

**SÜRDÜRÜLEBİLİR** Çevre araştırmaları üzerine 6 ayda bir yayınlanmaktadır.  
*Published every 6 months on environmental research.*



# ÇEVRE

**JOURNAL OF SUSTAINABLE ENVIRONMENT DERGİSİ**  
Cilt:1 Sayı: 2 Yıl: 2021 Vol:1 Issue: 2 Year: 2021



ISSN: 2791 - 7444

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/cevder>



## Editör

---

**Prof. Dr. Eyüp DEBİK**  
debik@yildiz.edu.tr  
Yıldız Teknik Üniversitesi

## Editör Yardımcıları

---

**Prof. Dr. İsmail KOYUNCU**  
koyuncu@itu.edu.tr  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Ali ATA**  
aliata@gtu.edu.tr  
Gebze Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Bekir KAYACAN**  
bekirkayacan@istanbul.edu.tr  
İstanbul Üniversitesi

**Prof. Dr. Bahadır TUNABOYLU**  
bahadir.tunaboynu@marmara.edu.tr  
Marmara Üniversitesi

**Doç. Dr. Haldun KARAN**  
haldun.karan@tubitak.gov.tr  
Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Başkanlığı

**Doç. Dr. Süleyman KAYA**  
suleymankaya@ibu.edu.tr  
Bolu Abant Baysal Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali UĞUR**  
mehmetali.ugur@yaloyna.edu.tr  
Yalova Üniversitesi

## Sekreter

---

**İsmail KARA**  
ismail.kara@cevrevakfi.org.tr  
Çevre Vakfı

Sürdürülebilir Çevre Dergisi  
Dergi Sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cevder>

ISSN :2791 - 7444



## İçindekiler

---

- İklim Okuryazarlığına Yönelik Ortaokul Öğrencilerinin Kendilerini Algılama Düzeyleri 1-12  
*Self-Perception Levels of Secondary School Students Regarding Climate Literacy*  
(Kevser ARSLAN, Aslı GÖRGÜLÜ-ARI)
- Aydınlanma Ekseninde İnsan-Çevre İlişkisinde Yaşanan Değişime Odaklanılarak Modernitenin Çevresel Sonuçlarının Kentleşme ve Planlama ile Birlikte İrdelenmesi 13-24  
*Examining Environmental Consequences of Modernity with Urbanization and Planning Through Focusing on the Change in the Human-Environment Relationship on the Axis of Enlightenment*  
(Neslihan KULÖZÜ-UZUNBOY, Arzu KOCABAŞ)
- Biyogaz Akımı İçerisindeki Siloksan Bileşiklerinin Adsorpsiyon Yöntemi ile Gideriminin Araştırılması 25-40  
*Investigation of the Removal of Siloxane Compounds in Biogas by Adsorption Method*  
(Yağmur Meltem AYDIN KIZILKAYA, Vedat UYAK)
- Döngüsel Ekonomi Modeli Kapsamında Erzurum İli Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yol Yapımında Kullanılabilirliğinin İncelenmesi 41-52  
*Investigation of Usability of Excavated Soil, Construction and Demolition Wastes in Erzurum City for the Road Construction within the Scope of Circular Economy Model*  
(Zeynep EREN, Büşra Nazlı ŞEN)
- Erken Çocukluk Döneminde Çevre Eğitimi ve Sürdürülebilirlik 53-56  
(Merve KAYA-AYDIN)

## İklim Okuryazarlığına Yönelik Ortaokul Öğrencilerinin Kendilerini Algılama Düzeyleri

Kevser ARSLAN\*

arslankevser96@gmail.com

Aslı GÖRGÜLÜ-ARI

agorgulu@yildiz.edu.tr

Yıldız Teknik Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi, İstanbul, Türkiye

### Özet

İklim ve iklim değişikliği, öğrencilerin eğitim-öğretim yaşamlarında karşı karşıya gelebilecekleri önemli konulardan biridir. İklim konusu, sosyal bilimlerin yanı sıra fen bilimleri de ilgilenen ve disiplinler arası özelliğe sahip geniş bir yelpazeye yayılım göstermektedir. İklimi ve iklim değişikliğini anlamaya dayanan iklim okuryazarlığı becerisini kazanmak, bireyin çevreyle ilişkisini, bilimsel bilgi anlayışını ya da alacağı kararları etkileyen kritik beceri ve bilgi alanına sahip olmaktır. İklim okuryazarlığının, gün geçtikçe önem kazanan bir konu haline gelmesi beraberinde bireylere iklim okuryazarlığı becerisi kazandırılması gerekliliğini de ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla öğrencilere, iklim okuryazarlığı becerisi kazandırmak ve öğrencilere iklim konusunda bilimsel temelleri kavratmak gerekmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada öğrencilerin iklime ve iklim okuryazarlığına ilişkin kendilerini algılama düzeylerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaçtan yola çıkarak, araştırmanın örneklemini, 2019-2020 eğitim-öğretim yılında İstanbul ilinde yedinci ve sekizinci sınıf düzeyinde öğrenim görmekte olan toplam 300 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırma nicel araştırma yöntemlerinden tarama modeliyle yürütülmüştür. Araştırmada veri toplama aracı olarak belirlenen anket formunda, iklime ve iklim okuryazarlığına yönelik kendini algılama sorularına yer verilmiştir. Alanında uzman öğretim üyeleri tarafından incelenerek uzman görüşü alınıp, dil anlatımı açısından kontrolü sağlanan anket formu belirlenen ortaokul öğrencilerine yüz yüze bir biçimde uygulanmıştır. Uygulama sonrası elde edilen veriler istatistik programıyla analiz edilmiştir. Verilerin frekans ve yüzde değerleri hesaplanmıştır. Çapraz tablolarla ve ki kare testi yardımıyla analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda öğrencilerin iklim konusunda en fazla internet ve okul ortamlarından bilgi aldıkları ve iklime dönük olarak gerçekleştirilen herhangi bir etkinliğe katılım sağlamadıkları ortaya konulmuştur. Öğrencilerin iklim konusunda biraz bilgili oldukları tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Çevre Eğitimi, iklim okuryazarlığı, algılama düzeyleri, ortaokul öğrencileri.

## Self-Perception Levels of Secondary School Students Regarding Climate Literacy

Kevser ARSLAN\*

arslankevser96@gmail.com

Aslı GÖRGÜLÜ-ARI

agorgulu@yildiz.edu.tr

Yıldız Technical University, Department of Mathematics and Science Education, Science Education, Istanbul/Turkey

### Abstract

Climate and climate change is one of the important issues that students may encounter in their education life. The issue of climate spreads over a wide range of interdisciplinary features, which are related to natural sciences as well as social sciences. Acquiring climate literacy skills based on understanding the climate Marked set by pc and climate change is to have critical skills and knowledge that affect the individual's relationship with the environment, his understanding of scientific knowledge or the decisions he will make.

\*Sorumlu Yazar: Kevser ARSLAN / Kevser ARSLAN (Doktora Öğrencisi) / Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi, İstanbul, Türkiye.

The fact that climate literacy has become an issue that is gaining importance day by day reveals the need for individuals to gain climate literacy skills. Therefore, it is necessary to provide students with climate literacy skills and to make students understand the scientific foundations of climate. In this context, in this study, it is aimed to reveal students' self-perception levels regarding climate and climate literacy. Based on this purpose, the sample of the research consists of a total of 300 students studying at the seventh and eighth grade levels in Istanbul in the 2019-2020 academic year. The research was carried out with the screening model, which is one of the quantitative research methods. In the questionnaire, which was determined as a data collection tool in the research, self-perception questions about climate and climate literacy were included. The questionnaire form, which was examined by expert lecturers in the field and controlled in terms of language expression, was applied face-to-face to the determined secondary school students. The data obtained after the application were analyzed with a statistical program. Frequency and percentage values of the data were calculated. It was analyzed with the help of cross tables and chi-square test. As a result of the research, it has been revealed that the students get the most information about climate from the internet and school environments and they do not participate in any climate-oriented activities. It was determined that the students were somewhat knowledgeable about climate. Suggestions were made in line with the results obtained from the research.

**Keywords:** Environmental education, climate literacy, perception levels, secondary school students.

### 1. Giriş

İklim, başta sosyal bilimler alanında olmak üzere fen bilimlerinde de son derece büyük öneme sahip bir konu haline gelen ve disiplinler arası özelliği olan bir kavramdır. İklim, herhangi bir yerdeki yıllık ve mevsimsel hava koşullarının uzun gözlemlere dayanması sonucunda belirlenen ortalama durumu olarak tanımlanmaktadır (Atalay, 1998). Koca (2015) ise iklimi belirli bir yerdeki uzun yıllar boyunca etkisini gösteren hava olaylarının ortalaması olarak açıklamaktadır. İklimin uzunca bir zaman zarfında oluşması, hava olaylarının ortalaması olması ve genel bir durumu ifade edebilmesi iklimin temel özelliklerini oluşturmaktadır. İklim bir bilim olarak ele alındığında, konu alanları oldukça geniş sınırlar içerisinde yayılmaktadır. Atmosfer, iklimin elemanları, iklim tipleri, iklimin etkileri ve hava durumu iklimin temel alt konu alanlarını oluşturmaktadır (Gökçe, 2011).

Doğal ortamların ve çevrenin korunması, ekolojik dengenin sağlanması ve canlıların yaşamlarının devamlılığı açısından iklim son derece önemli bir konumda yer aldığı belirtilebilmektedir. Canlı ve cansız varlıkların sürdürülebilirliğinde kilit bir nokta olan iklim ve ekolojik dengenin dengesinin korunması oldukça önemlidir. Ancak günümüzde hızla artan

kent nüfusu ve kontrolsüz sanayileşme sonucunda insan kaynaklı olarak ortaya çıkan etkilerle iklim dengesi bozulmalara uğramaktadır. Çarpık şehirleşme, yeryüzü ve yeraltı su kaynaklarının bilinçsizce kullanılması, enerji kaynaklarının tüketilmesi, çevrenin hızla tahrip edilmesi, fosil yakıt tüketiminin artması ekolojik dengenin bozulmasına yol açarak iklimsel problemleri de beraberinde getirmektedir (Aksan ve Çelikler, 2013). Buna bağlı olarak ortaya çıkan iklim problemleri; küresel ısınma, sera etkisi, ozon tabakasının incelmeye ve iklim değişiklikleri gibi sonuçlar ile kendini göstermektedir. Ortaya çıkan iklimsel sorunların sonuçları, yeryüzü üzerindeki insanların ve diğer canlıların yaşamını tehdit eder hale gelmektedir.

Yapay ve doğal faaliyetler sonucunda meydana gelen iklimsel dengedeki bozulmaların, başta insan yaşamı olmak üzere, tüm canlı yaşamı üzerinde yarattığı olumsuz etki büyüktür. İnsan faaliyetleri sonucunda sürekli zarar gören yeryüzü iklimi ve atmosfer yapısının bozulması ciddi düzeyde iklim sorunlarına kapı aralamaktadır. Buna karşın iklim dengesinin korunmasında, iklimsel bozulmaların önüne geçilmesinde ve iklimsel bozulmaların olumsuzluklarının azaltılmasındaki görevleri üstlenmek insanlara düşmektedir.



Hem insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan hem de insanları etkileyen bu iklim problemlerinin durdurulması veya azaltılması yine bireyler tarafından sağlanabilir. Bu anlamda; iklim, iklim değişikliği ve iklimsel adaptasyon kavramları ilişkisinin insanlara kazandırılması gereken becerilerden birinin de iklim okuryazarlığı becerisi olduğuna işaret etmektedir. Dolayısıyla burada, “İklim okuryazarlığı” kavramı ön plana çıkmaktadır. İklim okuryazarlığı, bireylerin ve toplumun iklim üzerindeki etkisini anlamakla birlikte; iklimin de fertler ve toplum üzerindeki etkisini anlamaya dayandırılmaktadır (USGCRP, 2009). Diğer bir deyişle insanların doğal çevreye yönelik daha duyarlı olabilmelerini ve iklim bilgilerini daha etkili bir düzeyde kullanabilmelerini sağlamaktır. (Shafer, 2008). 2009 yılı içerisinde, ABD Küresel Değişim Araştırma Programı kapsamında yapılan bir çalışmada, bireylerin iklim okuryazarı sayılabilmesi sahip olması gereken özellikler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

√ Hava ve iklim fonksiyonlarına yönelik gereken prensipleri ve ana kavramları; bu kavramların gökyüzü, yeryüzü, hayat ve insan işlevleri üzerinde nasıl bir ilişki olduğunu anlayabilmek,

√ Anamlı bir biçimde iklim ve iklim değişikliği hakkında ilişki kurabilmek,

√ İklimle ilgili bilimsel olarak sorumlu ve bilinçli kararlar verebilmek (USGCRP, 2009).

İklimi ve iklim değişikliklerini anlama becerisi kazanmış, iklimin çevreyle ilişkisini kavrayabilmiş, bilimsel bilgi anlayışını veya alacağı kararları etkileyecek kritik beceri ve bilgi alanına sahip bir birey iklim okuryazarlığı yeteneğine sahip demektir. Buradan hareketle iklim düzenini ve iklim dengesini olumsuz yönde etkilenmemesi açısından, gelecek nesillerdeki bireylere kazandırılması gereken okuryazarlık eğitimlerine, iklim okuryazarlığının da dâhil edilmesini kaçınılmaz hale getirebilmektedir. Bu denli önem kazanan iklim okuryazarlığı becerisinin bireylere kazandırılması, bilimin doğasında ve iklim sisteminde yer verilen bilimsel temellerin kavratılmasını gerektirmektedir (Rebich ve Gautier, 2005).

Fen bilimlerinde beklenen düzeyde iklim konularına yer verilmemesine karşın, ortaokul düzeyindeki fen bilimleri öğretim programında iklim ve yaşam ilişkisi ile temel iklim bilgisi konularına yoğunlaşılması beklenmektedir (Yakar, 2019). Bireylere iklim odaklı etkili bir çevre eğitiminin verilmesi açısından öncelikle öğrencilerin iklim ve iklim okuryazarlığına ilişkin olarak eksiklerinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Dolayısıyla öğrencilere bu becerilerin kazandırılması amacıyla, öğrencilerin iklim ve iklim okuryazarlığına ilişkin kendilerini algılama düzeylerinin belirlenmesi önemlidir. “Ortaokul öğrencilerinin iklime yönelik kendini algılama düzeyleri nasıldır?” araştırma sorusu olarak belirlenmiştir. Araştırma sorusu doğrultusunda, öğrencilerin iklime ve iklim okuryazarlığına ilişkin kendilerini algılama düzeylerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

## 2. Yöntem

Çalışmanın yöntem bölümünde, araştırma modeli, çalışmanın örnekleme, veri toplama aracı, veri toplama süreci, verilerin analizi aşamalarına ilişkin bilgilere yer verilmektedir.

### 2.1. Araştırma modeli

Araştırmada, öğrencilerin iklime ve iklim okuryazarlığına ilişkin kendilerini algılama düzeylerinin belirlenmesi sürecinde nicel araştırma yöntemlerinden tarama modelinden faydalanılmıştır. Tarama araştırmalarının amacı genellikle araştırma konusu ile ilgili mevcut durumun fotoğrafını çekerek betimleme yapmaktır. Belirlenen amaca yönelik oluşturulan hedef kitleden araştırmacı tarafından belirlenen cevap seçeneklerini kullanarak veri toplama sürecine dayanmaktadır (Büyüköztürk vd., 2016). Çepni (2010), tarama modelini gerçekleştirilen anketler aracılığıyla var olan durumun ortaya çıkarılması amacıyla veri toplandığı yöntem olarak ifade etmektedir. Eğitim çalışmalarında genellikle tercih edilen bir çalışma türü olduğu belirtilmektedir (Creswell 2008).

### 2.2. Araştırma örnekleme

Araştırmanın örneklemini, 2019-2020 eğitim-öğretim yılı içerisinde İstanbul İli'nde

7. ve 8. sınıf düzeyinde öğrenim görmekte olan toplam 300 ortaokul öğrencisi oluşturulmaktadır. Araştırmanın evrenini İstanbul İli'nde öğrenim görmekte olan ortaokul öğrencileri oluşturulmaktadır. Çalışmada amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay ulaşılabılır durum örnekleme türü seçilmiştir. Bu yöntem, araştırmaya pratiklik ve hız kazandıran bir yöntem olarak bilinir ve tercih edilir (Gök vd., 2011). Bu örnekleme yönteminde erişilmesi kolay ve yakın olan bir durum seçilir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Örneklem grubu, araştırmacının öğrencilere kolay ulaşabileceği ve rahatlıkla veri toplayabileceği grup olarak seçilmiştir. Araştırmacının kolay erişebileceği okulda öğrenim gören öğrencilerden fen bilimleri dersi akademik başarı anlamında orta düzeyde olan öğrenciler araştırmaya dahil edilmiştir. Araştırmaya dahil edilen öğrencilerin %3,3'ünün 0-44 puan aralığında,

%6,3'ünün 45-54 puan aralığında, %24,7'sinin 55-69 puan aralığında, %39,7'sinin 70-84 puan aralığında, %26'sının 85-100 puan aralığında olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla çalışmaya katılım sağlayan öğrencilerin orta düzeyde başarı gösterdiği ifade edilebilmektedir. Uzman öğretim üyeleriyle ve fen eğitimcileriyle görüşme yapılarak uzmanların uygun görmüş olduğu sınıf düzeyleri araştırmaya dâhil edilmiştir. Öğrencilerin iklim konusuna hakim olma durumları ve öğrencilerin hazırbulunuşlukları göz önüne alındığında, 7 ve 8. Sınıf öğrencilerinin çalışma örnekleme içerisine alınmıştır.

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin öğrenim gördükleri sınıf düzeylerine ilişkin elde edilen verilerin frekans dağılımları Çizelge 2.1'de yer verilmiştir.

**Çizelge 2.1** Öğrencilerin Sınıf Düzeyine Ait Frekans ve Yüzdelerine İlişkin Veriler

Sınıf Düzeyi	Frekans(N)	Yüzde (%)
8.Sınıf	203	67,7
7.Sınıf	97	32,3
Toplam	300	100

Çalışmaya katılım sağlayan öğrencilerin %67,7'si sekizinci sınıf, %32,3'ü ise yedinci sınıf; düzeyinde öğrenim görmektedir. Araştırmaya katılım sağlayan öğrenci-

lerin cinsiyetlerine ilişkin elde edilen verilerin frekans dağılımına Çizelge 2.2'de yer verilmiştir.

