötesinde müspet gerekçelerle ve belgelerle ortaya koyulacaktır. Manzum sözlüklerin bazı bölümlerinin henüz 4-6 yaş seviyesindeki çocuklar için okutulup okutulmayacağı veya bu yaş grubunun eğitim-öğretimi için uygun olup olmadığı yönünde bazı düşünce ve görüşler ileri sürülmüş; bunlardan dolayı da bu sözlüklerin bazı bölümlerinde müstehcen ifadelerin bulunduğu dile getirilmiştir.

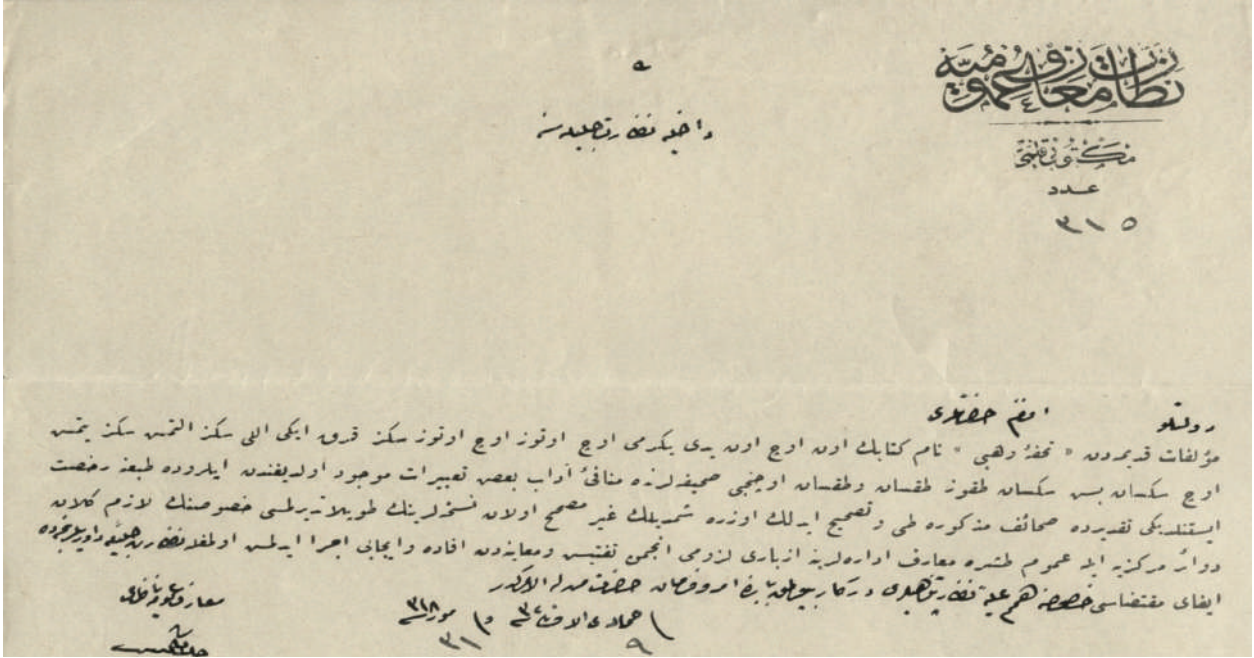
Her şeyden önce bu metinlerin nihayetinde birer sözlük oldukları muhakkak akılda tutulmalıdır. Bu metinlerin birer sözlük olması gerçeğinden hareketle günlük dilde kullanılan her türlü kelimenin bu metinlerde zikredilmesinin gayet tabii olduğu açıktır. Ancak bu kelime veya ibarelerin okutulduğu yaş grubu için uygun olup olmadığı; hangi bölümlerin okutulup hangi bölümlerin daha ileriki yaşlarda takip edilmesi gerektiği sorgulanması ve üzerinde düşünülmesi gereken mevzulardandır. Günümüz eğitim-öğretim anlayışıyla dahi bazı ibarelerin 4-6 hatta belki biraz daha ileri yaş seviyesindeki çocukların öğrenebilmesi için pek de makul olmadığı görüşünü belirtmek gerekir. Zira bu sebeple olsa gerektir ki yukarıda zikredilen şarihler Tuhfe-i Vehbî için kaleme aldıkları şerhlerde bilhassa eserin bazı beyit, mısra veya ibarelerin şerhinde ketum davranmakta; kimi zaman da “manası malumdur.” şeklinde kısa açıklama yaparak iktifa etmektedirler. Şarihlerin bu tutumlarında da muhakkak yukarıda bahsedilen hususun etkili olduğu dile getirilmelidir. Aslında şarihlerin bu yolu takip ederek tabir caizse Tuhfe-i Vehbî'nin ilgili kısımlarına dolaylı da olsa bir sansür uyguladıkları ileri sürülebilir. Şarihlerin meşruh eserdeki bazı kelime veya kavramları örtmeye çalıştıkları bu usul, doğrudan olmasa da dolaylı bir sansür yolunu şerh vasıtasıyla tercih ettiklerini gösterir. Şarihlerin bu tutumlarını bugün ahlâkî veya pedagojik sansür tabirleriyle karşılamak yanlış olmasa gerektir.

