



IISEM 2022

**THE 6th INTERNATIONAL
SYMPOSIUM ON THE
ENVIRONMENT
AND MORALS**

Termal Otel / Yalova - Türkiye
11-12 November 2022

**PROCEEDINGS
BOOK**

**6. ULUSLARARASI
ÇEVRE ve AHLAK
SEMPOZYUMU**

Termal Otel / Yalova - Türkiye
11-12 Kasım 2022

**BİLDİRİLER
KİTABI**



Düzenleyen Kuruluşlar

Destekleyen Kuruluşlar



ISEM 2022

**THE 6th INTERNATIONAL
SYMPOSIUM ON THE
ENVIRONMENT
AND MORALS**

Termal Otel / Yalova - Türkiye
11-12 November 2022

**PROCEEDINGS
BOOK**

**6. ULUSLARARASI
ÇEVRE ve AHLAK
SEMPOZYUMU**

Termal Otel / Yalova - Türkiye
11-12 Kasım 2022

**BİLDİRİLER
KİTABI**



Düzenleyen Kuruluşlar

Destekleyen Kuruluşlar

ISEM2022

The 6th International Symposium on the Environment and Morals

6.Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu

November 11-12, 2022 / 11-12 Kasım 2022

Yalova 2022

PROCEEDINGS BOOK / BİLDİRİLER KİTABI

ISBN : 978-605-81053-3-1

Kapak ve İç Dizayn : A4 REKLAM / Adem ERTEMUR

COMMITTEES

HONORARY COMMITTEE

Murat KURUM (*Minister of Environment, Urbanisation and Climate Change, Türkiye , Minister*)

Prof. Dr. Mehmet BAHCEKAPILI (*Yalova University, Türkiye , Rector*)

Prof. Dr. Mehmet SARIBIYIK (*Sakarya University of Applied Sciences, Türkiye , Rector*)

Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR (*Academic Perspective, Türkiye , Chairman*)

Prof. Dr. Eyüp DEBİK (*Çevre Kuruluşları Dayanışma Derneği, Türkiye , Chairman*)

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU (*Çevre Vakfı, Türkiye , Chairman*)

ORGANIZING COMMITTEE

Assist. Prof. Dr. Mehmet Ali UĞUR (*Yalova University, Türkiye , Chair*)

Prof. Dr. Eyüp DEBİK (*Yıldız Technical University, Türkiye)*

Prof. Dr. Bekir KAYACAN (*İstanbul University, Türkiye)*

Assoc. Prof. Dr. Haldun KARAN (*TÜBİTAK Marmara Research Center, Türkiye)*

Assoc. Prof. Dr. Özer UYGUN (*Sakarya University, Türkiye)*

Assoc. Prof. Dr. Ömer Hulusi DEDE (*Sakarya University of Applied Sciences, Türkiye*)

Assist. Prof. Dr. Abdurrahman TEKİN (*Yalova University, Türkiye)*

Res. Assist. Enes ATAY (*Yalova University, Türkiye)*

Res. Assist. Ömer Can BAŞ (*Sakarya University, Türkiye)*

Res. Assist. Usame YOLCU (*İstanbul Medeniyet University, Türkiye)*

SCIENTIFIC COMMITTEE

- Prof. Dr. Adnan KARAİSMAİLOĞLU (*Kirikkale University, Türkiye*)
Prof. Dr. Ahmet DEMİR (*Yildiz Technical University, Türkiye*)
Prof. Dr. Alfina SIBGATULLINA (*Russian Academy of Sciences, Russia*)
Prof. Dr. Ali ATA (*Gebze Technical University, Türkiye*)
Prof. Dr. Ali DENİZ (*Istanbul Technical University, Türkiye*)
Prof. Dr. Almaz Ulvi BINNATOVA (*Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan*)
Prof. Dr. Bakhtiyor KARIMOV (*Institute Of Plant And Animal World Genetic Resources, Uzbekistan*)
Prof. Dr. Burhanettin DURAN (*SETA, Türkiye*)
Prof. Dr. Chung-Hak LEE (*Seoul National University, South Korea*)
Prof. Dr. Dietmar MIETH (*Universität Tübingen, Germany*)
Prof. Dr. Duygu ÖZDEŞ (*Gumushane University, Türkiye*)
Prof. Dr. Emin UĞURLU (*Bursa Technical University, Türkiye*)
Prof. Dr. Erol ARCAKLIOĞLU (*Yildirim Beyazit University, Türkiye*)
Prof. Dr. Hür Mahmut YÜCER (*University of Health Sciences, Türkiye*)
Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ (*George Mason University, USA*)
Prof. Dr. İsmail TORÖZ (*Istanbul Technical University, Türkiye*)
Prof. Dr. Mawil Izzi DIEN (*University of Wales Trinity Saint David, UK*)
Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN (*Necmettin Erbakan University, Türkiye*)
Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN (*University of West of England, UK*)
Prof. Dr. Muhammed AYDIN (*Qatar University, Qatar*)
Prof. Dr. Nodirkhon KHASANOV (*Academy of Sciences Republic of Uzbekistan, Uzbekistan*)
Prof. Dr. Okan ŞİRİN (*Qatar University, Qatar*)
Prof. Dr. Ömer Adil ATASOY (*Istanbul Aydın University, Türkiye*)
Prof. Dr. Osman BAKAR (*Universiti Brunei Darussalam, Brunei*)
Prof. Dr. Sait ÖZTÜRK (*Yildiz Technical University, Türkiye*)
Prof. Dr. Süleyman MOLLAİBRAHİMOĞLU (*Recep Tayyip Erdogan University, Türkiye*)
Prof. Dr. Talip ALP (*Istanbul Medipol University, Türkiye*)
Prof. Dr. Volodymyr TARABARA (*Michigan State University, USA*)
Prof. Dr. Yahya FİDAN (*Istanbul Ticaret University, Türkiye*)
Prof. Dr. Zehrudin OSMANOVIC (*University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina*)
Prof. Dr. Zuhdija ADİLOVİÇ (*Zenica University, Bosnia and Herzegovina*)
Prof. Dr. Ali Çağlar ÇAKMAK (*Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Türkiye*)
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN (*Marmara University, Türkiye*)
Prof. Dr. Sabina SEMİZ (*Khalifa University, Bosnia and Herzegovina*)
Prof. Dr. Saim KAYADİBİ (*Karabuk University, Türkiye*)

Assoc. Prof. Dr. Hamdi AYDIN (*Kocaeli University, Türkiye*)

Assoc. Prof. Dr. Hayrettin YÜCESOY (*Washington University, USA*)

Assoc. Prof. Dr. Mohamed Ragab Abdel GAWWAD (*International University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina*)

Assoc. Prof. Dr. Abubaker Mohamed Ahmed IBRAHIM (*Qatar University, Qatar*)

Assist. Prof. Dr. Necdet YILMAZ (*Istanbul University, Türkiye*)

Assist. Prof. Dr. Abdullah YAKŞI (*Karabuk University, Türkiye*)

Assist. Prof. Dr. Ahmet Canan KARAKAŞ (*Kocaeli University, Türkiye*)

Assist. Prof. Dr. Beytullah EREN (*Sakarya University, Türkiye*)

İçindekiler

Eğitim Kurumları İçin Karbon Ayak İzinin Hesaplanması, Aydın Örneği	2-10
Doğal Sediment Bulunan Sulu Çözeltilerden Metilen Mavisi Boyar Maddesinin Giderilmesi	11-16
Toprak Kullanımıyla Boyar Madde Giderimi	17-23
Mikroplastik Konsantrasyonunun Siyanobakteri Yoğunluğu Üzerine Etkisi	24-31
Sewage Sludge Application to Promote Soil Nutrition Pool on Degraded Pasture Soil	32-42
In-Vessel Composting of Kitchen Waste With Biomass Ash to Produce Nutrient Rich Bio-Fertilizer	43-51
Tarımsal Atıkların Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemi ile Bertarafı	52-62
Tavuk Endüstrisi Atıklarından Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemi ile Enerji Elde Edilmesi	63-74
Using The CO ₂ Removal Capability of Green Walls as Architectural Design Parameter	75-85
Siyanobakteri Yoğunluğuna Ağır Metal ve Mikroplastik Etkisinin Araştırılması	86-92
Karayollarında Buzlanma ile Mücadelede Kullanılan Tuzların Çevreye Verdiği Zararın Jeotermal Kaynaklar Kullanılarak Azaltılması	93-98
Yeşil Yönetim Modeli Önerisi	99-106

Türkiye’deki Çevre Mühendisliği Lisans Programlarında Etik Derslerin Payının Araştırılması	107-116
Dünü, Bugünü, Yarını; Çevre Mültecileri	117-130
“Ortak Fakat Farklılaştırılmış Sorumluluklar İlkesi”nin Uluslararası Ozon Rejimine Yansıması ve İşleyişi	132-137
Küresel Güçlerin Mücadelesinde Gri Bölge: İklim Değişikliği Müzakereleri	138-149
Bibliometric Analysis of the Articles Which Did On Environmental Health	150-168
A look at the Cities’ Climate Change Adaptation Action Plans for Türkiye: Challenges and Opportunities	169-184
Çevre Sorunları, Modern Çağda Normatif Bir Ahlâk Felsefesi İmkânı Sunar Mı?	185-192
Philosophical and Legal Change of Axis on Environmental Protection: From “Right to Nature” to “Rights of Nature”	193-199
Temel Kavramları ve Önemli Kampanyalarıyla İslamî Çevre Hareketleri	200-214
Sürdürülebilirlik için Eğitim Alanındaki Sıfır Atık Yönetimi Örneği: Sakarya Üniversitesi	215-224



**PROCEEDINGS
BİLDİRİLER**

Eğitim Kurumları İçin Karbon Ayak İzinin Hesaplanması, Aydın Örneği

Calculation of Carbon Footprint for Educational Institutions, Aydın Example

Bayram KÖSE¹, Fatih ŞEKER², Serkan ANSAY³

¹ İzmir Bakırçay Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD, Menemen, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0256-5921, bayram.kose@bakircay.edu.tr

² İzmir Bakırçay Üniversitesi, Menemen, İzmir, Türkiye Türkiye ORCID: 0000-0003-0427-9208, fatih.seker@bakircay.edu.tr

³ İzmir Bakırçay Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD, Menemen, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3368-3886, serkanansay@gmail.com

Özet

Artan nüfus ve konfor anlayışı, beraberinde çevre ve hava kirliliği, iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi problemlere neden olmuştur. Bu problemler giderek acil önlem alınması gereken tehditler haline gelmiştir. Bu tehlikelere karşı insanoğlunun duyarlı kalmaması ve bilimsel çalışmalar ışığında tedbirlerin ivedilikle alınması gerekmektedir. Bu bağlamda insan kaynaklı çevre tahribatını engellemek ve kaynakların etkili, verimli ve devamlı olarak kullanılmasına yönelik ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramıyla bütün ülkeler bu problemlerin çözümü arayışına gitmiştir. Sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir eğitim, sürdürülebilir enerji vb. kavramlar, günlük yaşamımıza girmektedir. Sürdürülebilirlik çerçevesinde çeşitli ölçütlere göre davranış geliştirmek ve çeşitli yaptırımlara maruz kalmamak için gereken çalışmaların yapılarak aksiyonların alınması elzemdir. Bu çalışmada sürdürülebilirlik ilkelerine dayalı olarak Aydın İlinde bir kamu öğretim kurumunda karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Kadıköy Ortaokulu 2021-2022 eğitim öğretim yılı karbon ayak izi 4389,48 kg/yıl eşdeğer CO₂ bulunmuştur. Kadıköy ortaokulunun kişi başı ortalama karbon ayak izi ortalamının altında bulunmuştur. Kurum öğrencilerinin, velilerinin, öğretmenlerinin ve yöneticilerinin sürdürülebilirlik ve karbon ayak izi konusunda bilgi ve farkındalık sahibi olmuştur. Çalışma ile kurumsal bazda karbon salınımının azaltılmasının ve sürdürülebilir çevre oluşturulmasının stratejisi ve önemi ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Sürdürülebilirlik, ekolojik kampüs, karbon ayak izi, yeşil büyüme, yeşil mutabakat

Abstract

Despite the increasing population, increasing comfort understanding, environmental and air pollution, climate change, and global warming are threats as need urgent action. Humanity cannot remain indifferent to these dangers, and according to scientific studies,

measures have to be taken immediately in this context. All countries are looking for a solution to the problem with the concept of sustainability that has emerged about preventing human-induced environmental destruction and using resources efficiently. Sustainable development, education, etc. concepts also enter our daily life. Within the sustainability framework, necessary studies should be carried out to develop behavior according to various criteria and not to be exposed to various sanctions. In this study, carbon footprint calculation was made within the framework of sustainability studies in a public education institution in Aydın. Calculation covers the academic year 2021-2022 (from September 2021 to September 2022). All stakeholders of the institution, students, parents, teachers, and institution administrators, have gained knowledge and awareness on this issue. The strategies and importance of reducing carbon emissions and creating a sustainable environment on an institutional basis were revealed.

Key Words: *Sustainability, ecological campus, carbon footprint, green growth, green deal*

1. Giriş

Sanayi devrimine kadar uzanan çevresel sorunlar, günümüze dek kullanım yoğunluğu giderek artan fosil yakıtlardan çıkan gazlar ile hava kirliliğine sebep olmuştur. Öte yanda sanayilerden doğaya bırakılan atıklar da toprak, hava ve su için kirlilik sebebidir. Yeşil alanların yerine betonarme yapıların konuşlandırılması, yanlış tarım yöntem ve tekniklerinin uygulanması çevrenin zarar görmesine neden olmuştur. İnsan kaynaklı aktiviteler sonucunda çevrenin zarar görmesi sonucunda sera gazlarında bir artış meydana gelmiştir. Bu durum, küresel ısınma ile iklim değişikliğini körüklemiştir [1].

Yeşil Mutabakat, Avrupa Birliği tarafından iklim değişikliğini engelleyebilmek hatta 2050' ye kadar Avrupa geneli sıfır emisyonu ulaşabilme adına geliştirilmiş, 27 ülkenin üye olduğu bir plandır. Plan doğrultusunda 2030' a dek sera gazı salınımını en az yarı yarıya azaltma hedefi konuşmuştur. Türkiye, bu plan dahilinde, yeşil ekonomi ve yenilenebilir enerji alanlarında çeşitli teşviklerde bulunmuş, bu programda başarı gösterme noktasında yeterliliğe sahip bir ülke konumuna gelmiştir [2]. Nitekim Türkiye ekonomisine ilişkin hedef ve politikaların yer aldığı Orta Vadeli Program'ın (OVP) onaylanmasına ilişkin 4474 karar sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı, Resmi Gazete'nin 31589 sayılı mükerrer sayısında yayımlanmıştır [3]. Bu çerçevede "Yeşil Dönüşüm" e ait "Politika ve Tedbirler" başlığı altında aşağıdaki maddeler yer almaktadır.

1. Sanayi, ticaret, ulaşım, çevre, enerji kapsamında yeşil dönüşüme geçişin desteklenmesi amacıyla yeni yaklaşımların teşvik edilmesi.

2. Yeşil dönüşümü hız kazandırma amaçlı Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi.

3. Yeşil OSB (Organize Sanayi Bölgesi) ile yeşil endüstri bölgelerine yönelik sertifikasyon sisteminin geliştirilmesi.

4. Finansal sektörde sanayinin yeşil dönüşümünü kolaylaştırması şeklinde geliştirilmesi.

5. Çevreye duyarlı yatırımların finanse edilebilmesi için uluslararası standartta rehber hazırlanması, yeşil tahvil ve sukuk ihraçlarının teşvik edilmesi.

6. Enerji ve üretim kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması, çevre dostu üretim ve yatırımların desteklenmesi.

7 Sıfır atık uygulamalarının hane halkına kadar yaygınlaştırılması.

Küresel boyutta iklim değişikliği ile mücadele edebilmenin yolu ekonomik ve ekolojik boyutlarla sınırlı değildir. Daha geniş bir yelpaze ile değerlendirildiğinde çözümün ortak noktasının karbon salınımının kontrol altında tutulması olduğu söylenebilir. Döngü, antropojen etki olarak ortaya çıkan her karbon emisyonu yeşil çevre tarafından negatif emisyon şeklinde emilerek tamamlaması şeklinde bir dengesiz yapıdadır. Pozitif emisyon değerlendirildiğinde karbon ve türevi emisyon kaynakları akla gelirken ekosistem emilim sağlayan bir yapı olarak karbon depolaması ve tutulumundan sorumlu negatif emisyonları kapsamaktadır. Bu sebeple karbon hem ekonomik hem de ekolojik açıdan iklim değişikliğinde en önemli faktördür [4].

OVP'nin 1. maddesinde de geçen ulaşım ile enerji alanlarında yeşil dönüşüm ve döngüsel ekonomiye geçişin desteklenmesi noktasında birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların tespit kısmını oluşturması açısından karbon değeri tespiti önem arz etmektedir [5]. Karbon değeri tespitinde kullanılan karbon ayak izi, bireyin, kuruluşun, üretilen malzemenin, sanayi tesisinin ortaya saldığı sera gazının miktarıdır [4].

Bu çalışmanın amacı; Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında bir eğitim kurumunun karbon ayak izi tespit edilmesidir. Benzer bir çalışmaya rastlanmamış olması ve bu alanda yapılacak çalışmalara öngörü oluşturması açısından önem teşkil etmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma Aydın ili Efeler ilçesine bağlı bir devlet okulu bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Okul binası 500 metrekare bahçe içerisinde 370 metrekare bir alanı

kaplayan 2 katlı betonarme bir yapıdan oluşmaktadır. Isınma kömür yakıtlı kalorifer ile sağlanmaktadır. Okulda görevli öğretmen sayısı 13 olup öğretmenlerin ikamet ettikleri yer ile okul arasındaki ulaşımını farklı konumlardan ve farklı araçlarla sağlamaktadır.

2.2. Karbon Ayak İzi Metodolojisi

Karbon ayak izinin tespitinde, karbondioksit artışına sebep olan sera gazının ne kadar olduğu birim karbondioksit türünden değerlendirilmektedir. Karbon ayak izi birincil, ikincil olarak 2 farklı başlıkta değerlendirilmektedir. Birincil olan doğrudan karbon ayak izini değerlendirme noktasında enerji tüketimiyle ve ulaşım aşamasında kullanılan fosil yakıtlar ile salınan karbondioksiti kapsamaktadır. İkincilde ise dolaylı karbon ayak izinin değerlendirilmesi söz konusudur. Ve bu tüm ürünlere ait yaşam süreci (faal olduğu süreçte) boyunca ortaya çıkan karbondioksit salınımlarını ifade etmektedir [6]. Bu çalışmada birincil tip karbon ayak izi değerlendirmesi kullanılmıştır.

Karbondioksit salınımının hesaplanması konusunda IEAP' de (Devletler Arası İklim Değişikliği Paneli) ait kılavuzda 3 farklı metot üstünde durulmuştur. Metot 1, ilgili çalışma alanında yakıt tüketimi ile ortaya çıkan doğrudan salınımları; Metot 2, ilgili çalışma alanında tüketilmesine karşın ilgili alan dışında üretilen dolaylı salınımları; Metot 3 ise ilgili çalışma alanında tüketilen ürünlerin, hizmetlerin üretim ve nakliye aşamasında ortaya çıkan dolaylı salınımları kontrol etmektedir [6]. Bu çalışmada, çalışma alanı içerisinde doğrudan salınım söz konusu olduğu için Metot 1 formülü kullanılmıştır.

Denklem 1'de verilen formül karbondioksit salınımı, Karbon Ayak İzi hesaplamada kullanılmaktadır. Hesaplama yöntemi "Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı" kapsamında kirleticilerin CO₂ e cinsinden miktarını, diğer bir ifadeyle "Karbon Aya İzi" değerini hesaplamada kullanılmaktadır.

$$KS = FV \times EF \quad (1)$$

Denklemden KS (karbon sanımı); elektrik tüketimi, ısınma ve ulaşımdan kaynaklı açığa çıkan karbondioksit türünden karbon ayak izini, FV (faaliyet verisi); süreçte üretim veya tüketim aşamaları ile bağlantılı veriyi, EF (emisyon faktörü); salınım yapan etkenin zaman, kütle, hacim gibi birim değerlerine denk gelen ortalama emisyonuna karşılık gelmektedir [7].

Denklem 2' de okul ulaşımının toplu taşıma ile sağlanması durumuna ilişkin karbon ayak izi formülü verilmiştir.

$$KS (toplular taşıma) = \frac{YT \times EF}{n} \quad (2)$$

Burada $KS_{(toplular taşıma)}$; okula ulaşımında toplu taşıma (minibüs) kaynaklı CO₂ salınımını (kg CO₂ e/yıl), EF; emisyon faktörünü (kg CO₂ e/L), YT; minibüsün toplam yakıt tüketimini (L/yıl); n; minibüste yolculuk yapan ortalama kişi sayısını (7 kişi/araç kabul edilmiştir) ifade etmektedir.

Denklem 3' te okul ulaşımının kişisel araç ile sağlanması durumuna ilişkin karbon ayak izi formülü verilmiştir.

$$KS (\text{özel araç}) = YT \times EF \quad (3)$$

Denklemden $KS_{(\text{özel araç})}$; okula ulaşımında özel araç kaynaklı CO₂ salınımını (kg CO₂ e/yıl), EF; emisyon faktörünü (kg CO₂ e/L), YT; özel aracın toplam yakıt tüketimini (L/yıl) temsil etmektedir.

Okul bünyesinde karbondioksit salınımının hesaplanmasında Tablo 1'den faydalanılmıştır. Elektrik tüketiminde AYDEM' den (Aydın Denizli Muğla Elektrik Dağıtım AŞ), kömür tüketimi noktasında MEB' den, ulaşımında yakıt tüketiminde Aydın Şoförler Odasından (ASOF), araçların emisyon faktörü değerlerinde TÜİK Ulusal Sera Gazı Envanter Bildirim Raporundan faydalanılmıştır [8].

Tablo 1. Okul bünyesinde oluşan CO₂ salınımına ilişkin değer ve hesaplama yöntemleri

Hesaplanacak Kaynak	Veri Kaynağı	Enerji	Tüketim Miktarı	Emisyon Faktörü	Hesaplama Yöntemi	
Okul Binası	AYDEM	Elektrik	4932,03 kWh/yıl	0,495 kg CO ₂ e/kWh	Denklem 1	
	MEB	Kömür	2,5 ton/yıl	2,852 kg CO ₂ e/kg	Denklem 1	
Ulaşım	Şahsi araç (şehir içi ortalama)	TÜİK	Benzin	8,5 L/100km	2,404 kg CO ₂ e/L	Denklem 3
		TÜİK	Dizel	7 L/100km	2,687 kg CO ₂ e/L	Denklem 3
	Minibüs (Kadıköy hattı)	TÜİK	LPG	9 L/100km	1,640 kg CO ₂ e/L	Denklem 3
		ASOF	Dizel	10,5 L/100km	2,687 kg CO ₂ e/L	Denklem 2

Okul bünyesinde 13 öğretmen bulunmaktadır. Her öğretmen her gün okula gelmemekte, öğretmenlerden 3' ü ulaşımını minibüs ile sağlamakta 10' u ise şahsi araçları ile sağlamaktadır. Şahsi aracı olan öğretmenlerden 1' i benzinli araca, 6'sı dizel araca ve 3'ü LPG'li araca sahiptir. Araçların modelleri 2012 ile 2017 arasındadır. Tatil günleri hesaplama dahil edilmemiştir (Haftada 5 gün okula giden bir öğretmen 2021-2022 eğitim öğretim yılında 182 gün okula gitmiştir). Öğretmenlerin branşına göre haftada okula gittiğin gün sayısı 1 ile 5 arasında değişmektedir. Öğretmenlere istisna olarak okul müdürü ve müdür yardımcısı yaz döneminde her gün okula gitmiş, müdür yardımcısı eğitim öğretimin olduğu 2 dönem boyunca hafta sonları da okula gitmiştir. Öğretmenlere ait ulaşım şekli, okula varmak için kat edilmesi gereken mesafe ve 2021-2022 eğitim öğretim yılında okulda bulunduğu toplam gün sayısı Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Öğretmenlerin okula ulaşımında yakıt tüketimleri

Öğretmen	Ulaşım Şekli	Günlük Tek Yönlü Yolculuk Mesafesi	2021-2022 Okulda Bulunduğu Gün Sayısı
1*	Minibüs	14	237
2	Minibüs	14	37
3	Minibüs	14	182
4	Şahsi araç (benzin)	3,8	73
5**	Şahsi araç (dizel)	4	305
6	Şahsi araç (dizel)	1,8	146
7	Şahsi araç (dizel)	3,2	146
8	Şahsi araç (dizel)	4	110
9	Şahsi araç (dizel)	3,2	146
10	Şahsi araç (dizel)	4,1	73
11	Şahsi araç (LPG)	4	110
12	Şahsi araç (LPG)	4,3	182
13	Şahsi araç (LPG)	4,2	146

* Okul müdürü, ** Müdür yardımcısı

3. Bulgular

Devlet okulunun karbon ayak izi belirlenmeye çalışılırken bina içi elektrik tüketimi, ısınma için kullanılan kömür değerlendirmeye alınmıştır. Öğrencilerin okula ulaşımını yaya olarak gerçekleştirmesinden dolayı öğrenciler ulaşım açısından değerlendirmeye alınmamışlardır. Diğer yandan öğretmenlerin bir kısmı şahsi araçlarıyla, kalan kısmı toplu taşıma (minibüs) ile ulaşımını sağladığı için emisyon faktörleri TÜİK tarafından verildiği oranda alınmıştır. Hesaplama, ulaşımında her öğretmenin kat ettiği mesafe farklı olduğundan hesaplamalar ayrı ayrı yapılmıştır.

3.1. Karbon Ayak İzinin Kaynağına Göre Değerlendirilmesi

3.1.1. Okul binası

Okul binasında iki farklı veri kaynağı bulunmaktadır. Elektrik ve kömürden kaynaklı CO₂ salınımı hesaplaması Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 3. Okul binası bünyesinde veri kaynağına göre ayak izi tablosu

Veri Kaynağı	Karbon Ayak İzi (kg/yıl CO ₂ e)
Elektrik	2441,36
Yakıt (Kömür)	7,13

Tablo 3' te verildiği gibi elektrik kaynaklı ve ısınma kaynaklı karbon ayak izi 2448,49 kg/yıl eşdeğer CO₂ bulunmuştur. Yapılan çalışmalara göre dünyada ortalama kişi başı karbon emisyonu/ayak izi 4 ton iken bu değer Türkiye için ortalama kişi başı karbon emisyonu 3,14 ton olarak belirtilmektedir. [9]. Öğrenci olarak 64 mevcudu ve öğretmen olarak 14 çalışmanı ile Kadıköy ortaokulunun kişi başı ortalama karbon ayak izi ortalamının altında bulunmuştur.

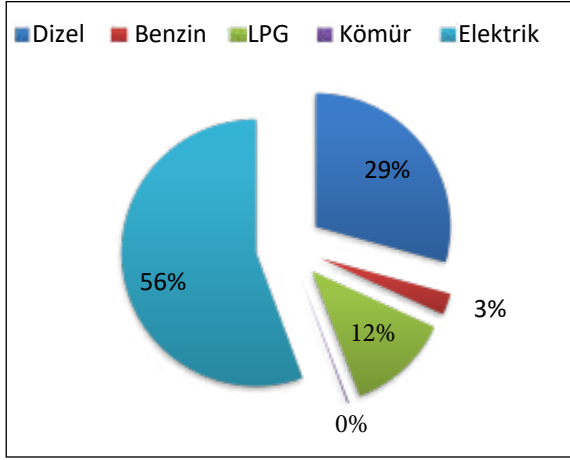
3.1.2. Ulaşım

Tablo 4' te öğretmenlerin ulaşım kaynağı sebebiyle oluşan karbon ayak izi değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 4. Öğretmenlerin okula ulaşım açısından karbon ayak izi tablosu

Öğretmen	CO ₂ e)
1	61,13
2	10,74
3	26,41
4	113,37
5	458,94
6	98,86
7	175,75
8	165,52
9	175,75
10	112,59
11	129,89
12	231,02
13	181,02

Tabloya göre öğretmenlerin ulaşım kaynağı sebebiyle oluşan karbon ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Ulaşım kaynaklı hesaplanan karbon aya izi değeri 1940,99 kg/yıl eşdeğer CO₂ bulunmuştur.



Şekil 1. Karbon ayak izinin kaynaklarına göre dağılımı

Şekil 1 incelendiğinde en yüksek emisyonu %56 ile elektrik tüketimi sahiptir. Ulaşım toplam emisyonun %44,22' si olup dizel %29 ile en yüksek emisyonu sahiptir. Diğer yanda ısınma için kullanılan kömür %0,16 ile en düşük emisyon payına sahiptir.

4. Sonuçlar

Başta enerji üretim ve tüketimi olmak üzere kaynak türüne göre değişik değerlerde atmosfere salınan sera gazının artışı küresel ısınmada büyük bir paya sahiptir. Elektrik gibi enerji üretim ve tüketimine ilaveten sera gazı artışına neden olan kaynaklardan iki tanesi ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar, ulaşımda kullanılan yakıtlardır.

Yeşil mutabakat kapsamında iklim değişikliğinin önüne geçmek / bu sorunla mücadele etmek kapsamında sera gazı salınımının engellenebilmesi amacıyla farklı kurum ve kuruluşların ne oranda salınımına sebep olduğunu, hangi kaynağın daha çok salınımına neden olduğunu tespit etmek, bu doğrultuda önlem almak önemli bir noktadır.

Bu çalışmada, Aydın ili Efeler ilçesinde bulunan bir devlet okulu için karbon emisyonu incelenerek okulun karbon ayak izi belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, en büyük karbon salınımının %56 ile elektrikte, yakıtlar içinde en büyük karbon salınımının dizelde olduğu belirlenmiştir. Kadıköy Ortaokulu 2021-2022 eğitim öğretim yılı karbon ayak izi 4389,48 kg/yıl eşdeğer bulunmuştur. Yapılan çalışmalara göre dünyada ortalama kişi başı karbon emisyonu/ayak izi 4 ton iken bu değer Türkiye için ortalama kişi başı karbon emisyonu 3,14 ton olarak

belirtilmektedir [9]. Öğrenci olarak 64 mevcudu ve öğretmen olarak 14 çalışanı ile Kadıköy ortaokulunun kişi başı ortalama karbon ayak izi ortalamasının altında bulunmuştur.

Gerçekleştirilen hesaplamaların, genel karbon emisyonu azaltımında ve bilinç oluşmasında etkili olması, bunun yanında öğrenci davranış geliştirmelerinde faydalı olması beklenmektedir.

Bu çalışmanın, karbon ayak izi tesbiti yanında sürdürülebilirlik eğitim ve etkinliklerinin karar vericiler için yol gösterici olması bakımından ve “Hangi kaynak türünden, ne oranda kirleticinin geldiğinin bilinmesi, ne düzeyde iyileştirme yapılmalı?” gibi sorulara cevap niteliği vardır.

Karbon ayak izinin bilinmesi karbon emisyonu azaltımı için su tüketimi, elektrik tüketimi ve ısınma ile ulaşımda yakıt kullanımında tasarruf edici çalışmalara katkı sağlayacaktır. Ayrıca ekolojik problemler, küresel iklim değişimi mücadelesinde farkındalık artımı ile eğitim çalışmaları ve projeler motivasyon sağlayacaktır. İlâveten karbon emisyon düşümü için her sene fidan dikimi/ağaçlandırma etkinliklerinin gerçekleştirilmesine pozitif katkı sağlayacaktır.

Referanslar

[1] S. Kardeş Selimoğlu, A. Poroy Arsoy, And T. Bora Kiliçarslan, “Güvence Denetiminin Unsurları Bağlamında Uluslararası Güvence Denetimi Standardı 3410’a Göre Sera Gazı Beyanlarına İlişkin Güvence Oluşturulması,” Muhasebe ve Finans. Derg., pp. 21–34, Jul. 2022, doi: 10.25095/mufad.1084950.

[2] A. O. Dirioz, “AB Yeşil Mutabakat Kapsamında Yeşil Ekonomiye Dönüşüm Süreci, Türkiye-AB İlişkilerine Olası Etkilerinin Değerlendirilmesi,” Uluslararası Suçlar ve Tar., no. 22, pp. 107–130, 2021.

[3] “Orta Vadeli Program (2022-2024),” Resmi Gazete, 2021. .

[4] M. E. Mirici And S. Berberoğlu, “Türkiye Perspektifinde Yeşil Mutabakat ve Karbon Ayak İzi: Tehdit Mi? Fırsat Mı?,” Doğal Afetler ve Çevre Derg., vol. 90, no. 224, pp. 156–164, 2022.

[5] A. Üreden and S. Özden, “Kurumsal Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma,” Anadolu Orman Araştırmaları Derg., vol. 4, no. 2, pp. 98–108, 2018.

[6] “IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. General Guidance and Reporting.,” 2006.

[7] S. Coşkun And N. Doğan, “Tekstil Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi,” Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg., vol. 25, no. 1, pp. 28–35, Feb. 2021, doi: 10.19113/sdufenbed.670336.

[8] “Türkiye Sera Gazı Envateri (1990-2016), Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara,” 2018.

[9] Ö. B. Gökçek, A. Bozdağ, and H. Demirbağ, “Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Örneğinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi,” vol. 8, no. 2, pp. 721–730, 2019, doi: 10.28948/ngu-muh.514438.

Doğal Sediment Bulunan Sulu Çözeltilerden Metilen Mavisi Boyar Maddesinin Giderilmesi

*¹ Nurdan Güç, ¹ Asude Ateş, ² Hülya Demirel, ³ Esra Altıntığ

*¹ Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, Türkiye

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Türkiye

Özet

Sapanca Gölü, Marmara Bölgesinde içme suyu ve sulama gibi ihtiyaçlar için kullanılan en önemli tatlı su kaynaklarından biridir. Göl, çevresindeki yerleşim bölgeleri, sanayi kuruluşları ve karayolundan gelen kirleticiler tarafından kirliliğe maruz bırakılmaktadır. Boyar maddeler tekstil sektöründe yaygın kullanılmakta olup az miktarda kullanımları dahi renkli atıksu oluşmasına olanak vermektedir. Boyar maddelerin alıcı ortamlara deşarjından önce atık suların arıtılması gerekmektedir. Adsorpsiyon prosesi, atık suların boyar madde giderilmesinde kullanılan düşük maliyetli ve etkili bir yöntemdir. Adsorpsiyon prosesinde kullanılan pek çok adsorban bulunmakta olup, zeolit, kil, kum, uçucu kül ve aktif karbon kullanılan adsorbanlar arasında yer almaktadır. Günümüzde toprakların (kil, kum, sediment vb.) önemli yapısal özellikleri, iyi katyon değiştirme kapasiteleri, bol bulunmaları ve düşük toksisiteleri gibi özelliklerinden ötürü atıksu arıtımında alternatif adsorban olarak yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle su ortamından kirliliği adsorbe etmede sedimentin adsorban olarak kullanılması çevre dostu, yenilikçi ve ekonomik bir yöntem olmaktadır. Bu çalışmada Sapanca Gölü'nden alınan sediment adsorban olarak kullanılarak adsorpsiyon prosesi ile boyar madde giderimi yapılmış ve pH, sıcaklık, farklı adsorban dozu, farklı boyar madde konsantrasyonları parametrelerinin adsorpsiyon sürecine etkisi araştırılmıştır. UV-VIS spektrofotometre ile 665 nm dalga boyunda çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda pH 7 değerinde en iyi giderim olduğu saptanmıştır. 35 °C, 0,5 gram adsorban miktarı ve 100 mg/l boyar madde konsantrasyonu ile optimum adsorpsiyon verimi sağlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda adsorpsiyon denge verilerinin Langmuir modeline daha uygun olduğu belirlenmiştir. Tüm bu sonuçlar ışığında, sedimentin sulu çözeltilerden metilen mavi boya çözeltisinin gideriminde uygun bir adsorban olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Sözcükler: Adsorpsiyon, Sediment, Boyar madde, Tekstil endüstrisi

1. Giriş

Günümüzde sular çeşitli problemlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle son yıllarda su kirliliği önemli bir konu haline gelmiştir. Tekstil, matbaacılık ve boya endüstri proseslerinde çevreye yüksek miktarlarda boyar madde salınımı gerçekleşmektedir. Yüksek miktarlarda çevreye salınan boyar maddeler büyük bir risk teşkil etmektedir. İçme sularına karışan boyar maddeler mutajenik, kanserojenik, böbrek, karaciğer, beyin ve sinir sistemlerinde fonksiyon bozukluğuna yol açmaktadır [1].

Sulardan boyar madde giderimi için çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik prosesler ortaya konmuştur [2]. Koagülasyon, flokülasyon membran, adsorpsiyon, iyon değişimi, oksidasyon, fotokataliz ve biyolojik bozunma kullanılan metotlardandır. Biyolojik arıtma prosesleri, fiziksel ve kimyasal proseslere göre daha yaygın ve basittir. Bununla birlikte biyorektör için belli bir yere ihtiyaç duyulması ve prosesin fazla zaman alması biyolojik arıtma proseslerinde karşılaşılan problemlerdendir [3]. Boyar maddeler kararlı ve karmaşık yapıları sebebiyle biyolojik arıtma prosesleri giderim verimi açısından tatmin edici olmamaktadır. Kimyasal arıtma prosesleri etkili fakat pahalı ve toksik etki oluşturan metotlardır [4]. Bu dezavantajlara ek olarak proses sonucu oluşan kimyasal kalıntılar ikincil kirliliğe sebebiyet vermektedir. Fiziksel kimyasal prosesler arasında membran ve adsorpsiyon prosesleri yaygınlıkla kullanılan geleneksel metotlardandır. Membran prosesi mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters osmoz metotlarını içeren etkili bir prostedir [5]. Membran prosesinin kolayca kirlenmesi servis süresini kısaltmaktadır. Bu nedenle daha etkili ve ekonomik bir proseslere ihtiyaç duyulmaktadır. Tehlikeli yan ürün oluşturmaması, etkili ve ekonomik olması sebebiyle adsorpsiyon prosesi tercih edilen metotların başında gelmektedir. Adsorpsiyon prosesinde sulu çözeltilerden boyar madde gideriminde çeşitli adsorbanlar kullanılmaktadır. Zeolit ve killer doğada yaygın bulunan, düşük toksisite ve yüksek yüzey alanına sahip adsorbanlardır. Bunun yanında kitosan, kabuklu deniz hayvanı, yengeç, karides ve böceklerden özütlenen toksik olmayan bir adsorbandır. Algler, mantarlar ve bakterilerde boyar madde gideriminde kullanılmaktadır. Orman ve tarım yan ürünleri içe suyu arıtımında kullanılan adsorbanlardandır. Talaş ve ağaç kabuğu boyar madde gideriminde kullanılan yan ürünlerdendir. Nanomateryaller ve metal organik iskeletler de yüksek yüzey alanları ve gözenekli yapıları dolayısıyla boyar madde gideriminde kullanılmaktadır.

Günümüzde çevre dostu adsorbanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple topraklar (kil, kum, sediment vb.) gözenekli yapıları, bol miktarda bulunmaları ve

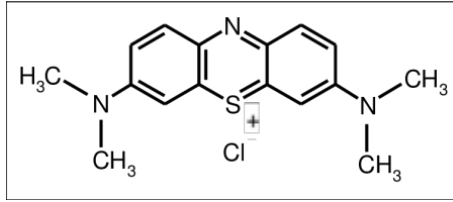
düşük toksik özellik göstermeleri sebebiyle çevre dostu ve ekonomik adsorban olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Sapanca Gölü'nden alınan ham sediment ile metilen mavi boyar maddesinin giderim verimi araştırılmıştır. Ayrıca yapılan deneysel çözelti boyar madde konsantrasyonu, pH, sıcaklık ve adsorban miktarı parametrelerinin etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1 Boyar Madde

Bu çalışmada kullanılan boyar madde metilen mavisidir. $C_{16}H_{18}ClN_3S$ ve $319.85 \text{ g.mol}^{-1}$ molekül ağırlığına sahip boyar maddenin kimyasal yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Metilen Mavisi Kimyasal Formül [6]

2.2 Adsorban

Bu çalışmada adsorban olarak Sapanca Gölü'nde toplanan sediment numuneleri kullanılmıştır. Kullanılan adsorbana deney öncesi herhangi bir kimyasal işlem uygulanmamıştır. Kullanılan adsorban Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ham sediment

2.3 Adsorpsiyon Çalışması

Adsorpsiyon sırasında sistem dengeye ulaştığında, adsorbanın birim kütlesi tarafından adsorbe edilen madde miktarı sıcaklık, konsantrasyon, basınç veya denge basıncının bir fonksiyonudur. Birim kütle başına metilen mavisi giderme verimi (%), adsorbe edilen miktar ve adsorbanın sıcaklığı sabit tutulduğunda, bu fonksiyon aşağıdaki denkleme eşittir;

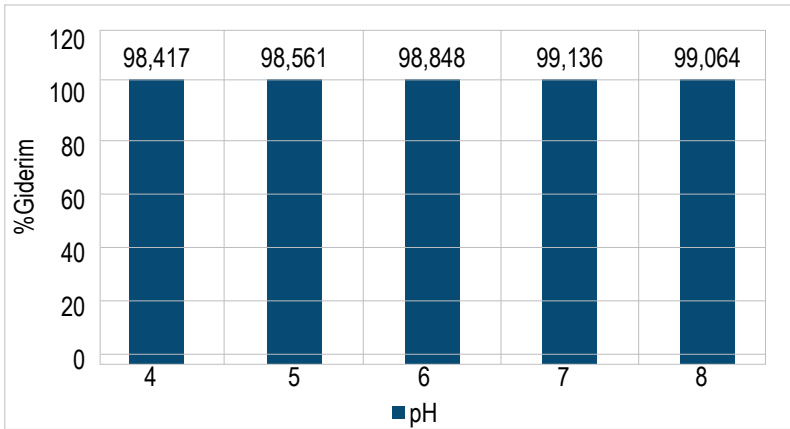
$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \times V}{m} \quad \text{Removal (\%)} = 100 \times \frac{C_o - C_e}{C_o}$$

Burada; q_e metilen mavisi adsorpsiyon kapasitesi (mg/g);
 C_o , başlangıç konsantrasyonu (mg / L),
 V , çözelti hacmini (L) ve
 m , adsorban miktarını (g) göstermektedir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1 pH Etkisi

Deney sonuçlarına bakıldığında çözeltinin pH'ındaki artışın boya adsorpsiyonunu arttırdığı görülmüştür. Bunun ortamdaki fazla OH iyonundan ve boyar maddenin katyonik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyar madde konsantrasyonunun artmasıyla sediment üzerine metilen mavisi adsorpsiyonunun arttığı ve optimum giderim veriminin pH 7'de elde edildiği görülmüştür.



Şekil 3. pH'ın Adsorpsiyona Etkisi

3.2 Sıcaklığın Adsorpsiyon Verimine Etkisi

Bu çalışmada 3 farklı boyar madde konsantrasyonu (50 mg/l, 100 mg/l ve 200 mg/l) 3 farklı sıcaklıktaki (25 °C, 30 °C ve 35 °C)'de adsorpsiyon verimleri araştırılmıştır. Bu deneyin sonucunda sıcaklık arttıkça adsorpsiyon veriminin arttığı sonucuna varılmıştır. Tablo 1'de yapılan sıcaklık deneyi sonuçları gösterilmiştir.

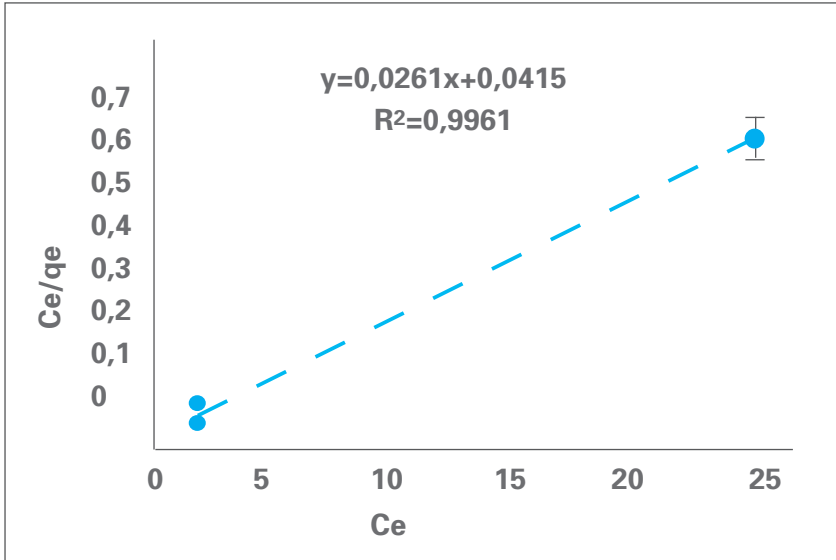
Table 1. Sıcaklık Deneyi Absorbans Değerleri

	25 °C	30 °C	35 °C
50ppm	0.056	0.070	0.034
100ppm	0.063	0.173	0.050
200ppm	1.495	1.020	0.805

3.3 Adsorpsiyon İzotermi

Adsorpsiyon sonucu adsorplanan materyalin adsorpsiyonu Langmuir denklemi kullanılarak elde edilmiştir. Burada Q_{max} ve b sabitleri uygun bulunan parametrelere göre aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan bu değerler grafik olarak Şekil 4'te gösterilmiştir.

$$\frac{1}{qe} = \frac{1}{Q_{max}} + \left(\frac{1}{Q_{max}b} \right) \frac{1}{Ce}$$



Şekil 4. Langmuir Modeli

Adsorpsiyon sonucunda elde edilen adsorplanan malzeme için, Langmuir denklemine ek olarak Freundlich denklemi hesabı da yapılmıştır. Burada uygun bulunan parametrelere göre k_f ve n sabitleri aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

k_f : Deneysel olarak hesaplanmıştır ve adsorpsiyon kapasitesini
 n : adsorpsiyon yoğunluğunu içeren model parametresini ifade etmektedir.

Deneysel verilere göre Langmuir izoterm modelinin daha uyumlu olduğu ve korelasyon sayısının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç

İzoterm modelleme sonuçları, boya maddesinin sediment üzerine adsorpsiyonunun Langmuir modeline uyduğunu göstermiştir. Oda sıcaklığı ve pH 7’de optimum adsorpsiyon verimine ulaşılmıştır. Sediment adsorbanının sulu çözeltiden boyar maddelerin uzaklaştırılmasında etkili adsorban olduğu ortaya konmuştur.

Kaynakça

- [1] Zhou, Y., Lu, J., Zhou, Y., & Liu, Y. (2019). Recent advances for dyes removal using novel adsorbents: a review. *Environmental pollution*, 252, 352-365.
- [2] Gupta, V. K. (2009). Application of low-cost adsorbents for dye removal—a review. *Journal of environmental management*, 90(8), 2313-2342.
- [3] Ngulube, T., Gumbo, J. R., Masindi, V., & Maity, A. (2017). An update on synthetic dyes adsorption onto clay based minerals: A state-of-art review. *Journal of environmental management*, 191, 35-57.
- [4] Wang, T., Zhou, Y., Cao, S., Lu, J., & Zhou, Y. (2019). Degradation of sulfanilamide by Fenton-like reaction and optimization using response surface methodology. *Ecotoxicology and environmental safety*, 172, 334-340.
- [5] Shamraiz, U., Hussain, R. A., Badshah, A., Raza, B., & Saba, S. (2016). Functional metal sulfides and selenides for the removal of hazardous dyes from Water. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 159, 33-41.
- [6] Archin, S. (2018). Optimization of process parameters by response surface methodology for methylene blue removal

Toprak Kullanımıyla Boyar Madde Giderimi

¹ Yasin Usta, ¹ Nurdan Güç, ¹ Asude Ateş,
² Hülya Demirel, ³ Esra Altıntığ

*¹ Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, Türkiye

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü ,
Türkiye

Anahtar Kelimeler: *Boyar madde giderimi, Adsorpsiyon, Tekstil suları,*

1. Giriş

Çevre kirliliği, çevrenin canlı öğelerinin hayati aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen, cansız öğeleri üzerinde ise yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması şeklinde tanımlanabilir. Hızla artan insan nüfusu ihtiyaçları artırmakta buna paralel olarak da insanlar tarafından meydana getirilen kirliliğin tabiata ve çevreye verdiği zararın boyutu her geçen gün artmaktadır.

Ülkemizde nüfus artışı ve endüstrileşmeye paralel olarak gelişen çevre kirliliği ve bunların ekolojik denge üzerindeki olumsuz etkileri gündemdeki yerini korumaktadır. Çevre kirliliğine neden olan ve çözüm bekleyen sorunların başında atık su kirliliği gelmektedir. Ülkemizin kalkınması, sanayileşmesi için kurulması teşvik edilen fabrikalar bazen yasal açıklardan yararlanarak, bazen de bilgisizlikten dolayı atık sularını bilinçsiz bir şekilde çevreye vermektedir [1]. İnsanlık tarihinin büyük kısmı için, su bol miktarda bulunan ve kolay sağlanan bir kaynaktı. Ne yazık ki, Birleşmiş Milletler'e göre 2015'te 800 milyona yakın insanın temiz suya erişimi imkansız hale geldi ve kirlilik böyle devam ederse daha ciddi sorunları beraberinde getirecek [2]. Su kirliliği, suda herhangi bir kimyasal, biyolojik veya fiziksel değişim olarak tanımlanır ve canlı organizmalar üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir, günlük kullanım için de uygun değildir. En büyük su kirleticilerinden biri pestisitler, organoklorinler gibi organik bileşikler, poliklorlu bifeniller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve organik boyalardır. Organik boyalar boya, kağıt, deri, kozmetik ve tekstil gibi endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır [3]. Kumaş, elyaf ya da benzeri maddeleri boyamak amacıyla kullanılan organik maddelere boya denilmektedir. Boyar maddeleri, boyadan ayıran en önemli özelliği, boyar maddelerin boya gibi yüzeyden kazınarak uzaklaştırılmasının mümkün olmamasıdır diğer bir deyişle

boyar maddeler yüzeyden kazınarak uzaklaştırılmazlar. Bunun nedeni boyar maddelerin, maddenin yüzeyi ile fiziksel ya da kimyasal bir etkileşim içine girmesidir [4]. Organik yapılı bu bileşikler, bitki atıkları ya da hayvan derilerinden doğal olarak yapılmakla beraber günümüzde çoğunlukla sentetik olarak üretilmektedir. Dünyada yıllık olarak yaklaşık 7×10^5 ton boyar maddenin üretildiği tahmin edilmekle beraber üretilen boyar maddelerin büyük çoğunluğu (%54) tekstil alanında kullanılmaktadır. Bunun sonucunda ise boyama işlemi neticesinde tüketilen boyar maddenin yaklaşık %10-15 gibi kısmı atık sulara aktarılmaktadır [5]. Boyar maddeler genellikle iki ana bileşenden oluşan küçük moleküllerdir: rengi veren kromofor ve boyayı ipliğe bağlayan fonksiyonel grup. Literatürde kimyasal yapısına göre veya uygulandığı ipliğin tipine göre sınıflandırılmış yüzlerce çeşit boya mevcuttur. Boyanın iplik üzerine adsorbe olması tekstil ipliğine ve boyanın tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir [6]. Metilen mavisi, katyonik bir boyadır, akut toksik olarak kabul edilmez, ancak çeşitli zararlı etkileri vardır. Solunduğunda, kısa süreli hızlı veya zor solunuma yol açabilir, ağız yoluyla alınması yanma hissi verir ve bulantı, kusma ve gastrit sorunlarına neden olabilir. Metilen mavisi, katılar üzerine bilinen güçlü adsorpsiyonu ve adsorbent materyallerin karakterizasyonundaki elverişliliği nedeniyle bu çalışma için seçilmiştir [7]. Günümüzde tekstil endüstrisinden kaynaklanan atık suların arıtılması için, membran filtrasyonu, ileri oksidasyon, ozonlama elektrokoagülasyon, koagülasyon/flokülasyon, adsorpsiyon ve biosorpsiyon yaygın olarak kullanılan arıtma prosesleridir.

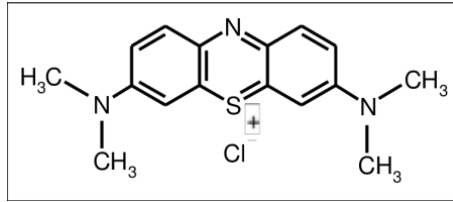
Adsorpsiyon bir fazda bulunan iyon ya da moleküllerin, bir diğer fazın yüzeyinde yoğunlaşması ve konsantrasyon olması işlemi olarak tanımlanabilir. Biriken maddeye “adsorbat”, adsorptan maddeye de “adsorbent” ya da “adsorban” denir. Adsorpsiyon; sıvı-sıvı, sıvı-gaz, sıvı-katı ya da gaz-katı gibi iki faz arasında oluşur. Bu iki fazı ayıran yüzeyler ‘ara yüzey’ olarak isimlendirilir. Adsorpsiyon prosesinde adsorban olarak kullanılacak maddeler; ucuz ve kolay elde edilebilir olmalı, zehirli olmamalı, geniş yüzey alanına sahip olmalı, suda çözünmemeli ve yeniden kullanılabilir olmalıdır [8]. Adsorpsiyon prosesinde; boya/adsorbent etkileşimi, adsorbent yüzey alanı, gözenek yapısı, tanecik büyüklüğü, sıcaklık, pH ve temas süresi gibi pek çok fiziko-kimyasal faktörün etkisi vardır. Adsorpsiyonun temel mekanizması, ayrılacak maddenin çözücünden kaçma özelliğine ve katıya duyduğu ilgiye bağlı olarak değişmektedir. Sulu sistemlerde bu iki özelliğin birleşimi ve bu özellikleri etkileyen tüm faktörler adsorpsiyon için önem taşımaktadır. Katı-sıvı sistemlerde, çözeltiden katı faz yüzeyine adsorpsiyon sırasında katı ve sıvı fazdaki maddelerin derişimleri arasında dinamik bir denge oluşmaktadır [9].

Bu çalışmada amaçlanan hedef, tekstil endüstrisinde kullanılan metilen mavi boyasının atık sulardan adsorpsiyon yöntemi ile giderimi için Sakarya ilinin Sapanca ilçesindeki toprak numuneleri araştırılmış ve gerekli çalışmalar yapılmıştır.

2. Gereç ve Yöntemler

2.1. Materyaller

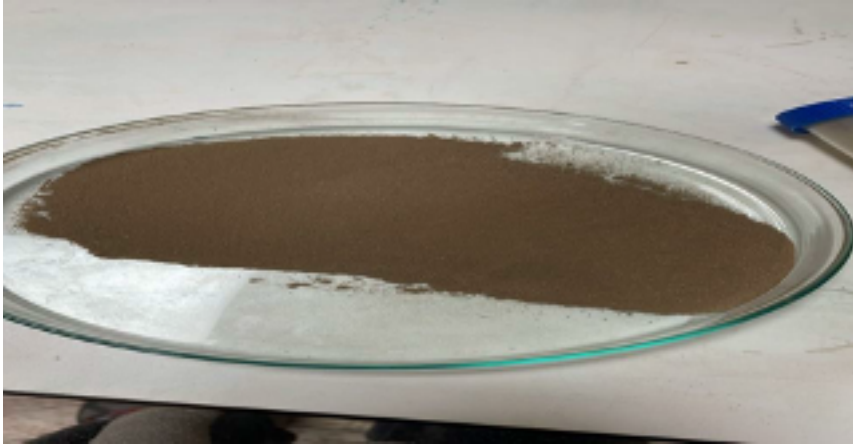
Bu çalışmada kullanılan boyar madde metilen mavidir. $C_{16}H_{18}ClN_3S$ formül ve $319.85 \text{ g.mol}^{-1}$ molekül ağırlığına sahip boyar maddenin formül şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Metilen Mavisi Kimyasal yapısı [6]

2.2. Adsorban

Adsorban olarak kullanılan toprak numunesi Sakarya ili Sapanca ilçesinden temin edilmiştir. Adsorban maddede hiçbir kimyasal işlem yapılmamıştır.



Şekil 2. Ham toprak

2.3. Kullanılan Cihazlar

pH metre: Mettler Toledo (Seven Compact)

Hassas Terazî: AND GR-200

Karıştırıcı: Biosan Environmental Shaker Incubator ES-20 Spektrofotometre: UV-VIS spektrofotometre

2.4. Adsorpsiyon Çalışması

Adsorpsiyon sırasında sistem dengeye ulaştığında, adsorbanın birim kütlesi tarafından adsorbe edilen madde miktarı sıcaklık, konsantrasyon, basınç veya denge basıncının bir fonksiyonudur. Birim kütle başına metilen mavisi giderme verimi (%), adsorbe edilen miktar ve adsorbanın sıcaklığı sabit tutulduğunda, bu fonksiyon aşağıdaki denkleme eşittir;

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \times V}{m} \quad \text{Removal (\%)} = 100 \times \frac{C_o - C_e}{C_o}$$

Burada; q_e metilen mavisi adsorpsiyon kapasitesi (mg/g);

C_o , başlangıç konsantrasyonu (mg / L),

V , çözelti hacmini (L) ve

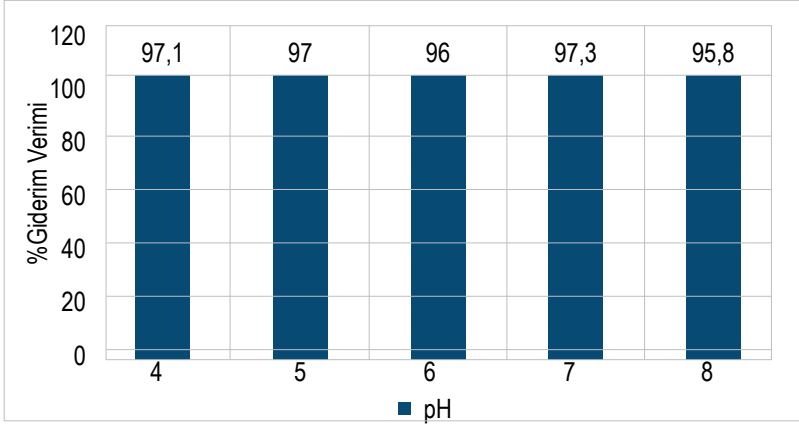
m , adsorban miktarını (g) göstermektedir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmada pH, sıcaklık ve adsorban miktarının etkileri araştırılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda Langmuir ve Freundlich izoterm modelleri uygulanmıştır. Toprak ve boyar madde için Langmuir izoterm modelinin diğer izoterm modelinden daha fazla uyum sağladığı tespit edilmiştir. pH 7'de verim %97,3 optimum seviyede, sıcaklık 25 °C'de optimum seviyede, adsorban miktarı ise 0,5 gramda optimum seviyede ölçülmüştür.

3.1 pH Etkisi

Sonuçlar incelendiğinde çözeltinin pH değerleri arasında çok fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Optimum giderim veriminin %97,3 ile pH 7'de elde edildiği görülmüştür.



Şekil 3. pH Etkisi

3.2 Sıcaklığın Etkisi

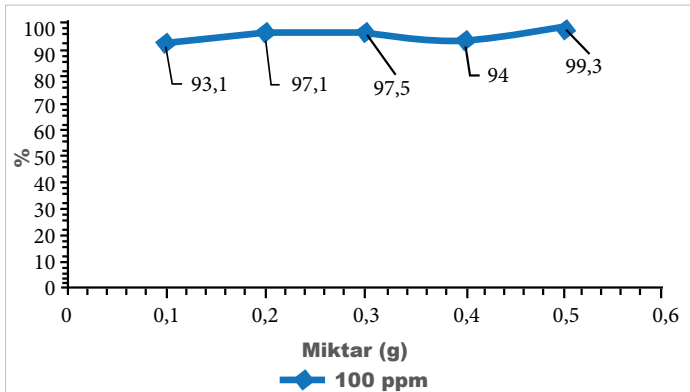
Bu çalışmada 3 farklı boyar madde konsantrasyonu (50 mg/l, 100 mg/l ve 200 mg/l) 3 farklı sıcaklıktaki (25 °C, 30 °C ve 35 °C) adsorpsiyon verimleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda sıcaklık arttıkça adsorpsiyon veriminin arttığı sonucuna varılmıştır. Tablo 1’de yapılan sıcaklık deneyi sonuçları gösterilmiştir.

Table 1. Sıcaklık Deneyi

	25 °C	30 °C	35 °C
50ppm	0.028	0.029	0.021
100ppm	0.048	0.040	0.034
200ppm	0.823	0.480	0.651

3.3. Adsorban Miktarının Etkisi

Adsorban miktarının etkisi beş farklı konsantrasyonda incelenmiştir, (0,1-0,2-0,3-0,4-0,5 gram). Bu inceleme sonucunda kullanılan adsorban miktarı artışı gösterdiğinde elde edilen verimin arttığı gözlemlenmiştir ve optimum miktar olarak 0,5 gram adsorban seçilmiştir.



Şekil 4. Adsorban Miktarının Etkisi

3.4. Adsorpsiyon İzotermi

Adsorpsiyon sonucu adsorplanan materyalin adsorpsiyonu Langmuir denklemi kullanılarak elde edilmiştir. Burada Q_{max} ve b sabitleri uygun bulunan parametrelere göre aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan bu değerler grafik olarak şekil 4'te gösterilmiştir.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q_{max}} + \left(\frac{1}{Q_{max}b} \right) \frac{1}{C_e}$$

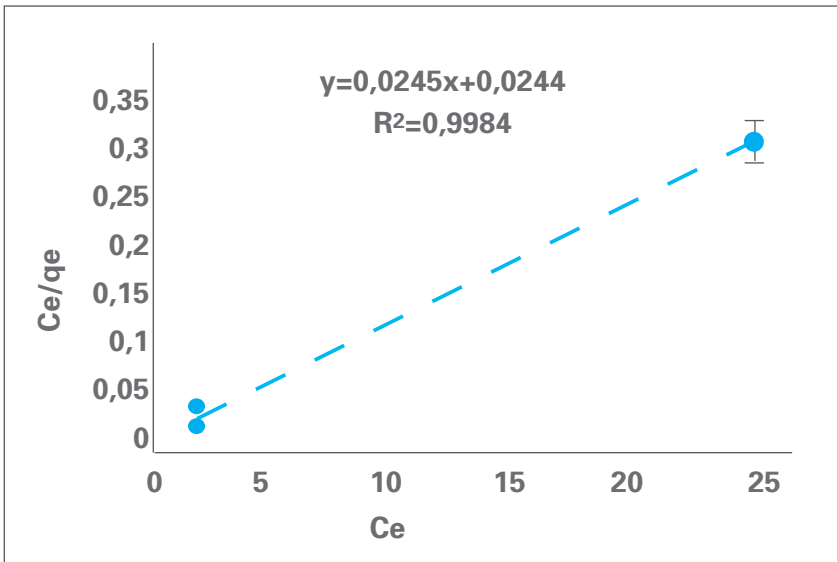
Adsorpsiyon sonucunda elde edilen adsorplanan malzeme için, Langmuir denklemine ek olarak Freundlich denklemi hesabı da yapılmıştır. Burada uygun bulunan parametrelere göre k_f ve n sabitleri aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

k_f : Deneysel olarak hesaplanmıştır ve adsorpsiyon kapasitesini

n : adsorpsiyon yoğunluğunu içeren model parametresini ifade etmektedir.

Deneysel verilere göre Langmuir izoterm modelinin daha uyumlu olduğu ve korelasyon sayısının yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. Langmuir İzotermi

4. Sonuç

Kullanılan toprağın, adsorban olarak kullanılabilceği saptanmıştır. pH değerinin optimum 7 değerinde olması ise boyar madde giderimi için kullanılabilcek kimyasal miktar oranının az olabileceğini gösterdi. Sıcaklık değeri olarak 25 °C ile 35 °C arasında çok az miktarda fark olduğundan dolayı 25 °C'nin optimum olduğu ve bundan dolayı oda sıcaklığında giderimin de verimli olduğu tespit edilmiştir.

Referanslar

- [1] R.M. Pink, Introduction, Water Rights in Southeast Asia and India, *Springer*,2016, pp.1–14.
- [2] Karışlı, H., “Atıksu Arıtma Sistemleri, Uygulamaları ve İşletilmeleri Bildiriler Kitabı”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası yayın no:173, Adana, 1-13, 1994.
- [3] J.L. Gong, B. Wang, G.M. Zeng, C.P. Yang, C.G. Niu, Q.Y. Niu, W.J. Zhou, Y. Liang, “Removal of cationic dyes from aqueous solution using magnetic multiwall carbon nanotube nanocomposite as adsorbent”, *Journal of Hazardous Material*, vol. 164, pp. 1517–1522, 2009.
- [4] Önal, Y., Tantekin, T., 2018. Aktif karbon, kil ve zeolit ile Malatya tekstil fabrikalarında kullanılan tekstil boyalarının adsorpsiyonu. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9: 837–847.
- [5] Oyar, B., 2020. Elektrokoagülasyon Yöntemi Kullanılarak Atık Sulardan Boyarmadde Gideriminin Araştırılması (doktora tezi, basılmamış). SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [6] Correia, V.M., Stephonson, T. and Judd, S.J. (1994) Characterisation of Textile Wastewaters-A Review, *Environmental Technology*, 15, 917-929
- [7] K. Chongrak, H. Eric, A. Noureddine, P.G. Jean, “Application of methylene blue adsorption to cotton fiber specific surface area measurement: Part I. Methodology”, *The Journal of Cotton Science*, vol. 2, pp.164-173, 1998.
- [8] Özdeş, D., Gündoğdu, A., Bulut, V.N., Duran, C., ve Şentürk, H.B., 2009. Rodamin 6G Boyar maddesinin Pirinç Kabukları Üzerine Adsorpsiyonu. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 20, 19-30.2009.
- [9] M. Koby, *Adsorpsiyon Prosesleri, Bölüm 1 ve 6*, Gebze İleri Teknoloji Enst., Gebze, Ko-caeli, 2001.

Mikroplastik Konsantrasyonunun Siyanobakteri Yoğunluğu Üzerine Etkisi

¹ Fatma GÜZEL YILMAZ*, ¹ Nurtaç ÖZ

¹ Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Özet

Mikroplastikler, endüstriyel üretim ve insanın günlük yaşamı süreçlerinde kozmetiklerin veya küçük boyutlu liflerin doğrudan suya bırakılması gibi çeşitli şekillerde su ortamına deşarj edilmektedir. Mikroplastiklerin son derece küçük boyutları ve geniş dağılımları nedeniyle memeliler, balıklar, kabuklular ve zooplankton gibi çeşitli trofik seviyelerdeki organizmalar tarafından doğrudan veya dolaylı olarak alınabilmekte ve su ekosistemi için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Aynı zamanda, büyümenin azalmasına, doğurganlığın engellenmesine, oksijen tüketiminin değişmesine, yaşam süresinin azalmasına, sınırlı beslenme kapasitesine neden olur. Bu çalışmada farklı tür ve boyutlardaki PS, PP, PVC mikroplastiklerinin maruziyetinin siyanobakteri kültürlerinin gelişimi üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi amacıyla; *Microcystis aeruginosa*, *Synechocystis sp* ve *Spirulina platensis* kültürlerinden çalışma süresinde, 2 günde bir örnek alınarak 15 gün boyunca spektrofotometrik hücre yoğunlukları, klorofil-a miktarları, biyokütle miktarlarındaki değişimlerine bakılmıştır. Her mikroplastik için >100 µm ve <100 µm olmak üzere iki farklı boyutta uygulama yapılmış ve alglerin maruz kaldığı mikroplastik boyutu büyüdükçe (100µm üzeri) optik yoğunluk, klorofil- a miktarı gibi parametrelerde artış görülmüştür. Sonuç olarak hücrenin maruz kaldığı mikroplastik boyutunun siyanobakterilere doğrudan etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Siyanobakteriler, Mikroplastik, Hücre Yoğunluğu, Klorofil-a, Enzim Aktivitesi*

Effect of Microplastic Concentration on Cyanobacteria Density

Abstract

Microplastics are discharged into the aquatic environment in various ways, such as the direct release of cosmetics or small-sized fibers into the water during the processes of industrial production and human daily life. Due to their extremely small size and wide distribution, microplastics can be taken up directly or indirectly by organisms of various trophic levels such as mammals, fish, crustaceans and zooplankton and pose a major threat to the aquatic ecosystem. It also leads to a decrease in growth, inhibition of fertility, alteration of oxygen consumption, reduced life expectancy, limited nutritional

capacity. In this study, samples were taken from *Microcystis aeruginosa*, *Synechocystis* sp and *Spirulina platensis* cultures every 2 days for 15 days to observe the effect of exposure to different types and sizes of microplastics PS, PP, PVC on the growth of cyanobacterial cultures. , spectrophotometric cell densities, chlorophyll-a amounts, changes in biomass amounts were investigated. For each microplastic, two different sizes >100 µm and <100 µm were applied, and as the microplastic size to which the algae were exposed grew (over 100µm), an increase was observed in parameters such as optical density and chlorophyll-a amount. As a result, it was determined that the microplastic size that the cell is exposed to has a direct effect on cyanobacteria.

Keywords: *Cyanobacteria, Microplastic , Cell Density, Chlorophyll-a, Enzyme Activity*

1. Giriş

Plastikler; yüksek moleküler ağırlıklı organik polimerlerdir ve bazı bozunma ya da parçalanma biçimleriyle küçük parçalara ayrılma eğilimindedir [1]. Su ortamlarında , plastikler , sonunda mikro ve nano boyutlu parçacıklara ulaşana kadar daha küçük parçacıklara indirgenir ve çoğu suda çözünememekle birlikte; su ortamında bulunan polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS) ve polietilen tereftalattan (PET) gibi sentetik polimerlerin birçoğu genellikle abiyotik ve biyotik parçalanma yollarına ihtiyaç duyabilmektedir [2].

Mikroplastik terimi ilk olarak 2004 yılında Thompson ve ark. deniz ortamlarında gözlemlenen mikroskobik plastik enkaz bolluğunu tanımlamak için kullanılmıştır. [3,4]. Büyüklüğü 1 um ila 5 mm arasında değişen sentetik polimer parçacıklar olarak tanımlanmıştır.[5,6].

Polistiren (PS), Polipropilen (PP) ve Polivinil klorür(PVC) günlük yaşantımızda yoğun olarak yer alan bazı önemli mikroplastiklerdendir.

Polistiren, yüksek dayanıklılık, iyi şişebilirlik, geniş spesifik yüzey alanı, kararlı kimyasal özellikler, kolay yenilenebilirlik ve düşük maliyet gibi sebeplerden dolayı çok çeşitli ürünler yapmak için yaygın olarak kullanılır. Mevcut deniz ekosisteminde, polistiren parçacıkları en yaygın mikroplastik kirleticilerden biri haline gelmektedir [1].

Polipropilen, PP, yüksek endüstriyel üretim hacimlerine sahip, sentetik plastiklerdendir ve çevresel numunelerde sıklıkla tespit edilmektedir. Bu polimerler, biyolojik olarak parçalanamamakta ve abiyotik bir sürece ihtiyaç duymaktadır.

Polivinilklorür, Günlük hayatta sıklıkla kullanılan plastikler; polimer tiplerine ve çevre-insan sağlığı üzerindeki etkilerine göre derlenmiş; sonuç olarak polivinil klorür günlük kullanılan polimer tiplerinden en toksik olanı olduğu belirlenmiştir [7]. Kristallik ve yoğunlukları oldukça yüksektir. Bazı denizel türler üzerinde; filtrasyon ve solunum oranları ile moliriteyi azaltırken, mortaliteyi artırdığı bilinmektedir [8].

Tablo 1. Önemli bazı mikroplastiklerin kaynakları ve yoğunlukları [9]

POLİMER	KAYNAK	YOĞUNLUK (g/cm ³)
Polistiren	Besin ambalajları, CD kapları, yapı izolasyon malzemeleri, tekstil	0.83-0.92
Polipropilen	Yoğurt kapları, taşıma çantaları, tek kullanımlık sıcak içecek bardakları	1.04-1.1
Polivinil klorür	Elektrik kabloları, su boruları, medikal tüpler	1.16-1.58

Mikroplastikler bir endişe kaynağıdır çünkü sadece su kaynaklarında birikmekle kalmaz, aynı zamanda suda yaşayan organizmalar tarafından tüketilebilen ve bir vektör olarak hizmet ederler[10].

Mikroplastiklerin alg büyümesi üzerindeki etkileri tam olarak bilinmemektedir; ancak, MB'lerin alglerde büyümeyi indükleyebileceğini gösteren çalışmalar vardır [11]. Aynı şekilde, MB'lerin alg büyümesini baskılayabildiğini gösteren zıt çalışmalar da vardır [12]. Yosun büyümesinin MB'lerin maruz kalmasına nasıl tepki verdiği MB'lerin ve yosun türlerinin türüne bağlıdır.

Bu çalışmada, farklı boyut ve türlerdeki mikroplastiklerin *Microcystis aeruginosa*, *Synechocystis* sp ve *Spirulina platensis* olmak üzere 3 farklı siyonaobakteri kültürü üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Alg kültürleriin eldesi ve büyüme koşulları

Çalışmada kullanılan M. aeruginosa kültürü Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, Plankton Kültürü Laboratuvarından; *Spirulina platensis* kültürü Sakarya Üniversitesi, Bitki Fizyolojisi ve Alg Ekolojisi Laboratuvarından; *Synechocystis* sp. kültürü Gazi Üniversitesi, Dr. Tahir ATICI

Gazi MACC Laboratuvarı alg koleksiyonlarından temin edilmiştir.

Alglerden *Spirulina platensis* Spirulina Medium'da [11]; *Microcystis aeruginosa* ve *Synechocystis* sp. BG11 ortamında [12] aksenik koşullar altında büyütüldü. Algler, 225 mL besiyerine, 25 mL alg kültürü ekimi yapılarak 300 mL'lik erlenlerde, 25 ± 2 °C'de çalkalayıcı üzerinde 60 mikromolphoton/m²s sürekli aydınlatma altında 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık döngüsü ile inkübe edilmiştir. Uygulamada ; *Microcystis aeruginosa*, *Synechocystis* sp ve *Spirulina platensis* kültürlerine, 100µm'den küçük boyutlu Polipropilen ve Polivinilklorür , 100 µm'den büyük boyutlu Polipropilen ve Polivinilklorür ve 1 µm boyutlu Polistiren mikroplastikleri kullanılmıştır.

2.2. Analitik Yöntemler

Deney ortamında tüm parametrelerin optimum konsantrasyonları ve bunların siyanobakteriler üzerine etkileri belirlenmiştir. İnkübasyon süresi boyunca biyokütle miktarı, optik yoğunluk ve klorofil tayini spektrofotometrik olarak saptanmıştır.

Spektrofotometrik ölçümler "Pharo 300" spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır.

Biyokütle , Xue ve ark. (2001) [13] tarafından kullanılan yöntemle göre OD560 sonuçları kullanılarak biyokütle hesaplanmıştır (Denklem 1)

$$CDW=0.672*OD560+0.028 \quad (1)$$

OD: Optik yoğunluk

CDW: Kuru ağırlık

Klorofil-a tayini için ölçüm yapılacak numune sayısı kadar kapaklı cam tüp içine MgCO₃ ve 5 mL %80 alkol ilave edilmiştir. Erlen içerisinde bulunan 5 mL numune suyu, GF/C Whatman filtre kâğıdı kullanılarak vakum filtrasyon cihazında süzülükten sonra pens vasıtasıyla el değmeden kıvrılıp katlanarak makas ile küçük parçalar halinde kapaklı cam tüplere yerleştirilmiştir. 25 ± 1 °C karanlık ortamda 24 saat bırakılarak pigment ekstraksiyonu tamamlanmıştır [14]. 24 saat sonra numuneler spektrofotometrede 2507 metod koduyla ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Alglerin büyüme oranını hesaplamak için OD 560 ve 680 değeri spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir. Kör olarak saf su kullanılmıştır.

OD560 ve 680 değerindeki değişim 48 saatte bir ölçüm yapılarak 15 gün boyunca takip edilmiştir. Böylelikle farklı boyutlardaki mikroplastik etkisine maruz bırakılan siyanobakterilerin büyüme oranları belirlenmiştir.

3.Sonuçlar ve Tartışma

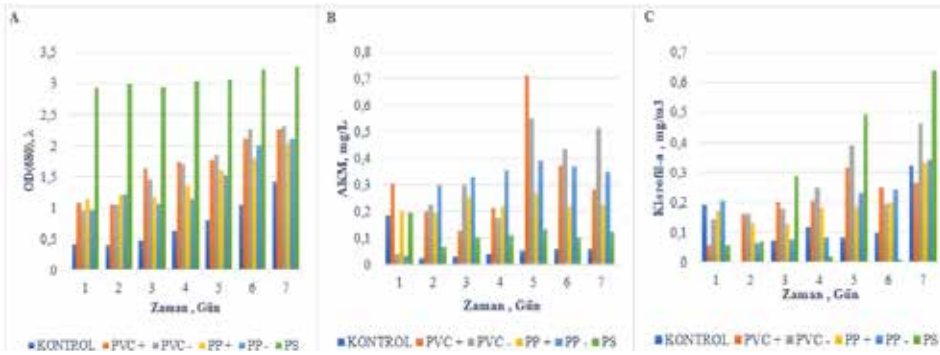
3.1. Biyokütle Hesabı

Tablo 2. Üç farklı siyanobakteri türünün 48saatte bir 15 gün boyunca ölçülen biyokütle miktarı.

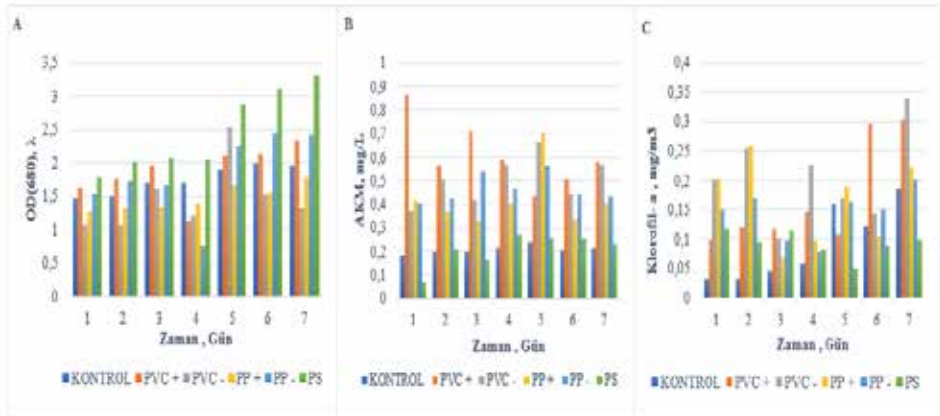
TÜR		1	2	3	4	5	6	7
<i>Microcystis aeruginosa</i>	K	0,505792	0,534688	0,590464	0,50848	0,792064	0,900928	0,9184
	PVC+	0,567616	0,65632	0,708064	0,691936	0,839776	1,038688	1,201984
	PVC-	0,821632	0,577696	0,74032	0,832384	1,030624	1,111264	1,30144
	PP+	0,714784	0,771232	0,924448	1,036672	1,179136	1,027936	1,102528
	PP-	1,29136	1,357888	1,423072	1,247008	1,23424	1,541344	1,319584
	PS	2,019136	2,05408	2,005024	1,952608	2,11456	2,13472	2,171008
<i>Synechocystis sp</i>	K	0,376768	0,366016	1,011136	0,527968	0,638848	0,753088	1,058176
	PVC+	0,919744	0,687904	0,980896	1,119328	1,126048	1,374016	1,394848
	PVC-	0,94528	0,932512	0,98896	1,233568	1,411648	1,423072	1,55344
	PP+	0,805504	0,839104	0,991648	0,920416	1,072288	1,333696	1,28464
	PP-	1,091776	0,966784	0,75376	0,992992	1,316224	1,282624	1,6576
	PS	1,915648	1,957984	1,927072	1,980832	1,964032	2,01376	2,04064
<i>Spirulina platensis</i>	K	0,865984	1,014496	1,103872	1,145536	1,288	1,34176	1,290016
	PVC+	1,16032	1,1872	1,36192	1,367968	1,339744	1,333696	1,4896
	PVC-	0,664384	0,800128	0,937888	0,963424	1,80208	0,97216	1,06288
	PP+	0,759136	0,941248	0,937216	0,920416	1,087744	1,02256	1,134784
	PP-	1,128064	1,072288	1,146208	0,533344	1,50304	1,555456	1,601152
	PS	1,267168	1,3384	1,423744	1,484896	1,977472	2,08096	2,210656

Tablo deney başlangıcından itibaren 48 saatte bir 15 gün boyunca alınan OD 560 değerlerine göre hesaplanarak elde edilmiştir(Denklem1). Biyokütle miktarının her üç siyanobakteri türü içinde eser miktarda artış gösterirken özellikle polistiren mikroplastığında ciddi artış gözlemlendi.