**Çizelge 2.2** Öğrencilerin Cinsiyetlerine Ait Frekans ve Yüzdelerine İlişkin Veriler

Cinsiyet	Frekans(N)	Yüzde (%)
Kız	161	53,7
Erkek	139	46,3
Toplam	300	100

Çalışmaya katılım sağlayan öğrencilerin %53,7'sinin kız öğrenci ve %46,3'ünün ise erkek öğrenci olduğu anlaşılmaktadır.

### 2.3. Veri toplama aracı

Çalışmada veri toplama aracı olarak ortaokul öğrencilerine yönelik olarak iklim okur- yazarlığına ilişkin kendini algılama sorularının yer aldığı anket formu kullanılmıştır. Anket formu içerisinde, "İklim konusunda

bilgi düzeyi, iklim konusunda katkı sağlayan kaynaklar, iklime ilişkin araştırma yapma sıklığı, iklim ve iklim değişikliğiyle ilgili gelişmeleri takip etme sıklığı, iklim problemleri hakkında konuşma sıklığı, iklime dönük etkinliklerde bulunma" soruları yer almaktadır. Anket formunda yer alan sorular kapalı uçlu olarak öğrencilere yöneltilmiştir. Anket formunda yer alan kapalı uçlu sorular oluşturulurken, Güven vd. (2019) tarafından

gerçekleştirilen enerji okuryazarlığı ölçeği uyarılama çalışmasından yararlanılmıştır. Ankette yer alan kapalı uçlu sorulara yönelik yanıtlar tipte olduğu üzere 1'den 5'e doğru derecelendirilmiş seçenekler haline getirilerek oluşturulmuştur. Diğer taraftan hazırlanan anket formu alanında uzman 2 öğretim üyesinin ve 3 öğretmenin uzman görüşüne sunulmuştur. Mevcut çalışmada uygulanan anket formu, hedef kitleyi temsil edebilecek 20 7.sınıf ve 20 8.sınıf öğrencisine uygulanarak pilot çalışması gerçekleştirilmiştir.

### 2.5. Veri toplama süreci

Çalışmaya katılım sağlayan ortaokul öğrencilerine soruların yer aldığı form sınıf ortamında öğrencilere yüz yüze uygulanmıştır. Gerekli açıklamalar yapıldıktan sonra öğrencilere cevaplamaları için yeterli zaman verilmiştir. Cevaplandırma süresince öğrencilere hiçbir müdahalede bulunulmamıştır. Veri toplama süreci, 2 Mart 2020 tarihinde başlatılmış olup, 6 Mart 2020 tarihinde tamamlanmıştır.

### Çizelge 3.1 Öğrencilerin İklim Konusunda Sahip Oldukları Bilgi Düzeylerine İlişkin Veriler

Bilgi Düzeyleri	Frekans(N)	Yüzde(%)
Çok Fazla Bilgili	59	19,7
Bilgili	15	5,0
Biraz Bilgili	189	63,0
Çok Az Bilgili	30	10,0
Hiç Bilgisi Yok	7	2,3
<b>Toplam</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

Çizelge 3.1 incelendiğinde, öğrencilerin yarısından fazlasının (%63) iklim konusunda sahip olduğu bilgi düzeyinin biraz bilgili düzeyde olduğu görülmektedir. İklim konusunda öğrencilerin %19,7'sinin oldukça fazla bilgili olduğu ve %10'unun çok az bilgili olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu konuda hiç bilgi sa-

### 2.6. Veri analizi

Araştırma süreci boyunca ortaokul öğrencilerinden toplanan veriler nicel yöntemlerden yararlanılarak analiz edilmiştir. Ortaokul öğrencilerinin ölçek formuna vermiş oldukları yanıtları SPSS 22.0 istatistik programına aktarılmıştır. Öğrenci cevapları betimsel analiz edilerek frekans ve yüzde değerleri hesaplanarak yorumlanmıştır. Öte yandan çarpaz tablolar oluşturularak iklim konusundaki bilgi düzeylerinin, her bir değişken ile dağılımları incelenmiştir. Bilgi düzeylerinin diğer değişkenler arasında ilişkisinin tespit edilmesi amacıyla ki-kare testinden yararlanılmıştır.

### 3. Bulgular

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin iklim konusunda kendilerini ne düzeyde bilgi sahibi olarak gördüklerine ilişkin elde edilen verilerin frekans dağılımına Çizelge 3.1'de yer verilmiştir.

hibi olmayan öğrencilerin %2,3 de olduğu göze çarpmaktadır.

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin, iklim hakkında sahip oldukları bilgileri nereden öğrendiklerine ilişkin elde edilen verilerin frekans dağılımına Çizelge 3.2'de yer verilmiştir.

### Çizelge 3.2 Öğrencilerin İklim Hakkında Bilgi Edinmede Yararlandıkları Kaynaklar

Bilgi Edindikleri Kaynaklar	Frekans(N)	Yüzde(%)
İnternet	105	35
Okul	99	33
Televizyon Programları	43	14,3
Kitap-Gazete-Dergi	34	11,3
Arkadaşlar- Aile	19	6,3
<b>Toplam</b>	<b>300</b>	<b>100</b>



Çizelge 3.2 incelendiğinde, öğrencilerin iklim konusunda en fazla internetten (%35), bunu takiben okuldan (%33) faydalanarak bilgi edinmiş olduğu görülmektedir. Öğrencilerin en az ise %6,3 oranında arkadaşlar ve aile ortamından bilgi edinmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin, iklim konusunda ne kadar sıklıkla araştırma yapmış olduklarına ilişkin cevaplarından elde edilen verilerin frekans dağılımına Çizelge 3.3'te yer verilmiştir.

**Çizelge 3.3** Öğrencilerin İklim Konusunda Hangi Sıklıkta Araştırma Yaptıklarına İlişkin Veriler

Araştırma Yapma Sıklığı	Frekans(N)	Yüzde(%)
Çok Fazla	8	2,7
Fazla	113	37,7
Az	85	28,3
Ara Sıra	56	18,7
Hiç	38	12,7
<b>Toplam</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

Çizelge 3.3 incelendiğinde, iklim konusunda öğrencilerin yüzde olarak büyük çoğunluğunun (%37,7) araştırma yapma sıklıklarının fazla olduğu görülürken; bunu takiben diğer bir çoğunluğunun (%28,3) ise az zaman sıklıklarında araştırma yapmış olduğu görülmektedir. Öğrencilerin çok az bir kısmının ise (%2,7) iklim konularında çok

fazla sıklıklarda araştırma yapmış olduğu da anlaşılmaktadır.

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin, iklim konusundaki gelişmeleri ne kadar sıklıkla takip etmiş olduklarına ilişkin cevaplarından elde edilen verilerin frekans dağılımlarına Çizelge 3.4'te yer verilmiştir.

**Çizelge 3.4** Öğrencilerin Günlük Hayatta İklim Konusundaki Gelişmeleri Hangi Sıklıkta Takip Ettiklerine İlişkin Veriler

Gelişmeleri Takip Etme Sıklığı	Frekans(N)	Yüzde(%)
Çok Fazla	26	8,7
Fazla	101	33,7
Az	93	31,0
Ara Sıra	58	19,3
Hiç	22	7,3
<b>Toplam</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

Çizelge 3.4 incelendiğinde, iklim konusunda öğrencilerin bir kısmının (%33,7) gelişmeleri fazla zaman ayırarak takip etmiş olduğu görülürken; bunu takiben diğer bir çoğunluğunun (%31) gelişmeleri az sıklıklarla takip etmiş olduğu görülmektedir. Öğrencilerin az bir kısmının ise (%7,3) iklime yönelik gelişmeleri hiçbir zaman takip etmedikleri

de anlaşılmaktadır.

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin, iklim konusundaki problemleri arkadaşlar ve öğretmenleriyle hangi sıklıklarda konuştuklarına ilişkin cevaplarından elde edilen verilerin frekans dağılımına Çizelge 3.5'te yer verilmiştir.

**Çizelge 3.5** Öğrencilerin İklim Konusundaki Problemleri Çevresindeki Kişiler İle Birlikte Hangi Sıklıkta Konuştuklarına İlişkin Veriler

Konuşma Sıklığı	Frekans(N)	Yüzde(%)
Çok Fazla	11	3,7
Fazla	63	21,0
Az	99	33,0
Ara Sıra	68	22,7
Hiç	59	19,7
<b>Toplam</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

Çizelge 3.5 incelendiğinde, öğrencilerin bir kısmının (%33) iklim konusundaki problemleri çevresindeki kişilerle birlikte az zaman sıklıklarında konuştuğu görülürken; bir kısmının (%22,7) ise bu sorunları ara sıra konuşmuş olduğu görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin diğer bir kısmının (%19,7) da iklimsel problemleri çevresindeki bireyler ile

hiçbir zaman konuşmadıkları anlaşılmaktadır.

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin, iklim konusunda gerçekleştirilmiş herhangi bir etkinliğe katılım sağlamalarına ilişkin elde edilen verilerin frekans dağılımına Çizelge 3.6'da yer verilmiştir.

**Çizelge 3.6** Öğrencilerin İklim Konusundaki Gerçekleştirilmiş Herhangi Bir Etkinliğe Katılım Sağlamalarına İlişkin Veriler

Etkinlik Katılımı	Frekans(N)	Yüzde(%)
Katılmama	257	85,7
Katılma	43	14,3
<b>Toplam</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

Çizelge 3.6 incelendiğinde, öğrencilerin iklim konusunda neredeyse tümünün (%85,7) herhangi bir etkinliğe katılım sağlamamış oldukları görülmektedir. Öğrencilerin az bir kısmının ise (%14,3) iklime dönük olarak yapılmış etkinliklere katılım sağladıkları anlaşılmaktadır.

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin iklim konusunda sahip oldukları bilgi düzeylerinin, iklim hakkında bilgi edindikleri kaynaklarına göre dağılımlarını ve ilişkisini gösteren sonuçlara Çizelge 3.7'de yer verilmiştir.

**Çizelge 3.7** Öğrencilerin İklim Konusunda Sahip Oldukları Bilgi Düzeyleri ve İklim Hakkında Bilgi Edindikleri Kaynaklara Göre Dağılımlarına ve İlişkisine Ait Veriler

Bilgi Düzeyleri	Bilgi Edindikleri Kaynaklar					Toplam	P
	İnternet	Okul	TV	Kitap/Gazete/Dergi	Arkadaş/Aile		
Hiç Bilgisi Yok	-	-	-	-	7	7	
Çok Az Bilgili	-	-	-	18	12	30	
Biraz Bilgili	31	99	43	16	-	189	0,000
Bilgili	15	-	-	-	-	15	
Çok Fazla Bilgili	59	-	-	-	-	59	
<b>Toplam</b>	<b>105</b>	<b>99</b>	<b>43</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>300</b>	

Çizelge 3.7 incelendiğinde, hiç bilgisi olmayan ve çok az bilgiye sahip olan öğrencilerin herhangi bir kaynaktan araştırma yapmadıkları yalnızca arkadaş çevresinden bilgi aldıkları görülmektedir. Biraz bilgili öğrencilerin en fazla okul ortamından bilgi edindikleri anlaşılmaktadır. Bilgili ve çok fazla bilgili öğrencilerin ise internet üzerinden yaptıkları araştırmalar ile bilgi sahibi olduklarına çizelgeden erişilmektedir. Öğrencilerin iklim konusunda sahip oldukları bilgi düzey-

lerinin, bilgi edindikleri kaynaklar arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur ( $p=0.000$ ;  $p<.05$ ).

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin iklim konusunda sahip oldukları bilgi düzeylerinin, iklim hakkında hangi sıklıklarda araştırma yaptıklarına göre dağılımlarını ve ilişkisini gösteren sonuçlara Çizelge 3.8'de yer verilmiştir.

**Çizelge 3.8** Öğrencilerin İklim Konusunda Sahip Oldukları Bilgi Düzeyleri ve İklim Hakkında Hangi Sıklıklarda Araştırma Yaptıklarına Göre Dağılımlarına ve İlişkisine Ait Veriler

Araştırma Yapma Sıklıkları							
Bilgi Düzeyleri	Hiç	Ara Sıra	Az	Fazla	Çok Fazla	Toplam	P
Hiç Bilgisi Yok	7	-	-	-	-	7	
Çok Az Bilgili	30	-	-	-	-	30	
Biraz Bilgili	1	56	85	47	-	189	0,000
Bilgili	-	-	-	15	-	15	
Çok Fazla Bilgili	-	-	-	51	8	59	
<b>Toplam</b>	<b>38</b>	<b>56</b>	<b>85</b>	<b>113</b>	<b>8</b>	<b>300</b>	

Çizelge 3.8 incelendiğinde, iklim konusunda hiç bilgisi olmayan ve çok az bilgili olan öğrencilerin iklim konusunda hiç araştırma yapmadıkları görülmektedir. Biraz bilgili seviyedeki öğrencilerin arada sırada da veya az sıklıklarda iklime dönük araştırmalar yapmış oldukları belirtilebilmektedir. Bilgili ve çok fazla bilgili öğrencilerin ise iklim konusunda fazla sıklıklarda araştırma yaptıklarında çizelgeden ulaşılmaktadır. Öğrencilerin iklim konusunda sahip olduk-

ları bilgi düzeylerinin, iklime dönük olarak araştırma yapma sıklıkları arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur ( $p=0,000$ ;  $p<.05$ ).

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin iklim konusunda sahip oldukları bilgi düzeylerinin, iklim hakkındaki gelişmeleri hangi sıklıklarda takip ettiklerine göre dağılımlarını ve ilişkisini gösteren sonuçlara Çizelge 3.9'da yer verilmiştir.

**Çizelge 3.9** Öğrencilerin İklim Konusunda Sahip Oldukları Bilgi Düzeyleri ve İklim Hakkındaki Gelişmeleri Hangi Sıklıklarda Takip Ettiklerine Göre Dağılımlarına ve İlişkisine Ait Veriler

Gelişmeleri Takip Etme Sıklıkları							
Bilgi Düzeyleri	Hiç	Ara Sıra	Az	Fazla	Çok Fazla	Toplam	P
Hiç Bilgisi Yok	7	-	-	-	-	7	
Çok Az Bilgili	15	15	-	-	-	30	
Biraz Bilgili	-	43	93	53	-	189	0,000
Bilgili	-	-	-	15	-	15	
Çok Fazla Bilgili	-	-	-	33	26	59	
<b>Toplam</b>	<b>22</b>	<b>58</b>	<b>93</b>	<b>101</b>	<b>26</b>	<b>300</b>	

Çizelge 3.9 incelendiğinde, iklim konusunda hiç bilgisi olmayan öğrencilerin iklim konusundaki gelişmeleri takip etmedikleri; çok az bilgili olan öğrencilerin iklim konusundaki gelişmeleri takip etmedikleri veya ara sıra takip ettikleri anlaşılmaktadır. Biraz bilgili öğrencilerin az sıklıklarda iklimsel gelişmeleri takip ettikleri ifade edilebilmektedir. Bilgili ve öğrencilerin gelişmeleri fazla takip ettikleri; çok fazla bilgili öğrencilerin ise gelişmeleri çok fazla takip ettikleri görülmektedir. Öğrencilerin iklim konusun-

da sahip oldukları bilgi düzeylerinin, iklime dönük olarak meydana gelen gelişmeleri takip etme sıklıkları arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur ( $p=0,000$ ;  $p<,05$ ).

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin iklim konusunda sahip oldukları bilgi düzeylerinin, iklim problemlerini çevresindeki kişiler ile birlikte konuşma sıklıklarına göre dağılımlarını ve ilişkisini gösteren sonuçlara Çizelge 3.10'da yer verilmiştir.

**Çizelge 3.10** Öğrencilerin İklim Konusunda Sahip Oldukları Bilgi Düzeyleri ve İklim Hakkındaki Problemleri Çevresindeki Kişiler İle Birlikte Konuşma Sıklıklarına Göre Dağılımlarına ve İlişkisine Ait Veriler

Problemleri Çevresindeki Kişiler İle Birlikte Konuşma Sıklıkları							
Bilgi Düzeyleri	Hiç	Ara Sıra	Az	Fazla	Çok Fazla	Toplam	P
Hiç Bilgisi Yok	7	-	-	-	-	7	
Çok Az Bilgili	30	-	-	-	-	30	0,00
Biraz Bilgili	22	68	99	-	-	189	
Bilgili	-	-	-	15	-	15	
Çok Fazla Bilgili	-	-	-	48	11	59	
<b>Toplam</b>	<b>59</b>	<b>68</b>	<b>99</b>	<b>63</b>	<b>11</b>	<b>300</b>	

Çizelge 3.10 incelendiğinde, hiç bilgisi olmayan öğrencilerin iklime dair problemleri çevresinde yer alan bireylerle konuşmadıkları anlaşılmaktadır. Bilgili ve çok fazla bilgili öğrencilerin ise, iklim sorunlarını çevresindeki kişiler ile fazla sıklıklarda konuştuklarına çizelgeden ulaşılmaktadır. Biraz bilgili öğrencilerin de ara sıra veya az sıklıklarda iklimsel problemlere konuşmalarında yer verdikleri belirtilebilmektedir. Öğrencilerin iklim konusunda sahip oldukları bilgi seviyeleri-

nin, iklimsel problemleri çevresinde bulunan bireyler ile konuşma sıklıkları arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur ( $p=0,000$ ;  $p<,05$ ).

Araştırmaya katılım sağlayan öğrencilerin iklim konusunda sahip oldukları bilgi düzeylerinin, iklime dönük olarak gerçekleştirilmiş olan etkinliklere katılım sağlamalarına göre dağılımlarını ve ilişkisini gösteren sonuçlara Çizelge 3.11'de yer verilmiştir.