Tuhfe-i Vehbî ile ilgili farklı kurumlara yazılan arşiv belgeleri, şarihlerin bu tutumlarının yersiz veya gereksiz olmadığını kanıtlar niteliktedir. Zira dönemin Maârif-i Umûmiye Nâzırı Mehmet Celâlüddîn'in imzasıyla Dâhiliye Nezâreti'ne gönderilen aşağıdaki 13 Eylül 1902 tarihli belgede “kadim eserlerden olan Tuhfe-i Vehbî'nin belirtilen sayfalarında ahlâka aykırı bazı ibarelerin bulunduğu, eserin ileride tekrar basımına müsaade istendiği takdirde zikredilen sayfaların çıkartılması veya düzeltilmesi şartıyla, şimdilik düzenlenmemiş nüshalarının toplattırılması gerektiğinin teftiş ve inceleme heyeti tarafından bildirildiği ve gereğinin yapıldığı” aktarılır. Bilindiği gibi matbaa Osmanlı Devleti'nde kullanılmaya başlandıktan sonra matbaada basılacak kitapların gözden geçirilmesi için farklı dönemlerde farklı heyetler veya komisyonlar oluşturulmuştur. Bu heyet veya komisyonlar matbaada basılacak kitaplara ruhsat vermeden evvel, çerçevesi belirlenmiş bazı hususları göz önünde bulundurarak tetkik ederdi. Bu tetkikten sonra eserin basımına izin verilir veya problemlî/sıkıntılı olduğu düşünülen kısımlar düzeltilmek suretiyle yazarına iade edilirdi. Bilhassa Abdülhamit döneminde birçok kitaba sansür uygulandığı, birçok kitabın toplattırıldığı arşivdeki kayıtlardan hareketle rahatlıkla ifade edilebilir. Söz konusu belge ve bu belgenin Latin harflerine aktarımı aşağıdaki şekildedir:

<sup>1</sup> Bu şerhle ilgili ayrıntılı bilgi için bk. Özlem Şahin, Ahmed Hayâtî Efendi'nin Şerhu Tuhfeti'l-Manzûmeti'd-Dürriyye fi Lugati'l-Fârisiyye ve'd-Deriyye İsimli Tuhfe-i Vehbî Şerhi, *Littera Turca Journal of Turkish Language and Literature*, 8/4, 2022.

<sup>2</sup> Bu şerhlerle ilgili daha ayrıntılı bilgi edinmek için bk. Seyit Yavuz, Mehmed Lebîb Efendi'nin Tuhfe-yi Vehbî Şerhi: Müntehab-ı Lebîb (İnceleme-Metin), Fenomen Yay., Erzurum 2024.

<sup>3</sup> II. Abdülhamit devrinde yoğun bir şekilde karşılaşılan sansür uygulamalarıyla ilgili ayrıntılı bilgi için bk. Fatmagül Demirel, II. Abdülhamit Döneminde Sansür, Bağlam Yayıncılık, İstanbul 2007.



Nezâret-i Maârif-i Umûmiyye

Mektûbî Kalemî  
Aded  
315

Dâhiliye Nezâret-i Celîlesine

#### Devletlü efendim hazretleri

Müellefât-ı kadîmeden Tuhfe-i Vehbî nâm kitâbın 13,17,23,33,38,42,58,68,73,85,89,90 ve 93. sahîfelerinde münâfi-i âdâb bazı tabîrât mevcûd olduğundan ileride tab'ına ruhsat istenildiği taktîrde sahâif-i mezkûre tayy ve tashîh edilmek üzere şimdilik gayr-ı musahhîh olan nüshalarının toplatılması husûsunun lâzım gelen devâir-i merkeziyye ile umûm taşra maârif idârelerine izbârî lüzûmu encûmen-i teftîş ve muâyeneden ifâde ve icâbî icrâ edilmiş olmakla nezâret-i celîle-i dâverîlerince de ifâ-yı muktezâsı husûsuna himem-i alîyye-i nezâret-penâhîleri derkâr buyurulmak bâbında emr ü fermân hazret-i men le-hü'l-emrindir.