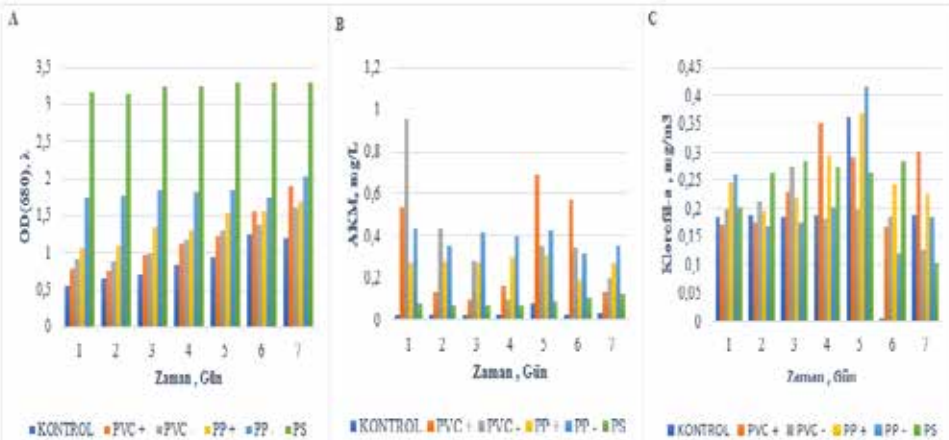
3.2.Farklı Boyutlardaki PP, PVC, PS Maruziyetinin *Microcystis aeruginosa*, *Synechocystis sp* ve *Spirulina platensis* Üzerine Etkisi



Şekil 1. Farklı boyutlardaki mikroplastiklerin *Synechocystis* sp üzerine etkisi
A. Optik yoğunluk B. Askıda Katı Madde C. Klorofil-a



Şekil 2. Farklı boyutlardaki mikroplastiklerin *Spirulina platensis* üzerine etkisi
A. Optik yoğunluk B. Askıda Katı Madde C. Klorofil-a



Şekil 3. Farklı boyutlardaki mikroplastiklerin *Microcystis aeruginosa* üzerine etkisi
A. Optik yoğunluk B. Askıda Katı Madde C. Klorofil-a

Denemelerin başladığı ilk günden itibaren 48 saatte bir 15 gün boyunca 7 ölçüm alınarak kültürlerin 680 nm dalga boyunda ölçümleri, klorofil-a miktarları ve AKM hesapları yapıldı. Elde edilen veriler grafiğe döküldüğünde, 1 µm boyutlu PS ve 100 µm küçük olan PP *Microcystis aeruginosa*, *Synechocystis* sp ve *Spirulina platensis* için de hücre yoğunluğunun belirgin bir biçimde arttığı gözlemlendi(Şekil 1A)(Şekil 2A)(Şekil 3A).

AKM miktarındaki değişimlerin birinci günden itibaren değerlendirildiğinde siyanobakteri türleri içerisinde en yüksek değer *Spirulina platensis* için kültürüne 100 µm büyük PVC ilavesinde 0.860 mg/L, 0.560 mg/L, 0.711 mg/L, 0.431 mg/L, .506 mg/L, 0.579 mg/L olarak ölçüldü (Şekil 2B). En küçük değer *Microcystis aeruginosa* 1 µm PS kültüründe ; 0.0778 mg/L ,0.0702 mg/L, 0.071 mg/L ,0. 071 mg/L, 0.086 mg/L ,0.1094 mg/L ve 0,121 mg/L olarak kaydedildi(Şekil 3B).

Sunulan bu çalışmada mikroplastiklerin siyanobakterilere karşı etki şekli esas olarak boyuta bağlı olduğu büyük boyutlu polimerler ışık blokajı ile fotosentez depresyonuna neden olduğu anlaşıldı. Ancak mikroplastik konsantrasyonu, türü, maruz kalma süresi ve maruz kalan alg türleri gibi diğer faktörlerin de toksisite mekanizması üzerinde etkisi gerekmektedir.

4.Değerlendirme

Mikroplastiklerin siyanobakterilere yönelik etki şekli çok karmaşık olduğu bilinmektedir. Tipik bir alg hücre duvarı gözenek boyutunun < 20 nm olduğu göz önüne alındığında, bu organizmalar ve mikroplastikler arasındaki iki etkileşim etkisine işaret eder :

- i)Küçük boyutlu mikroplastikler, hücre duvarları yoluyla siyanobakterileri etkiler ve doğrudan temastan sonra toksik etkilere yol açabileceği için hücre kendini savunmak için büyüme gösterir.
- ii)Boyutu daha büyük olan mikroplastikler , boyutlarından kaynaklı gölgeleme etkisiyle (ışığa erişimin azalması) siyanobakterilerinin fotosentez faaliyetlerini tehlikeye atar[15].

Referanslar

- [1] Dong, Y., Gao, M., Song, Z.W.Q., (2020). As (III) adsorption onto different-sized polystyrene microplastic particles and its mechanism. *Chemosphere* 239 (124792).
- [2] Klein, S., Dimzon, I.K., Eubeler, J., Knepper, T.P., (2018). Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment. in: *Freshwater Microplastics : Emerging Environmental Contaminants?*, (Eds.) M. Wagner, S. Lambert, Springer International Publishing. Cham, pp. 51-67.
- [3] C.G. Alimba, C. Faggio Microplastics in the marine environment: current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile *Environ. Toxicol. Pharmacol.* (2019), pp. 61-74
- [4] Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W., McGonigle, D., Russell, A.E., (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304(5672): 838.
- [5] Frias, J.P.G.L., Nash, R., (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin* 138: 145-147.
- [6] Sierra, I., Chialanza, M.R., Faccio, R., Carrizo, D., Fornaro, L., Perez-Parada, A., (2020). Identification of microplastics in wastewater samples by means of polarized light optical microscopy. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 27(7) : 7409-7419.
- [7] Editorial, (2020). Plastic pollution in the environment. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 73(103274)
- [8] Scherer, C., Weber, A., Lambert, S. & Wagner, M. (2018). Interactions of Microplastics with Freshwater Biota. In: "Freshwater Microplastics", (M. Wagner & S. Lambert, Eds.), Springer, pp. 153- 180.
- [9] Ngo, P.L., Pramanik, B.K., Shah, K., Roychand, R., (2019). Pathway, classification and removal efficiency of microplastics in wastewater treatment plants. *Environmental Pollution* 255: 113326.
- [10] Bakir, S.J. Rowland, R.C. Thompson Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment *Mar. Pollut. Bull.*, 64 (2012), pp. 2782-2789
- [11] Aiba S, Ogawa T. Assessment of growth yield of a blue-green alga: *Spirulina platensis* in axenic and continuous culture. *J Gen Microbiol.* 1977;102:179 82. <https://org/10.1099/00221287-102-1-179>
- [12] Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Microbiology*, 111(1), 1-61.
- [13] Wang, S., Shi, X., 2001. Molecular mechanisms of metal toxicity and carcinogenesis. *Mol. Cell Biochem.* 222, 3-9.
- [14] Sartory, D.P. & Grobbelaar, J.U. (1984). Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia*, 114(3): 177- 187.
- [15] D.J. Lyakurwa Uptake and Effects of Microplastic Particles in Selected Marine Microalgae Species; *Oxyrrhis Marina* and *Rhodomonas Baltica* NTNU (2017)

Sewage Sludge Application to Promote Soil Nutrition Pool on Degraded Pasture Soil

Gülgün Dede*

*Sakarya University, Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering, Sakarya, Turkey.

Abstract

The aim of the study was to evaluate the application of different sewage sludge doses (2.5 kg m^{-2} , 5 kg m^{-2} , 10 kg m^{-2} and 20 kg m^{-2}) to pasture soils and to determine the change of micro elements (copper (Cu), zinc (Zn), nickel (Ni)), macro elements (total Nitrogen (N)) and toxic heavy metals (cadmium (Cd), lead (Pb), chrome (Cr)) concentrations as a function of pH. Sewage sludge applications also caused the highest significant increases in soil micro-macro element concentrations and subsequently pasture production. In addition to this beneficial effect, sewage sludge addition induced a rise in the concentration of toxic heavy metals especially with the highest application rate but never exceeded the maximum values set by Turkish regulations and did not cause harmful effects on plants and animals. However, when long time applications and mineralization process were considered, sewage sludge's dose of 2.5 kg m^{-2} can be said to provide more beneficial results than the synthetic fertilization's highest dose which is suggested for pastures. These results suggest that sewage sludge could be a safe and inexpensive substitute for poor quality pastures and standard application of sludge on pastures is apparently at low risk.

Key words: *Sewage sludge, Pasture, Micro element, Macro element, Heavy metal*

1.Introduction

Pastures are renewable natural ecosystems that have numerous functions such as conservation and sustainability of natural resources, wildlife, and diversity of living things and genetic resources as well as fulfilling the function of converting CO_2 to oxygen by making photosynthesis for a longer period and preventing erosion [1]. In addition, it has a special importance as the main source of economical animal husbandry. In our country, livestock is largely depend on natural pastures however, the existing areas are only able to meet less than half of the nutritional needs [2, 3, 4, 5]. Only 12.4% of pastures in Turkey is good and very good condition, while the remaining portion of 87,6% are medium and weak [1]. This is because the productivity of the pastures is extremely poor. In addition to losses in production and weed quality due to low precipitation, it causes great damage to pastures in early and over grazing. Thus, plants weaken physiologically and there is not enough photosynthesis tissue to renew themselves.

As a result, it becomes more sensitive to unfavorable usage and severe environmental conditions and withdraws from vegetation over time.

The most effective application for increasing the production and ecological functions of the pastures is the use of sewage sludge. The valorization of sewage sludge in pastures is generally considered the best option of management for their organic amendments and plant growth promoting elements such as nitrogen (N), phosphorus (P), sulphur (S), calcium (Ca) [6, 7, 8, 9]. Adjei et al. (2001) showed that sewage sludge can be used safely instead of chemical fertilizers for pasture improvement [10]. Especially the use of adequate doses of sewage sludge could enhance the productivity of pasture and promote biodiversity [11]. A significant reduction in costs will also be achieved in the livestock sector, whose sustainability is dependent on grass production. In addition, demand for existing fertilizer programs will be reduced and costs will be decreased.

The amount of N in sewage sludge is generally high that making it an attractive fertilizer [12]. Besides as a promising, the high nitrogen utilisation potential of pasture grasses suggests that more sludge can be used in this cropping system without the risk of excess nitrates [13]. Moreover, when sewage sludge was applied to soil, only a small fraction of the total organic N is mineralized during a growing season and the rest is either released in the following season or transformed into more resistant forms such as humus N, which accumulates in soil [14, 15, 16]. Similarly, most of the phosphorus in sewage sludge are in organic form and can turn into forms that can be taken by plants as a result of the mineralization over time. Thanks to this feature, it was observed that plant growth efficiency continued for 2 years with sludge given to pastures at once [17, 18]. And long-term repeated applications of sewage sludge, the organic substrates in sewage sludge (organic N and C) may build up and the accumulation of such organic substrates and their subsequent mineralization have a force on soil quality and future fertilizer applications for pastures that often deficient in the type of N for plant uptake [12, 16].

Another factor affecting vegetation productivity is soil pH. The vast majority of our country's pastures have $\text{pH} > 7$. This situation restricts the micro nutrient uptake, the yield and quality of the plant decreases. It is a beneficial effect that the sewage sludge decreases the soil pH. Similarly, Arvas et al. (2011) mentioned the increases in available total N and P levels due to the decrease in pH with sewage sludge application to pasture [6]. Rigueiro-Rodriguez et al. (2012) mentioned the importance of Zn nutrient element and plant nutritional properties that increase only with the addition of sewage sludge for animals fed [19].

In addition to these curative effects, the application of sewage sludge in pastures can provide saturation of micro-macro element-poor pastures. However, the presence of heavy metals besides these nutrients is troubling. This has led managing authorities to set limits on how much sludge can be applied to agronomic lands [18, 20]. Recycling of sewage sludge by applying to agricultural land is strategically important in the European Union and is regulated by Directive 86/278/EEC, aimed at protecting the soil and humans from the presence of heavy metals [21]. Therefore, sustainable sewage sludge management in pastures is based on controlling and influencing the quantity, quality and properties optimized for beneficial uses [14]. Measuring the best sludge ratio to apply in a pasture is important to increase production and biodiversity. Therefore, the most important criterion is to determine the optimum amount and composition that does not have a detrimental effect on soil properties [22].

The aim of this study was to investigate the application of different doses of sewage sludge to pasture soil and the subsequent changes in micro-macro element and heavy metal concentrations as a function of pH change. Data from this study will also improve our understanding of the impression of long-dated practice of sewage sludge as a fertilizer on soil biochemical and biological processes and the sustainability of soil fertility.

Materials and Methods

Experimental site, sewage sludge application and treatments

The experimental study was carried out in a pasture area in Sakarya-Turkey. The soil was classified as alkaline soil and the soil has silty texture with a composition of 24.3% sand, 51.8% silt and 23.9% clay. Sewage sludge was obtained from Sakarya Municipal Wastewater Treatment Plant. The treatment process is a long aeration activated sludge process and has a processing capacity of 90,000 m³ per day. Sludge is dewatered by using a mechanical filter to form the final product which has 20% dry weight (DW) and stored at open-air for stabilization until the next disposition. In the experiments, dewatered and stabilized sludge cakes were used.

Experimental design was based on randomized block design (RBD), having four different application rates of sewage sludge which were the equivalents to 2.5 kg m⁻², 5 kg m⁻², 10 kg m⁻² and 20 kg m⁻². One treatment was not amended that represented the control. Three replicates were performed for each treatment. The sewage sludge was hand applied in December to the soil surface. Copper (Cu), cadmium (Cd), lead (Pb), zinc (Zn), chrome (Cr), nickel (Ni) and total (TN) concentrations were measured in the soil samples following sewage sludge

applications. The changes in micro-macro element and heavy metal concentrations were monitored for three months between December 2021 and February 2022. Soil samples were collected monthly after the sewage sludge application. In each plot, five samples from the 0–20 cm soil layer were collected at random design and pooled to form a composite sample. Experimental study was carried out in Sakarya's climatic conditions and average temperature was 14.4°C.

Besides the field study, an incubation experiment was performed under laboratory conditions to estimate the influence of sewage sludge on pH change. Application rates were applied based on the field experiment. Soil/sewage sludge mixtures pH were monitored periodically by taking 10 g mixture and measuring pH [23]. Changes in pH under different treatments of sewage sludge were shown in Table 1. Incubation was terminated when pH did not change for 3 consecutive weeks. It took 8 weeks to reach the final pH (7.6) for sewage sludge amendment (Table 1).

Soil and sewage sludge analysis

The samples used in the analyses were oven-dried (70 °C), ground and sieved through a 2 mm sieve. The pH parameter was measured with the aid of a pH-meter of 1:5 (w/v) soil water suspension [23]. The electrical conductivity (EC) of the samples was measured with an EC electrode in 1:5 (w/v) soil water suspensions [23]. Organic matter (OM) and organic carbon (%) were measured according to the Walkley and Black method [24]. Total N was determined by the Kjeldahl method [23]. P was measured spectrophotometrically in accordance with the Bingham method [25] and potassium was obtained at ICP-OES (Spectro Arcos, Kleve- Germany) by employing ammonium acetate method [24]. Cation exchange capacity was obtained to BaCl₂ extraction method [26]. Dried soil/sewage sludge samples (250 mg) were burned in a Microwave Burning System (Soriso-Bg Italy) using 6 ml of HNO₃ (65 %), 1 ml of H₂O₂(30 %) acid mixture and then total heavy metal contents (Cd, Pb, Cr) and micro elements (Cu, Zn, Ni) were determined with an ICP- OES (Spectro Arcos, Kleve-Germany) [23].

The determined chemical and physicochemical properties of the soil were a texture saturation of 78%, pH of 8.4, EC of 475 $\mu\text{S cm}^{-1}$, OM content of 2.41%, total N content of 0.174%, P content of 17.11 ppm, K content of 532 ppm, and CaCO₃ content of 11.5%. The elemental composition of the soil was found to be 3.7 mg kg⁻¹ Cu, 1.17 mg kg⁻¹ Zn, 1.15 mg kg⁻¹ Cr, 0.07 mg kg⁻¹ Cd, 0.1 mg kg⁻¹ Pb, 2.3 mg kg⁻¹ Ni, 4771 mg kg⁻¹ Ca, 652 mg kg⁻¹ Mg, 6.1 mg kg⁻¹ Fe, and 2.01 mg kg⁻¹ Mn.

The obtained physicochemical properties of the sewage sludge were a pH of 7.1, EC of 1978 $\mu\text{S cm}^{-1}$, OM content of 55%, total N content of 4.09%, P content of 3.06%, K content of 0.09%, CEC of 7.09 cmol (+) kg^{-1} , organic carbon content of 33.11%, and a C/N ratio of 8.09. The heavy metal concentrations of sewage sludge were found to be 21 mg kg^{-1} Cu, 1574 mg kg^{-1} Zn, 251 mg kg^{-1} Cr, 84 mg kg^{-1} Ni, 39 mg kg^{-1} Pb, and 3.8 mg kg^{-1} Cd.

Statistical analysis

Measured data for the samples were analysed statistically using one-way ANOVA procedure to compare the application rate effects on micro-macro element and heavy metal content of soil. Treatment means were compared with a least significant differences test (LSD) at $p < 0.05$.

Results and Discussion

Organic matter is the principal component of soils influencing nutrient storage and turnover, water-holding capacity, soil structure, soil stability, vulnerability to erosion, and soil biota and diversity [27]. In support of this situation, the agronomic characteristics of the sewage sludge have been obtained in acceptable intervals and additional fertility characteristics, such as NPK levels, organic carbon and C/N ratio, were also fairly consistent [28]. The heavy metal concentrations of sewage sludge were also obtained much lower than the limits recommended by the Turkish Regulations of Domestic and Municipal Biosolid for Agricultural Usage [29] either with the EU [21] or by the USEPA [30]. Thus, sewage sludge can be contemplated as a perfect amendment for agricultural use. Even so, it is assumed that sewage sludge has, in general, a higher heavy metal content than inorganic fertiliser and animal waste [31].

Many studies in literature demonstrated the decreasing of soil pH with the addition of organic wastes [32, 33]. Correspondingly with these results, the addition of sewage sludge significantly decreased the soil pH (Table 1). The pH in the sludge-treated soil was measured slightly lower than in the control and similar in all the treatments during 1-month of incubation period. The lowest pH (7.6) was measured at 20 kg sludge application rate after the 1-month period (Table 1). This decrease indicates slow degradation of organic matter associated with the sewage sludge that leading to soil acidification [34]. The reason for this decrease in pH is the formation of H^+ ions as a result of sludge decay. Thus, the rate of degradation reflected as a decrease in pH values increased with the amount of sludge added [34]. So the sludge degradation took place mainly during the four week of incubation and achieved a reduction of the pH values nearly one units for the maximal doses of sludge. pH values were started to increase

inversely with the application rates after 1-month period (Table 1). This is due to the adsorption of metals to organic ligands released during the degradation of sludge and adsorption to the soil surfaces [35, 36].

Table 1. Changes in soil pH under different treatments of sewage sludge

Treatment (kg m ³)	7 days	14 days	21 days	1 months	2 months
T ₀	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3
T ₁	8.3	8.2	8.1	8.1	8.0
T ₂	8.2	8.1	8.0	8.1	8.0
T ₃	8.0	7.9	7.9	7.8	7.8
T ₄	7.9	7.9	7.7	7.6	7.7

* T₀: control; T₁: 2.5 kg m⁻²; T₂: 5 kg m⁻²; T₃: 10 kg m⁻²; T₄: 20 kg m⁻²

Cu, Zn and Ni concentrations (mg kg⁻¹) measured in soil at different sewage sludge loadings of 2.5, 5, 10 and 20 kg m⁻² were given in Table 2. Cr, Pb and Cd concentrations (mg kg⁻¹) measured in soil at different sewage sludge rates were given in Table 3. Sewage sludge application enhanced Cu concentrations from 3.7 mg kg⁻¹ to 4.97 mg kg⁻¹ (max.) and Zn concentration of 1.17 mg kg⁻¹ to 57.31 mg kg⁻¹ and Ni concentration of 2.3 mg kg⁻¹ to 8.21 mg kg⁻¹ at 20 kg m⁻² treatment, respectively (Table 2). Cu concentration was higher in plots fertilised with sewage sludge, reaching 1.3 times its initial soil concentration in some cases which increased to the adequate level recommend for agricultural lands. An increase of approximately 26% was detected. This can be attribute to rapid increase of copper concentration in the soil, but copper leaching can also happen due to higher solubility of this element in acid soils [31]. And also can be connected to Cu-loaded sewage sludge application of 21 mg kg⁻¹. When we examined the Zn concentrations, the increase was more pronounced and striking, and the soil Zn level increased 49-fold compared to the initial concentration. An increase of about 98% was more pronounced than Cu (Table 2). This suggests that if sludge continued to be applied, heavy metals will increase rapidly in the soil or will be leached with decreasing of pH. Similarly, the application of sewage sludge caused an increase in Ni concentration of soil at the end of the application period which enhanced from 2.3 mg kg⁻¹ to 8.21 mg kg⁻¹ with the highest treatment sludge application rate (20 kg m⁻²) (Table 2). The application of 20 kg m⁻² sewage sludge increased the soil Ni concentration approximately 72% with respect to the control. Ni concentration was higher in plots fertilised with sewage sludge, reaching 4 times its initial soil concentration in some cases. This increase in the concentration of beneficial elements in the soil under the influence of sludge is an expected condition (Table 2).

Table 2. Micro elements; Cu, Zn, Ni concentrations (mg kg⁻¹) at different sludge loading rates

	Cu (mg kg ⁻¹)				Zn (mg kg ⁻¹)				Ni (mg kg ⁻¹)			
	Treatments				Treatments				Treatments			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1.month	4.31	4.41	4.73	4.93	35.01	36.02	37.51	49.39	5.51	5.89	6.37	7.91
2.month	4.28	4.42	4.88	4.89	34.98	35.78	37.43	57.31	5.35	5.99	6.43	7.11
3.month	4.38	4.05	4.72	4.97	34.71	35.63	36.93	54.39	5.63	5.91	6.73	8.21
Avera	4.32	4.29	4.78	4.93	34.90	35.81	37.29	53.70	5.50	5.93	6.51	7.74

*T₁: 2.5 kg m⁻²; T₂: 5 kg m⁻²; T₃: 10 kg m⁻²; T₄: 20 kg m⁻²

In addition, sewage sludge applications have been shown to increase soil fertility, due to positive effects on soil biological and biochemical properties, regrettably increased the toxic heavy metal concentrations [33, 37, 38, 39]. Similarly, in this study, the starting content of total heavy metals in the soil increased with increasing sludge applications ($p < 0.05$) (Table 3). At the end of the three-month period the highest metal concentrations obtained as, 0.49 mg kg⁻¹ Cd, 5.73 mg kg⁻¹ Cr, 8.39 mg kg⁻¹ Pb in 20 kg m⁻² treatment and were all obtained within the range of limit concentrations for Turkish Regulations of Domestic and Municipal Biosolid for Agricultural Usage and also by the EU or by the USEPA for sewage sludge applied to agricultural soils [21, 29, 30] (Table 3). This can be explained by a consequence of the low heavy metal concentrations of the sewage sludge used in this study.

When we examined the situation on the basis of toxic heavy metal, we found that Cr and Pb concentrations did not exceed the permissible limit values in the soil. Maximum concentrations obtained for Cr and Pb were 5.73 mg kgm⁻² and 8.39 mg kgm⁻², respectively at 20 kg m⁻² treatment (Table 3). When the initial Cr and Pb concentrations in the soil (1.15 mg kgm⁻¹ and 0.1 mg kgm⁻², respectively) are taken into account, it can be said that metal increase is important. An increase of 80% (approximately 5-fold) for Cr and a 99% increase (approximately 84-fold) for Pb were detected (Table 3). These metal increases after the sludge application can be attributed to the Cr (251 mg kgm⁻²) and Pb (39 mg kgm⁻²) concentrations in the sewage sludge. Although the soil pH of the pasture selected as the study area is above 7 and the lowest pH of 7.6 after sludge application is an advantage in preventing the toxic effects of these heavy metals, it may appropriate to control the heavy metal content of the plants in the pasture. Despite the increases in Cr and Pb levels determined after sludge application, concentrations do not exceed the limit values specified in the regulations and do not reach toxic levels for living things [21, 29, 30]. When we examined the Cd concentrations, it was found that the initial 0.07 mg kgm⁻² Cd level in the soil reached a maximum value of 0.49 mg kg⁻¹ with the highest treatment sludge

dose application (20 kg m^{-2}) (Table 3). This is a 7-fold increase. When we calculated as a percentage, there was an increase of 86%. The low initial heavy metal concentrations in the soil made these increases more noticeable. However, when compared with the limit values in today's accepted regulations, it is clear that the values determined are acceptable for pasture applications. So, the results obtained can be considered acceptable.

Table 3. Heavy metals; Cr, Pb, Cd concentrations (mg kg^{-1}) at different sludge loading rates

	Cr (mg kg^{-1})				Pb (mg kg^{-1})				Cd (mg kg^{-1})			
	Treatments ^a				Treatments ^a				Treatments ^a			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1.month	2.87	2.91	4.31	5.35	3.94	4.29	4.62	7.35	0.42	0.43	0.44	0.49
2.month	2.78	2.86	4.08	5.73	3.08	4.75	4.79	7.96	0.41	0.43	0.43	0.47
3.month	2.61	2.89	4.93	5.55	3.71	4.01	4.81	8.39	0.41	0.41	0.43	0.48
Average	2.75	2.89	4.44	5.54	3.58	4.35	4.74	7.90	0.41	0.42	0.43	0.48

*T₁: 2.5 kg m^{-2} ; T₂: 5 kg m^{-2} ; T₃: 10 kg m^{-2} ; T₄: 20 kg m^{-2}

Macro element (total N) concentrations (%) at different sludge loading rates were given in Table 4. The N concentration ranged from 0.99% to 3.02% with the increasing of sludge rates. The highest N concentration 3.02% was determined in the highest sludge addition, 20 kg m^{-2} as expected. But similar values were obtained in the other applications, 1.07%, 1.43% and 2.51% at the applications of 2.5 kg m^{-2} , 5 kg m^{-2} and 10 kg m^{-2} , respectively (Table 4). The initial N level in the soil increased from 0.174 to 3.02 with the highest sludge addition rate (20 kg m^{-2}) with the application of sewage sludge. This is a 94% increase. As a result, the soil N concentration increased approximately 17-fold (Table 4). In addition, the effect of sludge addition on the increase in soil microorganism population has been proven in previous studies [16]. Although small in size, these microorganisms have important functions in soil. Perhaps the most important of these functions is to convert the elements in the soil, especially nitrogen, into the plant available form. This is a more obvious effect of sewage sludge in soil long-term applications. It has been observed that microorganism populations increase in soils where sludge is added instead of chemical fertilizers [16]. As a result, it is clear that by adding sewage sludge, plant nutrients in the soil will remain longer.

Table 4. Macro element (total N) concentrations (%) at different sludge loading rates

	Treatments ^a			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1.month	1.01	1.39	2.33	3.01
2.month	1.07	1.41	2.51	2.97
3.month	0.99	1.43	2.49	3.02
Average	1.02	1.41	2.44	3.00

*T₁: 2.5 kg m^{-2} ; T₂: 5 kg m^{-2} ; T₃: 10 kg m^{-2} ; T₄: 20 kg m^{-2}

Conclusion

In terms of micro-macro element and toxic heavy metal levels, the sewage sludge used in the study is suitable for pastures. Although heavy metal concentrations in soil were correspondingly increased with the increasing sludge application. But in both cases concentrations did not exceed the maximum advisory soil levels. This would also have been caused by decreasing of pH as a result of increased solubility of elements. This study also be considered the potential effects of sludge on soil micro-macro element and heavy metal compositions. Obtained results showed that deficient levels of Zn were raised to sufficient levels with the addition of sewage sludge even at lower doses of 2.5 and 5 kg m⁻². We conclude that municipal sewage sludge can be applied at lower rates can be preferred in order to prevent toxic metal accumulation. The vast majority of soils in Turkey have a pH above 7. It can be concluded that despite the toxic effects of heavy metals, the addition of sludge is an advantage, but it is necessary to control the heavy metal content of the plants to which the sludge is applied. Future investigations should also have focused on the most sustainable means of reducing risk as length of storage, composting or other treatments.

References

- [1] Gökkuş A. An evaluation about our pastures. *Journal of TÜRKTOB* 2018; 25: 6-8.
- [2] Alçiçek A, Karaayvaz K. Problems and solution suggestions in silo feed production in farmer conditions. *Aegean Agricultural Research Institute Publications* 2002; 106: 136-146.
- [3] Anonymous. *Meadow Pasture Forage Crops Advisory Board Preparation Report*. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, TÜGEM, Ankara; 2004.
- [4] Çelik A, Demirbağ NŞ. *The Effect of Agricultural Supports on Forage Crops Cultivation and Production in Turkey*. Ankara; 2013.
- [5] TÜİK. *Turkish Statistical Institute*. 2009. www.tuik.gov.tr
- [6] Arvas O, Çelebi SZ, Yılmaz IH. The effect of sewage sludge and chemical fertilizer on natural pasture's yield and botanical composition. *J Food Agric Environ* 2011; 9(2): 525-530.
- [7] Bozkurt MA and Yarılgaç T. The effects of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. *Turk J Agric* for 2003; 27: 285-292.
- [8] Muchovej RM and Rechcigl JE. Application of municipal biosolids to bahiagrass pasture: trace metals in harvested forage. *Proceedings of the XIX International Grassland Congress: Grassland Ecosystems: An Outlook into the 21st Century*. Edited by: Gomide JA, Mattos WRS, DaSilva SC. 2001; pp.1074-1075, Sao Pedro, Brazil.
- [9] Serrao MG, Domingues H, Fernandes M, Martins J, Pires F, Saraiva I, Fareleira P, Matos N, Ferreira E, Campos AM. Contribution to the improvement of degraded soils under pastures through sewage sludge application, without environmental risks. *Rev Fac Cienc Agrar* 2009; 32(1): 258-272.
- [10] Adjei MB, Rechcigl JE. Sewage sludge as an alternative fertilizer for tropical pasture grasses. *Proceedings of the XIX International Grassland Congress: Grassland Ecosystems: An Outlook into the 21st Century*, 2001; pp. 162-164, Brazil.
- [11] Khan M and Scullion J. Effects of metal (Cd, Cu, Ni, Pb or Zn) enrichment of sewage-sludge on soil micro-organisms and their activities. *Appl Soil Ecol* 2002; 20: 145-155.
- [12] Akdeniz H, Yılmaz I, Bozkurt MA, Keskin B. The effects of sewage sludge and nitrogen applications on grain sorghum grown (*Sorghum vulgare* L.) in Van-Turkey. *Pol J Environ Stud* 2006; 15(1): 19-26.

- [13] Tesfamariam EH, Annandale JG, Steyn JM, Stirzaker RJ, Mbakwe I. Municipal sludge as source of nitrogen and phosphorus in perennial pasture *Eragrostis curvula* production: Agronomic benefits and environmental impacts. *Water SA* 2013; 39(4): 507-514.
- [14] Amlinger F, Götz B, Dreher P, Geszti J, Weissteiner C. Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilization and availability-a review. *Eur J Soil Biol* 2003; 39: 107-116.
- [15] Ferreiro-Dominguez N, Rigueiro-Rodriguez A, Mosquera-Losada MR. Response to sewage sludge fertilisation in a *Quercus rubra* L. silvopastoral system: Soil, plant biodiversity and tree and pasture production. *Agr Ecosyst Environ* 2011; 141: 49-57.
- [16] Zaman M, Matsushima M, Chang SX, Inubushi K, Nguyen L, Goto S, Kaneko F, Yoneyama T. Nitrogen mineralization, N₂O production and soil microbiological properties as affected by long-term applications of sewage sludge composts. *Biol Fert Soils* 2004; 40: 101– 109.
- [17] Sigua GC. Recycling biosolids and lake-dredged materials to pasture-based animal agriculture: alternative nutrient sources for forage productivity and sustainability. A review. *Agron Sustain Dev* 2009; 29: 143-160.
- [18] Hill J. Recycling biosolids to pasture-based animal production systems in Australia: a review of evidence on the control of potentially toxic metals and persistent organic compounds recycled to agricultural land. *Aust J Agr Res* 2005; 56: 753-773.
- [19] Rigueiro-Rodriguez A, Mosquera-Losada MR, Ferreiro-Dominguez N. Pasture and soil zinc evolution in forest and agriculture soils of Northwest Spain three years after fertilization with sewage sludge. *Agr Ecosyst Environ* 2012; 150: 111-120.
- [20] Smith SR. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. *Environ Int* 2009; 35: 142–156.
- [21] European Union Communities, 1986. 86/278/EEC.
- [22] Courtney RG and Mullen GJ. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresour Technol* 2008; 99: 2913-2918.
- [23] Kalra YP and Maynard DG. Methods manual for forest soil and plant analysis. Forestry Canada, Northwest Region, Northern forest Centre, Edmonton, Alberta, 1991. Information Report NOR-X319.
- [24] Ryan J, Estefan G and Rashid A. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. Jointly published by the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) and the National Agricultural Research Center (NARC). Second Edition, 2001. Available from ICARDA, Aleppo, Syria.
- [25] Pierzynski GM. Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters, 2000. Southern Cooperative Series Bulletin No. 396.
- [26] Ross DS. Recommended Methods for Determining Soil Cation Exchange Capacity, 2001. University of Delaware Cooperative Extension, College of Agriculture & Natural Resources.
- [27] Nyamangara J and Mzezewa J. Effect of long-term application of sewage sludge to a grazed grass pasture on organic carbon and nutrients of a clay soil in Zimbabwe. *Nutr Cycl Agroecosys* 2001; 59: 13–18.
- [28] McFarland MJ. Biosolids Engineering, 2000. Edited by McGraw-Hill.
- [29] Turkish Regulations of Domestic and Municipal Biosolid for Agricultural Usage, 2010. Annex I-B.
- [30] EPA 831-B-93-002b. Land Application of Sewage Sludge, A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503. United States Environmental Protection Agency, Office of Enforcement and Compliance Assurance Washington, 1994, DC.
- [31] Mosquera-Losada MR, Lopez-Diaz L, Rigueiro-Rodriguez A. Sewage sludge fertilisation of a silvopastoral system with pines in Northwestern Spain. *Agrorfor Syst* 2001; 53: 1-10.
- [32] Ngole VM. Variations in sludge effects on selected properties of four soil types and vegetable yield. *Afr J Agric Res* 2010; 5(23): 3279-3290.
- [33] Warman PR and Termeer WC. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B content of crops and soils. *Bioresour Technol* 2005; 96: 1029–1038.
- [34] Hooda PS, McNulty D, Alloway BJ and Aitken MN. Plant availability of heavy metals in soils previously amended with heavy applications of sewage sludge. *J Sci Food Agric* 1997; 73: 446-454.

[35] Adriano DC, Wenzel WW, Vangronsveld J, Bolan NS. Role of assisted natural remediation in environmental clean-up. *Geoderma* 2004; 122: 121-142.

[36] Karaca A. Effect of organic wastes on the extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc in soil. *Geoderma* 2004; 122: 297-303.

[37] Antolin MC, Pascual I, Garcia C, Polo A, Sanchez-Diaz M. Growth, yield and solute content of barley in soils treated with sewage sludge under semiarid Mediterranean conditions. *Field Crops Res* 2005; 94: 224-237.

[38] Banuelos GS, Pasakdee S, Benes SE, Ledbetter CA. Long-term application of biosolids on apricot production. *Commun Soil Sci Plan* 2007; 38: 1533-1549.

[39] Li S, Zhang K, Zhou S, Zhang L, Chen Q. Use of dewatered municipal sludge on Canna growth in pot experiments with a barren clay soil. *Waste Manag* 2009; 29: 1870-1876.

In-Vessel Composting of Kitchen Waste With Biomass Ash to Produce Nutrient Rich Bio-Fertilizer

*¹**Cemile Dede**, ²**Gönül Mumlu**, ¹**Saim Ozdemir**

*¹ Sakarya University, Environmental Engineering Department, Sakarya, Turkey

² OTOKAR Automotive and Defence Industry Inc., Sakarya, Turkey

Abstract

In the experimental study, ash generated from biomass combustion has been investigated as a potential additive to mitigate some composting failures in food and kitchen waste composting and final product quality. In-vessel batch composting experiments were conducted using kitchen waste and dry hazelnut husk residue as a bulking agent. Kitchen waste and hazelnut husk were first mixed at a ratio of 70:30 v/v and biomass ash was added at 10% w/w as dry weight basis in a reactor. The amount of ash was chosen based on European regulations that allow the addition of 10-15% w/w ash to the compost. A pure kitchen waste compost did not contain ash and served as a control. The reactor composted for 10 days during the thermophilic phase. Turning was performed once daily for approximately 15 minutes to aerate and mix the compost material. The compost mixture was then removed from the reactor, placed in a container, and allowed to mature under ambient conditions in a protected location. After 60 days of maturation, the compost samples were collected and subjected to characterization analysis. The main composting parameters indicated that the temperature of the bioreactors enriched with biomass ash significantly improved the initial moisture content of the mixture, created porosity for gas exchange, and raised the temperature to the desired thermophilic phases. The quality of the compost samples was evaluated using various indicators and compared with the quality standards for compost in Turkey. The organic matter (OM), C:N ratio, nutrient content, humification products and pH, EC were above the values of the kitchen waste compost alone and within the established compost standards. Thus, the addition of 10% biomass ash as a nutrient additive to the kitchen waste improved the nutrient content of end product.

Key words: *kitchen waste; biomass ash; in-vessel composting; compost quality*

1.Introduction

Food is wasted all along the food chain, from farms to processing plants, restaurants and catering services. Food and kitchen waste is generated by peeling and spoiling fruits before cooking and plate waste discarded after a meal [1]. The global production of organic waste is roughly estimated at 100-300 kg per person per year [2]. According to the UNEP Food Waste Index 2021 report, food waste from Turkish households was estimated at 93 kg per capita and about

7.76 million tons per year [3]. Accordingly, it is reported that a considerable amount of food waste is generated in the food industry, such as restaurants, fast food chains, and catering [4]. For example, the amount of food wasted during consumption is estimated to be about 7% in the United States and about 12% in the European Union in the catering industry [5].

In Sakarya Province, Turkey, approximately 950 tons of municipal solid waste is generated daily. Approximately 35-40% of the solid waste collected daily contains compostable organic waste. Catering and food services in factories and schools generate both raw inputs and plate waste by throwing away uneaten leftovers from meals prepared in kitchens. Considering that there are over 800 factories and 100 schools in Sakarya province, of which more than 100 factories and schools employ more than 1000 people, the amount of food waste generated in Sakarya factories and schools is immense.

Organic matter management and nutrient cycling are central to achieving sustainability and a carbon-neutral economy. Compared to other methods, composting reduces waste volume by up to 50-60%, generates environmentally friendly byproducts, avoids greenhouse gas emissions, and reduces the need for fertilizers. The composting process is an efficient and environmentally friendly alternative for food waste management and is widely used as a waste recovery method worldwide. Upgrading food waste into nutrient-rich compost through composting has many environmental benefits. Among them, reducing the amount of waste by 40-50% saves space needed for landfills, prevents greenhouse gas (GHG) emissions, and improves soil properties, replenishes nutrients in deficient soils, and sequesters carbon in the soil profile through humification of OM [6,7]. Food waste composting processes are well known and have been discussed in recent literature; however, some aspects need further improvement in the challenging composting process and the quality of the final compost. Since kitchen waste is generated from processed and unprocessed food for human consumption, its composition is quite variable.

Composting of carbon-rich food and kitchen waste with nutrient-rich residues from various organic sources has been strongly recommended to produce nutrient-rich, slow-release biofertilizers [8]. However, the use of compost as a fertilizer is often criticized because large quantities are required, which increase transportation or field labor costs [9]. Using waste-derived nutrient resources to fertilize crops could maximize the recycling of locally available materials and minimize waste accumulation. Kitchen waste is rich in organic matter and has a moisture content of more than 90%, which is higher than the optimal moisture

content of 40-60% for food waste, garden waste, and waste from fresh vegetable processing [10]. Moreover, we know from the literature that the decomposition of food and kitchen waste is not possible without the addition of other substrates because they have a very high content of simple sugars [11], which lead to acidification during composting. Therefore, co-composting kitchen waste with biomass ash can be an effective method to optimize the initial moisture content of the compost mixture and the nutrient solubility of the biomass ash. It is expected that acidification, chelation, and enzymatic exchange reactions may convert the insoluble plant nutrients into soluble forms during composting.

Despite the many benefits of composting, the highly heterogeneous structure of food waste, with its high moisture content, high organic matter to ash ratio, and low physical structure, presents a challenge to the success of composting. Mistakes in the initial preparation and adjustment of the mix or in the control of the process result in odor emissions, increased environmental impact of the process, and the production of low-quality compost. The in-vessel system is one of the most efficient composting methods among rapid composting systems. Water-absorbent porous materials and various additives are often used to speed up the composting process. Biomass ash (BA) from incinerators is one of the inorganic, nutrient-rich byproducts of biomass incinerators that must be properly managed and reintroduced into ecological cycles. Recent studies have shown that the addition of BA to compost mixtures has a positive effect on composting and enriches the nutrient content of the final product. However, an excess of BA additives can have toxic effects on the activity of microorganisms, mainly due to high pH levels. A hypothesis was formulated to investigate the potential of nutrient enrichment of compost by adding biomass ash to optimize the moisture content of food waste compost. This approach is novel and efficient for in-vessel food waste composting, and the results indicate several benefits for sustainable management of biomass ash through the composting method. Therefore, this study specifically focused on investigating the effects of BA on the initial properties of food waste compost mixture to optimize the composting parameters and nutrient enrichment potential of food waste compost.

2. Materials and Methods

2.1. Collection of BA and organic waste

Biomass ash was obtained from a biomass power plant in Sakarya province, Turkey. Food and kitchen waste, consisting of spoiled vegetable and fruit peel residues, was taken directly from the food processing industrial kitchen of one of the factories studied, where about 3000 lunches are normally prepared per day.

The discarded food waste was not mixed with the compost mixture to prevent food waste other than food from remaining, creating odors, and attracting flies. The initial characteristics of the compost material are summarized in Table 1.

Table 1. Characteristics of composting materials used in the experiments

Parameter	Food waste	Biomass ash	Hazelnut husk
Moisture content (%)	81.45	0.14	6.87
OM (%)	93.25	1.81	94.10
pH	5.34	13.04	4.79
Total N (%)	2.04	ND	1.08
TOC (%)	46.28	ND	52.50
C/N	16.20	ND	48.14
TP (%)	0.32	9.27	0.56
TK (%)	0.54	10.05	1.11

2.2. Composting procedure and sampling

The composting experiments were performed in 250 L in-vessel reactor. Two different composting methods were investigated in the experiments: the standard control using dry hazelnut husk as bulking agents and, in comparison, the co-composting method with biomass-ash addition. The composting methodology is briefly shown in Fig. 1. In the control vessel, 250 kg of food waste and 30 kg of hazelnut husk were added to a reactor, while in the BA composting with additives, 10% BA was mixed to 250 kg of food waste compost on a dry weight basis. The entire mixture was weighed with a scale and then loaded into the composter. The composts were turned and mixed in the composters to avoid the lack of oxygen required for aerobic composting. Turning was performed once a day for approximately 15 minutes to aerate and mix the compost material. During turning, the air heater attached to the composter was turned on to help the compost material reach the thermophilic temperature of 55°C until the temperature of the compost stabilized in a compost bin. Each composting cycle lasted 10 days during the thermophilic phase in a composter. The compost mixture was then removed from the reactor, placed in a container, and allowed to mature under ambient conditions in a protected location. After 60 days of maturation, the compost samples were taken and subjected to characterization analysis.



Figure 1. Schematic diagram of the proposed circular management of kitchen waste by composting in vessels to produce nutrient-rich organic fertilizer.

2.3. Analytical methods

Temperature was measured daily in the heap with a digital dry bulb thermometer. The pH was measured in the aqueous extract (1:10 w/v sample: water extract) using a pH meter with a glass electrode. The same procedure was repeated for the measurement of electrical conductivity (EC). Moisture content was determined by drying the sample at 105 °C for 24 hours in an oven. Volatile solids content was estimated after measuring the ash content at 550 °C using the dry ashing method. Total carbon and total nitrogen content were determined using the Elementar Vario EL CHNS analyzer. ADL, ADF, and NDF were analyzed by the Van Soest method, and cellulose, hemicellulose, and lignin content were estimated by the method used by Dede et al [12].

3. Results and Discussion

3.1. Initial physico-chemical characteristics

The initial properties of the food waste, bulking agent hazelnut husk, and the additive biomass ash are shown in Table 1. As expected, the moisture content of the food waste was higher and above the optimal composting range. Optimal moisture content is critical for biological activity because it serves as a moisture source for microorganisms during the composting process. However, high moisture content impedes gas exchange and leads to anaerobic conditions in the

compost matrix, which are an odor nuisance. The moisture content of the compost in the bins increased over time due to evaporation and trapped moisture in the composter [13]. The bulking agent we tested, hazelnut husk and BA, are both capable of lowering the initial moisture content to the optimal range. However, the rapid decomposition of the readily biodegradable materials in the food waste released moisture and produced compost leachate, especially in the BA compost treatment. Moisture levels for the control treatment, which used hazelnut husk were within an acceptable range, and the air supply in the compost mass was sufficient to keep the aerobic microorganisms alive. Previous studies reported that with an increase in moisture, the free air space in the compost matrix decreases and, accordingly, the oxygen availability decreases [14].

Table 2. Main compost parameters of biomass ash + kitchen waste compost compared to compost alone and compost standards.

Parameters	Kitchen waste compost	Biomass ash+ Kitchen waste compost	Compost Standards (Official gazette, 2015)
Temperature (°C)	66 > 1h	64 > 1h	55 - 70
pH	7.4±0.6	7.8±0.4	5.5 - 8.5
EC (dS/m)	5.4±0.2	8.8±0.6	< 10
Organic matter (%)	92.2±4.1	84.2±3.1	> 35
Organic carbon (%)	47.0±1.6	44.0±1.4	-
C/N	18.5±3.0	16.8±2.3	10-30
Total Humic+Fulvic acids (%)	53.8±4.7	43.8±2.4	-
Total N (%)	2.5±0.3	2.5±0.2	-
Total P (%)	0.9±0.1	1.2±0.2	-
Total K (%)	1.2±0.2	1.6±0.1	-

The highest temperature was recorded on day 3 in the control treatment and on day 5 in BA compost at 66 and 64 °C, respectively. This initial temperature increase was due to both the added heat of 55 °C and microbial activity. In contrast, the increase during the peak temperature phase was due to the microbial decomposition of the organic materials contained in the food waste [15]. The ambient temperature measured during the composting process was 28±2.7 °C. The highest thermophilic temperature of 64 °C measured for the BA compost could be due to the high mineral content and low porosity of the biomass ash, which could have a negative effect on the maximum microbial activity. The hazelnut husk used as a bulking agent provided an additional carbon source that increased the microbial activity in the composting process, with the highest temperature reached in the thermophilic phase. The temperature drop was observed

in both vessels from day 9 and the reactors were emptied on day 10 and the compost samples were stored in a protected place at ambient conditions for maturation.

The BA used for the additive in the study was basic with a pH of 13.03, consequently the original compost mixture was slightly basic, i.e. 8.84 in the BA compost. The pH of both compost samples ranged from 7.3 to 8.1 during the 60-day maturation period of the compost. The high pH of the BA compost was due to the large amount of nutrients provided by the biomass ash [13].

3.2. Organic matter degradation and volume reduction

The control and the BA compost showed a significant difference in volume reduction due to the different content of OM and the smaller particle size of bulking agents and additives. The volume reduction in the control was lower than in BA -compost, which can be attributed to the stable bulking agent properties of hazelnut husk. The biodegradable components such as cellulose, hemicellulose and lignin were higher in hazelnut husk (77.2%) than in food waste (40.7%). On the other hand, biomass ash does not contain cellulose, hemicellulose, and lignin because it is a byproduct of biomass combustion. Biomass containing mainly low molecular weight carbohydrates is known to be more suitable for fermentable sugar production [11]. This must be the reason for the higher loss of food waste volatiles in BA compost, which contains easily fermentable materials more suitable for microbial biodegradation. Depending on the rate of organic matter degradation, a volume reduction of more than 60% was observed in BA -compost, while a volume reduction of 52% was observed in the control compost, since the lignocellulosic fraction is the most difficult to degrade.

Macro plant nutrients such as phosphate (P) and potassium (K) were present at higher levels in BA compost compared to the control compost (Table 2). On the other hand, nitrogen content was higher in control compost than in BA -compost. These results clearly indicate that biomass ash has a significant effect on plant nutrient content in compost. The biomass ash used in the present study was mainly from poultry litter. It is well known that poultry litter is generally rich in potassium and phosphorus (Table 1), resulting in significant enrichment of these plant nutrients in kitchen waste compost. In particular, the enrichment of compost with the second essential plant nutrient, phosphorus, was consistent with studies in the literature [6] highlighting the potential of biomass ash to improve the nutrient potential of compost and worm compost [9], which influences farmers' preference. The results confirm our hypothesis regarding the importance of biomass ash in enriching the nutrient content of kitchen compost to obtain biofertilizer for industrial and agricultural purposes.

3.3. Colour, odour, and texture

The presence of biomass ash in the compost was evident in the gray color of the BA compost, while the control compost had a dark brown color due to the decomposed hazelnut husk (Fig. 2). The rapid decomposition phase in the compost reactor produced a foul odor in both composts, which was due to the higher moisture in the initial phase. The sour odor was more noticeable in the BA compost, likely due to the high moisture content and low air exchange within the compost matrix.

The control compost was well textured and crumbly, while the compost from BA had a rather moist texture initially. However, the mature compost of both compost samples after screening exhibited dark looking organic matter, crumbly texture and earthy odor.



Figure 2. Physical appearance of matured and sieved kitchen waste BA-compost (A) and control without biomass ash (B).

4. Conclusion

The study investigated the composting properties of food waste by adding biomass ash compared to the control with hazelnut husk bulking agent. Although BA and hazelnut husk had the ability to absorb water, optimization of moisture reduction during composting seemed necessary due to evaporation and trapped moisture within the vessel composter, especially for BA-compost treatment. However, BA significantly increased the fertilizer value of compost during food waste composting. The concentration of major plant-available nutrients (N-P-K) in BA-compost was higher than in the control compost. It can be concluded that joint composting of organic and nutrient-rich wastes could be a viable strategy for sustainable waste management and efficient resource utilization to strengthen the sustainable development approach.

References

- [1] Li, Y., Jin, Y., Li, J., Chen, Y., Gong, Y., Li, Y., Zhang, J. (2016). Current situation and development of kitchen waste treatment in China. *Procedia environmental sciences*, 31, 40-49.
- [2] Jones, D. L., Healey, J. R. (2010). Organic amendments for remediation: putting waste to good use. *Elements*, 6(6), 369-374.
- [3] UNEP. 2021. Food Waste Index Report 2021. United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/35280>
- [4] Ozcicek-Dolekoglu, C., Var, I. (2019). Analysis of food waste in university dining halls: A case study from turkey. *Fresenius Environ. Bull*, 28, 156-166.
- [5] Buczacki, A., Gładysz, B., Palmer, E. (2021). HoReCa Food waste and sustainable development goals-A systemic view. *Sustainability*, 13(10), 5510.
- [6] Buneviciene, K., Drapanauskaite, D., Mazeika, R., Baltrusaitis, J. (2021). A mixture of green waste compost and biomass combustion ash for recycled nutrient delivery to soil. *Agronomy*, 11(4), 641.
- [7] Çimen, B. A., Akay, A. K., Sayinta, S. (2021). Application of organic waste compost in Seyhan region. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(1), 136-142.
- [8] Erguven, G., Kanat, G. (2020). Importance of solid waste management on composting, problems and proposed solutions: The case of Turkey. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 66-71.
- [9] Turp, G. A., Turp, S. M., Ozdemir, S., Yetilmmezsoy, K. (2021). Vermicomposting of biomass ash with bio-waste for solubilizing nutrients and its effect on nitrogen fixation in common beans. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101691.
- [10] Erdal, I., Demircan, V., Aynaci, D., Ekinci, K. (2017). Agro-economic analysis of compost derived from organic kitchen wastes. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, (II/2), 747-755.
- [11] Słowiecka, K., Liberti, F., Massoli, S., Bartocci, P., Fantozzi, F. (2022). Chemical and physical characterization of food waste to improve its use in anaerobic digestion plants. *Energy Nexus*, 5, 100049.
- [12] Dede, O. H., Dede, G., Ozdemir, S., Abad, M. (2011). Physicochemical characterization of hazelnut husk residues with different decomposition degrees for soilless growing media preparation. *Journal of plant nutrition*, 34(13), 1973-1984.
- [13] Abdullah, N., Chin, N. L., Mokhtar, M. N., Taip, F. S. (2013). Effects of bulking agents, load size or starter cultures in kitchen-waste composting. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2(1), 1-10.
- [14] Iqbal, M. K., Shafiq, T., Ahmed, K. (2010). Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost. *Bioresource Technology*, 101(6), 1913-1919.
- [15] Ozdemir, S., Dede, O. H., Dede, G. (2014). Comparison of the composting performance of four different sewage sludge amendments. *Compost science & utilization*, 22(4), 207-215.

Tarımsal Atıkların Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemi ile Bertarafı

1Ebru TÜRKAN * 1,2 Aliye Suna ERSES YAY

*1 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
54050 Sakarya, TÜRKİYE

*2 Sakarya Üniversitesi Araştırma Geliştirme ve Uygulama Merkezi (SARGEM),
Esentepe Kampüsü, 54050 Sakarya, TÜRKİYE

Özet

Tarımsal atığın hidrotermal karbonizasyonla temiz katı yakıtla dönüştürülmesi araştırılmıştır. Çalışma için tarımsal atık olarak pirinç kabuğu kullanılmıştır. Hidrotermal karbonizasyona parametre etkileri reaksiyon sıcaklığı (200, 220 ve 240 °C) bekleme süresi (0.5 ve 2 saat), katı/sıvı oranı (7%) ve pH etkisi incelenmiştir. Bu çalışma, reaksiyon parametrelerini optimize etmek ve elde edilen hidrokömür enerji değerlerini değerlendirmek için tarımsal atıktan hidrokömür üreterek enerji geri dönüşümüne odaklanmaktadır. Daha yüksek sıcaklık ve bekleme sürelerinde hidrotermal karbonizasyondan sonra karbon içeriği artmış ve kimyasal dönüşüm nedeniyle H/C ve O/C oranları düşmüştür. Hidrokömürlerin hem sıcaklık hem bekleme süresi ile artan karbon içeriği, enerji değerinde artışa neden olmuştur. Yüksek sıcaklıkta uzun reaksiyonlar kütle kaybına neden olarak hidrokömür veriminde azalmaya neden olmuştur. En yüksek enerji değeri 240 °C sıcaklıkta 2 saatlik deneyde 18,66 MJ/kg olarak bulunmuştur. Proses suyunun kimyasal oksijen ihtiyacı yaklaşık 22.000 – 30.000 mg/L aralığında olduğu bulunmuştur. Hidrokömürün özellikleri elementel analiz ve proximate analizler ile belirlenmiştir. Sonuçlar hidrotermal karbonizasyon yönteminin tarımsal atıktan alternatif yakıt üretmede yenilikçi bir teknoloji olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *hidrotermal karbonizasyon, pirinç kabuğu, hidrokömür, enerji*

Summary

The conversion of agricultural waste into clean solid fuel by hydrothermal carbonization has been investigated. Rice husk was used as agricultural waste for the study. Parameter effects on hydrothermal carbonization, reaction temperature (200, 220 and 240 °C), holding time (0.5 and 2 hours), solid/liquid ratio (7%) and pH effects were investigated. This study focuses on energy recycling by producing hydrochar from agricultural waste in order to optimize the reaction parameters and evaluate the hydrochar energy values obtained. At higher temperature and holding times, the carbon content increased after hydrothermal carbonization and the H/C and O/C ratios decreased due to chemical conversion. Increasing carbon content of hydrochar with both temperature and residence time caused an increase in energy value. Long reactions at high temperature

caused mass loss, resulting in a decrease in hydrochar yield. The highest energy value was found as 18,66 MJ/kg in a 2-hour experiment at 240 °C. It has been found that the chemical oxygen demand of the process water is in the range of approximately 22.000 – 30.000 mg/L. Properties of hydrochar were determined by elemental analysis and proximate analysis. The results show that the hydrothermal carbonization method is an innovative technology for producing alternative fuels from agricultural waste.

Keywords: *hydrothermal carbonization, rice husk, hydrochar, energy*

1. Giriş

Giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir. Biyokütle; her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezlenirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijen de atmosfere verilir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, karbondioksit salınımı açısından korunmuş olacaktır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de atık biyokütle bulabilme potansiyeli yüksektir.

Pirinç üretimin atığı olan kabuklar, üretimin fazla olduğu bölgelerde büyük alanları kaplayarak çevrenin bozulmasına neden olmaktadır. Pirinç genel olarak buğdaygiller familyasında yer alır, buğday ve mısır üretiminden sonra en fazla ekimi yapılmakta olan bir tahıl olarak bilinir. Pirinç kabuğu, pirincin büyümesi sırasında pirinç taneleri üzerinde oluşan doğal kılıflardır. Üretilen pirincin 20%’lik kısmını pirinç kabukları (kavuz) oluşturmaktadır (El-Shafey, 2010; Zhang vd., 2010). Gelişmekte olan ülkelerde bu kabuklardan yararlanabilmek için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Endüstriyel atık sularında bulunan metal maddeleri yok etme konusunda ve çevreye zarar vermesini önlemesi bakımından reçine ya da karbon kullanmak gıda ürünlerinden çıkan atıklar tercih edilir. Pirinç kabuğu da bu gıda atıklarından birisidir. Tavuk çiftliklerinde kümeslerde hayvanların altına serilir. Demir çelik tesislerin de soğutma işlemlerinde kullanılır. Çimento üretiminde, üretim hatlarında izolatör olarak kullanılır. Pirinç üretiminde aktif olarak pirincin kabuğundan ayırma sırasında oluşan suyu kurutmak için organik akaryakıt olarak kullanılmaktadır. Havai fişeklerde kaplama olarak kullanılmaktadır. Yalıtım malzemesi üretiminde; A sınıfı yalıtım malzemeleri üretiminde kullanılmaktadır. Pirinç kabuğu günlük yaşantıda temizlik ürünlerinin içerisinde tercih edilir. Ayrıca pirinç kabuğundan yağ da elde edilir. Bu elde edilen yağ kaliteli olmakla birlikte yemeklerde de kullanılabilir özelliğe sahiptir.

Pirinç kabuğundan çıkarılan yağ cilde son derece yarar sağlamaktadır (Beagle, E.C.1978).Pirinç kabukları, çöp depolama alanlarında da bertaraf edilmekte ve bu durum estetik kirlilik, ötrofikasyon ve akuatik hayatta sorunlar yaratmaktadır. Son yıllarda pirinç kabuğunun değerlendirilmesi gittikçe artmıştır. İnşaat ve kompost teknolojilerinde gübre olarak, tek hücre protein üretimi için mikrobiyal nutrient olarak kullanılmaktadır (Foo ve Hameed, 2009). Çevre dostu endüstrilere olan duyarlılığın artması ile birlikte, pirinç kabuklarından enerji elde edilmesine ilgi artmıştır ve yakıt olarak kullanılmaktadır. Pirinç kabuğu düşük nem içeriğine (10-8%) ve 12.1 ile 15.2 mJ/kg kalorifik değere sahiptir.

Diğer taraftan, atıkların enerji dönüştürülmesinde kullanılan teknolojinin basit ve çabuk uygulanabilir olması önemli bir faktördür çünkü bugüne kadar atık yönetiminde yaşanan en büyük sıkıntı kompleks teknolojilerin kurulmadan rafa kaldırılması olmuştur. Biyokütle dönüşümü için, uygulanan dört ana termokimyasal yöntem mevcuttur. Bunlar yanma, gazlaştırma, sıvılaştırma ve pirolizdir. Hepsinde farklı reaktörler kullanılmakta ve farklı işletim koşullarında çalışılmaktadır. Bunların sonucunda ise farklı özelliklere sahip ürünler elde edilmektedir. Son yıllarda milyonlarca yılda oluşan fosil yakıtların yerine geçecek yakıtın kömür kalitesinde laboratuvar şartlarında yüksek nem içerikli atıklardan birkaç saat içerisinde elde edilmesini sağlayan hidrotermal karbonizasyon (HTK) yöntemi hem akademisyenlerin hem de atık yöneticilerinin ilgisini çekmektedir. Hidrotermal karbonizasyon (HTK) termal dönüşüm metodu olup, kapalı sistemlerde basınç ve sıcaklığın etkisi ile tarımsal atık gibi su ve organik içeriği yüksek maddelerin hidroliz, susuzlaştırma, dekarboksilasyon, aromatikleştirme ve yeniden yoğunlaştırma reaksiyonları ile değerli ürünlere çevrilmesidir (Cui, X., Antonietti, M., Yu and S.H. 2006.). Ayrıca HTK işleminde reaksiyon ortamının su olması, zehirli çözücülere ihtiyaç duyulmaması, çıkış maddesinin fiyatının ve işletme maliyetinin düşük olmasından dolayı prosesin ucuz ve değiştirilebilir olması gibi avantajları mevcuttur (B. Hu, K. Wang, L. Wu, S. Yu, M. Antonietti, M.-M. Titirici). Hidrotermal dönüşüm, süperkritik şartlarda, kritik altı şartlarda ya da ılıman şartlarda gerçekleştirilebilmektedir (Schiffer, H. W., 2008.).

Bu çalışmada pirinç kabuğu atığının hidrotermal karbonizasyon yöntemiyle hidrokömür elde edilmesi amaçlanmıştır. HTK deneylerinde reaksiyon süresi, sıcaklık, atık/su oranlarının yakıt kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmada elde edilen bulgular bize arıtılması ve bertarafı zahmetli pirinç kabuğu atıklardan hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile karbon içeriği zengin yakıt üretebilme potansiyelini göstermektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Deneyisel çalışmalarda kullanılan tarımsal atık pirinç kabuğu (kavuz)dur. Pirinç kabuğunun özelliği proximate ve elementel analiz işlemleri yapılarak bulunmuştur. Nem muhtevası %55,15, uçucu katı madde %80,69, sabit katını madde %19,31 ve ham pirinç kabuğunun enerji değeri 16,15 MJ/kg proximate analiz sonuçlarıdır. Elementel analiz sonuçları incelenirse C %37,35, H %5,09, N %0,37, O %57,19 olduğu görülmektedir.

2.2. HTK Deneyleri

Hidrotermal karbonizasyon deneyleri, otojenik basınç altında 250 ml'lik paslanmaz çelik bir otoklavda gerçekleştirilmiştir (Resim1). Numune çelik reaktöre yerleştirildikten sonra, üstteki vidalar eşit şekilde sıkılmış ve reaktör bir ısıtıcıya yerleştirilmiştir. Tutma süresi ve sıcaklığın tercih edilen ayarlamaları, orantılı integral türev (PID) kontrol ünitesinde yapılmış ve reaksiyon işlemi başlatılmıştır. Reaktör önceden belirlenmiş sıcaklık değerine ısıtıldığında ve sıcaklığa ulaşıldığında, PID kontrol ünitesi üzerinde ayarlanan kalış süresi boyunca sıcaklık aynı seviyede tutulmuştur. Reaksiyon sürecinde manyetik karıştırıcı ile karıştırma sağlanmıştır.



Resim1. 250 ml manyetik karıştırıcılı PID kontrollü hidrotermal reaktör

Pirinç kabuğunun hidrotermal karbonizasyon ve optimizasyon deneyleri sırasında kullanılan atıklar 93 ml saf su ile karıştırılarak karışım hazırlanmıştır. Farklı sıcaklık ve reaksiyon sürelerinde deneyler yapılarak elde edilen hidrokömür özellikleri incelenmiştir. Reaksiyon sırasında biyokütle-su karışımı ısındıkça basınç kendiliğinden artmış ve basınca dışarıdan müdahale edilmemiştir. Reaksiyon sonrasında oluşan gaz, reaktör sıcaklığının oda sıcaklığına inmesi sonrasında gaz çıkış vanası tahliye edilmiştir. Değişen çalışma süreleri (0,5 saat ve 2 saat), sıcaklıklar (200 °C, 220 °C ve 240 °C) ve atık biyokütle-su karışımı oranı (%7) en iyi kömür kalitesini elde etmek için incelenmiştir.

2.3. Analitik Metotlar

AKM seti ile 0,47 µm cam filtre kağıdından süzülerek katı ve sıvı ürün birbirinden ayrılmıştır. HTK sonrası katı kısım olan hidrokömürün nem muhtevası, Toplam Katı Madde (TKM), Toplam Uçucu Katı Madde (TUKM), kül tayini, elementel analiz (C, H, O, N, S) ve enerji içeriğini belirleme (kalorifik değer) analizleri yapılmıştır. Nem, TKM, TUKM, kül tayini APHA (Amerikan Halk Sağlığı Derneği), AWWA (Amerikan Su İşleri Derneği) ve WPCF- 2012 (Su Kirliliği Kontrol Federasyonu, 2012) gibi düzenleyici kurumlar tarafından önerilen standart yöntemlere göre yapılırken, kalorifik değer için IKA C200 marka bomba kalorimetre kullanılmıştır. LECO, CHNS-932 marka elementel analiz cihazı ile ise karbon, hidrojen, azot ve oksijen elementleri ölçülmüştür. Sıvı ürün ise hacmi ölçüldükten sonra analizler için buzdolabında +4°C de muhafaza edilmiştir. Sıvı ürüne uygulanan Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) testleri Merck deney kitleri ile standart yöntemlere (APHA, AWWA ve WPCF-2012) göre gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon öncesi ve sonrası atık ile su karışımının pH ve iletkenlik ölçümleri HACH HQ40D dijital kanallı portatif multimetre cihazı ile yapılmıştır.

2.4. Formül ve Hesaplamalar

Pirinç kabuğu hidrotermal karbonizasyonundan sonra oluşan hidrokömürlerin yakıt özelliklerini belirlemek için hidrokömür verimi (HY), enerji yoğunlaştırma oranı (EDR) ve enerji verimi (EY) hesaplamaları yapılmıştır. Bu değerler karbonizasyondan elde edilen ürünleri kalite açısından tanımlamak ve numuneleri karşılaştırmak için önemlidir. Karbonizasyon prosesinin kütleye etkisini ortaya koyan hidrokömür verimi, hidrokömür kütlesinin ham pirinç kabuğu kütlesine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Denklem 1). Enerji yoğunlaştırma oranı, birim hacim başına depolanan enerji miktarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir ve hidrokömürdeki enerji değeri artışının görülmesini sağlar. Enerji yoğunlaştırma oranı, Denklem 2’de gösterildiği gibi, ürünün enerji değerinin ham pirinç kabuğunun enerji değerine oranını gösterir.

Enerji veriminde karbonizasyon sırasındaki kütle kaybı ve enerji yoğunlaşması aynı anda değerlendirilir. Enerji verimi, hidrokömür verimi ile enerji yoğunlaştırma oranını çarparak hesaplanmıştır (Denklem 3).

$$\text{Hidrokömür verimi (\%)} = (\text{hidrokömür kütlesi (gr)} / \text{ham PK kütlesi (gr)}) \times 100 \quad (1)$$

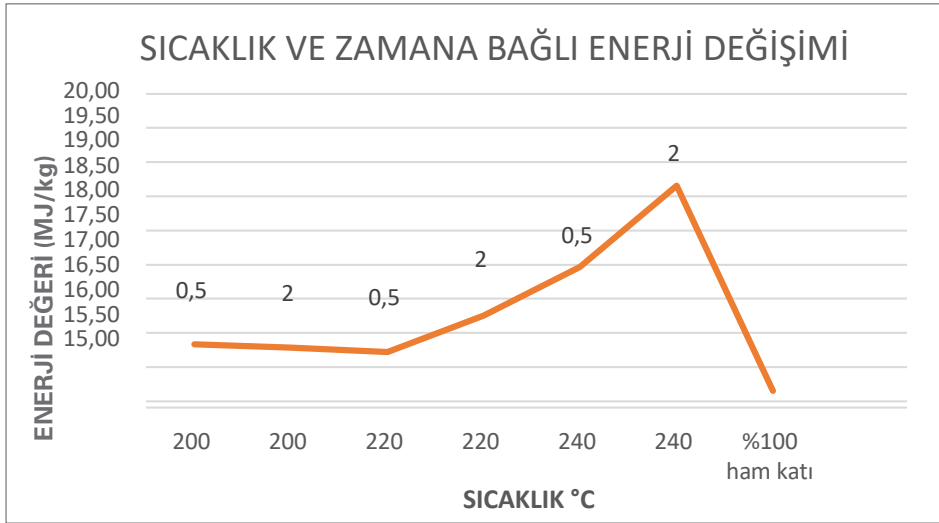
$$\text{Enerji yoğunlaştırma oranı} = \text{hidrokömür enerjisi} / \text{ham PK enerjisi} \quad (2)$$

$$\text{Enerji verimi (\%)} = \text{hidrokömür verimi (\%)} \times \text{enerji yoğunlaştırma verimi} \quad (3)$$

3. Sonuçlar ve Tartışmalar

3.1. Proses Parametrelerinin Etkileri

Pirinç kabuğunun hidrotermal karbonizasyon çalışmasında atık/su oranı %7 oranında 0,5-2 saat bekleme süresi ve 200 °C, 220 °C ve 240 °C sıcaklıklarda deneyler gerçekleştirilmiştir. %7 katı oranı ile yapılan pirinç kabuğu hidrotermal karbonizasyon çalışmaları sonucunda oluşan hidrokömürün temel analiz sonuçları Tablo 1.de verilmiştir. Elde edilen hidrokömür enerji değerleri 16.09 MJ/kg ile 18,66 MJ/kg arasında değişim göstermektedir (Şekil 1.).



Şekil 1. Hidrokömürün sıcaklık ve zamana bağlı enerji değeri değişimleri

Şekil 1.de görüldüğü üzere hidrokömür enerji değerleri üzerinde sıcaklık ve bekleme süresindeki artışların kısmen olumlu bir etkisi vardır. 240 °C sıcaklıktaki deneylerde bekleme süresi arttıkça hidrokömür enerji değerleri artmıştır. 0,5 saatlik deney sonucu oluşan hidrokömürde 17,46 MJ/kg enerji elde edilirken 2 saatlik deneyde 18,66 MJ/kg enerji elde edilmiştir. Bekletme süresi 2 saat olan deneylerde 200°C'den 240°C'ye artan sıcaklıklarda hidrokömürün

enerji değerleri 16,28 MJ/kg'dan 18,66 MJ/kg'a kadar artış göstermiştir. En yüksek hidrokömür enerji değeri 240°C sıcaklıkta 2 saat bekleme süresinde yapılan denemede 18,66 MJ/kg olarak elde edilmiştir.

Tablo 1. Hidrokömürün yaklaşık analiz sonuçları ve elementel analiz sonuçları

SICAKLIK °C	SÜRE saat	NEM Muhtevası %	UÇUCU Kattı %	SABİT Kattı %	ENERJİ Değeri (MJ/kg)	Hidrokömür Verimi (%)	Enerji Verimi (%)	Enerji Verimi(%)	%C	%H	%N	%O	H/C	O/C
200	0,5	64,95	73,64	26,36	16,33	68,29	1,01	69,06	34,95	4,54	0,29	60,22	1,5587983	1,2922747
200	2	61,62	74,45	25,55	16,28	67,13	1,01	67,69	37,86	4,69	0,3	57,15	1,4865293	1,1321315
220	0,5	60,24	73,02	26,98	16,22	64,68	1,00	64,97	37,92	4,56	0,29	57,23	1,443038	1,1319225
220	2	67,22	71,59	28,41	16,75	61,74	1,04	64,05	38,85	4,26	0,32	56,57	1,3158301	1,0920849
240	0,5	63,83	70,34	29,66	17,46	57,10	1,08	61,74	38,74	4,23	0,39	56,64	1,3102736	1,0965541
240	2	65,77	65,76	34,24	18,66	49,63	1,16	57,34	43,05	3,83	0,47	52,65	1,0675958	0,9172474

Enerji değerleri linyit (12-16 MJ/kg) ve bitümlü kömürlere (15-27 MJ/kg) yakın olup, pirinç kabuğu hidrokömürünün katı yakıt olarak kullanımı için potansiyel bir kaynak olduğunu doğrulamaktadır (Raheem vd., 2018). %7 katı/su oranında gerçekleştirilen hidrokömürlerin kül içeriği %25,55-%34,24 arasında değişmektedir (Tablo 1.). Hidrokömürleşmenin ardından kül içeriği artmıştır. Sıcaklık ve bekletme süresi arttıkça kül içeriği artmıştır. Hidrokömürlerdeki külün artışı uçucu madde kaybına, sıvı fazda organik bileşiklerin çözünmesine ve HTK sırasında kömür yüzeyindeki tuzların çökmesine bağlanabilmektedir (Zhang vd., 2014; Tasca vd., 2019). %7 katı oranı ile gerçekleştirilen deneylerde en yüksek hidrokömür verimi 200 °C 0,5 saatte (%68,29) gerçekleştirilen karbonizasyondan ve en düşük verim ise 240 °C 2 saatte (%49,63) gerçekleştirilen karbonizasyondan elde edilmiştir. En yüksek hidrokömür verimi 200°C sıcaklıktaki karbonizasyonda görülürken hidroliz ve oksijen tüketimi reaksiyonuyla biyokütle bileşeninin bozunmasına bağlı olarak artan reaksiyon sıcaklıklarında hidrokömür verimlerinde azalma meydana gelmiştir. Örneğin 2 saatlik bekletme süresi için reaksiyon sıcaklığının 200°C'den 240°C'ye yükselmesi pirinç kabuğu hidrokömür veriminde %67,13' den %49,63'e önemli bir düşüşle sonuçlanmıştır. Hidrokömür verimindeki düşüş yüksek sıcaklıklarda oksijen ve hidrojen içeriğinin azalmasıyla meydana gelen dehidrasyon, dekarboksilasyon ve uçucu madde dönüşümüne bağlanabilir (Peng vd., 2016). Enerji yoğunlaştırma oranı sıcaklığın yükselmesiyle artış göstermiştir. 220 °C sıcaklıkta 0,5 saatlik deneyde 1,00 iken 240 °C sıcaklıkta 0,5 saatlik deneyde 1,08 değerine yükselmiştir. Tablo 2.de görüldüğü üzere artan sıcaklıklarda enerji yoğunlaştırma değerlerinde de artış gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Hidrokömür pH ve İletkenlik Ölçümleri

SICAKLIK (°C)	SÜRE (saat)	pH (giriş)	pH (çıkış)	iletkenlik(giriş) (µS/cm)	İletkenlik(çıkış) (µS/cm)
200	0,5	6,17	3,47	179,1	1142,67
200	2	6,56	3,56	199,2	1093
220	0,5	5,95	3,5	107,9	1438
220	2	6,36	3,5	220,9	1347,67
240	0,5	6,06	3,36	149,4	1325,67
240	2	6,45	3,29	207,9	1066,67

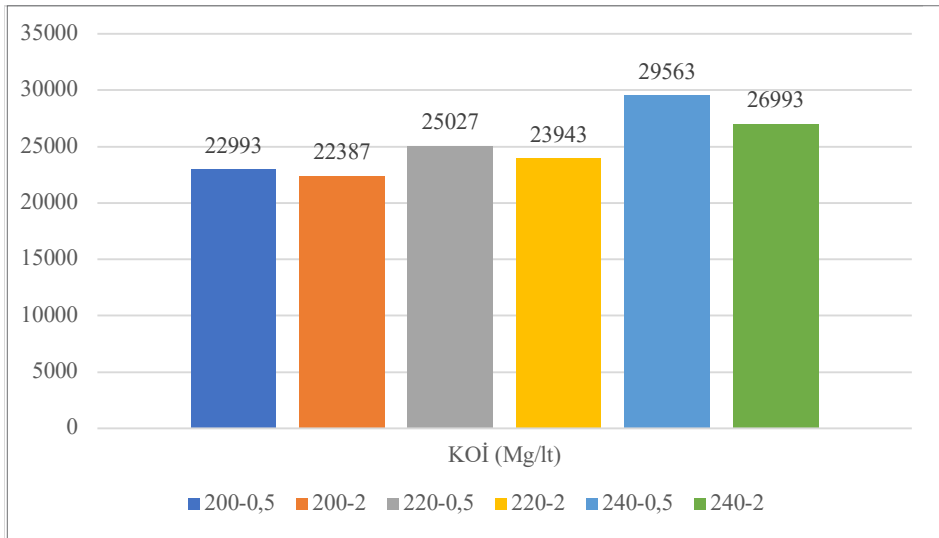
3.2. Hidrokömür karakteristiği

Pirinç kabuğu hidrokömürlerinin elementel analiz sonuçları Tablo 1.de verilmiştir. Hidrokömürlerdeki karbon içeriği %34 - %44 aralığında

değişmektedir. Sıcaklık artışıyla karbon artışı görülürken reaksiyon süresinin artması da karbon oranını olumlu yönde etkilemiştir. 220 °C ve 240 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilen 2 saatlik reaksiyonlarda karbon içeriği artarken oksijen içeriği azalmıştır. Oksijen içeriği artan sıcaklıkla nispeten azalmaktadır. En yüksek enerji değerine sahip olan hidrokömür karbon içeriği ham arıtma çamuruna göre %20,72 artmıştır. H/C ve O/C oranlarındaki azalma, yüzeydeki oksijenli fonksiyonel grupların kaybı anlamına gelmekte ve oksijen fonksiyonel grupları hidrofilik olduğundan hidrokömürün hidrofobikliğini arttırmaktadır (Fang vd., 2018). Ham pirinç kabuğuna göre H/C oranları tüm hidrokömürlerde düşüş göstermektedir. O/C oranları 0,5 saatte (200 °C ve 220 °C sıcaklıkta) ve 2 saatte (220 °C ve 240 °C sıcaklıkta) elde edilen hidrokömürlerde düşmüştür. En düşük O/C oranı ise 240 °C sıcaklıkta 2 saatlik reaksiyon sonucu elde edilmiştir.