**Çizelge 3.11** Öğrencilerin İklim Konusunda Sahip Oldukları Bilgi Düzeyleri ve İklim Dönük Olarak Gerçekleştirilen Etkinliklere Katılım Sağlamalarına Göre Dağılımlarına ve İlişkisine Ait Veriler

Etkinlik Katılımı				
Bilgi Düzeyleri	Katılmama	Katılma	Toplam	P
Hiç Bilgisi Yok	-	7	7	
Çok Az Bilgili	-	30	30	
Biraz Bilgili	183	6	189	0,000
Bilgili	15	-	15	
Çok Fazla Bilgili	59	-	59	
<b>Toplam</b>	<b>257</b>	<b>43</b>	<b>300</b>	

Çizelge 3.11 incelendiğinde, iklime yönelik gerçekleştirilen etkinliklere katılım sağlayan öğrencilerin hiç bilgisi olmadığı veya çok az bilgili olduğu görülmektedir. İklimle dair yapılan etkinliklere katılım sağlamayan öğrencilerin biraz bilgili, bilgili ve çok fazla bilgili olduğu anlaşılmaktadır. Öğrencilerin iklim konusunda sahip oldukları bilgi seviyelerinin, iklime yönelik gerçekleştirilmiş olan etkinliklere katılım gösterme durumları arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur ( $p=0,000$ ;  $p<,05$ ).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada, öğrencilerin iklime ve iklim okuryazarlığına ilişkin kendilerini algılama düzeylerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda ortaokul öğrencilerine yönelik olarak iklim okuryazarlığına ilişkin kendini algılama sorularının yer aldığı bir anket üzerinden alınan öğrenci cevapları analiz edilmiştir.

Öğrencilerin iklim hakkındaki bilgi düzeyleri incelendiğinde %63'ünün iklim konusunda kendilerini biraz bilgili seviyede gördükleri ortaya konulmuştur. Öğrencilerin canlı yaşamı ve ekolojik dengenin sürdürülebilirliği açısından önem arz eden iklim hakkında istenilen düzeyde bilgi sahibi olmadıkları yorumu yapılabilmektedir. Öte yandan öğrencilerin iklime ilişkin farklı bilgiler öğrenme isteklerinin yeterli olmadığı söylenebilir. Öğrencilerin sahip olduğu bilgilerin ise okuldaki sosyal bilgiler veya fen bilimleri derslerinde yer alan iklim konuları içerikleri aracılığıyla kazanmış olabilecekleri düşünülmektedir. Mevcut yargıya kanıt oluşturmuş olacak ki, yapılan çapraz tablo analizleri biraz bilgili öğrencilerin okul ortamında bilgi edindiklerini ortaya koymaktadır. Müfredat içerikleri incelendiğinde, iklim konu alanını kapsayabilecek bilgilerin ortaokul düzeyinde 5. ve 8. sınıf seviyelerinde yer verildiği anlaşılmaktadır. İklim konu alanında yer verilen kazanımlar irdelendiğinde; doğal süreçler ve yıkıcı olaylar, mevsimlerin oluşumu, iklim ve hava olayları, iklim bilimi ve çalışma alanları, küresel iklim değişikliklerinin nedenlerini ve olası

sonuçlarının yer aldığı görülmektedir (MEB, 2018). Müfredat içeriğinde yer alan kazanımların iklimi daha fazla merkeze alan ve uygulamaya dönük kazanımlar olması gerektiği çıkarımı yapılabilmektedir.

Öğrencilerin iklim hakkındaki bilgileri elde etme süreçlerinde faydalandıkları kaynaklar incelendiğinde, %35'i internette ve bunu takiben %33'ünün ise okuldan faydalanarak bilgi edinmiş olduğu görülmektedir. Bilgili ve çok fazla bilgili öğrencilerin internet üzerinden yaptıkları araştırmalar ile ve biraz bilgili öğrencilerin ise okuldan bilgi sahibi olduklarına çapraz tablo analizlerin sonuçlarından ulaşılmaktadır. Dolayısıyla da araştırma meraklısı öğrencilerin okul bilgileriyle yetinmeyip internet üzerinde yer alan kaynaklardan bilgi edindikleri ifade edilebilmektedir. Öğrencilerin yararlanmış oldukları internet ve TV gibi yazılı ve görsel medyada iklim değişikliğinin sonuçları hakkında yayınlanan belgesel, haberler gibi içeriklerde sorunun önemi vurgulanırken bunun yanında bireylerin iklim değişikliği ile nasıl mücadele edebileceğine dair bilgilendirmelerin de yapılması önem arz etmektedir. Bireylere iklim problemlerinin olumsuz sonuçlarının azaltılabilmesi için çözüm yollarının var olduğunu ve gerekli önlemlerin alınması gerektiğine dair bilgilerin sunulduğu programlara yer verilmesi, hem öğrencilerin kaygı seviyelerini düşürebilir hem de öğrencilerin bilgi sahibi olmasını sağlar (Atik ve Doğan, 2019). Diğer bir yararlanan kaynak olan okul ortamlarının da öğrencilerin iklim hakkında bilgiye sahip olmasını sağladığı görülmektedir. Bu doğrultuda okullarda verebilecek çevre eğitimi derslerine verilecek önem artmaktadır. Öğretim programlarında ve çevre ile ilgili derslerde özellikle insan kaynaklı etkilerle sera gazlarının artacağı vurgulanmalı ve yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarının küresel ısınmanın azaltılmasında oldukça etkili olduğu belirtilmelidir (Atik ve Doğan, 2019).

Öğrencilerin %40,4'ü iklim konusunda fazla ve çok fazla sıklıklarda araştırma yapmaktadırlar.



Bu oran göz önüne alındığında, yeterli sayıda öğrencinin iklime dönük araştırmalara zaman ayırmamış oldukları anlaşılmaktadır. Öğrencilerin araştıran ve sorgulayan, bilgi edinme gayreti içerisine giren bireyler olmaları beklenmektedir ki, bu noktada öğrencilerin büyük oranda araştırma yapmama durumları karşımıza çıkan bir olumsuzluk olarak nitelendirilebilir. Alanyazın irdelendiğinde öğrencilerin araştırma ve sorgulama girişiminde bulunma durumlarının çok yüksek bir seviyede olmadığı belirtilebilmektedir (İnel Ekici, 2017; Okumuş ve Yetkil 2020; Saraçoğlu ve Kahyaoğlu, 2018). Diğer yandan benzer biçimde öğrencilerin %42,4'ünün fazla ve çok fazla sıklıklarda günlük yaşamda meydana gelen iklimsel gelişmeleri takip ettikleri ortaya konulmuştur. Dolayısıyla öğrencilerin iklimsel konularda istenilen düzeyde merak ve motivasyona sahip olmadıkları söylenebilmektedir. Bilgili ve çok bilgili öğrencilerin fazla sıklıklarda araştırma yaptıkları ve meydana gelen gelişmeleri takip ettikleri sonucu çapraz tablolardan elde edilmiştir. Bu anlamda öğrencilere araştırma yapma veya gelişmeleri takip etme becerisi kazandırarak, iklim konusunda yeterli bilgi seviyesine ulaşabilmeleri sağlanabileceği kanısı oluşturulabilmektedir. Öğrencilerin zamanlarının büyük bir çoğunluğunu okulda geçirdikleri dikkate alındığında, öğretmenlerin bu anlamda büyük sorumluluklar üstlenebileceğinin belirtilmesi yanlış olmayacaktır. Öğretmenlerin iklime ilişkin güncel gelişmelerin ilgi çekici yönlerini öğrencilere bahsederek araştırma ödevleri vermesi, öğrencilerin bu yönde ilerleme kaydetmelerini sağlayarak araştırma becerisi kazandırılmaları beklenmektedir. Öğrencilerin iklime ilişkin problemleri çevresindeki bireylerle az sıklıklarla konuşmaları, akranları ve ailelerinin iklim bilincine sahip olmadıklarına dair bir yargıyı akıllara getirebilmektedir. Aynı şekilde çapraz tablolar incelendiğinde, bilgili ve çok fazla bilgili öğrencilerin iklim sorunlarına çevresindeki bireylerle fazla sıklıklarda; biraz bilgili öğrencilerin de ara sıra veya az sıklıklarda konuşmalarında yer verdikleri anlaşılmaktadır. Buradan hareketle bireylere gerekli çevre bilincinin kazandırılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Nitekim ortaokul kademesi gibi küçük yaş grubunda yer alan öğrencilerin, akranlarıyla iklimsel problemleri konu alarak gündelik yaşama dâhil etme bece-

risinin okul ortamında farkındalık kazanmaları sağlanabilecektir.

Öğrencilerin iklime yönelik gerçekleştirilen herhangi bir proje ve etkinliğe %14,3'ünün katılım sağladığı belirlenmiştir. Öğrencilerin bu tür farkındalık kazandıracak faaliyetlere büyük ölçüde katılım sağlamadıkları anlaşılmaktadır. Öğrencilerin iklime dönük faaliyetlere dâhil edilmemesinin son derece büyük bir eksiklik olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. İklimin canlı yaşamı ve doğa döngü açısındaki önemi dikkate alındığında, öğrencilerin iklime ait etkinliklere katılımlarının sağlanması gerektiği ifade edilebilmektedir. Mevcut çalışmada öğrencilerin iklime yönelik gerçekleştirilen etkinliklere katılım sağlamayan öğrencilerin biraz bilgili, bilgili ve çok fazla bilgili olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun aksine etkinliklere katılım sağlayan bireylerin daha bilgili olması beklenmesi gerekçesiyle mevcut sonuçlar göze çarpmaktadır. İklim konusunda bilgi sahibi olan öğrencilerin farkındalık kazanmış olmaları dolayısıyla etkinliklere katılım sağlama noktasında istekli oldukları yorumu yapılabilmektedir.

İklim dengesinin korunmasına ve iklim değişikliği gibi çevre sorunlarının çözümünde, çevreye karşı duyarlı, bilinçli ve sorunların çözümüne aktif katılan bireylerin yetiştirilmesi ile mümkün olabilecek bilinçli toplum oluşturulması çok önemlidir. Toplumsal farkındalığın artırılması için eğitim kurumlarına, sivil toplum kuruluşlarına ve medyaya önemli görevler düşmektedir (Atik ve Doğan, 2019).

## 5. Öneriler

Çalışma çerçevesinde bazı öneriler sunulmuştur:

- Öğrencilere iklim konusunda önemli ve ilginç bilgileri vererek öğrencilerin daha fazla araştırma yapmaları sağlanabilir.
- Öğrenciler iklim konusunda teşvik edilerek, onların farkındalık kazanmaları sağlanabilir.
- Öğrencilere iklim odaklı projelere katılımlarını sağlayabilecek imkânlar oluşturulabilir.
- Öğrencileri iklim konusunda bilinçlendirmek adına, okul ortamlarında iklime dair etkinliklere daha fazla öğrencinin katılımı sağlanabilir.

- Sosyal medya ve TV yayınları aracılığıyla iklimle yönelik yapılabilecek bilgilendirilmeler ile başta ortaokul yaş grubundaki öğrencilerin bilinçlendirilmesi sağlanabilir.

## Kaynaklar

- Atalay İ. (1998). Genel Fiziki Coğrafya, *Ege Üniversitesi Basımevi*, İzmir.
- Aksan Z., Çelikler D. (2013). İlköğretim Öğretmen Adaylarının Küresel Isınma Konusundaki Görüşleri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14 (1), 49-67.
- Atik AD., Doğan Y. (2019). Lise Öğrencilerinin Küresel İklim Değişikliği Hakkındaki Görüşleri, *Academy Journal of Educational Sciences*, 3 (1), 84-100.
- Büyüköztürk Ş., Kılıç Çakmak E., Akgün EÖ., Karadeniz Ş., Demirel F. (2016). Bilimsel Araştırma Yöntemleri, *Pegem Akademi*, Ankara.
- Çepni S. (2010). Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş. (Geliştirilmiş Beşinci Baskı). Trabzon.
- Creswell JW. (2008). Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research, *Pearson International Education* (3rd Ed.), New Jersey.
- Gök A., Turan S., Oyman N. (2011). Okul Öncesi Öğretmenlerinin Bilişim Teknolojilerini Kullanma Durumlarına İlişkin Görüşleri, *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 1 (3), 59-66.
- Gökçe N. (2011). İklim, *Editör: C. Şahin, Genel Fiziki Coğrafya, Gündüz Eğitim*, Ankara.
- Güven G., Yakar A., Sülün Y. (2019). Enerji Okuryazarlığı Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması: Geçerlilik ve Güvenilirlik Çalışması, *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 48 (1), 821-857.
- İnel Ekici D. (2017). Ortaokul Öğrencilerinin Bilimsel Sorgulama Becerileri Algılarını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 25 (2), 497-516.
- Koca H. (2015). Klimatoloji (İklim Bilimi), *Editörler: H. Yazıcı ve N. Koca, Genel Coğrafya, (7. Baskı)*, Pegem Akademi, Ankara.
- MEB (2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar), <http://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx> (Erişim tarihi: 21.03.2020).
- Okumuş S., Yetkil, K. (2020). Ortaokul Öğrencilerinin Sorgulama Becerilerinin Değerlendirilmesi, *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15 (30), 508-527.
- Pekel F.O., Kaya E., Demir Y. (2007). Farklı Lise Öğrencilerinin Ozon Tabakasına İlişkin Düşüncelerinin Karşılaştırılması, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 169-174.
- Rebich S., Gautier C. (2005). Concept Mapping To Reveal Prior Knowledge and Conceptual Change in A Mock Summit Course on Global Climate Change, *Journal of Geoscience Education*, 15(4), 355-365.
- Saraçoğlu M., Kahyaoğlu M. (2018). Ortaokul öğrencilerinin Bilimsel Sorgulama Becerileri Algılarının, Merak, Motivasyon ve Tutum Açısından İncelenmesi, *Bilgisayar ve Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6 (12) , 358-376 .
- Shafer MA. (2008). Climate Literacy and A National ClimateService, *Physical Geography*, 29 (6), 561-574.
- USGCRP (2009). U.S. Global Change Research Program)/Climate Change Science Program, *Climate Literacy: The Essential Principles of Climate Sciences*.
- Yakar H. (2019). Ortaokul Düzeyinde İklim Okuryazarlığı Yeterliklerinin Delphi Tekniğiyle Belirlenmesi, *Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Yıldırım A., Şimşek H. (2018). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara.

## Aydınlanma Ekseninde İnsan-Çevre İlişkisinde Yaşanan Değişime Odaklanılarak Modernitenin Çevresel Sonuçlarının Kentleşme ve Planlama ile Birlikte İrdelenmesi+

<sup>1</sup>Neslihan KULÖZÜ-UZUNBOY\*

nkulozu@atauni.edu.tr

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup>Arzu KOCABAŞ

kocabaa45@gmail.com

<sup>2</sup>Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye

### Özet

Bu çalışmanın amacı modernitenin çevresel sonuçlarının tarihsel perspektif içerisinde kentleşme ve planlama üzerinden ortaya konulmasıdır. İnsanlık tarihi içerisinde avcı-toplayıcı toplumdaki günümüze dek insanın çevre ile olan ilişkisi değişmiştir. Bu çerçevede avcı-toplayıcı toplum yapısında kendini doğanın parçası olarak gören insanın, insanlık tarihinde yaşanan toplumsal değişim süreçleri neticesinde, kendini doğanın hâkimi olarak görmeye başlamasıyla çevre sorunları ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu değişim sürecinde Tarımsal Devrim ve Kentsel Devrim gerçekleşmiştir. Kentsel Devrim'in gerçekleşmesinden yaklaşık 5000 yıl sonra ise birbirini izleyen ve tetikleyen daha hızlı toplumsal değişim sürecine girilmiştir. Bu süreçte önce Aydınlanma gerçekleşmiş, Aydınlanma'yı Bilimsel Devrim, Sanayi Devrimi ve Fransız İhtilali izlemiştir. Bu süreç modernleşme ile devam etmiş ve dönemde sanayi kentleri ve toplumu ortaya çıkmıştır.

İnsan var olduğu günden itibaren çevre ile ilişki içerisinde olmuş ancak, çevre ile ilişkisinin köklü bir değişime uğraması neticesinde çevre sorunlarının doğal çevrenin ve dolayısıyla da insanlığın sürdürülebilirliğini tehdit eder noktaya gelmesi anlamında kırılma Sanayi Devrimi'yle yaşanmıştır. Modern sanayi kentlerinde karşılaşılan çevresel ve toplumsal problemlere çözüm üretebilmek amacıyla ise planlama disiplini geliştirilmiştir. Bu bağlamda bu çalışma kapsamında modernitenin çevresel sonuçları sanayi kentlerinin temel öğelerinden kentleşme ve modernitenin çocuğu olarak tanımlanan planlama üzerinden tartışılacaktır.

Bu amaç doğrultusunda çalışmada insan ve çevre ilişkileri tarihsel bir ele alışla irdelenecektir. Bunun için insan-çevre ilişkilerine tarihsel bakış başlığı altında Aydınlanma kırılma noktası olarak kabul edilerek Aydınlanma öncesi ve Aydınlanma sonrası insan-çevre ilişkileri ele alınacaktır. Aydınlanma öncesi insan-çevre ilişkilerinde çalışmanın amacı doğrultusunda Kentsel Devrim'e vurgu yapılacaktır. Aydınlanma sonrası insan çevre ilişkileri anlamında ise vurgu sanayileşme ve hızlı kentleşme hareketinde olacaktır. Ardından modernite ve endüstri toplumu ile modernleşme ve sonrası başlıkları altında endüstri toplumu, modernite projesinin ürünü olarak planlama disiplininin gelişimi, postmodern dönem, postmodern endüstri toplumu ve planlama konuları tarihsel bir ele alışla tartışılacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Modernite, insan-çevre ilişkileri, çevre, kentleşme, planlama.

\* Bu çalışmanın temelini oluşturan metin, "Modernitenin Çevresel Sonuçlarının Kentleşme ve Planlama Üzerinden İrdelenmesi" başlığıyla 2020 yılında, 5. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu'nda sunulmuş ve bildiriler kitabında yayımlanmıştır.