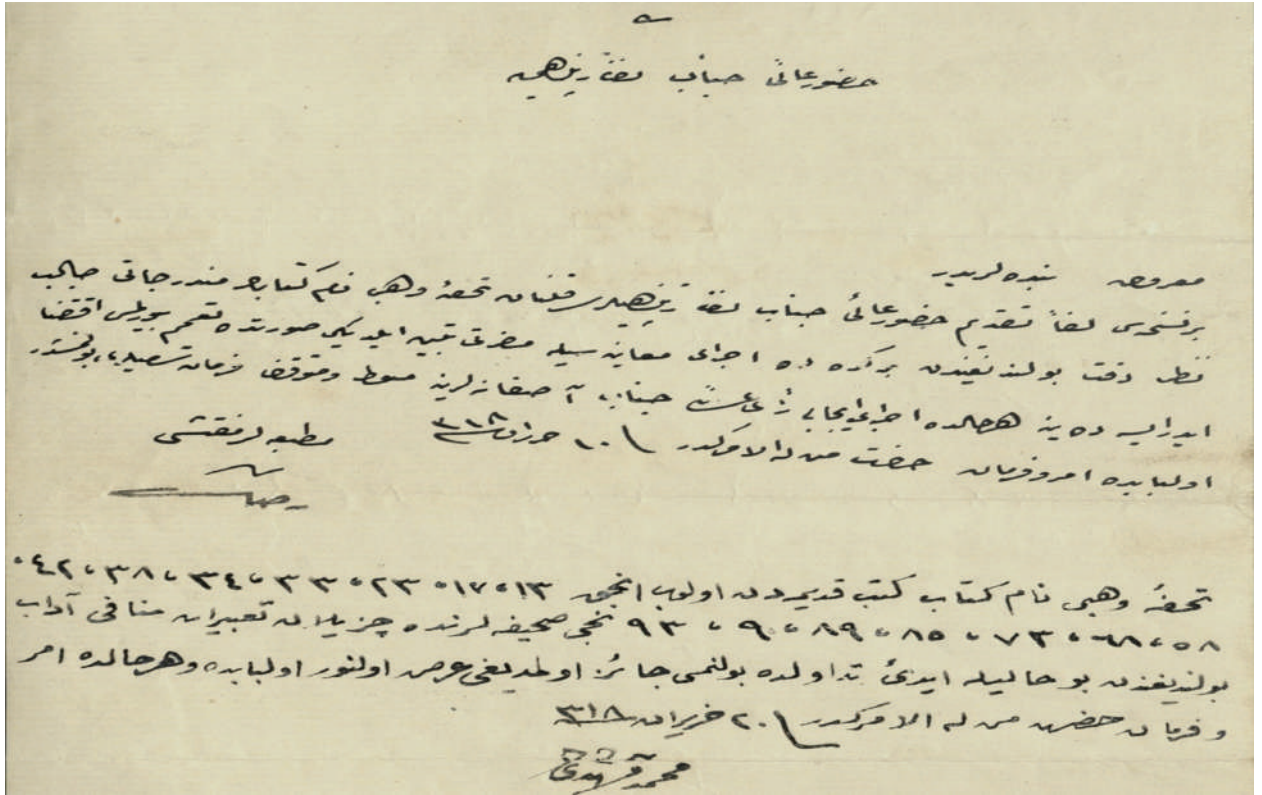
Maârif-i Umûmiye Nâzırı  
Celâlüddîn Paşa

9 Cemâziye'l-âhir sene 1320 ve 1 Ağustos 318

Belgeden anlaşıldığı kadarıyla teftîş ve inceleme komisyonu *Tuhfe-i Vehbî*'nin bir nüshasını incelemiş; bazı sayfalarında bulunan ibarelere dikkat çekerek bu ibarelerin kaldırılması veya düzeltilmesini talep etmiştir. Bugün teftîş heyetinin incelediği bu nüsha ele geçmiş olsa kuvvetle muhtemel teftîş heyetinin işaret ettiği ifadeler/mısralar/beyitler görülecektir.