3.3. Proses Suyu

Pirinç kabuğu hidrotermal karbonizasyonu sonrası elde edilen sıvı ürüne KOİ analizi yapılmıştır (Şekil 2.). En düşük KOİ değeri 200 °C sıcaklıkta 2 saatlik reaksiyon sonucunda 22386 mg/lit olarak ölçülmüştür. En yüksek KOİ değeri ise 240 °C sıcaklıkta 0,5 saatlik reaksiyon sonucunda 29563 mg/lit olarak ölçülmüştür. Tüm deneyler sonucunda yapılan ölçümlerden elde edilen KOİ değeri 25993 mg/lit olarak bulunmuştur. Bekletme süresi ve sıcaklık arttıkça elde edilen sıvı ürün daha fazla kirletici yüke sahip olmaktadır.



Şekil 2. Hidrotermal karbonizasyon sonrası proses suyunun KOİ sonuçları

Pirinç kabuğunun karbonizasyonu sırasında pH ve iletkenlik değişiklikleri Tablo 2.de verilmiştir. %7 katı oranında yapılan tüm deneylerde pH değeri düşmüştür. Yüksek sıcaklıklarda organik maddelerin dekarboksilasyonu ve bozunması ile üretilen organik asitlerin varlığı proses suyunun pHsının düşmesini açıklamaktadır (Liu vd., 2017). İletkenlik değeri reaksiyon sıcaklığının artmasıyla birlikte artış göstermiştir. Bu durum bazı organik maddelerin ayrışırken tuzların suda çözünmesine ve sıvı faza metal geçişine bağlanabilmektedir (Sumida vd., 2013; Escala vd., 2013).

4.Sonuç

Sonuç olarak, tarımsal atıktan oluşan katı ve sıvı atığın değerlendirilmesi sonrası linyit kömür benzeri enerji değerine sahip ürün elde edilebileceği görülmektedir. Pirinç kabuğundan enerji geri kazanımı atık yükünü azaltmak için önemli bir öneri olmakla beraber büyük ölçekli çalışmalarla desteklenmelidir.

Referanslar

- [1] El-Shafey E.I., Removal of Zn(II) and Hg(II) from aqueous solution on a carbonaceous sorbent chemically prepared from ricehusk, *Journal of Hazardous Materials*, 175, 319–327, (2010).
- [2] Zhang H., Zhao X., Ding X., Lei H., Xue C., Dongmin A., Yunling L., Wang Z., A study on the consecutive preparation of D-xylose and pure superfine silic from ricehusk, *Bioresource Technology*, 101, 1263–1267, (2010).
- [3] Beagle, E.C., 'Rise husk conversion to energy', FAO Agricultural Services bulletin 31, Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome, 1978
- [4] Foo K.Y., Hameed B.H., Utilization of ricehusk ash as novel adsorbent: A judicious recycling of the colloidal agricultural waste, *Advances in Colloid and Interface Science*, 152, 39–47, (2009).
- [5] Cui, X., Antonietti, M., Yu and S.H. 2006. Structural Effects of Iron Oxide Nanoparticles and Iron Ions on the Hydrothermal Carbonization of Starch and Rice Carbohydrates. *Small*, Vol.2 (6); pp.756–759.
- [6] B. Hu, K. Wang, L. Wu, S. Yu, M. Antonietti, M.-M. Titirici, Engineering carbon materials from the hydrothermal carbonization process of biomass, *Adv. Mater.*
- [7] Raheem, A., Sikarwar, V.S., He, J., Dastyar, W., Dionysiou, D.D., Wang, W., Zhao, M., 2018. Opportunities and challenges in sustainable treatment and resource reuse of sewage sludge: A review. *Chem. Eng. J.* 337, 616–641. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.12.149>
- [8] Zhang, J. hong, Lin, Q. mei, Zhao, X. rong, 2014. The hydrochar characters of municipal sewage sludge under different hydrothermal temperatures and durations. *J. Integr. Agric.* 13, 471–482. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60702-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60702-9)
- [9] Tasca, A.L., Puccini, M., Gori, R., Corsi, I., Galletti, A.M.R., Vitolo, S., 2019. Hydrothermal carbonization of sewage sludge: A critical analysis of process severity, hydrochar properties and environmental implications. *Waste Manag.* 93, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.027>

- [10] Peng, C., Zhai, Y., Zhu, Y., Xu, B., Wang, T., Li, C., Zeng, G., 2016. Production of char from sewage sludge employing hydrothermal carbonization: Char properties, combustion behavior and thermal characteristics. *Fuel* 176, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.02.068>
- [11] Fang, J., Zhan, L., Ok, Y.S., Gao, B., 2018. Minireview of potential applications of hydro-char derived from hydrothermal carbonization of biomass. *J. Ind. Eng. Chem.* 57, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.08.026>
- [12] Liu, M., Duan, Y., Bikane, K., Zhao, L., 2017. Effect of waste liquid produced from the hydrothermal treatment of both low-rank coal and sludge on the slurryability of coal sludge slurry. *Fuel* 203, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.04.091>
- [13] Sumida H, S.X., Sumida H, Y.K., 2013. Effects of Hydrothermal Process on the Nutrient Release of Sewage Sludge. *Int. J. Waste Resour.* <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000124>
- [14] Escala, M., Zumbühl, T., Koller, C., Junge, R., Krebs, R., 2013. Hydrothermal carbonization as an energy-efficient alternative to established drying technologies for sewage sludge: A feasibility study on a laboratory scale. *Energy and Fuels* 27, 454–460. <https://doi.org/10.1021/ef3015266>

Tavuk Endüstrisi Atıklarından Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemi ile Enerji Elde Edilmesi

*1,3 Ercan AKCAN, 2 Sebile AÇIKALIN ,
2,3A. Suna ERSES YAY

*1 Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Sistemleri,
Türkiye

*2 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Türkiye

*3 Sakarya Üniversitesi Araştırma Geliştirme ve Uygulama Merkezi
(SARGEM), Esentepe Kampüsü, 54050 Sakarya, TÜRKİYE

Özet

Tavuk endüstrisinden kaynaklanan atıkların hidrotermal karbonizasyonla temiz katı yakıtta dönüştürülmesi araştırılmıştır. Bu çalışma, reaksiyon parametrelerini optimize etmek ve elde edilen hidrokömür enerji değerlerini değerlendirmek için tavuk endüstrisi atıklarından hidrokömür üreterek enerji geri dönüşümüne odaklanmaktadır. Reaksiyon sıcaklığı (180°C, 200°C, 220°C) ve bekleme süresinin (2 saat, 4 saat) hidrotermal karbonizasyona etkileri çalışılmıştır. İlk olarak 40 günlük kesime hazır tavukların altlığından alınan 17 MJ/kg enerji değerine sahip altlık (dışkı ve idrar içeren çeltik kavuzu) hammadde olarak kullanılmıştır. Su yerine tavuk yataklarının yıkanmasından kaynaklanan atıksu kullanılarak, 250°C sıcaklık ve 8 saatlik HTK ile elde edilen hidrokömürün enerji içeriği 24,6 MJ/kg'a yükselmiştir. Ayrıca, tavuk altlık atıklarından enerji elde eden tesisten temin edilen atıklar ile de HTK deneyleri yapılmıştır. Hidrokömür enerji değerleri üzerinde sıcaklık ve bekleme süresindeki artışların kısmen olumlu bir etkisi olmuştur. En yüksek enerji değeri 220 °C sıcaklıkta 4 saatlik bekleme süresinde $16,69 \pm 0,30$ MJ/kg olarak ölçülmüş ve ham tavuk atığına oranla %19 artış göstermiştir. En yüksek enerji yoğunlaştırma oranı olan 1,19 değeri yine aynı şartlarda 220 °C de 4 saatlik reaksiyon sonrası elde edilmiştir. Sonuçlar hidrotermal karbonizasyon yönteminin enerji tesislerine entegre edilerek bertaraf edilen tavuk atıklarını değerlendirilebilecek yenilikçi bir teknoloji olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *hidrotermal karbonizasyon, tavuk endüstrisi atıkları, enerji, hidrokömür*

Abstract

The conversion of waste from the chicken industry into clean solid fuel by hydrothermal carbonization has been investigated. This study focuses on energy recovery by producing hydrochar from chicken industry wastes to optimize the operational parameters and evaluate the hydrochar energy values obtained. The effects of reaction temperature (180°C, 200°C, 220°C) and retention time (2 hours, 4 hours) on hydrothermal carbonization were studied. In the preliminary study, litter (rice husk containing feces and urine) with an energy value of 17 MJ/kg taken from the litter of chickens

ready for slaughter at 40 days was used as raw material. By using wastewater from washing chicken bedding instead of water, the energy content of hydrochar obtained with 250 °C temperature and 8 hours of HTC increased to 24.6 MJ/kg. In addition, HTC experiments were also carried out with the wastes obtained from the biomethanization plant which generates energy from chicken litter waste. Increases in temperature and retention time had a partially positive effect on hydrocoal energy values. The highest energy value was measured as 16.69 ± 0.30 MJ/kg in a 4-hour holding period at 220 °C and increased by 19% compared to raw chicken waste. The highest energy concentration ratio of 1.19 was obtained after 4 hours of reaction at 220 °C under the same conditions. The results show that the hydrothermal carbonization method is an innovative technology that can be integrated into power plants and utilized for disposal of chicken waste.

Key Words: *hydrothermal carbonization, poultry industry waste, energy, hydrochar*

1. Introduction

Nüfus artışına bağlı olarak besin ihtiyacında görülen artış uygun fiyatı nedeniyle kümes hayvanı üretimini de olumlu olarak etkilemiştir. Sağlıklı ve lezzetli olmasının yanı sıra ekonomik bir besin kaynağı olması ve kısa üretim süreleri nedeniyle de sıklıkla tercih edilen tavuk etinin Türkiye'deki tüketimi 90'lı yıllardan bu yana büyük oranda artış göstermiştir. 2022 yılı ocak ayında bir önceki yılın aynı ayına göre hindi eti üretimi %25,2, kesilen tavuk sayısı %15,6, tavuk eti üretimi %15,1 artmıştır. 2022 yılı Ocak ayında Tavuk eti üretimi 199 bin 454 ton, tavuk yumurtası üretimi 1,67 milyar adet olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2022). Daha sağlıklı ve dengeli bir beslenme için büyük önem taşıyan tavuk etinin tüketiminin önümüzdeki dönemde de artışını sürdüreceği ve 2025 yılında kişi başı 30 kg seviyelerine çıkacağı öngörülmektedir (Güçükoğlu ve ark., 2019).

Tavuk üretiminin artışıyla beraber tavuk üretiminden ortaya çıkan atık miktarı da artmaktadır. Tavuk atığı denildiği zaman sadece ayrışmaya uğrayan besinlerden arta kalan posa ve metabolizma artıklarından ibaret olan tavuk dışkısı değil, aynı zamanda kümeslerde kullanılan yataklık malzemesiyle birlikte oluşan karışım da ifade edilmektedir. Tavuklardan elde edilen atığın miktarı, bileşimi ve değeri; hayvanın tipi, ağırlığı, yediği yemin bileşimi ve miktarı ile birlikte kümeste kullanılan yataklığın cinsi ve miktarına da bağlı olarak değişmektedir. Bu atık karışımı içerisindeki tavuk gübresi, çözünmemiş ve çözülmüş organik maddeler, polisakkaritler, yağ ve proteinler, uçucu yağ asitleri ve çevresel açıdan önemli inorganik bileşiklerden oluşmakta olup kompleks yapıda bir substrat olarak nitelendirilebilmektedir. Genel olarak yapısında, %10 ham selüloz, %26 kül, %33 ham protein, %10 gerçek protein, %2,6 eter ekstratı, %3-6 toplam azot ve %3 P₂O₅ bulunmaktadır.

Tavuk atığı biyogaz üretiminde, doğal gübre olarak, mantar üretiminde, larva üretiminde substrat olarak veya geviş getiren hayvanlarda yem olarak kullanılabilir (Yenilmez vd. 2012). Ancak yıllar içerisinde artan tavuk miktarı ile organik gübre olarak kullanımı çevresel açıdan sınırlandırılmış ve bertarafı zorunlu bir atığa dönüşmüştür. Tavuk çiftlikleri merkezlerden uzak ve ayrıntı olduğundan, koku ve gaz emisyonları problemleri, patojenlerin hastalık yapması ve sızıntı sularının yeraltı sularına karışması dolayısı ile bu atıkların çevre ve insan sağlığı açısından denetim altına alınması gereken öncelikli problemidir. Yönetmelikler ve otoriteler, üreticilere bu atığın yönetilmesi gerektiğini deklare etse de pratikte nasıl yönetilebileceği konusunda bilgi veremedikleri gibi kontrol sağlayamadıklarından bu atıklar ülkemizde gelişigüzel bertaraf edilmektedir. Enerji içeriğinin yüksek olması dolayısı ile enerji elde ederken atığı bertaraf etmede piroliz, yakma ve biyogaz üretimi gibi metotlar uygulanmakta olup, yeni gelişen hidrotermal karbonizasyon yöntemi (HTK) tavuk kümesi altlığı için yeni bir araştırma alanı olup, sonuçları heyecan vericidir. Yanma, piroliz veya gazlaştırma süreçleriyle ısı, elektrik, yakıt gazı ve biyokömür oluşturma potansiyeli vardır (Dalólio vd. 2017). Tavuk atığında bulunan nem miktarı termokimyasal dönüşüm yöntemleri öncesinde kurutmayı gerektirmektedir. Hidrotermal karbonizasyonda tavuk gübresi su ile birlikte reaksiyona girdiğinden ayrıca bir kurutma ihtiyacı yoktur. Hidrotermal karbonizasyon (HTK) düşük sıcaklıklarda kömür benzeri ürünler elde edilebilen bir prosesdir. Su ve atığın otojen basınç altında ısıtılması ile hidrokömür elde edilmektedir. Hidrotermal karbonizasyon, orta sıcaklıklarda (180-350 °C) (He ve ark., 2013), otojen basınç altında (2-10 MPa) (Mumme ve ark., 2011), kısa reaksiyon sürelerinde (1-12 saat) (Libra ve ark., 2011), kritik altı su ortamında (Funke ve ark., 2010) gerçekleşen termokimyasal bir dönüşüm teknolojisidir.

Literatürü incelediğimizde, özellikle 2016-2018 yılında yapılan birkaç laboratuvar ölçekli çalışma ile tavuk altlık atığının biyokömüre dönüşme potansiyeli kanıtlanmakla birlikte her atığın oluştuğu yer ile atığın içeri ve dolayısı ile oluşacak biyokömürün kalitesi değişeceğinden tavuk altlık atığının hidrokarbonizasyon teknolojisi optimizasyon çalışmaları hala gelişim aşamasındadır. Singh vd. (2010), yaptıkları çalışmada yatak altlığı olarak çam talaşı kullanılan tavuk gübresinin 300 °C hızlı ısıtma oranında pirolizi sonucunda 17,39 MJ/kg enerji elde etmişlerdir. Mau ve arkadaşları tavuk gübresinin 250 °C sıcaklıkta 1 saat hidrotermal karbonizasyonu sonrasında elde ettikleri hidrokömürün enerji değerini 24,4 MJ/kg olarak hesaplamışlardır. Ghanim ve arkadaşları (2017), kanatlı hayvan atıklarından hidrokömür elde ettikleri çalışmada pH etkisini incelemek için asetik asit ve sülfürik asit kullanarak 200 °C sıcaklıkta 2 saat reaksiyon süresinde farklı denemeler gerçekleştirmiştir. Ham tavuk gübresinin enerji

değerini 17,1 MJ/kg, asit eklenmeyen örnek numunenin enerji değerini 21,9 MJ/kg olarak bulmuşlardır. Asetik asit ekleyerek pH değerini 4'e ayarladıkları denemelerde 23,90 MJ/kg ve sülfürik asit ilavesi ile pH 4 değerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarda 24,23 MJ/kg enerji elde etmişlerdir. Ghanim vd. yaptıkları bir diğer çalışmada sıcaklık ve bekletme sürelerinin tavuk gübresinin HTK'sına etkisini incelemişlerdir. Elde ettikleri hidrokömürün enerji değeri 17,25-25,17 MJ/kg arasında değişmektedir. En yüksek verimi 250 °C de 8 saat reaksiyon süresinde elde etmişlerdir. Genel olarak enerji değerinin 250 °C den sonra düştüğü görülmektedir. Kantarlı ve arkadaşları yaptıkları çalışmada tavuk atığından enerji değeri olan katı ürün elde etmek için hidrotermal karbonizasyon ve piroliz çalışmaları yapmışlardır. Hidrotermal karbonizasyonun enerji yoğunluğu açısından, pirolizin ise enerji veriminde daha başarılı olduğu görülmüştür. 200 °C üzerinde gerçekleştirilen HTK çalışmalarında linyite yakın enerji elde edilirken, 250 °C den yüksek sıcaklıkta piroliz sonrasında bitümlü kömüre yakın enerji değerleri ölçülmüştür. 225 °C de 30 dakika HTK sonrası 21,8 MJ/kg enerji içeren hidrokömür elde edilmiştir. 300 °C de 1 saat süren piroliz sonrası 20,3 MJ/kg enerji ölçülmüştür. Mau ve arkadaşları tavuk atıklarının 450 °C de pirolizi sonucu elde edilen biyokömür ile farklı sıcaklıklarda HTK sonrası elde edilen hidrokömürün enerji değerlerini araştırdılar. 250 °C de üretilen hidrokömürün enerji yoğunluğunun biyokömüre oranla daha fazla olduğu, %24 daha yüksek net enerji elde edildiği görülmüştür. 180, 200 ve 220 °C de hidrokömürün yanma davranışları orijinal atığına benzemektedir. Diğer taraftan 250 °C de üretilen hidrokömür (22,4 MJ/kg) ve 450 °C de üretilen biyokömür (20,6 MJ/kg) enerji değerleri düşük bitümlü kömüre benzemektedir.

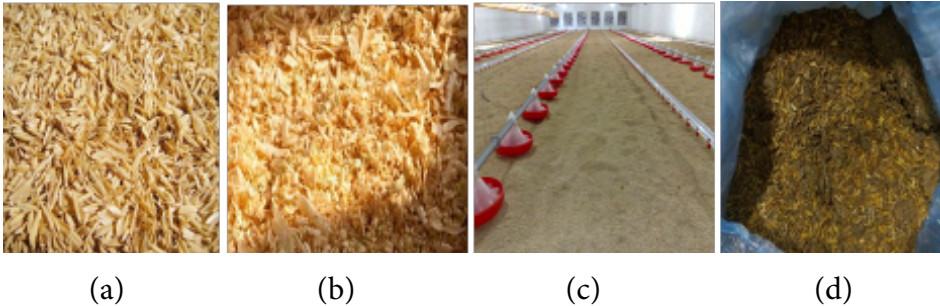
Diğer taraftan dünya genelinde en yaygın olarak tavukçuluk atıkları biyokimyasal proses olan anaerobik arıtımla enerjiye dönüştürülmektedir (Onwosi vd., 2020; Manogaran vd., 2022). Hassanein ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ayda 11,2 ton kümes hayvanı altlığını işleyen 400 m³ anaerobik çürütme sistemi ile ortalama 112 L CH₄/kg uçucu katı madde elde ederken metan miktarı 22 ay sonunda 222 L CH₄/kg uçucu katı maddeye yükselmiştir (Hassanein vd., 2022). Zahadi vd. kanatlı gübresi ile yapılan anaerobik arıtma çalışmasında mezofilik ve termofilik koşullar altında sırasıyla 285,3 ml CH₄/gr uçucu katı madde ve 239,6 ml CH₄/gr uçucu katı madde elde etmiştir (Zahedi vd., 2022). Anaerobik arıtım tesislerinde çıkıştaki katılar ikinci bir sindiriciye koyulabilir ve doğrudan veya posa işleminden sonra yeniden işletmeye alınabilir. Posa işlemi sürecinden sonra katılar gübre veya hayvan yemi olarak kullanılabilir veya katılara ısıl dönüşüm uygulanabilir. Suyun üstünde yüzen kısımlar yeniden işletmeye alınabilir, gübre olarak kullanılabilir, hayvan yemi olarak kullanılabilir veya elden çıkarma için uygun bir şekilde işletilir (M.S. Ekinci, 2007). Bu çalışmada, alternatif bir

yöntem olarak tavuk gübresinden biyogaz elde edilen elektrik enerjisi üretim tesisinden atık olarak çıkan posalar HTK teknolojisiyle değerlendirilmiştir.

Özetle bu çalışmanın konusu, bertarafında ülkemizde de büyük problemler yaşanan tavuk altlık atıklarının üretildikleri yerde basit, uygulanabilir ve çevresel sorunlar yaratmadan hidrotermal karbonizasyon prosesi ile karbon ve enerji içeriği yüksek biyokömüre nasıl dönüştürülür sorusunun cevabını aramaktır. Çalışmanın ana amacı, kirletici yükü ve su muhtevası yüksek olmasından dolayı artılmasında problemler yaşanan tavuk endüstrisi atıklarının hidrotermal karbonizasyon yöntemi (HTK) ile ısı değeri yüksek hidrokömüre dönüştürülmesi, seçilen atık biyokütle türü için laboratuvar ölçekli hidrotermal karbonizasyon reaktöründe, reaksiyon süresi, sıcaklık gibi proses parametrelerinin hidrokömür oluşumuna ve ısı değere etkilerinin belirlenmesidir. Tavuk endüstrisi atığı olarak, tavuk çiftliğinden temin edilen tavuk yatak altlıklarında bulunan çeltik kavuzuyla (pirinç kabuğu) karışık halde dışkı, idrar içeren atık ile bu tavuk altlık atıklarının anaerobik arıtılması sonucu oluşan ve biyogazı alınmış atık çamur kullanılmıştır.

2. Materials and Methods

Tavuk altlık atıkları Sakarya'da bulunan tavuk yetiştirme çiftliğinden elde edilmiştir. Tesiste alt zemine talaş veya pirinç kabuğu çeltik kullanılarak (Şekil 1.) gelen yeni civcivlere bir tabaka oluşturulmakta, yaklaşık 42 gün içerisinde kesilecek duruma gelen tavukların bu geçen süre zarfında çeltik üzerinde bıraktıkları dışkıları çeltikle karışmaktadır. Bu atık karışımı (dışkı ve idrar içeren çeltik kavuzu) çalışmada kullanılmış ve enerji değeri 17 MJ/kg ölçülmüştür.

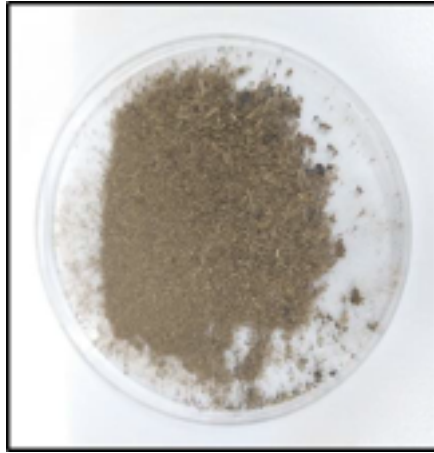


Şekil 1. (a) Pirinç kabuğu-çeltik, (b) Talaş, (c) Talaş veya Çeltikle kaplı tavuk yetiştirme çiftliği (d) 42 günlük tavuk altlığından elde edilmiş gübre çeltik karışımı atık

Çalışmada ayrıca, biyogaz üretiminden sonra proses sonrası bertaraf edilen atıklar hidrotermal karbonizasyonda hammadde olarak kullanılmıştır. Sıvı halde anaerobik arıtım sonrası elde edilen digested tavuk atığı Kandıra, İzmit'te bulunan biyogazdan enerji elde eden bir tesisten temin edilmiştir. Anaerobik ayrışma sonucu oluşan stabilize tavuk atıklarının yaklaşık analiz sonuçları Tablo 1. de verilmiştir.

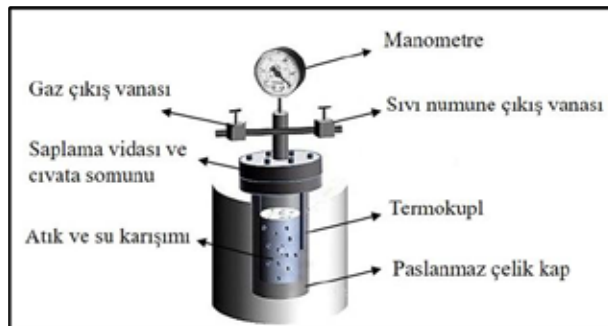
Tablo 1. Ham tavuk atıklarının yaklaşık analiz sonuçları ve enerji değeri

Toplam Katı Madde (%)	Nem Muhtevası (%)	Uçucu Katı (%)	Sabit Katı (%)	Enerji Değeri (MJ/kg)
7,97	92,03	60,98	39,02	14,03 ± 0,16



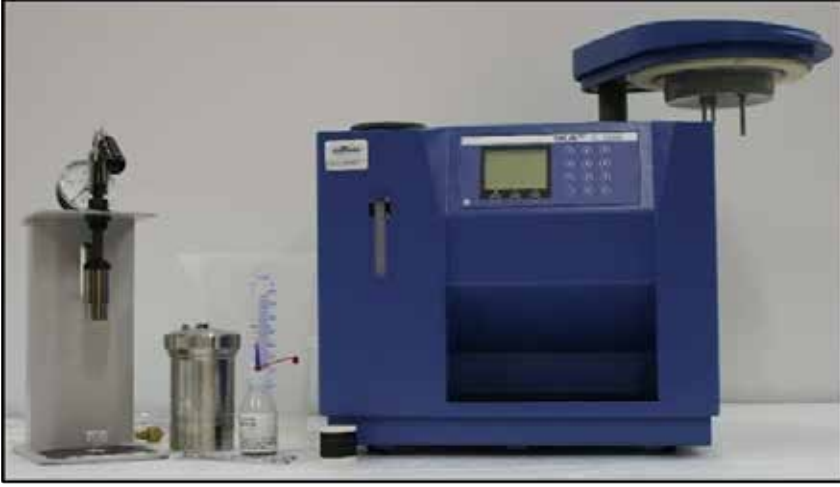
Şekil 2. Tavuk gübresinin ham hali (kurutulmuş)

Hidrotermal karbonizasyon çalışmaları 250 ml lik paslanmaz çelik hidrotermal karbonizasyon reaktöründe farklı sıcaklık (180 °C, 200 °C, 220 °C) ve bekleme sürelerinde (2 saat, 4 saat) gerçekleştirilmiştir. HTK reaktörünün şematik gösterimi Şekil 3. te verilmiştir.



Şekil 3. Hidrotermal karbonizasyon reaktörü şematik gösterimi

Atıkların hidrotermal karbonizasyonu sonrası oluşan reaktördeki karışım AKM seti ile 0,47 µm (glass fiber) cam filtre kağıdından süzülerek katı ve sıvı ürün birbirinden ayrılmıştır. Katı ürün etüvde kurutulmuş ve elde edilen hidrokömürün enerji değeri, İKA C-200 model bomba kalorimetre kullanılarak ölçülmüştür. Deneyler 3 tekrarlı yapılmıştır. Bomba kalorimetre Şekil 4. te verilmiştir.



Şekil 4. İKA C-200 bomba kalorimetre

Atıkların hidrotermal karbonizasyonu sonrası oluşan hidrokömürlerin yakıt karakteristiklerini belirlemek için hidrokömür verimi, enerji yoğunlaştırma oranı ve enerji verimi hesaplamaları yapılmıştır. Bu değerler karbonizasyondan elde edilen ürünleri kalite açısından tanımlamak ve numuneleri karşılaştırmak için önemlidir. Karbonizasyon prosesinin kütleyle etkisini ortaya koyan hidrokömür verimi, hidrokömür kütesinin ham atık kütesine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Denklem 1.1). Enerji yoğunlaştırma oranı, birim hacim başına depolanan enerji miktarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir ve hidrokömürdeki enerji değeri artışının görülmesini sağlar. Enerji yoğunlaştırma oranı, Denklem 1.2’de gösterildiği gibi, ürünün enerji değerinin ham atığın enerji değerine oranını gösterir. Enerji veriminde karbonizasyon sırasındaki kütle kaybı ve enerji yoğunlaşması aynı anda değerlendirilir. Enerji verimi, hidrokömür verimi ile enerji yoğunlaştırma oranını çarparak hesaplanmıştır (Denklem 1.3).

$$\text{Hidrokömür verimi}(\%) = [\text{hidrokömürkuru}(\text{gr}) / \text{biyokütlekuru}(\text{gr})] \times 100 \quad (1.1)$$

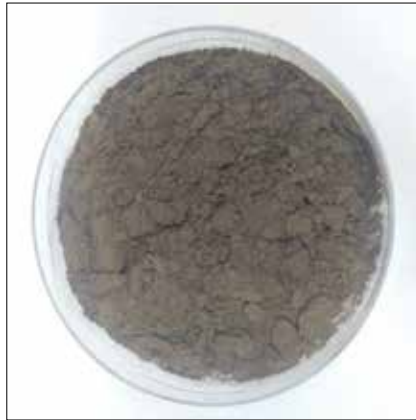
$$\text{Enerji yoğunlaştırma oranı} = \text{HHVbiyokömür} / \text{HHVbiyokütle} \quad (1.2)$$

$$\text{Enerji verimi}(\%) = \text{Hidrokömür verimi} \times \text{Enerji yoğunluğu} \quad (1.3)$$

3. Results and Discussion

Yapılan ön çalışmada 40 günlük kesime hazır tavukların altlığından alınan 17 MJ/kg enerji değerine sahip altlık (dışkı ve idrar içeren çeltik kavuzu) 250 °C sıcaklık ve 30 dakikalık HTK reaksiyonu sonrasında 23,3 MJ/kg enerjiye sahip hidrokömüre dönüşmüştür. 250 °C sıcaklık ve 8 saatlik çalışma sonucunda ise enerji değeri 23,4 MJ/kg olarak ölçülmüştür. Su yerine tavuk yataklarının yıkanmasından kaynaklanan atıksu kullanılarak yapılan 250 °C sıcaklık ve 8 saatlik HTK sonucunda enerji içeriği 24,6 MJ/kg'a yükselmiştir.

Ön çalışma sonrası tavuk gübresinden enerji elde edilen biyogaz tesisinden temin edilen atıklar ile hidrotermal karbonizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Tavuk gübresi atığının hidrotermal karbonizasyon çalışmasında su eklenmeden sıvı haldeki karışım kullanılmıştır. 2 saat ve 4 saat bekletme süresi ve 180 °C, 200 °C ve 220 °C sıcaklıklarda deneyler gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.te HTK sonrası tavuk gübresi görülmektedir. Elde edilen hidrokömür, toprağa benzeyen ince toz yapıda oluşmuştur.



Şekil 5. Tavuk Gübresi HTK Sonrası

Çalışmada hidrotermal karbonizasyon sonrası elde edilen karışım filtre seti ile ayrıldıktan sonra elde edilen katı ve sıvı ürün Şekil 6 ve Şekil 7. de görülmektedir.



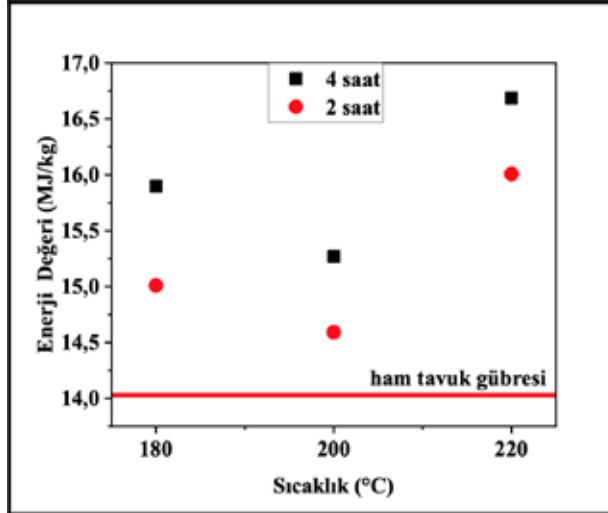
Şekil 6. HTK sonrası katı ürün Şekil 7. HTK sonrası sıvı ürün

Tavuk atığı hidrotermal karbonizasyon çalışmaları sonucunda oluşan hidrokömürün temel analiz sonuçları Tablo 2.de verilmiştir. Elde edilen hidrokömür enerji değerleri $14,59 \pm 0,05$ MJ/kg ile $16,69 \pm 0,30$ MJ/kg arasında değişmiştir

Tablo 2. Tavuk atığı hidrokömürü temel analiz sonuçları ve enerji değerleri

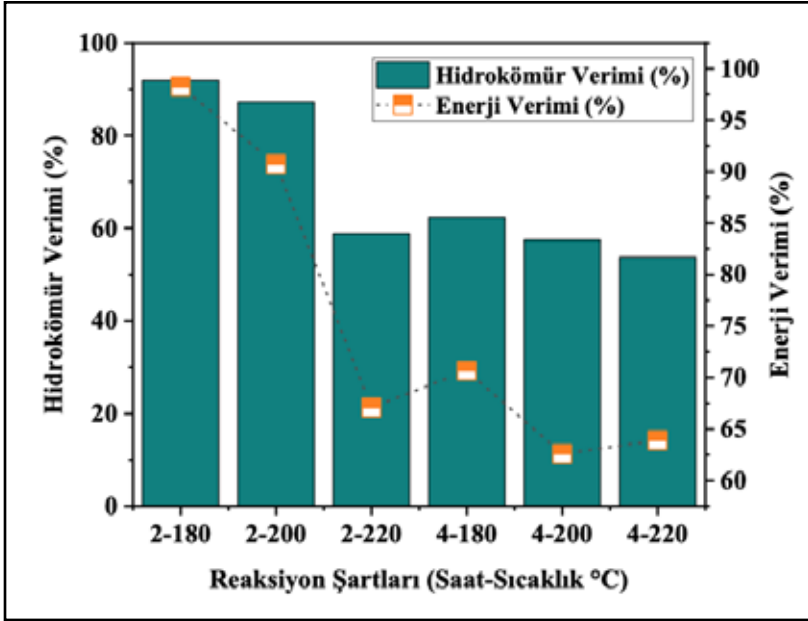
Sıcaklık °C	Süre (saat)	Nem Muhtevası (%)	Kül Miktarı (%)	Hidrokömür Verimi (%)	Enerji Yoğunlaştırma Oranı	Enerji Verimi (%)	Enerji Değeri (MJ/kg)
180	2	72,30	39,50	91,86	1,07	98,25	15,01±0,08
200	2	69,40	44,94	87,24	1,04	90,71	14,59±0,05
220	2	66,59	46,97	58,81	1,14	67,08	16,01±0,20
180	4	71,16	44,62	62,37	1,13	70,65	15,90±0,30
200	4	69,44	45,67	57,52	1,09	62,59	15,27±0,07
220	4	64,34	45,21	53,75	1,19	63,90	16,69±0,30

Ham tavuk atıklarında %92,03 olan nem muhtevası 220 °C 4 saatli reaksiyonda %64,34'e inmiştir. Tüm hidrokömürlerde nem muhtevası ham tavuk atıklarından daha düşüktür. Nem içeriğindeki düşüş fiziksel yapının dönüşümü ve HTK sırasında kimyasal dehidrasyonla hidroksil ve karboksil fonksiyonel gruplarının azalmasıyla açıklanabilir (Zhai vd.,2017). Hidrokömürleşmenin ardından kül içeriği artmıştır; 220 °C'de gerçekleştirilen karbonizasyondan elde edilen hidrokömürler dışında her sıcaklıkta reaksiyon süresi arttıkça kül içeriği artmıştır. Hidrokömürlerdeki külün artışı uçucu madde kaybına ve HTK sırasında kömür yüzeyindeki tuzların çökmesine bağlanabilir (Tasca vd., 2019).



Şekil 8. Tavuk Atığı Hidrokömür Enerji Değerleri

Şekil 8. de görüldüğü gibi hidrokömür enerji değerleri üzerinde sıcaklık ve bekleme süresindeki artışların kısmen olumlu bir etkisi vardır. Her sıcaklık derecesinde bekleme süresinin artması ile enerji değerinde artış görülmüştür. Örneğin 180 °C sıcaklıktaki deneylerde 2 saatlik bekleme süresinde $15,01 \pm 0,08$ MJ/kg olarak bulunan enerji değeri 4 saatlik reaksiyonda $15,90 \pm 0,30$ MJ/kg a yükselmiştir. 200 °C sıcaklıkta elde edilen hidrokömürlerin enerji değerinde görülen düşüş hidroliz ve dehidrasyon gibi reaksiyon mekanizmalarına bağlı olabilir. 220 °C sıcaklıkta elde edilen sonuçlar ise en yüksek enerji değerlerine sahiptir. Bunun nedeni hidrotermal reaksiyonlar ile 220°C de dekarboksilasyon ve özellikle aromatisasyon gibi reaksiyonların başlaması olabilir (He vd., 2019). Yapılan çalışmada tavuk atıklarının hidrokömürlerinde en yüksek enerji değeri 220 °C sıcaklıkta 4 saatlik bekleme süresinde $16,69 \pm 0,30$ MJ/kg olarak elde edilmiştir.



Şekil 9. Tavuk Atığı Hidrokömürleri Enerji Verimi ve Hidrokömür Verimi

Şekil 9. da tavuk atığı hidrokömürlerinin hidrokömür verimi de enerji verimi oranları verilmiştir. Reaksiyon süresi ve bekleme süreleri arttıkça hidrokömür verimi azalmıştır. Hidroliz ve oksijen tüketimi reaksiyonuyla biyokütle bileşeninin bozunmasına bağlı olarak artan reaksiyon sıcaklıklarında hidrokömür verimlerinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek hidrokömür verimi 180 °C sıcaklıkta 2 saat bekleme süresinde %91,86 iken en düşük hidrokömür verimi 220 °C sıcaklıkta 4 saatlik reaksiyonda %53,75 olarak bulunmuştur. Hidrokömür verimine bağlı olarak enerji verimi değerleri düşüş göstermiştir. En

yüksek enerji verimi %98,25 olarak 180 °C sıcaklıkta 2 saat bekletme süresinde elde edilirken en düşük enerji verimi 200 °C sıcaklıkta 2 saatlik reaksiyonda %62,59 olarak hesaplanmıştır.

4. Conclusion

Sonuç olarak, tavuk endüstrisinde oluşan katı ve sıvı atığın değerlendirilmesi sonrası linyit kömür benzeri enerji değerine sahip ürün elde edilebileceği görülmektedir. Enerji dönüşüm tesislerine kurulacak pilot ölçekli reaktör ile taşıma masrafı olmadan enerji içeriği zenginleştirilmiş hidrokömürler elde edilebilir. Hidrotermal karbonizasyonda su gerekli olduğundan tavuk atığı susuzlaştırma basamağından önce HTK reaktörüne alınarak karbonizasyon gerçekleştirilerek enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır. Yapılan çalışmada sıvı posa halinde olan tavuk atığının hidrotermal karbonizasyonunda ekstra su kullanılmayarak atık su miktarı azaltılmıştır.

References

- [1] TÜİK Haber Bülteni, Yayın Tarihi :14 Mart 2022, Sayı: 45690 Kümes Hayvancılığı Üretimi, Ocak 2022, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=K%C3%BCmes-Hayvanc%C4%B1%C4%B1%C4%9F%C4%B1-%C3%9Cretimi-Ocak-2022-45690&dil=1>
- [2] Gücükoğlu, A., Çadırcı, Ö., Terzi Gülel, G. Organik Tavuk Parça Etlerinde *Listeria monocytogenes*'in Varlığı ve İzolatlarda Antibiyotik Direnç Profilinin Belirlenmesi Uluslararası Beyaz Et Kongresi Kitabı, Yayın No:31, 2019, 132-138.
- [3] Yenilmez, F., Çelik, L., Kutlu, H.R. Tavuk Gübresinin Kullanım Alanları, Conference Paper, Ulusal Kümes Hayvanları Kongresi 2012, İZMİR
- [4] F. S. Dalóioa, J. N. Silvaa, A. C. C. Oliveirab, I.F.F. Tinócoa, R. C. Barbosaa, M. O. Resendea, L. F.T. Albinoc, S. T. Coelhod. Poultry litter as biomass energy: A review and future perspectives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76, 2017, 941–949
- [5] Effect of Fractionation and Pyrolysis on Fuel Properties of Poultry Litter, Kaushendra Singh, L. Mark Risse, K.C. Das , John Worley, SidneyThompson. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 60:7, 2010, 875-883,
- [6] He, C., Giannis, A., Wang, J.-Y, Conversion of sewage sludge to clean solid fuel using hydrothermal carbonization: Hydrochar fuel characteristics and combustion behavior. *Applied Energy* 111, 2013, 257-266.
- [7] Mumme, J. Eckervogt, L., Pielert, J., Diakité, M., Rupp, F., Kern, J. Hydrothermal carbonisation of anaerobically digested maize silage. *Bioresource Technology*, 102: 2011. 9255-9260.
- [8] Libra, J.A., Ro, K.S., Kammann, C., Funke, A., Berge, N.D., Neubauer, Y., Titirici, M.M., Fühner, C., Bens, O., Kern, J., Emmerich, K.H. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Biofuels* 2, 2011, 71-106.

- [9] Funke, A., Ziegler, F. “Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering”, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 4, 2010, 160 - 177.
- [10] Phases’ characteristics of poultry litter hydrothermal carbonization under a range of process parameters, V. Mau, J. Quance, R. Posmanik, A. Gross, *Bioresource Technology* 219 (2016).
- [11] Hydrothermal carbonisation of poultry litter: Effects of initial pH on yields and chemical properties of hydrochars, B.M. Ghanim, W. Kwapinski, J. J. Leahy, *Bioresource Technology* 238 (2017) 78–85.
- [12] Hydrothermal carbonisation of poultry litter: Effects of treatment temperature and residence time on yields and chemical properties of hydrochars, B. M. Ghanim, D.S. Pandey, W. Kwapinski, J. J. Leahy, *Bioresource Technology* 216 (2016) 373–380.
- [13] Conversion of poultry wastes into energy feedstocks, I. C. Kantarli, A. Kabadayi, S. Ucar, J. Yanik, *Waste Management* 56 (2016) 530–539.
- [14] Onwosi, C.O., Igbokwe, V.C., Odimba, J.N., Nwagu, T.N. Anaerobic bioconversion of poultry industry-derived wastes for the production of biofuels and other value-added products. *Biovalorisation of Wastes to Renewable Chemicals and Biofuels*, 2020, 113–131.
- [15] Manogaran, M.D., Shamsuddin, R., Mohd Yusoff, M.H., Lay, M., Siyal, A.A. A review on treatment processes of chicken manure. *Cleaner and Circular Bioeconomy* 2, 2022, 100013.
- [16] Hassanein, A., Moss, A., Cloyd, N., Lansing, S. Evaluation and life cycle assessment of a poultry litter anaerobic digester with nutrient capture. *Bioresource Technology Reports* 19, 2022, 101186.
- [17] Zahedi, S., Gros, M., Casabella, O., Petrovic, M., Balcazar, J.L., Pijuan, M. Occurrence of veterinary drugs and resistance genes during anaerobic digestion of poultry and cattle manures. *Science of The Total Environment* 822, 2022, 153477.
- [18] Ekinci, M.S. Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretimi İçin En Uygun Koşulların Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kimya Mühendisliği, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [19] Zhai, Y., Peng, C., Xu, B., Wang, T., Li, C., Zeng, G., Zhu, Y. Hydrothermal carbonization of sewage sludge for char production with different waste biomass: Effects of reaction temperature and energy recycling. *Energy* 127, 2017, 167–174.
- [20] Tasca, A.L., Puccini, M., Gori, R., Corsi, I., Galletti, A.M.R., Vitolo, S. Hydrothermal carbonization of sewage sludge: A critical analysis of process severity, hydrochar properties and environmental implications. *Waste Manag.* 93, 2019, 1–13.
- [21] He, C., Zhang, Z., Ge, C., Liu, W., Tang, Y., Zhuang, X., Qiu, R. Synergistic effect of hydrothermal co-carbonization of sewage sludge with fruit and agricultural wastes on hydrochar fuel quality and combustion behavior. *Waste Management*, 100, 2019, 171–181.

Using The CO₂ Removal Capability of Green Walls as Architectural Design Parameter

*¹Oksana Pekarchuk, ² Hasan Ozer, ³ Omer Hulusi Dede
⁴ Bahadır Mert Cinar

*¹ Warsaw University of Technology, Faculty of Architecture, Poland

*² Sakarya University, Environmental Engineering Department Turkey

³ Sakarya University of Applied Sciences, Department of Environmental Protection Technologies, Turkey

⁴ Mimar Sinan Fine Arts University Faculty of Architecture, Turkey

Abstract

Nowadays architectural designs, besides the functionality and aesthetic elements, the effects of design on the natural environment have become an important element. One of the most critical parameters that can be used in determining the effects of design on the natural environment is the carbon footprint. After the goals were set on a global scale in terms of reducing carbon footprint, architects started to use carbon footprint reducing elements in their designs. In this study, the effects of green walls, a dynamic method that can be used to reduce emissions that cause global warming, on reducing the carbon footprint of an architectural design were examined. For this purpose, a model building to be used as a residence was designed, and its carbon footprint was determined with the Tier 1 approach. The annual carbon footprint of the model building was calculated as 32520.4 kg CO₂-eq. The highest rate of carbon footprint belongs to natural gas consumption (16664.5 kgCO₂-eq/year). In the analysis of the greenhouse gas emissions (CO₂-eg) that the green wall system in the building design will uptake if different plant species are used, the highest value was obtained in the *Z. matrella* plant with 1752,9 kg CO₂eq m²/year. The amount of CO₂-eg that can be uptaken by using all plant species together was found to be 1146.6 kg CO₂eq m²/year. When the results obtained in the study are evaluated together with the additional benefits of green walls in thermal insulation and gray water treatment, it can be said that it is an important parameter that can be used to reduce carbon footprint in architectural designs.

Key words: *green wall, carbon footprint, architectural desing, carbon dioxide removal*

1. Introduction

Green walls, which are an important part of today's architectural designs; They are complex systems established by fixing components such as plants, growing media, irrigation, fertilization, and spraying systems to the building surface with a solid construction element [1,2]. In these systems, many plant species can be used depending on determining factors such as architectural design and climatic conditions of the region. The type of plant used influences the selection of all other components of the green wall [2]. For example, climbing plants are planted in the ground and advance by clinging to the building surface or surface-mounted lattice reinforcements. In green wall systems where such plants are used, irrigation and fertilization equipment are on the ground. In green wall systems, where plants are planted in pots in the form of steps, the plant, the growing medium, and all necessary support equipment for the plants are attached to a platform firmly attached to the building surface [2]. When the plants in the step-shaped pots reach a sufficient size, the pots, platform, and all other equipment are hidden behind the plants, and a wall of clumped plants appears.

Although green walls were initially used to add a different visual beauty to architectural design, today, it has been determined that it has many significant benefits, from improving the heat and sound insulation of buildings to preventing heat islands and air pollution in cities [3,4]. Studies conducted in recent years show that green wall applications will contribute to reducing global climate change by providing CO₂ removal from the atmosphere [5]. Many different models and measurement methods have been proposed to determine the size of this contribution. In addition, the effects of plant species, growing media, irrigation, and fertilization regimes on CO₂ removal are examined, and optimum conditions for maximum CO₂ removal are tried to be determined.

This feature of green walls provides a significant opportunity for the success of programs with concrete targets to reduce CO₂ emissions, such as the Paris Agreement, international agreements, and the European Union Green Deal, in the fight on a global scale against the effects of climate change. Therefore, many governments and local governments encourage green wall applications and the number of buildings with green wall systems in cities is increasing rapidly [6].

The aim of this study is to determine the carbon footprint and the amount of CO₂ to be captured by the green wall in an actual architectural design with a green wall application. Many measures developed to reduce the greenhouse gas (GHG) emissions of buildings are planned during the architectural design phase.

Although these measures reduce GHG emissions, dynamic CO₂ capture systems such as green walls must be added to the design of carbon-neutral buildings. Considering that the CO₂ emission of the buildings can be calculated, determining the CO₂ removal capacity at the design stage will significantly contribute to the design of carbon-neutral buildings.

2. Materials and Methods

In this study, a real-size building with a green wall system was designed to calculate the carbon footprint and the amount of CO₂ to be removed by green walls. The intended use of the designed building is residential. The building has five floors, and there are a total of 10 apartments, two on each floor (Figures 1 and 2). In the calculation of the carbon footprint, it is assumed that a total of four people live in each flat.



Figure 1. Designed building and green wall system

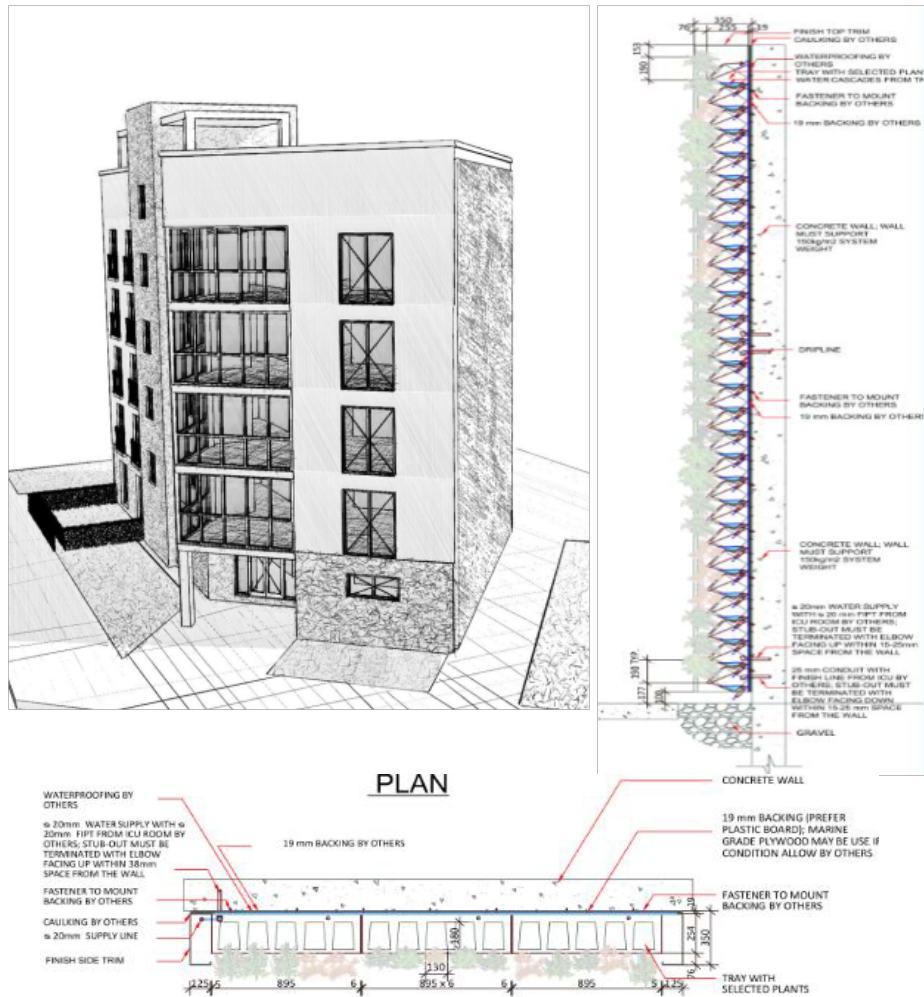


Figure 2. Green wall system

Green wall systems are on both sides and the front of the designed building. The dimensions of the green wall systems are 15x17.5 m, 13.5x17.5 m, and 3x17.5 m, respectively. The total area covered by the green wall system in the building, together with irrigation and fittings, is 551.25 m².

There are three approaches used to calculate the carbon footprint (Tier 1, Tier 2, and Tier 3). The ability to calculate calculations with a high accuracy rate depends on the ability to detail the data that needs to be collected (fuel type, fuel amount, characteristics of the process used, emission factor, etc.). However, as in this study, the details of the collected data may not be available in some cases. In such cases, the carbon footprint can be calculated with the Tier 1 approach.

In the calculation of the carbon footprint of the building designed in this study (Tier 1), IPCC, (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006), Greenhouse Gases (GHG) Protocol (World Business Council for Sustainable Development, 2004), Turkey’s Informative Inventory Report (IIR 2021) and the methods and equations (Eq. 1,2,3,4,5,6,7,8,9) suggested in the studies in the literature were used [7,8,9,10,11,12].

The activation data taken into account in the calculations are electricity consumption billed per household, natural gas consumption per household, water usage, and solid waste generation (for Istanbul/Turkey) [13,14,15,16]. These major parameters are heating, lighting, cleaning, food, personal care, entertainment/sports, etc. it covers the main activities that contribute to the production of CO₂ in the living space. Transportation, refrigerator usage, air conditioner usage, and some consumption parameters were not included in the calculations because they showed high variation or there was no official data on the usage amount.

Natural gas consumption is within the scope of direct emissions (scope 1), and the electricity consumption is indirect emissions (scope 2). Fresh water use, wastewater treatment, and solid waste disposal are scoped as other indirect emissions (scope 3). In the calculations, electricity consumption per household is 1797 kWh/year (Istanbul/Turkey), natural gas consumption per household is 884 m³/year, water consumption per capita, and wastewater generation is 69.35 m³/year (all of the water used is considered to cause wastewater), and The amount of solid waste per year was used as 448.95 kg/year.

Scope 1: Natural gas consumption (heating, hot water, cooking, etc.)

$$E_G = \sum AD_G \times EF_G \quad (1)$$

$$E_{G(CH_4)} = \sum AD_G \times EF_{G(CH_4)} \times G_{(CH_4)} \quad (2)$$

$$E_{G(NO_2)} = \sum AD_G \times EF_{G(NO_2)} \times G_{(NO_2)} \quad (3)$$

$$E_G [kgCO_2\text{-eq}] = E_{G(CO_2)} + E_{G(CH_4)} + E_{G(NO_2)} \quad (4)$$

Scope 2: Electricity consumption (lighting, electrical appliances, etc.)

$$E_E [kgCO_2\text{-eq}] = \sum AD_E \times EF_E \quad (5)$$

Scope 3: Water consumption, wastewater treatment and solid waste disposal (bathroom, toilet, cleaning, kitchen, etc.).

$$E_{FW} [\text{kgCO}_2\text{-eq}] = \sum AD_{FW} \times EF_{FW} \quad (6)$$

$$E_{WW} [\text{kgCO}_2\text{-eq}] = \sum AD_{WW} \times EF_{WW} \quad (7)$$

$$E_{SW} [\text{kgCO}_2\text{-eq}] = \sum AD_{SW} \times EF_{SW} \quad (8)$$

Total $\text{CO}_2\text{-eq}$: The total GHG emissions of the building designed in the study resulting from the activities examined.

$$E [\text{kgCO}_2\text{-eq}] = E_G + E_E + E_{FW} + E_{WW} + E_{SW} \quad (9)$$

Notations

E	: Total GHG emissions	AD_{WW}	: wastewater generation
$E_{G(\text{CO}_2)}$: CO_2 emission from natural gas consumption	AD_{SW}	: solid waste generation
$E_{G(\text{CH}_4)}$: CH_4 emission from natural gas consumption	$EF_{G(\text{CO}_2)}$: CO_2 emission factor of natural gas consumption
$E_{G(\text{N}_2\text{O})}$: N_2O emission from natural gas consumption	$EF_{G(\text{CH}_4)}$: CH_4 emission factor of natural gas consumption
E_G	: emissions from natural gas consumption	$EF_{G(\text{N}_2\text{O})}$: N_2O emission factor of natural gas consumption
E_E	: emissions from electricity consumption	EF_E	: emission factor of electricity consumption
E_{FW}	: emissions from fresh water use	EF_{FW}	: emission factor of water used
E_{WW}	: GHG emission from wastewater treatment	EF_{WW}	: emission factor of wastewater treatment
E_{SW}	: emissions from solid waste disposal	EF_{SW}	: emission factor of solid waste
AD_G	: natural gas consumption	$G_{(\text{CH}_4)}$: global warming potential of CH_4
AD_E	: electricity consumption	$G_{(\text{N}_2\text{O})}$: global warming potential of N_2O
AD_{FW}	: fresh water use		

The annual average of the amount of CO_2 that the plant species frequently used in green wall applications can uptake per square meter has been determined by the literature study (Table 1) [17]. Using these data, the amount of CO_2 the green wall system designed in the study can uptake in a year was calculated separately for each plant species. Using different plant species in green wall systems is a common practice. Therefore, the amount of CO_2 that all plant species can uptake in a year is calculated by taking the average amount of CO_2 they can uptake if used together in the green wall system in the study.

Table 1. The amount of carbon dioxide that can be uptaken per square meter per year in green wall systems with different plant species [17].

Plant species	Annual active CO ₂ uptake by plants (kgCO ₂ eq m ⁻²)
R. officinalis	2.91
Z. matrella	3.18
C. brunnea	2.65
S. nemorosa	3.04
S. spurium	0.44
F. japonica	1.33
G. sanguineum	1.07
Average for plant species	2.08

3. Results and Discussion

In calculating the carbon footprint of actively used buildings, annual data on all activities carried out in the building can be easily determined from bills and regular records. However, since these data are not available at the architectural design stage, the best way to calculate the carbon footprint with high accuracy is to use data from similar buildings or average values of the region where the building will be built. The activity data and emission factors used to calculate the carbon footprint of the designed building are presented in Table 2. The total natural gas consumption amount examined under Scope 1 is 8840 m³/year, electricity consumption examined under scope 2 is 17970 kWh/year, fresh water 2774 m³/year, wastewater 2774 m³/year, and solid waste 17958 kg/year examined under scope 3.

Table 2. Activity data and emission factors used in calculations

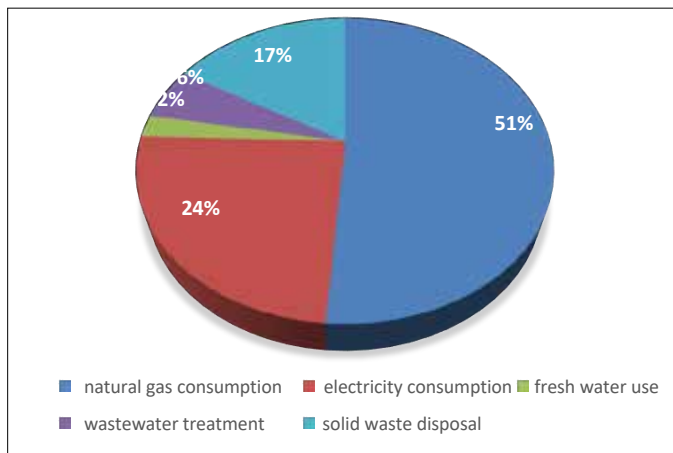
Activities	Scope	Activity Data	Emission Factor (EF)
natural gas consumption	scope 1	8840 m ³ /year	1.88496 kg/m ³ CO ₂ [18]
			0.000168 kg/m ³ CH ₄ [18]
			0.00000336 kg/m ³ N ₂ O [18]
electricity consumption	scope 2	17970 kWh/year	0.440 kg CO ₂ -eq/kWh [19]
fresh water use	scope 3	2774 m ³ /year	0.271 kg CO ₂ -eq/m ³ [20]
wastewater treatment	scope 3	2774 m ³ /year	0.646 kg CO ₂ -eq/m ³ [21]
solid waste disposal	scope 3	17958 kg/year	0.301kg CO ₂ -eq/kg [21]

The highest share of the carbon footprint belongs to natural gas consumption with 16664.5 kgCO₂-eq CO₂ emission value. The CO₂ emission value of other activities was calculated as 7906.8 kgCO₂-eq for electricity, 5405.3 kgCO₂-eq for solid waste disposal, 1792 kgCO₂-eq for wastewater treatment, and 751.7 kgCO₂-eq for water use, respectively (Table 3).

Table 3. CO₂ Emissions of the investigated activities

Activities	CO ₂ Emission [kgCO ₂ -eq / year]
natural gas consumption	16664.5
electricity consumption	7906.8
fresh water use	751.7
wastewater treatment	1792
solid waste disposal	5405.3
total	32520.4

In similar studies in the literature, it is reported that the highest ratio of the carbon footprint of buildings used for residential purposes is caused by natural gas and electricity consumption [18,22]. The data obtained from this study (natural gas: 51% and electricity: 24% are compatible with studies in the literature (Figure 3). However, the size of the carbon footprint of the buildings used for residential purposes and the ratio of emission sources in the carbon footprint are directly related to the size of the building and the climatic conditions of the place, seasons, and the type of fuel used [9]. Depending on the type of fuel used in cold climate conditions, the amount of CO₂-eq from heating activities is high. On the other hand, in tropical regions, CO₂-eq from electricity and air conditioning gases is high due to the high need for cooling and the use of air conditioners.

**Figure 3.** The proportions of the examined activities in the carbon footprint

The carbon dioxide uptake capacities of the plant species used in the green wall system are different from each other. Among the examined plant species, *Z. matrella* had the highest CO₂ uptaking with 1752.9 kg CO₂eq m⁻²/year. The lowest CO₂ uptake was calculated for the *S. spurium* plant. (242.55 kg CO₂eq m⁻²/year). The CO₂ uptaking amount to be obtained as a result of using all plants in the green wall system is 1146.6 kg CO₂eq m⁻²/year. In case the *Z. matrella* plant, which has the highest CO₂ absorption, is used, the total carbon footprint

can be reduced by 5.38% with the green wall system. In addition, CO₂ capture processes with plants are considered within scope 1. Considering that the greenhouse gas emission in Scope 1 is 16664.5 CO₂eq m²/year, it can be said that emissions within scope 1 can be reduced by more than 10% with the green wall system.

However, although the rates are different according to the species, CO₂ uptake occurs in all kinds of plants. CO₂ captured by plants increases over time as it represents plant biomass. [17]. Therefore, when the results obtained are evaluated in the long term, the contributions of the green wall system in combating global climate change can be better understood.

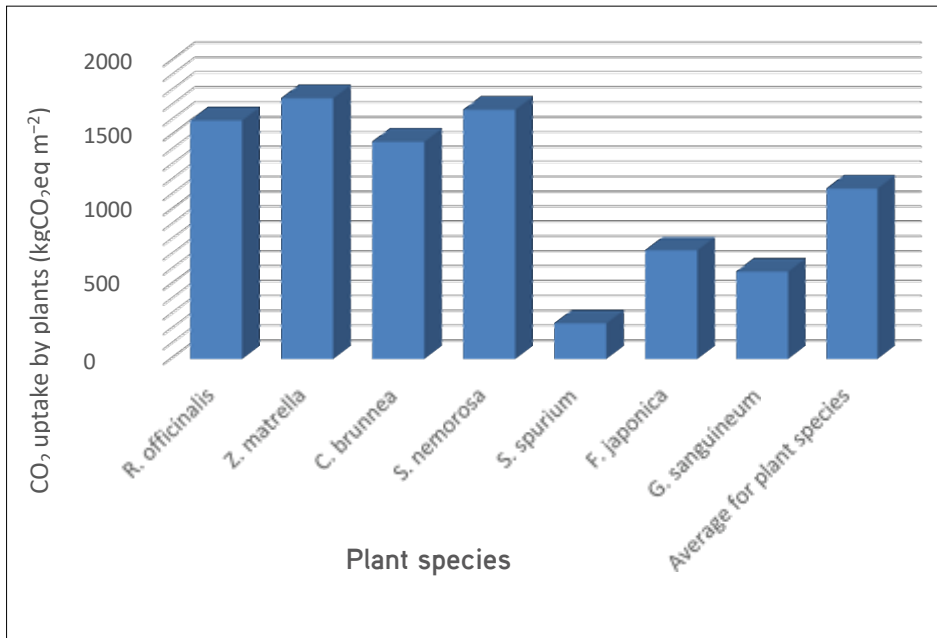


Figure 4. Annual active CO₂ uptake by plants (kgCO₂eq m⁻²)

4. Conclusion

The CO₂ uptake process of green walls depends on many factors such as plants, plant residues, growing media, microorganism activities. Literature studies have generally focused on the effects of these factors on CO₂ uptaking separately. In this study, in order to clearly reveal the potential of green walls, the CO₂ uptake process carried out by plants is considered as a whole.

The most important source of CO₂ emission in buildings used as residential

buildings is energy consumption. Energy consumption in residences varies depending on environmental and socio-demographic characteristics. Therefore, in determining the size and characteristics of green wall systems to be added to buildings for carbon reduction, it is necessary to obtain reliable information about the type and amount of energy consumed by examining the environmental and socio-demographic characteristics of the building's location. In addition, a more comprehensive carbon footprint can be found by taking into account all daily life activities such as transportation, etc. which are not used in the calculations in this study.

The amount of CO₂ that can be uptaken in the green wall system is directly related to the plant species. However, plants with high CO₂ uptake capacity cannot be used in all green wall applications. In plant selection, the climatic conditions of the place where the building will be built should be considered first. The compatibility of the plants to be used with the climatic conditions and the provision of ideal conditions for healthy and rapid growth will be decisive in the amount of CO₂ captured. Otherwise, it becomes difficult to care for the plants in the green wall system. Applications such as irrigation, fertilization, spraying, and replacement of dead plants can become an additional source of CO₂ emissions.

In this study, in line with the studies in the literature, it has been concluded that green wall systems will contribute to the carbon-neutral building target with CO₂ uptaking and is an important parameter to be considered in architectural designs. Considering their additional contributions to heat and sound insulation and gray water treatment, the importance of green wall systems increases even more. However, in determining the exact amount of CO₂ that can be captured by plants, other design elements such as green roofs and paysage applications should also be taken into account.

References

- [1] Dede O.H., Mercan N., Ozer H., Dede G., Pekarchuk O., Mercan B., Thermal insulation characteristics of green wall systems using different growing media, *Energy and Buildings* :2021:240, p. 110872
- [2] Dede G., Pekarcuk O., Ozer H., Dede O.H., Alternative Growing Media Components For Green Wall Designs in Terms of Lightweight", 2nd International Congress on Engineering and Achitecture, Marmaris /Turkey: 2019, p. 374-383.
- [3] Susca T., Gaffin S.R., Dell'Osso G.R., Positive effects of vegetation: urban heat island and green roofs, *Environ. Pollut.*:2011: 26 p. 2119-2126
- [4] Cheng C.Y., Cheung K.K.S., Chu L.M., Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls, *Build. Environ.*: 2010: 45 p. 1779-1787

- [5] Pan L. Chu L.M. Energy saving potential and life cycle environmental impacts of a vertical greenery system in Hong Kong: A case study, *Build. Environ.*: 2016: 96 pp. 293-300
- [6] Susca T, Gaffin SR, Dell’Osso GR., Positive effects of vegetation: urban heat island and green roofs. *Environ Pollut.*:2011:159, p. 2119–26.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Vol. 2: Energy (stationary, mobile, and fugitives), Vol. 3: Industry, Geneva, Switzerland
- [8] World Resources Institute, & World Business Council for Sustainable Development, 2004 The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard(revised edition). World Business Council for Sustainable Development.
- [9] Lai J.H.K. Carbon footprints of hotels: Analysis of three archetypes in Hong Kong. *Sustainable Cities and Society* 2014: 14: 334–341
- [10] Haksevenler B.H.G., Onat G.N.C., Akpınar B., Bedel T., Determination of Carbon Footprint for Local Administrations: A Case Study for Ümraniye Municipality, *Journal of Natural Hazards and Environment* 2020: 6(2), p. 319-333
- [11] Lapenangga A and Satwiko P. Carbon footprint analysis of a t-45 house in kupang. *Journal of Architecture and Built Environment* 2016: 43, p. 77-84.
- [12] Turkey’s Informative Inventory Report (IIR2021), Republic of Turkey ministry of environmental urban and climate change: 2021, p. 17
- [13] Turkey’s Energy Market Regulatory Board, Electricity Market Development Report: 2021, p. 45-48
- [14] Natural gas Distribution Industry Report, Turkish Natural Gas Distributors Association (GAZBIR): 2021, p. 25
- [15] Turkey statistical institute data, 2021, Number:37197
- [16] Turkey statistical institute data, 2021, Number and population of municipalities served by waste services and amount of waste collected.
- [17] Marchi M, Pulselli R.M, Marchettini N, Pulselli F.M., Carbon dioxide sequestration model of a vertical greenery system. *Ecological Modelling* 2015: 306, p. 46–56
- [18] Ozen H.A., Effect of the lockdown on greenhouse gas emissions during the COVID-19 pandemic. *NOHU J. Eng. Sci.* 2022: 11(1), p. 039-047
- [19] WATER UK, 2007. Sustainability Indicators 2006/07.
- [20] Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources, Turkey Electricity Generation And Electricity Consumption Point Emission Factors Data Sheet, 2022
- [21] The Istanbul Metropolitan Municipality, Istanbul climate change action plan, 2021
- [22] Atmaca A., Atmaca N., Carbon footprint assessment of residential buildings, a review and a case study in Turkey, *Journal of Cleaner Production*: 2022: 340, p. 130691

Siyanobakteri Yoğunluğuna Ağır Metal ve Mikroplastik Etkisinin Araştırılması

Esmâ ADANUR*, Nurtaç ÖZ

Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Özet

Sudaki besin zincirinin ilk basamağını oluşturan alglerin mikroplastik ve ağır metal stresinden etkilenmesine bağlı olarak ekosistemin tür kompozisyonu değişmekte ve bu durum besin zincirinin üst basamağındaki canlıları da etkilemektedir. Bu çalışmada Polipropilen (PP) ve bakır metalinin farklı konsantrasyonlardaki maruziyetin kültürlerin gelişimi üzerindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla *Microcystis aeruginosa*, *Spirulina platensis* ve *Synechocystis sp.* kültürlerinden çalışma süresinde 2 günde bir örnek alınarak 15 gün boyunca spektrofotometrik hücre yoğunlukları, klorofil-a miktarları, biyokütle miktarları ve mikroskopik olarak hücre sayımları yapılmıştır. Düşük konsantrasyondaki (0.5 mgL⁻¹) bakırın sonuçlar üzerinde fazla düşüş göstermediği fakat metal konsantrasyonunun artışı tüm alg hücre sayılarında artış sağladığı özellikle *Synechocystis sp.* hücrelerinde ciddi hasara sebep olduğu, bununla birlikte hücre çapının önemli ölçüde küçüldüğü tespit edilmiştir. Sonuç olarak ağır metal ve mikroplastik maruziyetinde alglere uygulanan konsantrasyon miktarındaki artışa bağlı olarak hücresel yoğunlukta artış olurken; biyokütle, klorofil-a, optik yoğunlukta kontrole göre azalmalar görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Siyanobakteriler, Ağır Metal, Mikroplastik, Hücre Yoğunluğu, Klorofil-a*

Investigation of the Effect of Heavy Metal and Microplastic on Cyanobacteria Density

Abstract

The species composition of the ecosystem changes depending on the microplastic and heavy metal stress of algae, which is the first step of the food chain in the water, and this situation also affects the living things in the upper step of the food chain. In this study, in order to observe the effects of exposure of copper metal and polypropylene (PP) at different concentrations on the development of cultures, samples were taken from *Microcystis aeruginosa*, *Spirulina platensis* and *Synechocystis sp.* cultures every 2 days during the study period and spectrophotometric cell densities, chlorophyll-a amounts, biomass amounts and microscopic cell counts were performed for 15 days. It was found that low concentration (0.5 mgL⁻¹) copper did not show much decrease in results, but the increase in metal concentration reduced all algae cell density and

caused serious damage, especially in *Synechocystis* sp. cells, while the cell diameter was significantly reduced. As a result, the increased cellular density due to the increase in the concentration applied to the algae in heavy metal and microplastic exposure, while decreased control levels of biomass, chlorophyll-a and optical density were observed.

Keywords: *Cyanobacteria, Heavy Metal, Microplastic, Cell Density, Chlorophyll-a*

1.Giriş

Sularda ağır metal kirliliği, evsel ve endüstriyel atıkların bilinçsizce su ortamına deşarjından kaynaklanmaktadır ve bu kirlilik habitattaki bütün organizmaları tehdit eder. Çeşitli alanlarda kullanılan bir metal olan bakırın düşük konsantrasyonları dahi tarımsal ürünler, sudaki organizmalar ve insan hayatı için toksik etki oluşturur. Aynı zamanda proteinlerin ve enzimlerin katalitik ve yapısal bileşenleri olarak, normal bitki büyüme ve gelişmesi için kofaktör olarak görev aldığı bilinmektedir.

Artan sayıda çalışma, mikroplastiklerin su ortamındaki ekolojik etkilerine dikkat çekmektedir. Mikroplastikler, su hayvanları tarafından kolayca sindirilebildiğinden, su bitkilerini ve hayvanları etkileyen son derece küçük boyutları ve geniş dağılımları nedeniyle kabuklular [1] balıklar [4], memeliler [6], ve zooplankton [12] gibi çeşitli trofik seviyelerdeki organizmalar tarafından doğrudan veya dolaylı olarak alınabilir ve su ekosistemi için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Aynı zamanda, büyümenin azalmasına, doğurganlığın engellenmesine, oksijen tüketiminin değişmesine, yaşam süresinin azalmasına, sınırlı beslenme kapasitesi ve antioksidanla ilgili enzimlerin aktivitesinin artmasına neden olur. Her yerde bulunan mikroplastik ve ağır metallerin, mikroalglerin hücre büyümesini inhibe etme ve hatta hücre hasarına neden olma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir [9-15]. Özellikle bakır, fotosentetik türlerin gelişimi için gerekli bir eser elementtir. Bununla birlikte, yüksek bakır konsantrasyonu hücre büyümesini desteklemek yerine farklı derecelerde metale duyarlılık gösterebilen çoğu mikroalg türü için toksiktir [17]

Alglerin metal stresine ve mikroplastığe karşı toleransını geliştirmek önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada, Polipropilen ve farklı konsantrasyonlardaki bakır metalinin, Siyanobakteri türlerinden olan *Microcystis aeruginosa*, *Spirulina platensis* ve *Synechocystis* sp. kültürleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Meteryal ve Metod

2.1. Alg kültürlerin eldesi ve büyüme koşulları

Çalışmada kullanılan *M. aeruginosa* kültürü Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, Plankton Kültürü Laboratuvarından; *Spirulina platensis* kültürü Sakarya Üniversitesi, Bitki Fizyolojisi ve Alg Ekolojisi Laboratuvarından; *Synechocystis* sp. kültürü Gazi Üniversitesi, Dr. Tahir ATICI Gazi MACC Laboratuvarı alg koleksiyonlarından temin edilmiştir.

Alglerden *Spirulina platensis* *Spirulina* Medium'da [2]; *Microcystis aeruginosa* ve *Synechocystis* sp. BG11 ortamında [14] aksenik koşullar altında büyütüldü. Algler, 180 mL besiyerine, 20 mL alg kültürü ekimi yapılarak 250 mL'lik erlenlerde, 25 ± 2 °C'de çalkalayıcı üzerinde 60 mikromolphoton/m²s sürekli aydınlatma altında 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık döngüsü ile inkübe edilmiştir. Uygulanan CuSO₄.5H₂O metal konsantrasyonu 0.5, 1, 2.5 mg/L olarak belirlenmiş ve mikroplastik olarak 100µm'den küçük boyutlu Polipropilen kullanılmıştır.

2.2. Analitik Yöntemler

Deney ortamında tüm parametrelerin optimum konsantrasyonları ve bunların siyanobakteriler üzerine etkileri belirlenmiştir. İnkübasyon süresi boyunca Biyokütle miktarı, optik yoğunluk ve klorofil tayini spektrofotometrik olarak saptanmıştır.

PP ve Cu maruziyetleri sonucunda alglerin optik yoğunluk ve büyüme oranlarını hesaplamak için deney süresi boyunca spektrofotometrede 680nm dalga boyunda ölçümler yapılmış ve kör çözelti olarak saf su kullanılmıştır. Tüm spektrofotometrik ölçümler "Spectroquant Pharo 300" spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır.

Klorofil-a tayini için ölçüm yapılacak numune sayısı kadar kapaklı cam tüp içine MgCO₃ ve 5 mL %80 alkol ilave edilmiştir. Erlen içerisinde bulunan 5 mL numune suyu, GF/C Whatman filtre kâğıdı kullanılarak vakum filtrasyon cihazında süzildikten sonra pens vasıtasıyla el değmeden kıvrılıp katlanarak makas ile küçük parçalar halinde kapaklı cam tüplere yerleştirilmiştir. 25 ± 1 °C karanlık ortamda 24 saat bırakılarak pigment ekstraksiyonu tamamlanmıştır [16]. 24 saat sonra numuneler süzme işleminden geçirilip spektrofotometrede 630, 645, 665 ve 750 nm dalga boylarında ölçülmüştür. Ölçülen değerler Parsons, 1963 [13] tarafından geliştirilen aşağıdaki denklemlere yerleştirilmiş ve klorofil a pigment değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil-a} = 11.6 \times D665 - 0.14 \times D630 - 1.31 \times D645 \quad (1.1)$$

$$\mu\text{g klorofil-a} / L = \text{klorofil-a} \times v / l \times V \quad (1.2)$$

V (L) = Filtre edilen su örneği

v (mL) = Kullanılan aseton hacmi

l (cm) = Küvetten geçen ışık yolu

Mikroorganizmaların bulunduğu her bir numuneden mikropipet ile örnek alınıp ışık mikroskobu yardımıyla çukur lamda sayım yapılmıştır.

Biyokütle, Xue ve ark. (2001) [20] tarafından kullanılan yöntemle göre OD560 sonuçları kullanılarak hesaplanmıştır (Denklem.2)

$$\text{CDW} = 0.672 \times \text{OD560} + 0.028 \quad (2)$$

OD: Optik yoğunluk

CDW: Kuru ağırlık

3.Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmanın sonuçları, mikroplastik ve bakırın siyanobakteri türleri üzerindeki birleşik etkilerini ortaya koymaktadır. Cu, belirli bir konsantrasyon aralığında (0.5,1, 2.5 mg L-1) alg hücrelerinin büyümesini inhibe eder.