\* Sorumlu Yazar: Neslihan Kulözü-Uzunboy/ Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Erzurum, Türkiye

## Examining Environmental Consequences of Modernity with Urbanization and Planning Through Focusing on the Change in the Human-Environment Relationship on the Axis of Enlightenment

<sup>1</sup>Neslihan KULÖZÜ-UZUNBOY\*

nkulozu@atauni.edu.tr

<sup>2</sup>Arzu KOCABAŞ

kocabaa45@gmail.com

<sup>1</sup>Faculty of Architecture and Design, Atatürk University, Erzurum, Turkey

<sup>2</sup>Faculty of Architecture, Mimar Sinan Fine Arts University, Istanbul, Turkey

### Abstract

This study aims to present environmental consequences of modernity with regard to urbanization and planning in the context of historical perspective. Human's relationship with the environment has changed since the hunter-gatherer society in human history. In this context, environmental problems began to arise when people, who see themselves as a part of nature in the hunter-gatherer society, began to see themselves as the ruler of nature as a result of the social change processes experienced in the history of humanity. In this process of change, agricultural revolution and urban revolution took place. Approximately 5000 years after the realization of the urban revolution, a more rapid process of social change that followed and triggered each other was entered. In this process, the Enlightenment took place first, followed by the Scientific Revolution, the Industrial Revolution and the French Revolution. This process continued with modernization and industrial cities and society emerged in the period.

Human beings have been in contact with the environment since the day they existed, but as a result of a radical change in its relationship with the environment, the breakdown occurred with the industrial revolution in the sense that environmental problems threaten the sustainability of the natural environment and therefore humanity. Planning discipline has been developed in order to find solutions to environmental and social problems encountered in modern industrial cities. In this context, the paper will discuss environmental consequences of the modernity with reference to urbanization, as one of the main features of industrial cities and planning, which is accepted as the child of Modernity.

In line with this purpose, human and environmental relations will be examined with a historical approach. For this purpose, under the title of historical perspective on human-environment relations, pre-Enlightenment and post-Enlightenment human-environment relations will be discussed by accepting the Enlightenment breaking point. Emphasis will be placed on the Urban Revolution in line with the aim of studying human-environment relations before the Enlightenment. In terms of human-environment relations after the Enlightenment, the emphasis will be on industrialization and rapid urbanization. Then, under the titles of modernity and industrial society and modernization and its aftermath, industrial society, the development of the planning discipline as the product of the modernity project, the postmodern period, the postmodern industrial society and planning issues will be discussed with a historical approach.

**Keywords:** Modernity, human-nature relations, environment, urbanization, planning.

### 1. Giriş

Uygarlık insanlığın milyonlarca yıllık yaşam öyküsü içerisinde yaşanan deneyim ve arayışların birikimiyle biçimlenmiş, bu birikimlerin hızlı değişimlere yol açması

binlerce yıl sürmüştür. Bu süreçte insanların çevre ile ilişkileri de dönüşüme uğramış, kendini doğanın bir parçası olarak kabul eden insan kendini doğanın hâkimi olarak görmeye başlamıştır. İnsan odaklı bir yaklaşımla

doğanın sömürülmeye başlamasıyla da çevre sorunları ortaya çıkmıştır. İnsan ve çevre ilişkilerinin evrimi Lenski (1966)'nin önerdiği gibi avcı-toplayıcı toplumlar, basit bahçeci toplumlar, gelişmiş bahçeci toplumlar, tarımcı toplumlar ve endüstriyel toplumlar olmak üzere beş evrede incelenebilmektedir. Bu sınıflandırma güç ilişkileri, iktidar yapısı ve kurumsal organizasyona dayalıdır (Lenski, 1966). Diğer taraftan, bu ilişkinin evrimi yaygın olarak Harper (1996)'ın sunduğu gibi avcı-toplayıcı, tarımcı ve endüstriyel toplumlar olarak üç temel aşamada incelenmektedir. Bu yaklaşım insanlık tarihinde ortaya çıkmış bu toplumların doğal çevre ile kendine özgü ilişkilerini açıklayan Egemen Toplumsal Paradigma (ETP)'ları, diğer bir ifadeyle egemen doğa kavramsallaştırması, üzerine kurulmuştur (Harper, 1996; Tuna, 2001a; Tuna 2001b). Bu çalışma kapsamında Harper'ın (1996) sınıflaması temel alınacaktır.

İnsanlığın avcı-toplayıcı toplumdan tarımcı topluma geçişi Neolitik Devrim'le gerçekleşmiş, tarımcı toplumla ortaya çıkan yenilikler Kentsel Devrim'i beraberinde getirmiştir. Kentsel Devrim'den yaklaşık 5.000 yıl sonra, insanlık tarihindeki en önemli dönüm noktalarından biri olan Aydınlanma gerçekleşmiştir. Aydınlanma'yı Bilimsel Devrim, Endüstri Devrimi ve Fransız İhtilali izlemiştir. Bu çok yönlü toplumsal değişim süreci modernleşme ile devam etmiştir. Bu süreçte önce endüstri toplumu ve endüstri kentleri ortaya çıkmış, ardından bu kentlerde yaşayan toplumlar modernleşme sürecine girmiştir. Modernlik "17. yy.'da Avrupa'da başlayan ve sonraları neredeyse bütün dünyayı etkisi altına alan toplumsal yaşam ve örgütlenme biçimlerine işaret eder. Bu yaklaşım modernliği belirli bir zaman süreci ve coğrafi çıkış noktasıyla ilişkilendirir; ama onun temel karakteristiklerini de şu an için bir karakteri içinde dikkatlice istiflenmiş olarak bir kenara bırakır" (Giddens, 1994: 9). Modernite projesi belli özellikleri olan bir toplum içinde ortaya çıkmış ve bu toplumla karşılıklı etkileşim içinde gelişmiştir. Ancak dönemde yaşanan hızlı değişimler, modernitenin kurumsal yapıları aracılığıyla Kuzey Avrupa dışındaki ülkelere de yayılmıştır (Tekeli, 1998; Kulözü, 2016a; Kulözü-Uzunboy, 2020). Bu çalışmanın amacı da kısa sürede tüm dünyayı etkisi altına alan modernite projesinin

çevresel sonuçlarının endüstrileşme ile hızlanan kentleşme ve modernitenin çocuğu olarak kabul edilen planlama üzerinden tartışılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, çalışma kapsamında insanlık tarihinde yaşanan önemli toplumsal değişimler, insan-çevre ilişkisinde yaşanan dönüşüm iç içe sunulacaktır.

## 2. İnsan-Çevre İlişkisine Tarihsel Bakış

İnsanlık var olduğu günden bu yana doğal çevre ile iç içe yaşamaktadır. Toplumsal çevre doğal çevrenin içinde gelişmiş, zaman içinde doğal çevre ile ayrılmaz bir bütün olmuştur. Tarihsel olarak değerlendirildiğinde doğal ve toplumsal çevre ayrımı sanayi toplumuyla birlikte oluşmuştur. Diğer taraftan sanayi toplumu ve modernleşme, insanlık tarihinin önemli dönüm noktalarından Aydınlanma ile başlayan hızlı değişim süreci sonucunda ortaya çıktığından, bu çalışmada insan-çevre ilişkisi aydınlanma öncesi ve sonrası olarak iki başlık altında ele alınacaktır.

### 2.1. Aydınlanma öncesi insan-çevre ilişkisi

Günümüzden 40.000 yıl kadar önce ortaya çıkan avcı-toplayıcı toplumlar yakın çevrelerindeki hayvanları avlayarak ve yenilebilir bitkileri toplayarak yaşamlarını sürdürmüşlerdir (Harper, 1996). Avcı-toplayıcı toplumun yapısı, yaşam biçimi ve üye sayısının azlığı nedenleriyle doğal çevre üzerindeki etkileri sınırlı ve yerel ölçülerde olmuştur. Kendilerini doğanın bir parçası olarak gören bu toplumların ETP'si doğaya bağımlı olma ilkesi temeline oturmuştur (Kulözü, 2015a). Avcı-toplayıcı toplumun doğa ile olan uyumlu ilişkisi toprağın işlenmeye başlanmasıyla zayıflamaya başlamıştır. Bu anlamda ilk kırılma noktası mevsimlerin anlaşılmasıyla önceleri mevsimlik ardından ise kalıcı yerleşmelerin kurulmasıyla yaşanmıştır. Böylece Neolitik Dönem'de yerleşik yaşama geçilmiş; insanoğlunun hayvanları evcilleştirmeyi ve bitkileri yetiştirmeyi öğrenmesiyle tarımcı toplumlar gelişmiştir. Tarımsal Devrim olarak anılan bu dönüşüm süreci köklü değişimleri de beraberinde getirmiş (Özdoğan, 1996), özellikle tarımsal üretimin artması toplumsal yapının önemli ölçüde değişmesine yol açmıştır (Haper, 1996). Tarımcı toplumun ileri aşamasında or-



taya çıkan tarımsal etkinlikler doğal çevrenin ve toprağın yapısını değiştirmeye başlamıştır (Kulözü, 2015a; Yazgan, 2010). Dolayısıyla ETP'si doğanın kontrolü ve yönlendirilmesine dayanan tarımcı toplumun doğa üzerindeki egemenliği meşrulaşmıştır (Kulözü, 2015a). Diğer taraftan, tarımcı topluma geçiş ile dünyanın farklı bölgelerinde insanlık tarihinin ilk yerleşimleri ortaya çıkmıştır. Neolitik Dönem'de Anadolu'yu da içine alan Yakın Doğu'da ortaya çıkan bu yerleşme modeli, kentlerin toplumların örgütlenme biçimine göre elde edilen zenginliklerin ve bunların elde edilmesini sağlayan ilişkilerin örgütlendiği ve denetlendiği merkezlerden ortaya çıktığı kabulünden hareketle, köy olarak tanımlanmaktadır (Tuna, 1987). Diyarbakır ili Ergani ilçesi yakınında bulunan Çayönü (Resim 1), Şanlıurfa'da bulunan Göbeklitepe ve Nevalı Çori, Batman'da yer alan Hallan Çemi ile Diyarbakır'da bulunan Körtiktepe dönemde ortaya çıkan ve köy olarak anılan önemli yerleşim merkezleri arasında yer almaktadır (Özdemir, 2017). Bu yerleşmeleri farklılaştıran özellikler (Özdoğan, 1996); ileride kent-devlet oluşturma potansiyellerinin olması, işlevsel özelliklerle birlikte toplumsal statü açısından da özellikler gösteriyor olması; ve kült inancının olması ve kült inancına göre mimari özellikler gösteriyor olmasıdır. İlk kentlerin ortaya çıktığı dönem ise, ilk kez devlet örgütlenmesinin de gerçekleştiği Kalkolitik Dönem'dir.



Resim 1. Çayönü'ne ait bir görüntü (URL-1, 2021).

### 2.1.1. Kentsel Devrim

MÖ 10.000 yıllarında ortaya çıkan değişimler Neolitik Devrim, Kalkolitik Dönem'de MÖ 3.000 yıllarında ortaya çıkan değişimler ise Kentsel Devrim olarak adlandırmaktadır. Ta-

rihte kentler değişen sosyal ilişkilerle bağlantılı olarak ele alınan Kentsel Devrim'in bir parçası olarak kurulmuştur (Childe, 1950). Kalkolitik Dönem'de kurumlarını oluşturmuş kentlerde, köy olarak anılan yerleşimlerden farklı olarak devlet organizasyonları bulunmaktadır (Childe, 1986). Kentleşme süreçleri temel olarak avcı-toplayıcı toplumdaki; ticaret ve zanaat üretimine dayalı topluma geçiş üzerinden açıklanır. Buna göre, ilk kentler, Neolitik Dönem'de görülen köy yerleşimlerine kıyasla geniş alanlar kaplamakta ve kalabalık bir nüfusu barındırmaktadır. Bu yerleşimlerde kentsel özellik olarak tarım dışı üretim biçimleri gelişmiş, toplumsal işbölümü ile uzmanlaşmış meslek ve yönetim kadroları oluşmuştur (Bumin, 1990). İnsan-çevre ilişkisi insan-insan ilişkisine dönüşmüş, doğal ve toplumsal yaşamı yönlendiren bu yeni ilişki olmaya başlamıştır (Mazı, 2008). Kentsel Devrim'i deneyimleyen tarımcı toplumların ayırıcı özellikleri, doğal kaynakların kullanımı, doğal işleyişin yönlendirilmesi ve tarımsal üretim için doğanın aşırı kullanımı olmuştur. Kent ve kentleşme açısından dönemin farkı ise kente yaşayan nüfusun ortaya çıkması ve artışıdır. Anadolu'da Malatya Arslantepe<sup>1</sup> üzerinden dönemin kentlerinin fiziki yapısı; idari, iktisadi, dini etkinlikler için anıtsal boyutlarda bir alan ile konut alanlarından oluşmasıyla tanımlanabilir (Frangipane, 1996) (Resim 2). Naiboğlu (2019)'nun ifade ettiği gibi dönemde Mezopotamya'da nüfusun belli merkezlerde toplanmaya başlaması, askeriye, siyaset, ekonomi, din ve hukuk alanında yaşanan gelişmelerin yeterli olgunluğa ulaşmasıyla birlikte ilk kentler ortaya çıkmıştır. Bu dönemde Güneydoğu Anadolu'yu da içine alan Mezopotamya'da ortaya çıkan yerleşim alanları tarihin ilk kentleri olarak kabul edilmektedir. Diğer bir ifadeyle izleyen yüzyıllarda ortaya çıkan kentsel gelişmeler kökünü Anadolu topraklarını da içeren bölgede ortaya çıkan kentsel gelişmelerden alarak dünyaya yayılmıştır. Bu çerçevede Mezopotamya'da ortaya çıkan ilk kent modelinin MÖ 3000'lerde İran ve Anadolu'nun tamamını etkisi altına aldığı, Levant bölgesi ve Hindistan gibi geniş coğrafyalara da yayıldığı kabul edilmektedir (Naiboğlu, 2019).

<sup>1</sup>44. Dünya Miras Komitesi toplantısında alınan kararla, Malatya Arslantepe Höyüğü, UNESCO Dünya Miras Listesine alınmıştır.



**Resim 2.** Malatya Arslantepe Höyüğü'ne ait bir görüntü (URL-2, 2021).

Tarihte uygarlıkların doğuşunun kentlerin ortaya çıkışıyla gerçekleştiği kabul edilir (Keleş, 2013). Bu bağlamda insanlığın varoluş mücadelesinde ilk kentlerin ortaya çıkması ve dolayısıyla uygarlıkların doğuşu için önemli kırılma noktaları Neolitik ve Kentsel Devrimler'dir. Bu devrimlerin ardından insanlık tarihini köklü bir biçimde etkileyecek değişimlerin ve endüstriyel toplumun ortaya çıkması için binlerce yılın geçmesi gerekmektedir. Bu süreçte, köklerini Anadolu ve Mezopotamya'da bulduğumuz kentleşme, Antikçağ'da bütün Akdeniz Dünyası'na yayılmıştır. Helenler Akdeniz Dünyası'nda 1500, polis olarak anılan, kent devletine sahip olmuşlardır (Resim 3). Dönemin ekonomik anlamda kendine yetebilen ve dışa karşı bağımsız olan kentleri Baz (2019:203)'ün de ifade ettiği gibi "*Antikçağ kültürünün nispeten homojen bir biçimde yayılmasına sebebiyet vermiştir*". Helenistik dönemde kentler kozmolojik kodlara dayanılarak planlanmıştır. Kentin merkezinde agora ile genelde diğer kamusal yapılar (stoa, kütüphane, tiyatro, halk meclisi, tapınak) yer almaktadır. Hippodamus tarafından tasarlanan ve tarihte ilk grid-plan sistemine sahip Milet ve Priene gibi kentlerde görüldüğü gibi Helenistik dönemde kentlerde merkezden yayılan bir düzenli gelişim söz konusudur. Bu düzenin temelinde tüm evlerin eşit genişlikte olması ve merkezin tüm evlere eşit mesafede olması şeklinde ifade edilebilecek politik ilke yer almaktadır. Ayrıca dönemde kentler hem savunma hem de gelişimlerini kontrol edebilmek için surlarla çevrilmiştir (Kulözü ve Açmaz, 2006).

Helenlerin ardından Romalılar da yeni kentler kurmuşlar ve bu kentlerde imar faaliyetleri sürdürmüşlerdir (Resim 4). Ancak Helenistik dönemde kentlerin gelişimini yönlendiren eşitlik ilkesi ve kozmolojik kodlar yerini Klasik Roma döneminde askeri güce bırakmıştır. Roma döneminde kent merkezi forum olarak anılmış ve yaygınlaşan sosyal sınıfsal farklılıklar mekânda okunabilir hale gelmiştir. Demokrasi ilkesi çerçevesinde gelişen Antik Yunan kentlerinin temelini oluşturan demokrasi (Kulözü ve Açmaz, 2006) Roma döneminde yerini mutlaki krallık ve hanedan yasalarına bırakmıştır (Rittersberger Tılıç, 2019).



**Resim 3.** Priene Kent Planı (URL-3, 2021)



**Resim 4.** Roma Dönemi kenti (URL-4, 2021).

Roma İmparatorluğu'nun sonunda yetki ve otorite parçalanmış, toplumsal ve siyasal düzen bozulmuştur. Bu nedenle Ortaçağ'ın başına içteki ve dıştaki savaşlar damgasını vurmuş, ticaret önemini kaybetmiştir. Bunların sonucunda ortaçağ kenti idari merkezler ve kaleler olarak şekillenmiştir (Resim 5). Dönemde "Burgh" olarak anılan kasabalar duvarla çevrili, nüfus az olan ve bir şövalye



garnizonu, din adamları ve görevlilerden oluşmuştur (Rittersberger Tılıç, 2019). Bu çerçevede 12. yy.'a gelindiğinde içine kapanık ortaçağ kentleri arasında 100.000'i aşan nüfusu barındıran kent sayısının oldukça sınırlı olduğu kabul edilmektedir (Keleş, 2013: 33; Baz, 2019). Günümüzde dünya kentleri arasında yer alan Brüksel ve Londra'nın 15. yy.'da nüfusları yaklaşık 40.000'dir (Keleş, 2013). Diğer taraftan, 15.-16. yy.'larda yaşanan coğrafi keşiflerin ticaretin gelişmesine yol açmasıyla ticaret ve ekonomide bazı kentler söz sahibi olmaya başlamıştır. Bu bağlamda 17. yy.'da Cenova, Lizbon ve Venedik kentlerinin öne çıktıkları kabul edilmektedir (Baz, 2019).