Aynı belgeyle alakalı olan ve matbaalar müfettişi Rızâ Efendi'nin imzasıyla yazılan aşağıdaki belgede ise *Tuhfe-i Vehbî*'nin yeniden incelenmek üzere inceleme komisyonuna

gönderilmesi, yapılacak inceleme neticesinde zararlı bölümlerin ortaya çıkarılması hâlinde nihai kararın da bu inceleme sonucunda verilmesi bildirilmiş; Mehmed Mehdi imzasıyla cevaben gönderilen yazıda ise zararlı ifadelerin üstünün çizildiği; kitabın her ne kadar kadim bir eser olsa da bu şekilde dolaşımda bulunamayacağı sonucuna varılmıştır. Doğal olarak yukarıdaki resmî kararın bu tarihte yapılan inceleme ve tetkikten sonra alınıp gerekli yerlere bildirildiği anlaşılmaktadır. Belgenin aslı ve Latin harflerine aktarımı şöyledir:



### Huzûr-ı Âli Cenâb-ı Nezâret-penâhiye

Ma'rûz-ı bendeleridir

Bir nüshası leffen takdîm-i huzûr-ı âli-cenâb-ı nezâret-penâhîleri kılınan *Tuhfe-i Vehbî* nâm kitâbın mündericâtı câlib-i nazar-ı dikkat bulunduğundan bir kere de icrâ-yı muâyenesiyle mazarratı tebeyyün eylediği sûrette tamîm buyurulması iktizâ ederse de yine her hâlde icrâ-yı icâbî re'y-i uhde-i cenâb-ı âsâfânelerine .....fermân-ı sâmileri bulunmuştur ol bâbda emr ü fermân hazret-i men lehü'l-emrindir.

Fî 10 hazîrân 1318

Matbaalar müfettişi

Rızâ

*Tuhfe-i Vehbî* nâm kitâb kütüb-i kadîmeden olup ancak 13,17,23,33,34,38,46,58,68,73,85,89,90,93. sahifelerinde çizilen tabirât münâfi-i âdâb bulunduğundan bu hâliyle eydî-i tedâvülde bulunması câiz olmadığı arz olunur ol bâbda ve her hâlde emr ü fermân hazret-i men lehü'l-emrindir.