Mikroskop üzerinde yapılan sayımlarda kirleticilerin eklendiği ilk gün; *Spirulina platensis* için 20 x103 hücre ml-1; on beşinci gün sonunda kontrol, 0.5, 1 ve 2.5 mg Cu L-1 konsantrasyonları için sırasıyla 24 x103, 11 x103, 14 x103 ve 14 x103 hücre ml-1; *Synechocystis sp.* için başlangıçta 40 x104 hücre ml-1; on beşinci gün sonunda 0.5, 1 ve 2.5 mg Cu L-1 konsantrasyonları için sırasıyla 56 x104, 50 x104, 46 x104 hücre ml-1;

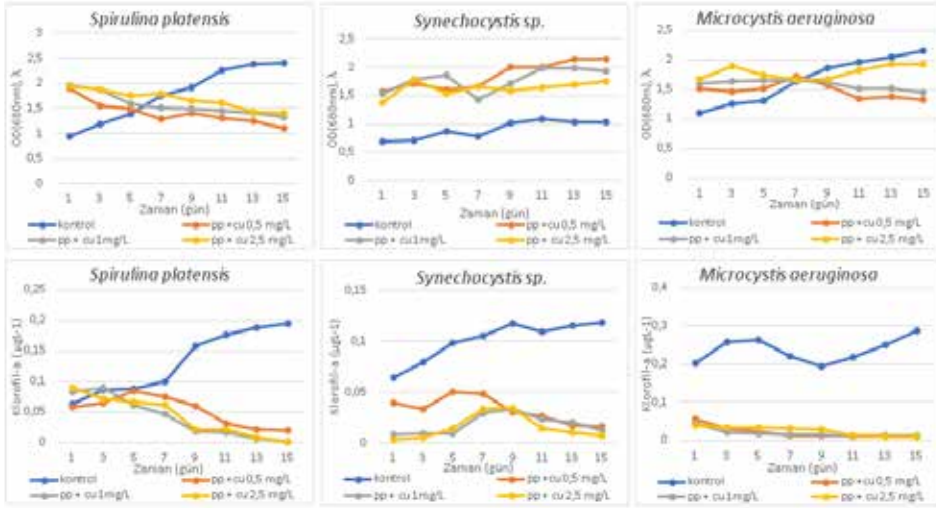
Microcystis aeruginosa. için başlangıçta 120 x104 hücre ml-1; on beşinci gün sonunda 0.5, 1 ve 2.5 mg Cu L-1 konsantrasyonları için sırasıyla 141 x104, 153 x104, 202 x104 hücre ml-1 olarak artış göstermiştir. Hücre boyutlarında ise bunun aksine yüksek oranda küçülme gözlemlenmiştir (Tablo.1)

Tablo.1 Bakır ve Propilene maruz kalan alglerin hücre boyutu

	Kontrol	0.5 mg Cu L ⁻¹ +PP	1 mg Cu L ⁻¹ +PP	2.5 mg Cu L ⁻¹ +PP
<i>Spirulina platensis</i>	218 µm	144 µm	101 µm	89 µm
<i>Synechocystis sp.</i>	12 µm	9 µm	7 µm	5 µm
<i>Microcystis aeruginosa</i>	4 µm	3.3 µm	2 µm	1.5 µm

Denemelerin başladığı ilk günde kültürlerin 680nm dalga boyunda ölçümleri yapılmıştır. 3. gününden itibaren tüm bakır konsantrasyonlarında 680nm dalga boyunda ölçülen değerler başlangıç değerlerinin üzerine çıkmamıştır.

Klorofil-a değerleri de yaklaşık olarak optik yoğunluk değerlerinde olduğu gibi tüm uygulama gruplarında deneme süresince benzer bir değişim sergilemektedir (Şekil.1). Mikroplastik PP ve Cu, maruz kalmanın erken aşamasında, klorofil içeriğini azaltmış ve her üç alg için de büyüme engellenmiştir. Uygulanan metal konsantrasyonu arttıkça, klorofil içeriği gruplar arasında önemli farklılıklar ile daha yavaş bir oranda artmış; bununla birlikte, bakır konsantrasyonu arttıkça alglerde klorofil içeriği azalmıştır.



Şekil.1 Siyanobakterilerde Bakır ve Polipropilen Maruziyetinin Optik yoğunluk ve Klorofil-a Pigmentine Etkisi Birinci günden on beşinci güne kadar günler kendi aralarında kıyaslandığında, PP ve bakır etkisine maruz bırakılan alglerin artan bakır konsantrasyonlarına bağlı olarak biyokütle miktarlarında kontrole göre önemli bir düşüş olduğu tespit edilmiştir. Konsantrasyonlar arasında biyokütle miktarındaki en fazla düşüşün 2,5 mg L⁻¹'lik Cu uygulamasında meydana geldiği belirlenmiştir.

Algler üzerine yapılan laboratuvar çalışmalarında alglerdeki metal alınımının ve toksisitesinin, ortamdaki metal derişimine, metal türlerine, metal ortamının kimyasal yapısına, organizmanın toleransına, metal etkileşimine vereceği yanıt ve alg türüne bağlı olduğu bildirilmiştir [8-18] Sunulan bu çalışmada bakır ve mikroplastığın farklı alg türlerinde, klorofil-a miktarı, optik yoğunluk (OD), biyokütle miktarı, hücre sayısı ve hücre boyutu üzerine etkileri gözlemlenmiştir. Alglerde ağır metallerin olumsuz etkilediği olayların başında organizmanın canlılık faaliyetleri gelmektedir.

Ağır metallerin toksik etkisi organizmalardaki büyümeyi inhibe etmekte ve bu toksikantlar büyümenin lag fazının bozulmasına neden olmaktadır [5]. Bunun sonucunda organizmada hücre bölünmesi engelleneceği için büyümenin durduğu belirtilmektedir [7]. Çalışmada strese maruz bırakılmayan kontrol grubunda tüm parametreler on beş gün boyunca artış gösterirken, Cu ve PP etkisi altında konsantrasyonlar arttıkça hücre yoğunlukları artmış; optik yoğunluk, biyokütle ve klorofil-a miktarı azalmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda ise algler hasara uğramış ve hücre çapları yarı oranda küçülmüştür.

4.Değerlendirme

Algler sucul besin zincirinin önemli organizmaları olduğundan son yıllarda metallerin algler üzerine olan toksik etkilerinin araştırmasına gittikçe önem verilmektedir. Bu çalışmanın amacı; sucul ekosistem üzerine metal ve mikroplastik stresinin olası etkisinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarına katkıda bulunmaktır. Bu sebeple ağır metal ve mikroplastiklerin etkisi altında klorofil-a ve biyokütle miktarlarındaki değişimler araştırılmış; maruziyet sonucu *Microcystis aeruginosa*'nın diğer alglere göre daha toleranslı olduğu gözlemlenmiştir.

Referanslar

- [1] A.J. Watts, M.A. Urbina, R. Goodhead, J. Moger, C. Lewis, T.S. Galloway Effect of microplastic on the gills of the shore crab *Carcinus maenas* Environ. Sci. Technol., 50 (2016), pp. 5364-5369.
- [2] Aiba S, Ogawa T. Assessment of growth yield of a blue-green alga: *Spirulina platensis* in axenic and continuous culture. J Gen Microbiol. 1977;102:179-82.
- [3] Bozanta E., Ökmen G., Türkcan O., Uğur A., Farklı *Anabaena* Suşlarının Bakır Biyosorpsiyonu Üzerine Bir Çalışma, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 6 (2): 75-83 (2013).
- [4] C. Alomar, S. Deudero Evidence of microplastic ingestion in the shark *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 in the continental shelf off the western Mediterranean Sea Environ. Pollut., 223 (2017), pp. 223-229.
- [5] De Filippis, L. E, Hampp, R., Ziegler, H., 1981. The effect of sub-lethal concentration of zinc, cadmium and mercury on *Euglena*, *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, (128) 407-411.
- [6] E. Besseling, E.M. Foekema, J.A. Van Franeker, M.F Leopold, S. Kuhn, E.L. Bravo Robledo, E. Hesse, L. Mielke, J. IJzer, P. Kamminga, A.A. Koelmans Microplastic in a macro filter feeder: humpback whale *Megaptera novaeangliae* Mar. Pollut. Bull., 95 (2015), pp. 248-252.

- [7] Elbaz, A., Wei, Y.Y., Meng, Q., Zheng, Q., Yang, Z.M., 2010. Mercury-induced oxidative stress and impact on antioxidant enzymes in *Chlamydomonas reinhardtii*, *Ecotoxicology*, 19,1285-1293.
- [8] Gupta, V., Shrivastava, A., Jain, N., 2001. Biosorption of chromium (VI) from aqueous solution by green algae *Spirogyra* species. *Water research.*, 35, 4079- 4085.
- [9] J.C. Prata, B. Lavorante, M.C. Montenegro, L. Guilhermino Influence of microplastics on the toxicity of the pharmaceuticals procainamide and doxycycline on the marine microalgae *Tetraselmis chuii* *Aquat. Toxicol.*, 197 (2018), pp. 143-152.
- [10] J. Peng, C.Q. Lan, Z. Zhang, C. Sarch, M. Laporte Control of protozoa contamination and lipid accumulation in *Neochloris oleoabundans* culture: effects of pH and dissolved inorganic carbon *Bioresour. Technol.*, 197 (2015), pp. 143-151.
- [11] L. Peng, Z. Zhang, C.Q. Lan, A. Basak, N. Bond, X. Ding, J. Du Alleviation of oxygen stress on *Neochloris oleoabundans*: effects of bicarbonate and pH *J. Appl. Physiol.*, 29 (2016), pp. 143-152.
- [12] M. Cole, P.K. Lindeque, E. Fileman, J. Clark, C. Lewis, C. Halsband, T.S. Galloway Microplastics alter the properties and sinking rates of zooplankton faecal pellets *Environ. Sci. Technol.*, 50 (2016), pp. 3239-3246.
- [13] Parsons, TR., Strickland, JDH. Discussion of Spectrophotometric Determination of Marine Plant Pigments, with Revised Equations for Ascertaining Chlorophylls and Carotenoids. *Journal of Marine Research*. 1963, 21, 115-63.
- [14] Rippka, R., Deruelles, J., Waterbury, J. B., Herdman, M., Stanier, R. Y., 1979. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Microbiology*, 111(1), 1-61.
- [15] S.M. Hamed, S. Selim, G. Klöck, H. AbdElgawad Sensitivity of two green microalgae to copper stress: growth, oxidative and antioxidants analyses *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 144 (2017), pp. 19-25.
- [16] Sartory, D.P. & Grobbelaar, J.U. (1984). Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia*, 114(3): 177- 187.
- [17] Si.E. Sabatini, Á.B. Juárez, M.R. Eppis, L. Bianchi, C.M. Luquet, M.D.C.R.D. Molin Oxidative stress and antioxidant defenses in two green microalgae exposed to copper *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 72 (2009), pp. 1200-1206.
- [18] Sing, S., Rai, B., Rai, L., 2001. Ni (II) and Cr (VI) Sorption Kinetics by microcystis in single and multimetallic system process *Biochem.* 36, 1205-1213.
- [19] W. Lin, F. Su, M.Z. Lin, M.F. Jin, Y.H. Li, K.W. Ding, et al. Effect of microplastics PAN polymer and/or Cu²⁺ pollution on the growth of *Chlorella pyrenoidosa* *Environ. Pollut.*, 265 (2020).
- [20] Wang, S., Shi, X., 2001. Molecular mechanisms of metal toxicity and carcinogenesis. *Mol. Cell Biochem.* 222, 3–9.

Karayollarında Buzlanma ile Mücadelede Kullanılan Tuzların Çevreye Verdiği Zararın Jeotermal Kaynaklar Kullanılarak Azaltılması

1 Hüseyin Akbulut, *2 Lale Atılğan Gevrek

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

^{*2} Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü

Özet

Dünyada her yıl milyonlarca ton tuz, kar ve buz mücadelesinde kullanılmaktadır. Buzlanma ile mücadelede kullanılan tuzların çevreye verdiği zararlar insan ve canlı yaşamını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Son yıllarda kar ve buz ile mücadelede halen kullanılmakta olan geleneksel yöntemlerden olan tuzlamanın meydana getirdiği çevre kirliliği dâhil pek çok olumsuzluklar nedeniyle modern yöntemlerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu bildiri çalışmasında buzlanma ile mücadelede kullanılan geleneksel yöntem olan tuzlamanın çevreye verdiği zararlar incelenerek, jeotermal kaynaklar kullanılarak kar ve buz ile mücadele yöntemleri hakkında bilgiler verilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Buzla Mücadele, Tuz Kullanımı, Çevre Kirliliği*

1. Giriş

Asfalt yüzeylerde kar ve buz birikimini kontrol etmek için tuz ve kimyasal buz çözücülerin kullanımı on yıllar içinde önemli ölçüde artmıştır. Her yıl dünya çapında buz çözme için tahmini olarak 60 milyon ton tuz kullanılmaktadır [1]. Karayollarının kar ve buz bakımından yoğun olduğu kış ayları boyunca, çeşitli kimyasallar kullanılarak bu yolların kesintisiz hizmet verebilmesi için çalışılarak, önemli bir hizmet ve fayda sağlanmaktadır [2] Ancak bu faydalar tek başına, ekonomik ve çevresel maliyetler hesaba katılmadan düşünülmemelidir. Tuzların ve zararlı kimyasalların aşırı kullanımı, çevresel açıdan sürdürülebilir ve ekonomik olarak uygulanabilir alternatiflerin geliştirilmesini ve yaygın kullanımını gerektirebilir.

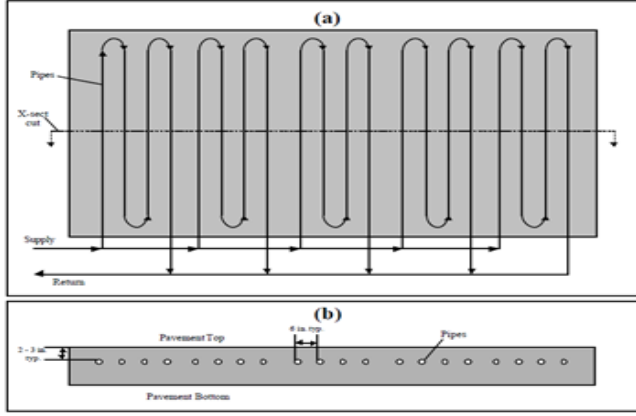
Kar ve buzla mücadelede kaya tuzundan üreye kadar çok çeşitli buz çözücü kimyasallar kullanılmaktadır. Buz çözücü kimyasalların içerisinde en yaygın kullanım kalsiyum klorür ve sodyum klorür olmaktadır ve bunların yerine genel olarak ‘Tuz’ terimi kullanılmaktadır [3]. Kullanılan bu tuzlar yeraltı suyunun tuzlanmasına, tatlı sularda ve toprak yapısında değişikliklere neden olmaktadır. Aynı zamanda tuzlar, balık ve suda yaşayan diğer canlıları etkileyerek bunlardan beslenen canlı türlerini ve bitki örtüsü için tehdit oluşturmaktadır [4, 5, 6, 7] Tablo 1’de tuz konsantrasyonlarına göre çeşitli organizmaların etkileri gösterilmiştir.

Tablo 1. Çeşitli organizmalar üzerindeki klorür konsantrasyonlarının etkileri [8]

Klorür (Mg/L)	Organizma	Etki	Süre
1500-10000	Çeşitli su omurgasızları	Ölüm	1-20 Gün
1000-5000	Sulak alan omurgasızları ve bitkileri	Tohumdan çıkış veya bekleme evreleri	3 Ay
412	Amfibiler	Metamorfoz	90 Gün
112-460	Çeşitli sulak alan bitkileri	Yeniden Klonlanma	>1 yıl
250	Baharda yaşayan omurgasızlar	Grup yapısı dizini	>1 yıl
~100	Amfibiler	Bulunma periyodu	>5 Ay
0,5	Diatomlar	Grup Yapısı	Yeniden yapılanma

Buz çözücü kimyasalların çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurulduğunda kar ve buzla mücadele yöntemlerinin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Karayollarımızda kar ve buz ile mücadele yöntemleri, pasif (geleneksel) ve aktif (modern) yöntemler olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Pasif yöntemler kimyasal solüsyon, tuz uygulamaları ve mekanik veya insan gücüyle yol yüzeyindeki karın veya buzlanmanın önlenmesi ya da kaldırılmasından oluşmaktadır. Fakat solüsyon ve tuz uygulamaları hem çevre hem de altyapı üzerinde zararlı etkileri olabilmektedir. Aktif yöntemler ise buzlanmanın daha oluşmadan yol yüzey sıcaklığının çeşitli yöntemlerle artırılarak buzlanmanın başlamadan önlenmesi mantığına dayanmaktadır. Yol yüzey sıcaklığının artırılmasında elektrik kablolarıyla, elektriksel iletken asfalt betonlarıyla yüzey sıcaklığının artırılması sağlandığı gibi jeotermal enerji ile yol kaplaması altına döşenen borular içerisinde ısıtılmış sıvının dolaştırılarak kaplama yüzeyinde buzlanmanın hiç oluşmaması sağlanabilmektedir [3].

Jeotermal kaynaklar kullanılarak uygulanan kar ve buz mücadelesi yöntemleri hidronik ısıtma sistemleri içerisinde yer almaktadır. Hidronik ısıtma sistemleri, kaplama tabakasında biriken kar ve buzu önlemek için kaplama tabakası altına yerleştirilen bir boru şebekesinden ısıtılmış bir sıvıyı sirküle eder. Boru şebekesi genellikle kıvrımlı bir konfigürasyonda döşenen sistemlerden oluşur. Boru malzemesi genellikle çapraz bağlı veya yüksek yoğunluklu polietilendir. Bu tür sistemler için kazanlar, elektrikli ısıtıcı, yeraltı suyu ve toprak kaynaklı ısı pompası gibi bir takım ısı kaynakları kullanılabilir [4]. Şekil1’de tipik bir hidronik ısıtma sistem plan ve kesiti verilmiştir.



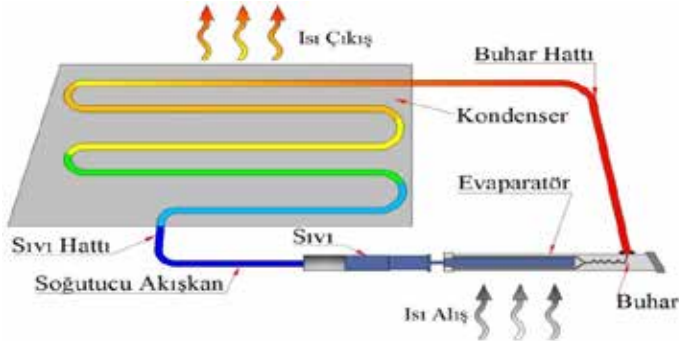
Şekil 1. Tipik bir hidronik ısıtma sistemi yapısı a) Plan b) Kesit [9]

Jeotermal enerji yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde en temiz ve en ucuz yenilenebilir ve sürdürülebilir bir kaynaktır. Jeotermal enerji dünyada kar ve buz mücadelesi de dâhil, elektrik üretimi, ısıtma, soğutma, kurutma olmak üzere çeşitli kategorilerde kullanılmaktadır [10]. Fakat jeotermal enerji bakımından zengin olan ülkemizde, kullanım alanları incelendiğinde ülkemizde kar ve buz mücadelesinde henüz jeotermal kaynakların kullanımı mevcut değildir. Çevreye verilen zararlar göz önünde bulundurulduğunda kar ve buz mücadelesinde hidronik ısıtma sistemlerinden faydalanmak çevre kirliliğinin azaltılmasında olumlu katkılar sağlayabilir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Isı Borulu Sistemler

Isı borulu sistemler, pasif jeotermal bir köprü ısıtma sistemi olarak da bilinir. Bu tür sistemler pompa, kontrol sistemi gibi herhangi bir dış güce ya da bir insan müdahalesine gerek duymadan çalışabilirler. Isı borulu sistemlerin kurulum aşamasında, sistemin içerisine amonyak sıvısı ya da freon gazı doldurularak toprağın içerisine yerleştirilir. Toprağın ısısı vasıtasıyla akışkan ısı borusunun dibinde (evaporatör kısmında) ısınır. Isınan akışkan, ısıtılacak bölümde yer alan serili boruların olduğu kondenser bölümüne doğru hareket eder. Yoğuşarak ısısını bırakır ve yoğuşmuş akışkan yerçekiminin etkisiyle çevrimini tamamlayarak evaporatöre geri döner [11, 12]. Isı boruları çok geniş sıcaklık aralığında, değişik ebatlarda, sabit veya esnek şekillerde silindirik, düzlemsel, dönelebilir veya kullanma yerine ve amacına uygun olarak imal edilirler [13].

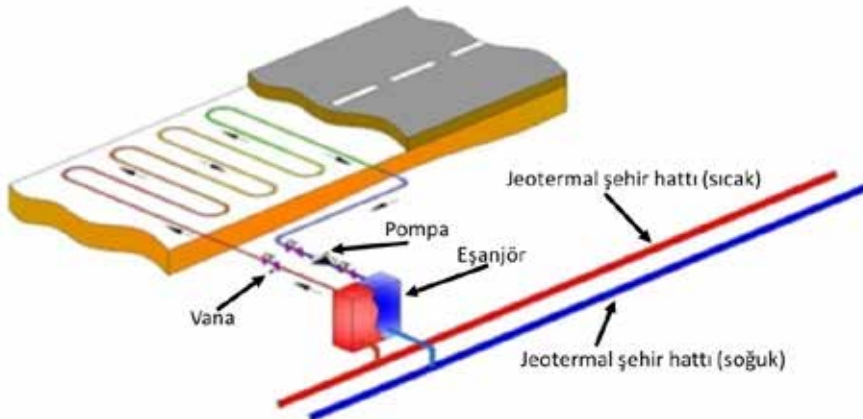


Şekil 2. Isı borulu ısıtma sistemi

2.2. Jeotermal Sulu Sistemler

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı, jeotermal enerjinin en eski ve yaygın biçimlerinden biridir [14]. Bölgesel ısıtma sistemlerinde, ısı merkezinden sağlanan ısı, boru şebekesi ile birinci devre akışkanı tarafından ısıtılacak bölgeye taşınır ve her bölgeye ait ısı ejanjöründe ikinci devrede dolaşan ısıtıcı akışkan ısıtılır. Birinci devrede sıcak su, kızgın su veya buhar, ikinci devrede de sıcak su dolaşır [15]. Direk jeotermal su kullanılan sistemlerde, bir sirkülasyon pompası yardımıyla akışkan, asfaltın altına serili borulardan dolaştırılır. Isı, boru içerisinde dolaşan akışkan sayesinde yüzeye transfer edilir. İletim yoluyla yüzey ısıtılır. Akışkan olarak su+antifriz karışımı kullanılır [11].

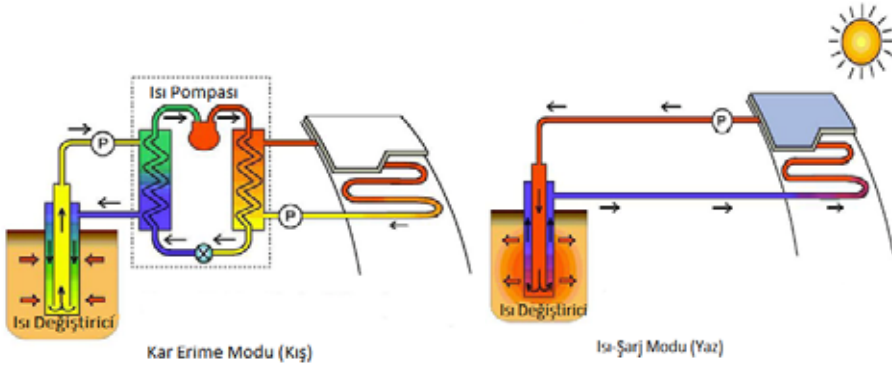
Hidronik ısıtma sistemleri kaplama yüzeyinde kar ve buzun oluşmasının engellenmesi ve sürüş güvenliğinin sağlanması açısından kimyasallara alternatif çevre dostu, temiz ve



Şekil 3. Direkt jeotermal sulu sistemler

2.3. Yeraltı Termal Enerji Depolama Sistemleri (Jeotermal Enerji Depolama Sistemleri)

Bu kar eritme sistemi, kuyu altı ısı eşanjörleri, bir ısı pompası ve yolun altına gömülü ısıtma borularından oluşur. Bu sistemin ana ısı kaynağı, sıg toprakta bulunan jeotermal ısı ve yaz aylarında depolanan güneş enerjisi yardımcı bir kaynaktır. Topraktaki ısıl enerjiyi kullanarak kışın yollarda meydana gelen karı/buzu eritmek için kullanılan bu sistemde toprağın altında bulunan ısı enerjisini yüzeye çıkarmak için kuyular kazılır. Topraktaki ısıl enerji, borulardan antifriz+su karışımı bir sirkülasyon pompası yardımıyla dolaştırılarak yüzeye çıkartılır. Kurulan sistem ile yaz aylarında kuyularda ısı enerjisi depolanabilmekte, kış aylarında ise depolanan bu enerji sirkülasyon pompaları ile yüzeye çıkarılabilmektedir [16, 17, 18].



Şekil 4. Kar eritme sistemi çalışma modları [17]

3. Sonuç ve Öneriler

Buz çözücü tuzların toprak, bitki, yeraltı suyu ve tatlı sular üzerinde olumsuz etkileri bilinmektedir. Çevre dostu, alternatif kar ve buz mücadelesi için gelişmiş uygulama teknolojilerinin araştırılmasına ve uygulanmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemiz jeotermal kaynak bakımından zengin bir ülke olmasına rağmen kar ve buz mücadelesi için kullanımı bulunmamaktadır. Var olan kaynaklarımızı doğru bir şekilde kullanarak ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlanabilmesi mümkün görünmektedir. Jeotermal kaynakların kar ve buz mücadelesinde kullanımı ile her yıl buz mücadelesinde kullanılan tuz miktarının azaltılabilmesi sağlanabilir ve bu sayede kar ve buzlanma ile mücadele için kullanılan yöntemlerin çevreye verdiği zararlarının düşük maliyetli ve çevreci olan bir kaynak ile azaltılması sağlanabilir.

Referanslar

- [1] Parker D.M, Tatum T.C. Is the use of road salt and chemical deicers worth the costs? A call for environmentally sustainable winter road operations. *Journal of Strategic Innovation and Sustainability* 2021;16:1–139.
- [2] Fay L, Shi X. Laboratory investigation of performance and impacts of snow and ice control chemicals for winter road service. *Journal of Cold Regions Engineering* 2011;25:3- 89.
- [3] Ramakrishna D.M, Viraraghavan T. Environmental impact of chemical deicers-a review. *Water, Air and Soil pollution* 2005;166:49-63.
- [4] Tiwari A, Rachlin J.W. A review of road salt ecological impacts. *Northeastern Naturalist* 2018; 25:1-123.
- [5] Hintz W.D, Relyea R.A. Impacts of road deicing salts on the early-life growth and development of a stream salmonid: salt type matters. *Environmental Pollution* 2017;223: 409-415.
- [6] Searle C.L, Shaw C.L. Hunsberger K.K. Prado M. Duffy M.A. Salinization decreases population densities of the freshwater crustacean, daphnia dentifera. *Hydrobiologia* 2016;770:165-172.
- [7] Cunningham M.A, Snyder E, Yonkin D, Ross M, Elsen T. Accumulation of deicing salts in soils in an urban environment. *Urban Ecosyst* 2008;11:17-31.
- [8] Findlay S.E.G, Kelly V.R. Emerging indirect and long-term road salt effects on ecosystems. *Annals of the Newyork Academy of Sciences* 2011;1223:58-68.
- [9] Spittler J.D, Ramamoorthy M. Bridge deck deicing using geothermal heat pump, *Proceeding of the Fourth International Heat Pumps in Cold Climates Conference* 2000.
- [10] Lund J.W, Toth A.N. 2021, Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review, *Geothermics* 2021; 90: 101915.
- [11] Lund J.W. Pavement Snow Melting, *Geo-Heat Center, Quarterly Bulletin* 2000;21: 2.
- [12] Liu X. Development and experimental validation of simulation of hydronic snow melting systems for bridges. Master Thesis, Tongji University. Shanghai, China. 1998.
- [13] Özsoy A, Acar M. Yerçekimi destekli bakır-su ısı borusu için deneysel bir çalışma. *Tesisat Mühendisliği Dergisi* 2005; 90:13-18.
- [14] Dickson M.H, Fanelli M. *Geothermal Energy Utilization and Technology*, UNESCO Renewable Energy Series, Earthscan Publications Ltd. London, UK.2003:1-28
- [15] Kula Ö. Jeotermal ısıtma sistemlerinin ekserji analizleri, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. 2008.
- [16] Iwamoto K, Nagasaka S, Hamada Y, Nakamura M, Ochifuji K, Nagano K. Prospects of Snow Melting Systems (Sms) Using Underground Thermal Energy Storage (Utes) in Japan, *Proceedings of the Second Stockton International Geothermal Conference*, Pomona, New Jersey.1998 March 16 – 17.
- [17] Morita K, Tago M, 2005, Snow-Melting on Sidewalks with Ground-Coupled Heat Pumps in a Heavy Snowfall City, *Proceedings World Geothermal Congress 2005*, Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.
- [18] Mirzanamadi R, Hagentoft C.E, Johansson P, Johnsson J. Anti-icing of road surfaces using hydronic heating pavement with low temperature, *Cold Regions Science and Technology* 2018;145:106-118.

Yeşil Yönetim Modeli Önerisi

¹ Hasan KAÇAMAK, ² Özer UYGUN

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Özet

Dünya kaynakları hızlı bir tükenişin içinde bulunmaktadır. Başta çevremiz olmak üzere bu kaynakları gelecek nesillere taşıyabilmek adına sürdürülebilirlik kavramı günümüzde büyük önem kazanmıştır. Sürdürülebilirliği temin etmek adına küresel ölçekli anlaşmalar ve mutabakatlar hem ülkeleri hem de işletmeleri yeşil yönetim uygulamalarına yöneltmektedir. Bununla bağlantılı olarak daha etkin yönetim modellerine ve değerlendirme sistemlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışmada çevre özelinde bir yeşil yönetim modeline ve işletmelerin yeşil yönetim açısından performanslarının değerlendirileceği bir sistemin geliştirilmesine olan ihtiyaç ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Yeşil Yönetim, Sürdürülebilirlik, Değerlendirme Sistemleri*

1. Giriş

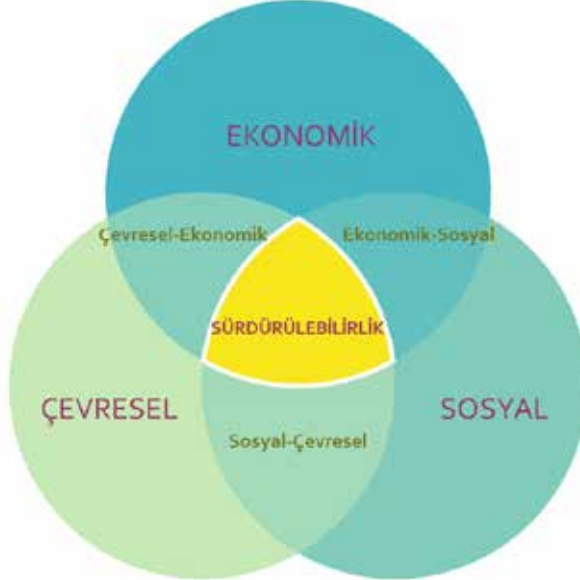
Sanayi devrimiyle birlikte insanlık hızlı bir ilerlemenin içerisine girmiştir. Hızlı sanayileşme beraberinde hızlı nüfus artışını getirmiş, köyden kente gerçekleşen göçlerle şehirler büyümüş, artan nüfus ve insanların ihtiyaçlarının çeşitlenmesi ve çoğalması çevre kirliliğine, kaynakların hızla tükenmesine ve biyo-çeşitlilikte azalmaya neden olmuştur. Dünya bizlere toprağıyla, havasıyla ve suyuyla tüm kaynaklarını faydamıza sunmaktadır. Yaşayan tüm canlıların hayatı bu kaynaklara bağlıdır ve ne yazık ki bu doğal kaynaklarımız sonsuz değildir. Bu doğa kaynaklarımızın devamlılığı ancak onların yenilenebilecekleri fırsatı sağlayarak kullanılmaları ile mümkün olacaktır.

Çevreyi ilk kez başlıca mesele edinen uluslararası konferans 1972 yılında İsveç'in başkenti Stockholm'de gerçekleşen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'dır. Çevre sorunlarını küresel boyutta ele alacak uluslararası bir organ olan Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Program UNEP) bu konferans sonucu meydana getirilmiştir.

Birleşmiş Milletler tarafından 1983 yılında Gro Harlem Brundtland başkanlığında bir komisyon kurulmuş ve bu komisyon Brundtland Raporu olarak da anılan "Our Common Future" isimli raporunu 1987 yılında

Birleşmiş Milletler'e sunmuştur. Bu rapor "sürdürülebilir kalkınma" kavramı açısından önemlidir. Sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan gelişme olarak tanımlanmıştır [1].

Günümüzde sürdürülebilirliğin üç boyutu olduğu kabul edilmektedir. Bu ana boyutlar çevresel, sosyal ve ekonomik perspektiflerdir [2]. Çevresel boyutta doğal kaynakların etkin kullanımı, çevre odaklı süreçler ve yönetim anlayışı ile birlikte kirlenmeyi önleme gibi konular ele alınmaktadır. Sosyal boyutta toplumun sürdürülebilir şartlarda yaşam standardını, eğitim ve bilinç düzeyini artırma ve toplumda fırsat eşitliği sağlama gibi konular öne çıkmaktadır. Ekonomik boyutta ise ekonomik büyüme gerçekleşirken hem kâr elde edilirken hem tasarruf sağlanması ve bunun yanında araştırma geliştirme faaliyetlerine kaynak ayrılabilmesi gözetilmektedir. Şekil 1'de görüleceği üzere ana boyutların birbirleri ile kesişiminden ekonomik-sosyal, sosyal-çevresel ve çevresel-ekonomik konular ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilirlik ise tüm bunların ortak kesişim kümesinde yer alarak birçok konuyu barındıran kapsamlı bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.

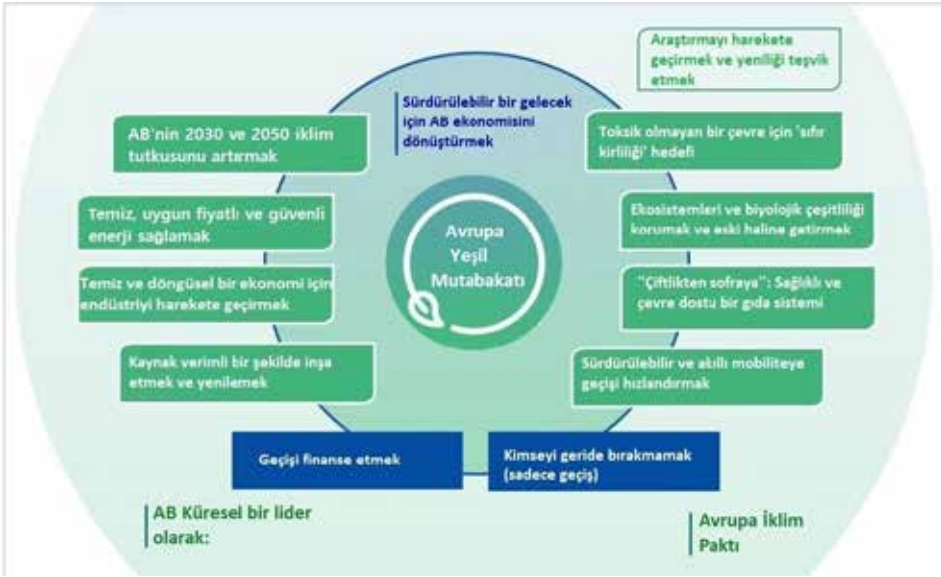


Şekil 1. Sürdürülebilirlik Kavramının Boyutları [2]

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, Eylül 2015'te 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemini ve 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefini (SKH) evrensel ve dönüştürücü bir kalkınma stratejisi olarak kabul etmiştir [3].

İklim değişikliği konusunda uluslararası bir anlaşma olan Paris Anlaşması 2015 yılında Paris'te düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda kabul edilmiştir. Anlaşma 22 Nisan 2016'da New York'ta imzaya açılmış, 5 Ekim 2016 tarihinde yürürlüğe girme eşliğine ulaşmış ve 4 Kasım 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. İklim değişikliğinin hafifletilmesi, uyum ve finansman konularını kapsamaktadır. [4].

Avrupa Yeşil Mutabakatı Avrupa Komisyonu tarafından 2020 yılında kabul edilmiş olan Avrupa Birliği'ni daha adil ve müreffeh bir topluma dönüştürmeyi amaçlayan yeni bir büyüme stratejisidir. Mutabakat, Birliği 2050 yılı itibari ile karbon nötr hale getirmeyi amaçlamaktadır. Şekil 2 Avrupa Yeşil Mutabakatının çeşitli elemanlarını göstermektedir [5].



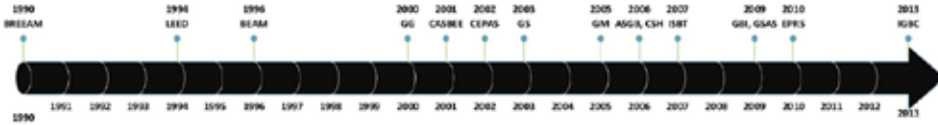
Şekil 2. Avrupa Yeşil Mutabakatı [5]

Çalışmamızda öncelikle değerlendirme sistemleri ele alınacak ve bunlardan ikisi üzerinde durulacaktır. Ardından Yeşil Yönetim tanımı yapıлып sonrasında neden bu konuda bir modele ihtiyaç olduğuna değinilecektir. Son olarak önerisinde bulunduğumuz Yeşil Yönetim Modeli çerçevesi sunulmaktadır.

2. Çeşitli Değerlendirme Sistemleri

Çevresel sürdürülebilirlik adına değişik ülkelerde yeşil bina sertifikalandırma programları hayata geçirilmiştir. Breeam, Leed, Green Star, Casbee bu sertifikalandırma programlarından bazılarıdır.

Yeşil Bina Sertifikalandırma Programlarının ortaya çıkışları Şekil 3 üzerinde gösterilmektedir. En yaygın kullanılan programlardan biri olan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (United States Green Buildings Council - USGBC) tarafından 1994 yılında bizlere sunulmuştur. Bu program daha az CO₂ emisyonu, daha az enerji kullanımı, daha az su tüketimi yanında daha sağlıklı ve memnuniyeti yüksek bireyler amaçlamaktadır [6].



Şekil 3. Yeşil Bina Sertifikalandırma Programları Zaman Akışı [7]

LEED Sertifikasyon Programı 9 kriter ve 110 puan üzerinden bir değerlendirmede bulunur (Tablo 1).

Tablo 1. LEED NC Değerlendirme Kategorileri

Bütünleşik Süreç Yönetimi	1 puan
Sürdürülebilir Arazi	1 – 10 puan
Konum ve Ulaşım	1 – 16 puan
Malzeme ve Kaynaklar	2 – 13 puan
Enerji ve Atmosfer	1 – 33 puan
Su Verimliliği	1 – 11 puan
İç Ortam Kalitesi	1 – 16 puan
İnovasyon	1 – 6 puan
Bölgesel Öncelik	1 – 4 puan
Toplam	110 puan

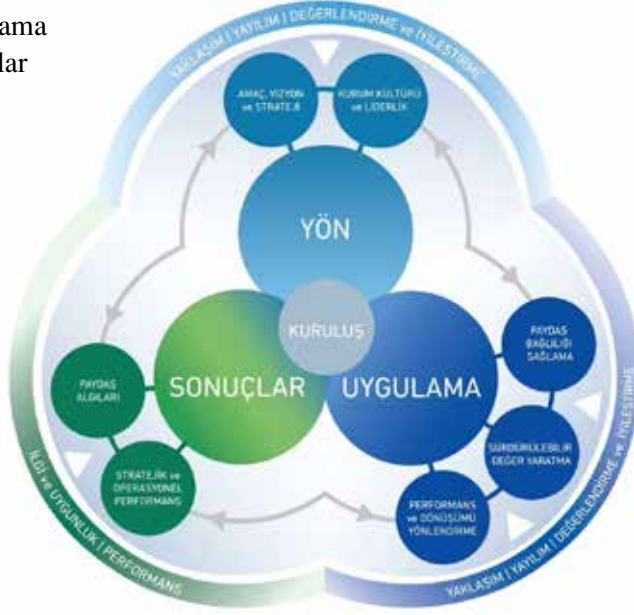
Yönetimsel değişim ve performans iyileştirme üzerine dünya çapında kabul görmüş uygulanabilir bir program olan (European Foundation for Quality Management – EFQM) Modeli ise yönetimlerin önceliklerine, amaçlarına ve insanlarına uyacak daha iyi çalışma imkânı sunmaktadır. Bu model 1988 yılında Avrupa'nın seçkin 14 büyük firmasının CEO'larının imzaladıkları bir niyet mektubu ile hayata geçen Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı (tarafından 1991 yılında dünyaya duyurulmuş olan bir yönetim modelidir.

EFQM Modeli sürdürülebilir değer yaratma açısından kuruluşunuzun hangi seviyede olduğunu görmenize yardımcı olur ve böylece performansınızı

önemli ölçüde iyileştirecektir. EFQM Modeli zaman içerisinde içerik ve görsellik açısından değişime uğramış fakat modelin esas ilkelerinde bir değişiklik olmamıştır.

EFQM Modelinin yapısı 3 ana kriter üzerine kuruludur (Şekil 4):

- Yön
- Uygulama
- Sonuçlar



Şekil 4. EFQM Model Yapısı [8]

Bu üç kriter altında neden, nasıl ve ne sorularına aranan cevaplar çerçevesinde değerlendirilebilir. “Kuruluşumuz neden var?”, “Hangi amacı yerine getiriyor?”, “Neden özellikle bu strateji?” soruları yön olgusunun anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Belirlenen amaç ve stratejinin nasıl gerçekleştirileceğinin planlaması ise Uygulama olgusunun sorusudur. Bugüne kadar nelerin gerçekleştirildiği ve gelecekte nelerin gerçekleştirileceği ise Sonuçlar olgusunun anlaşılmasına yardımcı olacak sorulardır [9].

Yön perspektifi kapsamında kuruluş için bir amaç belirlenir. Bu amaç doğrultusunda bir vizyona sahip olunur. Sürdürülebilir değer oluşturmaya yönelik bir strateji ortaya konulur ve kuruluşun bütününde tüm bunlar bir kültür olarak benimsenir. Bu şekilde kuruluşun izleyeceği yol belirlenmiş olur. Uygulama perspektifinde ise bu yolda ilerlerken paydaşların bağlılığı sağlanır, sürdürülebilir değer meydana getirilir ve kuruluşun mevcut performansı değerlendirilirken bir yandan da gelecekteki başarı için yönlendirmede bulunulur. Sonuçlar perspektifinden bakıldığında ise kuruluş için paydaş algıları önemlidir. Bu çerçevede stratejik ve operasyonel performans ile ilgilenilir.

3. Yeşil Yönetim

Kurumsal Çevre Yönetimi veya Çevre Yönetim Sistemleri son yıllarda yeni ve dikkat çekici bir kavram olan “Yeşil Yönetim” ile ifade edilmektedir. Yeşil Yönetim çevre dostu ürünler üreten ve yeşil tasarım, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil araştırma ve geliştirme ve yeşil pazarlama, yeşil lojistik yoluyla işletmelerin çevre üzerindeki etkisini en aza indiren uygulamalar olarak tanımlanabilir. Yeşil Yönetim ile kurumların çevresel ve işletme performansının artırılması amaçlanmaktadır.

4. Yeşil Yönetim Modeline Olan İhtiyaç

Dünya üzerindeki her bir varlığın etkileşimde olduğu çevre ile bir ilişkisi söz konusudur. İnsanoğlunun etkisi bazı yönleri ile artık geri dönülemez sonuçlar doğurmuştur. Bir çok canlı nesli yok olmuştur. Küresel ısınma ile buzullar erimekte, bunun neticesinde doğa dinamikleri değişmektedir.

Çevreye karşı duyarlılığımız gün geçtikçe artmaktadır. Karbon ayak izimizin ne olduğu günümüzde en çok önem verdiğimiz bir olgu haline gelmiştir. Bu bağlamda uluslararası bir takım kararlar alınmakta ve devletler de bu kararlar çerçevesinde yasalar çıkarmaktadırlar. Evsel atıklar geri dönüştürülebilir olanlar ile ayrıştırılmakta, petrol bazlı ürünlerin kullanımına kısıtlar getirilmekte, bisiklet gibi daha çevreci ulaşım araçlarına yönelinmekte, hatta kimi şehirlerde şehir merkezleri tamamen araç trafiğine kapatılmaktadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde 2030 senesine kadar karbon emisyonlarını yarıya indirmek, 2050 senesine kadar karbon emisyonlarını sıfırlamak hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması oluşturulmak istenmektedir. 14 Temmuz 2021 tarihinde öneri olarak yayınlanan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması belgesi [10] ile karbon kaçağını önleyerek iklim değişikliği ile mücadele etmek amaçlanmaktadır.

5. Yeşil Yönetim Modeli

Geliştirilecek olan Yeşil Yönetim Modeli kurumların çevresel stratejilerini, politikalarını, vizyonlarını, uygulamalarını ve iyileştirme süreçlerini destekleyecek; bu anlamda kurumlara ilham verecek, çevresel etkilerini azaltacak şekilde nasıl davranmaları gerektiği konusunda yol haritası sunacak özgün bir model olacaktır. Model, kurumların tüm yönetim kademelerinde (stratejik, taktik, operasyonel) çevresel bakış açısını ortaya koyacak ve kurumların tüm

süreçlerini kapsayacak şekilde geliştirilecektir. Bu anlamda süreçler temel olarak Yeşil Tasarım, Yeşil ARGE, Yeşil Satın Alma, Yeşil Üretim, Yeşil Lojistik, Yeşil Pazarlama gibi fonksiyonları kapsayacaktır.

Modelin, başka alanlardaki diğer modellere benzer olarak Ana Boyutları (Kriterleri) ve Alt Ölçütleri olacaktır. Bunların girdi kriterleri ve çıktı kriterleri olarak sınıflandırılması mümkündür. Girdi kriterleri ile kurumların yeşil yönetim açısından neler yapması gerektiği ifade edilmiş ve kurumdan beklenenler yeşil (Çevresel) süreçler, yaklaşımlar ve uygulamalar ortaya konulmuş olacaktır. Çıktı kriterleri ile kurumdan çevresel ve işletme performanslarını ölçmesi, izlemesi, iyileştirmesi ve bu şekilde öğrenerek girdi kriterlerinde ifade edilmiş olan uygulama ve yaklaşımlarını sürekli geliştirmesi sağlanacaktır.

Yeşil yönetim fonksiyonlarının hayata geçirilebilmesi için,

- Yeşil stratejiler ve politikalar geliştirmeli,
- Liderlik yaklaşımlarında buna yer verilmeli,
- Çalışanların bu uygulamalara ve iyileştirmelere katılımı sağlanmalı,
- Kurum yeşil yönetim anlamında diğer kurumlara rol model olmaya çalışmalı
- Paydaşlarıyla çevresel amaçlarla işbirlikleri geliştirmelidir

Geliştirilecek model ile işletmenin Yeşil Yönetim çabalarının tüm paydaşlar üzerindeki ekonomik, çevresel ve sosyal etkisi ile kendi kurumsal değeri üzerindeki etkisi analiz edilecektir.

Sözü edilen bu etkinin analiz edilebilmesi amacıyla Yeşil Yönetim Modelinin kurumsal yetkinlik değerlendirme sistematiği geliştirilecektir. Bir kurumun Yeşil Yönetim çabasının sonuçlarını çok boyutlu olarak değerlendirebilmek için ciddi bir çalışma yapılması ve detaylı bir ölçüm sistematiği geliştirilmesi gerekmektedir. Kurumların Yeşil Yönetim çabaları neticesinde kurumsal yetkinliklerinin düzeyini ifade edebilmek, geliştirilecek bu değerlendirme mekanizması ile mümkün olacaktır.

6. Sonuç ve Değerlendirme

Doğal bir çevrede yaşamını sürdüren insanoğlunun çevre ile etkileşiminde saygılı ve etik davranması gerektiği çeşitli kültürlerde ortaya konulmuş olsa da küresel anlamda sürdürülebilirlik kavramına ilk kez 1972 yılında Stockholm'de gerçekleşen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'nda

dikkat çekilmiştir. Ardından çeşitli uluslararası raporlar ve mutabakatlar ile her geçen gün hükümetlerin ve işletmelerin kaçınılmaz bir şekilde gündemine gelmektedir. Doğal kaynakları, gelecek nesillerin kullanımından mahrum etmeden yararlanarak toplumsal ve ekonomik kalkınma modelleri geliştirilme zorunluluğu yadsınamaz bir gerçek haline gelmiştir. Bu bağlamda, strateji ve politikardan başlayıp liderlik yaklaşımını içerecek tarzda Yeşil Yönetim Modeli geliştirilmesi önerilmiştir. Yeşil Yönetim modelinin çalışanların ve paydaşların katılımı ile tasarım süreçlerinden başlayarak satınalma, üretim, paketlenme, depolama, dağıtım ve sevkiyat gibi tüm proses ve operasyonlarda işletilmesi gerekmektedir. Modelin güncellenmesi, değerlendiricilerin yetiştirilmesi ve işletmelerin yeşil yönetim performansının değerlendirilerek belgelendirilebilmesi için bir akreditasyon kuruluna ihtiyaç bulunmaktadır. İşletmelerin Yeşil Yönetim Modeli kriterleri doğrultusunda ortaya koyduğu çabaların değerlendirilebilmesi için etkin bir değerlendirme sistemi geliştirilerek modelin bir parçası haline getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, yeşil yönetim modeline olan ihtiyaç gerekçeleri ile ortaya konulmuş, gelecekte yapılacak çalışmalarda bu model ve tamamlayıcı unsuru olan değerlendirme sistemi geliştirilecektir.

Kaynaklar

- [1] “World Commission on Environment and Development”, (1987), Our Common Future, Oxford University Press
- [2] Purvis, B., Mao, Y., Robinson, D., (2019), “Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins”, Sustainability Science, 14, 681–695
- [3] “Integrating the three dimensions of sustainable development: A framework and tools”, (2015), United Nations Publication
- [4] “Paris Agreement”, (2016), United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
- [5] “The European Green Deal”, (2019), European Commission, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf.
- [6] Leed Derecelendirme Sistemi, <https://www.usgbc.org/leed>, (01.11.2022 tarihinde erişilmiştir)
- [7] Shan, M., Hwang, B., (2018), “Green building rating systems: Global reviews of practices and research efforts”, Sustainable Cities and Society, 39, 172-180
- [8] Kalder, https://www.kalder.org/efqm_mukemmellik_modeli, (01.11.2022 tarihinde erişilmiştir)
- [9] Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı, <https://www.efqm.org/>, (01.11.2022 tarihinde erişilmiştir)
- [10] “Proposal for a Regulation Of the European Parliament And Of the Council establishing a carbon border adjustment mechanism”, (2021), European Commission

Türkiye’deki Çevre Mühendisliği Lisans Programlarında Etik Derslerin Payının Araştırılması

Kâmil B. Varınca

Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,
Adıyaman, Türkiye

Özet

Meslekî etik de diğer konular gibi ortalama bir standardın sağlanabilmesi için diğer dersler gibi meslekî eğitim kurumunda verilmesi gereken bir konu bütünüdür. Çevre Mühendisliği gibi lisans türünde bir mühendislik öğretim programını bitiren bir mühendisten etik sorumluluk bilincine sahip olması beklenmektedir. Bunun için de öğretim programının müfredatında etik ile ilgili derslerin varlığı ile ilgili her derste derse özgü olarak etik konuların işlenmiş olması ve bu bilincin öğrenciye verilmiş olması beklenir.

Bu bildiride, Türkiye’deki Çevre Mühendisliği lisans programlarının öğretim planlarının incelenmesiyle etik ile derslerin plandaki payının/mevcut durumunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda önce programların yeterlik/kazanım/çıktıları incelenmiş ve etik ile ilgili olanlar derlenmiş, ardından müfredattaki dersler tek tek incelenerek etik ile ilgili olanlar listelenmiştir. Böylece programın müfredatında etik ile ilgili derslerin payı ortaya çıkarılmıştır.

Sonuçta TYYÇ’de alana özgü yetkinliklerde önemli bir yere sahip olan etik konusunun Çevre Mühendisliği lisans programlarında program çıktıları arasında yer alsa da buna mukabil ders düzeyinde nispeten düşük seviyede yer aldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Türkiye, Çevre Mühendisliği, Öğretim planı, Etik*

Abstract

Professional ethics, like other subjects, is a set of subjects that must be given in a vocational education institution, like other courses, in order to ensure an average standard. It is expected from an engineer who has completed an undergraduate engineering program such as Environmental Engineering to have a sense of ethical responsibility. For this reason, it is expected that ethical issues should be covered in each course related to the existence of courses related to ethics in the curriculum and this awareness should be given to the student.

In this paper, it is aimed to determine the current situation of ethics and courses in the plan by examining the education plans of Environmental Engineering undergraduate programs in Türkiye. In this context, firstly, the outcomes of the programs were examined and those related to ethics were compiled, then the courses in the curriculum were examined

one by one and those related to ethics were listed. Thus, the share of courses related to ethics in the curriculum of the program was revealed.

As a result, although the subject of ethics, which has an important place in field-specific competencies in TYYÇ, is among the program outcomes in Environmental Engineering undergraduate programs, it has been determined that it is at a relatively low level at the course level.

Key words: *Türkiye, Environmental Engineering, Curriculum, Ethics*

1. Giriş

Etik, Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlük'te [1] “Çeşitli meslek kolları arasında tarafların uyması veya kaçınması gereken davranışlar bütünü” olarak ifade edilmektedir. Birey olarak herkesin din ve kültür gibi birçok kaynaktan beslenen kendi ahlaki kuralları olmakla birlikte özellikle çalışma hayatında da mesleki anlamda bir etik anlayışına sahip olmak iş hayatında sürdürülebilirlik açısından gereklidir. Meslekî etik de diğer konular gibi ortalama bir standardın sağlanabilmesi için diğer dersler gibi meslekî eğitim kurumunda verilmesi gereken bir konu bütünüdür.

Türkiye’de yaygın öğretim kurumlarının müfredat ve kazanımları, ilgili kurumlarda belirlenmekte ve buna göre eğitim-öğretim yapılmaktadır. Yükseköğretimde de kazanımlar/yeterlilikler Türkiye Yükseköğretim Yeterlilikler Çerçevesi (TYYÇ) ile belirlenmiştir. TYYÇ, Türkiye’nin 2001 yılında dâhil olduğu Bologna Süreci hedeflerine yönelik olarak oluşturulmuş olup lisans eğitimi TYYÇ’ye göre 4 yıllık 6. düzey bir eğitim basamağıdır. [2]

TYYÇ’ye göre Mühendislik; fen bilimleri ve matematik ile bunların uygulamaları olan teknik alanları içeren bilginin kullanılarak yapı, makina, cihaz, malzeme, sistem veya süreç tasarımları ile bu tasarımların uygulamalarının güvenli bir şekilde yapıldığı bir meslek disiplindir. Yaratıcı yönü de bulunan tasarım ve uygulamalar yoluyla, amaçlanan fonksiyonların değişik çalışma şartlarındaki davranışlarının kestirilmeleri ve ekonomik bir şekilde oluşturulmaları ile sürdürülebilirlikleri de bu disiplin içerisinde değerlendirilir. [2]

TYYÇ 6. Düzey (Lisans Eğitimi) Yeterliliklerinde “Alana Özgü Yetkinlikleri”n ilki “Alanı ile ilgili verilerin toplanması, yorumlanması, uygulanması ve sonuçlarının duyurulması aşamalarında toplumsal, bilimsel, kültürel ve etik değerlere uygun hareket etme”dir. Bu yetkinlik Akademik Ağırlıklı yeterlik türünde “Mesleki ve etik sorumluluk bilincine sahiptir”, Mesleki Ağırlıklı yeterlik

türünde ise “Mesleki, etik ve sosyal sorumluluk bilincine sahip olur” şeklinde ifade bulunmaktadır. [2]

Buna göre lisans türünde bir mühendislik öğretim programını bitiren bir mühendisten etik sorumluluk bilincine sahip olması beklenmektedir. Bunun için de öğretim programının müfredatında etik ile ilgili derslerin varlığı ile ilgili her derste derse özgü olarak etik konuların işlenmiş olması ve bu bilincin öğrenciye verilmiş olması beklenir.

Çevre Mühendisliği de bir mühendislik türü olup insan ve çevre sağlığının korunması amacıyla çevre kirliliğinin önlenmesi ve yaşam alanı olan çevresel ortamların kalitesinin korunması kapsamındaki tüm konu ve alt konularda bilimsel çalışmalar yürüten ve mühendislik çözümleri üreten disiplinler arası bir mühendislik dalıdır. [3]

Dolayısıyla Çevre Mühendisliği Lisans Programını bitiren bir Çevre Mühendisinden de mesleki sorumluluk ve etik bilincine sahip olması beklenmektedir. Bundan dolayıdır ki çevre mühendisliği lisans programlarının program yeterlikleri/çıktıları arasında etik ile ilgili çıktılarının bulunması gereklidir. Ayrıca eğitim akreditasyonu kuruluşları da bu konuya önemli bir yer vermektedir. Mesela, Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (MÜDEK) Mühendislik Lisans Programları Değerlendirme Ölçütlerinden biri “Ölçüt 3. Program Çıktıları”dır. Program çıktıları, program eğitim amaçlarına ulaşabilmek için gerekli bilgi, beceri ve davranış bileşenlerinin tümünü kapsmalı ve MÜDEK Çıktılarının tümünü eksiksiz olarak kapsayacak biçimde tanımlanmalıdır. MÜDEK Çıktılarından biri de “ix. Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk ve mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi”dir. Sonuç olarak MÜDEK akreditasyonu almak isteyen programların yeterlikleri/çıktılarında bu durumun var olması gereklidir. [4]

Bu bildiriye, Türkiye’deki Çevre Mühendisliği lisans programlarının öğretim planlarının incelenmesiyle etik ile derslerin plandaki payının/mevcut durumunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, Türkiye’de 2022 yılında öğrenci alımına açık bulunan çevre mühendisliği lisans programı bulunan üniversitelerin internet sitelerinde halka açık olarak yayımladıkları öğretim planlarının derlenmesiyle oluşturulmuştur. Dolayısıyla çalışma, Türkiye’de 2022 yılında öğrenci alımına açık bulunan 4 yıllık çevre mühendisliği lisans programlarını kapsamakta olup öğrenci alımına açık bulunmayan lisans programları, diğer düzeylerdeki çevre mühendisliği programları ve diğer mühendislik programlarını kapsamamaktadır. Ayrıca çalışma, öğretim programlarındaki sadece etik ile ilgili dersleri kapsamakta olup dersler içerisinde verilen etik konularını kapsamamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Türkiye’de çevre mühendisliği lisans programı bulunan Çevre Mühendisliği Bölümü sayısı Elektronik Kamu Bilgi Yönetim Sistemi (KAYSİS) Devlet Teşkilatı Merkezi Kayıt Sistemi (DETSİS) verilerine göre 53’tür [5]. Türkiye’de yükseköğretim kurumlarının öğrenci alıp almayacağı ve kontenjanına yükseköğretim kurumlarından gelen talepler doğrultusunda Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Başkanlığı karar vermekte olup bu karar ışığında Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezinin (ÖSYM) Yükseköğretim Kurumları Sınavı (YKS) Yükseköğretim Programları ve Kontenjanları Kılavuzu yayımlanmaktadır. 2022 yılında ise 53 Çevre Mühendisliği Bölümünün 22’sinde açılan toplam 25 çevre mühendisliği lisans programına öğrenci alınmasına izin verilmiş olup sadece bu 25 program 2022 yılı ÖSYM YKS Yükseköğretim Programları ve Kontenjanları Kılavuzunda kendisine yer bulabilmiştir. 2022 yılında öğrenci alınmasına açık çevre mühendisliği lisans programları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. 2022 yılında öğrenci alınmasına açık çevre mühendisliği lisans programları [6]

Sıra	İl	Üniversite	Fakülte	Program	Kontenjan
1	Antalya	Akdeniz	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	30
2	Erzurum	Atatürk	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	40
3	Bursa	Bursa Teknik	Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi	Çevre Mühendisliği	20
4	Bursa	Bursa Uludağ	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	40
5	Çanakkale	Çanakkale Onsekiz Mart	Mühendislik	Çevre Mühendisliği (İngilizce)	20
6	Adana	Çukurova	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	20
7	İzmir	Dokuz Eylül	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	80
8	Kayseri	Erciyes	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	15
9	Eskişehir	Eskişehir Teknik	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	60
				Çevre Mühendisliği (KKTC Uyraklı)	1
10	Kocaeli	Gebze Teknik	Mühendislik	Çevre Mühendisliği (İngilizce)	60
11	Ankara	Hacettepe	Mühendislik	Çevre Mühendisliği (İngilizce)	70
12	İstanbul	İstanbul Teknik	İnşaat Fakültesi	Çevre Mühendisliği	70
				Çevre Mühendisliği (İngilizce)	60
13	İstanbul	İstanbul-Cerrahpaşa	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	70
				Çevre Mühendisliği (İngilizce)	30
14	İzmir	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	Mühendislik	Çevre Mühendisliği (İngilizce)	50
15	Kocaeli	Kocaeli	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	40
16	İstanbul	Marmara	Mühendislik	Çevre Mühendisliği (İngilizce)	60
17	Samsun	Ondokuz Mayıs	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	20
18	Ankara	Orta Doğu Teknik	Mühendislik	Çevre Mühendisliği (İngilizce)	55
19	Denizli	Pamukkale	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	20
20	Sakarya	Sakarya	Mühendislik	Çevre Mühendisliği	20
21	Tekirdağ	Tekirdağ Namık Kemal	Çorlu Mühendislik	Çevre Mühendisliği	20
22	İstanbul	Yıldız Teknik	İnşaat	Çevre Mühendisliği	70

Çizelge 1'e göre Türkiye'de 22 farklı Üniversite içindeki Çevre Mühendisliği Bölümünde açılan toplam 25 çevre mühendisliği lisans programının 16 tanesi Türkçe, 8 tanesi İngilizce olup 1 tanesi de KKTC Uyrukluya özeldir. Bu programlara toplamda 1041 kişilik kontenjan ayrılmıştır.

Türkiye'de Üniversiteler kurumsal bilgileri ile akademik programlarının amaç ve hedefleri, profilleri, yetkilileri, alınacak derece, kabul ve mezuniyet şartları, öğretim planı (müfredat), yeterlik/kazanım/çıktıları gibi daha birçok bilgiyi hazırladıkları özel sayfalar aracılığıyla yayımlamaktadırlar. Bu çalışmada, Türkiye'de 2022 yılında öğrenci alımına açık bulunan 25 çevre mühendisliği lisans programının bulunduğu üniversitelerin internet sitelerinde halka açık olarak yayımladıkları bu sayfalardaki bilgiler incelenmiş ve derlenmiştir.

Bu bağlamda önce programların yeterlik/kazanım/çıktıları incelenmiş ve etik ile ilgili olanlar derlenmiş, ardından müfredattaki dersler tek tek incelenerek etik ile ilgili olanlar listelenmiştir. Böylece programın müfredatında etik ile ilgili derslerin payı ortaya çıkarılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

2022 yılında öğrenci alımına açık çevre mühendisliği lisans programlarının etik ile ilgili program yeterlik/çıktıları Çizelge 2'de, bu programların müfredatlarında bulunan etik ile ilgili dersler ise Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. 2022 yılında öğrenci alımına açık çevre mühendisliği lisans programlarının etik ile ilgili program yeterlik/çıktıları

Sıra	Üniversite	Program yeterlik/çıktısı	K
1	Akdeniz	4. Çevresel, ekonomik, sosyal, politik, etik, sağlık, güvenlik, üretilebilirlik ve sürdürülebilirlik gibi gerçekçi sınırlar içerisinde, bir sistemi, parçayı veya işlemi tasarlar. 13. Mesleki, etik ve sosyal sorumluluk bilincine sahip olur; çevre mühendisliği alanında kullanılan standartlar hakkında bilgisi vardır.	[7]
2	Atatürk	11. Mesleki ve etik sorumluluk bilincine sahiptir.	[8]
3	Bursa Teknik	----	[9]
4	Bursa Uludağ	9. Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci; mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.	[10]
5	Çanakkale Onsekiz Mart	TYYC-9 - Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci; mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.	[11]
6	Çukurova	PÖÇ13. Yetkinlikler - Öğrenme Yetkinliği -Mesleki ve etik sorumluluk bilinci	[12]
7	Dokuz Eylül	19. Mesleki ve etik sorumluluk bilincine sahiptir.	[13]
8	Erciyes	10- Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk ve mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi	[14]
9	Eskişehir Teknik	9. Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk ve mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.	[15]
10	Gebze Teknik	Profesyonel ve etik davranış sorumluluğu sergilemek	[16]
11	Hacettepe	9. Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci; mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.	[17]
12	İstanbul Teknik	P.Ç.6 Mesleki ve etik sorumluluk anlayışı	[18]
13	İstanbul-Cerrahpaşa	6. Mesleki ve etik sorumluluk bilinci	[19]
14	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	6. Profesyonel ve etik sorumlulukları tanıma becerisi	[20]
15	Kocaeli	Mesleki ve etik sorumluluk bilinci. Bilimsel etik kuralları benimseme ve uyma.	[21]
16	Marmara	9. Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci; mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.	[22]
17	Ondokuz Mayıs	9. 95364-Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci; mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.	[23]
18	Orta Doğu Teknik	Mühendislik durumlarında etik ve profesyonel sorumlulukları tanıma ve mühendislik çözümlerinin küresel, ekonomik, çevresel ve toplumsal bağlamlardaki etkisini dikkate alması gereken bilinçli kararlar verme becerisi	[24]
19	Pamukkale	9. Mesleki ve etik sorumluluk bilinci kazandırır.	[25]
20	Sakarya	9. Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci; Mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.	[26]
21	Tekirdağ Namık Kemal	1-Mesleki etik ve sosyal sorumluluk	[27]
22	Yıldız Teknik	PÇ-9.1) Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci.	[28]

K:Kaynak

Çizelge 2’den görüldüğü üzere biri hariç tüm çevre mühendisliği lisans programlarının çıktılarında etik ile benzer çıktılar yer almaktadır. Kimisi daha sade kimisi daha ayrıntılı bir şekilde ifade edilmiştir.

Çizelge 3. 2022 yılında öğrenci alımına açık çevre mühendisliği lisans programlarında müfredatta bulunan etik ile ilgili dersler

Sıra	Üniversite	Y	Kodu	İsmi	Z/S	T+U+L	Kr	AKTS	K
1	Akdeniz	8	ÇEV 424	Mühendislik Etiği	S	3+0+0	3	5	[7]
2	Atatürk	-	---	---	-	---	-	-	[8]
3	Bursa Teknik	4	CEM0236	Mesleki Etik	S	3+0+0	4	4	[9]
4	Bursa Uludağ	5	CEV3061	Çevre Mühendisliğinde Etik	S	2+0+0	2	3	[10]
5	Çanakkale Onsekiz Mart	8	ENV-4022	Engineering Ethics	S	2+0+0	2	4	[11]
6	Çukurova	2	CMZ102	Çevre Mühendisliği Etiği	Z	2+0+0	2	4	[12]
7	Dokuz Eylül	H	MSİ 2013	Mühendislik Etiği	S	2+0+0	2	2	[13]
8	Erciyes	-	---	---	-	---	-	-	[14]
9	Eskişehir Teknik	3	ÇEV453	Çevre Etiği ve Çevre Mühendisliği	S	3+0+0	3	4,5	[15]
10	Gebze Teknik	-	---	---	-	---	-	-	[16]
11	Hacettepe	-	---	---	-	---	-	-	[17]
12	İstanbul Teknik	1	CEV 103	Çevre Mühendisliğine Giriş ve Etik	Z	1+1+0	1,5	3	[18]
		7	CEV 471	Çevre Mühendisliğinde Etik	Z	1+0+0	1	2	[18]
		8	ITB 142	Uygulamalı Etik	S	3+0+0	3	4	[18]
		8	ITB 219	Etik	S	3+0+0	3	4	[18]
13	İstanbul-Cerrahpaşa	8	CEMU4059	Mühendislik Etik	S	2+2+0	3	5	[19]
14	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	-	---	---	-	---	-	-	[20]
15	Kocaeli	6	CEV322	Çevre Hukuğu ve Etiği	S	3+0+0	3	3	[21]
16	Marmara	4	HSS3002	Ethics in Engineering and Science	S	2+0+0	3	3	[22]
17	Ondokuz Mayıs	7	ÇMB443	Çevre hukuku ve mesleki etik	Z	2+0+0	2	4	[23]
		3	SSD173	Ahlak ve Değerler Eğitimi	S	2+0+0	2	2	[23]
		4	ÇMB234	Mühendislik Etiği(TS 2)	S	2+0+0	2	2	[23]
18	Orta Doğu Teknik	-	---	---	-	---	-	-	[24]
19	Pamukkale	8	ENVE 420	Mühendislik Etiği	S	2+0+0	-	3,5	[25]
20	Sakarya	-	SAU 017	Mühendislik Etiği	S	2+0+0	2	5	[26]
		-	SAU 037	Çevre Etiği ve Bilinci	S	2+0+0	2	5	[26]
21	Tekirdağ Namık Kemal	-	---	---	-	---	-	-	[27]
22	Yıldız Teknik	-	---	---	-	---	-	-	[28]

Y: Yarıyıl; Z/S: Zorunlu/Seçmeli; T+U+L: Teorik+Uygulama+Laboratuvar saat sayısı; Kr: Kredi; AKTS: Avrupa Kredi Transfer Sistemi; K: Kaynak

Çizelge 3'den görüldüğü üzere programların 14 tanesinde (≈ 65) etik ile ilgili en az bir ders, 3 tanesinde ise 1'den fazla ders bulunmaktadır. Derslerin sadece 3 tanesi zorunlu olup diğerleri seçmeli derstir. Derslerin haftalık ders saati sayısı programlar arasında farklılık göstermektedir. Öyle ki haftalık 1 saatlik ders olduğu gibi 4 saatlik de ders bulunmaktadır. Derslerin AKTS'si ise programlar arasında 2 ve 5 arasında değişmektedir.

4. Sonuç ve Değerlendirme

Birey olarak herkesin din ve kültür gibi birçok kaynaktan beslenen kendi ahlaki kuralları olmakla birlikte özellikle çalışma hayatında da mesleki anlamda bir etik anlayışına sahip olmak iş hayatında sürdürülebilirlik açısından gereklidir. Meslekî etik de diğer konular gibi ortalama bir standardın sağlanabilmesi için diğer dersler gibi meslekî eğitim kurumunda verilmesi gereken bir konu bütünüdür.

Sadece Bologna Süreci veya TYYÇ'den dolayı değil, olması gerektiği gibi Çevre Mühendisliği gibi lisans türünde bir mühendislik öğretim programını bitiren bir mühendisten etik sorumluluk bilincine sahip olması beklenmektedir. Bunun için de öğretim programının müfredatında etik ile ilgili derslerin varlığı ile ilgili her derste derse özgü olarak etik konuların işlenmiş olması ve bu bilincin öğrenciye verilmiş olması beklenir.

Bu bildiriye, Türkiye'deki Çevre Mühendisliği lisans programlarının öğretim planlarının incelenmesiyle etik ile derslerin plandaki payının/mevcut durumunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda önce programların yeterlik/kazanım/çıktıları incelenmiş ve etik ile ilgili olanlar derlenmiş, ardından müfredattaki dersler tek tek incelenerek etik ile ilgili olanlar listelenmiştir. Böylece programın müfredatında etik ile ilgili derslerin payı ortaya çıkarılmıştır.

Türkiye'de çevre mühendisliği lisans programı bulunan Çevre Mühendisliği Bölümü sayısı 53 olmakla birlikte 2022 yılında 53 Çevre Mühendisliği Bölümünün 22'sinde açılan toplam 25 çevre mühendisliği lisans programına öğrenci alınmasına izin verilmiş olup sadece bu 25 program, 2022 yılı ÖSYM YKS Yükseköğretim Programları ve Kontenjanları Kılavuzunda kendisine yer bulabilmiştir.

Yapılan inceleme sonucu biri hariç tüm çevre mühendisliği lisans programlarının çıktılarında kimi daha sade kimi daha ayrıntılı olsa da etik ile benzer çıktılarının yer aldığı görülmüştür. Buna mukabil; programların 14 tanesinde (\approx %65) etik ile ilgili en az bir ders, 3 tanesinde ise 1'den fazla ders bulunmuştur. Bu derslerin sadece 3 tanesi zorunlu olup diğerleri seçmeli derstir. Derslerin haftalık ders saati sayısının ise programlar arasında farklılık gösterdiği görülmüştür. Öyle ki haftalık 1 saatlik ders olduğu gibi 4 saatlik de ders bulunmaktadır. Derslerin AKTS'si ise programlar arasında 2 ve 5 arasında değişmektedir. Bu değerlere bakıldığında program çıktılarında program çıktılarında etik ile ilgili hususlar bulunmasına rağmen bu çıktının gerçekleşmesi için müfredatta etik derslerin sayısının ve ders saati sayısının yeterli olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak, TYYÇ’de alana özgü yetkinliklerde önemli bir yere sahip olan etik konusunun Çevre Mühendisliği lisans programlarında program çıktıları arasında yer alsa da buna mukabil ders düzeyinde nispeten düşük seviyede yer aldığı tespit edilmiştir. Bununla ilgili olarak;

- Çevre mühendisliği lisans programlarında da diğer programlarda olduğu gibi TTYÇ’ye uygun etik ile ilgili program yeterliği/çıkıtısı tanımlanmalıdır.
- Program çıktıları arasında etik ile ilgili program çıkıtısı olduğundan dolayı müfredatta yer alan her bir ders için ders akışında ders içeriğinin etik ile ilişkisine yer verilen bir konu bulunabileceği gibi, müfredatta müstakil bir etik dersinin konulması daha uygun olacaktır. Bu dersin de program çıktılarının gerçekleşmesi açısından seçmeliden ziyade zorunlu olması gereklidir. Zira seçmeli dersi seçmeyen öğrenci bu program çıkıtısını haiz olamayacaktır.

Kaynaklar

- [1] Türk Dil Kurumu (TDK) Güncel Türkçe Sözlük, <https://sozluk.gov.tr/>
- [2] Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Türkiye Yükseköğretim Yeterlilikler Çerçevesi (TYYÇ), <http://tyyc.yok.gov.tr/>
- [3] Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) Çevre Mühendisleri Odası (ÇMO), https://www.cmo.org.tr/odamiz/cevre_muhendisligi.php
- [4] Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği, <https://mudek.org.tr/>
- [5] Elektronik Kamu Bilgi Yönetim Sistemi (KAYSIS) Devlet Teşkilatı Merkezi Kayıt Sistemi (DETSİS), https://www.kaysis.gov.tr/Devlet_Teskilat_Detsis/
- [6] Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) 2022 Yükseköğretim Kurumları Sınavı (YKS) Yükseköğretim Programları ve Kontenjanları Kılavuzu, <https://www.osym.gov.tr/TR,22584/2022.html>
- [7] Akdeniz Üniversitesi Bilgi Paketi, <https://obs.akdeniz.edu.tr/oibs/bologna/>
- [8] Atatürk Üniversitesi Ders Bilgi Paketi, <https://obs.atauni.edu.tr/moduller/dbp/>
- [9] Bursa Teknik Üniversitesi Bilgi Paketi, <https://obs.btu.edu.tr/oibs/bologna/>
- [10] Bursa Uludağ Üniversitesi Bilgi Paketi & Ders Kataloğu, <http://bilgipaketi.uludag.edu.tr/>
- [11] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Kataloğu, <https://ubys.comu.edu.tr/AIS/OutcomeBasedLearning/Home/Index>
- [12] Çukurova Üniversitesi Eğitim Öğretim Bilgi Sistemi, <https://eobs.cu.edu.tr/>
- [13] Dokuz Eylül Üniversitesi Bilgi Paketi, <https://debis.deu.edu.tr/ders-katalog/>
- [14] Erciyes Üniversitesi Ders Bilgi Paketi, <https://dbp.erciyes.edu.tr/>
- [15] Eskişehir Teknik Üniversitesi Akademik Programlar, <https://akts.eskisehir.edu.tr/>
- [16] Gebze Teknik Üniversitesi AKTS-TYYÇ Bilgi Paketi, <https://abl.gtu.edu.tr/ects/>
- [17] Hacettepe Üniversitesi Ders Kataloğu / AKTS Bilgi Paketi, <https://akts.hacettepe.edu.tr/>
- [18] İstanbul Teknik Üniversitesi Program Bilgi Paketi, <https://tyyc.itu.edu.tr/>
- [19] İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Eğitim Bilgi Sistemi, <https://ebs.iuc.edu.tr/>

- [20] İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Bilgi Paketi, <https://obs.iyte.edu.tr/oibs/bologna/>
- [21] Kocaeli Üniversitesi Avrupa Kredi Transfer Sistemi, <https://ects.kocaeli.edu.tr/>
- [22] Marmara Üniversitesi Eğitim-Öğretim Bilgi Sistemi, <https://meobs.marmara.edu.tr/>
- [23] Ondokuz Mayıs Üniversitesi Program Bilgi Paketi, <https://ebs.omu.edu.tr/>
- [24] Orta Doğu Teknik Üniversitesi Akademik Katalog, <https://catalog.metu.edu.tr/>
- [25] Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilgi Sistemi, <https://ebs.pusula.pau.edu.tr/>
- [26] Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilgi Sistemi, <https://ebs.sakarya.edu.tr/>
- [27] Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilgi Paketi, <https://bilgipaketi.nku.edu.tr/>
- [28] Yıldız Teknik Üniversitesi Bologna Bilgi Sistemi, <http://bologna.yildiz.edu.tr/>

Dünü, Bugünü, Yarını; Çevre Mültecileri

**1 İbrahim Yenigün, *2 Vildan Balcı, 3 Abdullah Yenigün,
4 Sinan Uyanık**

¹ Harran Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Türkiye

^{*2} Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye

³ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye

⁴ Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Özet:

İnsanlık tarihi kadar eski olan göç olayları, pek çok sebebe bağlı olarak gerçekleşmiş, her geçen süreçte yeni gerekçelerin eklenmesiyle artış göstermiştir. Önde gelen nedenleri arasında savaşlar ve ekonomik kaygılar görünse de, günümüz dünyasında kabul edilmesi gereken sebeplerden biri de çevresel sorunlar olmuştur. Başta insan olmak üzere tüm canlı yaşamını yakından tehdit eden çevre problemleri, sayısız riskleri beraberinde getirmektedir. Üstelik bu riskler, sınır tanımaz şekilde ve küresel boyutlara ulaşmış durumdadır. Bu risklerden biri de, iklim değişikliği başta olmak üzere çeşitli çevre sorunlarından dolayı insanların zorunlu göç etmeleridir. Söz konusu göçü yaşayanlar ise “Çevre Mültecileri” olarak tanımlanmakta ve özellikle son dönem literatürlerde önemli oranda yer bulmaktadır. Günümüzde yaşanan ve sayıları milyonları bulan göçmenlerle ilgili yaşanan pek çok sorun aşılamamışken, çevre mültecilerinin de artan bir ivmeyle eklenmesi, konunun araştırma gündemleri arasında yer almasının önemini açıkça göstermektedir. Bununla birlikte göçün sadece özneleri olan göçmenlere değil, göç edilen ülkelere de ciddi boyutlu sorunlar taşıdığı ise diğer bir gerçektir. Konunun her iki yönden teşkil ettiği önem ve domino etkisiyle görülecek daha pek çok soruna gebelik etmesi, konunun detaylıca incelenmesini zaruri kılmıştır. Bu düşüncelerden hareketle çalışmada; çevre mülteciliğinin geçmişi, sebepleri, getirdiği sorunlar, son yıllardaki çevre mülteci hareketliliği, olası gelecek senaryoları, toplumsal-sosyal-ekonomik boyutları ele alınmış, değerlendirme ve çözüm önerilerine yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Çevre, mülteci, göç, risk*

Abstract

Migration events, which are as old as the history of humanity, have taken place due to many reasons and have increased with the addition of new reasons in each passing process. Although wars and economic concerns are among its leading causes, environmental problems have been one of the reasons that should be accepted in today's world. Environmental problems that threaten the life of all living things, especially human beings, bring with them numerous risks. Moreover, these risks have reached unlimited and

global dimensions. One of these risks is the forced migration of people due to various environmental problems, especially climate change. Those who have experienced the said migration are defined as “Environmental Refugees” and they have a significant place in the recent literature. While many problems related to immigrants, whose numbers are in the millions, have not been overcome today, the fact that environmental refugees are added with an increasing momentum clearly shows the importance of including the subject among the research agendas. However, it is another fact that migration carries serious problems not only to the immigrants who are its subjects, but also to the countries of emigration. The importance of the subject from both sides and the fact that it is pregnant with many problems to be seen with the domino effect made it necessary to examine the subject in detail. Based on these considerations, in the study; The history of environmental refugees, its causes, problems, environmental refugee mobility in recent years, possible future scenarios, socio-social-economic dimensions are discussed, evaluation and solution suggestions are given.