Resim 5. Ortaçağ kenti (URL-5, 2021).

Aydınlanma ile başlayan hızlı dönüşüm sürecinde ortaya çıkan sanayi toplumu ve bu toplumun yerleşim alanı olan sanayi kentlerini ifade eden ve sanayi kentlerine nüfusu çeken faktörler arasında endüstrileşme ile teknoloji ve ulaşım olanaklarında yaşanan hızlı gelişmeler yer almaktadır. Oysaki teknoloji ve ulaşım olanaklarında gelişme ve çağdaş sanayileşme ortaçağ kentlerine tamamıyla yabancı olgulardır (Keleş, 2013). Aydınlanma ve aydınlanma sonrası insan-çevre ilişkisinde yaşanan dönüşüm ve bu çerçevede ortaya çıkan kentsel gelişmeler izleyen bölümde tartışılacaktır.

## 2.2. Aydınlanma sonrası insan çevre ilişkileri

Endüstriyel toplum, kökleri Rönesans ve Reform hareketlerine dayanan Aydınlanma ile başlayan toplumsal değişim sürecinde ortaya çıkmıştır. 17. ve 18. yy.'da Batı Avrupa'da ortaya çıkan Aydınlanma toplumsal de-

ğişim tarihinde önemli bir kırılma noktasını ifade eder. Aydınlanma düşüncesi, insanlığın içinde bulunduğu sefaletin kaynağının cehalet ve batıl inanç olduğunu ve bunun ancak akıl ve bilimle aşılabileceğini iddia etmiştir. Bu yeni düşünce biçimi, insanlığın özgürlüğü ve mutluluğu için ilerlemenin temel unsur olduğunu savunmuştur (Harvey, 1997). Aydınlanma aklın, doğanın ve toplumun düzenli süreçlerini kavrayabileceğine ve insan eylemlerine yol gösterebilecek nesnel bilimin kurulabileceğine inancı getirmiş (Tekeli, 2001; Kulözü, 2011; Kulözü, 2016a); toplumun dönüşmesinde ve yönlendirilmesinde teknik aklın kullanılmasının önü açılmıştır (Kulözü, 2016a; Kulözü, 2011; Friedmann, 1987). Aydınlanmayı izleyen süreçte 18. yy.'ın sonu ve 19. yy.'da Avrupa'da sırasıyla Bilimsel, Sanayi ve Fransız Devrimler'i meydana gelmiştir. Bu devrimler, insanlığın toplumsal yaşamını ve doğal çevre ile kurduğu ilişkileri kökten değiştirmiştir. Newton tarafından evrensel yerçekimi yasasının keşfedilmesiyle başladığı kabul edilen Bilimsel Devrim, izleyen değişim sürecinin de temelini oluşturmuştur.

### 2.2.1. Sanayi Devrimi ve hızlı kentleşme hareketi

18. yy.'ın sonlarında İngiltere'de ortaya çıkan Endüstri Devrimi ile toplumların üretim güçleri değişmiş, ekonomik ve toplumsal yapılarında büyük değişimler meydana gelmiştir (Hobsbawn, 2000). Endüstri Devrimi genelde bir dizi teknik yenilik olarak sunulmaktadır (Giddens, 2005).

Ancak bu yenilikler geniş kapsamlı sosyal ve ekonomik değişikliklerin yalnızca bir bölümünü oluşturmuştur. Bu bağlamda kentleşme açısından en önemli değişiklik, tarımda makineleşme nedeniyle işgücünün sanayi sektörüne doğru göç etmesi olmuş, kentler daha önce görülmeyen bir şekilde genişlemiş ve büyük şehirlerin sayısı önemli ölçüde artmıştır (Jones, 1990). Endüstri Devrimi'nin politikası ve ideolojisi Fransız Devrimi'yle biçimlendirilmiş (Hobsbawn, 2000), iktidar yalnızca halkın onayıyla meşruiyet kazanabilir hale gelmiştir. Bu çok yönlü değişim süreci modernite ile tamamlanmıştır.

### 3. Modernite ve Endüstri Toplumu

Geleneksel dünya görüşünden kopuşu ifade eden modern düşüncenin temel nitelikleri bilimsellik, nesnellik ve evrensellik ile birlikte ilerlemedir. Modern zamanların getirdiği yenilikler modern kökünden üretilmiş modernite, modernleşme ve modernizm kavramları ile ifade edilmektedir. Modern sözcüğü yeni, deneysel ve geçmişten uzaklaşan anlamında kullanılmaktadır. Avrupa ve batı ile özdeşleşmiş modernleşme kavramı bilim, teknoloji, ulus devletler, demokrasi ve kapitalist üretim sisteminin ortaya çıkmasını ifade etmektedir. Modernizm ise 19. yy.'ın ikinci yarısından II. Dünya Savaşı'nın öncesine kadar sanat, edebiyat ve düşünce alanında ortaya çıkan akımlar için kullanılmaktadır. Son olarak Avrupa kültür tarihinin geliştirdiği sistematik bir süreç olarak değerlendirilen Modernite, geleneksel olana karşı duran ve mentalite değişikliğini öne çıkaran bir kavramdır (Yenişehirlioğlu, 2011).

Evrensellik iddiası taşıyan ve yayılma mekanizmaları ile dünyayı etkisi altına alan modernite projesi, uygulamaya geçtiği farklı ülkelerde özgünleşmiş ve Türkiye örneğinde de deneyimlendiği gibi alternatif modernite projeleri ortaya çıkmıştır (Tekeli, 2009a). Modernitenin yayılma mekanizmaları, kurumsal yapılarıdır. Bunlar; ekonomik boyut, bilgiye, ahlaka ve estetiğe yaklaşım, kendisini geleneksel toplumsal bağlardan kurtarmış bireyin doğuşu ve kurumsal yapıdır (Tekeli, 2001). Giddens (1994) ise moderniteyi dört temel kurum üzerinden tanımlamaktadır. Doğanın dönüştürülmesi ile yapay çevrenin gelişimi olarak ifade ettiği endüstrileşme bunlardan biridir<sup>2</sup>. Endüstrileşme, modernitenin diğer bir kurumsal boyutu olan kapitalizm ile doğrudan ilişkilidir. Buna göre; modernite öncesi varlık gösteren sanayileşmemiş toplumlar kendilerini genellikle doğanın parçası olarak değerlendirirken, endüstri toplumu doğal çevreyi önceki nesiller tarafından tahmin edilemeyecek yollarla değiştirmeye başlamıştır. Bu anlamda endüstrileşme, insanoğlunun modernite koşullarında doğayla olan etkileşiminin ana eksenine durumuna gelmiştir (Giddens, 1994). Dünyanın sanayileşmiş bölgelerinde yaşayan toplumlar, artık sadece doğal değil, aynı zamanda doğal çevre üzerinde fiziksel olarak yaratılmış yapılı çevre içerisinde

yaşamaya başlamıştır. İnsan-çevre ilişkisinde köklü bir değişimin yaşandığı bu dönemde endüstri toplumu ortaya çıkmıştır.

#### 3.1. Endüstri toplumu

Endüstri toplumu buhar makinesinin icadı ve tekstil endüstrisindeki ilerlemeler gibi bazı temel buluşlara dayalı olarak gelişen sanayileşme sürecinde ortaya çıkmıştır. Yeni enerji kaynaklarının kullanımı ve üretim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler endüstriyel gelişime ve artı ürünün artmasına neden olmuştur. Artı değer organizasyonu karmaşık örgütlenmeleri gerektirdiğinden; insanların gündelik yaşamları değişmiş ve insanlar endüstri merkezlerinde toplanmaya başlamıştır. Bunun sonucunda tarihte ilk kez insanların çoğunluğu kentlerde yaşamaya başlamıştır (Lenski, 1966; Harper, 1996).

Diğer taraftan endüstrileşmiş batı toplumlarının sömürüsü kendi sınırları içerisinde doğal çevrenin sömürüsü ile de sınırlı kalmamış, endüstrileşmenin uluslararası düzeyde yaygınlaşması paralelinde çevresel sömürü de yaygınlaşmıştır. Dolayısıyla endüstrileşme çevresel olarak doğal kaynakların sömürülmesi ve insan mutluluğu için tüketilmesine dayanmaktadır. İnsan-çevre ilişkisinde ortaya çıkan bu değişimi oluşturan ise fosil yakıtların sanayi üretiminde kullanılmaya başlanmasıdır. Bu durum doğal kaynakların sömürülmesine neden olmuş, bunun sonucunda çevre sorunları ile büyük çevresel felaketler ortaya çıkmıştır. Endüstri toplumunun ETP'si doğanın, insan refahı için kullanımı ve hatta sömürülmesinin bir gereklilik olduğu görüşüne dayanmaktadır (Kulözü, 2015a). Endüstri toplumunun dönüşümü 19. yy.'da doruk noktasına ulaşmış; çevre-insan ilişkisi açısından o güne kadar görülmemiş düzeyde insan merkezli bir bakış açısı ve sömürüye dayalı bir ilişkinin hâkim olduğu modern endüstri toplumlarının dönemi başlamıştır. Dönemde ekonomik kalkınma, büyüme ve toplumsal refah en üst toplumsal değerler haline gelmiş, doğal kaynakların sınırsızca kullanımı meşruiyet kazanmış, çevre ve doğal kaynaklar ekonomik değer olarak kavramsallaştırılmıştır (Tuna, 2001a; Adak, 2010). Modern endüstri toplumunda doğa üzerinde insan müdahalesinin artması sonucunda doğanın kendini yenileme süreci bo-

<sup>2</sup>Giddens'in (1994) moderniteyi tanımladığı diğer 3 boyut ise; rekabetçi emek ve ürün piyasaları bağlamında sermaye birikimi olarak tanımladığı kapitalizm, enformasyonun ve toplumsal denetlemenin kontrolü olarak tanımladığı gözetleme, savaşın endüstrileşmesi bağlamına şiddet araçlarının kontrolü olarak tanımladığı askeri iktidardır.

zulmaya ve doğanın tepkisi olarak da değerlendirilebileceğimiz çevre sorunları ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu anlamda 1850'ler kırılma noktası olmuş (Kulözü, 2016b); toplumun ulaştığı gelişmişlik düzeyine rağmen, çevresel değerlerin hızla bozulması ve yok edilmesi kıtlık, açlık ve sera etkisi gibi küresel sorunları beraberinde getirmiştir.

#### 4. Modernleşme ve Sonrası

##### 4.1. Modernite projesinin ürünü olarak planlama disiplinin gelişimi

18. yy.'da endüstriyel kapitalizmle birlikte doğan endüstri kentleri fabrikaların kurulduğu üretim süreçlerinin merkezi haline gelmiştir. Dönemde kentler, dini ve kozmolojik kodlara dayanarak değil, gelişigüzel gelişme göstermiştir. Toprağın emtiyaya dönüştüğü bu kentlerde sınıf farklılıkları mekânsal olarak okunur hale gelmiştir. Sanayi Devrimi'nin yaşandığı İngiltere'de, 19. yy.'da nüfusu öngörülemez bir hızla artan büyük kentlerin kenar mahallelerinde yoksullar kötü barınma koşulları ve hijyen eksikliği içinde yaşamıştır (Engels, 2003) (Resim 6). Bu bağlamda dönemin sanayi kentinin ana bileşenleri, fabrikalar, fabrikalar çevresinde hızlı ve plansız bir biçimde gelişme gösteren sağlıksız kentleşme ve kentleşme hareketini göç dalgasını hızlandırarak besleyen demiryoludur (Mumford, 2013).



**Resim 6.** Sanayi Devrimi'nin ilk olarak yaşandığı İngiliz kentlerinden bir görüntü (URL-6, 2021).

Modernitenin 1848 yılından sonra kentsel bir olgu haline geldiği kabul edilmektedir. Bunun sonucunda modern endüstri toplumları hızlı kentsel büyüme, kırdan kente yoğun göç, sanayileşme ve yapıli çevrede önemli ölçüde değişimle karmaşık bir ilişkiler ağı içerisinde varlığını sürdürmüştür (Harvey, 1997). Aynı

yıllarda, endüstri kentlerinde görülen sorunların eleştirisinden kaynaklı kentsel yapının düzenlenmesine yönelik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlar; ütöplast yaklaşımlar ve sağlık yasalarındaki gelişmeler olarak karşımıza çıkan pragmatist yaklaşımlardır. Dönemde sağlık yasaları ile özellikle işçi sınıfının kötü yaşam koşullarında yaşadığı kentlerde sağlık koşullarını iyileştirmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilk kanun 1832 yılında İngiltere'de çıkarılmıştır (Tekeli, 2010). 1850 yılı ise kent planlamasına yönelimin başlangıcı sayılmaktadır. Kentlerde yaşam koşullarının nispeten iyileştirilmesi, sefalet mahallelerinin temizlenmesi, konut programı geliştirilmesi, kent hizmetlerinin belediyeleştirilmesi, kent toprağının kamulaştırılması için çalışılmıştır. 1890'larda bu uygulamalara karşı tepkiler yoğunlaşmış ve Güzel Kent, Camillo Sittecilik ve Bahçe Kent hareketi gibi yeni ütöplast yaklaşımlar geliştirilmiştir (Resim 7-8). Güzel kent yaklaşımı savunucularından Olmstead, Central Park'ın tasarımcısı, kent içindeki yeşil alanların doğal çevrenin bozulmamış bir görüntüsü olması ve kentin yapıli çevresi ile denge kurması gerektiğini savunmuştur.



**Resim 7.** Bahçe Kent (URL-7, 2021)



**Resim 8.** Güzel Kent (URL-8, 2021) hareketlerini anlatan görseller.



Camillo Sittecilik akımı ile, sanayi kentinin monoton ve artistik görüntüden uzak olduğundan hareketle kentin organik büyüme biçimine dönerek insancillaştırılabileceği savunulmuştur. Kentin organik büyüme biçimine dönmesi için ise doğal çevrenin varlığını hissettirmesi ve kentlerde insanların gürültü ile diğer çevresel kirliliklerden uzaklaşabilecekları park gibi doğal alanların olması gerekmektedir. Ebenezer Howard ise Bahçe kent ütopyası ile kent ve kır arasında kalarak, her ikisinin de üstünlüklerini içeren ve sakıncalarını dışlayan bir çözüm geliştirmiştir. Dönemde kentsel çevrenin gelişiminde etkili olan bu ütopyaların ortak özelliklerinden birisi doğal çevreye duyulan özlem ve bunun modern kentsel mekânda yaşatılma çabasıdır (Kulözü ve Okudan, 2016). Böyle bir toplumsal ve çevresel değişim sürecinde 19. yy.'da ortaya çıkan planlama pratiklerinin üzerinde yükselen şehircilik hareketi 20. yy.'da hızlanmıştır. Hall'in (2014: 50) söylemiyle "*neredeyse tam olarak 1900'de 19. yy. slum-kenti kâbusuna tepki olarak, planlama tarihinin saati çalışmaya başladı*".

Dünya genelinde hızlı bir nüfus artışına sahne olan modern endüstri kentlerinde insanların karşı karşıya kaldığı çevre sorunları, hızla insanlığı tehdit eder noktaya ulaşmıştır. Dönemin sağlıklı kentleşme, fabrikalar ve demiryolu ile anılan kentleri ve bu kentlerde yaşayan toplumun sorunlarına çözüm üretmek amacıyla planlama uygulamaları hızlı bir gelişim göstermiştir. Bunun sonucunda planlama disiplini 20. yy.'ın başlarında bir meslek olarak örgütlenmiştir. Bu bağlamda ilk planlama okulu 1910 yılında Liverpool'da eğitim vermeye başlamıştır. Diğer taraftan planlama disiplininin toplumda kurumsallaşmasını sağlayacak meslek örgütleri ve dernekler kurulmaya başlanmıştır. Bunların ilki 1914 yılında İngiltere'de kurulan Planlama Enstitüsü olmuştur (Kulözü ve Okudan, 2016).

Planlama günümüzde kentsel mekânı oluşturan doğal ve yapılı çevreyi şekillendiren sosyo-mekânsal sürece müdahale olarak tanımlanmaktadır. 19. yy.'da modern sanayi kentlerinin çevresel ve toplumsal sorunlarına çözüm olarak geliştirilmeye başlanan planlama alanı ve ilgilendiği konular bugüne gelene dek dünyada

yaşanan gelişmelere paralel olarak dönüşüm geçirmiş ve yeniden yapılanmıştır. Bu bağlamda Modern Dönem'de planlama ve kentleşme alanında yaşanan gelişmeler 3 aşamada ele alınmaktadır (Kulözü ve Okudan, 2016; Yavuz vd., 1973). Buna göre; birinci aşamada hakim yaklaşım olan sağlık ve ahlak düşüncelerinden hareket edilerek güzelliğe ve estetiğe yönelim gerçekleşmiştir. İkinci aşamada güzellik sağlama amacı ile birlikte etkinlik sağlama amacı da yönlendirici olmuştur. Son aşamada ise yalnızca teknik konu ve sorunlar değil, sosyal ve iktisadi sorunlar da ele alınmaya başlanmıştır. Planlama alanının dönüşümünü 2000'li yıllara kadar ele alan bir başka yaklaşıma göre ise, aynı dönemde yani 1970'li yıllara kadar yaşanan değişim 4 aşamada ele alınmaktadır (Kulözü ve Okudan, 2016; Zeren-Gülersoy vd., 2007). Buna göre; planlama disiplininin doğuşunun ardından ikinci evrede fiziksel yaklaşımlar gelişmiştir. Üçüncü aşamada kapsamlı planlama yaklaşımı hakim, olurken, dördüncü aşamada planlama alanında toplumsal yaklaşımların etkisi görülmeye başlanmıştır.