Fî 20 Hazîrân 1318

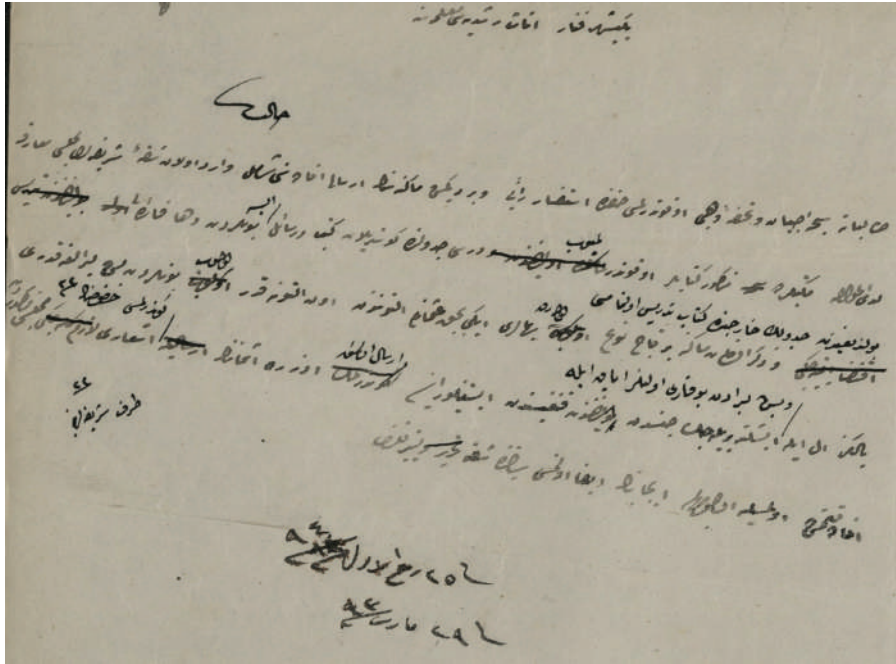
Mehmed Mehdî

Belgelerden açıkça anlaşılan bazı hususlardan biri *Tuhfe-i Şâhidî*'den sonra beklenmedik bir derecede rağbet gören *Tuhfe-i Vehbî*'nin mündericatu ile ilgili problemler bölümler bulunduğudur. Yukarıda da kısmen temas edildiği üzere bu bölümler aslında bir sözlükte bulunması yadırganmayacak olan vücuttaki organ isimleri, kullanıldığı yer veya bağlama göre hakaret olarak değerlendirilebilecek ifadeler ve benzerleridir. Hâl böyle iken mezkûr eserle ilgili doğrudan “ahlâka aykırıdır.” şeklinde yapılan değerlendirmelerin biraz da II.Abdülhamit devrindeki baskıcı yönetimden kaynaklanmış olabileceğini ifade etmek gerekir. Zira bu yazışmaların yapıldığı 1902 tarihine kadar çeşitli dönemlerde 58 kez basılan eser, bu tarihten sonra 1909 tarihinde yalnızca bir kere basılmıştır. Bu durum da eserin yazışmalardan sonra uzun denilebilecek bir süre hiç basılmadığını; II.Abdülhamit'in tahttan indirilmesiyle bir kere de olsa yeniden basıldığını ortaya koymaktadır.

*Tuhfe-i Vehbî*'nin medresede okunmaması yönünde ifadeler içeren son arşiv belgesi ise Maârif Mektûbî kaleminden

Yenişehir Fenâr İnâs Rüştîyesi muallimesine hitaben 29 Mart 1878 tarihinde yazılan belgedir. Rüştîye muallimesinin Maârif Vekâleti'ne bu kitapların okutulup okutulmamasına dair sual ile bir dikiş makinesi talebine dair dilekçe yazdığı; vekâletinde de bu dilekçeye istinaden *Subha-yı Sıbyân* ve *Tuhfe-i Vehbî*'nin daha evvel talebelere okutturulduğunu; ancak artık zikredilen kitapların okutturulmadığı ve ders programında bunların yerine daha faydalı kitapların yer aldığını belirtmiştir. Bundan dolayı da ders cetveli dışındaki kitap ve risalelerden başka kitap okutturulmaması gerektiği muallimeye bildirilmiştir. Bu belgeler, yukarıdaki belgelerden yaklaşık 24 sene önce yazılmışlardır. Bu dahi *Tuhfe-i Vehbî*'nin yavaş yavaş medreselerden/mekteplerden çekildiğini gösterir. Fenâr Rüştîyesinin bir kız mektebi okulu olmasının da alınan kararda etkili olduğunu düşünmek gerekir.

Söz konusu belgenin aslı ve Latin harflerine aktarımı aşağıdaki gibidir:



Tâlibâna *Subha-yı Sıbyân* ve *Tuhfe-i Vehbî* okutturulması hakkında istifsâr-ı re'yi ve bir dikiş makinesinin irsâli ifadesini şâmil-i vârid olan şukka-ı şerifelerin meclis-i maâriife lede'l-havâle mekteplerde mezkûr kitaplar okutturulmayıp ders cetvelinde gösterilen kütüp ve resâil ise bunlardan daha faydalı bulunduğundan cetvelin hâricinde kitap tedrîs olmaması ve zikir olunan makine birkaç nev bahâları iki buçuk Osmanlı altundan on altuna kadar olup bunlardan beş lirağa kadarı yalnız el ile ve beş liradan yukarı olanları ayak ile işlettirilecek cinsten hangisinden istenilir ise irsâl olmak üzere esmânının gönderilmesi hususunun taraf-ı şerifelerine iş'ârı meclis-i mezkûrdan ifade kılınmış olmasıyla icâbına ifâ olunması siyâkında şukka tesyîr kılındı.

Fî 25 Rebiyyü'l-Evvel sene [12]94

29 Mart sene [12]93

## Sonuç

Bu çalışma, Osmanlı eğitim hayatında uzun bir süre kullanılan ve mühim bir boşluğu doldurmuş *Tuhfe-i Vehbî*'yi bazı arşiv belgelerinden yararlanarak yeniden ele alıp değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Değerlendirme neticesinde Sümbülzâde Vehbî tarafından kaleme alınan eserin sadece bir manzum sözlük olmadığı; aynı zamanda devrin pedagojik anlayışı, ahlâkî algısı ve resmî eğitim politikalarıyla da doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür. *Tuhfe-i Vehbî*'nin sıbyan mekteplerinde ve rüştiyelerde yaygın biçimde okutulması, eserin dil öğretimindeki işlevselliğini ortaya koyarken, bilhassa XIX. yüzyılın son çeyreğinden itibaren esere yönelik eleştiriler ve kısıtlamalar, Osmanlı eğitim sisteminde yaşanan zihniyet değişikliğini de gözler

önüne sermektedir.