Keyword: *Environment, refugee, migration, risk*

1. Giriş

Göç, insanlığın varoluşundan itibaren hemen her toplumun gerek gönüllü gerekse de zorunlu olarak yaşadıkları bölgeleri, çeşitli sebeplerle terk etmelerine neden olan bir olgudur. Günümüzde önde gelen olası göç nedenleri arasında daha çok savaşlar, iç çatışmalar ve ekonomik kaygılar akla gelse de, özellikle son zamanlarda artış gösteren “çevre sorunları” göçün seyrine etki eden ve yaşamı güçleştiren önemli tetikleyici faktörler arasında yerini almıştır [1,2]. Sınırları aşarak küreselleşen çevresel sorunlarının başında yer alan ve asıl belirleyicisi “insan” olan iklim değişikliğinin negatif sonuçları ise pek çok yeni problemlerin doğmasına etki ederek son birkaç yüzyılda göç olaylarını daha da artırmıştır. Bu hususu oldukça derinden yaşayan toplumlar ise bilhassa ekonomik kaygıların yükseldiği, kuraklık, verimsiz tarım arazileri ve doğal afetler gibi risklerin sıkça yaşandığı gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerdir. Bu çerçevede çevresel sorunların hızla ivme kazandığı dezavantajlı ülkelerde bulunan olası riskler, buradaki halkları daha güvenli bir yaşama erişmek için zorunlu olarak göçe sürüklemiştir [3]. Bu bağlamda küresel boyutlara ulaşan çevre sorunları dolayısıyla yer değiştirmek zorunda kalan toplumlar son dönem literatürlerde “çevre mültecileri” olarak adlandırılmaktadır. Doğal yaşam olanakları yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalan ve tek ihtimalleri göç etmek olan bu insanların ne yazık ki, uluslararası hukukî düzlemde haklarını tanıyan yasal bir anlaşma henüz yer almamaktadır. Kavramsal tartışmaların odağı olan çevre mültecileri konusunun ekonomik, sosyal ve toplumsal açıdan tüm yönleri ile değerlendirilmesi ve çözüme kavuşturulması aynı gemide yer alan ülkelerin geleceği için her geçen

gün daha da elzem bir hal almaktadır. Zira son çare olarak görülen göçün getirdiği riskler, sadece öznesi olan göçmenler için sorunlara sebep olmamakta, bunun yanı sıra göç edilen ülkelere de ekonomik, sosyal, politik, eğitim, sağlık ve güvenlik gibi pek çok alanda sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu çerçevede çalışmada; çevre mülteciliğinin geçmişi, sebepleri, getirdiği sorunlar, son yıllardaki çevre mülteciliğinde yaşanan hareketlilik, gelecekte çevre mültecilerinden kaynaklı ortaya çıkabilecek olası senaryolar ele alınmış, değerlendirme ve çözüm önerilerine değinilerek konunun önemine dikkat çekilmek istenmiştir.

1.1 Çevre Mülteciliğinin Geçmişi

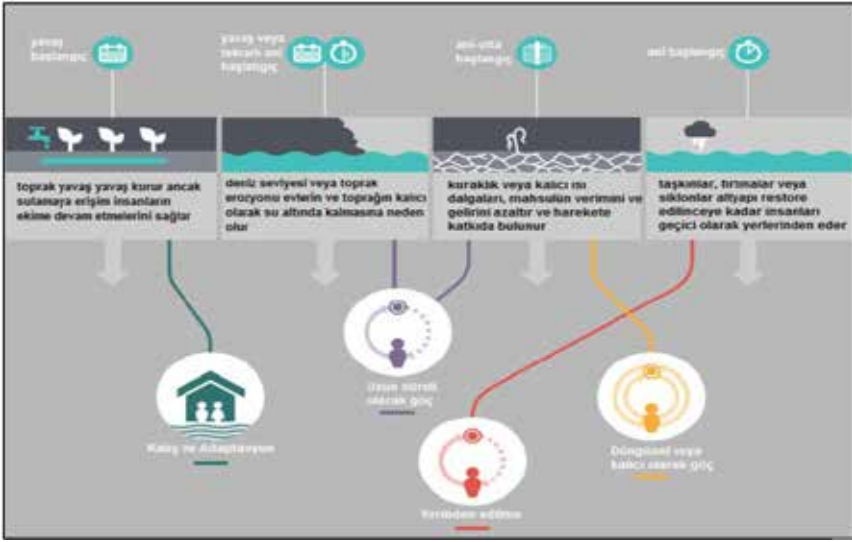
Son yıllarda artan ve giderek bir küresel buhrana dönüşen çevre sorunları, toplumların yaşam formlarını yakından etkileyerek telafisi güç sonuçlar doğurmuş ve “çevre mülteciliği” kavramını gündeme getirmiştir. Her ne kadar son dönemde bilinirlik kazanmaya başlayan bir ifade olarak literatürde yer alsada aslında 80’li yılların başından itibaren dile getirilen bir olgudur [4,5]. İlk olarak 1976 yılında Lester Brown ile dile getirilen bu kavram daha sonra 1985 yılı Birleşmiş Milletler Çevre Programı’nın (UNEP) hazırladığı raporda El Hinnawi tarafından uluslararası gündeme taşınmıştır [6]. Zamanla farklı ulusal ve uluslararası platformlarda hazırlanan çeşitli raporlarda dile getirilen öngörü ve sonuçlar, çevre mültecileri kavramına olan ilginin artmasında etkili olmuştur. Fakat nitelik ve nicelik olarak yürütülen çalışmalarda artış yaşanmasına rağmen çevre mültecilerinin getirdiği ve küresel boyutlara ulaşması beklenen bir dizi sorunların çözüme kavuşturulmasında, gelinen nokta yeterli görülmemektedir. Bilhassa çevre mültecileri olarak ifade edilen bu kavram hakkında uluslararası yasal bir düzlemde henüz ortak uzlaşılan bir sözleşmenin yer almaması sorunların daha da artmasında etkin rol üstlenmiştir. Bu duruma yol açan nedenlerin temelini ise 1951 yılında imzalanan Cenevre sözleşmesinde yapılan mülteci tanımı oluşturmaktadır. Sözleşme içerisinde yer alan mülteci tanımında bulunan ifadelerin kapsayıcılığı konusunda yaşanan kavramsal tartışmalar çevre mültecilerinin hukuki statüde yok sayılmasına neden olmaktadır. Söz konusu tanımlamaya göre; “ırkı, dini, tabiiyeti, belli bir toplumsal gruba mensubiyeti veya siyasi düşünceleri yüzünden, zulme uğrayacağından haklı sebeplerle korktuğu için vatandaşı olduğu ülkenin dışında bulunan ve bu ülkenin korumasından yararlanamayan ya da söz konusu korku nedeniyle, yararlanmak istemeyen yahut tabiiyeti yoksa ve bu tür olaylar sonucu önceden yaşadığı ikamet ülkesinin dışında bulunan, oraya dönemeyen veya söz konusu korku nedeniyle dönmek istemeyen kişidir.” [7]. Tanımda görüldüğü üzere “çevre, iklim, doğa” gibi zorlu ekolojik koşullardan kaynaklı vatansız kalan kişileri ifade edebilecek bir kavram yer almamaktadır. Bu durum ise “çevre mültecilerinin”

mültecilik haklarından yararlanamamasına neden olmakla birlikte uluslararası mahkemelerde kavramsal krizlere yol açmaktadır [8]. Süregelen tartışmalarla birlikte yavaş ama dramatik sonuçlar doğuran iklim değişikliğinin getirdiği çevresel riskler, her geçen süre zarfında toplumları zorunlu olarak göçe sürüklemeye devam etmektedir. Özellikle son yüzyılın en önemli kriz başlıkları arasında değerlendirilen ve popülist söylemlerle her alanda yürütülen görüşmelerin ana gündem maddesinde yer alan iklim değişikliğinin ekonomik, toplumsal ve sosyal pek çok boyutta sorunları daha da arttırması beklenmektedir. Bu kapsamda her geçen gün insan faktörlü çevresel tahribatların geçmişe oranla daha fazla görülmesi durumu oldukça güçleştirmektedir. Zira çevresel bozulmaların başladığı ilk günden bugüne ekolojik düzlemde gerçekleşen korku ve kaygı verici neticelerin hız kazanması, konunun önemini açıkça ortaya koymaktadır [5]. Bu çerçevede çevresel sorunlara bağlı olarak geçmişten bugüne kitlesel göçlerin odağı olan ve zorlu yaşam koşullarına sahip Afrika gibi dezavantajlı toplumlar bu duruma verilebilecek örneklerden sadece biridir [9]. Çevre mülteciliğinin geçmişteki varlığı ve insan hareketliliğini tetikleyen önemli sebeplerin başında yer alması konunun tekrar incelenmesini gündeme getirmektedir. Ulusal ve uluslararası otoritelerin bu durumu görmezden gelmesi ise gelecek kitlesel göçler için oluşturulmak istenen farkındalık çabalarını devre dışı bırakmaktadır.

1.2 Çevre Mülteciliğinin Sebepleri

Hızla ivme kazanan çevre sorunlarının doğurduğu sonuçların başında gelen ve küresel boyutlara ulaşması beklenen “çevre mültecilerinin” yakın gelecekte tüm dünyayı kaygılandırarak geniş çaplı sorun haline alabileceği öngörülmektedir. Bir dizi sorunu da beraberinde getirecek olması dolayısıyla çevre mülteciliğinin altında yatan sebeplerin belirlenmesi ve olası tedbirlerin alınması her geçen gün önem kazanmaktadır. Fakat bu doğrultuda değişiklik gösteren insanlığın bulunduğu yerde sebeplere ilişkin net bir çerçeve çizmek kolay görülmemekle birlikte temelde, önemli tetikleyici unsurlardan olan iki sebepten bahsedilebilir. Bunlardan ilki doğal olarak ortaya çıkan, heyelan, deprem, tsunami, çığ ve volkanik patlamalar gibi afetler dolayısıyla yaşanan geçici veya kalıcı göçlerdir. İkincisi ise yavaş ama etkisi uzun süren “insan faktörlü” tahribatların yol açtığı, ekolojik bozulmalar dolayısıyla yaşam koşullarını sürdürebilecek asgari düzeyde temel ihtiyaçlara dahi ulaşamamasından kaynaklı gerçekleşen göçlerdir [6]. Küresel ölçekte bir etkiye sahip olan ve daha çok antropojenik nedenlerle ortaya çıkan iklim değişikliğine bağlı, makro ve mikro ölçekli riskler, çevre mültecilerinin sayılarını arttıran en önemli nedenler arasında yerini almaktadır [9]. Bu durumun sonuçlarının yakından hissedildiği günümüz dünyasında ise temel yaşam ihtiyaçlarından olan su, gıda, sağlık ve yerleşim alanlarında yaşanan güvensizlikler göç olgusunu tetikleyerek insanlığı

varoluşsal buhrana sürüklenmektedir [10]. Bu bağlamda aşağıda şekil 1.2.1'de de ifade edildiği üzere doğası gereği hayatta kalma mücadelesi veren insanlığın bir çıkış yolu olarak, bulunduğu yeri terk etmesi ise kaçınılmazdır. Örneğin, Afrika, Güney Amerika ve Pasifik bölgelerinde yaşayan toplumlarda kuraklığa bağlı görülen kıtlık, deniz seviyelerinin yükselmesinden kaynaklı ada ülkelerinin yok olma tehlikesinin bulunması ile verimsizleşen tarım arazileri, şiddetli yağışlara bağlı sel afetleri, kaynakların tükenme endişesi ile çıkan çatışmalar, güvensizlik vb. farklı dinamiklerde risklere maruz kalmalarından dolayı mecburi göçler yaşanmaktadır. Bu çerçevede özellikle dezavantajlı ülkelere tesir eden ekolojik adaletsizlik, her yıl milyonlarca insanı çevresel faktörlere bağlı olarak göç etmeye zorlamaktadır [4,11].



Şekil 1.2.1. Çevresel olayların etkileri ve sonuçları [12]

Çevresel nedenlere bağlı gerçekleşen göç olgusunu ekonomik yetersizlikler, sosyal sorunlar, temel ihtiyaçlara erişimde yaşanan kısıtlamalar gibi çeşitli göçü destekleyen itici faktörlerle birlikte değerlendirmek, çevre mülteciliğinin nedenlerinin daha sağlıklı verilerle çıkarımlar elde edilmesini olası kılacaktır. Örneğin, iklim değişikliğinin çıktularından biri olan küresel ısınmaya bağlı buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesine sebebiyet vermektedir. Bu durum bilhassa ada ülkelerinde yaşanılabilir arazi kayıplarının gerçekleşmesine, toprağın tuz oranının artarak verimsiz bir hale gelmesine ve sağlıklı içme suyuna erişimde kıtlık yaşanmasına neden olarak pek çok hayati soruna yol açabilmektedir. Kaynak yetersizliğine neden olan bu husus ada ülkelerinde toplumsal, sosyal ve ekonomik çatışmaların yaşanmasını gündeme getirerek göç oranlarının artmasına zemin hazırlamaktadır. Burada bahsedilen etkilerden de görüldüğü üzere göçü destekleyen ilk nedenin belirlenmesi oldukça güçtür.

Fakat tüm sorunların temelinde en önemli etkenin, çevresel bozulmalar olduğu ve tüm nedenlerin birbirini desteklediği görülmektedir. Bu kapsamda çevresel nedenlere bağlı göçlerin yaşandığı bölgelere bakıldığında ekonomik düzeyi zayıf, gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkeleri gelişmiş ülkelere oranla daha fazla etkilemesi öngörülmektedir [13]. Zira son yıllarda zulüm, iç çatışmalar, gıda erişiminde yaşanan ekonomik sıkıntılar, verimsiz tarım arazileri, şiddet vb. olaylar dolayısıyla zorunlu olarak ülkelerini terk etmek durumunda kalan toplumlara bakıldığında haklı öngörüler olduğu açıkça görülmektedir. Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliğinin (UNHCR) yayınladığı küresel eğilimler raporunun 2021 yılı verilerine göre en fazla mülteci veren ülkeler Suriye, Venezuela, Afganistan, Güney Sudan, Myanmar olarak belirtilmiştir. Suriye'den 6,8 milyon, Venezuela'dan 4,6 milyon, Afganistan'dan 2,7 milyon, Güney Sudan'dan 2,4 milyon ve Myanmar'dan ise 1,2 milyon insan yerinden edilmiştir. Bu ülkelerin bulunduğu konum açısından bakıldığında çevresel tahribatların çıktılarının en çok yaşandığı ülkeler olarak değerlendirmek mümkündür. Bu bağlamda ülke içerisinde gerçekleşen kıtlık, fakirlik, iç çatışmalar, şiddet ve zulüm gibi toplumsal, sosyal, ekonomik sorunlar insanların zorunlu olarak yer değiştirmelerinde etkili itici birer faktör olmaktadır. Bölgedeki göçmenlerin çoğunluğu ise iş, eğitim, sağlık, gıda gibi temel ihtiyaçlarını karşılayabileceği yakın ve güvenli gördükleri komşu ülkelere göç etmeyi tek seçenek olarak görmektedirler. Bahsi geçen rapora göre bu mültecilere ev sahipliği yapan ülkeler; Türkiye (3,8 milyon), Uganda (1,5 milyon), Pakistan (1,5 milyon) ve Almanya (1,3 milyon) olarak sıralanmıştır [14]. Mültecilere ev sahipliği yapan bu ülkelerin büyük bir kısmının kaynak yetersizliği yaşadığı, gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkeler konumunda yer aldığı görülmektedir. Bu bölgelere gerçekleşen göçmen akımı ise alt yapı, sağlık, eğitim, gıda, iş olanakları gibi çeşitli sorunların ortaya çıkmasına neden olarak ülke içerisinde yer değiştirmeleri arttırmaktadır. Kartopu etkisi ile ortaya çıkan yeni sorunların kaynağında yatan nedenlerin sıralanması zor olmakla birlikte günlük ihtiyaçlara erişimi güç hale getiren doğal kaynakların azalması veya yok olması çevre mülteciliğinin temel sebepleri arasındadır. Doğal kaynakların yok olması pahasına modernleşme adına yürüttükleri rekabet odaklı ideolojilerini hayata geçirmeye devam eden gelişmiş ülkelerin eylemlerini sürdürmeleri halinde ise hemen hiçbir dönemde karşılaşılmadığı kadar büyük kitlesel göçlerin gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu çerçevede çevre mülteciliğine neden olan sebeplerde büyük rol oynayan gelişmiş ülkelerin salt tüketim odaklı anlayışlarının yerini etik ilkelerin alması oldukça önem arz etmektedir. Olası çevresel sorunların daha fazla korunç boyutlara ulaşmadan önce, uluslararası boyutta radikal kararların sürdürülebilirliğinin sağlanması ve hayata geçirilmesi elzemdir.

1.3. Çevre Mülteciliğinin Getirdiği Sorunlar

Her geçen gün dünyayı kaygılandıran ve toplumların yaşam olanaklarını tehdit edecek boyutlara ulaşan çevresel bozulmalar, itici bir güç oluşturarak göçlere sebep olmaktadır. Bu yeni göçler ile birlikte dünya nüfus dağılımında yaşanan demografik dengesizliklerin pek çok soruna yol açması da kaçınılmazdır. Özellikle son yıllarda tarım arazilerinin kullanışsız bir hal alması, buzulların erimesine bağlı deniz seviyelerinin artması, sel, deprem, kuraklık gibi etkisi günlük yaşama nüfuz eden iklim değişikliğinin olası sonuçları, mülteci akımına dünyayı maruz bırakmaktadır. Her yıl sayıları artan ve küresel boyutlara ulaşması beklenen çevre mültecileri, dolayısıyla çeşitli toplumsal, sosyal, ekonomik ve güvenlik sorunlarının da doğmasına sebep olmaktadır. Sosyal boyutu ile karşılaşılan primer sorunlardan bahsedilecek olursa; göç etmek zorunda kalan bölge halklarının kendi toprakları ile arasında bulunan kültürel bağlarının zayıflaması hatta kopması söylenebilir [13]. Bu durum ise farklı kültürlerin, tarihlerin ve alışkanlıkların bulunduğu toplumların bir araya gelmesi sonucu yaşanan adaptasyon sorununu tetikleyerek, hem göç eden mültecilerin hem de göçe maruz kalan ülkelerin doğrudan ya da dolaylı olarak çeşitli insani risklerle karşılaşılmasına da neden olabilmektedir. Yaşanan bu toplumsal kırılmalıklar ise politik, güvenlik ve ekonomik sorunları da beraberinde getirmektedir [15,16]. Bu durum bilhassa kaynak kıtlığı bulunan ada ülkelerinde sorunların daha fazla yaşanmasına etki edebilmektedir. Örneğin, Kamerun, Nijerya ve Çad ülkeleri arasında yer alan Çad Gölü, bölge ülkeleri için oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu durum çevresel ve ekonomik yönleri ile çeşitli zorlukları da gündeme getirmektedir. Söz konusu zorluklardan biri de insani krizlerin yaşanmasına neden olan kuraklık sorunu dolayısıyla bölge ülkelere farklı yerlerden göçlerin gelmesidir. Hali hazırda bölgede var olan kaynak sıkıntısının yanı sıra artan göçler dolayısıyla çeşitli risk ve sorunların hızla kötüye gitmesi de kaçınılmazdır [17]. Örnekte de bahsedildiği üzere kaynakların dağılımında dezavantajlı bulunan ülkelerin, göç alması beraberinde gıda yetersizliği, iç çatışmalar, sosyo-kültürel nedenlerle birlikte ekonomik sorunların ortaya çıkmasına ve kalkınma hedeflerinin uzun vadede sekteye uğramasına neden olabilmektedir [13]. İklim değişikliğinin hızla hissedildiği günümüzde bu ve benzeri örnekleri çoğaltmak mümkündür.

Ekolojik adaletsizliğin bir sonucu olarak yaşanan göç sorunu özellikle göç alan bölgelerde yaşayanların kentlere yönelmesine de neden olabilmektedir. Kentlerde yaşanan plansız nüfus artışı ise gıda, sağlık, konut yetersizliği, çevre kirliliği, alt yapı, eğitim, kamusal hizmet yetersizliği, güvenlik sorunu gibi pek çok problemin doğmasına neden olacaktır. Özellikle deniz seviyesinin yükselmelerinden kaynaklı sular altında kalma ihtimali olan yoğun nüfuslu kıyı kentlerinde

bu durumun etkisi daha fazla hissedilmektedir. Temelde bu sorunların çıkış gibi büyümesine sebebiyet veren en önemli nedenlerden biri de daha önce de değinildiği üzere, çevresel sebeplere bağlı sorunlar dolayısıyla tarihi ve kültürel yaşam alanlarını terk etmek zorunda kalan insanların, yaşadıkları krizlerin hukuki bir zemine oturtulamamasıdır. Bu çerçevede ani bir olası göç dalgasında, hukuki yönden uluslararası bir sözleşmenin bulunmaması hali hazırda gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerin mevcut statükoya ait değerleri korumasını zorlaştırmakta ve çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Zira hukuki koruma altına alınmayan mülteciler sığınılan devletler de terör, suç, hırsızlık gibi olayların artmasına sebebiyet vererek kalkınma, turizm, ekonomi, istihdam vb. alanlarda ülkelerin büyümesine engel teşkil edecek olumsuzlukların görülmesine neden olacaktır. Görüldüğü üzere farklı alanlarda hukuki bir statüsü bulunmayan çevre mültecilerinin getirdiği sorunlar ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerini oldukça yakından ilgilendirmektedir. Bu çerçevede uluslararası uzlaşmaya bağlı olarak atılacak adımlar ve alınacak önlemler doğru müdahale için oldukça önem kazanmaktadır [15,16]. Bilhassa son yıllarda savaşlar, iç çatışmalar gibi sebeplerle somut olarak etkilerinin görüldüğü mülteci akımına karşı birçok soruna tam anlamıyla çözüm getirilememişken, çevre mültecilerinin sayılarının her geçen gün artması ise sorunların daha da büyümesine sebebiyet vermektedir. Bu kapsamda dünya üzerinde bulunan kısıtlı kaynakların doğru kullanılabilmesi adına yaşanan veya yaşanacak olan krizlerin üstünü kapatmak yerine çözüme kavuşturulması oldukça önem arz etmektedir [18].

1.4. Son Yıllardaki Çevre Mülteciliği Hareketliliği

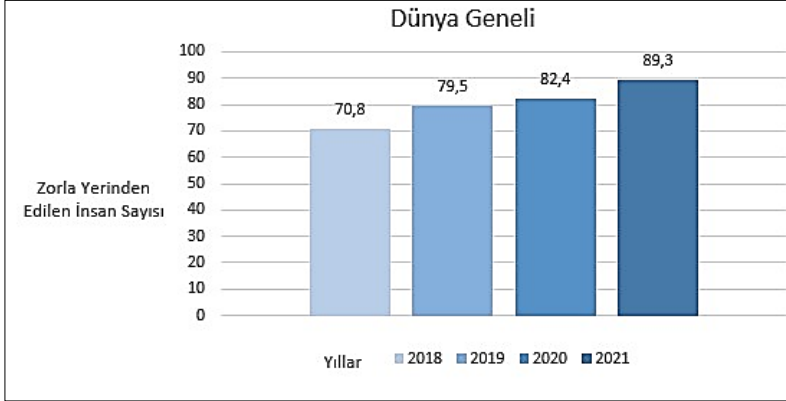
Uluslararası hukukun tartışmalı konularından olan çevre mülteciliği hareketliliği, tarih boyunca tabiattaki değişim ve dönüşüme bağlı, dinamik bir süreç olarak varlığını daima korumuştur. Çevresel etkilerin getirdiği negatif çıktıların insani boyutu ile incelenmesi için “çevre mülteciliği hareketliliği” ifadesi bir nosyon olarak kullanılabilir [13]. Özellikle günümüz dünyasında antropojenik çevresel yıkımlar sonucu artan iklim değişikliğine bağlı, kitlesel çevre mülteciliği hareketliliğinin daha da yükseleceği öngörülmektedir. [4]. Bu hususta hayatta kalma mücadelesi veren ve doğası gereği daha elverişli yaşam arayışlarında bulunan insanların ülke içinde ve ülke dışında göç eylemini gerçekleştirmeleri ise kaçınılmazdır [2]. Bilhassa yaşanan doğal afetlerin sayılarının her geçen gün artması çevre mülteciliği hareketini kısa ve uzun vadeli göçler ile oldukça yakından ilgilendirmektedir. Küresel düzlemde yaşanan çevresel olayların döngüsel neticesi olan doğal afetlerin sayısının son 20 yıl içerisinde yaklaşık iki kat arttığı tespit edilmiştir. Ekolojik olarak yaşanan bu kötü gidişin sorumlusu olan insan tahakkümü ve sömürüsüne maruz kalan tabiatın getirdiği olumsuz sonuçlar dolayısıyla 2008 ve 2016 yılları arasında Birleşmiş Milletler

raporunda ekstrem hava olaylarına bağlı tahminlere göre 21,8 milyon insan hareketliliği olduğu kayıtlarda belirtilmiştir. 2017 yılında ise 3,2 milyon insanın kuraklık ve doğal afetler sebebiyle senenin ilk dokuz ayında iç göçlerin yaşandığı ifade edilmiştir [19]. İklim değişikliğinin etkilerinin derinden hissedildiği bölgelerden biri olan Güney Afrika'da ise yetersiz yağışlar nedeniyle yaşanan aşırı kuraklık bölge halklarını açlığa ya da göçe sürüklemektedir. 2021 yılı başları itibariyle Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (UNHCR) bölgede aşırı artan kuraklık nedeniyle 1 milyon Somali halkının yerinden olduğundan ve yaşanan kuraklık dolayısıyla yaklaşık 7 milyondan fazla insanın açlık yaşadığından bahsetmiştir [20]. Bir başka iklim değişikliğinin çıktıları dolayısıyla gerçekleşen insan hareketliliğine örnek ise Myanmar'da yaşanan zulümden kaçan ve Bangladeş'e sığınan 870.000'den fazla mültecinin son yıllarda artan kasırga ve sel gibi doğal afetlere maruz kaldığı belirtilmiştir. Bu çerçevede yapılan açıklamada iklim değişikliğine bağlı gerçekleşen risklere maruz kalan ülkelerin çoğunluğunun çok sayıda mülteciye ev sahipliği yaptığına ayrıca değinilmiştir [21]. Belirtilen raporlarda da görüldüğü üzere 21. yüzyılın en önemli gündem maddeleri arasında yerini alan çevre sorunlarının çıktılarının en fazla az gelişmiş veya gelişmekte olan devletlerde belirgin olarak vuku bulunduğu görülmektedir [22]. Yaşanan bu riskler dolayısıyla geçim kaynaklarına asgari düzeyde ulaşım sağlayabilen bu toplumların kırılganlıklarını daha da arttırmakta ve insanları varoluşsal bir krize sürüklemektedir. Bu bağlamda kırılganlıkları fazla olan ve ekolojik sorunlara adapte olmakta zorlanan dezavantajlı toplumların hareket etme eğilimlerinin daha fazla olduğu görülmektedir [13]. Söz konusu gerçekleşen çevre mülteciliği hareketinin her yıl artış göstermesi ise plansız ve kontrolsüz göçlerin gerçekleşerek küresel boyutta daha büyük risklerin yaşanmasına zemin hazırlamaktadır.

1.5 Olası Gelecek Senaryoları

Gezegenin yok olma pahasına modernleşme ve küreselleştirmenin getirdiği antropojenik etkiler neticesinde, son yıllarda hızla ivme kazanan çevresel tahribatlar yeryüzünü geri dönüşü mümkün olmayan bir sona doğru götürmektedir. Gelecekte etkilerini daha yoğun bir şekilde hissedecek olan dünya ülkelerinin, çevresel güvensizlikler sonucunda özellikle ekolojik adaletsizliğin yaşandığı bölgelerden milyonlarca insanın kitleler halinde göçleri ile karşılaşacağı öngörülmektedir. Aşağıda şekil 1.5.1'deki grafikte gösterildiği üzere Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliğinin (UNHCR) küresel eğilimler raporuna göre her yıl zulüm, çatışma, şiddet, insan hakları ihlalleri veya kamu düzenini bozan olaylar gibi sonuçlar nedeniyle zorla yerinden edilen insan sayılarının arttığı görülmektedir [23]. Raporlar incelendiğinde 2020 yılında başlayan Kovid-19 salgınına rağmen 2021 yılında zorla yerinden

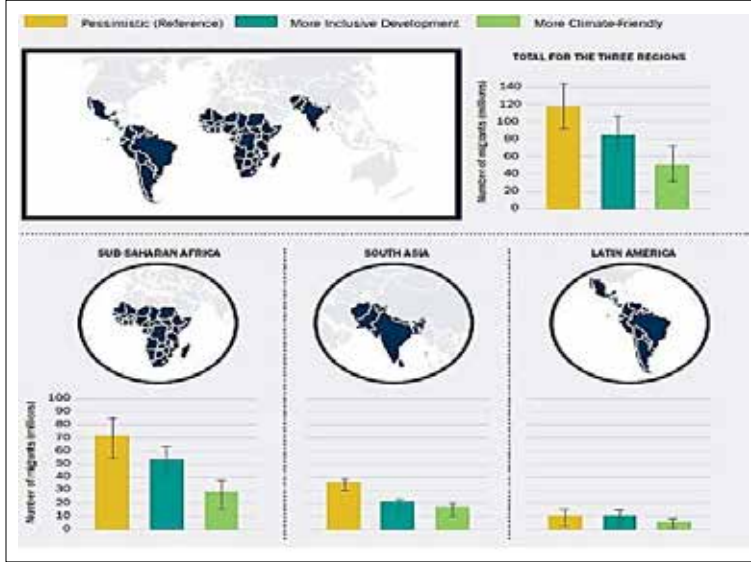
edilen insanların sayılarının 90 milyona ulaştığı açıklanmıştır. 2022 yılında ise yaşanan savaşlar neticesinde mülteci sayılarının 100 milyona ulaşması beklenmektedir.



Şekil 1.5.1 Yıllara Göre Küresel Eğilimler Raporlarında Belirtilen Zorla Yerinden Edilen İnsan Sayıları ((UNHCR) Küresel eğilimler raporu verileri kullanılarak hazırlandı.)

Verilen rakamlar doğrultusunda değerlendirildiğinde bu rakamların gelecek yıllarda çevre sorunları dolayısıyla daha da artması öngörülmektedir. Bilhassa ekolojik adaletsizliğin en fazla hissedildiği bölgelerde çevre mültecilerinin sayılarının milyonları bulması kaçınılmazdır. Şüphesiz küresel ısınmanın getirdiği etkilerden olan kuraklık, buzulların erimesine bağlı deniz seviyelerinin yükselmesi, sel, tsunami gibi doğa olaylarının en çok yaşandığı ülkelerde hayatta kalma mücadelesi veren insanların güvenli ve yaşanabilir bölgelere göç etmeleri en insani haklarıdır. Bu sebeple olası kitlesel göçlere karşı çevresel sürdürülebilirliğin her geçen gün öneminin arttığı günümüzde emisyon değerlerinin düşürülmesi küresel ısınmanın getirdiği bu etkilerin en aza indirilmesi için oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu artış hızı ile devam etmesi halinde olası gelecekteki senaryonun küresel boyutta ortalama ısınmanın +5 °C ye kadar ulaşabileceği öngörülmektedir. Bu durum ise deniz seviyelerinin 178 cm daha da yükseleceği ihtimalini taşımakla birlikte sera gazı etkisi, buzulların erimesinin de hesaba katılması halinde 2100 yılına gelindiğinde 2 m'yi aşması beklenmektedir. Bu bağlamda yaşanan artışlar göstermektedir ki her 1 m'lik yükselme deniz seviyesinin kıyıda 100 m daha içeri yükselişini ifade etmektedir. Bu korkutucu boyutların gelecekte dünyayı etkisi altına alması durumunda yüksek tehdit altında bulunan Pasifik ve Hint Okyanuslarına yakın ülkelerin durumdan daha fazla etkilenmesi beklenmektedir. Böylelikle bu bölgelerden kitlesel olarak insan popülasyonunda ciddi bir hareketlenme yaşanarak ülke nüfuslarının tamamen yer değiştirmesine neden olması kaçınılmaz etkilerdendir [24]. Konu hakkında farklı tahminler ve araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin şekil 1.5.2 'de

çevresel bozulmaların çıktıklarından olan iklim değişikliğine bağlı yer değiştirmek zorunda kalan insanlara ait 2050 yılı Sahraaltı Afrika'sı, Güney Asya ve Latin Amerika bölgelerinin olası senaryolarının gösterimi bulunmaktadır. Verilen senaryolara göre, en kötümser sonuç ile bu üç bölgeden toplamda 143 milyon insanın çevre mülteci olması beklenmektedir. Bu ülkeler içerisinde olası senaryoda en fazla göçün kuraklığın etkisinin trajik boyutlara ulaştığı Sahraaltı Afrika' sını da gerçekleşeceği tahmin edilmektedir [22]. Bu verilen olası senaryoları Uluslararası Göç Örgütü de destekler nitelikte değinerek 2050 yılında çevresel nedenlere bağlı mülteci sayısının en az 200 milyona ulaşacağından bahsetmektedir [9]. Verilen bu rakamlardaki artışa neden olan ülkelerin ise özellikle yoksulluk seviyesi yüksek gelişmemiş ülkeler olması kaçınılmazdır. Bu çerçevede demografik değişimlerin alt yapı, gıda, ekonomik, sosyal ve toplumsal pek çok riskleri beraberinde getirmesi ise olası etkiler arasındadır [25].



Şekil 1.5.2. 2050 yılı çevresel nedenlere bağlı olası göç senaryoları [19]

Hazırlanan bir başka raporda belirtilen gelecek senaryoları ise önümüzdeki 40 yıl içerisinde çevresel tahribatlar sonucunda tarihte eşine rastlanmamış bir göç hareketliliğinin gerçekleşeceği ve yaklaşık 1 milyar insanı etkileyeceği belirtilmiştir. Verilen bu tahminlerde yukarıda bahsedilen senaryoları destekler niteliktedir. Beklenen bu aşırı nüfus hareketliliği ise çevresel sürdürülebilirliğinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır [22]. Bu bağlamda bilhassa ekolojik yıkımların sonuçlarından en fazla etkilenen ve yeterince avantaja sahip olmayan toplumlarda yaşamın zorlaşması ile birlikte tek opsiyon olarak görülen çevre mülteciliği hareketliliğinin, uluslararası zeminde statüsünün belirlenmesi, atılması gereken en önemli adımlardan biridir. Bu adımın gerçekleşmesi halinde

uluslararası eksende gerekli plan ve stratejilerin geliştirilmesi ile küresel bir kaygı odağı olan çevre mülteciliği hareketliliği ile yaşanacak olası sorun ve riskleri de en aza indirmek mümkün olabilecektir. Özellikle deniz seviyesinin yükseldiği ada ülkelerde bulunan insanlar için yaşam alanlarının oluşturulması, olası kitlesel göçlerin önlenmesini sağlamakla birlikte ortaya çıkabilecek sorunlardan kaynaklı buhranın da önüne geçecektir [9].

2. Sonuç

Tarih boyunca çeşitli doğa olaylarına karşı yaşanan göçlerin son yıllarda hızla ivme kazandığı aşikârdır. Özellikle insan eliyle doğaya yapılan müdahaleler ekolojik döngünün kendini yenilemesine dahi fırsat tanımamış, sürecin küresel bir kaosa sürüklenmesine neden olmuştur. Atmosferin denge noktasının bozulmasında büyük bir rol oynayan gelişmiş devletler ise sadece sorunların bölgesel yaşandığını kabul ederek insanlığın gezegendeki hikâyesinin adeta sonunu hazırlamaktadır. Fakat her geçen zaman içerisinde yapılan araştırmalarda da görüldüğü üzere çevre sorunları küresel boyutta kendisini hissettirmekle birlikte insan yaşamını güçleştiren çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda bugün çevresel tahribatların bir sonucu olarak en çok hissedilen iklim değişikliğinin tüm dünyayı gelecek on yıllarda etkisi altına alması beklenmektedir. Bu durumun en önemli göstergesi ise kuraklık, çölleşme, sel, deniz seviyelerinin yükselmesi, içme suyu kaynaklarının yok olma tehlikesi gibi çevresel olayların artması sonucunda sayıları hızla milyonları bulan ve vatanlarını terk etmek zorunda kalan “çevre mültecileri” dir. Çevresel tahribatlar nedeniyle ülkelerindeki topraklarda varoluşsal buhran yaşayan insanlar daha sağlıklı ve refah bir yaşam için göç etmek zorunda kalmaktadırlar. Konu hakkında çevre mültecilerinin hukuki bir nosyon olarak ifade etmede uzlaşılan bir yaklaşımın henüz bulunmaması ise yurtlarını terk etmek durumunda kalan mültecilerin yaşam mücadelesini daha da zorlaştırmaktadır. Bu da sorunların çığ gibi büyümesine neden olmakla birlikte gelecekteki yaşanabilir gezegeni geri dönüşü mümkün olmayan bir eşiğe sürüklemektedir. Zira hukuki yasal düzenlemelerin bulunmaması dolayısıyla gezegenin geleceği için çözüm ve planlamanın gerçekleştirilmemesi, çevresel tahribatlar sonucu tek çıkar yol olarak göç etmek zorunda kalan insanların, toplumsal-sosyal-ekonomik çeşitli riskleri ortaya çıkarmasına da etki etmektedir. Hem yasal bir düzenlemenin bulunmaması hem de doğa, iklim ve gezegenin yok olması pahasına devletlerin çıkarlarına ters düşmesi sorunların çözümünü daha da güçleştirmektedir.

Ekolojik adaletsizliğin arttığı günümüz dünyasında çevre mültecilerinin, dünden bugüne sayılarının milyonları bulması ve gelecekte olası senaryolarda

belirtilen rakamlara ulaşması sonucu, demografik değişimlerin yaşanacak olması konunun ulusal bir nitelik taşımasından öte küresel bir niteliğe ulaştığını göstermektedir. Bilhassa yoksul ülkelerde bedeli oldukça ağır hissedilen sorunların daha fazla büyümeden ivedilikle çözüme kavuşturulması için proaktif bir yaklaşımın benimsenmesi gelecekte yaşanılabilir bir dünyanın varlığı için dikkate alınması gereken bir noktadır. Bu çerçevede sorunların temelini oluşturan ve ekolojik adaletsizliğin yaşanmasına neden olan antropojenik etkilerle ortaya çıkan çevresel tahribatların, uluslararası boyutta en aza indirgenmesi için daha fazla farkındalık oluşturulması elzemdir. Özellikle hali hazırda yaşanan savaşlar dolayısıyla mülteci akımına maruz kalan gelişmemiş veya gelişmekte olan devletler için çevresel nedenlerle yaşanabilecek olası kitlesel göçlere karşı ayrıca bir tedbir alınması önem kazanmaktadır. Zira olası yeni bir göç dalgasında bu ülkelerde alt yapı, gıda, su, barınma, eğitim, sağlık gibi alanlarda ihtiyaçların karşılanması güç olacağından daha başka sorunların gündeme gelmesi de kaçınılmaz olacaktır. Bilhassa çevre mültecilerinin yurtlarını kaybetme, gelecek yaşam ihtimallerinin bulunmaması dolayısıyla daha yaşanılabilir ülkelere kalıcı göçler yapmaları konunun önemini daha da artırmaktadır. Bu durumun gelecekte toplumsal-sosyal-ekonomik sorunların yanında kaynak yetersizliği nedeniyle devletlerarası gerilimi artıran etkenleri de doğuracağı konunun bir başka boyutudur. Bu bağlamda çevre mültecilerini kabul eden ülkelere gelişmiş devletler tarafından süreç içerisinde destek olunması ülkeler arası gerilimin önlenmesine katkı sağlayacaktır. Hali hazırda gerçekleşen çevresel sorunların asıl sorumlularının tüketim ve büyüme odaklı olan gelişmiş ülkelerin mesuliyetinde olması nedeniyle konunun çözümünde daha aktif bir yaklaşım sergilemeleri oldukça önemlidir. Fakat bugün gelişmiş pek çok ülkenin pratikte uygulanan yöntemlerine bakıldığında, sorunların giderilmesinde yapılması gereken harcamaların çoğunun sınır silahlandırma ya da yüksek duvarlar örmek olduğu görülmektedir. Bu durum ise gelecek dünya için kaygı verici olup, konu hakkında yeterli bilinç düzeyinin gerçekleşmediğinin açık bir göstergesidir.

3. Çözüm

Kısa ve uzun vadeli etkileri görülen ve daha çok antropojenik nedenlere bağlı gerçekleşen ekolojik yıkımların bir çıktısı olan çevre mülteciliği hareketliliğinin, öznesi olan göçmenleri ve göçe maruz kalan ülkeleri yakından ilgilendiren bir dizi sorunu da beraberinde getirdiği açıkça görülmektedir. Bu bağlamda çalışma içerisinde yer alan uluslararası araştırma raporları çerçevesinde, ekolojik adaletsizliğin yaşandığı dezavantajlı bölgelerde bulunan insanların daha güvenilir bir yaşam elde edebilmek amacıyla olası gelecek senaryolara göre önümüzdeki on yıllarda sayılarının sınırları aşması tahmin edilmektedir. Bu çerçevede

çevre mültecilerinin uluslararası yasal boyutta korumaya alınan bir statülerinin bulunmaması ve konu hakkında uzun süredir sonuçlandırılmayan tartışmaların halen süregelmesi, gelecekte daha büyük insani krizlerle karşılaşılmasını ve çok yönlü tehlikeli dinamikleri doğurması beklenmekte olup konun çözüme kavuşturulması adına acil önlemlerin alınmasını gerektirmektedir.

Kaynaklar

- [1] Mutlu A, İrdem İ, Üre B, Mültecilik E. Ekolojik Mültecilik. Memleket Siyaset Yönetim Dergisi; Ocak 2015, cilt 10, Sayı 23, S. 79 - 118.
- [2] Ziya O. Mülteci-Göçmen Belirsizliğinde İklim Mültecileri. TBB Dergisi; 2012, Sayfa 229-239.
- [3] Topgül S. ve Beytaş O. İklim Mültecileri ve Sosyal Hizmet: Kriz mi Fırsat mı?. Toplum ve Sosyal Hizmet; Cilt 33, Sayı 2, Nisan 2022; s. 687-705 ISSN: 2147-3374 / E-ISSN: 2602-280X
- [4] İlk Bilben M.S. Antropojenik İklim Değişikliği Bağlamında Göç Tartışmaları. İstanbul Üniversitesi Yayınevi. Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi; 2018, 75: 237–268. DOI: 10.26650/jspc.2018.75.0015 <http://dergipark.gov.tr/iusskd> (Erişim Tarihi:24.08.2022)
- [5] Mutluer M. Ve Südaş İ. “Görünmez” Bir Küresel Sorun: Çevre Mültecileri. Prof. Dr. İlhan Kayan’a Armağan Kitabı, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir; 2013, Ss.631-636.
- [6] Yılmaz, F. H. & Navruz, M. Küresel İklim Değişikliği, İklim Mültecileri ve Güvenlik . Assam Uluslararası Hakemli Dergi , Assam Uluslararası Hakemli Dergi 13. Uluslararası Kamu Yönetimi Sempozyumu Bildirileri Özel Sayısı; 2019, 255-270. <https://dergipark.org.tr/pub/assam/issue/48907/578164> (Erişim Tarihi:24.08.2022)
- [7] UN General Assembly, Convention Relating to the Status of Refugees, 28 July 1951, United Nations, Treaty Series, Vol. 189, p. 137. <https://treaties.un.org/doc/publication/UNTS/Volume%20189/v189.pdf>, (Erişim Tarihi: 19.09.2022)
- [8] Kaygusuz Akbay M. Birleşmiş Milletler İnsan Hakları Komitesi'nin Teitiota Kararının Ardından “İklim Mültecileri” . Dokuz eylül üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi; Cilt: 23, Sayı: 1, Yıl: 2021, Sayfa: 223-248 ISSN: 1302-3284 E-ISSN: 1308-0911 <http://dx.doi.org/10.16953/deusosbil.778002> (Erişim Tarihi:24.08.2022)
- [9] Tok N. ve Korkut R. Küreselleşme Ve Yerinden Olma Sorununun Çevresel Güvensizliklere Bağlı Değişen Tabiatı Bağlamında İklim Mültecileri. Akademik Bakış Dergisi; 2012 Sayı: 32 Eylül – Ekim 2012. ISSN:1694-528X
- [10] Kanlı İ.B. ve Başköy D. Küreselleşme ve Çevre Sorunları Bağlamında Göç: İklim Mültecileri. Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi; Temmuz 2018, Cilt:6, Sayı:3 E-ISSN: 2147-7035
- [11] Öztürk Ö. İklimsel Göç: Dünyaya Ve Türkiye'ye Yansımaları. Türkiye Ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü Göç Yönetimi; 2018 (Yüksek Lisans Tezi).
- [12] Yücel, G. İklim Mültecilerinin Türkiye'deki Hukuki Statüsü. Middle East Journal of Refugee Studies; 2020, 5 (2), 43-62 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mejrs/issue/66137/1034887> (Erişim Tarihi:19.09.2022)
- [13] Akbaş, İ. “İklim Değişikliği Ve İklim Mültecileri: Genel Bir Bakış”, International Social Sciences Studies Journal; 2018, 4(24): 5159-5172
- [14] <https://www.unhcr.org/62a9d1494/global-trends-report-2021>(Erişim Tarihi: 27.09.2022)

[15] Demirci K. Uluslararası Ve Ulusal Mevzuat Hükümleri Çerçevesinde İklim Mültecisi Kavramı Ve Türkiye Özelinde Yaratacağı Muhtemel Sorunlar. Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi; Yıl:2019 Cilt:2 Sayı:2 Sayfa/Page: 93-114

[16] Öztürk Ö.N. İklim Mülteciliği Kavramının Hukuki Görünümü: Mevcut Koruma Araçlarının Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri. Tesev Değerlendirme Notları; 2021/6. <https://www.tesev.org.tr/tr/research/iklim-multeciligi-kavraminin-hukuki-gorunumu-mevcut-koruma-araclarinin-degerlendirilmesi-ve-cozum-onerileri/>(Erişim Tarihi:24.08.2022)

[17] Özerdem F. Ve Barlas B. Kopenhag Okulu Çerçevesinde 2020 ve Sonrası Dünya Politikasının Yeni Sorunu: İklim Değişikliği ve İklim Göçmenleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Yıl: 2021/3, Sayı: 41, s. 273-302

[18] Reyhan Satır A. ve Reyhan H. Küresel Isınmanın Nedenleri, Sonuçları, Çözümleri Üzerine Yeni Değerlendirmeler. Memleket Siyaset Yönetim Dergisi; 2016, Cilt 11. Sayı 26. S. 1-26

[19] UN. International Migration Report 2017 Highlights, Department of Economic and Social Affairs, New York; 2017 http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/publications/migrationreport/docs/MigrationReport2017_Highlights.pdf (Erişim Tarihi:19.09.2022)

[20] <https://www.unhcr.org/news/stories/2022/9/633419134/somalis-abandon-homes-search-food-water-aid-drought-deepens.html> (Erişim Tarihi: 27.09.2022)

[21] <https://www.unhcr.org/news/stories/2021/4/60806d124/data-reveals-impacts-climate-emergency-displacement.html> (Erişim Tarihi: 27.09.2022)

[22] Akalın M. İklim Mültecileri. Iksad Publishing House; 2019. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,sso&db=nlebk&AN=2625521&lang=tr&site=e-host-live> (Erişim Tarihi:24.08.2022)

[23] <https://www.unhcr.org/search?query=Global%20Trends%20Report> (Erişim Tarihi: 27.09.2022)

[24] Balcılar A.N. İklim Adaleti Bağlamında Sınırlar Ve İklim Göçü Uluslararası Eşitlik Politikası Dergisi; 2022, Cilt 2 Sayı 1

[25] Demirbilek M, 2016. Çevre, çevre mültecileri ve çevreci sosyal hizmet. International Journal of Social Sciences and Education Research. Volume: 2(3), ISSN: 2149-5939 <http://dergi-park.gov.tr/ijsser>

“Ortak Fakat Farklılaştırılmış Sorumluluklar İlkesi”nin Uluslararası Ozon Rejimine Yansıması ve İşleyişi

Arş. Gör. Dr. Sefa Öztürk

Yalova Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü

Anahtar kelimeler: *Montreal Protokolü, Uluslararası Çevre Politikaları, Uluslararası Ozon Rejimi, CBDR, Uluslararası Çevre İşbirliği*

1.Giriş

Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi uluslararası çevre hukuku kapsamındaki bir kavramdır. Bu ilke küresel çevre yıkımında tüm devletlerin sorumlu olduğunu ancak bunun tarihsel olarak eşit düzeyde olmadığını ifade etmektedir. Bu çerçevede etik bir kabulden yola çıkar ve uluslararası hukuktaki hakkaniyet ilkelerine dayanır. Daha yüksek kalkınma seviyeleri ile küresel müştereklerin zarar görmesi arasındaki tarihsel ilişkiyi kabul eder ve buna göre sorumluluğun paylaşılmasını ifade eder (Epstein, C., 2015). Dolayısıyla ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi gelişmiş ülkelerle gelişmekte olan ülkelerin çevresel değişimi önlemeye dönük ortak fakat tarihsel gelişim süreci nedeniyle birbirinden farklılaşan sorumluluklarını ifade etmektedir.

Küresel çevresel yıkım sanayi devriminin ardından hız kazanmıştır. Bununla birlikte ekonomik aktivitelerin yarattığı negatif dışsallıkların boyutları artmıştır. Negatif dışsallıklar iktisadi faaliyetler neticesinde ortaya çıkan maliyetlerin üçüncü taraflara yansıtılmasıdır. İktisadi faaliyet neticesinde ortaya çıkan kirlilik bunun örneğidir (OECD, 2003). Gelişmiş ülkeler sanayileşirken bu süreçteki dışsallıkları herhangi bir kısıtlamaya tabi olmadan, ya da belirli bir maliyet yükü altına girmeden küresel müşterekler üzerine yansıtılmışlardır. Bu da tarihsel olarak küresel müştereklerin zarar görmesine neden olmuştur. Diğer taraftan küresel çevresel yıkımın sanayi devrimi sonrası üssel olarak hız kazanması neticesinde ulusal düzeyde bunu önlemeye dönük politikalar gelişmiştir. Buna paralel olarak 20. yy'ın ikinci yarısından itibaren uluslararası çevre işbirliğinin de geliştiği görülmektedir. Ulusal ve uluslararası düzeylerde gelişen düzenlemeler küresel çevresel değişimi durdurmayı ve önlemeyi amaçlamaktadır.

Bu doğrultuda geliştirilmekte olan politikalar gelişmekte olan ülkeler için dışsallıkları serbestçe küresel müştereklere yansıtamamaları sonucunu ortaya çıkaracaktır. Bu da, gelişmiş ülkelerin tarihte elde ettikleri avantajın aksine gelişmekte olan ülke ekonomileri için ek maliyetler oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu dışsallıkların maliyet olmaksızın gelişmiş ülkelerce tarihsel olarak küresel müştereklere yansıtılmış olması gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında bir hakkaniyet sorunu ortaya çıkarmaktadır.

Bu hakkaniyet sorununa yönelik olarak ortaya çıkan ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi ilk olarak Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı 1972 Stokholm Bildirgesinde kabul edilmiştir (A/CONF.48/14/Rev.1, 1972). Bundan sonra bu ilke uluslararası çevre işbirliğinin temel dayanaklarından biri haline gelmiştir. Bu çerçevede Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü'nün teşkil ettiği uluslararası ozon rejimi, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesini uygulamaya koyan önemli bir örnek olmuştur. Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesinin Montreal Protokolü'ndeki somut uygulamaları: (i) ticaret yasakları bu yasaklar ortak sorumluluğa vurgu yapmaktadır; (ii) 5. Madde statüsünün tanınması, (iii) bu statüyü alan ülkelerin OTİM sonlandırma takvimini erteleme imkanına sahip olması, (iv) bu statüyü alan ülkelerin OTİM sonlandırma projelerinin finansmanının gelişmiş ülkelerin hibelerinden oluşan Çok Taraflı Fon ile karşılanmasıdır; (ii), (iii) ve (iv) ortak sorumluluğun gelişmekte olan ülkeler lehine farklılaşması uygulamalarıdır.

2.Uluslararası Ozon Rejiminin Teşvik ve Yaptırım Tasarımı

1970'li yıllarda atmosferdeki ozonu tüketebilecek bilimsel mekanizmaların keşfedilmesiyle ilk olarak aerosoller üzerinde ulusal düzeyde düzenleyici politikalar başlamıştır. Farklı ülkelerde ortaya çıkan düzenleyici politikalar ve bilimsel çalışmaların uluslararası düzeyde koordinasyonu çalışmaları 1980'li yıllarda hız kazanmıştır. Bunun neticesinde ozon tabakasına dönük bir işbirliği çerçevesi olarak Viyana Sözleşmesi ortaya çıkmıştır.

Viyana Sözleşmesi insan faaliyetlerinin ozon tabakasına etkilerine dair ülkeler arasındaki bilgi alışverişini ve işbirliğini geliştirmeye odaklıdır (UNEP, 2020). İlk olarak işbirliği çerçevesini kuran Sözleşme ozon tabakasını incelten maddelerin azaltılmasına dair icracı politikaları içermemiştir. Öte yandan ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesinin Sözleşmenin giriş kısmındaki “gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaçlarını ve özel koşullarını göz önünde bulundurarak” ifadesinde metne yansıdığı görülmektedir (T.C. Resmî Gazete, 1990, s. 2). Antarktik “ozon deliği”nin bilim insanlarınca keşfedilmesinin ardından kamuoyunda yükselen taleplere karşılık bu sözleşmedeki protokol yapabilme mekanizmasına dayanılarak OTİM'lerin kullanımını azaltmayı amaçlayan Montreal Protokolü ortaya çıkmıştır (Farman vd., 1985).

2.1.Ticaret Yasakları: “Ortak Sorumluluk”

OTİM'lere dönük azaltma planını içeren Montreal Protokolü uluslararası ozon rejimini kurumsallaştıran icracı bir yapıya sahiptir. Protokol en başta gelişmiş ülkeler arasında-

¹ OTİM'ler.

² 1990'daki İkinci Taraflar Toplantısı'nda yapılan Londra Değişikliği ile azaltma hedefi tamamen sonlandırma hedefine dönüşmüştür.

ki bir anlaşma görünümüne sahip olmuş, gelişmekte olan ülkelerin geniş katılımı gerçekleşmemiştir. Zira OTİM'ler daha çok gelişmiş ülkelerde üretilmekte ve kullanılmaktadır. Diğer taraftan ozon tabakasının incilmesi sorununun tüm atmosferi ilgilendiren doğası ve gelişmiş ülkelerdeki OTİM üretiminin gelişmekte olan ülkelere kayması riski sebebiyle Sözleşme ve Protokole evrensel katılım, burada yürürlüğe konan önlemlerin etkinliği bakımından önemli olmuştur. Bunu sağlayabilmek adına Protokolün 4. Maddesi OTİM'lerin ticaretini Taraf olanlarla sınırlandırıp, Taraf olmayanlarla OTİM ticaretini yasak kapsamına almaktadır. Bu durum Protokole Taraf olmayan ülkelere bir yaptırım niteliği taşımakta ve bu ülkelerin Protokole katılması yönünde bir itki ortaya çıkarmaktadır (Brack, 1998, s. 101). Protokolün getirdiği ticaret yasakları sebebiyle kullanıcı sektörleri bu kimyasalları tedarik etmek zorunda olan ülkelerin, bunları temin edebilmeleri için Protokole Taraf olmaları şart haline gelmiştir. Diğer taraftan bu yaptırımın açık noktası OTİM'lerin üretimlerinin Protokole katılmayan ülkelere kayması riskidir.

2.2. "5. Madde" Statüsü ve Takvim Ertelemeleri: Farklılaştırılmış Sorumluluk

"Gelişme yolundaki ülkelerin özel durumları"nı tanımlayan Protokolün 5. Maddesi ülkeleri kişi başına düşen OTİM tüketimi bazında ayıştırmaktadır. Kişi başına OTİM tüketimi 0.3 kilogramın altına olan ülkeler Protokol kapsamında 5. Madde ülkesi statüsü almaktadır. Kişi başına OTİM tüketimi 0.3 kilogramın altında olan 5. Madde ülkeleri kontrol önlemlerine uyma yükümlülüklerini 10 yıl sonraya erteleme imkanına sahip olmuşlardır. Aynı zamanda 5. Maddede tanımlanan gelişmiş ülkelerce verilen taahhütlerden faydalanabilmektedirler. Bu taahhütler gelişmekte olan ülkelere OTİM alternatifi teknolojilere geçişte kolaylık sağlanması ve alternatiflere geçişte ortaya çıkacak finansman ihtiyacının gelişmiş ülkelerce karşılanması şeklindedir. Diğer bir ifadeyle Montreal Protokolü'nün 5. Maddesi temel olarak ülkeleri OTİM tüketimi bazında birbirinden ayırmakta ve bu bazda OTİM sonlandırma sürecinde birtakım kolaylıklar sağlamaktadır. Bu kolaylıklar gelişmekte olan ülkelerin beklentilerini karşılamaya dönüktür. Bu beklentileri anlayabilmek bakımından Protokolün sahada yapmayı hedeflediği dönüşüme değinmek gerekmektedir.

Protokolün sahadaki uygulaması ilgili kullanıcı sektörlerin OTİM'leri sonlandırıp alternatif maddeleri kullanan teknolojilere dönüşümünü kapsamaktadır. Bunun için de OTİM üretici sektörleri ve OTİM kullanıcı sektörleri içeren bir programın uygulanması gerekmektedir. OTİM kullanıcı sektörler HVAC³ ve soğutma başta olmak üzere OTİM'leri kendi ürünlerinde kullanan sektörlerdir. Örneğin bir soğutma ekipmanında OTİM soğutucu gaz olarak kullanılmaktadır. Buradaki dönüşümle OTİM olmayan bir soğutucu gaza geçiş amaçlanmaktadır. Bu da çoğu zaman gazı kullanan donanımda teknolojik değişimleri içermektedir. OTİM üretici sektör ise, OTİM'leri kimyasal süreçlerle büyük miktarlarda üretilip

³ Isıtma, havalandırma, iklimlendirme

piyasaya tedarik eden üreticilerden oluşmaktadır. Dolayısıyla kullanıcı sektörlerin kendi ürünlerini üretmeye devam etmeleri için üretici sektörden bu OTİM'leri temin edebiliyor olması gerekmektedir. Protokol yükümlülükleri üretici sektörler için OTİM olmayan ancak ilgili ürünlerde OTİM'lerin işlevlerini görebilen kimyasallar üretme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Kullanıcı sektörler içinse bu alternatif kimyasalları temin ve kendi donanımlarını bu yeni kimyasallara uygun teknolojilere dönüştürme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Gelişmekte olan ülkelerin çoğunlukla OTİM kullanıcısı olduğu göz önüne alındığında alternatif kimyasallara ve buna uygun teknolojilere dönüşüm için bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda OTİM kullanımları tarihsel olarak görece düşük olan bu ülkelerin ozon tabakasının incelmesindeki payları da görece azdır. Bu sebeple 5. Madde statüsünde tanımlanan takvim ertelemesi kolaylığına ek olarak finansmanı gelişmiş ülkelerce sağlanan bir Çok Taraflı Fon'un kurulması ve gelişmekte olan ülkelerin OTİM sonlandırma projelerinin finansmanının hibe şeklinde bu Fondan sağlanması talebi ortaya çıkmıştır.

2.3. Çok Taraflı Fon: Farklılaştırılmış Sorumluluk

Gelişmekte olan ülkelerin Sözleşme ve Protokole katılımını sağlamaya yönelik Protokolde yapılan düzenlemeler takvim ertelemeleri ve ticaret kısıtlamaları olmuştur. Başlangıçtaki bu yaklaşımın bir tarafında katılım teşviki sunulurken diğer tarafında Protokole taraf olmayanlara uygulanacak kontrol edilen maddelerin ticaretinin sınırlanması hükümleri bir yaptırım niteliği taşımaktadır. Diğer taraftan Protokole katılmayan ülkelerin bir blok oluşturması halinde bu düzenlemeleri aşmaları ve taraf olmayarak maruz kalınacak ticaret kısıtlamalarından alınacak zararın aşılması mümkündür (DeSombre, 2000, s. 71). Bu durum Çin ve Hindistan'ın başını çektiği gelişmekte olan ülkeler tarafından OTİM sonlandırma süreçlerinin finansmanının gelişmiş ülkelerce karşılanması, teknoloji transferinin güvenceye alınması ve bunu yönetecek mekanizmanın eşitlikçi olması gibi taleplerin dile getirilmesine olanak sağlamıştır (Biermann & Simonis, 1999, s. 241). Bu taleplere dönük bir finansman mekanizması olarak Çok Taraflı Fon Londra'da yapılan Montreal Protokolü İkinci Taraflar Toplantısı'nda kurulmuştur (UNEP/OzL.Pro.2/3, 1990, s. 40). Fonun temel amacı OTİM'lerin yıllık tüketim seviyeleri kişi başına 0,3 kilogramdan az olan Montreal Protokolü'ne Taraf gelişmekte olan ülkelerin kontrol önlemlerine uymalarına yardımcı olmaktır (Secretariat of the Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol, 2022). Bu amaca dönük olarak fonun işlevleri teknik yardım, kredi, aynı yardım desteğini kapsamaktadır (UNEP/OzL.Pro/ExCom/5/16, 1991, s. 24). Diğer bir ifadeyle gelişmiş ülkeler bu Fona kaynak sağlamakta, gelişmekte olan ülkeler de bu Fondan geri ödemesiz finansman sağlayarak bu kaynağı OTİM sonlandırma projelerinin yürütülmesinde kullanmaktadır.

Fonuyöneten bir İcra Komitesi vardır. İcra komitesi üyeleri gelişmiş ülkelerden 7,

gelişmekte olan ülkelerden 7 olmak üzere eşit bir dağılıma sahiptir (DeSombre, 2006, s. 114). Karar için üçte iki çoğunluk gerekmektedir. Bu durum gelişmiş ülkelerin ya da gelişmekte olan ülkelerin diğer gruba dayatma yapmasını önlemeye dönüktür (DeSombre, 2000, s. 71). Ancak genellikle kararlar oy birliği ile alınmıştır.

Çok Taraflı Fon'un varlığı, uluslararası ozon rejiminin etkinliğine olumlu katkı sunmuştur. Bu mekanizmanın varlığı, gelişmekte olan ülkelerden oluşan 5. Madde ülkelerinin OTİM sonlandırmalarını Çok Taraflı Fon İcra Komitesi'nin gözlemi altında yapmalarına imkân sağlamıştır. Nitekim Çok Taraflı Fon'dan faydalanabilmek için 5. Madde ülkeleri, öncelikle bir OTİM sonlandırma planını içeren ülke programını sunmakla yükümlü hale gelmişlerdir. Daha sonra bu program çerçevesinde sonlandırma projelerine İcra Komitesinin onayıyla finansman sağlamışlardır. Tüm bu sürecin İcra Komitesinin onayını gerektirmesi belirli bir denetim ve takip işlevinin de gerçekleşmesini sağlamıştır. Bu durum da rejimin etkinliğini arttırmıştır. Çok Taraflı Fon sahadaki dönüşümün adil olmasını sağlarken aynı zamanda bu dönüşümün bir düzen içerisinde gerçekleşmesini sağlamıştır (DeSombre & Kauffman, 1993, s. 121). Diğer taraftan gelişmekte olan ülkelere Fon üzerinden aktarılan geri ödemesiz bu kaynağın, sonlandırma projelerinde gerçekleştirilen teknoloji dönüşümlerinde kullanıldığı ve bu teknolojilerin de gelişmiş ülkelerden temin edildiği dikkate alındığında, Fon'dan elde edilen finansmanın bir kısmının yapılan harcamalar yoluyla gelişmiş ülkelere geri döndüğünü belirtmek gerekir.

3. Sonuç

Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesinin uluslararası ozon rejimine yansması ve işleyişi gelişmekte olan ülkelerin bu rejime katılmasında etken olarak temelde iki sonuç ortaya çıkarmıştır: (i) Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesinin uluslararası ozon rejimine yansması ve işleyişi bu rejimin kapsadığı ülke sayısını genişletmiştir. Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü'nde ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesinin 5. Madde statüsü altında takvim ertelemeleri ve Çok Taraflı Fon gibi somut olarak hayata geçirilmesi gelişmekte olan ülkeler için bir yaptırım uygulaması olan ve 4. Maddede düzenlenen ticaret kısıtlamalarını dengelemiş böylelikle gelişmekte olan ülkelerin uluslararası ozon rejimine katılımları sağlanmıştır. Bu denge Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü'nün evrensel onay almasında etkili olmuştur.

(ii) Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesinin uluslararası ozon rejimine yansması ve işleyişi bu rejimin etkinliğini arttırmıştır. Bunu sağlayan yine takvim ertelemeleri ve Çok Taraflı Fon'un işleyiş düzeni olmuştur. Takvim ertelemeleri gelişmekte olan ülkelere OTİM sonlandırma sürecinde gerekli zamanı

sağlamıştır. Çok Taraflı Fon, finansmanı projelerin adım adım gerçekleşmesine bağladığı için 5. Madde ülkelerinin OTİM sonlandırma süreçlerinin adım adım yakından izlenebilmesine ve bu süreçteki aksaklıklara zamanında müdahale edilebilmesine olanak sağlamıştır. Bu da rejimin etkinliğini arttıran önemli bir unsur olmuştur.

Kaynakça

A/CONF48/14/Rev.1. (1972). *Report of the United Nations Conference on the Human Environment*. United Nations.

Biermann, F., & Simonis, U. E. (1999). The Multilateral Ozone Fund: A case study on institutional learning. *International Journal of Social Economics*, 26(1/2/3), 239-273.

Brack, D. (1998). The Use of Trade Measures in the Montreal Protocol. İçinde P. G. Le Prestre, J. D. Reid, & E. T. Morehouse (Ed.), *Protecting the Ozone Layer: Lessons, Models, and Prospects* (ss. 99-107). Springer Science + Business Media LLC.

DeSombre, E. R. (2000). The Experience of the Montreal Protocol: Particularly Remarkable, and Remarkably Particular. *UCLA Journal of Environmental Law and Policy*, 19(1), 49-81.

DeSombre, E. R. (2006). *Global Environmental Institutions*. Routledge, Taylor & Francis Group.

DeSombre, E. R., & Kauffman, J. (1993). The Montreal Protocol Multilateral Fund: Partial Success Story. İçinde R. O. Keohane & M. A. Levy (Ed.), *Institutions for Environmental Aid: Pitfalls and Promise* (ss. 121-126). MIT Press.

Epstein, C. (2015). Common but differentiated responsibilities. İçinde *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/common-but-differentiated-responsibilities>

Farman, J. C., Gardiner, B. G., & Shanklin, J. D. (1985). Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal ClO_x/NO_x Interaction. *Nature*, 315(6016), 207-210.

OECD. (2003). *Externalities*. OECD Glossary of Statistical Terms. <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=3215>

Secretariat of the *Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol*. (2022). Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol. <http://www.multilateralfund.org/default.aspx>

T.C. Resmî Gazete. (1990). “Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi” ve “Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü”. 20629, 1-96.

UNEP. (2020). *The Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer: Treaties*. <https://ozone.unep.org/treaties/vienna-convention>

UNEP/OzL.Pro.2/3. (1990). *SECOND MEETING OF THE PARTIES TO THE MONTREAL PROTOCOL ON SUBSTANCES THAT DEplete THE OZONE LAYER* (UNEP/OzL.Pro.2/3). United Nations.

UNEP/OzL.Pro/ExCom/5/16. (1991). *Report of the Fifth Meeting of the Executive Committee of the Interim Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol* (UNEP/OzL.Pro/ExCom/5/16). United Nations.

Küresel Güçlerin Mücadelesinde Gri Bölge: İklim Değişikliği Müzakereleri

Orçun Emrah EREN

Yalova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü,
Türkiye

Özet:

İnsanlığın karşılaştığı en büyük zorluk olarak nitelendirilen iklim değişikliği ile mücadelede küresel işbirliği yapılması gerekliliği bir gerçektir. Hem uluslararası sistemdeki konumları hem de iklim değişikliğine sebep olan karbon emisyonu hususunda en büyük pay sahibi ülkeler olmaları sebebiyle, normalde rakip olan Çin ve ABD'nin istisnai işbirliği tüm dünya için önemlidir. Ne var ki yakın zamanda yaşanan Tayvan krizinin akabinde ilk vazgeçilen de bu işbirliği olmuştur. Bu durum, iklim diplomasisinin sadece bilimsel değil aynı zamanda etik bir çerçeveden de incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tüm insanlığın ortak geleceğini etkileyen iklim değişikliği gibi bir konuda dahi küresel güçlerin dış politikalarının net olmadığı, ülkeler arası- hatta liderler arası- ilişkilere bağlı olarak dalgalanmalar gözlemlendiği söylenebilir. Uluslararası sistemde en önemli aktör olan devletlerin kimi zaman uluslararası sorunlar konusundaki duruşları, sorunların çözümü noktasında kısır döngüye sebep olmaktadır. Uluslararası örgütler zaman zaman küresel güçlerin etkisi altında önemli bildirimler ve anlaşmalar ortaya çıkarmayı başarmış olsa da somut adımlar atma hususunda “çıkar” ve “göreceli kazanç” anlayışı devreye girmiştir. Bu denklemde kuzey- güney ülkeleri arasındaki ilişkilere “çevresel adalet” kavramı da eklenmiştir.

İklim değişikliği sorununa karşı işbirliğine dayanan çok taraflı bir müzakere sürecinde özellikle Çin'in, AB'nin ve ABD'nin rolleri gelecek nesiller için son derece hayattır. İklim değişikliği müzakereleri küresel rekabetten ayrı düşünülmemelidir. İklim değişikliği ile mücadelede önemli role sahip uluslararası örgütler ve anlaşmalar bu açıdan küresel güçler için yeni bir mücadele alanı haline gelmiştir. Bu çalışmada küresel güçlerin iklim değişikliği ile mücadelesindeki tutarsız duruşları yakın dönemdeki krizler ışığında incelenecektir.

Anahtar kelimeler: *İklim Değişikliği, Müzakere, Çin, ABD, Diplomasi*

The Gray Zone In The Struggle Of Global Powers: Climate Change Negotiations

Orçun Emrah EREN

Yalova University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, International
Relations, Turkey

Abstract:

It is a fact that global cooperation is necessary in the fight against climate change, which is described as the greatest challenge facing humanity. The exceptional cooperation of normally rivals China and the USA is important for the whole world, both because of their position in the international system and because they are the countries with the largest share in carbon emissions that cause climate change. However, this cooperation was the first to be abandoned after the recent Taiwan crisis. This situation reveals that climate diplomacy should be examined not only from a scientific but also from an ethical perspective.

It can be said that even in an issue such as climate change, which affects the common future of all humanity, the foreign policies of global powers are not clear and fluctuations are observed depending on the relations between countries - even between leaders. The stances of the states, which are the most important actors in the international system, on international problems sometimes cause a vicious circle at the point of solving the problems. Although international organizations have managed to come up with important declarations and agreements under the influence of global powers from time to time, the understanding of “interest” and “relative gain” has come into play in taking concrete steps. In this equation, the concept of “environmental justice” has been added to the relations between north-south countries.

The roles of China, the EU and the USA in a cooperative multilateral negotiation process against the problem of climate change are extremely vital for future generations. Climate change negotiations should not be considered separately from global competition. International organizations and agreements, which have an important role in the fight against climate change, have become a new field of struggle for global powers in this respect. In this study, the inconsistent stances of global powers in their fight against climate change will be examined in the light of recent crises.

Key words: *Climate Change, Negotiation, China, USA, Diplomacy*

1. Giriş

Yaklaşık olarak 200.000 yıldır dünya üstünde olan insanoğlu, son 250 yıl içinde doğanın bir parçası olmaktan vazgeçip efendisi olmaya başlamıştır. Fakat çevre kimseye ait değildir, her insan bir diğerinin çevresinin parçasıdır (1). Robert Kaplan, *The Coming Anarchy* adlı eserinde, dünya üzerinde geçmişten bu güne Hobbes’un “bencil, kötücül, zavallı ilk adamı” ile Hegel ve Fukuyama’nın “sağlıklı, iyi beslenmiş ve teknolojiyi iyi kullanan son adamı”nın yaşadığını belirtmektedir. İkisi de çevresel tehditlere maruz kalsa da “son adam” diğerinin aksine doğaya hükmeder ve onu değiştirir (2). Gerek doğal kaynakların kontrolsüzce kullanımı gerekse bu kaynak kullanımındaki adaletsizlik

ve doğa üzerinde yarattığı baskı tarihin en mühim ve de en büyük zorluğunu karşımıza çıkarmaktadır: iklim değişikliği.

Medeniyet ve gelişim uzun bir süre yapılaşma, kentleşme, sanayileşme olarak görülmüş, bu süreçte ekolojik denge pek dikkate alınmamıştır. Nordhaus bu durumu “iklim kumarı” olarak tanımlamaktadır. Nordhaus’a göre ekonomik ilerlemenin kasıtlı olmasa da iklim ve ekosistemler üzerinde yarattığı değişiklikler ileride tehlikeli sonuçlar doğuracaktır (3). Esasen iklim değişikliğinin etkileri günümüzde ciddi olarak görülmektedir. Artık “ileride” denilecek bir tehlike olmayan iklim değişikliği günümüzün ve geleceğimizin en ciddi problemidir.

Sanayi Devrimi ile başlayan makineleşme sürecinde devletlerin ekonomik rekabeti ve gelişmekte olan devletlerin gelişmiş devletleri yakalama hevesi çevre sorunlarının da sanayileşme gibi küreselleşmesine yol açmıştır. 4. sanayi devriminin (endüstri 4.0) 2011 yılında başladığı kabul edilse de gelişmekte olan ülkeler hala fiziksel güce dayalı bir sanayileşme modeli izlemektedir. Nitekim Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel On Climate Change-IPCC) 2001 Değerlendirme Raporu’nda özellikle son 50 yılda sera gazları emisyonlarına bağlı küresel ısınmanın büyük oranda insan kaynaklı olduğu ortaya konulmuştur (4). Yine IPCC’nin 2018 tarihli 1,5°C Küresel Isınma Özel Raporu’nda şu ifadeye yer verilmiştir:

Kuzey Avrupa’daki kuraklık ve rekor sıcaklıklardan ABD’deki orman yangınlarına, Çin’deki sıcak hava dalgalarından ve kuraklıktan Güney Hindistan’ın geniş bölgelerini harap eden olağanüstü derecede güçlü musona kadar aşırı hava olayları, etkilerini dünyanın dört bir yanında gösteriyor (5).

Artık bilimsel gerçekliğinden şüphe edilemez olan iklim değişikliğinin, 1972 yılındaki Stockholm Konferansı ile Birleşmiş Milletlerin de gündemine dâhil olması bir milat olarak kabul edilebilir. Zira bu konferans ile iklim değişikliğinin sadece etkilerinin sınıraşan bir sorun olmadığı, iklim değişikliği ile mücadelenin de küreselleşmesi gerekliliği ortaya koyulmuştur. Milat olarak kabul ettiğimiz 1972 yılından günümüze dek iklim değişikliği ile mücadelenin kimi zaman –özellikle iç siyasette- politize edildiği görülmektedir. Bu sebeple mücadele ya yavaşlamakta ya da tamamen durmakta ve gerilemektedir. Bu durum özellikle üçüncü dünya ülkeleri olarak ifade edilen devletler için tehlikeyi daha da arttırmakta ve Rob Nixon’ın ifade ettiği gibi “küresel çevresel adaletsizliğe” sebep olmaktadır. 2006 yılında Oxford Araştırma Grubu’nun yayınladığı “Küresel Tehditlere Karşı Küresel Tepkiler: 21. Yüzyıl İçin Sürdürülebilir Güvenlik” raporunda da buna dikkat çekilmektedir. Raporda şu noktalar vurgulanmaktadır: 1) İklim değişikliği birçok doğal zorluğa ve gıda krizine yol açmakta, kıyı ve delta bölgelerdeki

insanları yer değiştirmeye zorlayabilir. Bu durum sosyal dengesizliğe ve yaşam tarzlarını değiştirmeye sebep olabilir. 2) İklim değişikliğinin şiddeti ve yıkıcılığı uluslararası terörizmi tırmandırabilir. 3) Nükleer enerjinin artan kullanımı iklim değişikliğine uyum sağlamak için bir yol olarak görülmemelidir. Dengesiz bir dünyada nükleer teknolojinin artması ve yaygınlaşması durumunda, düşman devletlerin ve aşırı grupların sahip olma potansiyeli artabilir.

İnsani ve güvenlik boyutunun yanında maddi olarak da gelişmiş ve gelişmekte olan – veya fakir – devletlerin iklim değişikliği karşısında yaşayacağı ekonomik sıkıntıların farklı olacağı bilim insanları tarafından öngörülmektedir. *Germanwatch* tarafından Aralık 2019’da 15.’si yayınlanan Küresel İklim Riski İndeksi raporunda ABD ve Japonya gibi zengin ülkelerdeki bir milyar USD kaybın bile, daha fakir ülkelerde yaratacağı ekonomik hasardan daha az etkili olacağı belirtilmiştir (6).

Tablo 1: İklim Değişikliğinin Makroekonomik Etkileri

Ülke Kategorisi	Sıcaklık Artışı	Sıcaklık Artışının Etkisi
Gelişmekte Olan Ülkeler	Herhangi bir artış derecesi	Net ekonomik zarar
Gelişmiş Ülkeler	0°C-2°C	Net ekonomik kazanç
	2°C-3°C	Etkisiz
	3°C üzeri	Net ekonomik zarar

Kaynak: Değer & Anbar (2008)

Tablo 1’de görülebileceği gibi herhangi bir artış geliştirmekte olan ülkeler için ekonomik zarar anlamına gelirken, 3°C’a kadar olan artışta gelişmiş ülkeler zarara uğramayacaktır. Hatta 2 °C’ a kadar olan bir sıcaklık artışında ekonomik olarak kazanç öngörülmektedir. Sadece bu projeksiyon bile çevre ahlakı ve çevresel adalet konusunda tüm dünyanın, hem devletler hem de bireysel bazda, üstüne düşen rolü oynaması gerektiğini göstermektedir.