#### 4.2. Postmodern Dönem, postmodern endüstri toplumu ve planlama

Endüstri toplumunda doğanın insan tarafından sömürülmesi sonucunda oluşan ekolojik kriz (Lenski, 1966; Harper, 1996; Adak, 2010), yeni bir dönemin başlangıcına işaret etmiştir. Bu yeni aşama postmodernizm olarak (Yavuz vd. 1973; Giddens, 1994), dönemin toplumu ise postmodern endüstri toplumu veya bilgi toplumu olarak adlandırmaktadır. Postmodern düşünce endüstrileşmenin toplum ile çevre arasındaki doğal ilişkiyi yok ederek, insan merkezli, sömürücü bir ilişki yarattığına dikkat çekmektedir. 20. yy.'ın ikinci yarısında başladığı kabul edilen Postmodern Dönem'in çevresel temelini doğaya dönüş oluşturmada ve modern dönemin insan odaklı söylemi yerini çevre odaklı söyleme bırakmaktadır. Endüstri toplumunun çevre sorunlarına çözüm bulamaması ve insanoğlunun geleceğinin güvende olmaması, Postmodern Dönem'in başlangıcında dikkatleri çevreye çekmiş ve çevre pek çok bilim dalının ortak ilgi alanı haline gelmiştir (Kulözü, 2016b; Kulözü-Uzunboy ve Sipahi, 2020). Bu gelişmelere paralel olarak insanlığın çevre üzerindeki baskısı ve çevre sorunlarının ulaştığı nokta, küresel düzeyde kabul edilmeye

başlanmıştır. Böylece dünya kamuoyunun gündeminde daha fazla yer bulan çevre sorunları ulusal ve uluslararası politikaları etkilemeye başlamıştır. Ayrıca çevre sorunlarının ortaya çıkışına karşı tepkiler gelişmiş, 1970 yılında 20 milyon kişinin katılımıyla birinci çevre günü gösterisi düzenlenmiştir (Özer, 1995). Dönemde çevre sorunlarına yönelik farkındalık gelişmiş ve çevre hareketi ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda 70'li yıllarda planlama alanında çevresel konulara ağırlık verilmiş ve katılımlı yaklaşımlara yönelim gerçekleşmiştir. Diğer taraftan hızla artan çevre sorunları 80'li yıllarda nesiller arası hakçılık arayışının bir ifadesi olarak kabul edilen sürdürülebilirlik kavramını beraberinde getirmiştir (Kulözü, 2017). 80'ler ve 90'larda çevre sorunlarının küresel boyuta ulaşması sonucunda çevresel olayların çok boyutluluğu ile toplumsal ve ekonomik etkileri dünyanın ilgisini daha da fazla çekmeye başlamıştır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramı kalkınmacı kaygılarla çevreci kaygıları uzlaştırmaya çalışmaktadır (Kulözü, 2017; Kulözü, 2015b; Tekeli, 2009b). Dönemde planlama alanı da çevre, kalkınma ve sürdürülebilirlik kavramlarına yoğunlaşmış, üretilen planlarda, rekabetçilik, yenilenebilir enerji ve çevre koruma gibi yeni kavramlara yer verilmeyle başlamıştır (Kulözü ve Okudan, 2016).

Postmodern Dönem'de ortaya çıkan önemli bir diğer kavram Beck (2014) tarafından geliştirilen risk toplumdur. Yaklaşım sanayileşme ve hızlı kentleşme sürecinin çevre sorunlarının ortaya çıkmasında önemli etkileri olduğu ve çeşitli riskleri beraberinde getirdiği temeline dayanır. Risk toplumu kavramıyla var olan çevre sorunları ile neden oldukları belirsizlikler ve riskler bütüncül bir şekilde kavramsallaştırılmıştır. Değişen koşullar, Postmodern Dönem'de toplum ve çevre ilişkisinin öncelenmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Toplum doğanın üzerine kurulmuştur ve insan-çevre ilişkisi doğrultusunda şekillenmiştir. Dolayısıyla toplum ve toplumsal yaşamın doğanın dışında düşünülmesi mümkün değildir (Dinçer, 2006). Bu yaklaşımların planlama alanında da yansımaları olmuş, risk kavramı planlama alanına girmiş, 21. yy.'da planlama alanında hâkim yaklaşım çevresel, sosyal, kültürel, fiziksel, örgütsel ve ekonomik boyutları birlikte ele alan sürdürülebilirlik odaklı stratejik planlama olmuştur. Bütüncül bir yaklaşımla ele

alındığında günümüzde planlama altı sosyo-me-kansal süreci içermektedir; Bu süreçler; kentleşme, ekonomik büyüme ve değişim, kentsel yapılanma, kültürel farklılaşma ve değişim, doğanın dönüşümü ile kentsel politikalar (Friedmann, 1996; Zeren-Gülersoy vd., 2007). Doğanın dönüşümü süreci kapsamında kentleşmenin doğal çevre üzerinde yarattığı etkiler, üretim ve tüketim ile insan-çevre ilişkileri çerçevesinde değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda ekonomik fizibilite, mekânsal gelişme ve toplumsal dinamikleri gözetilen planlama alanı sürdürülebilirlik yaklaşımını da benimsemiştir (Friedmann, 1996; Zeren-Gülersoy vd., 2007).

### 5. Sonuçlar

Bu çalışmada ortaya konulduğu gibi toplumların yaşam biçimleri ve düşünce sistemleri değiştikçe insan-çevre ilişkisi, toplumların doğa kavramsallaştırmaları ve çevreye yönelik hâkim paradigmlar da değişmektedir. Buradan hareketle bu çalışma kapsamında insanlık tarihinin önemli kırılma noktalarından biri olan Aydınlanma ekseninde insanın çevresiyle olan ilişkisinde yaşanan değişim ele alınmıştır. Bu değişimin ortaya konulma sürecinde, daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak, aydınlanma ile başlayan toplumsal değişim sürecinde ortaya çıkan modernitenin çevresel sonuçları ile bu sonuçlarla mücadele edebilmek amacıyla geliştirilen ve modernitenin çocuğu olarak anılan planlama disiplini birlikte irdelenmiştir. Ancak, bu çalışma kapsamında odaklanılan ve birlikte irdelenmeye çalışılan çevre sorunları, aydınlanma, modernite, kentleşme ve planlama konularının her biri ayrı ayrı oldukça derin konulardır. Diğer bir ifadeyle bir makalenin sınırları içerisinde derinlemesine ele alınamayacak kadar geniş konuların birlikte ele alınmaya çalışıldığı bu makalenin, doğası gereği, beraberinde getirdiği sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu nedenle benzer konulara odaklanacak izleyen çalışmaların bu makalede konu edilen toplumsal değişim süreçlerinin her birine ayrı ayrı odaklanarak planlama, kentleşme, çevre sorunları konularını birlikte irdelemeleri faydalı olacaktır. Bu bağlamda bu makalenin literatüre katkılarından birisi benzer konulara odaklanılacak sonraki makaleler için bir temel oluşturmasıdır.

Çalışmadaki tarihsel ele alışın da gösterdiği gibi çevre toplum ilişkisi açısından tartışılması gereken temel aşama endüstri toplumdur. Çünkü Adak'ın (2010) da ifade ettiği gibi, modern endüstri toplumlarının iki önemli özelliği olan rasyonelleşme ve sanayileşmenin el ele vermesi sonucunda insanlık doğa üzerinde egemenlik kurmuştur. Böylece modern endüstriyel toplum aşamasında toplumun doğal çevre üzerindeki sömürsü insanlık tarihinde daha önce hiç görülmediği bir seviyeye çıkmıştır. Öyle ki, dönemde insanın doğal çevre üzerindeki olumsuz etkisi doğanın kendini yenileme kapasitesinin çok üzerine çıktığından bu etkiler telafi edilemez noktaya ulaşmıştır. Bu nedenle, çevre sorunlarının yoğunlaşması ve doğal çevrenin ve dolayısıyla insanlığın varlığını tehdit eder noktaya ulaşması açısından 1970'ler önemli kırılma noktası olmuştur. Bu yıllarda ortaya çıkan postmodern toplum endüstriyel toplumun doğal çevreyi sömürsü sonucunda ortaya çıkan sorunlarla karşılaşmış ve insanlığın doğal çevre ile bozulan ilişkisini yeniden kurmaya çalışmıştır. Bu kapsamda modern sanayi toplumunun 19. yy.'da ortaya çıkan çevresel ve toplumsal sorunlara çözüm olarak geliştirmeye başladığı planlama disiplini, çevre sorunları, nedenleri ve sonuçları ile mücadele etmekte bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu misyonu nedeniyle planlama uğraş ala-

nına giren sosyal, kültürel, fiziksel, örgütsel ve ekonomik konular ile birlikte çevresel konuları ilgi alanı içerisinde tutmaktadır. Doğası gereği çalışmaları çok disiplinli bilgi ile yönlendirilen planlama bu doğrultuda çevre ve çevre sorunları ile ilişkili olarak ortaya çıkan, risk toplumu ve sürdürülebilirlik gibi yeni yaklaşım ve kavramları, hızlıca bünyesine almakta ve yeni planlama paradigmaları bu eklemelerle yeniden ve yeniden yapılanmaktadır.

Son olarak, günümüz postmodern endüstri toplumunda insan merkezli yaklaşımların yerine doğa merkezli yaklaşımların benimsenmesinin önemi söylem düzeyinde kabul edilmesine karşın bunun pratikte tam olarak gerçekleştiğini söylemek güçtür. Bir yandan doğaya dönüş hareketinin hâkim olduğu Postmodern Dönem'de olduğumuz kabul edilmekte, diğer taraftan kalkınma, büyüme, ilerleme ve gelişme gibi çevre sorunlarını günümüzde olduğu noktaya getiren kavramlar halen doğal çevrenin korunması ve sürdürülebilir olmasından daha önemli görülmektedir. Fakat çevre sorunlarının insanlığı tarihte hiç görülmediği kadar geniş ölçüde tehdit ettiği günümüz dünyasında içinde bulunduğumuz durum, doğa merkezli yaklaşımlardan vazgeçileceği anlamına gelmemektedir.

## Kaynaklar

- Adak N. (2010). Geçmişten Bugüne Çevreye Sosyolojik Yaklaşım, *Ege Akademik Bakış*, 10 (1), 371-382.
- Baz, F. (2019). Editöryel Sunuş: Tarihsel Süreç İçerisinde Kent, *MSGSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (20), 203-206.
- Beck U. (2014). Risk Toplumu: Başka Bir Modernliğe Doğru, *İthaki Yayınları 2. Baskı*, İstanbul.
- Bumin K. (1990). Demokrasi Arayışında Kent. *Ayrıntı Yayınları 1. Baskı*, İstanbul.
- Childe G. (1950). The Urban Revolution, *Town Planning Review*, 21 (1), 3-17.
- Childe G. (1986). Kendini Yaratan İnsan, *Ayrıntı Yayınları 1. Baskı*, İstanbul.
- Dinçer M. (1996). Çevre Gönüllü Kuruluşları, *Türkiye Çevre Vakfı Yayını 1. Baskı*, İstanbul.
- Engels F. (2003). The Great Towns: From The Condition Of The Working Class In England In 1844 (1845), *Editörler: Legates RT., Stout F.; The City Reader*, S.58-66, London, Routledge.
- Frangipane M. (1996). Doğu Anadolu'da Kentleşme Modelleri, Editor: Sey Y., Tarihten Günümüze Anadolu'da Konut Ve Yerleşme, *Türkiye Ekonomik Ve Toplumsal Tarih Vakfı Yayınları*, S.60-69, İstanbul.
- Friedmann J. (1987). Planning in Public Domain: from Knowledge to Action, Editor: Friedmann J., Two Centuries Of Planning Theory An Overview, S.51-86, Princeton University, Princeton.
- Friedmann J. (1996). The Core Curriculum In Planning Revisited, *Journal Of Planning Education And Research*, 15: 89-104.
- Giddens A. (1994). Modernliğin Sonuçları, *Ayrıntı Yayınları 1. Baskı*, İstanbul.
- Giddens A. (2005). Sosyoloji, Kısa Fakat Eleştirel Bir Giriş, *Phoenix Yayınevi 2. Baskı*, Ankara.
- Gottdiener M., Hutchison R. (2006). The New Urban Sociology, *Westview Press 3. Baskı*, Boulder, CO.
- Hall P. (2014). Cities Of Tomorrow: An Intellectual History Of Urban Planning And Design Since 1880, *Blackwell 4. Baskı*, Oxford.
- Harper CL. (1996). Environment And Society: Human Perspectives On Environmental Issues, *Prentice Hall 2. Baskı*, New Jersey.
- Harvey D. (1997). Postmodernliğin Durumu, *Metis Yayınları 1. Baskı*, İstanbul.
- Hobsbawm E. (2000). Devrim Çağı 1789-1848, *Dost Kitabevi Yayınları 6. Baskı*, Ankara.

- Jones E. (1990). Metropolis, *Oxford University Press 1. Baskı*, Oxford.
- Keleş, R. (2013). Kentleşme Politikası, İmge Kitabevi 13. Baskı, Ankara.
- Kulözü N. (2011). Planlamaya Katılım: Araç Mı, Amaç Mı?, *Editor: Eraydın A. vd., KBAM Kentsel Ve Bölgesel Araştırmalar 2. Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Matsa Basımevi, s.159-170*, Ankara.
- Kulözü N. (2015a). Place Of Natural Environmental Issues In Curriculums Of City And Regional Planning Departments At Turkish Universities, *Editörler: Efe R., Ayışığı M., Düzbakar Ö., Arslan M., Turkey At The Beginning Of 21st Century: Past And Present. St. Kliment Ohridski University Press, s. 438-455*, Sofia.
- Kulözü N. (2015b). Conceptualization Of Architectural Sciences' Students In Terms Of Relation Between Natural Environment And Their Professional Field, *Editörler: Efe R., Bizzarri C., Cüerbal İ., Nyusupova GN., Environment And Ecology At The Beginning Of 21st Century. St. Kliment Ohridski University Press, s.618-635*, Sofia.
- Kulözü N. (2016a). Bir Mekânsal Modernleşme Öyküsü: Erzurum Kenti Ve Kentsel Mekânında İkili Dokunun Oluşumu, *İdeal Kent Dergisi, 18, 22-47*.
- Kulözü N. (2016b). Youths' Perception And Knowledge Towards Environmental Problems In A Developing Country: In The Case Of Atatürk University, Turkey, *Environmental Science And Pollution Research, 23 (12), 12482-12490*.
- Kulözü N. (2017). Environmental Right And Responsibilities: From The Perspective Of Atatürk University Students, *Editörler: Efe R., Öztürk M. Contemporary Studies In Environment And Tourism, Cambridge Scholars Publishing, s.357-378, UK*.
- Kulözü-Uzunboy N. (2020). Modernite Projesinin Sosyo-Mekânsal Süreçlerinin Temsili İçin Bir Öneri: Mekânın İlişkisel Temsili, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 13 (75), 452-460*.
- Kulözü N., Açmaz M. (2006). Transformation of House-Typology in the Ancient Priene City, *1st International CIB endorsed METU postgraduate conference, s.643-653*, Ankara.
- Kulözü N., Okudan Y. (2016). Doğal Çevre Ve Planlama Eğitimindeki Yeri, *8 Kasım Dünya Şehircilik Günü, 8. Türkiye Şehircilik Kongresi, Şehircilik Ve Eğitimi, Kasım*, Ankara.
- Kulözü-Uzunboy N., Sipahi S. (2020). Mimaride Karbon Ayak İzini Azaltmaya Yönelik Uygulamalı Bir Ders Deneyimi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 13 (73), 517-525*.
- Lenski GE. (1966). Power Privilege: A Theory Of Social Stratification, *Mcgraw-Hill Book Company 1. Baskı*, New York.
- Mazi F. (2008). Antik Çağda Düşüncenin Kentsel Mekâna Yansıması, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5 (10), 33-48*.
- Mumford L. (2013). Tarih Boyunca Kent: Kökenleri, Geçirdiği Dönüşümler Ve Geleceği, *Ayrıntı Yayınları 2. Baskı*, İstanbul.
- Naiboğlu N. (2019). Kentleşmenin Kökeni Mezopotamya'da İlk Kentler, *MSGSÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 3 (20), 211-224*.
- Özdemir M. (2017). Neolitik Dönem Anadolu Mimarisinden Bir Kesit: Çayönü, *Journal of History and Future, 3 (3), 248-265*.
- Özdoğan M. (1996). Kulübeden Konuta, Mimaride İlkler, *Editor: Sey Y., Tarihten Günümüze Anadolu'da Konut Ve Yerleşme, Türkiye Ekonomik Ve Toplumsal Tarih Vakfı Yayınları, s.19-30*, İstanbul.
- Özer AÖ. (1995). Güncel Bir Tartışma: Sürdürülebilir Kalkınma, *Planlama Dergisi, 3-4, 21-26*.
- Rittersberger Tılıç H. (2019). Kavram Olarak Kent Sosyolojisi. *Editor: Güneş F. Kent Sosyolojisi. Anadolu Üniversitesi Yayını, s.3-19*, Eskişehir.
- Tekeli İ. (1998). Bir Modernleşme Projesi Olarak Türkiye'de Kent Planlaması, *Editörler: Bozdoğan S., Kasaba R., Türkiye'de Modernleşme Ve Ulusal Kimlik, Tarih Vakfı Yurt Yayınları; s. 155-172*, İstanbul.
- Tekeli İ. (2001). Bir Modernite Projesi Olarak Türkiye'de Kent Planlaması, *Editor: Tekeli İ., Modernite Aşılırken Kent Planlaması, İmge Kitapevi, s. 9-34*, Ankara.
- Tekeli İ. (2009a). Türkiye'nin Modernleşmesi Neye Benziyor?, *Editor: Tekeli İ., Modernizm, Modernite Ve Türkiye'nin Kent Planlama Tarihi, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, s.100-105*, İstanbul.
- Tekeli İ. (2009b). Yaşam Kalitesi Ve Göstergeleri, *Editor: Tekeli İ., Gündelik Yaşam, Yaşam Kalitesi Ve Yerellik Yazıları, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, s.79-141*, İstanbul.
- Tekeli İ. (2010). Türkiye'de Kent Planlamasının Tarihsel Kökleri, *Editor: Tekeli İ., Türkiye'nin Kent Planlama Ve Kent Araştırmaları Tarihi Yazıları, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, s.26-147*, Ankara.
- Tuna K. (1987). Şehirlerin Ortaya Çıkışı Ve Yaygınlaşması Üzerine Sosyolojik Bir Deneme, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları 1. Baskı*, İstanbul.
- Tuna M. (2001a). Çevre Sosyolojisinde Toplumsal Kurgusal Model, *Mülkiye, 25 (229), 229-243*.
- Tuna M. (2001b). Yatağan Termik Santralinin Çevresel Ve Toplumsal Etkileri. *Muğla Üniversitesi Yayınları 1. Baskı*, Muğla.
- URL-1. <https://worldarkeoloji.blogspot.com/2016/02/cayonu-hoyuk.html>, (Erişim tarihi: 13.11.2021).
- URL-2. <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/malatya/gezecekler/arslantape>, (Erişim tarihi: 13.11.2021).
- URL-3. <https://arkeopolis.com/priene-antik-kent/>, (Erişim tarihi: 14.10.2021).
- URL-4. <https://worldarkeoloji.blogspot.com/2018/10/antik-donemde-roma-sehir-planclg-ve.html>, (Erişim tarihi:13.11.2021).
- URL-5. <https://arsizsanat.com/orta-cagin-buhraninda-avrupada-mimari-anlayis/>, (Erişim tarihi: 13.11.2021).
- URL-6. <http://serbestatis.co/gecmisin-golgesinde/>, (Erişim tarihi: 13.11.2021).
- URL-7. <https://topografya.com/ebezzer-howard-bahce-kent-modeli/>, (Erişim tarihi: 13.11.2021).
- URL-8. <https://www.skyscrapercity.com/threads/the-city-beautiful-hareketi.1683620/>, (Erişim tarihi: 13.11.2021).
- Yavuz F., Keleş R., Geray C. (1973). Şehircilik Sorunlar-Uygulama ve Politika, *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları 1. Baskı*, Ankara.
- Yazgan ÇÜ. (2010). Tarihi Süreçte Toplum-Çevre İlişkileri Ve Çevre Sorunlarının Ortaya Çıkışı, *e-Journal of New World Sciences Academy, 5 (1), 227-44*.
- Yenişehirlioğlu F. (2011). Avrupa'da Ve Osmanlılarda Modernleşme, *Editör: Gülmez B. Kültür tarihi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, s. 182-205*, Eskişehir.
- Zeren-Gülersoy N., Kundak S., Günay Z., Demircioğlu E., Yazgı B., Beyazıt E., Gönül D. (2007). Türkiye Planlama Okulları Birliği III. Dönem Çalışmaları, *İstanbul Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, İTÜ*, İstanbul.