Arşiv belgelerinde yer alan resmî yazışmalar, eserin bazı bölümlerinin ahlâkî gerekçelerle sakıncalı bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu sebeple yalnızca Tuhfe-i Vehbî'ye mahsus olmayıp dönemin pek çok klasik metnini de içine alan daha geniş bir denetim mekanizmasının çeşitli teftiş komisyonlarınca yürütüldüğü görülmektedir. Netice itibarıyla bu çalışma, *Tuhfe-i Vehbî*'nin Osmanlı eğitim tarihinde geçirdiği dönüşümü arşiv belgeleri temelinde ortaya koymakta; manzum sözlüklerin eğitimdeki yeri, sınırları ve zamanla değişen ve dönüşen algısı üzerine yürütülecek yeni çalışmalara da zemin hazırlamaktadır.

## Kaynakça

- Akün, Ömer Faruk (1979); İslâm Ansiklopedisi İslâm Âlemi Tarih, Coğrafya, Etnografya ve Bibliyografya Lugati, İstanbul: MEB Yayınları, C. 11.
- Cahit, Baltacı (2004); "Mektep", İslâm Ansiklopedisi, Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, c. 29.
- Demirel, Fatmagül (2007); II. Abdülhamit Döneminde Sansür, İstanbul: Bağlam Yayıncılık.
- Kara, İsmail; Birinci, Ali (2017); Bir Eğitim Tasavvuru Olarak Mahalle/Sıbyan Mektepleri Hatıralar-Yorumlar-Tetkikler, İstanbul: Dergâh Yayınları.
- Öz, Yusuf; Tarih Boyunca Farsça-Türkçe Sözlükler, Ankara: TDK Yayınları, 2010.
- Özege, Seyfettin (1977), Eski Harflerle Basılmış Türkçe Eserler Kataloğu, İstanbul: Fatih Yayınevi Matbaası, C. 4.
- Şahin, Özlem (2022); "Ahmed Hayâtî Efendi'nin Şerhü Tuhfeti'l-Manzûmeti'd-Dürriyye fi Lugati'l-Fârisiyye ve'd-Deriyye İsimli Tuhfe-i Vehbî Şerhi", Littera Turca Journal of Turkish Language and Literature, 8/4.
- Yavuz, Seyit (2024); Mehmed Lebîb Efendi'nin Tuhfe-yi Vehbî Şerhi: Mütehab-ı Lebîb (İnceleme-Metin), Erzurum: Fenomen Yayınları.

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

İzmit Körfezi'nde Deniz Müsilajı Sorunu: Derleme Çalışması  
*Marine Mucilage Problem in the Gulf of Izmit: A Review Study*  
Öğr. Gör. Dr. Çisil GÜLÜMSER GÖKTAŞ - Prof. Dr. Sevil VELİ

Afetlere Müdahalede Sivil Toplum Örgütlerinin Rolü: 2021-Marmaris Yangını Örneği  
*The Role of Civil Society Organizations in Disaster Response: The Case of the 2021-Marmaris Fire*  
Prof. Dr. Fatma Neval GENÇ - Sinem BAYAR

The Transformative Role of Cities in Addressing the Climate Crisis:  
Local Governance and Stakeholder Participation  
*İklim Kriziyle Mücadelede Kentlerin Dönüştürücü Rolü: Yerel Yönetişim ve Paydaş Katılımı*  
Doç. Dr. Selçuk GÜRÇAM

The Effect of Biochar Applied to Soils on N<sub>2</sub>O Emissions in the Presence of Urea Fertilizer  
*Üre Gübresi Varlığında Toprağa Uygulanan Biyokömürün N<sub>2</sub>O Emisyonları Üzerindeki Etkisi*  
Kevser ŞAKOĞLU - Araş. Gör. Eda CEYLAN SAHRA - Dr. Öğr. Üyesi Derya AYRAL ÇINAR

Arşiv Belgeleri Işığında Osmanlı Eğitim Tarihinin Önemli Halkalarından  
Tuhfe-i Vehbî'ye Dair Bazı Tespitler  
*Some Observations on Tuhfe-i Vehbi, One of the Important Links  
in the History of Ottoman Education, in the Light of Archival Documents*  
Doç. Dr. Seyit YAVUZ