Tüm küresel konularda olduğu gibi iklim diplomasisinde de esas değişkenler günümüzde “süper güç” olarak gösterilen ana aktörlerdir. Ana aktörler iklim değişikliği konusundaki sorumlulukları yanında uluslararası sistem tarafından kendilerine yüklenen misyon ile ortaya çıkmaktadır. Soğuk Savaş sonrası Batı dünyasının lideri konumuna gelmiş, dünyanın en büyük ekonomisi olan, ayrıca tarihsel olarak en fazla karbon emisyonundan sorumlu olması sebebiyle ABD; dünyanın en fazla nüfusa sahip ülkesi olması, son yıllarda yakaladığı inanılmaz büyüme ivmesi ve akıl almaz büyümesi sonucu günümüzün en fazla karbon emisyonu yaratan ülkesi olması sebebiyle Çin, iklim diplomasisinde ana aktörler olarak karşımıza çıkmaktadır.

ABD ve Çin arasındaki çok boyutlu küresel rekabet artık aşikârdır. Fakat başarılı bir iklim rejiminin oluşması için normalde rakip olan ABD ve Çin'in istisnai işbirliği son derece önemlidir. Özellikle Obama döneminde ABD-Çin arasındaki anlaşmalar ile iklim değişikliği müzakereleri son derece olumlu bir ivme yakalamış, 2015 yılında “tarihin en başarılı anlaşması” olarak görülen Paris İklim Anlaşması imzalanmıştır. Çevre konusunda çalışan akademisyenler, aktivistler ve tüm dünya kamuoyu için büyük bir umut sebebi olan Paris Anlaşması sonrası yaşanan gelişmeler ise derin hayal kırıklığı yaratmıştır. Zira ABD'nin Trump döneminde anlaşmadan çekilmiş olmasının yanında, kimi ülkeler tarafından verilen karbon azaltım taahhütleri ötelenmiş ve söz verilen fonlar ve ekonomik destekler üçüncü dünya ülkelerine (Ek-B ülkeleri) yeterince ayrılmamıştır. Bu dönemde, başta AB (özellikle Fransa ve Almanya) olmak üzere müzakere masasındaki diğer ülkelerle işbirlikçi ve çok taraflılığı önceleyen bir iklim diplomasisi izleyen ve yenilenebilir enerjiye yaptığı yatırımlar ile tüm dünyaya model olan Çin'in, iklim değişikliği müzakerelerine liderlik ettiği görülmektedir. 2019'da başlayan Covid-19 pandemisinin ve ABD'de Biden'ın seçilmesinin bu liderliği sekteye uğrattığı öne sürülebilir. Zira Biden yönetimi iklim değişikliği müzakerelerinde ABD'nin ağırlığını artırmayı, tekrar lider ülke konumuna yükselmeyi amaçlamaktadır.

İklim değişikliği müzakerelerini açıklamaya çalışan teorilerin ortak noktaları ana aktörlerin devletler olmasıdır. Bu noktada rekabet de kaçınılmazdır. Sınırsız işbirliği ve tavizler, özellikle ABD ve Çin ilişkileri göz önüne alındığında son derece ütöpik olacaktır. Bu sebeple müzakere süreci aslında küresel rekabetten ayrı olarak düşünülmemelidir. “Yeni bir Soğuk Savaş” yorumu yapılan ABD - Çin rekabetinde iklim değişikliği müzakereleri her ne kadar özel bir işbirliği alanı olsa da, farklı bir rekabet alanı, bir “gri bölge” olarak da görülebilir. Nitekim yakın zamanda yaşanan jeopolitik bir krizde ilk vazgeçilen konulardan biri iklim diplomasisi olmuş ve Çin, ABD ile iklim müzakerelerindeki anlaşmaları askıya aldığı açıklamıştır. Sadece bu durum bile iklim değişikliğinin salt bilimsel değil, politik ve etik bir yanı da olduğunu ortaya koymaktadır.

2. Çin-ABD Rekabetinde Gri Bölge

Esasen askeri uzmanlarca kullanılan bir terim olan “gri bölge” kavramı üzerinde uzlaşılmış net bir tanım yoktur. Genellikle gri bölge terimi savaş ve barış arasındaki faaliyetleri ifade etmektedir (7). Karışıklık, belirsizlik durumu, karşıdakini aldatma çabaları (8) gri bölgenin temel özellikleri olarak karşımıza çıkar. ABD-SSCB arasındaki Soğuk Savaş ortamı gri bölge için bir örnek olarak gös-

terilebilir. Günümüzde ABD-Çin ilişkileri için yeni bir Soğuk Savaş benzetmesi yapılırsa da durum ABD-SSCB arasındakikinden farklıdır. Zira küreselleşen dünyada devletler arasındaki karşılıklı bağımlılık artık daha fazladır. Özellikle ticari ilişkiler ve sermaye piyasasının küreselleşmesi durumu da bu bağımlılık koparılamaz bir noktaya taşımıştır.

Bu çalışmanın konusu olan iklim değişikliği müzakereleri ABD-Çin ilişkilerindeki gri bölgede görülebilir. Nitekim Biden yönetiminin dışişleri bakanı Blinken'ın Çin ile ilişkilerin “gerektiğinde rekabetçi, gerektiğinde işbirlikçi, gerektiğinde düşmanca” olacağı açıklaması (9) iklim diplomasisinin anlamını daha net ortaya koymaktadır. Zira ekonomik rekabetin yanında Tayvan konusunun sürekli sıcak tutulması ve Çin'in “Tek Çin” ilkesinden ödün vermeyen kararlı tutumu ile iki ülke ilişkileri gittikçe gerilmektedir. Bu çerçevede 1979 yılında başlayan diplomatik ilişkilerin, henüz bir Soğuk Savaş olarak nitelendirilemeyecek boyutta olsa da, en düşük seviyede olduğu söylenebilir. Nitekim Çin dışişleri bakanı Wang Yi, 22 Ekim 2022'de Asia Society'nin New York'taki merkezinde yaptığı konuşmada iki ülke arasındaki rekabetin yanlış değerlendirilmesi ve ABD yönetiminin son birkaç yılda Çin'i çevreleme politikasını teşvik eden hamlelerinin dünyayı yeni bir soğuk savaşa sürükleme riski olduğunu ve bunun dünya halklarının geleceği için belirsizlik doğurduğunu ifade etmiştir (10).

Özellikle 2015 yılında Obama-Cinping arasındaki iklim görüşmeleri ve imzalanan ikili anlaşmalar ile normalleşme yoluna giren ilişkilerin, Trump döneminde ekonomik, Biden döneminde jeopolitik krizler yaşaması sonucu iklim diplomasisinde de kopma noktasına gelmesi kaçınılmaz olmuştur. Maalesef ki gri bölge stratejisinde Çin tarafından ilk etapta vazgeçilen veya koz olarak kullanılan konu iklim değişikliği müzakereleri olmuştur.

3. İklim Müzakerelerini Terk Etmek

Susskind'e göre küresel müzakereler bilimsel araştırmalar kadar önemlidir. Nitekim müzakerecilerin kültürel, ideolojik ve politik farklılıkları onların konuya yaklaşımlarını etkilemektedir (11). Esasen iklim diplomasisi içinde bilimsel temeller konunun özünü oluşturması gerekirken ulusal egemenlik, ekonomi ve uluslararası çıkarlar ülkelerin politik duruşlarını belirlemektedir. 1972 yılında Stockholm'de düzenlenen BM İnsan Çevresi Konferansı'nı iklim değişikliği müzakerelerinin başlangıcı olarak kabul edersek, 2022 yılına kadarki süreçte başarılı anlaşmaların yanında ABD ve Çin gibi küresel güçlerin zaman zaman engelleyici konumda oldukları görülebilir.

İklim değışikliği müzakerelerinde devletlerin politikalarındaki dalgalanmalar konunun iç veya dış politik etkenler ışığında ele alındığının bir işaretidir. Hükümetlerden bağımsız uluslararası bir iklim rejiminin henüz oluşturulamamış olması da bunu doğrulamaktadır. Zira böyle bir rejimin oluşması için çok taraflı bir iş birliğinin yanında ulusal çıkarlardan taviz verilmesi de gerekmektedir. İşte bu noktada iklim müzakerelerinden çekilen veya zorlaştıran devletlerin davranışları anlam kazanmaktadır. Müzakere sürecinde bazen devletler arasındaki farklı meselelerin sürece dâhil olduğu görülebilir. Son dönemde yaşanan Rusya-Ukrayna savaşı ve ABD-Çin arasındaki Tayvan sorunu, ulusal ve uluslararası çıkarların kimi zaman bilimsel gerçeklerin önüne geçtiğinin kanıtıdır.

3. 1. Tayvan ve İklim Diplomasisinin Geleceği

Çin'in "Tek Çin" politikasının önemli bir parçası olan Tayvan, resmi statüsü net olmayan bir adalar bütünüdür. Bu kafa karıştııcı durumu anlamak için Tayvan'ın tarihine bakmak yerinde olacaktır.

Bugün 166 adadan oluşan Tayvan 1600'lerde Hollanda kontrolünderken 1683'ten 1895'e kadar Çin'e aitti. Çin-Japon savaşından sonra Japonya kontrolüne geçen Tayvan 2. Dünya Savaşı'nın sonunda ABD ve İngiltere'nin onayıyla tekrar Çin'e bağlandı. Çin'de yaşanan iç savaş sonrası Tayvan'da sürgünde bulunan Çan Kay Şek'in kurduğu hükümet 1970'lere kadar Batı tarafından resmen tanınan ve hatta BMGK'de tüm Çin'i temsil eden bir konumdaydı. Fakat 1970'lerde Taipei hükümetinin Çin anakarasındaki milyonlarca kişiyi temsil etmesinin gerçek dışı olduğu anlaşıldı. 1971'de BM, Pekin'i resmen tanıdıktan sonra Tayvan hükümeti saf dışı kaldı. 1979'da Çin ile ABD arasında diplomatik ilişkilerin başlaması ile de Tayvan'ı tanıyan ülke sayısı hızla azaldı. Günümüzde sadece 14 ülke Tayvan'ı, yani Çin Cumhuriyeti'ni, resmen tanımaktadır. Fakat Tayvan'ın kendi anayasası, meclisi ve ordusu bulunmaktadır (12). Her ne kadar 1991 yılında Çin ile Tayvan arasındaki savaş durumu sona ermiş ve ekonomik ilişkiler zaman içinde ilerlemiş olsa da, Tayvan halkının ve yöneticilerinin bağımsızlık iddiası son bulmadığı için Çin nezdinde Tayvan "en nihayetinde anakaraya katılacak (13) ayrılıkçı bir bölge" olarak görülmektedir.

Sorunlu politik ilişkilerine rağmen Çin ile Tayvan arasındaki ekonomik ilişkilerin artarak devam etmesi dikkat çekicidir. Bu ekonomik ilişki farklı perspektiflerden değerlendirilmektedir. Kimilerine göre Çin, ekonomik olarak Tayvan'ı kendisine bağımlı hale getirmiştir ve Tayvan'ın ekonomik refahı Çin'e bağlıdır (14). Kimilerine göre ise ekonomik ilişkilerin yanında Tayvan'ın Çin için önemli bir pazar olması ve yatırımları Çin'in Tayvan'a saldırmamasının önündeki en önemli engeldir. Bu ince çizgide ABD'nin Çin ile olan rekabeti denklemini

daha karmaşık hale getirmektedir. ABD uzun yıllardır Tayvan konusunda Çin'in ne yanında ne de tam karşısında konumlanmakta ve muğlak bir strateji izlemektedir. Fakat 2 Ağustos 2022'de ABD Temsilciler Meclisi Başkanı Nancy Pelosi'nin Asya turu kapsamında Tayvan'ı ziyaret etmesi çok yönlü bir kriz yaratmıştır.

Asya turu programında olmamasına rağmen Pelosi'nin Tayvan'ı ziyaret etmesinin muhtemel olduğu iddiaları üzerine Çin güçlü bir muhalefet ve lobi çalışması yürütmeye başlamıştır. ABD heyetinin Tayvan'a yaklaşması halinde uçağı düşürme tehdidine varan söylemlere rağmen Pelosi 2 Ağustos 2022'de söz konusu ziyareti gerçekleştirerek 25 yıl sonra Tayvan'a giden ilk ABD Temsilciler Meclisi Başkanı olmuştur (15). Tayvan ziyaretinin iki ülke ilişkilerindeki gerginliği tırmandırma potansiyeli sebebiyle tüm dünya bu ziyareti yakından takip etmiştir. Pekin'in "Tek Çin" politikasına alenen bir karşı çıkış olarak yorumlanan bu program dışı ziyaret sonrası Çin, Tayvan çevresinde gerçek mermilerin kullanıldığı ve adeta kuşatma hazırlığı olarak yorumlanan askeri bir tatbikat başlatmış ve 5 Ağustos'ta ABD'ye yönelik sekiz başlıktan oluşan karşı önlemleri açıklamıştır. Buna göre yasa dışı göç, uluslararası suçlar ve uyuşturucuyla mücadele ile askeri ve donanma iletişim mekanizması durdurulmuştur (16). Ayrıca ABD-Çin ilişkilerinin en istisnai ve yumuşak yüzü olan iklim görüşmelerinin askıya alınması da bu karşı önlemlerden biridir. Çin'in iklim görüşmeleri ile ilgili kararının kapsamı net olmasa da ABD'ye karşı önlem paketinin içinde yer alması konunun politize edilmesini beraberinde getirmiştir. Nitekim Çin Dışişleri Bakanlığı sözcüsü Wang Wenbin, Çin'in aldığı karşı önlemleri "meşru ve haklı tepkiler" olarak nitelendirirken iklim görüşmelerinin askıya alınması kararının tüm sorumluluğunun ABD'de olduğunu ifade etmiştir. Aynı konuşmasında Wang'ın, Çin'in iklim değişikliği konusunda uluslararası ve çok taraflı işbirliğine devam edeceği mesajını vermesi (17) müzakere sürecinin iki ülke arasında küresel liderlik rekabetinin yeni ve farklı bir koluna dönüştüğünün göstergesi olarak yorumlanabilir.

Özellikle Obama döneminde iklim değişikliği ile mücadelede ABD'nin stratejik bir ortağı haline gelen, Trump döneminde iklim değişikliği müzakerelerinde liderlik rolü oynayan, Biden döneminde de müzakerelerdeki liderlik rolünü pekiştirmeye çalışan Çin'in iklim görüşmelerini askıya alması kararı tüm dünyada şaşkınlık ve endişe yaratmıştır. Zira Çin, son dönemde iklim değişikliği ile mücadele konusunda ciddi adımlar atmıştır. Temiz enerji yatırımlarında büyük atılım yaparak kömüre bağımlılığını azaltmayı hedefleyen Çin, 2030'a kadar karbon emisyonunda en üst seviyeye ulaşp 2060'a kadar karbon nötr olma taahhüdünde bulunmuştur. Dünyanın en fazla karbon emisyonundan sorumlu ülkesi olan Çin'in iklim değişikliği ile mücadeleden geri durması sırf bu sebeple bile ciddi bir meseledir.

Çin'in ABD ile iklim değişikliği görüşmelerini askıya aldığını açıklamasının ardından ABD iklim elçisi John Kerry verdiği bir röportajda, Şi Cinping'i iklim diplomasisini sürdürmeye davet ederek Kasım 2022'de Mısır'da yapılacak COP 27 öncesi "iki ülkenin yeniden bir araya gelebileceğini umut ettiğini" ifade etmiştir. Kerry, iklim değişikliğinin diğer sorunların gölgesinde kalarak 'kesintiye uğramaması gereken bir alan' (18) olduğunu belirtmiştir. Buna karşılık olarak Çin Dışişleri Bakanlığı yaptığı yazılı açıklamada, Washington ile iklim müzakerelerine tekrar başlamanın, Pelosi'nin ziyaretinin olumsuz izlerini silmek için ABD'nin neler yapacağına bağlı olduğu ifade edilmiştir. Bu açıklamanın Massachusetts Senatörü Ed Markey, Indiana Valisi Eric J. Holcomb, Tennessee Senatörü Marsha Blackburn ve son olarak Arizona Valisi Doug Ducey'in (19) ziyaretleri sonrasında denk gelmiş olması da manidardır.

Öte yandan 18 Eylül'de Joe Biden'in CBS'e verdiği röportajda ABD'nin hala Tek Çin politikasına bağlı olduğu, bağımsızlık için Tayvan'ı teşvik etmedikleri ama bağımsızlığın Tayvan halkının kararı olduğu ve Tayvan'ın olası bir Çin müdahalesine karşı ABD tarafından savunulacağı açıklaması yeni bir kriz yaratacak boyuttadır. Zira "Ukrayna'nın aksine ABD Tayvan'ı savunacak mı?" (20) sorusunun iki kere sorularak Biden tarafından olumlu cevaplanması dikkate değerdir. Pekin'in beklediği "Pelosi'nin ziyaretinin olumsuz izlerini silecek" sözlerin bunlar olmadığı kesindir. Tayvan yönetimi Washington'a bu sözleri üzerine teşekkür ederken Pekin, ABD'yi diplomatik yollarla protesto ettiğini açıklamıştır (21).

Bu ortamda iklim değişikliği müzakereleri sürecinin bilimsellikten uzaklaşarak politik yönünün ağır bastığı söylenebilir. Pekin'in beklediği olumlu adımların ABD tarafından atılmadığı sürece tekrar iş birliğine yaklaşmayacağı açıklaması iklim aktivistleri ve kamuoyu nezdinde hayal kırıklığı yaratmıştır. Zira bu iki ülkenin "business as usual" olarak ifade edilebilecek eski üretim ve tüketim sistemlerine dönmeleri, iklim değişikliği konusunda onlarca yıllık kazanımları hızla sıfırlayabilir. Müzakerelerin geleceği açısından ABD ve Çin'in aynı masada ve işbirliği içinde olmaları son derece önemlidir.

4. Sonuç

İklim değişikliği sorunu inkâr edilemez boyutlara ulaşmış, "yarının problemi" olmaktan günümüz gerçekliğine dönmüştür. Hemen hemen her gün konu ile ilgili bir haber karşımıza çıkmaktadır. Bireysel çabalar ile küresel sonuçlar alınmayacağına göre lider devletlerin vatandaşlarına ve tüm dünyaya karşı ağır ve acil bir sorumluluğu vardır. Bu sebeple iklim değişikliği müzakerelerin-

de ana aktör olan Çin ve ABD'nin işbirliğinin devamı tüm müzakere sürecinin en önemli noktasıdır. Fakat ne yazık ki Tayvan krizi sonrası Çin tarafından açıklanan karşı önlemler listesinde ABD ile iklim görüşmelerinin askıya alınması müzakere sürecinin ciddi şekilde sekteye uğraması riskini ortaya çıkarmıştır.

İklim değişikliği gibi bir konunun politize edilmesinin pek dikkate alınmayan bir yönü de çevresel adalettir. Zengin ülkelerin yoksul ülkelere söz verdikleri maddi destekler hala tam olarak karşılanmamaktadır. Paris Anlaşması ile gündeme gelen 'kayıp ve zarar' mekanizmalarına uygun olarak fon sağlamadıkları ve konunun gündeme gelmesini engelledikleri için ABD ve AB sıkça eleştirilmektedir. Özellikle COP 27'ye hazırlık süreci olarak görülen ve haziran ayında düzenlenen Bonn İklim Değişikliği Konferansı'nda zengin ülkeler 'ihanetle' suçlanmıştır (22). Zira 2021'de Glasgow'da düzenlenen COP 26'da gelişmekte olan ülkeler maddi desteğe paralel olarak karbon emisyonu azaltımı taahhüdünde bulunmuşsa da özellikle ABD söz konusu desteği henüz tam olarak sağlamamıştır. COP 27 öncesi yaşanan bu durum birlik havasına zarar verebilir. Kayıp ve zarar mekanizması üzerinde tartışılması sürecinde G77'yi de temsil eden Çin'in masada aktif olarak yer almış olması bu kararın önemini göstermektedir. Müzakere sürecinde Çin'in ABD ile olan farklı sorunlarından dolayı geri planda kalması, denge unsuru olarak rol oynamaması, zengin ülkeler olarak ifade edilen ülkelerin gelişmekte olan ülkelerin taleplerini gündem dışında tutma çabalarına destek olacaktır. Çevresel adalet için de Çin'in ABD ile iklim değişikliği müzakerelerinde iş birliği içinde olmasına ihtiyaç vardır. Küçük bir ada ülkesi olan Tuvalu'nun sular altında kalma tehlikesine dikkat çekmek için COP 26 sırasında denizde açıklama yapan Tuvalu Dışişleri Bakanı Simon Kofe'nin "*Dünya barışını sağlama ve iklim değişikliği konusunda ciddiye, iyi veya kötü insanlar diye bir şey yok... Gemide Çin'e ve ABD'ye ihtiyacımız var.*" (23) sözleri Pekin ve Washington'ın iklim müzakerelerindeki iş birliğinin önemini anlatması bakımından önemlidir.

Stephen Hawking "*insanların yaşadıkları gezegeni yok edecek teknolojiye sahip olsalar da ondan kaçacak ve üstünde yaşayacak başka bir gezegen bulacak teknolojiye sahip olmadıklarına göre, onu korumaları gerektiğini*" söylemiştir. Bu sebeple Çin ve ABD'nin uluslararası sistemi etkileme potansiyellerini geleceğimiz için birlikte kullanacakları "yeşil" bir senaryo tüm dünya için en iyisi olacaktır.

Kaynakça

1. Art, Henry Warren. The Dictionary Of Ecology And Environmental Science. New York : Holt Paperbacks; 1995.
2. Kaplan, Robert. The Coming Anarchy: Shattering the Dreams of the Post Cold War. New York : Random House; 2000.
3. Nordhaus, William. İklim Kumarı- Isınan Dünyada Risk, Belirsizlik ve İktisat. İstanbul : Doğan Kitap; 2020.
4. Climate Change 2001: Synthesis report. Summary for Policymakers, An Assesment of IPCC. IPCC. New York : The Press Syndicate Of The University Of Cambridge; 2001.
5. IPCC Özel Raporu ve COP24: Hükümetlerin İklim İmtihanında Zorlu Süreç. (2018, 8 Ekim) İklim Haber. <https://www.iklimhaber.org> Erişim Tarihi: 17 Eylül 2022
6. Eckstein, D., Künzel, V., Schäfer, L. ve Wings, M. (2019). Global Climate Risk Index-2020:Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Münih: Germanwatch. <https://www.germanwatch.org> Erişim Tarihi: 7 Kasım 2020
7. Akın, Ahmet. Gri Bölgede Gri Bölge Stratejisi, Taktikleri ve Harekatları. (2022, 21 Temmuz) Stratejik Araştırma Merkezi. <https://www.stratejikanalizmerkezi.com> Erişim Tarihi: 25 Eylül 2022
8. Işık, Mithat. Gri Bölge Savaşı. (2020, 13 Mart) Stratejik Düşünce Enstitüsü. <https://www.sde.org.tr> Erişim Tarihi: 25 Eylül 2022
9. Sun, Yun. China not buying Biden's 'compartmentalized' cooperation. (2021, 16 Aralık) Asia Times. <https://asiatimes.com> Erişim Tarihi: 16 Eylül 2022
10. Ministry of Foreign Affairs of the People's Republic of China. Wang Yi Delivers a Speech at Asia Society. (2022, 23 Eylül) Ministry of Foreign Affairs of the People's Republic of China. <https://www.fmprc.gov.cn> Erişim Tarihi: 26 Eylül 2022
11. Susskind, Lawrence. Environmental Diplomacy- Negotiating More Effective Global Agreements. New York, Oxford : Oxford University Press; 1994
12. BBC. 5 soruda Çin-Tayvan gerilimi. (2022, 3 Ağustos) BBC. <https://www.bbc.com/turkce> Erişim Tarihi: 26 Eylül 2022
13. Maizland, Lindsay. Why China-Taiwan Relations Are So Tense. (2022, 3 Ağustos) Council of Foreign Reations. <https://www.cfr.org> Erişim Tarihi: 26 Eylül 2022
14. Lee, Roy C. Taiwan's China dependency is a double-edged sword. (2021, 6 Temmuz) East Asia Forum. <https://www.eastasiaforum.org> Erişim Tarihi: 28 Eylül 2022
15. Aytekin, Emre. Çin, Tayvan çevresinde başlattığı askeri tatbikatları sürdürdüğünü bildirdi. (2022, 8 Ağustos) Anadolu Ajansı. <https://www.aa.com.tr> Erişim Tarihi: 28 Eylül 2022
16. Kwan, Rhoda. China halts military, climate ties with U.S. and sanctions Pelosi in fury over Taiwan visit. (2022, 5 Ağustos) CNBC. <https://www.cnbc.com> Erişim Tarihi: 28 Eylül 2022
17. Lotus News. Çin Dışişleri Bakanlığı Sözcüsü: ABD, iklim değişikliği görüşmelerinin askıya alınmasının sonuçlarını üstlenmeli. (2022, 10 Ağustos) Lotus News. <https://www.ajanslotus.com> Erişim Tarihi: 28 Eylül 2022

18. İklim Haber. ABD İklim Elçisi Kerry Çin'i İklim İşbirliğini Sürdürmeye Çağırıldı. (2022, 1 Eylül) İklim Haber. <https://www.iklimhaber.org> Erişim Tarihi: 28 Eylül 2022
19. Tesnim. Çin, ABD ile Müzakerelere Yeniden Başlama Şartlarını Açıkladı. (2022, 1 Eylül) Tesnim Haber Ajansı. <https://www.tasnimnews.com> Erişim Tarihi: 28 Eylül 2022
20. Biden, Joe. [röp.] Scott Pelley. 60 Minutes. Washington : CBS; 18 Eylül 2022.
21. Sözcü. Tayvan gerilimi tırmanıyor! Çin'den ABD'ye uyarı. (2022, 19 Eylül) Sözcü. <https://www.sozcu.com.tr> Erişim Tarihi: 28 Eylül 2022
22. McGrath, Matt. Climate change: Bonn talks end in acrimony over compensation. (2022, 16 Haziran) BBC. <https://www.bbc.com> Erişim Tarihi: 28 Eylül 2022
23. ABC News. Tuvalu's foreign minister Simon Kofe gives COP26 speech knee-deep in the sea to show nation on frontline of climate crisis. (2021, 10 Kasım) ABC News . <https://www.abc.net.au> Erişim Tarihi: 29 Eylül 2022

Bibliometric Analysis of the Articles Which Did On Environmental Health

*¹Gülay Cennet ÖZSARI, ² Sevil ÖZCAN

*¹Aydın Provincial Directorate of Health, The Unit of Public Health Services, Türkiye

² Aydın Adnan Menderes University, Health Science Institute, Environmental Health Department, Türkiye

Extended Abstract

Introduction: The frequent occurrence of situations that arise due to environmental problems and threaten public health and even life on earth on a global scale has led to the emergence of new disciplines and research areas in the world of science [3]. The branches of science that examine environmental problems such as the environment and environmental health, which are more on the agenda in the millennium are existing among these are. For this reason, there are articles, books, etc. publications on research from various aspects in many different disciplines from health to engineering, from education to economy. Toxic exposure and disease, environmental epidemiology, drinking water pollution indicators, soil pollution, health effects of air pollution, environmental disasters, diseases related to environmental pollution, environmental health measures in disasters, swimming pools, spa hygiene, food pollution and prevention, mouse and rat control, cemeteries, green buildings, irrigation of landscapes with rain harvesting, environmental economy, road traffic noise and disturbance, plastics and environmental health, social determinants of health, etc. some of these are [1].

By bibliometric methods, it is possible to determine a certain field, country, language, the topics studied, cooperation between authors who focus on these topics, and with the study topics that were low or intense interest, while also making comparisons between institutions or schools [4].

Key words: *environmental health, bibliometric analysis, science network map, Web of science. VOSviewer*

Objective: In this study, it was aimed that to bibliometric analysis the articles published in the Web of Science (WoS) database in the field of Environmental Health.

Materials and Methods: A search was carried out on the WoS database search page with the term “Environmental Health” on 11.01.2022. It was analyzed that are 1175 articles when limited to in English and Turkish languages, open Access and journal articles Table 1). All data of these articles were downloaded as text files and analyzed bibliometrically on the VOSviewer program.

Results: As a result of the analyzes, it was determined that the first article in the field of environmental health in WoS was published in 1991, the most articles were published in 2020 (figure 1), and researchs were carried out in 64 different disciplines. A significant part of these published articles (n=469) are in the field of Public, Environmental and Occupational Health. In terms of preparing and citing publications in the field of environmental health, Harvard University and the United States were determined as the countries and academic units with the strongest network. It was determined that the number of articles published by researchers in Turkey was n=12 (1.02%), and Istanbul University was the institution that received the most citations (n=439).

Table 1. Limitation criteria in the research and the status of the article included in the research.

Limitations	Remaining Article (n)
Total article number	3314
Full text open access	1656
Research article published in periodicals	1331
In English or Turkish	1207
Presented at conferences were excluded	1185
Books were excluded	1182
Inded by SSCI, SCI and E-SCI	1180
Elimination of duplicate articles	1175

It was determined that the researcher who published the most articles in the field of environmental health was Angela Mathee (n=17), and the articles published especially after 2010 were prepared by 6 or more researchers.

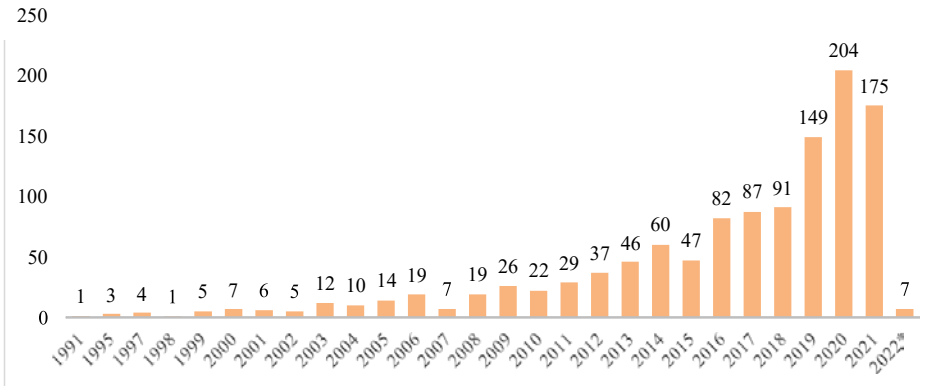


Figure 1. The number of articles containing the keyword “Environmental Health” by years. *The data for only the first 11 days of 2022.

Conclusion and Suggestions

It is noteworthy that the highest number of articles were published in 2020 (n=204), when the COVID-19 pandemic was intense. In order to draw attention to the increasing environmental problems and to develop solutions, it can be said that the scientists in our country should carry out researches on an international scale to fill the existing gaps in this field.

Bibliometric Analysis of the Articles Which Did On Environmental Health

Özet

Bu çalışmada Çevre Sağlığı alanında, Web of Science (WoS) veritabanında yayınlanmış makalelerin bibliyometrik olarak analizi amaçlanmıştır. WoS veri tabanı arama sayfasında “Environmental Health” terimi ile 11.01.2022 tarihinde tarama gerçekleştirilmiştir. Arama sonucu 3314 çalışma listelenmiştir. Açık erişimli, İngilizce ve Türkçe dillerinde yayınlanmış, dergi makaleleri şeklinde sınırlandırıldığında 1175 makale kalmıştır. Bu 1175 makalenin tüm verileri text dosyası olarak indirilerek VOSviewer programı üzerinde bibliyometrik analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda WoS’ta çevre sağlığı alanında ilk makalenin 1991 yılında yayınlandığı, en fazla makalenin 2020 yılında yayınlanmış olduğu ve 64 farklı disiplinde araştırma gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Çevre sağlığı alanında yayın hazırlama, yayınlara atıf alma bakımından Harvard Üniversitesi ve Amerika Birleşik Devletleri en güçlü ağa sahip ülke ve akademik birimler olarak belirlenmiştir. Türkiye’deki araştırmacılar tarafından yayınlanan makale sayısının $n=12$ (%1,02), İstanbul Üniversitesi’nin de en fazla atıf ($n=439$) alan kurum olduğu saptanmıştır. Çevre sağlığı alanında en fazla makale yayınlamış araştırmacının Angela Mathee ($n=17$) olduğu, özellikle 2010 yılından sonra yayınlanmış olan makalelerin 6 ve üstü sayıda araştırmacı tarafından hazırlandığı saptanmıştır. COVID- 19 pandemisinin yoğun olduğu 2020 yılında en fazla sayıda ($n=204$) makalenin yayınlanmış olması dikkat çekicidir.

Abstract

In this study, it was aimed to analyze bibliometrically the articles published in the Web of Science (WoS) database in the field of Environmental Health. A search was carried out on the WoS database search page with the term “Environmental Health” on 11.01.2022. Listed 3314 study at result of the searching. These studies were limited to in English and Turkish languages, Open Access and Journal Article features. The result of this limitation left 1175 articles, and all of data these articles were downloaded as text files and analyzed bibliometrically on the VOSviewer program. As a result of the analyzes, it was determined that the first article in the field of environmental health in WoS was published in 1991, the most articles were published in 2020, and researchs were carried out in 64 different disciplines. In terms of preparing and citing publications in the field of environmental health, Harvard University and the United States were determined as the countries and academic units with the strongest network. It was determined that the number of articles published by researchers in Turkey was $n=12$ (1.02%), and Istanbul University was the institution that received the most citations ($n=439$). It was determined that the researcher who published the most articles in the field of environmental health was Angela Mathee ($n=17$), and the articles published especially after 2010 were prepared by 6 or more researchers. It is noteworthy that the highest number of articles were published in 2020 ($n=204$), when the COVID-19 pandemic was intense.

1. Giriş

Çevre sağlığı canlı yaşamının olduğu her alanla ilişkili disiplinler arası bir bilim dalıdır. Fen, mühendislik, ekonomi, eğitim hatta hukuk gibi birbirinden çok farklı disiplinler çevre sağlığı konusunda kendi alanlarıyla ilişki konuları inceler ve çeşitli önerilerde bulunur. Bu nedenle çevre sağlığı alanında mevcut çalışma sayısı özellikle son on yılda çok hızlı artmıştır. Bu artışta çevresel sorunların gün geçtikçe çeşitlilik ve yoğunluk bakımından artışına bağlı konunun öneminin, ciddiyetinin bilim camiası tarafından dile getirilmesi farkına varılması da önem taşımaktadır. Çevre ve sağlık ilişkisi, çevre ve enerji, ekosistemler ve sağlık, çevresel etkilenim, toksik etkilenim ve hastalık, çevre epidemiyolojisi, çevresel hastalık yükü, çevre sağlığı göstergeleri, biyoizler, tehlike, risk ve risk değerlendirmesi, özel risk değerlendirmeleri, su, içme suyu kirlilik göstergeleri, içme suyunda kirleticiler, kuyular, terk edilmiş kuyuların kapatılması, içme suyu arıtma, evsel su arıtma aygıtları, içme suyu dezenfeksiyonu, sulardan örnek alma, su savurganlığını azaltmaya yönelik uygulamalar, su kesintilerinde alınması gereken halk sağlığı önlemleri, insan fizyolojik atıkları, sıhhi tesisat, kentsel atık su arıtımı, yerinde atık su arıtımı, arıtım balçığı, toprak kirliliği, katı atıklar, geri dönüşüm, cam atıklar, tehlikeli atıklar, tehlikeli atık yönetimi, atık piller, plastikler, hastane çevre sağlığı, taşocakları ve çevre, hava kirliliğinin sağlık etkileri, açık hava kirliliği, asit

yağmurları, küresel değişiklikler, ozon tabakasının zayıflaması, küresel ısınma ve iklim değişikliği, sıcaklık, yapı-içi kirliliği, konut sağlığı, nem ve küf, kent çevre ve sağlık, görüntü kirliliği, gürültü, aydınlatma, iyonlaştıran radyasyon, radon, yoğunlaştırmayan radyasyon, radyo frekans ve mikrodalga radyasyon, lazer ışınları, çevre afetleri, çevre kirliliğine bağlı hastalıklar, çocuk ve çevre, okul çevre sağlığı, yaşlı ve çevre, afetlerde çevre sağlığı önlemleri, su baskınlarında alınacak toplumsal ve bireysel önlemler, turizm ve çevre, spor ve çevre, yüzme havuzları, kaplıca hijyeni, plaj, mesire hijyen ve güvenlik, kişisel hijyen, tıp dışı deri girişimlerinde hijyen, bazı tüketici ürünlerinde bulunan kimyasallar, besin kirliliği ve önlenmesi, balık çiftlikleri ve çevre, tarım, çevre ve çevre sağlığı, meyve ve sebze hijyeni, istenmeyen canlıların kontrolü, fare ve sıçan kontrolü, gayri sıhhi müesseseler, mezarlıklar, ölü defin ve nakil işlemleri, kalkınma planlarında çevre sağlığı, çevre sağlığı ve etik, çevre adaleti, çevre mevzuatında görev yetki ve sorumluluklar [1] başlıklarının tamamı çevre sağlığı ile doğrudan yada dolaylı ilişki içerisinde olması; çevre sağlığı alanının ne kadar geniş kapsamlı ve küresel boyutta bir bilim dalı olduğunu göstermektedir.

Bilim camiasında, fizik, kimya, biyoloji gibi fen bilimleri alanlarında sıklıkla sayısal verilere dayalı, nicel araştırma yöntemleri kullanılırken; sosyal bilimlerde nitel ve nicel yöntemler tek tek veya birlikte kullanılabilir. Bireylerin, toplumun, konunun veya olayların özelliklerini tanımlamak amacıyla tamamlayıcı, betimleyici ya da durum saptayıcı araştırmalar gerçekleştirilir [2]. Bilimsel yayın sayısının artmasına bağlı bunların farklı metodlarla derlenerek düzenlenmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır ve 19. Yüzyılın sonlarında yayın ve bilgiyi ölçmeye yönelik istatistiksel incelemelerde farklı uygulamalar araştırılmaya başlanılmıştır [3]. Bilimsel ilerlemeyi amaçlayan toplumların, literatürü doğru analiz ederek girişimlerde bulunması gerekir. Bilimsel çalışmaların konusu, yazarı, en sık atıf yapılan yazar, en sık atıf yapılan kaynak ve en üretken kurumlar gibi farklı verilerin nicel olarak incelenmesi ile ortaya çıkan sonuçlarla, araştırma yapılan disipline ait genel görüntünün ortaya çıkarılmasını bibliyometri ile sağlanmaktadır. Bibliyometrik yöntemlerle belirli bir alan, ülke, dil, çalışılan konu başlıkları, bu konulara yoğunlaşan yazarlar ile yazarlar arası işbirliği, ilginin az veya yoğun olduğu çalışma konu başlıkları belirlenebilmesi sağlanırken aynı zamanda, kurumlar arası ya da ekoller arasında karşılaştırma yapılmasına da olanak sağlamaktadır [4]. Detaylı kaynak taramasında temel amaç yapılacak araştırma ile ilgili pek çok ana ve yardımcı kaynağa ulaşmaktır. Ayrıca, sıklık analizleriyle önemli kaynakların nerede olduğu, bunlara nasıl ulaşılabileceği gibi durumların belirlenmesi de detaylı kaynak taramasıyla gerçekleştirilebilecek araştırma türlerindedir. Belge tarama/inceleme olarak da bilinen doküman analiz yöntemlerinin en bilinenleri meta-analiz ve bibliyometri yöntemlerinde var olan kayıt ve belgeler incelenerek veri elde edilir. Bibliyometrik araştırmalar bilimsel yayınların kaynakçalarında bulunan kaynakların ayrıntılı olarak incelendiği araştırmalardır [5]. Bibliyometri çeşitleri; 1. Atıf Analizi, 2. Bibliyografik Eşleştirme ve 3. Ortak Atıf Analizi şeklindedir.

Doküman analizi, belli bir amaca yönelik kaynakları bulma, okuma, inceleme ve değerlendirme işlemlerini kapsamaktadır [6]. Doküman analizini basılı ve elektronik (internet erişimli, bilgisayar tabanlı) materyallerin incelenerek, değerlendirilmesi sürecinde gerçekleştirilen bir dizi işlem şeklinde tanımlamıştır [7]. Elektronik ortamda gerçekleştirilen alan yazın taraması işlemlerinde konu katalogları, arama motorları ve sanal kütüphanelerden faydalanılır.

Literatür araştırması yapabilmek için de kullanılan bibliyometri, yenilikçi bir yöntem olup en büyük faydası, belirli bir alanda yapılan, fazla sayıda bilimsel yayını analiz ederek, alandaki tüm araştırmaların genel özelliklerini görselleştirerek ortaya çıkarabilmektedir [8]. Uluslararası atıf indekslerinde taranan yayın sayısı, ülkelerin bilim ve teknolojiye katkılarının önemli göstergelerinden biridir.

Bu analizlerin yapılması bilimsel performansın değerlendirilmesini ve kıyaslanmasını sağlamaktadır [9]. Bu çalışmada da çevre sağlığı özelinde küresel ve bölgesel ölçekte günümüzde ve gelecekte, insan hayatının yanı sıra ekolojik dengeleri de etkileyebilecek pek çok sorunu kapsayan çevre sağlığı alanında yapılmış ve WoS veri tabanında “çevre sağlığı” alanında yayımlanmış araştırma makalelerinin mevcut durumunun belirlenmesi çalışmamızın temelini oluşturmaktadır.

Bu amaçla WoS’ta yayımlanmış makaleler “Environmental Health” anahtar kelimesi ile taranarak; yayınların dili, yazarlar ve bağlı oldukları kurumların, makalelerin yayınlandığı yıllara bağlı konuya olan ilginin artış veya azalışı gibi faktörler tespit edilmeye çalışılmıştır. Konuyla ilgili küresel düzeyde ve Türkiye’de WoS’tan, açık erişimli ve tam metin araştırma makalelerin belirlenen kriterler ile bibliyometrik analizi ve ağ haritaları oluşturularak değerlendirilmiştir. Ayrıca araştırma konusu olan Çevre sağlığı alanında yayınlanmış makalelerin kronolojik olarak nasıl bir gelişim gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır. State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın kapsamını mümkün olduğunca geniş tutmak amacıyla, en uygun ve geniş kapsamlı anahtar kelime olarak “Çevre Sağlığı” kullanılarak herhangi bir zaman sınırlaması uygulanmadan 11 Ocak 2022 tarihinden önce Web of Science’ta yayımlanmış ve araştırmanın anahtar sözcüğü içeren tüm makaleler dâhil edilmiştir.

Bu çalışmada “Hibrit - Melez” veriler kullanılmıştır. Şöyle ki, araştırmacının hedeflediği araştırmanın amacına uygun topladığı birincil veri, başka araştırmacılar tarafından bir araya getirilenler ise ikincil verilerdir. Birincil ve ikincil verilerin bir araya getirilerek kullanılması Hibrit ya da Melez olarak tanımlanmıştır [10]. Bu çalışmanın ikincil verilerini de çalışmaya konu olan makaleler oluşturmaktadır.

Bu amaçla izlenen adımlar: 11 Ocak 2022 tarihinde Web of Science’ta arama satırına “çevre sağlığı” teriminin İngilizce karşılığı olan “environmental health” yazılarak tarama yapılmıştır. İlk tarama sonucu 1991 yılından bu yana toplam 3314 çalışma olduğu saptanmıştır.

Tablo 1. Araştırmadaki sınırlılık kriterleri ve buna bağlı araştırmaya dahil edilen makale durumu.

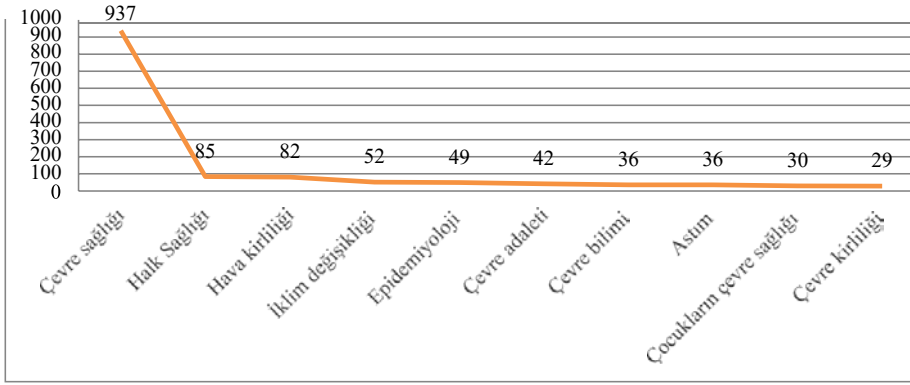
Sınırlılık kriterleri	Kalan Makale (n)
Toplam makale sayısı	3314
Tam metin açık erişimli olanlar	1656
Sürelî yayınlarda yayınlanmış olan araştırma makalesi (articles)	1331
İngilizce veya Türkçe dillerinden birinde yazılmış olma	1207
Konferanslarda sunulmuş olanlar çıkartıldığında	1185
Kitaplar çıkartıldığında	1182
SSCI, SCI ve E-SCI gibi bilimsel indeksler tarafından tarananlar	1180
Birden fazla tekrar eden makalelerin elenmesi	1175

Araştırmamın sınırlılıkları uygulanarak sonuçlar daraltılmıştır ve çalışmanın örneklemini belirlenmiştir. Yazar, editör, kategori, üniversite veya kuruluş, yayımcı kuruluş ve desteklenip/desteklenmeme durumu gibi kriterler konusunda sınırlandırma yapılmamıştır. En son kalan 1175 araştırma makalesinin tüm künyesi düz metin belgeleri içinde en sade ve kullanışlı dosya biçimlerinden biri olan text formatında (txt) indirilmiştir. Üç parça halinde indirilen text dosyaları, VOSviewer programında çevrimiçi, haritalama yöntemiyle bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiş ve online hareketli haritalar oluşturulmuştur. Makaleyi okuyanların bu haritaları ayrıntılı inceleyebilmeleri amacıyla uygulama yardımıyla orijinal haritalara erişebilecekleri karekodlar şekillerin altında verilmiştir. Bu text dosyaları yayın dili, anahtar kelimeler, kategori, yayın yılı, kurum/kuruluş, yazar ve makale sayıları ile atıf alma durumları yönünden analiz edilmek amacıyla “excel” dosyalarına dönüştürülmüştür.

VOSviewer programı aracılığıyla analize tabii tutulan verilerden; 11 temel haritayı VOSviewer programının otomatik aldığı eşikler üzerinde değişikliğe gidilmeden yoğunluk ve ağ haritaları oluşturulup ekran görüntüleri kaydedilmiştir.

3. Sonuç ve Tartışma

En Sık Kullanılan Anahtar Kelimeler: Web of Science’ta 11.01.2022 tarihinde “çevre sağlığı” anahtar kelimesi ile yapılan tarama sonucu ulaşılan 1175 makalenin “anahtar kelimeler” bölümünde kullanılmış terim sayısı 3658 olarak saptanmıştır. Bunların içinde en sık kullanılan ilk 10 anahtar kelimeye ait görsel şekil 1’de verilmiştir. Çalışmaya dâhil edilen 1175 makaleden 937’sinde “çevre sağlığı” anahtar kelimesi kullanıldığı 238 (%20.2)’de ise bulunmadığı saptanmıştır. Bu durum yapılan bu çalışmaların direkt olarak çevre sağlığı alanıyla ilgili olamayıp, makale içinde konuya vurgu yapılmasından dolayı veri tabanında bu alana dâhil edilmiş olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 1. En sık kullanılan ilk on anahtar kelime ve bunların kullanım sıklıkları.

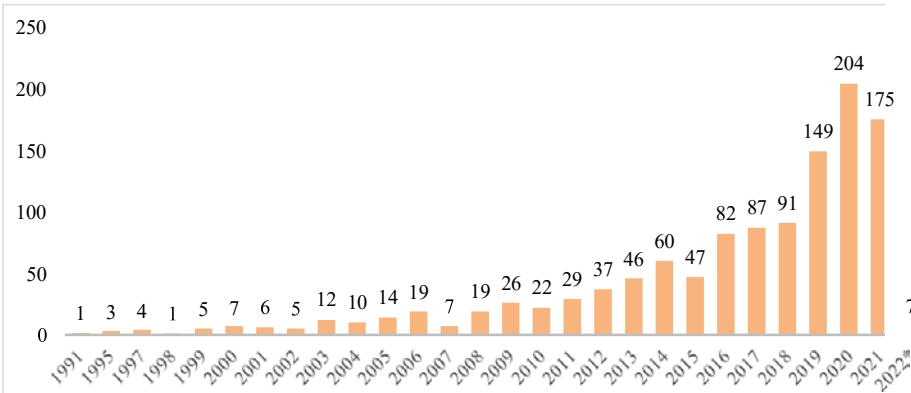
Tablo 2. Makalelerin yayımlandıkları alanlar ve bilim dalları

Bilim Dalları	Alanlar	N (%)	Toplam N (%)		
Sağlık Bilimleri	Beslenme ve Diyetetik, Hemşirelik	42 (12.3)	343 (29.2)		
	Birinci Basamak Sağlık Hizmeti, Kadın Hastalıkları ve Doğum, Kalp ve Kardiyovasküler Sistemler, İmmünoloji, Gastroenteroloji ve Hepatoloji, Dermatoloji, Bulaşıcı Hastalıklar, Onkoloji, Pediatri, Psikiyatri, Solunum Sistemi, Toksikoloji,	178 (51.9)			
	Biyokimya, Biyomedikal	15 (4.4)			
	Dış Hekimliği, Ağız Cerrahisi ve Tıp	3 (0.9)			
	Farmakoloji ve Eczacılık, Tropik İlaç	18 (5.2)			
	Genetik ve Kalıtım, Mikrobiyoloji, Fizyoloji	31 (9.0)			
	Sağlık Bilimleri ve Hizmetleri, Sağlık Politikası ve Hizmetleri, Tıp Bilişimi	56 (16.3)			
	Sosyal Bilimler	Beşeri Bilimler, Multidisipliner, Sosyal Bilimler, Sosyoloji, İletişim, Yönetim, Ekonomi, İş, Finans,		23 (31.5)	73 (6.2)
		Bilgi Bilimi ve Kütüphane Bilimi		1 (1.4)	
		Bilim Tarihi ve Felsefesi, Etik,		8 (10.9)	
Bölge ve Şehir Planlama, Coğrafya, Meteoroloji ve Atmosfer Bilimleri, Oşinografi		41 (56.2)			
Mühendislik	İnşaat ve Yapı Teknolojisi, Mühendislik	14 (35.0)	40 (3.4)		
	Nanobilim ve Nanoteknoloji	3 (7.5)			
	Yeşil ve Sürdürülebilir Bilim ve Teknoloji	23 (57.5)			
Çevre Bilimleri	Alan Çalışmaları	1 (0.2)	573 (48.7)		
	Çevre Bilimleri, Çevre Çalışmaları, Ekoloji	80 (14.0)			
	Enerji ve Yakıtlar	3 (0.5)			
	Halk, Çevre ve İş Sağlığı	469 (81.8)			
	Su Kaynakları	20 (3.5)			
Fen Bilimleri	Biyoloji, Deniz ve Tatlı Su Biyolojisi, Entomoloji, Üreme Biyolojisi	25 (59.5)	42 (3.6)		
	Kimya	6 (14.3)			
	İstatistik ve Olasılık, Matematik	11 (26.2)			
Tarım ve Hayvancılık Bilimleri			8 (0.7)		
	Eğitim		12 (1.0)		
Spor Bilimleri			2 (0.2)		
Multidisipliner Bilimler			82 (7.0)		
Toplam			1175 (100)		

Yayın Dilleri: WoS'ta çalışmaya dahil edilme kriterlerinden biride yayın dillerinin İngilizce ve Türkçe olmasıydı. Buna göre 1175 çalışmadan bir tanesi Türkçe, 1174'ünün İngilizce olduğu saptanmıştır. Yapılan yayın sayısının özellikle Rusya gibi ülkelerde son derece az olmasının (n=9) sebebinin daha çok kendi dillerinde hazırlanmış olmasından kaynaklandığı, dil sınırlaması getirilmeden çalışılması durumunda daha farklı verilere ulaşılabileceği kanısındayız.

Makalelerin Bilim Dalları ve Alan Kategorileri: Çalışmaya dahil edilen 1175 makalenin WoS'taki alan kategorileri incelendiğinde 64 farklı alan karşımıza çıkmıştır ve ilgili alanlar gruplandırılarak 9 temel bilim dalına indirgenerek tablo 2 de verilmiştir. Veriler incelendiğinde “Halk, çevre ve iş sağlığı” alanındaki makale sayısının en fazla olduğu 469 (%39,9) görülmüştür (tablo 2). Yapılan benzer bibliyometrik çalışmalarda da en yoğun araştırılan alanın halk, çevre ve iş sağlığı alanları olduğunu rapor edilmiştir [11]. Ancak toplam makale sayıları bilim dallarına göre değerlendirildiğinde en fazla makalenin çevre ile ilgili bilim dallarında (n=573, %48,7) yayınlandığı saptanmıştır.

Makalelerin Yıllara Bağlı Dağılımı: WoS'ta çevre sağlığı terimini içeren ilk makalenin 1991 yılında yayımlandığı, 2000 yılından itibaren 2009'a kadar olan ikinci 10 yıllık dilimde konuya ilginin biraz daha arttığı ve sürekli artan bir grafik izlediği görülmektedir (şekil 2). En fazla makalenin COVID-19 pandemisinin yoğun yaşandığı 2020 yılında (n=204) yapılmış olması dikkati çekmiştir. Benzer şekilde Medline'da dergiler incelenmiş, 1976-1990 arası 15 yıllık dönemde genel tıp dergilerinin sayılarında artış olduğu ve bu durumun petrol kriziyle ilgili olabileceği rapor edilmiştir [12].



Şekil 2. Yıllara göre “Çevre Sağlığı” anahtar kelimesini içeren makale sayısı.

*2022 yılının sadece ilk 11 gününe ait verilerdir.

Yıllara bağlı makale sayısı ve dağılımları Türkiye özelinde incelendiğinde, toplam 12 makalenin olduğu, ilk makalenin 2009 yılında yayınlandığı, en fazla makalenin ise 2019 yılında yayınlandığı (n=5) görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde ülkemizde yılda sadece bir makalenin WoS gibi önemli bir bilimsel platformda yer alabildiği söylenebilir.

Yıl	N (%)
2019	5 (41,6)
2021	2 (16,6)
2009, 2017, 2018, 2020 ve 2022*	1 (8,3)
Toplam	12 (100)

Tablo 3. Türk yazarların katkılarıyla hazırlanan makalelerin yıllara bağlı dağılımı.

Kurum/Kuruluşlara Göre Makale Sayısı: Çevre sağlığı alanında 1991 yılından günümüze kadar yapılmış olan çalışmalara ait 1175 makalenin, 2029 farklı kurum/kuruluşta görev yapan araştırmacılar tarafından hazırlandığı saptanmıştır. Bu alanda çalışma yapan araştırmacıların görev yaptığı kurumlar incelendiğinde büyük çoğunluğunu üniversitelerin oluşturduğu ve 35 makale ile Harvard Üniversitesinin ilk sırada yer aldığı görülmektedir (tablo 4).

Türkiye'deki farklı kurumlarda görev yapan araştırmacılar tarafından yayınlanmış toplam makale sayısı ise 12'dir ve bu makale sayısı ile ilk on sıralamasında bulunmadığından tabloda yer almamaktadır.

Sıra No	Kurum/Kuruluş	N
1.	Harvard University	35
2.	California Berkeley University, North Carolina University	33
3.	CDC (CTR Dis Control ve Prevent)	31
4.	Washington University	30
5.	Emory University	29
6.	Columbia University, Johannesburg University	25
7.	Harvard Th Chan School Public Health, South African Medical Research Council	24
8.	California San Francisco University	23
9.	EPA (Enviromental Protection Agency)	22
10.	Boston University, Duke University, Witwatersrand University	20

Tablo 4. En fğazla makale yayınlamış olan ilk on kurum/kuruluş ve makale sayıları.

WoS'ta Yayınlanmış Makalelere Yapılan Atıf Sayıları ve Bunların Kurum/Kuruluşlar Bazında Dağılımları: Makalelere yapılan atıflar incelendiğinde, en fazla makaleye sahip olan Harvard Üniversitesi'nin makale sayısına paralel şekilde, 35 makalesine 2231 atıf aldığı görülmektedir (tablo 5). Bu konuda Türkiye'deki kurum/kuruluşların durumu değerlendirildiğinde, İstanbul Üniversitesi'nde görev yapan araştırmacılar tarafından çevre sağlığı alanında WoS'ta yayınlanan çalışmalar 439 atıf sayısı ile 21. sırada yer almaktadır ve çalışmalarının küresel boyutta dikkat çektiği söylenebilir.

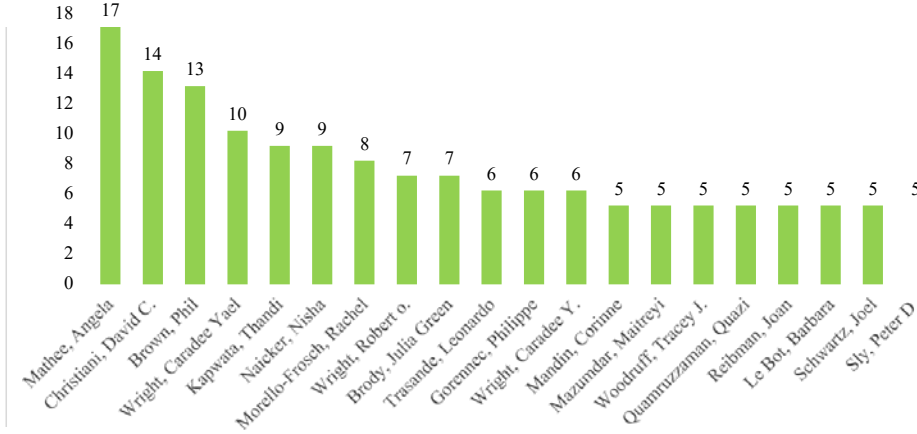
Sıra No	Kurum/Kuruluş	N
1.	Harvard University	2231
2.	Kuzey Carolina University	1952
3.	Minnesota University	1416
4.	California Berkeley University	1062
5.	CDC (CTR Dis Control and Prevent)	967
6.	Columbia University	863
7.	EPA (Enviromental Protection Agency)	861
8.	California San Francisco University	774
9.	Mount Sinai School Medicine	670
10.	Washington University	627

Tablo 5. WoS'ta yayınlanmış çalışmalarına en yüksek atıf yapılmış ilk on kurum/kuruluşlar ve atıf sayıları.

Çevre sağlığı alanında Türkiye'de üretilen makaleler ile bunlara yapılan atıflar ayrıca incelendiğinde 17'si üniversitelerde görev yapan araştırmacılar tarafından hazırlanmış olan toplam 18 farklı kurum tarafından üretilmiş 23 makalenin olduğu ve bunların toplam 502 atıf aldığı belirlenmiştir (tablo 6). En fazla atıf alan kurum/kuruluş multidisipliner ve çok uluslu makale yayınlamış olan İstanbul Üniversitesi (n=439) ilk sırada yer almaktadır.

Kuruluşlar	Makale (n)	Atıf (n)
İstanbul Üniversitesi (İÜ)	2	439
Manisa Celal Bayar Üniversitesi (MCBÜ)	3	23
Çukurova Üniversitesi (ÇU), Marmara Üniversitesi (MÜ)	2	16
İzmir Ekonomi Üniversitesi (İEÜ)	1	4
Düzce Üniversitesi (DÜ)	1	3
Altınbaş Üniversitesi (Altınbas)	1	1
Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ), Artvin Çoruh Üniversitesi(AÇÜ), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ), Ege Üniversitesi (EÜ), Gazi Üniversitesi (Gazi), Kayseri Şehir Hastanesi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi (KİYÜ), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi (MSKÜ), Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi (ÖHÜ), Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (RTEÜ), Yalova Üniversitesi (YÜ)	1	0
Toplam	23	502

Tablo 6. Türkiye'deki kurum/kuruluşlar ve aldıkları atıf sayıları.



Şekil 3. Çevre sağlığı konusunda, beş ve üzeri sayıda makaleye sahip yazarlar ve makale sayılarına göre sıralamaları.

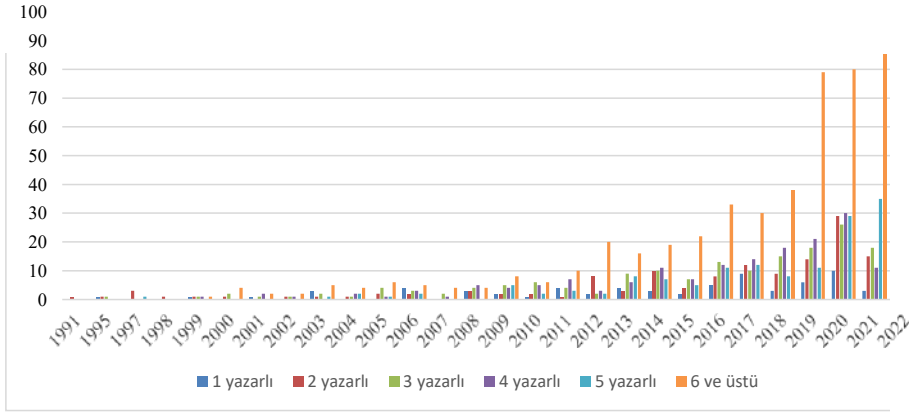
Makalelere Katkı Sağlayan Yazarlar: Çevre sağlığı anahtar kelimesini içeren ve araştırmaya dâhil edilmiş olan 1175 makalenin hazırlanmasına katkı sağlayan toplam yazar sayısı 6082 olarak saptanmıştır. Bu yazarlar WoS veri tabanında bibliyometrik olarak değerlendirilirken beş ve üzeri sayıda makalede ismi bulunanlar şeklinde sınırlandırılarak analiz gerçekleştirilmiş ve bu kriteruygun 20 yazara ulaşılmıştır. Angela Mathee 17 makale ile çevre sağlığı alanında en fazla çalışmaya sahip yazar olarak saptanmıştır (şekil 3). Türkiye’de hazırlanmış olan makaleler incelendiğinde, Abdi Atılğan ve Hüseyin Peker’in ikişer makalede yazar olarak bulunduğu saptanmıştır (tablo 7).

Araştırmacı (n)	Araştırmacı, Adı, Soyadı	Makale (n)
2	Abdi Atılğan, Hüseyin Peker	2
27	Arzu Aslan, Arzu Yorgancıoğlu, Burcu Mestav, Cevdet Özdemir, Dicle Kargın, Ebru İnal, Emine Erman Kara, Ertan Kara, Faten A. Mustafa, Fatih Balcı, Ferit Kargın, Hakan Çetinkaya, Haluk Ertan, Hasan Göksel Özdelek, Hatice Ulusoy, Hazal Sağ Varkal, Hikmet Yeter Çoğun, Hüseyin Tan, Meryem Yavuz Van Giersberge, Muhittin Kulak, Musa Atar, Nur Hanife Orak, Oğuz Bayat, Özden Gökdemir, Özge Temiz, Tuzun Aytekin, Yelda Candan Dönmez	1

Tablo 7. Türkiye’de Çevre sağlığı konusunda, makale hazırlamış yazarlar ve bunların makale sayıları.

Makalelerin Ortak Yazarlık Durumları: Çevre sağlığı anahtar kelimesini içeren makalelerde bulunan yazar sayıları ve bunların yıllara bağlı değişimi şekil 4’de verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde 1991 yılında ilk yayınlanan makalenin iki yazarlı olduğu, 1995 yılında üç yazarlı, 1997’de beş yazarlı

ve 1999'da ilk defa altı ve üzeri sayıda araştırmacı tarafından hazırlanan makale olduğu görülmektedir. Ayrıca çok yazarlı makale sayısında 2009 dan itibaren dikkat çekici bir artış söz konusudur (şekil 4).



Şekil 4. Çevre sağlığı alanındaki makalelerin hazırlanmasına katkı sağlayan yazar sayısı ve yıllara bağlı dağılımı.

Çevre sağlığı alanında, çalışmaya dahil edilen makaleler arasında 2021 yılında yayınlanan ve 93 araştırmacının adının yer aldığı makale en fazla bilim insanının katılımıyla hazırlanmış olduğu saptanmıştır. Bu bulgular, bilim dünyasında gün geçtikçe multidisipliner çalışmalara yönelindiğine ilişkin sonuçlardır.

Türkiye’de çevre sağlığı alanında yayınlanmış olan 12 makalenin hazırlanmasına katkı sağlayan yazar sayılarına ait bilgiler tablo 8’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde yurt dışındaki çalışmalardakine paralel bir durumun söz konusu olduğu görülmektedir.

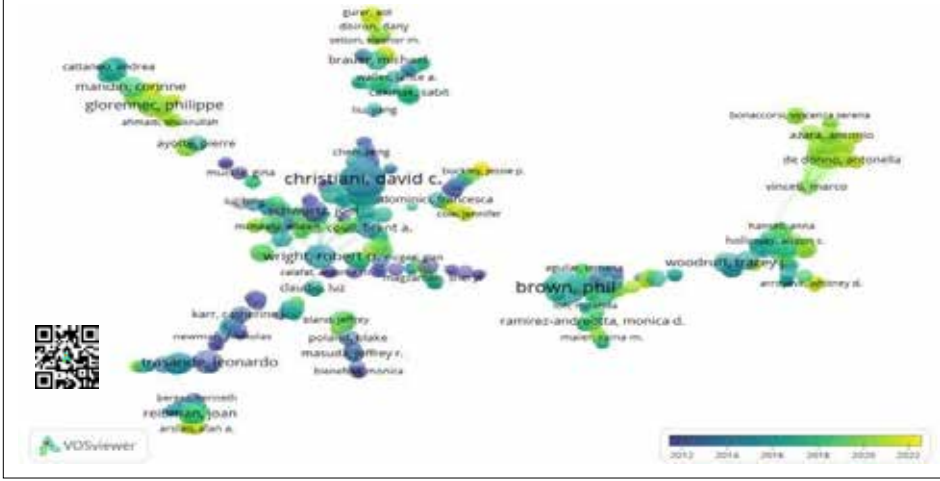
Yazar Sayısı	Makale N (%)
İki yazarlı	3 (25)
Üç yazarlı	3 (25)
Dört yazarlı	1 (8,3)
Beş yazarlı	1 (8,3)
Altı ve üzeri	4 (33,4)
Toplam	12 (100)

Tablo 8. Çevre sağlığı alanında Türkiye’de hazırlanan makalelerin yazar sayıları dağılımları.

Bibliyometrik Ağ Haritaları

Çevre sağlığı alanında üretilmiş makalelerde herhangi bir sınırlamaya gidilmemiştir ve ismi bir defa geçse bile çalışmaya dâhil edilmiştir. Buna göre toplam

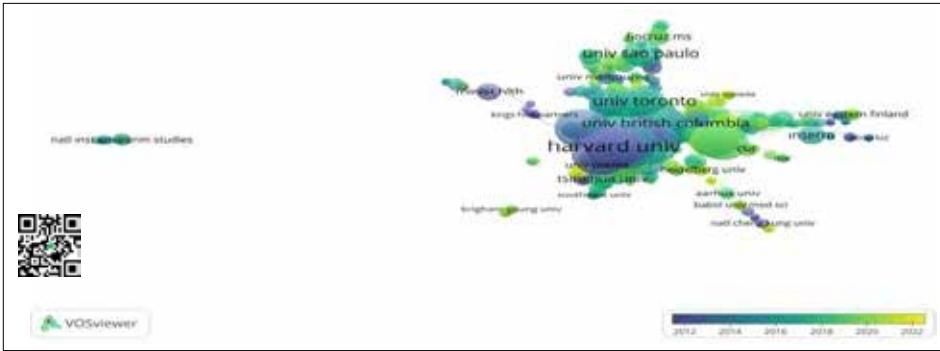
yazar sayısı 6082 olarak saptanmıştır. Bu yazarlara ait bağlantı haritası oluşturulduğunda 832 yazarın birbiriyle bağlantılı olduğu ve harita incelendiğinde David C. Christiani ve Phil Brown en güçlü ağı sahip yazarlar olarak karşımıza çıkmaktadır (şekil 5).



(İstenmesi halinde şekillerin yanındaki kare kodlar okutulurak online ağ haritalarına ulaşılabilir.)

Şekil 5. Çevre Sağlığı alanında makale hazırlamış yazarların yıllara bağlı bibliyometrik ağ haritası.

Çevre sağlığı anahtar kelimesini içeren makalelerin hazırlanmasına katkıda bulunan araştırmacıların görev yaptığı kurum/kuruluşlar da herhangi bir sınırlandırma yapılmadan analize dâhil edildiğinde 2029 kurum/kuruluş olduğu saptanmıştır. Bu kurumlara ait bağlantı haritası oluşturulduğunda 1583'ünün birbiri ile bağlantılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu kuruluşların birbirleriyle olan bağlantılarını gösteren ait ağ haritası şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Yazarların görev yaptığı kurumlara ait ağ haritası ve yıllara bağlı değişimi.

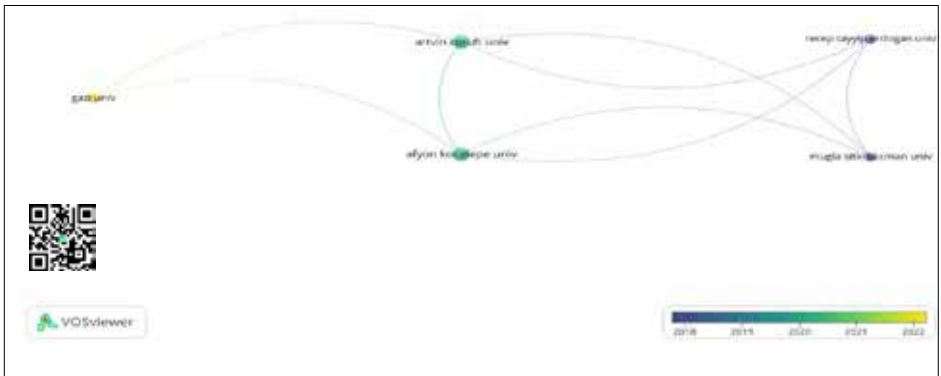
Harita incelendiğinde genellikle 2012 yılında Harvard Üniversitesi ile CDC, 2018’de Toronto Üniversitesinde, 2020’de ise Johannesburg Üniversiteleri en güçlü ağa sahip kurumlar olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 7. Türkiye’de, çevre sağlığı alanında makalesi olan kurumlara ait ağ haritası ve yıllara bağlı değişimi

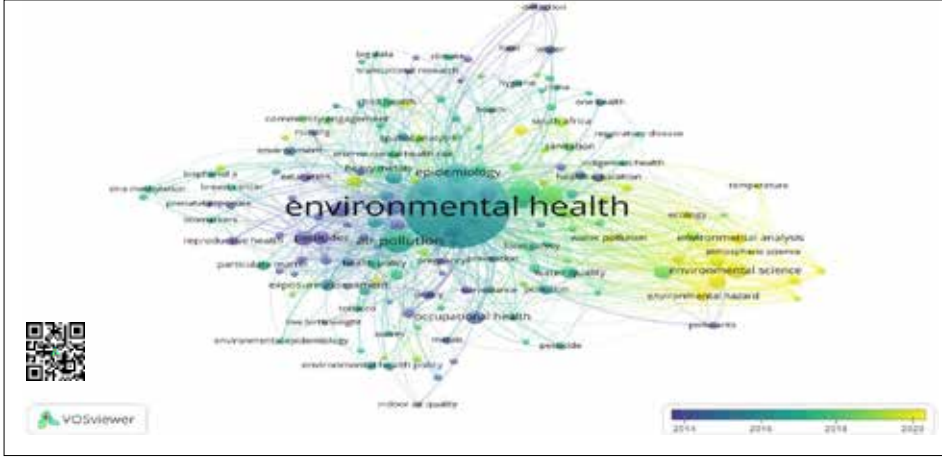
Türkiye’de çevre sağlığı alanında WoS’ta makalesi yayımlanmış olan araştırmacıların görev yaptıkları kurum/kuruluşlar sayı sınırı konulmadan tüm makaleler dâhil edildiğinde 20 kurum olduğu ve bunların tamamının üniversite olduğu saptanmıştır (şekil 7). Harita incelendiğinde 2018’de İstanbul Üniversitesi en güçlü bağlantıya sahipken, 2021 yılında İzmir Ekonomi Üniversitesinin daha güçlü bağlantılara sahip olduğu izlenmektedir.

Türkiye de ortak yazarlı makale hazırlamış olan üniversitelere ait ağ haritası oluşturulduğunda beşinin birbiri ile bağlantılı olduğu görülmüştür (şekil 8). Harita incelendiğinde 2018’de Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi ile Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesinin, Afyon Kocatepe Üniversitesinin 2020’de ile Artvin Çoruh Üniversitesiyle, 2022 yılında Gazi Üniversitesiyle ortak yayın hazırladığı görülmektedir.



Şekil 8. Türkiye’de ortak yazarlı makale üreten beş kurum/kuruluşa ait ağ haritası.

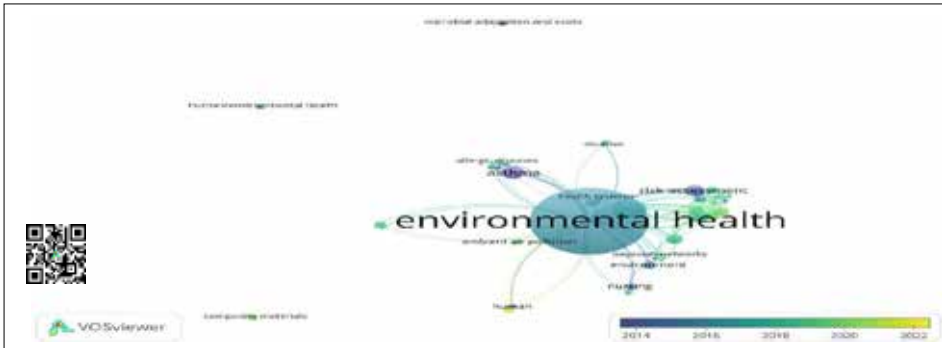
Çalışmaya dahil edilen makalelerde kullanılan anahtar kelimeler incelendiğinde toplam 3659 anahtar kelime kullanıldığı belirlenmiştir. Bu kelimeler içinde beş ve üzeri sayıda tekrarlananlar şeklinde sınırlandırıldığında 172 anahtar kelimeye ulaşılmıştır. Bu anahtar kelimelere ait ağ haritası şekil 9’de verilmiştir. Harita incelendiğinde en sık kullanılan “environmental health” (çevre sağlığı) terimi en güçlü ağa sahip anahtar kelime olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 9. İncelenen makalelerde beş ve üzeri tekrarlanan anahtar kelimeler ve onlara ait ağ haritası.

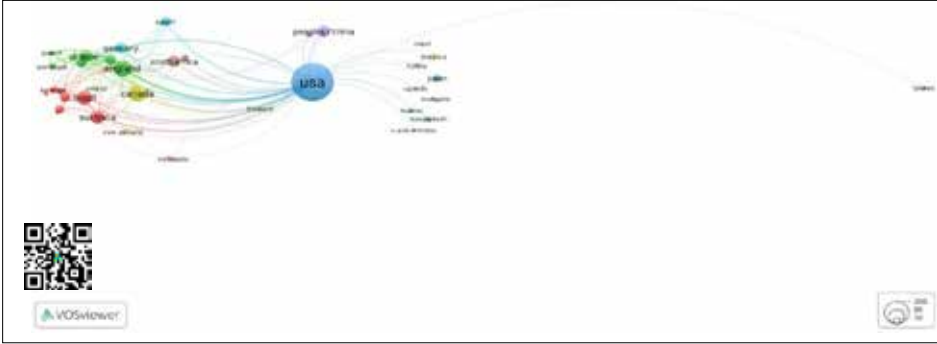
Bu anahtar kelimelerin yıllara bağlı değişimi incelendiğinde, “environmental science”, “atmospheric science” ve “environmental hazard” gibi terimlerin öne çıkmaya başladığı dikkati çekmektedir.

Çevre sağlığı alanında, Türkiye’de görev yapan araştırmacılar tarafından hazırlanan 12 makalede kullanılan anahtar kelimeler ayrıca analiz edildiğinde 64 terim olduğu, bu anahtar kelimelere ait ağ haritası incelendiğinde benzer şekilde en güçlü ağa sahip terimin çevre sağlığı olduğu gözlenmiştir (şekil 10).



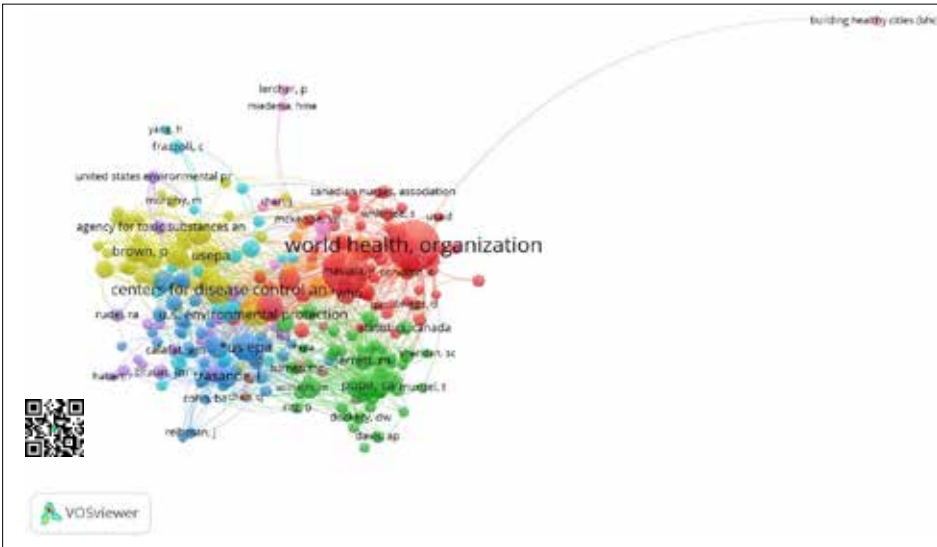
Şekil 10. Türkiye’de görev yapan yazarların hazırladığı makalelerde kullanılan anahtar kelimelere ait ağ haritası ve yıllara bağlı değişimi.

Çevre sağlığı alanında yayınlanmış makalesi bulunan 100 farklı ülkeye ait bağlantı haritası oluşturulduğunda 46 ülkenin birbiri ile bağlantılı olduğu görülmüştür. Bu ülkelere ait atıf ağ haritası şekil 11’de verilmiştir. Harita incelendiğinde yine Amerika Birleşik Devletleri en güçlü ağa sahip ülke olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 11. Çevre sağlığı alanında atıf alan makaleleri hazırlayan yazarların görev yaptığı kurum/kuruluşların bulunduğu ülkelere ait ağ haritası.

Çevre sağlığı alanındaki en sık atıf alan yazarlar ve bunların görev yaptığı kurum/kuruluşları analiz edebilmek amacıyla öncelikle yazar sayısı incelenmiş ve 34778 yazara olduğu saptanmıştır. On ve üzeri atıf alan şeklinde sınırlandırılarak ağ haritası oluşturulduğunda 289 yazarın görev yaptığı kurumlara ulaşılmıştır ve bunlara ait ağ haritası şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Çevre sağlığı alanında on ve üzeri sayıda atıf alan yazarların bağlı olduğu kurum/kuruluşlar ve bunlara ait ağ haritası.