## Biyogaz Akımı İçerisindeki Siloksan Bileşiklerinin Adsorpsiyon Yöntemi ile Gideriminin Araştırılması

<sup>1</sup>Yağmur Meltem AYDIN KIZILKAYA\*,

ymeltema@pau.edu.tr

<sup>2</sup>Vedat UYAK

uyakv@itu.edu.tr

<sup>1</sup>Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 20160 Denizli, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, Türkiye

### Özet

Küresel ısınmanın gündemde olduğu bu dönemde alternatif enerji kaynaklarına olan eğilim gün geçtikçe artmaktadır. Biyogaz, enerji gereksiniminin sağlanması noktasında en etkili teknolojilerden biri olarak görülmektedir. Söz konusu bu gaz yakıtın enerji verimliliğinin yüksek olması için içerisinde bulunan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S ve siloksan gibi safsızlıkların giderilmesi gerekmektedir. Biyogaz akımı içerisinde bulunan siloksan bileşiklerinin enerji üretimi sırasında motor aksamlarında oluşturduğu hasarlardan dolayı bu bileşiklerin giderilmesi öncelikli hale gelmiştir. Biyogaz içerisinde bulunan siloksanlar yakıldığında, camsı mikrokristal silika formunda beyaz bir toz oluşturmakta ve bu beyaz toz, gaz motorlarında probleme yol açmaktadır. Günümüzde uygulamada en geçerli siloksan giderim teknolojileri adsorpsiyon, absorpsiyon, soğutma/yoğunlaştırma iken bunların dışında asit ile bozundurma, membran filtrasyon gibi teknolojilerde son zamanlarda uygulanmaya başlamıştır. En yaygın kullanılan siloksan giderim teknolojisi ise katı adsorbanlar ile adsorpsiyon olup aktif karbon en fazla tercih edilen adsorban olarak değerlendirilmektedir. Kullanılan adsorbanın yüzey alanı, mezo ve mikro gözenek hacmi, adsorbanın rejenerasyon kapasitesi ve biyogaz kompozisyonu adsorban seçiminde en önemli parametreler olarak görülmektedir. Bu çalışmada, katı atık düzenli depolama sahalarında ve atıksu arıtma tesisleri anaerobik çamur çürütücülerinde oluşan biyogaz içerisindeki uçucu metil siloksan bileşiklerinin yarattığı problemler ve giderim yöntemleri hakkında bilgiler derlenmiş ve aynı zamanda siloksanların örnekleme ve adsorpsiyon prosesi ile siloksan giderim mekanizmaları detaylı bir şekilde araştırılmış ve ortaya konmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Adsorpsiyon, biyogaz verimliliği, enerji, siloksan giderim yöntemleri, uçucu metil siloksanlar

## Investigation of the Removal of Siloxane Compounds in Biogas by Adsorption Method

<sup>1</sup>Yağmur Meltem AYDIN KIZILKAYA\*,

ymeltema@pau.edu.tr

<sup>2</sup>Vedat UYAK

uyakv@itu.edu.tr

<sup>1</sup>Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, 20160 Denizli, Turkey

<sup>2</sup>İstanbul Technical University, Faculty of Civil, Department of Environmental Engineering, 34469, İstanbul, Turkey

### Abstract

In this period when global warming is on the agenda, the tendency towards alternative energy sources is constantly increasing. Biogas is one of the most effective technologies in terms of providing energy requirements. In order to increase the energy efficiency of this gas fuel, the CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, and siloxane impurities must be removed. The elimination of siloxane compounds in the biogas stream due to the damage caused by engine components during energy production has become a priority. When the siloxanes in the biogas stream are burned, the glassy microcrystalline silica forms a white powder, which leads to problems in gas engines. Today, the most applicable siloxane removal technologies in practice, adsorption, absorption, cooling/condensation, also acid degradation, membrane filtration has

recently been applied technologies. The most widely used siloxane removal technology is adsorption with solid adsorbents and activated carbon is considered as the most preferred adsorbent material. The surface area, meso and microporous volume of the adsorbent used, regeneration capacity of the adsorbent and biogas composition is seen as the most important parameters in the adsorbent selection. In this study, the problems and removal methods of volatile methyl siloxane compounds in biogas formed in anaerobic sludge digesters in solid waste landfills and wastewater treatment plants were compiled and siloxane removal and adsorption process and siloxane removal mechanisms were investigated in detail.

## 1. Giriş

Konvansiyonel enerji kaynaklarının tükenmesi ve küresel ısınmanın etkisinin kuvvetlenmesi ile birlikte, alternatif enerji kaynaklarına olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Biyogaz, enerji gereksiniminin sağlanması yolunda en etkili teknolojilerden birisi olarak görülmektedir. Biyogaz anaerobik çürütücü gazı ve deponi gazı içeren yeşil, çevresel, yenilenebilir ve değerli bir yakıt olarak nitelendirilmektedir. Ana bileşenleri, metan ( $CH_4$ ; hacimce % 47-65) ve karbondioksitten ( $CO_2$ ; hacimce % 30-40) oluşmaktadır. Bunun dışında, biyogaz içerisinde düşük miktarlarda hidrojen sülfür ( $H_2S$ ), hidrojen ( $H_2$ ), azot ( $N_2$ ), oksijen ( $O_2$ ), karbon monoksit ( $CO$ ), amonyak ( $NH_3$ ) gibi farklı gaz bileşikleri, uçucu organik siloksanlar, doymuş/halojenli karbonhidratlar ve su ( $H_2O$ ) içeriğinin bulunması da söz konusudur (Chen vd., 2015; Aydın Kızılkaya ve Uyak, 2021)

Biyogazın enerji üretiminde verimliliğini yükseltme noktasında biyogazdaki safsızlıkların giderilmesi ve yapılan iyileştirmelerle  $CH_4$  miktarının da artırılması gerekmektedir. Özellikle ısı verimliliği için kabul edilebilir olması açısından biyogazdaki safsızlıkların giderilmesi için yapılan bu iyileştirme ile  $CH_4$  miktarının %88'den fazla olması beklenmektedir (Huertas vd., 2011).  $CO_2$ ,  $H_2S$  ve diğer safsızlıkların biyogazdan uzaklaştırılması konusunda yapılan çalışmalar ve uygulamalar gün geçtikçe artmakta ve daha iyi duruma gelmektedir. Günümüzde biyogaz saflaştırmada çeşitli teknolojiler mevcuttur. Uygulanan başlıca temel işlemler, adsorpsiyon, absorpsiyon, kriyojenik ayırma ve membran ayırma yöntemleridir (Chen vd., 2015).

Biyogaz küresel ısınmanın engellenmesi noktasında yüksek enerji içeriği ile katkıda bulunmaktadır; ancak içeriğinde bulunan siloksan gibi safsızlıklar enerji geri kazanım sistemleri-

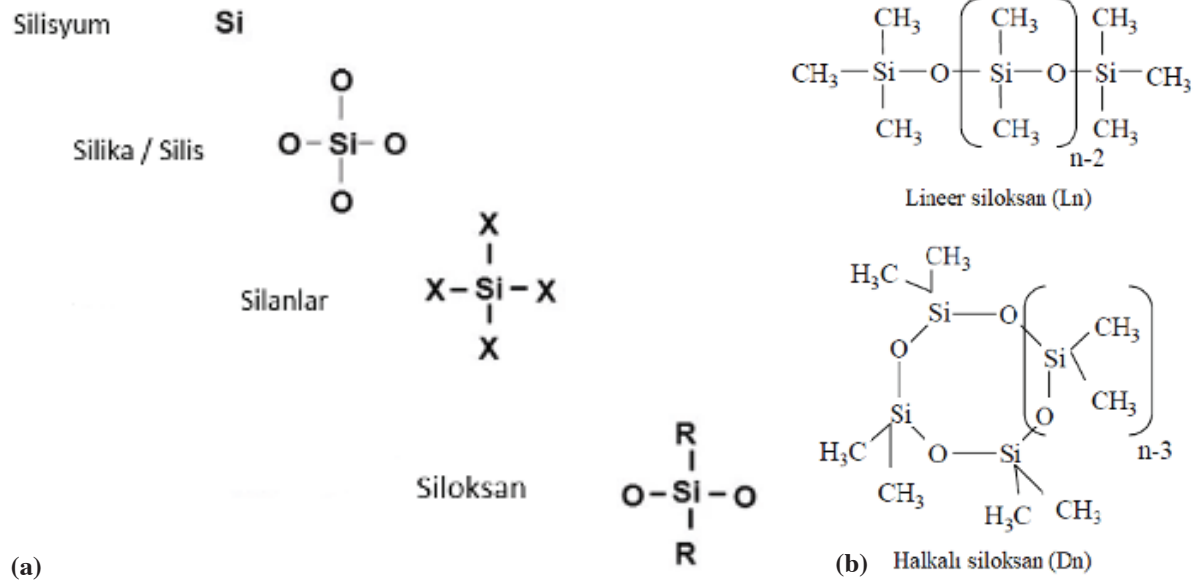
ni olumsuz etkileyerek ekipmanlarda hasarlara sebep olmaktadır. Ekipmanlara girmeden önce biyogazdaki siloksan konsantrasyonlarının azaltılması bu noktada önem kazanmaktadır. İstenmeyen bu silikon bileşiklerinin biyogazdan giderilmesi için uygulanan en geçerli teknolojiler ise adsorpsiyon, absorpsiyon, soğutma/yoğunlaştırma olarak gösterilmektedir (Jiang vd., 2016).

## 2. Biyogazda Siloksanlar ve Konsantrasyonları

Siloksanlar "Si-O-Si" bağları ile karakterize edilen organometalik bileşiklerin sınıfını ifade ederler. Siloksanlar, organik kimyasalların (metil grupları gibi) bağlı olduğu silisyum atomlarından oluşmaktadır (Şekil 2.1(a)). Bu bileşikler temiz, renksiz ve kokusuz olup, genellikle düşük toksisite ve düşük alerjik içeriğine sahiptirler. Su buharı ve oksijene nüfuz etme eğilimi gösterirler. Mikroorganizma gelişmesine yardımcı olmazlar. İnert olup reaktif değildirler. Bu uçucu bileşikler, sıcaklık (-100 – 250°C aralığı), atmosferik koşullar, nem, oksidasyon, UV radyasyonu, bozunma özelliklerine karşı kararlılık gösterirler. Yüksek oranda sıkıştırılabilirlik, düşük derecelerde yanabilirlik, düşük yüzey gerilimi, su tutmama özelliği, yüksek ısı kararlılık ve doğal kaynaklardan rahatlıkla temin edilebilirlik gibi özelliklere sahip olmalarından dolayı birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadırlar. Ayrıca çok geniş ölçekte kozmetik bileşenler ile uyumludurlar (Shen vd., 2018). Genellikle tıbbi cihazlar, kişisel bakım ürünleri (şampuan, kozmetik, deodorant vb.), havacılık ve otomotiv endüstrileri, farmasötikler, kâğıt endüstrisi, tekstil, mürekkepler, yapıştırıcılar, yağlayıcılar ve ısı transfer akışkanlarına kadar çok çeşitli tüketici ürünlerinde ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadırlar (Dewil vd., 2006; Mojsiewicz-Piekowska ve Krenczkowska, 2018).

Biyogaz akımında en yaygın gözlemlenen siloksanlar, her bir silikon atomuna (sp<sup>3</sup> hibridizasyonu) bağlı iki metil grubuna sahip olan halkalı yapı (D) ve lineer yapı (L) olan uçucu metilsiloksanlar (UMS) bileşikleridir (Şekil 2.1(b)). Halkalı yapı (D) olan türler hekzametilsiklotrisiloksan (D3), oktametilsiklotetrasiloksan (D4), dekametilsiklopentasiloksan (D5) dodekametilsikloheksasiloksan (D6) ve lineer yapı (L) olanlar ise hekzametildisiloksan (L2), oktametiltrisiloksan (L3) dekametiltetrasiloksan (L4), dodekametilpentasiloksan (L5) olarak gözlemlenmektedir (Tablo 2.1) (Ruiling vd., 2017). Uçucu olmayan siloksanların ise biyogazda bulunmaları beklenmemektedir (Dewil vd., 2006; Appels vd., 2008).

UMS, kimyasal ve termal stabilitesi, düşük viskozite ve suda çok düşük çözünürlük (genellikle < 1 mg/L) ile karakterize edilir ve bu özellikleri bozunma reaksiyonlarına dayanan giderim yöntemlerinin siloksanların gideriminde etkili olmayacağını göstermektedir (Huppman vd., 1996; Varaprath vd., 1996; Latimer vd., 1998; Kochetkov vd., 2001). Silikon-oksijen bağının yüksek ayrışma enerjisi Tablo 2.2’de gösterilmiştir (Lowry ve Richardson, 1987; Soreanu vd., 2011). Siloksanın, uyarıldığı koşullar altında koloidal dağılımlar oluşturma özelliğine sahip olduğu ve neticesinde siloksanın sulu çözünürlüğünün artmasıyla sonuçlandığı belirtilmektedir (Soreanu vd., 2009). Siloksan gideriminde bu durum göz önünde bulundurularak uygun bir giderim mekanizması düşünülmelidir.



Şekil 2-1 (a) Silisyum isimlendirme dizini (b) Siloksanların yapısı (Oshita vd., 2010).

Biyogazda bulunan siloksanların kaynaklarını katı atık depolama tesisleri ve atıksu arıtma tesisleri (AAT) anaerobik çamur çürütücüleri oluşturmaktadır. AAT ve depolama sahalarında siloksanların çevresel akibeti ve biyogaz içerisinde oluşumları Şekil 2.2’de gösterilmektedir.

Depolama sahalarında bulunan siloksan bileşiklerinin çeşitliliği sahadan sahaya farklılık göstermektedir. Bunu etkileyen en önemli faktörler atık karakteristiği, deponi sahasının yaşı, deponi sahasının durumu ve iklim koşullarıdır.

Depolama sahalarında en sık görülen bileşikler D3, D4, D5, L2, L3 olup D4 içeriği tüm siloksan içeriğinin yaklaşık %60’ını oluşturmaktadır. Siloksanlar dışında, dimetilsilenediol (DMSD) ve trimetilsilanol (TMSOH) da toplam silikon içeriğinin %50’sini oluşturmaktadır (Shen vd., 2018). Atıksu arıtma proseslerinde siloksanlar aktif çamur üzerinde birikme eğilimindedirler. Bu birikme mekanizması siloksanların atıksudan uzaklaştırılmasındaki ana mekanizmadır (Accetola vd., 2008). Bletsou vd. (2013) tarafından siloksanların AAT’de taşınım mekanizması üzerine

yapılan bir çalışmada, siloksanların yaklaşık %68'inin çamurda kaldığını kalanının ise buharlaşma ve deşarj ile kaybedildiğini göstermiştir. Anaerobik çürüme esnasında siloksanlar UMS ve organosilikonlara ayrılır. UMS biyogaza karışırken organosilikonlar ise çamur fazında kalır. Siloksanların uçuculuğu fermentasyon, sı-

caklık, substrat bekleme süresi, köpüklenme gibi faktörlere bağlı olarak değişir. AAT çürütücü biyogazında bulunan D4 ve D5 ana siloksan bileşenlerdir. Su fazında çözünme eğilimi fazla olduğundan L2, L3 ve silanoller eser miktarda bulunabilmektedir (Shen vd., 2018).