Harita incelendiğinde çevre sağlığı alanında üretilen ve en fazla alıntılanan çalışmaların yazarlarının Word Health Organization (WHO, Dünya Sağlık Örgütü)’e bağlı olduğu saptanmıştır (şekil 12).

VOSviewer bir paket program olması ve analizlerin direct olarak WoS’tan indirilmiş dosyalar üzerinde gerçekleştirilmesinden kaynaklı olarak bazı kurum isimleri farklı makalelerde farklı kısaltmalar şeklinde kullanıldığından sistem her birini ayrı bir kurummuş gibi analiz etmektedir. Bu nedenle de aynı kuruma ait birden fazla ağ bağlantısı olduğu ve farklı bir kurummuş gibi görünüp ağ bağlantısı daha zayıf algılanabilmektedir. Örneğin, Amerikan Çevre Koruma Derneği: U.S. Environmental Protection Agency, U.S. EPA, Unated States Environmental Pr., US EPA, EPA gibi çok sayıda farklı kuruluşmuş gibi görünmektedir (şekil 12). Diğer taraftan kurum bilgisi yerine bazı yazarların direkt isimlerinin (Örn: C. Frazzoli, J. Reibman ile P. Lercher gibi) yer aldığı görülmüştür. Bunlar arasında da Brown, P. bireysel olarak en güçlü ağa sahip yazar olarak dikkati çekmektedir (şekil 12).

4. Sonuç

Sonuç olarak, çevre sorunlarının artışına bağlı çevre sağlığı alanine ilginin giderek arttığı, aynı zamanda bu alanda yapılan çalışmaların çok uluslu ve multidisipliner araştırmalar olduğu ve pandemi gibi problemlerin bu tür çalışmalara ilgiyi tetiklediği sonucuma ulaşılmıştır. Bu alanda yapılacak bibliyometrik çalışmalar literatüre katkı sağlayarak, “Şu an neredeyiz?” sorusuna hem yanıt hem de gelecekte yapılacak olan araştırmalar için bir yön gösterici kaynak niteliği taşıyacaktır.

Kaynakça

- [1] Güler, Ç. (2012). Çevre Sağlığı. Çevre ve Ekoloji Bağlantılarıyla. Ankara: Yazıt Yayıncılık.
- [2] Sumbüloğlu, V. Sumbüloğlu, K. (2002) Araştırma Yöntemleri, Ankara: Hatiboğlu Yayınları
- [3] Yılmaz, M. (1999). Kü tü phane ve Bilgibilimi Aç ısından Bibliyometrinin Ö nemi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü , İstanbul.
- [4] Al, U. (2008). Türkiye’nin bilimsel yayın politikası: Atf dizinlerine dayalı bibliyometrik bir yaklaşım. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara
- [5] Al, U., Soydal, İ. (2010). Bilgibilim alanında kendine atf üzerine bir çalışma. Bilgi Dünyası, 11(2), 349-364.

[7] Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative research journal*.

[8] Zhang, S. J., Lyu, P. H., Yan, Y. (2015). Global geographical and scientometric analysis of tourism-themed research. *Scientometrics*, 105(1), 385-401.

[9] Karasözen, B., Bayram, Ö. G., Zan, B. U. (2011). Comparison of WoS and Scopus databases. *Türk Kütüphaneciliği*, 25(2), 238-260.

[10] Kenett, R. S., ve Shmueli, G. (2016). *Information quality: The potential of data and analytics to generate knowledge*. John Wiley Sons.

[11] Rethlefsen, M. L. ve Aldrich, A. M. (2013). Environmental health citation patterns: mapping the literature 2008–2010. *Journal of the Medical Library Association*, 101(1), 47.

[12] Mc Cunney, R. J., Boswell, R., Harzbecker, J. (1992). Environmental health in the journals. *Environmental Research*, 59(1), 114-124.

A look at the Cities' Climate Change Adaptation Action Plans for Türkiye: Challenges and Opportunities

Ece Gizem Çakmak¹, Tuğba Doğan¹, Deniz Sarı¹,
Haldun Karan¹

¹TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze Kocaeli Türkiye

Abstract

IPCC Sixth Assessment Report on Impacts, Adaptation and Vulnerability provides an in-depth assessment of Mediterranean Region where annual mean warming is projected to vary between 0,9 to 5,6°C under different emission scenarios by the end of the century while precipitation will decrease by 4% to 22% in most areas. Cities are hotspots of vulnerability to climate change impacts such as floods, drought and heatwaves, and need to adapt their operations in view of expected climate change impacts. On the other hand, cities are providing a unique ability to address those challenges as near-term measures implemented in urban infrastructure will determine global capacity for emission reductions and adaptation to climate change impacts. Urbanization influences climate change substantially and rapid urbanization may offer a unique potential for the creation of sustainable cities if decision-makers choose the right pathways and measures. Therefore, it is very important to make cities an integral part of the solution while combating climate change.

Cities have significant effects on climate change due to Greenhouse Gas (GHG) emissions occurring within their boundaries. Meanwhile, they contain sensitive structures against the impacts of expected climate change. For this reason, a city action plan for climate change should consider actions both to reduce GHG emissions within the city and to increase the adaptation capacity of the city to climate change. This study discusses the general approach adapted by the local governments, and evaluates adaptation measures. The study addresses economical, political, and social obstacles and opportunities in developing adaptation strategies and implementing adaptation measures. The study gives an example, and discusses in detail the following steps in developing cities' Climate Change Action Plan (CCAP): Determination of in-city GHG emission sources and factors, stakeholders' inclusion, preparation of GHG inventories, assessment of GHG emission reduction scenarios, sectors' vulnerability and risk assessments, identification of adaptation measures for the sectors, and finally preparation of the city climate change action plan.

Key words: *climate change, mitigation, adaptation, risk, vulnerability*

1.Introduction

Climate change, as one of the key challenges that humankind facing within current century, is expected to increase the severity of hazardous phenomena such as heat waves, draughts, heavy precipitation and floods. Cities are estimated to account for 60% of the global greenhouse gases (GHG) emissions and can therefore contribute substantially to the global efforts of mitigating GHG emissions [1]. According to a model based estimate of carbon footprint, there are 7 Turkish cities in a list of top 500 cities worldwide. Istanbul, as the largest city of Türkiye in terms of population, ranks 26th while Ankara follows it on 80th place [2].

In Türkiye, almost 70% of population lives in urban areas and an increase of this figure is expected in near future, which will challenge infrastructures in combination with the climate change related risks. Direct impacts of climate change such as increase in extreme weather events, sea level rise and change in precipitation patterns may result in food distress, water scarcity, poverty and health related concerns. IPCC Sixth Assessment Report on Impacts, Adaptation and Vulnerability classifies risk in urban areas into two categories, i.e. compound and cascading risks, where former implies events that can be initiated via climate hazards and latter occur when an extreme weather condition triggers secondary impacts on several areas such as health conditions of citizens, food security, key infrastructure systems, land-use, immigration [3]. Report also provides an in-depth assessment of Mediterranean Region where annual mean warming is projected to vary between 0,9 to 5,6°C under different emission scenarios by the end of the century while precipitation will decrease by 4% to 22% in most areas. IPCC Sixth Assessment Report on The Physical Science Basis underlines that without the implementation of intense mitigation measures, temperatures will exceed the threshold of 2°C between early 2040s and 2050s [4]. Report also highlights the importance of heatwaves resulting in enhanced urban heat islands and defines three factors that are amplifying the consequences of warming in urban areas, i.e. urban geometry absorbing and storing more heat, human activities providing heat and lack of vegetation and heat absorbing materials. 2021 Adaptation Gap Report prepared by UNEP to provide recent development and progress of global adaptation process in terms of planning, financing, and implementation, underlines that the estimated costs of adaptation could reach 280-500 billion USD per year by 2050 for developing countries while estimated adaptation costs and financing needs will be five to ten times greater than current international adaptation finance flows [5].

Cities are hotspots of vulnerability to climate change impacts such as floods, drought and heatwaves, and need to adapt their operations in view of expected climate change impacts for their regions. The vital importance of cities and their roles in climate change adaptation have already been pointed out by global conventions. Paris Agreement, which mainly aims at limiting global greenhouse gas emissions and keeping global temperature increase below 1,5°C, was prepared at the 21st Conference of the Parties held in 2015 with the participation of 196 countries. The agreement was approved by the Grand National Assembly of Türkiye on October 2021. Although the negotiations for the implementation of the agreement are still ongoing, most of the countries have declared their contribution on reduction of global greenhouse gas emissions and will update their targets on a regular basis. The agreement also requires countries to carry out actions for the protection of GHG sinks and biodiversity and to provide support to the developing countries and the most vulnerable countries in terms of financing, technology transfer and capacity building. The goals of the Paris Agreement can only be realized through coordination in global, regional, national and local levels. Cities provide a unique ability to address those challenges as near-term measures implemented in urban infrastructure will determine global capacity for emission reductions and adaptation to climate change impacts. Urbanization influences climate change substantially and rapid urbanization may offer a unique potential for the creation of sustainable cities if decision-makers choose the right pathways and measures. For this reason, it is very important to make cities an integral part of the solution while combating climate change. The Urban Climate Change Research Network's Second Assessment Report on Climate Change in Cities (ARC3.2), provides a pathway constituting the following five steps; integration of mitigation and adaptation actions, coordination on disaster risk reduction, co-generation of risk information, special focus on vulnerable populations, advanced governance, finance, and knowledge networks. Report also states that cities not following these steps may experience difficulties on realizing their potential in terms of climate change solutions [6].

Several projects have been built upon the importance of cities in the fight against climate change. The Cities and Climate Change Initiative as one of UN-Habitat's programmes on sustainable urbanization and climate change, providing support to cities in addressing the climate challenge by assessing vulnerabilities in a participatory framework, informing urban planning processes, developing climate change plans and strategies, bridging the climate financing gaps, and prioritizing and implementing mitigation and adaptation actions. The Global Covenant of Mayors (GCoM) for Climate and Energy brings together more than 12.000 cities and local governments voluntarily committed to achieve

the goals of the Paris Climate Agreement in building a resilient and low-emission society. As of today, 50 municipalities from Türkiye is part of GCoM and they are required to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan (SE-CAP) outlining the key actions they plan to undertake [7]. Local Governments for Sustainability (ICLEI) is a global network working with more than 2.500 local and regional governments aiming at sustainable urban development, almost 15 municipalities from Türkiye is a member of ICLEI [8]. Türkiye is currently working on a national law on climate change, under which local governments are expected to develop their climate change action plans (CCAP), therefore a guidance is needed for the local authorities on their cycle of CCAP preparation.

2. Climate Change Action Planning for Cities

It is utmost important to develop a common methodology for a robust planning of actions to support local authorities while combatting the impacts of climate change. The SECAPs prepared within the GCoM were evaluated by the European Commission Joint Research Center and the results were reported to provide guidance on plans to be prepared in the following years [9]. On the other hand, there are various studies on the evaluation of local climate action plans prepared on a regional basis [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

There are several initiatives that are established to fill in knowledge gaps on adaptation planning such as EU's Climate-ADAPT, Stockholm Environment Institute's WeADAPT, GIZ's Adaptation Community, World Adaptation Science Programme (WASP), UK Climate Impacts Programme etc. Several tools have been established to help local planning process on climate change adaptation such as; Urban Adaptation Support Tool (UAST) prepared by EEA, Climate-ADAPT and C40, Climate Action for Urban Sustainability (CURB) prepared by World Bank, Toolbox developed within the project "Reconciling Adaptation, Mitigation and Sustainable Development for Cities (RAMSES)", URBANPROOF toolkit developed within the Life project "Climate Proofing Urban Municipalities", Climate-Proof City tools created by ILKKA-project.

Co-benefits of the mitigation and adaptation actions are already evident, as investment to a low-carbon and resilient infrastructure comprise lower costs while providing many benefits. For example, implementation of sustainable transportation modes within the city may help in reducing traffic related concerns and improve local air quality together with the reduction of greenhouse gas emissions, while providing alternative means of transportation to reduce vulnerability of citizens in case of a disaster. Adaptation and Mitigation Interaction

Assessment (AMIA) tool created by C40 aims to assist cities in maximizing synergies between adaptation and mitigation actions.

An evaluation of current local CCAPs in Türkiye have been performed with aim of assessing CCAPs based on several indicators determined under the following themes: development procedure, emission inventory, goal setting, implementation of the plan, monitoring and evaluation. Nine local CCAPs that have been prepared by metropolitan municipalities were evaluated. All of them has prepared an emission inventory for a given base year and emission reduction targets were determined in a much broader term, while in few plans action-based information were provided. Not only many of the plans examined in this study did not cover adaptation to climate change but also they contained limited information on the administrative structure, institutional arrangement and awareness raising in relation to the implementation of the plan. Sea level rise, urban heat islands, decrease in air quality, limited availability of water resources, damage to infrastructure due to extreme weather events and health effects are among the areas that are expected to be highly vulnerable to climate change at the urban scale. In this framework, 4 out of 9 CCAPs have prioritized the following sectors in terms of climate change related risks; public health, land use, forestry, agriculture, biodiversity, infrastructure and water resources management. In all plans, it is stated that vulnerability assessment and risk analysis have been carried out prior to the determination of actions. However, a variety of methodologies has been implemented where in many cases background is not clear. A common methodology needs to be developed to help the local actors and to the other stakeholders that will review the CCAPs (such as policy makers, research institutions).

3. Requirements for a successful CCAP

The first step of the action plans is to define a realistic but ambitious vision that will clearly specify the source of motivation such as “low carbon development”, “climate friendly city” and “sustainability”. For the sake of the implementation and sustainability, multi-participant structure, usually through stakeholder workshops and survey studies must be formed in the process of the CCAP development. Sector experts, experts from different units within local governments, non-governmental organizations, academics and private sector representatives can be defined as stakeholders. The realization periods of the targets determined in the plans should be included in the planning processes as long, medium and short term.

Within the scope of the CCAP, the greenhouse gas inventory must be prepared

for the cities. GHG emissions from all fixed and mobile sources operating within the boundaries of cities are evaluated as Scope 1 and GHG emissions from energy purchased outside the provincial borders are evaluated as Scope 2. Other sources of GHG emissions that occur outside the boundaries of cities due to the activities of cities are evaluated under Scope 3. Inventory studies are carried out for the residential, commercial and institutional buildings, transportation, manufacturing industries, energy production, treatment of waste and agriculture, livestock, forestry and land use. The sectors considered within the scope of the inventory should be evaluated and examined based on how much they represent the city. During the preparation of the inventory, the criteria determined by the Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC) can be taken into consideration. In addition to the methodology used in creation of greenhouse gas emission inventories, the data collection process, data sources and assumptions made in the calculation should be reported in detail in terms of both the continuity of the inventory update process and informing the stakeholders.

Greenhouse gas inventories are a critical first step for CCAP as they are essential to monitor changes in GHG emissions while identifying mitigation opportunities. However, changes in GHG inventories over time cannot reveal the effects of policies or actions as they will not be sufficient to explain the causes of changes in emissions over time. The construction of mitigation scenarios and the assessment of greenhouse gas impacts should be carried out as a complement to developing a GHG inventory. The first step in the process of determining the targets in the action plan is to estimate the change that the city will undergo during the inventory preparation period in the light of socioeconomic indicators. For this purpose, projections of greenhouse gas emissions for a base year should be calculated, taking into account of various factors such as expected changes for the country and social transformations that may occur in the province. In action plans, alternative emission projections can be created taking into account different parameters such as growth rate. There are two main methods used to set GHG emission reduction targets: absolute reduction and reduction compared to the reference scenario [18]. In general, emerging economies set reduction targets according to the reference scenario, taking into account of their growth status. Two methods are generally preferred in action plans for digitizing the reduction targets: determining the sectoral reduction ratios by distributing the total reduction target to the sectors (top-down) and calculating the reduction amount for each action that can be quantified (bottom-up) and specifying these amounts as performance indicators.

It is anticipated that the increase in the frequency and severity of extreme weather events will cause great hazards in the province and pose significant threats to the urban infrastructure. Access to basic resources such as water and food is expected to be restricted as floods, frosts, hail and sea level rise will also affect agriculture. For these reasons, public health, land use, forestry, agriculture, food safety, biodiversity, infrastructure and water resources management should be among the priority areas in climate change adaptation plans prepared for cities. Determining actions to increase the city's capacity to adapt to climate change is important for CCAP. Before determining the actions in the plans, vulnerability assessment and risk analysis studies should be carried out.

Actions determined on a sectoral basis are prioritized with the participation of stakeholders, CCAP include information on the relevant institution/organization, the realization time of the action, performance indicators and estimated costs. Evaluations of the measures set forth in the preparation of CCAP are carried out using methods such as cost analysis and multi-criteria analysis. CCAPs are intended to consist of actions to build capacity building and support management systems, such as the establishment of compliance options and supportive institutional frameworks. The difference in emissions between the mitigation scenarios and the baseline scenario will represent the impact of the policy or action on GHG emission reduction. In addition to evaluating the effects of the policies and actions according to GHG emissions mitigation potential, the broader social, economic, and environmental impacts such as contribution to air quality, public health and job creation are also examined in a general framework.

According to the guidelines published by the European Commission Joint Research Center for the CCAP documents being prepared within the CoM, the CCAP strategy should be formed under three pillars; emissions inventory, climate change risk and vulnerability assessment and finally mitigation and adaptation actions. Within same guide, the basic elements defined in order to create a successful action plan are as follows [19]:

- Formal acceptance of the planning process by the city council (or equivalent decision-making body)
- Clearly setting mitigation and adaptation targets
- Scientific assessment of the local situation (emissions inventory, risk and vulnerability analysis)
- Dealing in detail with the main sectors that profile the city
- Clearly defining the strategies and actions to be completed by 2030
- Mobilization of all relevant units of the municipality
- Involvement of the public and other stakeholders in the process

- Identification of financial resources
- Establishing the framework for monitoring and evaluation of the plan

4. Risk Analyses: Hazards, Exposure, and Vulnerability

Researches on the regards of the impact analyses of climate change in Türkiye mainly follow the “top-down” approach at which climate risks are evaluated based on the results of simulations of regional climate models dynamically downscaled using initial and boundary conditions taking from the global climate model projections, historical records and past events. In order to assess and anticipate climate-related risks, and appraise adaption options, it is imperative to understand the physical aspects of climate change, uncertainties in global climate models and regional impacts. Three methodologies namely “top-down”, “bottom-up”, and “storylines or narratives” are extensively used for risk assessments and adaptation appraisal.

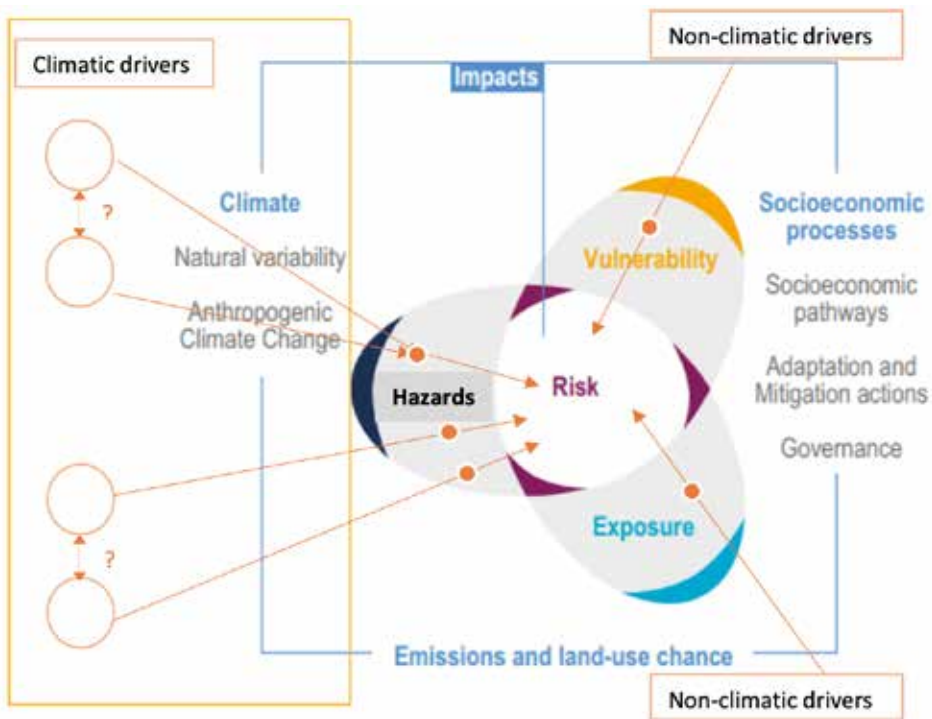


Figure 1. Risk Framework (adapted from Zscheischler et al. [20] and IPCC 2014 WGII AR5 [21]). Multiple climatic drivers cause one or multiple hazards leading to societal and environmental risk. The Climate drivers and/or hazards may be mutually dependent. Non-climatic drivers related to vulnerability and exposure may also contribute to risk

Figure 1 adapted from Zscheischler et al. [20] and IPCC (2014, WGII AR5 [21]) depicts the relationships among the hazard, vulnerability, exposure, and climatic and non-climatic drivers. Exposure, as described by the IPCC, is the presence of people, livelihoods, species ecosystems, environmental functions, services, and resources, infrastructure, or economic, social, or cultural assets in places and settings that could be adversely affected. Vulnerability, on the other hand, is the propensity or predisposition to be adversely affected. Vulnerability encompasses a variety of concepts and elements including sensitivity or susceptibility to harm and lack of capacity to cope and adapt [21]. The term hazard refers to climate-related physical events (e.g., floods, heatwaves, wildfire) or their physical impacts. Therefore, risks are the combination and/or function of hazards (events), vulnerability, and exposure. Climatic drivers including climate and weather processes, variables, and phenomena cause climate-related hazards while non-climatic drivers will have impact on vulnerability, exposure, and risks. Climatic drivers could interact with each other, trigger one another leading to compound or cascading hazards which increase the impact and risks, and make the estimation of events even more difficult due to the complexity of their interaction [20].

In order to evaluate risk assessments and appraise adaptation options for a specific sector, reliable and thorough scientific information with known uncertainties about the impacts of changing climate, and sector's vulnerability as well as exposure to a single or combined impacts of events need to be known as detailed and accurate as possible. For the water sector for instance, The General Directorate of Water Management of the Republic of Türkiye, Ministry of Agriculture and Forestry implemented and studied climate impacts on water resources at basin scale [22]. In that study, climate projections using several RCP scenarios at 10 km spatial resolution were obtained using a regional climate model taking initial and boundary conditions from three different global climate models. The sectorial risk analyses will then be followed based on hydrological modelling scenarios, in-depth analyses of the past events and statistical behavior of the historical meteorological variables, and determining the capacity of the regions' social and economic conditions. The above approach more or less describes the "top-down" methodology. Many studies conducted in worldwide including in Türkiye fall into this category. As Zscheischler et al. [20] argue that the top-down approaches unlikely represent the real risks since they are dependent on climate change scenarios which possess great uncertainties and don't provide the whole spectrum of possible future conditions. In top-down approaches, an individual hazard or an impact has been estimated based on individual or combination of meteorological or climatic drivers, creating doubts on its capability on

predicting impacts associated with multiple interacting drivers or hazards (i.e., cascading or compound events).

The bottom-up approaches as described by Culley et al. [23] are an alternative to the top-down procedure, and have been designed to identify performance thresholds without considerations of climate models' projections. Instead of focusing on how the system performs under scenario-based global model projections, the approach is rather interested in identifying the exposures under which a particular system performs satisfactorily [24]. To implement the approach, climate exposures are generated for a range of plausible changes in climate, including range of changes not projected by the global climate models, and system response is assessed against each climate exposure [25, 26, 27, 28]. The approach takes the system of interest (e.g., river management) to the center, and starts with exploring and understanding the vulnerability or sensitivity of the whole system to the climatic drivers. The bottom-up approach which is used by many sectors to explore system resilience to the climate impacts, especially for the compound events, is more ideal for vulnerability assessments since it focuses on the combined effects of individual drivers and/or hazards that could cause system failure; this in turn results in invaluable information for the assessment of vulnerability analyses.

Frequently observed, low-impact atmospheric phenomena could cause high-impact extreme events if they occur concurrently or at the same time. Thus, understanding the physical aspects of these phenomena (e.g., planetary scale systems like waves, jet streams, large/synoptic scale atmospheric systems like fronts and low-high pressure systems, and mesoscale processes like land-sea interactions and topographical effects) is a critical key for the assessment of reliable risks. It would be useful and very beneficial to take into account of extreme events as being a compound event and study and understand each of its' integral parts (multi-drivers causes). Studies on the hazard projections concentrate on extreme climate computed using spread of univariate quantities like the number of coldest days, magnitudes of heat waves or precipitation. Nevertheless, impacts are, many times, associated with multiple climatic/atmospheric drivers. In addition, studies on the extreme events don't give desirable information about the spatial and temporal resolution in order to make reliable risk assessments. Furthermore, extreme/catastrophic events' occur in the lower end of the probability distributions and may not be quantifiable. Therefore, the climate model projections come with great and unknown uncertainties. These necessities the use of storyline (stories as short for storylines/narratives/storytelling) approaches which have recently been extensively used in

energy and climate change research, and can create a linkage between the physical aspects of climate change and its' human dimension. At the intersection of multiple interpretations, stories can be useful to provide a different perspective and serve as a complementary source of information the the above mentioned approaches. Moezzi et al. [29] provides a different way of explaining stories and explains that stories offer alternative perspectives looking through “lenses” from social sciences, humanities, and practitioners. As stated in the study, stories are used to ‘zoom out’ and see the bigger picture, ‘zoom in’ to better understand micro-dynamics, local scale, and refine models of how things work, ‘zoom through’ by looking what’s behind the surface. The method can help connect diverse stakeholders and create an environment for collaborative and cooperative actions.

5. Suggestions and final comments

Cities are responsible for about 60% GHG emissions globally and therefore, have significant effects on climate change. At the same time, they are hot spots of exposure and vulnerability to the adverse impacts of climate change. Therefore, it is imperative for cities to develop strategic plans and climate actions for both reducing GHG emissions and improving adaptation capacities. The Ministry of Environment, Urbanisation, and Climate Change sets a goal to have CCAPs for thirty metropolitans in Türkiye by the end of 2023.

In order for CCAPs to be successful and actionable, a few criteria are listed below:

1. For a successful and sustainable CCAP, local governments or municipalities should accept their responsibilities and take ownership of prepared CCAPs. The willingness and ambitions of local governments on the issue of climate change are important keys for sustainability. Action plans should be ambitious but have realistic goals, clearly specifying the source of motivation such as “low carbon”, “climate friendly city” and “sustainability”.
2. The CCAPs must follow scientifically established standards and certain international protocols so that they can be monitored and evaluated easily, and compared with other CCAPs.
3. Mitigation targets and adaptation options must be identifiable, applicable, actionable, implementable. The short, medium and long term-realization periods of the targets should be included in the planning process.
4. Capacities, activities, and strategic plans of all relevant sectors such as water, agriculture, industry etc. within the city limits must taken into consideration in preparation of emissions inventories, mitigation and adaptation options.

5. Strategies and actions defined in CCAPs should be aligned with and, even further, should support and contribute to the national climate action plan, national strategies and climate goals.
6. For each mitigation or adaptation action, the main responsible parties or branches within the local governments or municipalities should clearly be identified and determined. The contributing actors such as provincial directorates and stakeholders should also be assigned in CCAPs.
7. Each action defined in CCAPs comprises multiple measures associated or attributed to clearly defined performance criteria. It is essential and a requirement to continuously monitor, update, and improve CCAPs, and therefore, policy consistency and long-term devotion are critical aspects, and consortiums within municipalities are recommended. All relevant branches within the municipalities (e.g., Depts. of the Environment Protection and Control, Transportation, Zoning and Urbanization, and the Climate Change and Zero-Waste) must be fully engaged and contribute to the cause.
8. High engagement of the stakeholders is the key to success. Public awareness on the impacts of climate change is crucial. Therefore, municipalities must keep organizing systematic and effective awareness raising activities on climate change. Local actors such as NGOs, union of chambers, private sectors must be included in planning from the start. It is important for the sake of the implementation and sustainability of the plan to create a multi-participant structure, usually through stakeholder workshops and survey studies. Typical stakeholders for city CCAPs are the sectorial experts, experts from different units within the local government, non-governmental organizations, academicians and private sector representatives.
9. Financial resources and funding mechanisms should be planned ahead, and actions should be prioritized accordingly. To give an example; one of the criteria for the sake of prioritization would be the low-cost and high benefit criterion (e.g., the actions with low-cost, high impact providing co-benefits). Certain funds received from the Central government can be allocated in fulfilling both the main responsibilities of the municipality and climate actions at the same time.

As preparing and implementing mitigation and adaption measures, varying degree of challenges and certain opportunities arise; these difficulties and opportunities appear and manifest themselves differently from nations to nations, and even among cities.

Some of the challenges and opportunities obtained through studies of CCAPs can be listed as the followings;

1. Risk assessments rely on known uncertainties and reliable climate change information. One of the biggest problems is uncertainties in climate model projections, their inability to produce past climate and even seasonal variations. Use of dynamically downscaled “Regional Climate Modelling” approach can provide scenario-based projections for risk assessments, and could reduce uncertainties, improve forecast skills due to higher spatial and temporal resolutions, high resolution of digital elevation mapping and land use / land cover, and better representations of physical aspects of land-sea interaction [30], [31].
2. Lack of financial mechanisms to support developing and underdeveloped countries has vital consequences. This has been one of the key issues since the Paris Agreement which is to establish financing mechanisms both mitigation and adaptation actions. Developing or underdeveloped nations don’t have enough expertise and technological resources.
3. Lack of necessary funding that municipalities need to carry out adaptation actions which can be solved in part by prioritizing co-beneficial actions, low-cost and high-impact choices. For instance, as for adaptation options against flooding, one measure would be to create artificial wetlands, structures to hold water with permeable surfaces. This allow water to infiltrate and reach groundwater reservoir enhancing water resources and biodiversity. As for mitigation actions, implementation of sustainable transportation modes within the city reduces GHG emissions, and at the same time reduces traffic related problems, improves local air quality and public health, creates alternative means of transportation to reduce vulnerability.
4. Lack of institutional capacity and understaffing within local governments and municipalities may result in an inapplicable CCAP. Sharing experience and knowledge between local governments during planning process would increase the consensus on CCAPs and contribute to raising their scope and quality.
5. Economic and political instabilities around the world pose serious threats. Crises due to wars, economic bans, worldwide refugee problems and such will bring additional obstacles to fight against climate change and better climate resilient communities.
6. Limited understanding of risks for adaptation and lack of acceptance of risks are another issue for sustainability reasons. Choosing a right language is important for the public even for politicians to understand the climate and climate change, and its potential impacts. Utilizing conventional and social media coverages are critical to inform the public, and to provide science-base evidence.

7. In some parts of the world, supportive policies, standards, and regulations on the mitigation of and adaptation to climate change don't exist. Especially, underdeveloped countries have understandably different and legitimate priorities such as accessing quality of drinkable water, electricity, nutrition and food safety, and water scarcity and education, and many more.

8. Climate change and its adverse impacts are now recognized and accepted by the public, and it is considered to pose great threats. Majority of people and sectors representatives believe that climate change is real and its adverse impacts will be great. This could leverage climate actions plans, cause more community support, and provide an opportunity to tackle climate related problems; turning obstacles into opportunities.

9. Lack of confidence in measures could play a negative role. Scientific results (science-base evidence) should be translated using clear, understandable, appropriate languages and or mechanisms. Important questions about feasibility, efficacy, acceptability and sustainability of actions must be answered satisfactorily, providing information about the cost-benefit and timescale information, and showing robustness of the actions within the uncertainty. Action plans must consider, and take equity and fairness seriously, and flexible enough.

10. To date, no studies conducted in Türkiye on the sectorial risk assessments and or vulnerability analyses using bottom-up or storyline approaches have been appeared in the literature. These methods have certain advantages as discussed previously and can bring relevant actors, improve risk awareness by framing risk in an event-oriented rather than a probabilistic manner. Storylines can strengthen decision-making by reliving and learning from the past events and combining local impacts of climate change including compound risks. In addition, storylines can be used to explore probable range of extreme events by utilizing improved regional climate model scenarios where multi-divers can be employed.

Co-beneficial features of the mitigation and adaptation actions are already evident, as investment to a low-carbon and resilient infrastructure comprise lower costs while providing many benefits. Adaptation actions to climate change create multiple benefits such as cleaner air and greener cities as mentioned earlier. Studies on the preparations of CCAPs will contribute to awareness raising about climate change and help better resilient society. These studies will reveal the current situation in terms of GHG emissions and climate risks. If and when the mitigation and adaptation measures are well integrated in the CCAPs, it will also serve to contribute to some of the sustainable development goals mentioned by the United Nations.

References

- [1] UN, Cities and Pollution. United Nations; 2021. [Online]. Available: <https://www.un.org/en/climatechange/climate-solutions/cities-pollution>.
- [2] GGMCF, Global Gridded Model of Carbon Footprints; 2022. [Online]. Available: <https://www.citycarbonfootprints.info/>.
- [3] IPCC, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, IPCC Sixth Assessment Report, Working Group II. Intergovernmental Panel on Climate Change; 2022.
- [4] IPCC, Climate Change 2021: The Physical Science Basis, IPCC Sixth Assessment Report, Working Group I. Intergovernmental Panel on Climate Change; 2021.
- [5] UNEP, Adaptation Gap Report 2021: The gathering storm – Adapting to climate change in a post-pandemic world. United Nations Environment Programme; 2021.
- [6] Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., & Ali Ibrahim, S., Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge University Press; 2018.
- [7] GCoM, Global Covenant of Mayors for Climate and Energy; 2022. [Online]. Available: <https://www.globalcovenantofmayors.org/>.
- [8] ICLEI, Local Governments for Sustainability; 2022. [Online]. Available: <https://iclei.org/>.
- [9] Bertoldi, P., Rivas, S., Kona, A., Hernandez, Y., Barbosa, P., Palermo, V., Baldi, M., Lo Vullo, E., Muntean, M., Covenant of Mayors: 2019 Assessment. Publications Office of the European Union, Luxembourg; 2020.
- [10] S. Wheeler, State and Municipal Climate Change Plans: The First Generation. *Journal of the American Planning Association*; 2008, 74:4, 481-496.
- [11] Tang, Z., Brody, S.D., Quinn, C., Chang, L., Wei, T., Moving from agenda to action: Evaluating local climate change action plans. *Journal of Environmental Planning and Management*; 2010, 53:1, 41-62.
- [12] Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J.M., Pietrapertosa, F., Gregorio-Hurtado, S.D., D'Alonzo, V., Foley, A., Simones, S.G., Lorencova, E.K., Orru, H., Orru, K., Wejs, A., Flacke, J., Olazabal, M., Geneletti, D., Feliu, E., Vasilie, S., et.al., How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*; 2018, 191, 207-219.
- [13] Pietrapertosa, F., Khokhlov, V., Salvia, M., Cosmi, C., Climate change adaptation policies and plans: A survey in 11 South East European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 2018, 81, 3041–3050.
- [14] M. Mendez, Assessing local climate action plans for public health co-benefits in environmental justice communities. *Local Environment*; 2015, 20:6, 637-663.
- [15] Walsh, C.L., Dawson, R.K., Hall, J.W., Barr, S.L., Batty, M., Bristow, A.L., Carney, S., Dagoumas, A.S., Ford, A.C., Harpham, C., Tight, M.R., Watters, H., Zanni, A.M., Assessment of climate change mitigation and adaptation in cities. *Urban Design and Planning*; 2011, 164, 75-84.
- [16] Bassett, E., Shandas, V., Innovation and Climate Action Planning Perspectives from Municipal Plans. *Journal of the American Planning Association*; 2010, 76:4, 435-450.

- [17] S. Alexander, Harnessing the opportunities and understanding the limits of state level climate action plans in the United States. *Cities*; 2020, 99.
- [18] GPC, Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories An Accounting and Reporting Standard for Cities. C40, ICLEI, WRI; 2014.
- [19] Bertoldi, P., Guidebook 'How to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP)'. Publications Office of the European Union, Luxembourg; 2018.
- [20] Zscheischler, J., Westra, S., van den Hurk, B.J.J.M. et al., Future climate risk from compound events. *Nature Climate Change*; 2018, 8, 469–477, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>.
- [21] IPCC, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Working Group II, 5th Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change; 2014.
- [22] T.C. Orman Su İşleri Bakanlığı (mülga) Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Nihai Raporu. Haziran 2016. [Online]. Available: https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%20C4%9Fi%20C5%9Fikli%20C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/Iklim_NihaiRapor.pdf.
- [23] Culley, S., Noble S., Yates, A., Timbs, M., Westre, S., Maier, H.R., Giuliani, M., Castelletti, A., A bottom-up approach to identifying the maximum operational adaptive capacity of water resource systems to a changing climate. *Water Resources Research*; 2016, 52, 6751-6768, doi:10.1002/2015WR018253.
- [24] Lempert, R., and M. T. Collins, Managing the risk of uncertain threshold responses: Comparison of robust, optimum, and precautionary approaches. *Risk Analysis*; 2007, 27(4), 1009–1026.
- [25] Lempert, R., N. Nakicenovic, D. Sarewitz, and M. Schlesinger, Characterizing climate-change uncertainties for decision-makers. An editorial essay. *Climatic Change*; 2004, 65(1), 1- 9.
- [26] Prudhomme, C., R. L. Wilby, S. Crooks, A. L. Kay, and N. S. Reynard, Scenario-neutral approach to climate change impact studies: Application to flood risk. *Journal of Hydrology*; 2010, 390(3-4), 198-209.
- [27] Brown, C., Y. Ghile, M. Laverty, and K. Li, Decision scaling: Linking bottom-up vulnerability analysis with climate projections in the water sector. *Water Resources Research*; 2012, no. 48, W09537, doi:10.1029/2011WR011212.
- [28] Brown, C., and R. L. Wilby, An alternate approach to assessing climate risks. *EOS, Transactions American Geophysical Union*; 2012, 93(41), 401–402.
- [29] Moezzi, M., K. B. Janda, and S. Rotmann, Using stories, narratives, and storytelling in energy and climate change research. *Energy Research & Social Science*; 2012, 31, 1-10.
- [30] Shepherd, T. G. and others, Storylines: an alternative approach to representing uncertainty in physical aspects of climate change. *Climatic Change*; 2018, 151:555-571.
- [31] Meredith EP, Maraun D, Semenov VA, Park W, Evidence for added value of convection-permitting models for studying changes in extreme precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*; 2015, 120:12500–12513.

Çevre Sorunları, Modern Çağda Normatif Bir Ahlâk Felsefesi İmkânı Sunar Mı?

1*Hümeyra Özturan

¹Doç. Dr. Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, Felsefe ve Din Bilimleri Bölümü,
Felsefe Tarihi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi. humeyrakaragozoglu@gmail.com

1.Giriş

Kabaca 18. yüzyılla birlikte başlatabileceğimiz, sadece deneysel olgulara dayalı bilim ve felsefe yapma arzusu, yavaş yavaş bilim varken felsefenin herhangi bir işlevi olmadığı düşüncesini doğurdu. Bu düşünce, ahlâk felsefesine de kaçınılmaz olarak sirayet etti ve 18. yüzyılda David Hume'un ortaya atmış olduğu “olgudan değer çıkarılamaz” ilkesi, hiçbir şekilde normatif önermeleri gerekçelendiremeyeceğimiz iddiasını felsefenin gündemine soktu. Her ne kadar Kant ve Alman idealistleri gibi ahlâk metafiziğinin imkânını dile getiren, normatif bir ahlâk felsefesinin imkânına işaret eden düşünürler ortaya çıksa da, 20. yüzyılın başlarına gelindiğinde mantıkçı pozitivistlerin, “bilim karşısında felsefenin artık işlevselliğini yitirdiğini, felsefenin dil analizinden öte bir anlamı kalmadığını” ileri süren felsefeleri, hâkim paradigma haline geldi. Bu anlayışa göre ahlâkî önermeler, bilimsel olarak kanıtlanamadığı sürece “çoşkuların anlatımından ibarettir.”¹ Dolayısıyla buna göre, çoşkularımızın kendileri nezdinde bir anlamı olmayan diğer insanları bağlayan evrensel, zorunlu ahlâkî kurallardan, değerlerden söz etmek mümkün değildir. Nitekim bugün, herhangi bir “Etik” temalı akademik derginin son sayısına göz gezdiren birisi, sözkonusu meydan okumayı dikkate almayan, metafizik ve normatif bir zeminde ahlâktan bahseden hiçbir makalenin bulunmadığını açıkça görecektir.

Bu noktada şu soru sorulabilir: Ahlâk düşüncesine dair çalışmalar bütünüyle bitti mi? İnsan davranışları ve duygularının, beyinle ilişkisi çerçevesinde deneysel düzlemde araştırılmaya çalışıldığı nöropsikoloji gibi bilimsel çalışmalar dışında, insan eylemlerinde “iyi olan”ın var olup olmadığı, varsa iyi olanı nasıl bulabileceğimiz, bu hususta nasıl bir yaptırımla karşı karşıya olduğumuz gibi ahlâka dair felsefî sorular artık sorulamıyor mu? Bu soruların yok olup gittiğini söylemek, insanın insan olma vasfının yok olduğunu söylemek kadar sıradışı olurdu. Bu nedenle halihazırda bu sorular elbette sorulmaya, araştırılmaya devam ediliyor. Ancak verilen cevapların, klasik felsefeye nisbetle daha temkinli ve iddiası azaltılmış düzeyde olduğunu görmekteyiz. Sözgelimi antik bir filozof, “insanın bu hayattaki gayesi, kendisini kendi yapan şeyi gerçekleştirmektir”

* Doç. Dr., Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, Felsefe ve Din Bilimleri Bölümü, Felsefe Tarihi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi. humeyrakaragozoglu@gmail.com

¹ Alfred Jules Ayer, Dil, Doğruluk ve Mantık, çev. Vehbi Hacıcadıroğlu, İstanbul: Metis Yayınları, 1998, s. 79.

şeklinde bir ilkedan hareketle, “insanın akla uygun eylemde bulunması gerektiği”ni, “akla uygun eylemin de aşırılık ve eksiklikten uzak bir eylem olduğu”nu tereddütsüzce vaz’eden bir felsefe ortaya koyabilmekteydi. Bugün ise daha en başında “insanın bu hayattaki gayesinin ne olduğunu nasıl bilebiliriz?”, “kendini gerçekleştirmekteki ‘kendi’ nedir?”, “bunu kim belirler?” gibi sorgulamalar, bu konuda kesin konuşamayacağımız şeklindeki skeptik sonuçlarla başlamadan bitmektedir. Hume’un “olgudan değer çıkaramayacağımız” şeklindeki eleştirisi uyarınca da, “ahlâkın x olması gerektiği” gibi bir önermenin deneysel bir zemini bulunmadığı, dolayısıyla doğrulanıp yanlışlanamadığı ve nedenle geçerli bir cevabının bulunamadığı engeline takılıp kalmaktadır. Bu nedenle modern ahlâk düşünürleri, “insanın gayesinin x olduğu”, bu nedenle “iyi ahlâkın y olması gerektiği” gibi belirleyici, objektif, evrensel, zorunlu sonuçların peşine düşmek yerine, “y ilkesine göre davranmanın iyi olduğunu savunmak için makul sebeplerimiz olduğunu” yahut “y’nin iyi olduğunu tutarlı şekilde savunabileceğimizin” imkânına işaret eden argümanlar ortaya koymaya çalışmaktadır. Burada “kanıt”, “ispat” gibi güçlü kavramlar yerine “argüman” denmesi tesadüfî değildir. Argüman, öncüller ve sonuç arasındaki ilişkinin muhtelif şekillerde olabilmesine imkân veren bir kavramdır. Buna göre bir argümanda öncüller, sonucun doğruluğunu garanti de edebilir, muhtemel oluşunu da gösterebilir, sonucu sadece tazammun edebilir yahut sonucun kabul edilmesini iddia edilebilir yahut daha kabul edilebilir kılabilir.² Dolayısıyla modern felsefede argüman, “kanıt” veya “ispat” gibi güçlü iddialara ve onların yol açacağı temellendirme sorunlarına düşmeksizin, ancak şüpheli veya sofist sonuçlara da varmaksızın meselelerin çözümüne yönelmeyi sağlayan bir çıkış kapısı sunmuş görünmektedir.

Ahlâka dair felsefî mülahazaları bir kenara bırakmak yerine, kesinlik değeri düşürülmüş de olsa birtakım argümanlarla konuyu devam ettirmenin sebebinin ise basitçe ve açıkça “ahlâk sorunlarının kaçınılmaz boyutta tam da karşımızda durması” olduğu söylenebilir. Gün geçtikçe yaygınlaşan sosyal medya kullanımına paralel olarak artan siber zorbalık mağduriyetleri, sağlıkta hastalık ve tedavi yöntemlerinin giriftleşmesiyle çok daha karşı karşıya kaldığımız “tam olarak iyileşemez vakalarda tedavinin sürdürülmesi veya sonlandırılması kararı”na dair ikilemler, yapay zeka çalışmalarının baş döndürücü hızıyla her geçen gün daha çok gündeme gelen yapay bilinç üretiminin ahlâkî boyutlarına dair sorunlar gibi onlarca bu noktada örnek verilebilir. Fakat bir insanın hayatı boyunca yapay zekayla hiç ilgilenmemesi, sosyal medyadan tamamen kopuk bir hayat sürmesi yahut hayatı kararlar almasını gerektiren bir sağlık durumuyla yüzleşmemesi varsayılabilir. Buna karşılık, ahlâkî tazammunları olan öyle bir sorun grubu var ki, günümüz dünyasında yaşayan bir bireyin bütünüyle

² <https://plato.stanford.edu/entries/argument/> (Erişim: 06.10.2022)

müstağni kalması çok da mümkün görünmemektedir. Bunun da “çevre sorunları” olduğunu söylemek abartılı olmayacaktır. Yakın zamanda yaşadığımız dünyanın hemen her köşesini etkileyen pandemi ve onun beraberinde getirdiği ahlâkî sorunlar, yahut geçen yıl ülkemizde yaşanan “müsilaj problemi” gibi örnekler, çevre sorunlarının “kaçınılamaz” doğasını da bize açıkça göstermiştir. Dolayısıyla, başta çevre ve iklim sorunları gibi hayatın normal akışında dahi karşımıza çıkabilecek problemler başta olmak üzere karşılaşılan pek çok modern durum, ahlâk hakkında hâlâ düşünmek ve konuşmak zorunda olduğumuzu açıkça göstermiştir.

Bu noktada, ahlâk yerine hukukla meselelerin çözümüne ulaşmanın imkânı sorusu gündeme gelebilir. Nitekim siber zorbalık, tedavinin devamı ve sonlandırılmasına dair karar mercii gibi hususlarda bazı yasal düzenlemelerin yapılmaya başlandığı görülmektedir. Ancak düşünce tarihi bize açıkça göstermektedir ki ahlâkî meseleler, hukukun gündemine gelmeden önce ahlâk tartışması olarak ortaya çıkarlar. Ahlâkî anlamda bazı normlar belirmeden yasal düzenlemelere ulaşmak mümkün değildir. Nitekim ahlâkın hukukla garanti altına alınması hususunda en belirgin vurguyu yaptığını gördüğümüz Fichte gibi Alman idealistlerinde dahi ahlâk, hukuktan bir önceki adımı oluşturur. Dolayısıyla meseleleri ahlâk çerçevesinde tartışmadan hukukun gündemine taşımak, son tahlilde yine ahlâkî statünün belirlenmesi meselesine götüreceği için kısır bir adım olarak görünmektedir. Bu yüzden olsa gerek ahlâk alanı bugün dahi hukukun içinde eriyip yok olmamış, yukarıda zikredilen teorik sorunların varlığına rağmen ahlâk meseleleri “pratik ahlâk felsefesi/uygulamalı etik” (practical ethics- applied ethics) adı verilen disiplin çerçevesinde tartışılmaya devam etmiştir.

2. Çevre Etiği Teorileri

Pratik ahlâk felsefesi/uygulamalı etik disiplindeki tartışmalar ekseninde, yukarıda “kaçınılamaz” tabiatını vurguladığımız çevre sorunlarına dair geliştirilen perspektiflere özet olarak baktığımızda öncelikle kısa bir tarihsel bilgi vermemiz yerinde olacaktır. “Environmental ethics” yani “çevre etiği” bağlamındaki tartışmalar 1970’lerle başlatılabilir. Environmental Ethics isimli, müstakil olarak çevre ve ahlâk sorunlarına odaklanmış ilk derginin 1978’de çıkmaya başladığını, *Society for Environmental Ethics* (kuruluşu 1989) yahut *The International Association for Environmental Philosophy* (kuruluşu 1997) gibi kurumsal yapıların ise 90’lardan itibaren belirlediğini görmekteyiz. Bugün çevre etiğine dair pek çok müstakil yayın ve kuruluş bulunmakta, onlarca akademisyen tamamıyla bu meseleye odaklanmış çalışmalar yapmaktadır. Söz konusu tarihsel geçiş ve mevcut çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda

halihazırdaki çevre sorunlarına ilişkin ahlâkî tartışmaların üç ana ekol üzerinden ele alınarak cevaplanmaya çalışıldığını söyleyebiliriz: Sonuççu, vazifeci (deontolojik) yaklaşımlar ve erdem etiği teorisi.

Sonuççu teoriler; mutluluğu, faydayı, tercih özgürlüğünü, ekosistemin yahut bütün yaşayan canlıların hayatının devamlılığını maksimize etmek ilkesini gözeterek şekilde muhtelif versiyonlara sahiptir. Dolayısıyla hepsi de aslında maksimize edilmesini gerekli gördükleri tek bir şeyi kendinde değerli ve korunmaya layık olarak belirlemiş görünürler.

Vazifeci/deontolojik teoriler ise herhangi bir şeyi maksimize etmeyi değil, insan olarak bize düşen görev nedir bunu bulmaya odaklanırlar. Mesela mutluluğu maksimize etmek için gereken iş, bir insan olarak gerçekten müdahale etmemizin uygun olduğu bir iş midir, adalet ilkesi gereğince bize düşen müdahale midir bunu sorgularlar. Fakat burada da insan için vazife olanın belirlenmesi her zaman apaçık ve tespiti kolay olan bir iş olarak belirmez.

Erdem etiği yaklaşımı ise sonuç veya ödeve yoğunlaşmak yerine, insanın sahip olması gereken erdemlere odaklandığı için, insanın doğayla ilişkisinde hangi değerleri gözetmesi gerektiğini sorgular. Karakteri hangi yönde eğitmek, insanın doğayla ilişkisini olması gerektiği yola sokar, bunun peşindedir. Fakat burada da esas soru, insanın doğayla ilişkisinin zaten nasıl olması gerektiğidir ki erdem etiği burada soruya bir cevap sunmaz. Bu nedenle çevre etiği çalışmalarında erdem etiğinin, diğerlerine göre daha sınırlı bir referans kaynağı olduğunu söyleyebiliriz.

Bu zikredilen üç temel ekolün yanında ekofeminizm, çevreci pragmatizm (environmental pragmatism) gibi pek çok yeni yaklaşımın da ortaya çıktığını ve büyük bir hızla gelişip çeşitlendiğini söyleyebiliriz. Ancak ne var ki bütün bu teorilerin geliştiği temel mesele, çevre ahlâkı söz konusu olduğunda “değerli olanın” ne olduğu sorusunda düğümlenmektedir. Görüldüğü üzere bütün teorilerin, sonuç sunabilir bir yaklaşım üretmesi için bir “değer”i öne çıkarması ve onu “bizatihi gözetilmesi gereken” olarak ilan etmesi gerekmektedir. Bu, ister sonuççu teorilerdeki gibi mutluluk, refah, tercih özgürlüğü gibi muhtelif ilkeler olsun ister erdem etiğindeki gibi genel bir kavram olarak “erdem” olsun, herhalükarda “kendiliğinden değer” (intrinsic value) taşıyan bir ilkeye tutunmaları gerektiği görülmektedir. Kendiliğinden değer ile kastedilen, birşeyin başka bir şey için araç olması bakımından değil (yani dışsal, extrinsic değil) bizatihi kendisinin değerli olmasından dolayı gözetilmesidir. Çevre etiklerinde bazen bizatihi doğanın “kendiliğinden değer” taşıdığı şeklinde belirlenmeler yapılmaya çalışılır. Bu belirlemelerde “insan hayatının devamı için”, “bütün canlıların sağlığı için” vb. haricî gerekçelere dayanmaksızın doğanın bizatihi değerli, ahlâkî statüsü ve dolayısıyla

hakları olan bir şey olarak ortaya konmaya çalışıldığını görürüz. Fakat ister teorilerdeki ilkeler gibi herhangi bir ilke, ister bizatihi doğanın kendisi “kendiliğinden değerli” olarak ilan edilsin, hepsinde de yapılan şeyin olgusal değil metafizik bir temellendirme olduğunu görmekteyiz. Çünkü Hume’un “olgudan değer çıkarılamaz” ilkesine göre bütünüyle olgusal olan bu dünyada bizatihi doğanın da diğer zikredilen ilkelerin de kendiliğinden değere sahip olduğunu gerekçelendirebilecek hiçbir şey mevcut değildir. Dolayısıyla klasik ahlâk teorilerine yöneltilen “metafizik olma” eleştirisini, çevre ahlâkî teorilerine de yönelmemize engel olabilecek hiçbir şey bulunmamaktadır.

3. Metafizik Çıkmazı

Ahlâkta meselenin metafizik bir ilkeye dayanıp dayanmamasının en büyük sonucu, ortaya çıkan ilke veya kuralın bağlayıcılığı hususundadır. Eğer kendiliğinden değerli oluşu gerekçelendirilemeyen bir ilke söz konusuysa, insanlar söz konusu ilkeyi neden gözetsin? Neticede her ne kadar doğayı gözetmenin insanlara somut faydaları olabilse de masraflı, sonucu bizatihi tecrübe edilemez şekilde uzun vadeli olabilen, hatta bazen sonuçsuz fakat her halükarda insanî emek/mesai tüketen bir yükümlülüğün söz edilmektedir. İnsanı bu yükümlülük altına girmeye zorlayan “norm” nereden doğmaktadır? Günümüzün en tanınan pratik ahlâkçılarından Peter Singer, mesele ahlâkî müeyyideye geldiğinde modern hiçbir teorinin, materyal dünya anlayışı üzerinden köklü temellendirmeler yapamayacağını itiraf eder. Ona göre doğayı, diğer insanları gözetmek hiçbir doğaüstü gerekçeye dayanmasa da insan için bir tercih olabilir ve insan, hayatını anlamlı kılmak adına böyle bir hassasiyet gözetebilir.³ Bu düşünce şüphesiz doğrudur ancak çevre sorunları söz konusu olduğunda mesele, hassasiyeti yüksek, sınırlı sayıda insanın dikkatiyle çözüme ulaşabilecek bir şey olarak görünmemektedir. Sorunu doğuran durum, çok sayıda insanın ortak katkısıyla ortaya çıkıyorsa, sorunun çözümünün de benzer bir çoğunluğun katkısıyla, en azından sözkonusu soruna yol açan davranışı bırakmasıyla olabileceği açıktır. Şu durumda, kaçınılamaz olarak şu soruya ulaştığımızı söyleyebiliriz: Bu durum, bağlayıcılık normu yüksek metafizik temelli ahlâk teorilerini tekrar gündeme getirmek için bir gerekçe oluşturur mu? Şimdi bu ihtimale yakından bakmadan önce, klasik felsefede metafizik temelli ahlâk teorileri nasıldı ona işaret edelim.

4. Metafizik Temelli Ahlâk Teorileri Nasıldı?

Öncelikle felsefenin doğduğu çağ olan antik döneme baktığımızda, çevre sorunlarıyla ilişkilendirilebilecek ahlâkî temellendirmelerin merkezinde “nefs teorisi”nin olduğu görülür. Platon’da temelleri bulunan, ancak Aristoteles’te “bit

3 Peter Singer, Pratik Etik, çev. Nedim Çatlı, İstanbul: İthaki Yayınları, 2015, s. 410-438.

kisel nefis” (*fütikos*) isimlendirmesiyle açıkça yer alan anlayışa göre bitkiler de nefis sahibidir. Dolayısıyla doğanın ruhsuz bir maddeden ibaret olmadığı şeklindeki bakış açısı daha en baştan belirleyici bir konumdadır. Descartesçi felsefedeki zihin ve beden ayrımının yol açtığı, doğanın tamamen madde olduğu, ruhsal töz taşımadığı ve bütünüyle makine gibi işlediği şeklindeki modern anlayışla mukayese edildiğinde bitkisel nefis anlayışının çok daha sorumlu, doğayı dikkate alan, onu insanın kullanımına sunulmuş bir materyalden ibaret görmeyen bir perspektif sunabileceğini görmek zor değildir.

Antik düşünceyi tevarüs eden İslâm felsefesine baktığımızda ise, aynı şekilde nebatî nefis anlayışının bulunduğunu görürüz. İnsanî, nebatî ve hayvanî nefislerin, itidal teorisinin sunduğu perspektifle dengeli ve insanî nefis tarafından itidal ilkesine göre kontrol edildiği bir hayatın idealize edildiği bir yapı belirlemektedir. Buradan hareketle, insanın doğayla ilişkisinin aşırılık ve eksiklikten uzak, aklın kontrolünde ama doğanın da bir nefsi olduğunu unutmadan inşa edilmesi gerektiği anlayışının çıkarılabileceğini söyleyebiliriz. Ancak gerek antik çağdaki gerek İslâm düşüncesindeki ahlâk kitaplarında, insanın doğa ile ilişkisine dair müstakil bahisler yer almaz. Çünkü çevre sorunlarını bizim gibi tecrübe eden bir hayat yaşamış değillerdi. Dolayısıyla bu çağlarda ortaya konan düşüncede çevre ahlâkına dair zemin sunan metafizik bir arka plan bulunsa da, bunun doğa sorunlarına yansıtıldığı bir felsefî gayret bulunmamaktaydı. Şu halde, çevre ahlâkına dair bir perspektif sunma imkanı olan metafizik temelli bir teoriyi, antik dönemde yapılmayan “çevre sorunlarına teşmil ederek”, modern dönemdeki meydan okumaları da dikkate almak suretiyle gündeme almak mümkün olabilir mi?

5. Normatif Bir Ahlâka Yol Bulma Girişimi

Yukarıda işaret edilmeye çalışıldığı üzere, çevre sorunlarını gündeme alan pratik etik, meselenin teorik arkaplanını paranteze alıp sadece sorunun çözümüne odaklanarak bir yol bulmayı hedeflese de, kendinde değer taşıyan bir başlangıç noktası belirlemeden kendisini temellendirmesi çok da mümkün görünmemektedir. Metafizik teorilere yönelik meydan okuma da, “kendinde değer” taşıyan herhangi bir ilke, erdem veya kuralın kabul edilmesini imkansız kılmaktadır. Antik ahlâk teorileri ise her ne kadar aranan “kendinde değer”e işaret eden metafizik temelli ilkeler sunsa da, kendi paradigmalarında varolmayan çevre sorunlarını ele alan bahisler üretmemiştir. Bu durumda, modern şartlar altında çevre sorunlarına çözüm sunabilecek ve meşru bir zeminde metafizik gönderimleri de olan bir ahlâk düşüncesi savunulabilir mi?

Öncelikle, felsefe ve bilimin bugün geldiği son noktada, metafiziğe yöneltilen

eleştirileri yok sayan ve olgu-değer problemi gibi temel meydan okumalarla yüzleşmeyen bir ahlâk düşüncesi ortaya koymanın gerçekçi ve çözümü retici olmayacağını itiraf etmeliyiz. Fakat diğer yandan da, artık insan hayatını tehdit eder boyuta ulaşan çevre sorunları karşısında, hiçbir normatif önerme üretemeyeceğimiz şeklindeki bir pes edişe de razı olamayacağımızı açıkça söyleyebilmeliyiz. Ortada böylesine görmezden gelinemez bir sorun varsa ve ortalama bir akıl ve farkındalık düzeyine sahip hemen her insanın, bu sorunun çözülmesi gerektiğine dair bir kabulü oluşuyorsa, burada normatifliğin kendiliğinden belirdiğini söylemekten kaçınmamalıyız. Boğazına takılmış plastik bir atıkla yaşam mücadelesi veren bir kaplumbağayı, kirletilmiş sulara hayatta kalmaya çalışan bir canlıyı görerek, deniz kirliliğinin çözülmesi gereken bir sorun olduğunu söylemekten imtina edecek bir insan düşünülemez ve hakikatte de bulunamazsa, burada temellendirilmeye ihtiyaç duyulmayan, felsefî bir ifadeyle basit ve kendiliğinden, içsel (*intrinsic*) bir normatiflik var demektir. Bunu aşkın bir kaynağa yahut metafizik bir ilkeye bağlamak gibi ikinci ve daha az gerekçelendirilmiş bir adımı atmak zorunda değiliz. Ancak bizatihi durumun kendisini, normatizmi doğuran olgusal bir şey olarak kabul ettiğimizde, normu gerekçelendiren metafizik ilkeye ihtiyaç duymayız, tam tersine beliren normun kendisi bizatihi metafizik bir ilkeye götürücü dahi olabilir. Bir başka ifadeyle, çevre sorunlarının insanın kaçınamayacağı düzeydeki meydan okuyuşu, buna karşı ahlâkî bir duruş sergilememiz gerektiği şeklindeki normu kendiliğinden üreterek, “acaba bu normu hissetmemize, düşünmemize, bizdeki gerekliliğini açıkça görmemize yol açan metafizik bir hakikat mi var?” sorusuna meşru şekilde ulaştırılabilir. Bu argüman, Kant’ın ahlâk metafiziğini temellendirmesine benzer yönler taşısa da, başlangıç noktasını modern çevre problemlerinden alması bakımından ondan farklılaşır. Çünkü burada salt bir adalet beklentisinden değil, “çevre felaketine karşı bir şey yapmak zorundayız” şeklindeki normatif eylemsel bir zorunluluk düşüncesinden hareket ederek metafiziğe ulaşmaktayız. “Burada eylemi zorunlu kılan ilke nedir?”, “Nasıl oluyor da harekete geçmek zorunda olduğumuzu düşünmeksizin söyleyebiliyoruz?”, “Doğanın en güzel yerindeki plastik atık yığını neden bunun yapılmaması gerektiği düşüncesini istisnasız üretiyor?” soruları bizi kaçınılamaz olarak olgusal olanın dışına çıkaracaktır. Burada iddiamız, burada beliren normatifliğin, olgusal alanın dışına çıkmamız için meşru ve makul bir zemin oluşturduğudur.

Bu noktada şöyle bir itiraz gelebilir. Sözkonusu plastik atık yığını doğanın ortasında oluşturanlar da bizzat insanlarsa ve bu insanlar, bunu yapmamaları gerektiğine dair normu hissetmemişlerse, argümanın dayanağı çökmez mi? Bu noktada Aristoteles’in kendine hakim olamama (*akrasia*) kavramına müracaat edebiliriz. Aristoteles’e göre insanlar, Sokrates’in “bilen, zorunlu olarak yapar”

kabulünün tersine, doğru eylemi bilmelerine rağmen çeşitli sebeplerle gerekli eylemi erteleyebilir veya yapmamaya yönelebilir. Çünkü insan saf bir akıl varlığı değildir. Duygulanımları, başka bir ifadeyle arzu ve öfkesi de vardır. Bazen bunlara yenik düşerek, erdemli davranışı bildiği halde eylemeyebilir. Dolayısıyla aslında her insan, elindeki plastiği kumsala atmaması gerektiğini aslında bilecek, en azından denizdeki plastik atıkları gördüğünde bunun düzeltilmesi gereken bir sorun olduğunu kabul edecektir. Fakat herhangi bir sebepten ötürü kendisi de bu atıkları doğaya atmış olabilir, maddî kayıp, zahmete katlanmak gibi yüzleşmek istemediği herhangi bir endişe nedeniyle doğa kirliliğine katkıda bulunacak bir yolu seçmiş olabilir. Dolayısıyla sözkonusu bireysel durumlar argümanın temel iddiasına zarar vermeyecektir.

Toparlayacak olursak; çevre sorunlarının kaçınılmaz doğası, günümüzde neredeyse imkansız hale gelmiş olan normatif ahlâk felsefesi yapmak için açıkça bir potansiyel sunmaktadır. Bu sorunların çözümü için yönelinecek ahlâkî müeyyideler, zamanla hukukî müeyyideler de doğurarak normatif doğalarını açığa çıkaracaklardır. Felsefeciler, burada doğan gereklilik düşüncesine odaklanmak suretiyle metafiziğe bir kapı aralayabilirler. Metafizik bir ilkeye ulaştırması hedeflenmese bile, “nasıl davranmalıyız?” sorusuna felsefî olarak meşru cevaplar verilebilmesine imkan sağlaması bakımından ahlâkta normatif önermeler kurmanın gerekçesini sunacaktır. Bunun, hem çevre sorunları hem de diğer bütün ahlâk düşüncesi problemlerine, modern meydan okumaları aşan yeni bir yol çizmesi umulabilir.

Philosophical and Legal Change of Axis on Environmental Protection: From “Right to Nature” to “Rights of Nature”

Dr. Mustafa Kenan Ustahaliloğlu

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisâdî ve İdârî Bilimler Fakültesi, Ticâret
Hukûku Anabilim Dalı, Türkiye

Abstract

Human-being, beginning with the very early period of his childhood, tends to hold and control any other being around him. Human-beings, through wars, took over the possession of and control over, not only, the beings that have been possessed by the defeated human-beings, but also, those human-beings' selves. This has made the distinction between the possessable human-being and the possessor human person. The only restriction to this tendency of the human person is the being of that being a person as well. Besides that, there is almost no restriction for a person to have the self of a being or the control over it even it is or belongs to another human-being. This greedy-like tendency of the human-being, besides his willingness for having and controlling more and more, has also led him to create the corporate persons besides him with the motivation of stopping his loss at a limit predetermined by him.

Comparing these two humans' perspectives towards themselves and beings around them would give us a clue on how the natural environment has been so damaged until today and how it could be reversed: The human-being sees a tree breathing the carbon dioxide in and the oxygen out while the human person sees a trunk that can be turned into timber and sold out; the former of them sees the danger when he looks at a wild animal while the latter sees the gain out of its fur or from its exhibition at a zoo; the former sees a stream as a highway for fishes prior to and after their spawning period while the latter sees a potential dam. This differentiation of perspectives also determines the attitudes of these humans in inter-human or social relations.

In this paper; we will examine how the change of human perspective from “right to nature” to “rights of nature” would contribute to the protection of natural environment.

Key words: *Environment, Natural-Beings, Protection, Rights of Nature, Legal Personality.*

1. Introduction

There is the bifurcation of law regarding the beings as “subjects” and “objects”

[35, 38] which implicitly refers to the rights [39]. This means, a being may either be the subject or the object of the rights. Natural-beings fall in the latter category as they lack the status of legal personality.

This attitude of the human-beings reserving that status solely to himself and to non-physical beings like corporation, association, and trust which do actually represent himself results in the denial of the existence of any interest that any other being than these two might have by not allowing them to utilize the legal tools which are the only handy ones that is known of by and been used for the protection of the interests of the human-beings.

The dilemma arises at the point where human-beings recognize that the protection of the interests of the natural-beings is in fact not only for the benefit of the latter, but also of the former. Even the realization of this dependence should not have been sufficient for human-beings so that they still hesitate to attribute this status to the former. It is, we assume, the result of the fear that being equally legal person as a result of being in the same status of the legal personality would make these two beings to have equally the very same rights in the end.

This, we know for sure, is so untrue. Most, if not all, of the legal systems that exist recognize two persons: real persons and corporate, or artificial, persons [14]. Being in the same status, as being the only two holders of the legal personality amongst all the beings, has never once equalized them and would ever do in fact as there are idiosyncratic traits that they have but others do not. To be born, to get mature, to get married, to die, etc [28]. are unique for human-beings while being established, general assembly, opening a new branch, dissolution, etc. are unique for artificial- beings. Therefore, any legal system, although could have equated these two kinds of beings in having the same legal status, it would not do the same with the very same rights even if it wanted to.

The situation is exactly the same with the natural-beings as they do have their own idiosyncratic traits and therefore their own interests which will require them to have the own kind of rights to protect the interests of them. This can vividly be seen when looked at the international treaties regarding the protection of the environment. They have provisions that might not ever be applied to human-beings, for instance: carbon foot-print as adopted in the Paris Agreement [36]. So, even though it is thought that the human-rights might be applied to the natural-beings, or vice versa, there would not be any outcome from that attempt. The most precarious attempt would be the assertion that, not minerals or plants but only the animals should have the right to life which already has been alleged

and it has scientifically been proved that, not only the lack of but even the insufficient feeding of animal source food is endangering the human-beings' life in quality [27, 42].

Therefore, the meaning of becoming a legal person should be examined and understood not in the way one wishes but as it in fact is which is not alike the impersonification of the slaves. The actual result of the impersonification of the natural-beings will only have the effect on human-beings in that: instead of making legal claims for the protection of a natural-being in one's own name, which requires him to demonstrate a causal link between him and the natural-being that sufficiently shows that he has a special interest in the subject matter of the action [8], he will be able to make the same claim aiming at a very similar protection but this time in the name and account of the natural-being as its representative. This will be followed by the court's consideration of the actual damage given to the natural-being while making judgments and giving final decisions [34].

2. Attributing Legal Personality

The default status of any being which has come to exist in a legal system for the first time is the "object" even though that being be superior in every sense to a human-being. Being a legal person is not about the qualities of any being as the past legal practices regarding the slaves [31], women [4, 6, 16, 20, 29, 33], elders [17, 24], malformed [2, 5, 10] and insane [12, 13] humans, children out of wedlock [2] as well as the fetus [3, 9, 23, 32], which is still ongoing, clearly proves that. As expressed with the "Solus princeps fingit quod in rei veritate non est" phrase, it is only the State that can bless any being with the legal status of "subject" i.e., person [7, 25, 26, 39, 40].

The status of a being may be either an object or a subject, not anywhere in between. The expressions like "quasi-person or quasi-right" [11, 21] are not even quasi-logical as the main objective of the legal system is to establish a society wherein all its members feel secure by knowing what is to come after what is to be done. Such a status would simply destroy the legal security that established by now. It would not be possible to determine the time of a being's being a person has started or which of the rights it has which would result in such a state of chaos.

Recently, there started a new practice of protecting the natural-beings by attributing legal personality to them. The most extreme of these practices are to be found in the Constitutions of Ecuador and Bolivia where the "Mother Nature"

has been attributed with the legal personality status as a whole. Not surprisingly, neither the Mother Nature has claimed to have the right to vote nor the governments claimed to be paid tax by them yet in these two Countries. What actually happened was that a provincial court in Loja, Ecuador ruled that the road construction activities held by the Vilcabamba River were violating her rights [1, 15, 18].

3. Consequences of This Attribution

The legal status of the personality can be likened to a right-holder cup [41] by which its owner would have only the rights that has been put into its cup. As it is defined as, not in fact “to be holding” but, “being able to hold” the rights that may be attributed to it following the attribution of the legal personality status. A contrario meaning of this is that that being would not have any of the rights, no matter how much they are in quantity and quality, that may be said it to have unless it has been attributed with the legal personality status.

Attribution of the legal personality status, therefore, is a prerequisite [30] of attributing rights to a being which is deemed to have interests worth to protect. In other words: It is the being that is deemed to be worth of protected to which the legal personality status followed by rights are attributed. It can not be said that any being is being protected by empowering another being, no matter how close the latter is to the former, with any of the rights as attached to the legal personality status of the latter. As Lomasky put it: “If I have rights, it is because of something about me, not something that resides in the messy world outside” [22] Therefore, the human-being is the one whose interests are meant to be protected. In the case that a being has been attributed with bare legal personality status i.e., not followed with an attribution of any right, it still cannot be said that this being is meant to be protected. It would have been said that a being has been started to be protected only after the attribution of the legal personality status is followed by the attribution of a right. A being in that situation would have, nothing else but, only the right that has been attributed to it.

4. Results and Discussion

The legal personality status, at its current form, is not an adequate tool to be used to protect the natural-beings effectively. It can be discussed, in the light of the existing exercises in different countries, that this inadequacy is caused by, not the tool itself but rather, the way it is used. It could be a way more useful tool to protect the natural-beings than the existing punishment-based tools only if it

were to be perceived and used differently. The negativities that the natural-beings are face-to-face today, can easily be solved by the change of above-mentioned perspective. That is: Instead of reserving the utilities that these legal tools, at the moment, do serve only for the protection of the interest of human-beings; it can be extended to the natural-beings as well.

Natural-beings can be attributed with the legal personality status with a different name as an implication of that the rights within the scope of that legal personality are applicable only to the beings that are under it. This also provides the assurance for the concerned ones that these beings will never have, just as they have never had, the rights that exist within the scope of the real personality status that all the human-beings, with the only exception of the fetuses, come under. The rights that come under their legal personality type may collectively be named as the “nature- rights” by analogy with the “human-rights”. Institutions like proprietary rights, representation, etc. can also be used to effectuate the achievement of the protection purpose if and when needed.

The end result of this process would be that the human-beings may make claims for the compensation of the damages given to the natural-beings regardless of themselves have been suffered from this damage or not. The courts would take the damages done to the natural-beings when determining the amount of the compensation to be paid. Last, but not the least, the compensation paid would serve to the restitution of the natural-beings’ selves.

5. Conclusion

The status of legal personality can be attributed to the non-human-beings under the name of “natural personality.” Having this status, any natural-being can have their own rights in order to serve as a tool to protect their own interests. At the moment of such a bare attribution of this status would not constitute in them having any rights at all. There should be a further step to be taken which is the determination of the rights that they will have.

Once attributed with the legal personality status and the rights that are appropriate with their needs, the natural-beings can enjoy the legal protection facilities that are available in the State they are in. Human-beings may act as their representatives during these procedures.

References

- [1] Berros, María Valeria (2017). "Defending Rivers: Vilcabamba in the South of Ecuador". In *Can Nature Have Rights? Legal and Political Insights*, eds. Anna Leah Tabios Hillebrecht and María Valeria Berros, 37–44. Munich, Rachel Carson Center Perspectives.
- [2] Blackstone, William (1759). *A Treatise on the Law of Descents in Fee-Simple*. Oxford, Clarendon Press. [3] Blackstone, William (1893). *Commentaries on the Laws of England in Four Books*, Vol. I, Book I. Philadelphia, J. B. Lippincott Company.
- [4] Buczek, Katarzyna (2018). "Germanic Women in the Eyes of Law", *Academic Journal of Modern Philology*, Volume 7, p. 55-66.
- [5] Clegg, David J. (1971). "Teratology", *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, Volume 11, p. 409-424.
- [6] Çakır, Aytuğ Ceyhun (2018). *Sağ Kalan Eşin Mirasçılığı*. İstanbul, On İki Levha.
- [7] Dodd, Edwin Merrick (1929). "Dogma and Practice in the Law of Associations", *Harvard Law Review*, Volume 42, p. 977-1014.
- [8] Dugan, Robert (1971). "Standing to Sue: Commentary on Injury in Fact Case", *Western Reserve Law Review*, Volume 22, No 2, p. 256-278.
- [9] Epstein, Julia (1995). "The Pregnant Imagination-Fetal Rights, and Women's Bodies: A Historical Inquiry", *Yale Journal of Law and the Humanities*, Volume 7, No 1, p. 139-162.
- [10] Ersoy, Füsün, Mehmet Ersoy and Mehmet Yalçın (1999). "Konjenital Malformasyonlara Bir Bakış", *Türkiye Aile Hekimliği Dergisi*, Volume 3, No 1-2, p. 40-46.
- [11] Fernandez, Angela (2019). "Not Quite Property, Not Quite Persons: A Quasi Approach for Nonhuman Animals", *Canadian Journal of Comparative and Contemporary Law*, Volume 5, p. 155-232.
- [12] Ferry, Luc and Alain Renaut (1990). *French Philosophy of the Sixties-An Essay on Anti-humanism*, tr. Mary H. Schnackenberg Cattani. Amherst, The University of Massachusetts Press.
- [13] Foucault, Michel (1988). *Madness and Civilization-A History of Insanity in the Age of Reason*, tr. Richard Howard. New York, Vintage Books.
- [14] Geldart, William Martin (1911). "Legal Personality", *Law Quarterly Review*, Volume 27, No 1, p. 90-108.
- [15] Gierke, Otto von (1881). *Das Deutsche Genossenschaftsrecht*. Berlin, Weidmannsche Buchhandlung. [16] Gierke, Otto von (1900). *Political Theories of the Middle Age*, çeviren Frederic William Maitland. Cambridge, Cambridge University Press.
- [17] Gordon, Gwendolyn J. (2018). "Environmental Personhood", *Columbia Journal of Environmental Law*, Volume 43, No 1, p. 49-91.
- [18] Hecker, Eugene Arthur (1911). *A Short History of Women's Rights-From the Days of Augustus to the Present Time: With Special Reference to England and United States*. London, G.P. Putnam's Sons.
- [19] Jones, William (1825). *Institutes of Hindu Law-or, the Ordinances of Menu, According to the Gloss of Cullúca-Comprising the Indian System of Duties Religious and Civil*. London, Rivingtons and Cochran.
- [20] Kauffman, Craig M. and Linda Sheehan (2019). "The Rights of Nature-Guiding Our Responsibilities Through Standards", In *Environmental Rights-The Development of Standards*, eds. Stephen J. Turner, Dinah L. Shelton, Jona Razzaque, Owen McIntyre and James R. May, 342-266. Cambridge, Cambridge University Press.

- [21] Kohler, Josef (1914) *Philosophy of Law* Boston: The Boston Book Company.
- [22] Koschaker, Paul and Kudret Ayiter (1983). *Modern Özel Hukuka Giriş Olarak Roma Özel Hukukunun Ana Hatları*. Ankara, Olgaç.
- [23] Lebovitz, Richard M. (2002). "The Accordion of the Thirteenth Amendment: Quasi-Persons and the Right of Self-Interest", *St. Thomas Law Review*, Volume 14, No 3, p. 561-600.
- [24] Lomasky, Loren E. (1990). *Persons, Rights and the Moral Community*, 2nd Edition. Oxford, Oxford University Press.
- [25] Lupton, Michael L. (1988). "The Legal Status of the Embryo", *Acta Juridica*, Volume 1988, p. 197- 215.
- [26] Maine, Henry James Sumner (1883). *Dissertations on Early Law and Custom-Chiefly Selected from Oxford University Lecture Notes*. London, John Murray.
- [27] Maitland, Frederic William (1905). "Moral Personality and Legal Personality", *Journal of the Society of Comparative Legislation*, Volume 6, No 2, p. 192-200.
- [28] Martínez-Torrón, Javier (1998). *Anglo-American Law and Canon Law-Canonical Roots of Common Law Tradition*. Berlin, Duncker and Humblot.
- [29] Murphy, Suzanne P. and Lindsay H. Allen (2003). "Nutritional Importance of Animal Source Foods", *The Journal of Nutrition*, Volume 133, No 11, p. 3932S-3935S.
- [30] Öztan, Bilge (2000). *Şahsın Hukuku, Hakiki Şahıslar*. Ankara, Turhan Kitabevi.
- [31] Paribeni, Roberto (1935). "Roma Hukukunda Aile Kurumu", tr. Şemseddin Talip, İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası, Volume 1, No 1, p. 79-96.
- [32] Serozan, Rona (2011). *Medeni Hukuk-Genel Bölüm-Kişiler Hukuku*. İstanbul, Vedat.
- [33] Shumway, Edgar S. (1901). "Freedom and Slavery in Roman Law", *The American Law Register*, Volume 49, No 11, p. 636-653.
- [34] Slabbert, Melodie Nöthling (1997). "The Fetus and Embryo-Legal Status and Personhood", *Journal of South African Law*, Volume 1997, No 2, p. 234-255.
- [35] Söğütü Erişgin, Özlem (2013). "Roma Toplumunda Kadının Konumu", İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Volume 4, No 2, p. 1-31.
- [36] Stone, Christopher D. (1972). "Should Trees Have Standing?-Towards Legal Rights for Natural Objects", *Southern California Law Review*, Volume 45, No 2, p. 450-501.
- [37] Trahan, John R. (2008). "The Distinction Between Persons and Things-An Historical Perspective", *Journal of Civil Law Studies*, Volume 1, No 1, p. 9-20.
- [38] United Nations (2015). *United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- [39] Ustahaliloğlu, Mustafa Kenan (2022). *İnsan Dışı Varlıkların Hukûkî Kişiliği*. İstanbul, Filiz.
- [40] Ustahaliloğlu, Mustafa Kenan (2022). "Legal Personality of Artificial Intelligence", In *İslam Hukuku Araştırmalarına Zemin Oluşturması Açısından "Yapay Zeka" Bildiri Özetleri Kitabı*, eds. Yıldırım Sipahi, Fatih Avcı and Meral Sabun, 64-65. Burdur, E-Book.
- [41] Wise, Steven M. (2013). "Nonhuman Rights to Personhood", *Pace Environmental Law Review*, Volume 30, No 3, p. 1278-1290.
- [42] Zhang, Zhiying, Peter D. Goldsmith and Alex Winter-Nelson (2016). "The Importance of Animal Source Foods for Nutrient Sufficiency in the Developing World: The Zambia Scenario", *Food and Nutrition Bulletin*, Volume 37, No 3, p. 303-316.

Temel Kavramları ve Önemli Kampanyalarıyla İslamî Çevre Hareketleri

Nimet KESKİN¹

Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, İstanbul, Türkiye

Özet

İslamî çevre hareketleri, temel ilham ve motivasyon kaynağı olan İslam dinine dayalı bir çevre anlayışı tesis etmeye çalışan, bu amaçla yapılan her türlü faaliyeti kapsayan bir toplumsal hareket olarak bugün dünyanın farklı yerlerinde faaliyettedir. İslam'ı çevreciliğinin temeline oturtması, kavramlarını ve ilkelerini İslam'dan esinlenerek tesis etmesi, katılımcılarının her türlü çevreci faaliyeti tıpkı bir dini vazifeyi yerine getiriyormuşçasına adanmışlıkla ifa etmesi ve Müslüman ve çevreci olmanın birbirini besleyen simbiyotik bir ilişkiye dönüşmesi İslamî çevreciliğin mümeyyiz vasıflarıdır. Bu çalışmanın amacı İslamî çevre hareketlerinin temel kavramlarını ortaya koymak, kurdukları dernekleri ve düzenledikleri kampanyaları dünyadan ve Türkiye'den çeşitli örneklerle tespit etmektir. Çalışmamız, İslamî çevreciliğin temel olarak halife, mizan, ahiret, emanet gibi kavramlar etrafında şekillenmiş olduğu, bugün Müslümanların nüfus olarak azınlık ya da çoğunluk olmasından bağımsız olarak kurdukları dernekler ve düzenledikleri çeşitli kampanyalar aracılığıyla pek çok ülkede bir toplumsal hareket olarak icra edildiği sonuçlarına ulaşmıştır.

Anahtar Kelimeler: *İslam, Çevre, Din, İslamî Çevrecilik, İslamî Çevre Hareketleri*

Abstract

Islamic environmental movements are active in different parts of the world today as a social movement that tries to establish an environmental understanding based on Islam, which is the main source of its inspiration and motivation, and it covers all kinds of activities that is performed for this purpose. The distinctive features of Islamic environmentalism are that it puts Islam at the foundation of its environmentalism, that it establishes its concepts and principles inspired by Islam, that its participants perform all kinds of environmental activities with devotion as if they are fulfilling a religious duty, and that being a Muslim and an environmentalist turns into a symbiotic relationship that feeds each other. The aim of this study is to reveal the basic concepts of Islamic environmental movements, to present the associations they founded and the campaigns they organized with various examples from the world and Turkey.

¹ Bu bildiri, Prof. Dr. Ali Coşkun danışmanlığında 2022 yılında tamamlanmış olan "Yeni Toplumsal Hareketler Bağlamında Din ve Çevrecilik: İslamî Çevre Hareketleri" isimli doktora çalışmasının bir bölümünden üretilmiştir

Our study has concluded that Islamic environmentalism is basically shaped around concepts such as al-khalifa, al-mizan, al-akhirah, and al-amanah, and that it is practiced as a social movement in many countries through the associations and various campaigns they organize, regardless of whether Muslims are a minority or a majority population. .

Key words: *Islam, Environment, Religion, Islamic Environmentalism, Islamic Environmental Movements.*

1. Giriş

Çevre hareketleri 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren dünyada ve Türkiye’de önemli toplumsal hareketler arasında yer almaya başlamıştır. Çevresel bozulmanın sebepleri ve sonuçlarına dikkat çekmek amacıyla çeşitli organizasyonlar ihdas edilmiş, pek çok kampanya düzenlenmiştir. Dinlerin çevreye yaklaşımları ve sorunlara yönelik çözüm önerileri de yine aynı yıllardan itibaren tartışılmaya başlanmıştır.

İslam’ın çevreye bakışından yola çıkarak sorunlara çözüm önerileri sunan İslamî çevre hareketleri dünyanın farklı bölgelerinde faaliyetlerine devam etmektedir. Temel olarak halife, mizan, ahiret, emanet gibi kavramlar etrafında şekillenmiş olan İslamî çevreciliğin çıkış noktası insanların Allah tarafından yeryüzüne halife olarak gönderilmiş olduğu ayeti olmuştur. Buna göre kendi türleri de dahil bütün canlıların koruyuculuğu vazifesi kendisine tevdi edilmiş olan insanoğlu ekolojik dengeyi gözetmeli, her türlü bitkinin ve hayvan soyunun devamlılığını sağlamalıdır. Bu amaçlara binaen dünyanın çeşitli bölgelerinde teşekkül etmiş olan İslamî çevre organizasyonları, Müslümanların dikkatini çevre sorunlarına çekebilmek için farklı kampanyalar düzenlemekte, muhataplarını bilgilendirmeye ve çevre sorunlarının çözümüne yönelik projeler üretmeye çalışmaktadırlar. Bu kampanyaların temel önerileri insanın kainattaki yerini ve rolünü doğru anlamaya çalışması, doğayı sınırsızca sömürebileceği bir kaynak değil dengesini bozmadan ihtiyacı olan kadarını kullanacağı kısıtlı bir alan olarak görmesi, bireysel olarak aşırı tüketimden uzak durması, insanların çevre bilincinin eğitim yoluyla artırılması olarak sıralanabilir.

2. İslamî Çevre Hareketleri

Sözlükte “Dikkate değer sayıdaki insanın, toplumun başlıca özelliklerinden birini ya da birkaçını değiştirmek veya değiştirilmesine karşı direnmek için örgütlü çaba harcamalarını anlatan bir terim” [1] olarak tanımlanan toplumsal hareket kavramı hakkında, sosyal bilimlerin farklı dallarında çalışmalar yapılmaktadır. Bir toplumsal hareket olarak İslamî çevre hareketleri, temel

ilham ve motivasyon kaynağı olan İslam dinine dayalı bir çevre anlayışı tesis etmeye çalışan, bu amaçla yapılan her türlü faaliyeti kapsayan bir hareket olarak bugün dünyanın farklı yerlerinde faaliyettedir. Bir hareketi İslamî yapan şey Müslümanlar tarafından icra ediliyor olması değildir. İslam'ı çevreciliğin temelinde oturtması, kavramlarını ve ilkelerini İslam'dan esinlenerek tesis etmesi ve katılımcılarının her türlü çevreci faaliyeti tıpkı bir dini vazifeyi yerine getiriyor-muşçasına adanmışlıkla ifa etmesi, Müslüman ve çevreci olmanın birbirini besleyen bir ilişkiye dönüşmesi İslamî çevre hareketlerinin mümeyyiz vasıflarıdır.

2.1. İslamî Çevrecilik

Bu çalışmada İslamî çevrecilik ile kastedilen, İslam'ın temel kaynaklarından yola çıkılarak ortaya konulan çevrecilik faaliyetleri ve tutumlarıdır. Bu bağlamda Müslümanların aktif olarak katıldığı çevre hareketleri ile İslamî çevre hareketleri arasında bir çizgi çekmek elzemdir. Çünkü Müslümanların yürüttüğü ya da bir parçası olduğu çevre hareketleri sadece İslam'dan değil pek çok başka kaynaktan da esinlenerek faaliyetlerini tanımlamakta ve yürütmektedir [2]. Hatta denebilir ki Müslümanların çoğunluk olarak yaşadığı coğrafyalarda ortaya çıkan çevre hareketleri İslamî referanslardan ziyade batı kökenli seküler modelleri örnek alarak teşekkül etmişler ve aynı minvalde çalışmaya devam etmektedirler [3]. Bu çalışmada araştırıldığı şekliyle İslamî çevrecilik faaliyetleri ise ilhamını, temel prensiplerini, motivasyon kaynağını temel olarak İslam'dan almakta ve çalışmalarını da İslamî hassasiyetlerle devam ettirmektedir. İslamî çevre hareketlerine katılan insanlar, pek çok toplumsal hareket çalışmasında tasvir edildiği şekliyle, çevreci hedeflere hizmet etmek için dini inanışlarını aktivizmlerine katmazlar. Aksine dini referansları, ritüelleri, sembol ve hikayeleri faaliyetlerine öyle bir şekilde dahil ederler ki çevreci faaliyetleri bizzat dini bir pratiğe dönüşür. Aynı anda hem Müslüman hem de çevrecidirler ve bu ikisi arasındaki ilişki simbiyotik bir özelliğe sahiptir. İki alandaki hedefler birbirleriyle iç içe geçmiş durumdadır [4].

İslam, herhangi bir toplumsal harekete dahil olan Müslümanlar için sadece ulaşmaya çalıştıkları amaç doğrultusunda kullandıkları bir araç, çalışmalarını temellendirmek ve organize etmek için kullandıkları bir kaynak değildir [5]. Bundan çok öte bir şekilde İslam içinde buldukları hareketi onlar için meşrulaştıran, bu sayede dinlerine de hizmet ettiklerine inandıkları ve sadece dünyada değil ahirette de mükafat elde edeceklerine inandıkları bir zemindir. Çevre hareketi için konuşmak gerekirse bir Müslümanın çevresine daha özenli olması için çeşitli faaliyetlerde bulunan bir toplumsal hareket ya da vakıf için çalışan Müslüman, Allah'ın insanlara emanet ettiği dünyayı daha iyi koruyabilmek adına giriştiği bu faaliyetin ahirette ona sevap olarak döneceğine de inanmaktadır.

İslamî çevreciliği seküler çevrecilikten ayıran birtakım özellikleri vardır. İslamî çevrecilik bütüncüdür ve biri idealistik diğer pragmatik olmak üzere iki temele sahiptir. İdealistik temelde tüm doğal unsurlar arasında temel bir bağ ve karşılıklı bağımlılık ilişkisi vardır. Çevre mükemmel bir düzendir ve yıkıcı bir zarara uğramamak için her yönüyle koruma altına alınmalıdır düşüncesi bu temeli en güzel şekilde ifade eder. Pragmatik temelde ise kamu yararını tesis etmek amacı yer alır. Dünyadaki doğal kaynaklar sınırlıdır ve tüm bireyler, topluluklar, türler ve gelecek nesiller için korunmalı ve varlığı sürdürülmelidir. Farklı bir şekilde ifade etmek gerekirse İslamî çevrecilik, çevre sorunlarının ortaya çıkmasını önlemek amacıyla pragmatik bir amaçla toplumsal bir norm olarak tesis edilmiştir [6].

İslam'ın çevreyle ilişkisini ortaya koymak için yapılan pek çok çalışmada seküler çevreciliğin yerleşik bir norm olmaktan ziyade aşırılığa, materyalizme ve doğal kaynakların sınırsız kullanımına bir tepki olarak ortaya çıktığına vurgu yapılır. Sanayileşme döneminde artan bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin ardından modernitenin sunduğu imkanların da aracılığıyla insanlar daha zengin olma arzusuyla dünyanın doğal kaynaklarını sınırsızmışçasına tüketmeyi kendilerinde bir hak olarak görmüşlerdi. Bu yüzden İslamî çevreciliğin günümüz çevre sorunlarının sebeplerine dair ilk ve en temel eleştirisi her zaman Batı'nın modernite aracılığıyla dünyanın kalanını sömürme hakkını kendisinde görmesi olmuştur [7]. İslamî çevrecilik konusunda kalem oynatan Seyyid Hüseyin Nasr, Fazlun Khalid, Mawil Izzi Dien gibi önemli isimler, çevre sorunlarının kaynağını insanların dünyayı sömürmesinden, ahlaki bozulmadan, sekülerleşmenin bir sonucu olarak doğaya kutsallık atfedilmesinin ortadan kalkmasından başlatmaktadırlar. Ammar'a göre İslamî çevrecilikte kimin bozduğundan bağımsız olarak Allah'ın insanlara emanet ettiği canlı cansız tüm varlıkları içine alan ekolojik düzeni yeniden tahsis etme vazifesinin tüm insanları kapsadığına vurgu yapılır [8].

Dinleri ve dolayısıyla İslam'ı dikkate almadan çevre sorunlarını çözmeye çabasının bir yere varması pek mümkün görünmemektedir. Dünyadaki insanların büyük bir bölümü, Batı'daki sekülerizmden uzak yaşamaktadırlar ve dini temeli olmayan herhangi bir ahlaki kabul etmeye meyilli değildirler. Chittick'e göre bir hükümet yetkilisi ya da üniversite mezunu birisi bir köye giderek rasyonel, felsefi ya da bilimsel sebepler sunarak bir ağacı kesmenin iyi bir şey olmadığını söylese, aynı şekilde Hindistan'daki bir brahman ya da Pakistan'daki bir molla aynı köye giderek Manu kanununa göre ya da şeriata göre bir ağacı kesmelerinin yasak olduğunu söylese, birçok insan hükümet yetkisinden ya da o alanda uzman olan kişiden ziyade din adamlarının görüşünü kabul edecektir. Bu sebeple

dünyanın çoğunluğu için dini bir ahlak çevre etiğinin temelini oluşturmaya devam etmektedir. Özellikle Batı’da çevre kriziyle ilgilenen bazı çevrelerde dini ahlaka yönelik kuvvetli önyargı çevre krizinin çözülmesinin önündeki en önemli engellerden birisidir [9]. Buna bir örneği de Fazlun Khalid verir. IFEES (Islamic Foundation for Ecology and Environmental Sciences) bünyesinde düzenlenen bir kampanya için Zanzibar’a gittiklerinde balıkçılık yaparken dinamit kullanarak hem denizdeki diğer balıklara zarar veren hem de çevreyi kirleten balıkçılara İslam’ın çevreye bakışını özetleyen bir sunum yaptıklarını ve balıkçılara onların Allah’ın yeryüzündeki halifeleri olduğunu hatırlattıklarını söyler ve bu sunumdan sonra balıkçıların “insan eliyle hazırlanmış yasalara itaatsizlik edebiliriz ama Allah’ın kanunlarına karşı gelemeziz.” diyerek dinamit kullanmaktan vazgeçtiklerini ifade eder. Seküler çevrecilerin ve hükümetlerin beş yılda başaramadığı bir işi yirmi dört saatte başardıklarını aktarır [10]. İslamî çevreciliğin dünyanın genelini etkileyen çevre sorunlarının çözümündeki önemine verilecek bunun gibi pek çok örnek vardır.

Çevre sorunlarıyla ilgilenerken insanları bu konularda bilinçlendirmeye çalışmak bazı Müslümanlarca modern ve batılı bir konsept olarak görülmemekte ve sık sık eleştirilmektedir. Fakat aslında bu bakış açısı İslam’ın ve ondan neşet etmiş uygulamaların yeterince bilinmemesinden kaynaklanmaktadır. İslam-çevre ilişkisini açıklarken çağdaş düşünürler tarafından en çok kullanılan ayetlerden yola çıkarak 10. ve 15. yüzyıllar arasında yaşamış müfessirlerin ilgili ayetleri yorumlayışıyla bugünkü yorumlanışlarını mukayese eden bir çalışma, İslamî çevreciliğin modern bir konsept olmayıp kökenlerinin klasik İslam düşüncesinde bulunduğu sonucuna ulaşmıştır. Buna göre ayetler klasik metinlerde belirli bir bağlamı açıklamak için detaylandırılarak anlatılmış, bazı tarihi bilgilerle zenginleştirilmiş; ancak modern metinlerde ayetler daha kapsayıcı ve bütüncül bir bakış oluşturmak adına tüm insanlığa hitap eden genel bir bakış şeklinde yorumlanmışlardır. Sonuç olarak, İslamî çevrecilik fikri İslamî gelenekten büyüyen bir ağaçtır. Bu ağacın bazı dalları bambaşka bir ağaçtan gelen parçalarla (modern çevrecilik düşüncesi) aşılınmış, bazı dalları ise budanmış ya da tamamen kesilmiştir. Fakat nihayetinde bu ağaç aynı kökler üzerinde yaşamaya devam etmektedir [11].

2.2. Temel Kavramlar

İslamî çevrecilik, İslam’ın temel kaynakları olan Kur’an-ı Kerim ve hadislerle dayanır. Çevrenin korunması, kâinata önem verilmesi, tüm canlıları içine alan tabiatla nasıl bir ilişki kurulması gerektiği hakkında pek çok ayet ve hadis-i şerif bulmak mümkündür. İslam ve çevre ilişkisini ortaya koyarken en çok kullanılan temel kavramlar olan emanet, halife, mizan, ahiret bu kaynaklardan yola çıkılarak temellendirilmiştir.

Emanet sözlükte “güvenilen bir kimseye koruması için geçici olarak tevdi edilen şey” anlamına gelir [12]. İstılahta ise yer aldığı ayetlere göre pek çok farklı şekilde yorumlanmıştır. Emanetle ilgili ayetlerin ve hadislerin kapsamı ücret, kira, ortaklık gibi maddi hakları olduğu kadar dini, ahlaki ve toplumsal kuralları da içine almaktadır [13]. Kur’an-ı Kerim’de yer alan En’am Sûresi 6/98, Ahzab Sûresi 33/72 ve Mü’minûn Sûresi 23/8 gibi emanetle ilgili ayetlerden hareketle İslam’ın, tüm unsurlarıyla birlikte doğaya ve çevreye bakış açısının emanet bilinciyle hareket etmek şeklinde olduğu söylenebilir. Allah doğal çevreyi insanlar kullansınlar diye yaratmıştır. İnsanlar onunla temel ihtiyaçlarını giderirler ve çevreyi başka insanlarla da paylaştıklarının bilincindedirler. Tabiattaki kaynakları hoyratça kullanıp israf etmezler. Tabiatın sahip olduğu tüm güzellikleri korumayı, onu en güzel şekilde gelecek nesillere teslim etmeyi şiar edinirler [14]. Kula’ya göre insanlar tabiatı yararlanırken öncelikle mutlak sahibin Allah olduğunu dikkate alır, insan-Allah-tabiat ilişkisini göz önünde bulundurur, verilen nimetler karşısında birtakım görev ve sorumluluklarının olduğunu hesaba katarlar. Ölümlü bir varlık olduğu ve bu dünyada yaptıklarından ahirette hesaba çekileceği inancı insanın tabiat karşısındaki tutumunu olumlu yönde etkiler. Onun tahrip edici, zarar verici davranışlardan kaçınmasını sağlar ve sadece kendini düşünen bencil bir insan olmasının da önüne geçer [15].

Sözlükte “birinin yerine geçmek, bir kimseden sonra gelip onun yerini almak, birinin ardından gelmek/gitmek, yerini doldurmak, vekâlet veya temsil etmek” gibi anlamlara gelen hilafet kelimesi, terim olarak İslâm devletlerinde Hz. Peygamber’den sonraki devlet başkanlığı kurumunu ifade eder. Halife de “bir kimsenin yerine geçen, onu temsil eden kimse” demektir ve devlet başkanı için kullanılır [16]. Fakat İslam ve çevre ilişkisi bağlamında kastedilen halifenin anlamı biraz daha farklıdır. İslamî çevreciler “Hani Rabbin meleklere ‘Ben yeryüzünde bir halife yaratacağım’ demişti. Onlar, ‘Biz seni övgü ile tesbih ederken ve senin kutsallığını dile getirip dururken orada fesat çıkaracak ve kan dökecek birini mi yaratacaksın?’ dediler. Allah ‘Şüphe yok ki ben sizin bildiklerinizi bilirim’ buyurdu.” şeklindeki Bakara Suresi 30. ayetinde geçen halife (vekilharç) kelimesinden yola çıkarak insanlara Allah’ın yer yüzündeki temsilcisi olmak ve O’nun yarattıklarını en güzel şekilde korumak misyonu yüklediğini savunurlar. İslam insanların yeryüzünde Allah’ın halifesi olmasını ister. Halifelik vazifesi insanlara dünyanın ve onun içindeki tüm canlıların korunması görevini vermiştir. Dünyada bulunan doğal kaynakların hepsi insanlar tarafından gözetilmelidir.

İslam’a göre, yaratılmış olan her şey bir bütünün yaşatılması, sürdürülmesi ve korunması için önemli bir role sahiptir. Yaratılmış olan her şey yaratılışın

bizzat kendisine hizmet eder; hepsinin bir ekolojik işlevi ve bir değeri vardır. Bunlar, kendinde var olan şeylerden gelen içkin bir değer; bir bütünüün ayrılmaz bir parçası olarak ekolojik değer; insanlar tarafından kullanılma değeri olarak sıralanabilir. Dolayısıyla yaratılış bir bütün olarak tasarlanmıştır ve o şekilde işlemektedir. İnsanlar da dahil olmak üzere her bir tamamlayıcı parça kendi rolünü oynar, vazifesini yerine getirir. Böylece hem kendisinin hem de yaratılmış olan sistemin devamlılığını sağlar [17]. İnsanoğlunun vekilharçlık vazifesini üstlendiği canlı topluluklar karşılıklı olarak birbirlerine bağımlıdır. İslam’ın çevre ahlakında insanlar başka canlıların sorumluluğunu üstlenmek zorundadır. Bir halife ya da vekilharç olarak insana düşen en önemli sorumluluk, söz konusu insan, bitki ya da hayvan topluluklarından hangisi olursa olsun, her yaşam biçiminin insanlığa sağladığı kaynak değerinden bağımsız olarak içkin bir değer taşıdığını kabul ederek onları korumak ve gözetmektir [18]. İslam dinine göre her şeye kadir olan Allah aynı zamanda her yerde hazır ve nazırdır. Bu yüzden insanların yaptıkları tüm işlerde O’nun emir ve yasalarını dikkate almakla yükümlüdürler. İslam’a göre tüm kâinat O’nun izniyle ve denetimiyle hareket eder. Dolayısıyla insanlar her zaman ve her yerde Allah’ın rızasına uygun şekilde hareket etmeli ve O’nun insanlar için çizdiği sınırların dışına çıkmaktan, Kur’an’daki deyimle haddi aşmaktan sakınmalıdırlar.

İslamî çevreciliğin önemli kavramlarından birisini de mizan oluşturur. Sözlükte “bir şeyin ağırlığını tahmin etmek, ölçmek, ölçüye vurmak” anlamlarına gelen mizan İslam literatüründe genellikle “ahiret hallerinin belli bir merhalesinde mükelleflerin sorguya çekilmelerinin tamamlayıcı bir işlemi olarak ceza veya mükafatı gerektiren amellerinin kemiyet açısından değerlendirilmesi” [19] olarak anlaşılır. İslamî çevrecilikte mizandan kastedilen şey ise bundan biraz daha farklı olarak Allah’ın kâinatı yaratıp yönetmesindeki ölçü ve ahenktir. Kur’an-ı Kerim’de Rahman Suresi’nin 7. ve 8. ayetlerinde geçen “Göğü O yükseltti, denge ve ölçüyü O koydu ki dengeden sapmayasınız.” ifadelerinden ve bunun gibi kainata tesis edilmiş düzeni anlatan başka ayetlerden hareketle İslamî çevreciler her şeyin bir ölçü ve düzene göre yaratıldığını, çevreye zarar verecek her türlü eylemin Allah’ın dünyaya koymuş olduğu düzene yani mizana zarar vermek anlamına geleceğini savunarak çevreyi korumaya vermeleri gereken önemin dini bir vazife olduğuna Müslümanların dikkatini çekmeye çalışırlar.

İnsanlar yaratıcının dünyadaki yediemini olarak henüz yaratılmadan önce dünyanın sorumluluğunu üstleneceklerine ve mizanı koruyacaklarına söz vermişlerdir. Kâinatta her şeye biçilmiş bir itibar ve mizan vardır, insanlık bu itibar ve ölçüyü bozmamakla ya da çiğnememekle yükümlüdür, hatta bu

yükümlülük insanlar için ahlaki bir vecibedir [20]. İslamî çevrecilik çalışmalarında çevreye önem vermenin öneminden bahsedilirken kavramın diğer anlamlarından birisi olan adalete fiziksel dengeye yapıldığı kadar büyük bir vurgu yapılmaz. Arap geleneğinde mizan kavramıyla ilgili yapılan çalışmalardan anlaşıldığı kadarıyla kavramın adaletle hüküm verme, eşit kollu teraziyle iki tarafın da iddialarını tartarak en doğru sonuca ulaşma gibi çağrışımları da vardır. Bu bağlamda mizan çevre ve ekoloji araştırmalarında zaman zaman tartışılan çevresel adalet, devletler arası eşitsizlikler, kaynakların adil bir şekilde dağıtılması, kapitalist ekonomik düzenin çevreye etkileri gibi konuları kapsayacak şekilde yeni yorumlamalara müsait bir boyut taşır [21].

Kıyamet ve ahiret inancı, İslamî çevreciliği tartışırken yer verilen önemli diğer kavramlardandır. Kıyamet sözlükte “dirilip mezarından kalkmak, Allah’ın huzurunda durmak” anlamlarına gelir ve kıyâm kelimesinden türemiştir. Terim olarak “Dünya’nın bağlı olduğu kozmik sistemde meydana gelecek değişimin ardından ölümlerin diriltilmesiyle başlayıp ebediyen devam edecek olan alem” şeklinde tanımlanabilir [22]. Kıyamet ve ahiret inanışları birbirlerini tamamlayan ve birbirlerinin devamı olan niteliğe sahiptirler. İslamî çevrecilikte hem kıyamet hem de ahiret önemli bir yere sahiptir. Ansızın gelecek olan kozmik kıyametin yanında dünyanın doğal dengesinin bozulması yüzünden yaşanacak olan felaketler de insanların kıyameti olarak adlandırılmıştır. Meşhur kıyamet çeşitlerinde insanın ölümü küçük kıyamet, toplumların ve milletlerin ölümünü ifade eden toplumsal kıyamet, yani orta kıyamet ve bütün insanların hesap vermesi sürecini başlatacak olan kozmik yani büyük kıyamettir [23]. İslamî çevreciliğe göre insanlar İslam dinini çizdiği sınırlara uygun bir şekilde ve doğanın dengesine dikkat ederek yaşamalı, küçük kıyamet olarak sayılan ölümleri gerçekleşene kadar kendilerine emanet edilmiş olan bedenlerine en iyi şekilde bakmalıdırlar. Orta kıyamet olarak adlandırılan toplumsal kıyamet, bir kavmin ya da milletin helak edilmesi bağlamında kullanılsa da İslamî çevreciler bu kavramı çevre sorunları yüzünden bozulan ekolojik denge, küresel ısınma, ozon tabakasındaki delikler, karbon salınımının artması, asit yağmurları, okyanus ve denizlerdeki kirlilik, biyoçeşitliliğin azalması gibi çeşitli çevre felaketlerini ifade etmek için kullanırlar. Eğer insanlar Allah’ın emanet ettiği canlı ve cansız tüm varlıklara tıpkı kendi bedenlerine bakar gibi özen ve dikkatle bakmazlarsa buna benzer daha çok çevre felaketinin, yani orta kıyametin yaşanacağına dikkat çekerek çevre problemleri ile ilgili farkındalık oluşturmaya çalışırlar. Aynı şekilde ahiret inancına da İslamî çevrecilerin söylemlerinde sıkça rastlanır. Ahirette insana ödül olarak vaat edilen cennetin çeşitli çevre güzellikleriyle tasvir edilmesi İslam’ın çevreye verdiği önemi göstermesi bakımından dikkate değerdir [24]. Ahiret inancı sadece cennetin güzelliklerine dikkat çekmek için değil

aynı zamanda insanların hesaba çekileceğine vurgu yapmak için de sıklıkla kullanılır. Bu dünyada yapılan tüm eylemlerin değerlendirileceği ahiret hayatı Müslümanları dünyadaki bütün işlerini bu hassasiyete uygun bir şekilde yerine getirmelerini gerektirir. Çevreciler de Müslümanları çevreye daha hassas olmaları, doğal düzene zarar verecek her türlü faaliyetten kaçınmaları gerektiğini ahiret inancından yola çıkarak temellendirmeye çalışırlar.

2.3. Önemli Kampanyalar

İslam ve çevrecilik hakkında 1960'lardan itibaren başlayan ve devam edegelen çalışmalar olmasına rağmen hem dünyada hem de Türkiye'de İslam'ı referans alarak şekillenmiş olan derneklerin ve sivil toplum kuruluşlarının oluşması bir hayli zaman aldı. Çevre konusunda gittikçe artan bir farkındalığa rağmen Müslümanlar arasında çevreci bakışın hala marjinal bir endişe olduğu düşüncesi mevcuttur [25]. Dinlerin insanların tutumlarını yönlendirmede sahip olduğu etkinin, dünya çapında faaliyet gösteren çevre organizasyonları tarafından fark edilmesi, pek çok ülkede gittikçe artan bir inanca dayalı kuruluşlar trendinin yükselmesini sağladı. Bu kuruluşlar İslamî öğretileri kullanarak muhatap aldıkları kitleleri çevre sorunları karşısında daha duyarlı olmaya davet ettiler. Londra merkezli MADE (Muslim Action for Development and the Environment/Kalkınma ve Çevre İçin Müslüman Hareketi) kuruluşu, Forum of European Muslim Youth and Student Organizations (Müslüman Gençlik ve Öğrenci Örgütleri Federasyonu) ile işbirliği içinde Topluluğumu Yeşillendiriyorum/Green Up My Community kampanyası düzenlemiş, bu çerçevede camileri çevre dostu bir yer haline getirmek, atıklarını dönüştürmek, suyun tasarruflu kullanılması için projeler geliştirmek gibi faaliyetler gerçekleştirmişlerdir. Sloganı dinini takip et, yeşil kal! (follow your deen, be green) olan kampanya 1996 yılından beri devam etmektedir [26].

Kanada'da yaşayan Muaz Nasır isimli bir Müslüman tarafından 2011 yılında inanç ve çevre ilişkisini araştıran yazılar yayınlamak için kurulan bir blog sitesi olan www.khaleafa.com zamanla büyümüş ve çeşitli kampanyalar düzenlemeye başlamıştır. The Green Khutbah (Yeşil Hutbe) bunlardan birisidir. Siteden anlaşıldığı kadarıyla kampanyanın amacı Müslüman toplumu küresel çevre sorunları hakkında bilgilendirmek, daha çevreci olmalarını ve sürdürülebilir bir yaşam tarzı geliştirmelerini sağlamaktır. Çeşitli tarihlerde yayınladıkları hutbelerle Müslümanları çevre sorunları karşısında daha aktif mücadele etmeye ve kendi hayatlarını bu yönde değiştirmeye teşvik etmektedirler [27]. Yine aynı kuruluş tarafından düzenlenen The Green Ramadan (Yeşil Ramazan) projesi de özellikle ramazan ayında israfın önüne geçmeyi, Müslümanların düzenledikleri büyük çaplı iftar organizasyonlarında çevreye zararsız şekilde üretilmiş olan

malzemeler kullanmalarını, evlerinde de su, elektrik gibi kaynakları daha dikkatli harcamaları yönünde farkındalık yaratmayı amaçlamaktadır [28].

Amerika Birleşik Devletleri'nin New York şehrinde yaşayan bir grup Müslüman siyahi öğrenci hem İslam hem de sosyal adaletle ilgileniyor olmaları ortak noktasında buluşarak 2020 yılında *Faithfully Sustainable (Adanmışça Sürdürülebilirlik)* adında bir oluşum başlattılar. Amaçlarını genç Müslümanların diğer insanlara ve gezegene karşı ilahi görevlerini yerine getirmelerinde teşvik etmek, iklim adaletsizliğine karşı savunmasız ve dezavantajlı durumda olanları korumak olarak ifade eden grup onlara yapılan bağışları çeşitli kampanyalar düzenlemek, dijital infografikler hazırlamak, eğitim ve etkinlikler düzenlemek için kullanmaktadır. 2020 ramazanında #ReduceEidShopping etiketiyle bayram alışverişlerinde israfı önlemek için bir kampanya düzenlediler [29].

Buraya kadar örneklendirilen kampanyalar Müslümanların azınlıkta olduğu ülkelerde yürütülmüştü. Müslümanların çoğunluk olarak yaşadığı ülkelere gelindiğinde durum biraz daha farklıdır. Bu ülkelerde çevre hareketlerinin önemli bir kısmı seküler bir dile sahiptir ve batılı örneklerine benzer söylemlerle kampanyalar düzenlerler. Düzenledikleri bu kampanyalarda İslam'ın, Müslümanların, Kur'an-ı Kerim'de çevreyle ilgili yer alan ayetlerin neredeyse hiç adı geçmez. Yine de İslam dinini çevresel aktivizmini yerine getirirken bir vasıta olarak kullanan Müslümanlar ve onların düzenledikleri kampanyalar da mevcuttur. Bu kampanyalardan bazıları örneklendirilecektir.

Fas'ın Marakeş şehrinin simge yapılarından birisi olan Kutubiyye Camii'ne 2017 yılında cami cemaatinin ve çalışanlarının enerji tüketimini çevre dostu bir şekilde sağlamak için güneş panelleri yerleştirildi. Fas gibi enerji alanında ülke dışından gelen fosil yakıtlara bağımlı olan bir ülkenin rüzgâr ve güneş gibi doğal kaynaklarını kullanarak enerji üretmesinin ekonomisinde önemli bir rahatlamaya sebep olması beklenmektedir. 2030 yılına kadar ülkenin enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklardan sağlamayı amaçlayan hükümet yetkilileri, bu amaçlarına ulaşmak için sadece Kutubiyye Camii'ni hedef almadılar. Ülkede bir grup imamın ve onlara destek olmak isteyen bir grup kadının iş birliğiyle Yeşil Camiler projesi hayata geçirildi. Bu projeye ülkedeki camilerin hem yenilenebilir kaynaklar kullanması hem de atıklarını dönüştürmesi planlanmaktadır. Bu amaçla birkaç imam ülke genelindeki camileri ziyaret etmekte ve cemaatlere çevrecilik hakkında ayetler ve hadisler ışığında vaazlar vermektedir [30]. 2019 yılında yayınlanan bir habere göre proje kapsamında 100'den fazla caminin dönüşümü sağlanmıştır. Bu sayınının 600'e tamamlanması hedeflenmektedir. Ülkenin bir dönem çevre bakanlığı görevini üstlenmiş olan Hakime el-Haite,

İslam'ın temiz enerji tartışmasına önemli katkılar sağlayacağını, Müslüman ülkelerin geleneklerine dönerek ve birer insan olarak dünyadaki sorumluluklarını hatırlayarak çevre kirliliği sorunlarına çözümler üretebileceğine inandığını ifade etmiştir [31].

Endonezya'da Cava merkezli bir oluşum olan Nehdatü'l-Ulemâ, Ehl-i Sünnet çizgisi doğrultusunda dört hak mezhebe bağlılığı vurgulayan ve geleneksel dini anlayışı korumayı hedefleyen bir harekettir. Temel amaçları dini eğitimi yaygınlaştırmak, geleneksel kültürü geliştirmek, fakir ve yetimleri koruyarak toplumsa sosyal adaleti sağlamak olan hareket çevre sorunlarıyla da ilgilenmektedir [32]. Nehdatü'l-Ulemâ, 1994 yılında hava, su ve topraktaki çevre kirliliğine yol açabilecek eylemlerin günah olduğunu, İslam Hukuku tarafından yasaklandığını ve bir suç olarak vasıflandırıldığını beyan eden bir fetva yayınlamıştır. 2019 yılında çeşitli uzmanlar ve hükümet görevlileriyle yapılan birkaç görüşmenin ardından plastik atıkların çöpe atılmasının haram olduğuna dair bir fetva yayımlandı [33]. 2015 yılında Nehdatü'l-Ulemâ bünyesinde Afet Yönetimi ve İklim Değişikliği Enstitüsü (LPBI-NU) adında bir yan kuruluş ihdas edildi. Bu tarihten beri çeşitli organizasyonlar düzenlemekte, Endonezya genelinde çevre sorunlarına İslamî bir bakış açısından yola çıkarak çözümler üretmeye ve mensuplarını bilgilendirmeye çalışmaktadırlar [34]. Nehdatü'l-Ulemâ gibi geleneksel dini eğitimi önemseyen bir kuruluşun çevre sorunları için harekete geçmesi, çevreye zarar veren eylemlerin dini açıdan da yanlış olduğuna dair fetvalar yayınlaması İslamî çevreciliğin pratik alandaki işlevini gösteren güzel bir örnektir. Endonezya'daki genç Müslüman çevrecilerle yapılan bir çalışmanın ulaştığı sonuçlara göre gençler çevreciliklerini İslam'a dayandırmakta, çevreciliklerini icra ederken aşkın bir çabayla meşgul olduklarını, bilimsel ve dini bilgiyi sentezleyerek insanlar ve dünya arasında yeni ve dengeli bir ilişki ihdas etmeyi amaçladıklarını ifade etmektedirler [35]. Bu cümleler Müslümanların çevreciliklerini dini bir muharrikle yerine getirdikleri, aralarında simbiyotik bir ilişki olduğu, çevre sorunlarına dikkat çekerken tüm faaliyetlerini İslam'dan referanslar kullanarak temellendirdikleri gibi tespitlerimizle de örtüşmektedir. Çevreye İslamî bir bakış inşa etmek için yapılmış olan bir etkinlik de 2015 yılında Paris'te düzenlenecek olan Dünya İklim Değişikliği Konferansı öncesinde Müslümanların iklim değişikliği hakkındaki sesini duyurmak için bir araya gelen deklarasyon ve iki gün süren sempozyum sonunda yazdıkları sonuç bildirisidir. IFEES önderliğinde 17-18 Ağustos 2015 tarihinde İstanbul'da düzenlenen sempozyum kapsamında Seyyid Hüseyin Nasr başta olmak üzere konuyla ilgilenen pek çok bilim adamına ulaşan ve taslak metne onların da katkılarıyla son şeklini veren heyet 80'den fazla bilim adamının katıldığı sempozyumun sonunda bir metin yayınlamıştır [36]. Metinde dünyanın karşı karşıya olduğu en büyük

evre sorunlarına dikkat çekildikten sonra Kur'an-ı Kerim'den ayetler ışığında sorunların tüm paydaşlarına hitap edilmiş ve çevre problemlerinin çözülmesi için harekete geçilmesi çağrısında bulunulmuştur.

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı bünyesinde başlatılan sıfır atık projesine de değinmekte yarar vardır. İsrafın önlenmesini, kaynakların daha verimli kullanılmasını, atık oluşum sebeplerinin gözden geçirilerek atık oluşumunun engellenmesini veya minimize edilmesini, atığın oluşması durumunda ise kaynağından ayrı toplanmasını ve geri kazanımının sağlanmasını kapsayan atık yönetim felsefesi [37] olan sıfır atık, son yıllarda pek çok kamu kurum ve kuruluşunda uygulanmaktadır. Diyanet İşleri Başkanlığı da bu projenin paydaşlarından birisidir. "Sıfır Atık, Sıfır İsraf Projesi" başlığı altında "Çevre Ahlakı Projesi"ni düzenleyen Diyanet İşleri, doğanın bütün unsurlarıyla ilişki içinde olmasının iman ve kulluk görevi olduğunu söylemiş, bütün insanoglunun doğaya tamahkar bir yaklaşımdan uzak durması gerektiğinin ve bunun bir kulluk vazifesi olduğunun altını çizmiştir [38]. Bu proje kapsamında Diyanet İşleri Başkanlığına bağlı yurtlarda kalan öğrencilere geri dönüşüm eğitimleri verilmesi, hacı adaylarının Mekke yolculuğu öncesi çevre eğitimlerinden geçirilmesi, kuruma bağlı olarak çalışan görevlilerin geri dönüşüm ve sıfır atık konularında bilgilendirilmesi gibi faaliyetler yürütülmesi planlanmıştır.

1999 yılında çeşitli meslek gruplarından oluşan çevre gönüllüleri tarafından İstanbul'da kurulan ÇEKÜD (Çevre Kuruluşları Dayanışma Derneği), Türkiye'de faaliyet gösteren İslamî çevre organizasyonlarının en büyüğüdür. Sitelerinde yer alan tüzüklerinde çevre ve kültür duyarlılığına sahip resmi ve özel kuruluşlarla dayanışma içinde çalıştıklarını ifade eden kurum, amaçlarını "... temiz ve yaşanabilir bir çevre idealini benimsemiş, milli kültür ve ahlak sahibi insanlardan meydana gelen bir toplumun oluşmasına katkıda bulunmak; doğal afetler ve kazalar neticesinde bozulan sosyal ve ekolojik dengeyi yeniden tesis amacıyla faaliyet yapmak" [39] şeklinde ifade etmektedirler. Bu amaçlarını gerçekleştirmek için Minik Ellerden Büyük İşler, Tohumdan Fidana, Köklerimiz Bu Topraklarda gibi ağaçlandırma kampanyaları düzenlemişler, Sofrada Sıfır Atık ve E-Atık projeleriyle israfın ve elektronik kirliliğinin önüne geçmeye çalışmışlar, Osmanlı ve Çevre, Kur'an Perspektifinden Çevre, Ulusal Çevre Politikamız, Yeşil Pazarlama ve Tüketim Farkındalığı gibi başlıklar altında konferans, seminer, panel ve sempozyumlar düzenlemişlerdir [40].

Çevre Vakfı, 1999 yılında çevre alanında evrensel düzeyde öncü ve etkin bir sivil toplum kuruluşu olma vizyonu ile İstanbul'da kurulmuştur. Çevre bilincinin yaygınlaştırılması için sivil toplum kuruluşları ile iş birliği, ülkemizdeki çevre

değerlerinin korunması için yasalar çerçevesinde çeşitli çalışmalar ve iletişim araçları kullanarak eğitim faaliyetlerinde bulunup milli çevre politikaları geliştirilmesine katkı sağlamışlardır. Çevre bilincini arttırmayı ve bir çevre ahlakının geliştirilmesini sağlamayı amaçlamaktadırlar [41]. Çevre Vakfı ve ÇEKÜD ile yakın ilişki içerisindeyler. ÇEKÜD ile iş birliği yaparak öğretmenlere yönelik seminerler düzenlemiş, su kullanma bilinci ile ilgili eğitimler tertip etmişlerdir. İki yılda bir düzenlenen ISEM adında Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu'nda dünyanın farklı yerlerinden katılımcılar tebliğlerini sunmaktadırlar. Bu tebliğler kitaplaştırılmaktadır.

3. Sonuç

Dinin temel kaynaklarından yola çıkarak bir söylem geliştiren İslamî çevre hareketleri dünyanın farklı bölgelerinde, kimin bozduğundan bağımsız olarak ekolojik düzenin tekrar tesis edilmesinin önemine dikkat çeken kampanyalar düzenlemektedirler. Bu kampanyalarında mizan, emanet, ahiret, halifelik gibi dinden mülhem kavramlar kullanarak seküler çevre hareketlerinden farklı bir dil ve bakış sunmakta, hitap ettikleri kitleleri dini inançları ile çevre hassasiyetlerini birleştirmeleri noktasında mobilize etmeyi amaçlamaktadırlar. İnsanların kainattaki yerini doğru anlamasını ve halifelik vazifesinin gereğini yerine getirmeye çalışmasını, doğayı sınırsız bir şekilde kullanabileceği bir kaynak olarak değil ihtiyacı olan kadarını mizanı yani dengeyi bozmadan kullanacağı kısıtlı bir alan olarak görmesini, aşırı tüketim ve israftan uzak durmasını sağlamak bu kampanyaların ortak amaçları olarak tespit edilmiştir.

Kaynakça

- [1] Marshall Gordon, "Toplumsal Hareketler", Sosyoloji Sözlüğü, Osman Akinhay ve Derya Kömürücü (çev.), Ankara: Bilim ve Sanat Yayınları, 2005, ss. 746-748, s. 746.
- [2] Hamed Safei El-Deen, "Seeing the Environment Through İslamîc Eyes: Application of Shariah to Natural Resources Planning and Management", Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 1993, Volume: 6, Issue: 2, <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01965481> (15.01.2022), ss. 145-164, s. 146.
- [3] Foltz Richard C., "İslam", Roger S. Gottlieb (ed.), The Oxford Handbook of Religion and Ecology içinde, New York: Oxford University Press, 2006, ss. 207-220, s. 208.
- [4] Hancock Rosemary, Islamic Environmentalism: Activism in the United States and Great Britain, New York: Routledge, 2018, s. 2.
- [5] Hancock, Islamic Environmentalism: Activism in the United States and Great Britain, s. 47.
- [6] Yıldırım A. Kadir, "Between Anti-Westernism and Development: Political Islam and Environmentalism", Middle Eastern Studies, 2016, Volume: 52, Issue: 2, <https://doi.org/10.1080/00263206.2015.1124414> (21.01.2022), ss. 215-232, s. 217-218.
- [7] Yıldırım, s. 218.

[8] Ammar, Nawal, "Islam and Deep Ecology", David Landis Barnhill ve Roger S. Gottlieb (ed.), *Deep Ecology and World Religions: New Essays on Sacred Ground* içinde, Albany: State University of New York Press, 2001, ss. 193-211, s. 206-207.

[9] Chittick William, "Din ve Çevre Krizi", Seyyid Hüseyin Nasr'ın Temel Düşünceleri, William Chittick (hzl.), İstanbul: İnsan Yayınları, 2012, s. 50.

[10] Hancock, *Islamic Environmentalism: Activism in the United States and Great Britain*, s. 89-90.

[11] Cebeci Merve, *Stewards of the Earth: Islamic Environmentalism in Classical and Contemporary Islamic Thought*, Yüksek Lisans Tezi, İbn Haldun Üniversitesi, Medeniyet Araştırmaları Enstitüsü, 2020, s. 80-81.

[12] Toksarı Ali, "Emanet", *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*, Cilt: 11, İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 1995, s. 81.

[13] Toksarı, s. 82.

[14] Ayten Ali, *Doğa Bize Emanet: Dini ve Psikolojik Yönleriyle İnsan-Doğa İlişkisi*, İstanbul: İz Yayıncılık, 2021, s. 33.

[15] Kula Naci, "Sahip Olma ve Emanet Duyguları Açısından İnsan-Çevre İlişkisi", *Çevre ve Din, Uluslararası Çevre ve Din Sempozyumu Bildiri Metinleri*, Cilt: 1, İstanbul: Yalın Yayıncılık, 15-16 Mayıs 2008, ss. 207-225, s. 222.

[16] Avcı Casim, "Hilafet", *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*, Cilt: 17, İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 1998, s. 539.

[17] Rizk Riham, "Islamic Environmental Ethics", *Journal of Islamic Accounting and Business Research*, 2014, Volume: 5, Issue: 2, <https://doi.org/10.1108/JIABR-09-2012-0060> (25.01.2022), ss. 194-204, s. 201.

[18] Çiştî Sadiye Hawar Han, "Fitrat: İnsanlar ve Çevre İçin Bir İslamî Model", *İslam ve Ekoloji: Bahşedilmiş Bir Emanet*, Richard C. Foltz, Frederick M. Denny ve Azizan Baharuddin (hzl.), Nurettin Elhüseyini (çev.), İstanbul: Oğlak Bilimsel Kitaplar, 2007, ss. 89-100, s. 95-96.

[19] Toprak Süleyman, "Mizan", *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*, Cilt: 30, İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2005, s. 211.

[20] Nomanul Haq Syed, "İslam ve Ekoloji: Yeniden Ulaşma ve Yorumlama Arayışı", *İslam ve Ekoloji: Bahşedilmiş Bir Emanet*, Richard C. Foltz, Frederick M. Denny ve Azizan Baharuddin (hzl.), Nurettin Elhüseyini (çev.), İstanbul: Oğlak Bilimsel Kitaplar, 2007, ss. 129-153, s. 133.

[21] Hancock, *Islamic Environmentalism: Activism in the United States and Great Britain*, s. 59.

[22] Topaloğlu Bekir, "Kıyamet", *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*, Cilt: 25, Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2002, s. 516-517.

[23] Topaloğlu Bekir, "Sâat", *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*, Cilt: 35, Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2018, s. 322.

[24] Günal Tuğba, "Kıyametin ve Ahiretin Hayatımıza ve Çevreye Dönük Yüzü", *Journal of Islamic Research*, 2016, Volume: 27, Issue: 3, <https://www.İslamîarastirmalar.com/magazine/tr-kıyametin-ve-ahiretin-hayatimize-ve-cevreye-donuk-yuzu-896.html?page=archive> (03.02.2022), ss. 414-426, s. 424.

[25] Hancock, *Islamic Environmentalism: Activism in the United States and Great Britain*, s. 64.

[26] Green Up My Community, (t.y.), <https://femyso.org/campaigns/past/green-up-my-community/> (21.02.2022).

- [27] About Green Khutbah, (t.y.), <http://www.khaleafa.com/about-2-1> (21.02.2022).
- [28] Green Ramadan, (t.y.), <http://www.khaleafa.com/greenramadan> (21.02.2022).
- [29] About, (t.y.), <https://www.fairlyfaithfullysustainable.org/about> (21.02.2022).
- [30] Bentley Chris, “Muslim Environmentalists Give Their Religion -and their mosques- a Fresh Coat of Religion”, *The World*, 4 January 2017, <https://theworld.org/stories/2016-12-30/muslim-environmentalists-give-their-religion-and-their-mosques-fresh-coat-green> (27.02.2022).
- [31] Neslen Arthur, “Morocco to Give 600 Mosques a Green Makeover”, *The Guardian*, 5 September 2016, <https://www.theguardian.com/environment/2016/sep/05/morocco-to-give-600-mosques-a-green-makeover> (27.02.2022).
- [32] Göksoy İsmail Hakkı, “Nehdatü’l-Ulemâ”, *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*, Cilt: 32, İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2006, s. 541.
- [33] Nehdatü’l-Ulemâ Presentation, (t.y.), https://globalplasticaction.org/wp-content/uploads/22.04.20_Presentation_NU.pdf (27.02.2022).
- [34] Nehdatü’l-Ulemâ Afet Yönetimi ve İklim Değişikliği Enstitüsü, (t.y.), <http://lpbi-nu.org/tentang-kami/profil-lpbi-nu/> (27.02.2022).
- [35] Nilan Pam, “Muslim Youth Environmentalists in Indonesia”, *Journal of Youth Studies*, 2021, Volume: 24, Issue: 7, <https://doi.org/10.1080/13676261.2020.1782864> (02.03.2022), ss. 925-940, s. 936-937.
- [36] İslam İklim Değişikliği Deklarasyonu, 18 Ağustos 2015, <https://www.ifees.org.uk/wp-content/uploads/2020/01/iccd-turk.pdf> (02.03.2022).
- [37] Sıfır Atık Nedir?, (t.y.), <https://sifiratik.gov.tr/sifir-atik/sifir-atik-nedir> (02.03.2022).
- [38] “Çevre Ahlakı Projesi” Tanıtımı Yapıldı, 20 Mart 2019, <https://www.diyamet.gov.tr/tr-tr/Kurumsal/Detay/25458/cevre-ahlaki-projesi-tanitim-programi-yapildi> (02.03.2022).
- [39] Çevre Kuruluşları Dayanışma Derneği Tüzüğü, (t.y.), <https://www.cekud.org.tr/wp-content/uploads/2021/06/tuzuk.pdf> (05.03.2022).
- [40] ÇEKÜD Tarihçesi, (t.y.), <https://www.cekud.org.tr/tr/hakkimizda/cekud-tarihcesi/> (05.03.2022).
- [41] Hakkımızda, (t.y.), <https://www.cevrevakfi.org.tr/hakkimizda/> (05.03.2022).

Sürdürülebilirlik için Eğitim Alanındaki Sıfır Atık Yönetimi Örneği: Sakarya Üniversitesi

1* Ceren YILDIRIM, A. Suna ERSES YAY

*1 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği,

Özet

Gelişen dünya ve artan nüfusun sonucu olarak, mevcut kaynaklarımızda tükenmeler yaşanmaktadır. İhtiyaçların sonsuz ama kaynakların sınırlı olduğu bir dünyada yer almaktayız. Var olan kaynakların kullanımından kaynaklı da olumsuz etkiler meydana gelmektedir. Bu çeşitli antropojenik etkilerden dolayı yaşanan küresel etkiler, sürdürülebilir bir yaşamın önünde tehlikeli bir engeldir. Yaşadığımız bu dünyanın mevcut kaynakları gitgide azalmakta olduğunun farkına varılıp, çözüm için gerekli adımlar atılmalıdır. Alternatif çözüm için atılan adımlardan biri olan sıfır atık yaklaşımı, Sakarya Üniversitesi örneği olarak incelenmiştir. Kaynakları doğru kullanmak ve daha yaşanılabilir bir dünya yaratmak için “sıfır atık” konusunda oldukça titiz davranılması gerekmektedir. Bu amaçla yapılan bu çalışmada, Sakarya Üniversitesi’nde eğitim gören öğrencilerin sıfır atık yönetimi konusundaki bakış açılarını belirlemek için bir anket gerçekleştirilmiştir. Anket çalışması aracılığıyla, kadın-erkek, çevre mühendisliği ve diğer bölüm öğrencileri gibi çeşitli faktörler arasındaki farklılıklar değerlendirilip, bireylerin sıfır atığa olan yaklaşımları ile bilgi düzeyleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *sıfır atık, üniversite, anket,*

Summary

As a result of the developing world and increasing population, our current resources are being exhausted. We are in a world where needs are endless, but resources are limited. Adverse effects also arise due to the use of available resources. The global impacts experienced due to these various anthropogenic effects are a dangerous obstacle to a sustainable life. Realizing that the current resources of this world we live in are decreasing day by day, necessary steps should be taken for a solution. Zero waste approach, which is one of the steps taken for an alternative solution, has been examined as an example of Sakarya University. It is necessary to be very careful about “zero waste” to use resources correctly and to create a more livable world. A survey was conducted to determine the perspectives of students studying at Sakarya University on zero waste management. Through this survey study, the differences between various factors such as male and female, environmental engineering and other department students were evaluated, and individuals; approach to zero waste and their knowledge level were examined.

Key Words: *zero waste, university, survey*

1. Giriş

Hızla artan nüfus, ekonomik büyüme, şehirleşme ile çeşitlenen tüketim alışkanlıkları, çevre ve doğal kaynaklar üzerinde baskıyı hergeçen gün arttırmaktadır. 21. yüzyılda, ekosistem ve gezegenimizdeki doğal kaynakların tükenmez olmadığı açıktır. İnsanların sağlığının, ekonomik ve sosyal refahının korunması ve sürdürülmesi, ekosistem ve sunduğu hizmetin bütünlüğünün korunmasına ve sürdürülmesine bağlıdır. Çevre sorunlarının ortaya çıkması ile çeşitli atık yönetim sistemlerinin gelişmesine sebep olmuştur. Ancak, son yıllarda, konvansiyonel çevre yönetim uygulamalarının yetersiz kaldığı fark edilmeye başlandığından hedefi sıfır atık olan, üretim ve tüketimde “karbon nötr” anlayışına sahip, ürünlerde yaşam döngüsü isteyen yeni atık yönetim stratejileri ortaya çıkmıştır. “Sıfır atık” terimini ilk kez 1973 yılında Paul Palmer tarafından kimyasallardan kaynak geri kazanımı için kullanmıştır (Zaman, 2015).

Üniversitelerdeki öğrenci ve personel sayıları göz önüne alındığında kampüs içerisindeki yaşamın küçük bir şehir veya kasaba olarak değerlendirmek yanlış olmaz bu sebeple kampüsün büyüklüğüne göre diğer atık türlerinin yanında ciddi miktarlarda kâğıt, karton, plastik, cam, metal ve organik atıklar gibi geri dönüştürülebilir atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atık türleri hem yürürlükteki mevzuat hükümleri gereğince, hem düzenli depo sahasına gidecek olan atık miktarının azaltılması için hem de geri dönüştürülebilmelerinden dolayı doğal kaynakların korunması ve ekonomik sebeplerden dolayı diğer atıklardan ayrı olarak biriktirilmesi ve toplanması gerekmektedir. Bu atıkların kaynağında etkin ve ayrı olarak biriktirilmesi ve toplanması için de bir yönetim sistemine, stratejisine veya planına ihtiyaç duyulmaktadır. Üniversitelerde atık yönetim sisteminin kurulması ve sıfır atık projesiyle atıkların ayrıştırılması (Mason vd., 2003; Armijo de Vega vd., 2003; Ugwu vd., 2020), atık karakterizasyonu (Gallardo vd., 2016; Adeniran vd., 2017), atık minimizasyonu (Harris ve Probert, 2009; Smyth vd., 2010), geri dönüşüm (Armijo de Vega vd., 2008), atıklardan enerji elde edilmesi (Tu vd., 2015) ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Üniversitelerde sıfır atık projesinin uygulanması bilgilendirmelerle farkındalığın artması ve geri dönüşümle çevresel etkilerin azalmasına olanak tanır. Yapılan bir çalışmada (Ferronato vd., 2020) devlet üniversitesinde atık karakterizasyonu yapıldıktan sonra geri dönüşebilir atıklar ayrı toplanmaya başlanmıştır. Yapılan anketlerle geri dönüşüm projesinin uygulanması, seminer ve bilgilendirme kampanyalarının öğrencilerin bilgi ve farkındalıklarının iyileştiğini göstermişlerdir. Geri dönüşebilir atıkların ayrı toplanmasında siyasi irade, mali destek ve farkındalık eksikliği gibi nedenlerle zor olduğunu belirtmişlerdir. Harris ve

Probert (2009), yaptıkları çalışmada üniversite personeli ve öğrencilere tek kullanımlık bardaklar yerine tekrar kullanılabilir bardak kampanyası fizibilitesini ölçmek için anket yapmışlardır. Anket sonuçlarına göre tekrar kullanılabilir bardak kampanyası atık minimizasyon planının uygulanabilir olduğunu fakat katılımcılarının davranışında finansal teşviğin önemli olduğu belirtilmiştir. Bir üniversitede gıda israfını incelemek için analiz çalışması yapılmış ve sonuçlar öğrencilerin ürettiği yemek atığının ortalama 73,7 gr/kişi/yemek (öğün) olduğunu ve en çok temel gıda ve sebzelerin atıldığını göstermiştir(Wu vd., 2019). Bir yükseköğretim kurumunda katı atık yönetimi programının başarısını garanti altına almak için katılımın, disiplinler arası çalışmanın ve kurum yetkililerinin özel desteğinin alınmasının çok önemli olduğu vurgulanmaktadır (Espinosa vd., 2008).

Sakarya Üniversitesi personeli ve öğrencisiyle (öğrencilerin üniversitede bulunmasına göre) Sakarya ilinin yaklaşık %5 - %10'unu oluşturmaktadır. Eğer verimli bir katı atık yönetimi sağlanamaz ise hem çevresel, hem maddi, hem de sosyal sorunları beraberinde getirecektir. Bu sorunun çözümü için, katı atık üretimini en aza indirme, değerlendirilebilir atıkları kaynağında ayrı toplayarak geri kazanma ve geriye kalan atıkları da çevreye olan olumsuz etkilerini önleyen sistemlerle bertaraf etme yolunda çalışmalar yapılması ve bu sistemlerin sürekliliğini sağlayacak hedef kitlenin eğitimi gerekmektedir. Bu çalışma ile Sakarya Üniversitesi öğrencilerinin sıfır atık konusunda farkındalığını ve bilincini anlamak olup, literatüre katkı yapılması amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metod

2.1 Çalışma Yeri ve Özellikleri: Sakarya Üniversitesi

1970 yılında Sakarya Mühendislik ve Mimarlık Yüksekokulu ile açılan Sakarya Üniversitesi, 1992 yılında 3837 sayılı kanun ile Sakarya Üniversitesi olarak eğitim ve öğretime başlamıştır. Sakarya Üniversitesi'nde 6 Enstitü, 13 Fakülte, 2 Meslek Yüksek Okulu, 36 Araştırma ve Uygulama Merkezi bulunmaktadır. Sakarya Üniversitesi toplam 231.780 m2 fiziki alana sahip olup, bu alanda 52992 öğrenciye hizmet veren bir üniversitedir. Üniversitede 551 idari personel ve 1641 Akademik personel görevlidir (Anonim, 2022).

2.2 Sakarya Üniversitesi Sıfır Atık Yönetimi

12 Temmuz 2019 tarihli ve 30829 sayılı Sıfır Atık Yönetmeliği'nde belirtildiği şekilde 2019 yılı ortasından itibaren üniversitelerde oluşan atıkların düzenli bir şekilde ayrıştırılması zorunluluk haline getirilmiştir. Sakarya Üniversitesi 2016 yılında Kurumsal Çevre ve Atık Yönetimi Komisyonu'nu kurarak Sıfır Atık çalışmalarına başlamış, 12/01/2021 tarihinde Sıfır Atık Belgesi'ni almıştır.

Sıfır Atık Yönergesi hazırlanarak 11 Kasım 2021 tarihinde Sıfır Atık Koordinatörlüğü kurulmuş ve Sıfır Atık Koordinasyon Kurulu oluşturulmuştur. Sakarya Üniversitesi bünyesinde de sıfır atık yönetimi adına ise çeşitli uygulamalar ve eğitimler yapılmaktadır.

2.3 Farkındalık Anket Çalışması

Sakarya Üniversitesi'nde eğitim gören öğrencilerin sıfır atık yönetimi konusundaki bakış açılarını belirlemek için bir anket gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında üniversite öğrencilerine 3 kısımdan oluşan bir anket uygulanmıştır. Anketin ilk kısmında öğrencilerin sosyo-ekonomik ve ailelerinin demografik özellikleri ile ilgili sorular, ikinci kısımda öğrencilerin sıfır atık bilgisi ile ilgili sorular, üçüncü kısımda ise öğrencilerin çevresel düşüncelerini anlamaya yönelik sorular sorulmuştur. Bilgi ölçeği ile Bilinç ve Davranış ölçeği soruları içerisinden bazı sorular aşağıda sıralanmıştır:

Bilgi Ölçeği;

- Sıfır atık nedir duydunuz mu?
- Sıfır atık nedir biliyor musunuz?
- Sıfır atık kutularının renklerini biliyor musunuz?
- Geri dönüşüm konusunda bilinçli misiniz?
- Atıklarınızı evinizde/kaldığınız yerde ayırıyor musunuz?
- Sakarya üniversitesinde atıklarınızı ayırıyor musunuz?
- Sakarya üniversitesinde çevre bilinci ile ilgili eğitim veriliyor mu?

Bilinç ve Davranış Ölçeği;

- Sıfır atık uygulamasının önemli olduğunu düşünüyor musunuz?
- Atıkları kaynağında azaltmak ve geri dönüşüm oranını arttırmak için gündelik alışkanlıklarımı değiştiririm der misiniz?
- Sakarya Üniversitesinde atıklar ayrı ayrı toplanıyor mu?
- Sakarya Üniversitesinde sizce sıfır atık uygulanıyor mu?
- Sakarya Üniversitesinde yeterli geri dönüşüm kutusu var mı?
- Sakarya Üniversitesinde geri dönüşüm kutularının yerleri uygun mu?

3. Sonuçlar ve Tartışmalar

3.1 Sakarya Üniversitesi Sıfır Yönetiminde Atık Mevcut Durum

Sıfır atık projesi kapsamında; 1200 adet sıfır atık kutusu öğrenci ve çalışanların rahat ulaşabileceği noktalara yerleştirilmiştir. Plastik-cam-metal atıklar, kağıt atıklar ve diğer atıklar olarak 3'lü sistem kurulmuştur. Ayrıca her binanın giri-

şine atık pil kutuları konulmuştur (Resim 1). Sıfır Atık faaliyetleri kapsamında, tek kullanımlık ürün kullanımının azaltılması ve böylece atık miktarının kontrol altına alınması amacıyla “Termosunu Getirene İndirimli Kahve” uygulaması başlatılmış ve tek kullanımlık bardak sarfiyatında %37 oranında düşüş kaydedilmiştir. Üniversitemizde 72.656,5 kg kağıt/karton, 42.217,5 kg plastik/cam/metal, 25.940 kg elektronik atık ve 128 kg pil geri dönüşüme kazandırılmıştır. Ayrıca 3.647 kg tıbbi atık ve 6.637 kg tehlikeli atık bertaraf tesislerine gönderilmiştir.



Resim 1. Sakarya Üniversitesi Sıfır Atık Kutuları

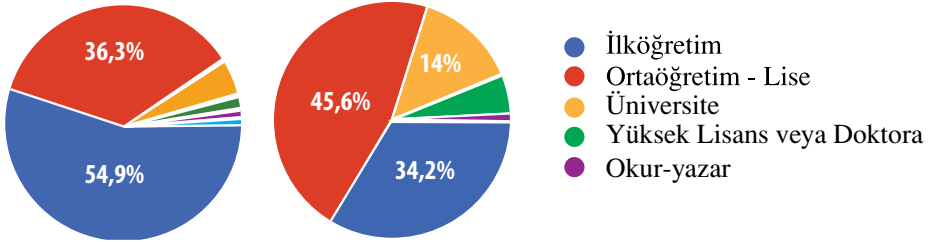
Sakarya Üniversitesi kamusal sorumluluk bilinciyle Sakarya Üniversitesi öğrencileri ve diğer üniversite öğrencilerini çevre kirliliği hakkında düşünmeye teşvik edip, sıfır atık konusunda toplumsal farkındalığın oluşmasına katkıda bulunmak amacıyla 11 Nisan- 31 Mayıs 2022 tarihleri arasında ana temasını “Sıfır Atık için Farkındalık” olarak belirlediği Üniversiteliler arası Podcast, Kısa Film, Fotoğraf ve Sanatsal Tasarım yarışmaları düzenlemiştir. 08 Haziran 2022 tarihinde SAÜ Kültür ve Kongre Merkezi’nde “Sıfır Atık Farkındalık Paneli” ile Üniversiteliler arası “Podcast, Kısa Film, Fotoğraf ve Sanatsal Tasarım Yarışmaları Ödül Töreni” gerçekleştirilmiştir. Sıfır atık bilinci ve kültürünü üniversitemizde yaygınlaştırmak için Sıfır atık uygulaması hakkında işçiler ile idari ve akademik personelimize eğitim verilmiş ve öğrencilerimizin bilinçlendirilmesi içinde eğitim çalışmaları devam etmektedir.

3.2 Farkındalık Anket Değerlendirilmesi

3.2.1 Demografik Yapı İncelemesi

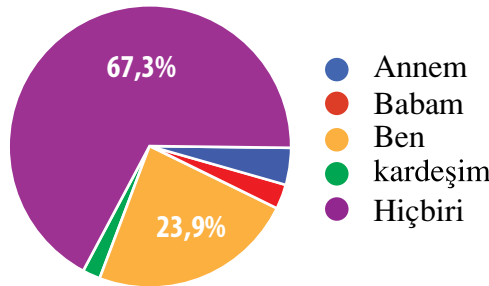
Bu çalışmaya Sakarya üniversitesinden toplam 114 öğrenci katılmıştır. Katılımcıların %47’si kadın, %53’ü erkektir. Anket yapan öğrencilerin yaş dağılımı 19 ile 30 yaş iken, anketin genelini 4.sınıfta olan son sınıf öğrencileri doldürmüş olup, %29,’u 22 yaş, %29’u 21 yaş ve %16 sı 23 yaşındadır. Anne ve babanın eğitim durumu incelendiğinde (Sekil 1) ise genelde anneler ilköğretim mezunu (%54,9) iken babanın eğitim durumu ortaokul-lisedir (%45,6). Anketi yapan öğrencilerin çoğunluğu çevre mühendisliği öğrencisi olmakla birlikte, diğer mühendislik bölümleri (Gıda, Endüstri, İnşaat, Bilgisayar, Metalürji ve Malzeme, Makine), Halkla İlişkiler ve Reklamcılık, Türk Dili ve Edebiyatı,

Maliye, Gazetecilik, Hukuk, Sosyal Hizmetler, Coğrafya, Tıp, Ekonometri, Ebelik, Tarih öğrencileri de anketi yapmıştır.



Şekil 1. Anne ve Baba Eğitim Durumu

Öğrenci profiline baktığımızda çoğunluk, Kocaeli, İstanbul ve Sakarya ilinden olup anketi cevaplayanlar arasında Ankara, Bursa, Düzce, Rize, Kastamonu, Kayseri, Kütahya, Tekirdağ, Uşak, Antalya, Azerbaycan, Balıkesir, Aksaray ve Çankırından gelmiş ve Sakarya üniversitesinde okuyan öğrenciler de bulunmaktadır. Ailenizde çevre ile ilgili gönüllülük esaslı hizmet verdiğiniz herhangi bir kurum (kuruluş, dernek vs) var mıdır? Sorusunu incelediğimizde ise (Şekil 2) çevre kuruluşlarına ailelerinden çok kendilerinin gönüllü olduğu görülmektedir. %67,3 gibi yüksek bir oranla öğrencilerin çevre derneklerine katılmadığı da Şekil 2’den gözükmemektedir.



Şekil 2. Gönüllü çevre derneklerine katılım




3.2.2 Sıfır Atık Bilgi Ölçeği

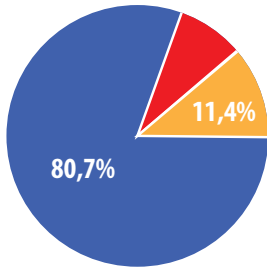
Yapılan ankette “Sıfır Atık Bilgi Ölçeği” soruları altında verilen cevaplar göz önüne bulundurulduğunda (Tablo 1) ; öğrencilerin çoğunlukla teorik olarak bilgi sahibi olduğunu görüyoruz. Fakat bu bilgi ve bilincin eyleme dökülmüş hali oldukça istenilen seviyede olmadığından, geri dönüşümün/kazanımın yapılmasını engellemektedir. Okulumuz adına atıkların ayrı toplanması hakkında daha çok eğitim verilip, geri dönüşüm kutularının daha da yaygınlaşması sağlanmalıdır.

Tablo1. Sıfır Atık Bilgi Belirleme Anketi

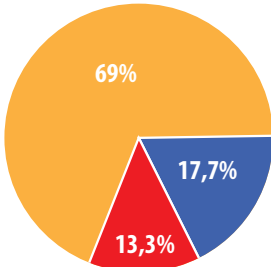
Soru	Evet	Hayır	Kısmen	Kararsızım
Sıfır atık nedir duydunuz mu?	%95	%7	%12	-
Sıfır atık nedir biliyor musunuz?	%88	%6	%20	-
Sıfır atık kutularının renklerini biliyor musunuz?	%61	%21	%29	%3
Geri dönüşüm konusunda bilinçli misiniz?	%80	%2	%32	-
Atıklarınızı evinizde/kaldığınız yerde ayırıyor musunuz?	%30	%32	%52	-
Sakarya Üniversitesi'nde atıklarınızı ayırıyor musunuz?	%33	%25	%50	%6
Sakarya Üniversitesi'nde çevre bilinci ile ilgili eğitim veriliyor mu	%32	%29	%41	%12

•Bilgi ölçeği ek sorular**Görseldeki sembollerden hangisinin anlamı yanlıştır?**

-  E-atıkların geri dönüştürülebilir olduğunu gösterir.
-  Bitkilerden elde edilmiştir.
-  Cam atıkları cam kumbaralara atılmalıdır.

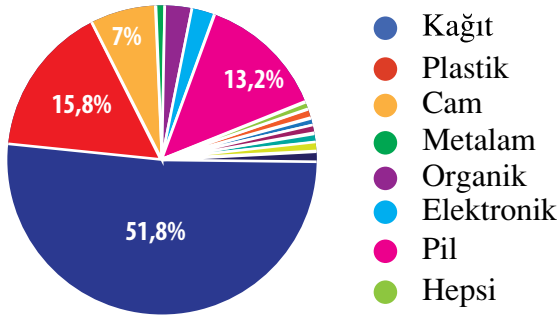


- E-atıkların geri dönüştürülebilir olduğunu gösterir
- Bitkilerden elde edilmiştir
- Cam atıkları cam kumbaralara atılmalıdır

a. Sarı-Yeşil-Mor atık kutularının türleri aşağıdakilerden hangisidir?

- Kağıt Atıklar-Yemek Atıkları-Metal Atıklar
- Cam Atıkları-Metal Atıklar-Plastik Atıklar
- Plastik Atıklar-Cam Atıklar-Ekmek Atıkları

b. Geri dönüşüme katkı sağlamak için ev veya üniversitede hangi tür atıkları ayırıyorsunuz?



Cevaplar sonucu elde edilen grafikte, üniversitemizde var olan geri dönüşüm kutularının yaklaşık %62 oranında öğrencilerin bilgisinde olduğunu görüyoruz. Fakat kalan öğrencilerin yaklaşık %14 kadarı, bu kutuların bilincinde değil. Bu konu hakkında ise öğrencilere farkındalık sağlamak adına eğitim alınan dersliklerin her katına ve ortak kullanım alanları olan kantin, kulüp odaları, etüt odaları gibi alanlara geri dönüşüm kutuları tedarik edilmelidir.

3.2.3 Sıfır Atık Bilinç ve Davranış Ölçeği

Tablo 2. Sıfır Atık Bilinç ve Davranış İnceleme Anketi

SORU	Tamamen Katılıyorum	Kısmen Katılıyorum	Kararsızım	Kısmen Katılmıyorum	Tamamen Katılmıyorum
Sıfır atık uygulamasının önemli olduğunu düşünüyor musunuz?	%108	%4	%2	-	-
Atıkları kaynağında azaltmak-geri dönüşüm oranını artırmak için gündelik alışkanlıklarımı değiştiririm der misiniz?	%88	%24	%2	-	-
Sakarya Üniversitesinde atıklar ayrı ayrı toplanıyor mu?	%28	%54	%22	%4	%6
Sakarya Üniversitesinde sizce sıfır atık uygulanıyor mu?	%17	%58	%23	%6	%10
Sakarya Üniversitesinde yeterli geri dönüşüm kutusu var mı?	%17	%49	%24	%13	%69
Sakarya Üniversitesinde geri dönüşüm kutularının yerleri uygun mu?	%21	%48	%28	%8	%68

Sıfır Atık Bilinç ve Davranış Anketi sonucunda ise, çalışmaya katılanların sıfır atık için genel görüşü olumludur. Fakat gerek üniversite bünyesinde gerek ise katılımcıların yaşam standartlarında yapılacak olan iyileştirme çalışmalarıyla bu olumlu görüşü daha yüksek noktalara taşınmalıdır. Örneğin; üniversite bünyesinde daha fazla atık kutusu yerleştirilmesi ve çeşitli farkındalık çalışmaları yapılması, atıkların daha kolay ayrışması konusunda büyük kazanç sağlayacaktır.

4. Sonuç

Bu çalışma ile üniversite kampüslerinde Sıfır Atık Yönetimi uygulanabilmesine dair hem nicel hem de nitel ölçümlerle literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmada sunulan veriler etkin bir Sıfır Atık Yönetimi uygulaması ile atıkların büyük bir çoğunluğunun geri kazanılabildiğini göstermiştir. Sosyal boyutuna dair yapılan analizlerle bu konuda daha fazla eğitim faaliyetlerine yer vermek, müfredatlar içerisinde çevreye ilişkin dersleri arttırmak ve daha dikkat çekici yönlendirmeler kullanarak Sıfır Atık Yönetimi'nin daha etkin bir şekilde uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Referanslar

- [1] Zaman, A.U., 2015. A comprehensive review of the development of zero waste management: Lessons learned and guidelines. *J. Clean. Prod.* 91, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>
- [2] Mason, I.G., Brooking, A.K., Oberender, A., Harford, J.M., Horsley, P.G., 2003. Implementation of a zero waste program at a university campus. *Resour. Conserv. Recycl.* 38, 257–269. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00147-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00147-7)
- [3] Armijo de Vega, C., Ojeda-Benítez, S., Ramírez-Barreto, M.E., 2003. Mexican educational institutions and waste management programmes: A University case study. *Resour. Conserv. Recycl.* 39, 283–296. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00033-8](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00033-8)
- [4] Ugwu, C.O., Ozoegwu, C.G., Ozor, P.A., 2020. Solid waste quantification and characterization in university of Nigeria, Nsukka campus, and recommendations for sustainable management. *Heliyon* 6, e04255. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e042558>
- [5] Gallardo, A., Edo-Alcón, N., Carlos, M., Renau, M., 2016. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. *Waste Manag.* 53, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.04.013>
- [6] Adeniran, A.E., Nubi, A.T., Adelopo, A.O., 2017. Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. *Waste Manag.* 67, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.002>
- [7] Harris, B.K., Probert, E.J., 2009. Waste minimisation at a Welsh university: A viability study using choice modelling. *Resour. Conserv. Recycl.* 53, 269–275. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.12.008>
- [8] Smyth, D.P., Fredeen, A.L., Booth, A.L., 2010. Reducing solid waste in higher education: The first step towards “greening” a university campus. *Resour. Conserv. Recycl.* 54, 1007–1016. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.02.008>
- [9] Armijo de Vega, C., Ojeda Benítez, S., Ramírez Barreto, M.E., 2008. Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Manag.* 28. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.03.022>
- [10] Tu, Q., Zhu, C., McAvoy, D.C., 2015. Converting campus waste into renewable energy - A case study for the University of Cincinnati. *Waste Manag.* 39, 258–265. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.01.016>

[11] Ferronato, N., Guisbert Lizarazu, E.G., Velasco Tudela, J.M., Blanco Callisaya, J.K., Preziosi, G., Torretta, V., 2020. Selective collection of recyclable waste in Universities of low-middle income countries: Lessons learned in Bolivia. *Waste Manag.* 105, 198–210. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.014>

[12] Wu, Y., Tian, X., Li, X., Yuan, H., Liu, G., 2019. Characteristics, influencing factors, and environmental effects of plate waste at university canteens in Beijing, China. *Resour. Conserv. Recycl.* 149, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.022>

[13] Espinosa, R.M., Turpin, S., Polanco, G., De laTorre, A., Delfín, I., Raygoza, I., 2008. Integral urban solid waste management program in a Mexican university. *Waste Manag.* 28, 27– 32. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.03.023>

[14] Anonim, 2022 <https://www.sakarya.edu.tr/sayilarla-sau.html>