**Tablo 2.1** Biyogazda gözlemlenen uçucu metil siloksan türleri ve özellikleri.

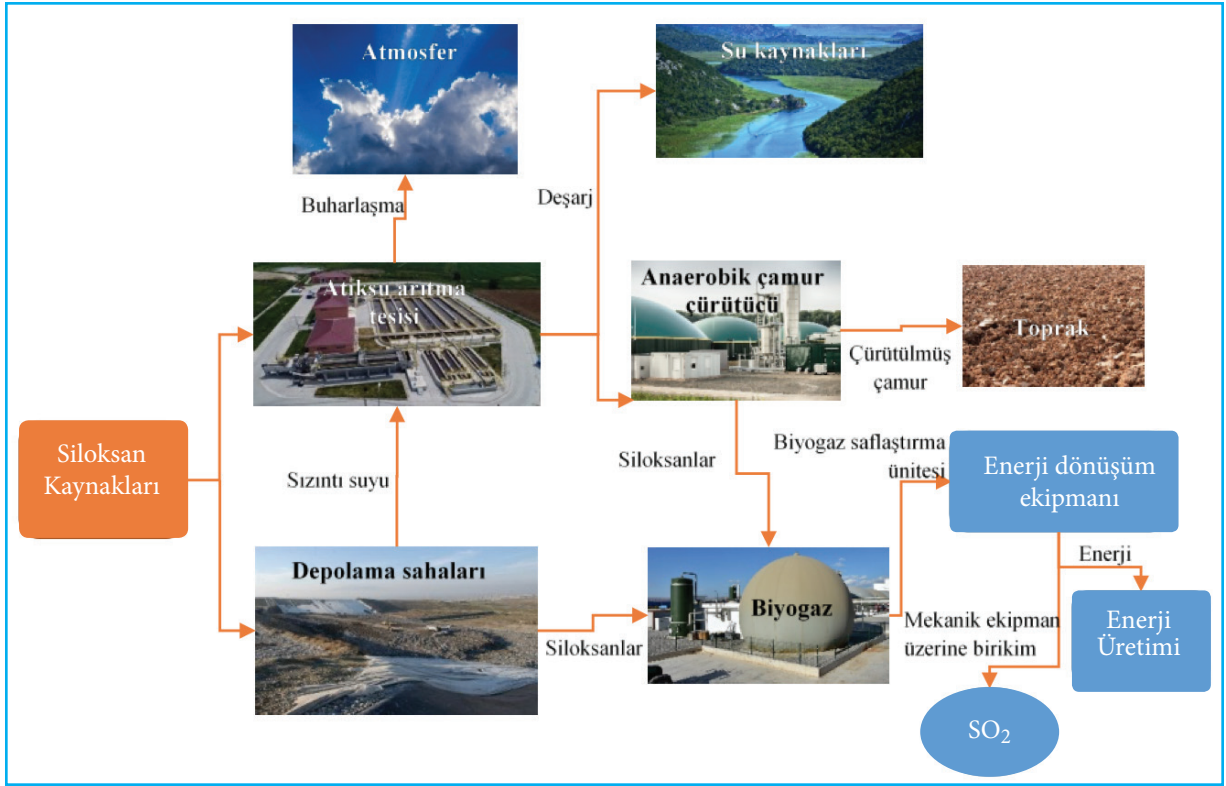
Bileşik Adı	Kısaltmalar	Formül	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası (°C)	Buhar Basıncı (mm Hg) (25°C)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> ) (25 °C)	Yapısı
Hekzametilsiklotrisiloksan	D3	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>3</sub>	222,5	134	9,5	1,02	
Oktametilsiklotetrasiloksan	D4	C <sub>8</sub> H <sub>24</sub> O <sub>4</sub> Si <sub>4</sub>	296,6	172	1,67	0,96	
Dekametilsiklopentasiloksan	D5	C <sub>10</sub> H <sub>30</sub> O <sub>5</sub> Si <sub>5</sub>	370,8	210	0,23	0,96	
Dodekametilsikloheksasiloksan	D6	C <sub>12</sub> H <sub>36</sub> O <sub>6</sub> Si <sub>6</sub>	444,9	245	0,03	0,97	
Hekzametildisiloksan	L2	C <sub>6</sub> H <sub>18</sub> OSi <sub>2</sub>	162,4	100	31,3	0,76	
Oktametiltrisiloksan	L3	C <sub>8</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> Si <sub>3</sub>	236,5	153	3,9	0,82	
Dekametiltetraasiloksan	L4	C <sub>10</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>4</sub>	310,7	194	0,55	0,85	
Dodekametilpentasiloksan	L5	C <sub>12</sub> H <sub>36</sub> O <sub>4</sub> Si <sub>5</sub>	384,8	230	0,07	0,88	

**Tablo 2.2** Siloksan bağları ayrışma enerjileri (Lowry ve Richardson, 1987; Soreanu vd., 2011).

Bağ Tipi	Si-O, C-H > C-O, C-C > Si-H, Si-C > Si-Si
Bağ enerjileri (kkal/mol)	<b>103</b> , <b>100</b> > 84, 81 > 72, <b>69</b> > 45

\* Siloksan molekülünde yer alan bağlar koyu olarak gösterilmiştir.





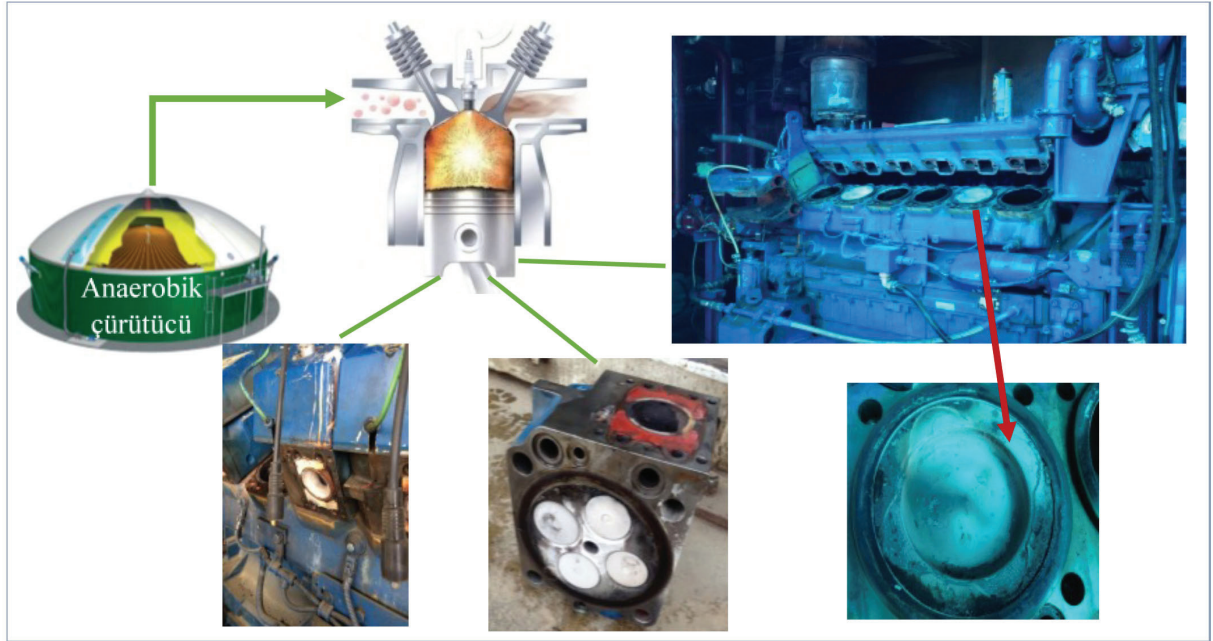
Şekil 2.2 Siloksanların atıksu arıtma tesisleri ve depolama sahalarındaki oluşumu (Aydın Kızılkaya, 2021)

Metan ve diğer hidrokarbonlar yandığında, tüm yanma ürünleri sistemden kolayca uzaklaşabilir. Biyogazın yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanımındaki en büyük engel içerisinde bulunan siloksan bileşikleridir. Biyogaz enerji dönüşüm ekipmanları, siloksanlara hidrojen sülfürden çok daha fazla duyarlıdır. Bu bileşiklerin yanma gerçekleşmeden önce biyogazdan mutlaka uzaklaştırılması gereklidir (Shen vd., 2018). Biyogaz akımı içerisinde bulunan siloksanlar yakıldığında, camsı mikrokristal silika beyaz bir toz oluşturmakta ve bu beyaz toz, gaz motorlarında probleme yol açmaktadır (Chen vd., 2015). Yanan siloksanlardan elde edilen kristal haldeki silika, içten yanmalı ekipmanın içindeki sıcak yüzeylere yapışarak, iç yüzeylerin yalıtımını sağlayan, ekipmanın ısınmasına neden olan kalın, sert, aşındırıcı bir katmanla kaplamaktadır. Yanma odalarında silikat ( $\text{SiO}_2$  ya da  $\text{SiO}_3$ ) içeren birikinti oluşumundan dolayı siloksanlar motor aksamlarında hasara neden olmaktadır (Şekil 2.3) (Urban vd., 2009).

Depolama sahalarında ve çürütücü gazı

içindeki siloksan konsantrasyonunun yeterince yüksek olması durumunda, bu silika birikintileri oluşumu içten yanmalı ekipmanın bakım aralıklarını ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Sistemde kesintiler enerji üretiminde aksaklıklara sebep olabilmektedir. Siloksan hasarının en çok gözlemlendiği ekipmanlar ve sebep olduğu ekipman hasarı Tablo 2.3'te gösterilmiştir. Bununla birlikte deponi gazında en yüksek oranda bulunan D4 bileşiği yanma odasında yüksek sıcaklık altında formaldehit ve silisik aside dönüşmektedir. Bu bileşikler çok aktif oldukları için piston ve silindir yüzeylerinde motor yağıyla ya da yanma odasının içinde deponi gazından gelen metan ile tepkimeye girebilmektedir (Alvarez-Florez ve Egusquiza, 2015; Östürk ve Sevimoğlu, 2017).

Motorun ömrünü ve biyogazın kullanım verimliliğini etkileyen siloksanların toplam konsantrasyonu genellikle  $50 \text{ mg/m}^3$ 'ün üstünde olup bu değerler motor üreticilerinin önerdiği sınır değerlerin ( $0,03 - 28 \text{ mg/m}^3$ ) oldukça üzerinde bulunmaktadır (Whelles ve



**Şekil 2.3** Siloksanların motor ekipmanları üzerinde meydana getirdiği hasarlar (Denizli AAT)

**Tablo 2.3** Siloksan hasarının gözlemlendiği ekipmanlar (XEBEC, 2007).

<b>Ekipman</b>	<b>Siloksanların sebep olduğu ekipman hasarı</b>
Bujiler	Siloksan birikimi sonucu ateşleme problemine yol açar.
Motor kapakları	Erken patlamalara neden olan, zayıf emisyon seviyelerine yol açan ve sıkıştırma oranını artıran silis birikintileri oluşur.
Valfler	Ön tutuşmaya ve piston arızasına yol açan yüksek silis tortuları oluştuğunda egzoz valflerinde hasar meydana gelir
Pistonlar	Pistonlardaki ağır tortular sebebiyle sıkışmadan dolayı piston halkalarının şişmesi ile yüksek yağ tüketimi gerçekleşir.
Motor gömlekleri	Yüzeyinde silis ile kaplama oluşur.
Piston halkaları	Silindir duvarların düzgün şekilde çalışmasını engelleyerek yüksek yağ tüketimine neden olur.
Egzoz manifoldları	Silis ile içten kaplanır ve mutlaka temizlik gerektirir.
Termokupllar ve oksijen sensörleri	Silis ile kirlenme sonucu hatalı okumalar söz konusu olabilir.
Turbo besleme gövdeleri	Siloksanın yüzeyi sertleştirmesinden dolayı yüzeyi zarar görebilir.
Isı geri kazanım üniteleri	Silis sebebiyle tıkanır ve ısı transferinin kötüleşmesine neden olur.

Pierce, 2004). Bu nedenle, yanma motorlarına ulaşmadan önce biyogaz içerisinde siloksanların uzaklaştırılması gerekmektedir (Ruiling vd., 2017).

Anaerobik çürütücülerde proses sıcaklığının depolama alanlarındaki sıcaklıktan daha yüksek olmasından dolayı çürütücü gazı içerisindeki siloksan konsantrasyonlarının, deponi gazına oranla nispeten daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Shen vd., 2018). Tower (2003) tarafından ABD’de 50 farklı atıksu arıtma tesisi çürütücü biyogazından alınan sonuçlarda ortalama siloksan konsantrasyonunun  $38 \text{ mg/m}^3$  olduğu belirtilmektedir. 4 farklı ülkenin AAT çürütücü biyogaz örneklerinin incelendiği bir çalışma da ise 16 ile  $400 \text{ mg/m}^3$  arasında siloksan çok farklı konsantrasyon aralığında gözlemlenmiştir. Deponi biyogazındaki diğer D4’ün daha yüksek konsantrasyonda olduğu; ancak çürütücü biyogazında ise D5’in baskın olduğu gözlemlenmiştir (Shen vd., 2018).

Tablo 2.4’te atıksu arıtma tesisleri ve katı atık depolama sahalarında incelenmiş biyogaz örneklerinde tespit edilen uçucu metil siloksan konsantrasyon değerleri sunulmuştur.

### 3. Siloksan Örneklemeye Yöntemleri ve Enstrümantal Analizi

Biyogaz içeriğinin ve içerisindeki bileşimlerin konsantrasyonunun belirlenmesi için aktif karbon adsorpsiyonu, iyon değiştirici reçineler üzerine adsorpsiyon, gaz toplama torbaları, gaz toplama konteynerleri ve sıvı adsorpsiyon uygulamaları en çok uygulanan yöntemler arasında yer almaktadır (Tablo 3.1). Biyogazdan siloksan örnekleme için ise genellikle termal desorpsiyon tüpleri, solvent (aseton, hekzan, metanol vb) dolu gaz yıkama şişeleri (impinger), metal kaplar

(canister), ve gaz toplama torbaları (tedlar) kullanılmaktadır. Bu uygulamaların performans kıyaslaması Tablo 3.2’de verilmektedir. Su içeriği kütlece %50-70 seviyelerinde olan biyogazın nem içeriği adsorpsiyon prosesini etkileyebileceği gibi örnekleme düzenek üzerinde bulunan kütle akış ölçer ekipmanlarında ve pompa aksamlarında hasara da neden olabilmektedir. Bu nedenle biyogaz örnekleme öncesinde içerisindeki nem içeriğinin soğutma kondenseri,  $\text{MgSO}_4$  gibi nem tutucu kimyasallar kullanılarak elimine edilmesi sağlanmalıdır (Zhang, 2009).

Toplanan gazın içerisinde bulunan bileşenlerin gerek miktarı, gerekse niteliği farklı belirleme yöntemleriyle analiz edilmektedir. Bu yöntemlerden biri veya daha fazlası kullanılarak gazın bileşimi analiz edilmektedir. Bu yöntemler arasında:

- elektron yakalama detektörlü gaz kromatografisi (GC-ECD),
- alev iyonlaşma detektörlü gaz kromatografisi (GC-FID),
- ısı iletkenlik detektörlü gaz kromatografisi (GC-TCD) ve
- kütle spektrometrisi detektörlü gaz kromatografisi (GC-MS) yer almaktadır.

Piechota vd. (2012) bir ATT prosesi biyogazında bulunan UMS örneklerini belirlemek için solvent adsorpsiyon metodunu kullanmış ve siloksanların adsorpsiyonunda en fazla kullanılan üç solvent olan metanol, hekzan ve aseton ile çalışmışlardır. Örneklemeye sonuçlarında en iyi adsorpsiyon performansının aseton ile sağlandığını belirtmişlerdir. Aynı zamanda siloksan analizlerini GC-MS ve GC-FID kullanarak gerçekleştirmiş ve her ikisinden de yüksek performans çıktıları almışlardır.

**Tablo 2.4** Biyogaz kaynaklarında siloksan konsantrasyonları (mg/m<sup>3</sup>)

Biyogaz Kaynağı	Çalışılan Siloksan Türleri										Kaynaklar
	L2	L3	L4	L5	D3	D4	D5	D6			
Katı Atık Depolama Tesisi	0,38 - 1,31	0,03 - 0,05	< 0,01	-	0,01 - 0,45	4,24 - 8,84	0,40 - 1,09	t.e.	Schweigkofler ve Niessner (1999)		
Katı Atık Depolama Tesisi	0,00 - 0,22	0 - 0,05	0 - 2,30	-	0,6 - 2,29	0,21 - 4,30	0,60 - 1,31	-	Arnold ve Kajolinna (2010)		
Katı Atık Depolama Tesisi	0,03-0,63	< 0,01	-	-	<0,1	<0,67	< 0,30	-	Rasi vd. (2011)		
Katı Atık Depolama Tesisi	6,07	0,32	t.e..	-	0,49	12,5	4,73	-	Accettola vd. (2008)		
Katı Atık Depolama Tesisi	0,7 - 0,9	t.e.	t.e.	-	0,4 - 0,44	4,8 - 5,1	0,60 - 0,65	-	Schweigkofler ve Niessner (2001)		
Katı Atık Depolama Tesisi	3,10 - 5,00	t.e.	< 0,10	-	0,5 - 0,84	10,6 - 15	3,00 - 3,30	-	Urban vd. (2009)		
Katı Atık Depolama Tesisi	0,12 - 0,87	t.e.	-	-	0,08 - 0,81	1,21-5,03	0,40-3,33	t.e.	Zhang (2009)		
Atıksu Arıtma Tesisi	0,01 - 0,05	0,02 - 0,03	0,02 - 0,15	-	0,14 - 0,20	2,87 - 6,98	2,75 - 9,65	t.e.	Schweigkofler ve Niessner (1999)		
Atıksu Arıtma Tesisi	0 - 0,09	0,03 - 0,20	0,51 - 1,29	-	0 - 0,06	0,10 - 1,21	0,90 - 27,1	-	Arnold ve Kajolinna (2010)		
Atıksu Arıtma Tesisi	0 - 0,03	0,03	0 - 0,08	0	0,33 - 0,74	2,91 - 4,12	36,7 - 45,8	0,01-1	Zhang (2009)		
Atıksu Arıtma Tesisi	<0,05-0,08	t.e.	t.e.	-	0,24-0,42	6,30 - 8,20	9,40- 15,5	-	Schweigkofler ve Niessner (2001)		
Atıksu Arıtma Tesisi	0 - 0,01	<0,2	<0,04	-	< 0,04	0,03 - 0,87	0,10 - 1,27	-	Rasi vd. (2011)		
Atıksu Arıtma Tesisi	0,02	0,02	t.e.	-	0,04	0,93	6,03	-	Accettola vd. (2008)		
Atıksu Arıtma Tesisi	-	-	-	-	t.e.	3,25	4,84	-	Marine vd. (2012)		
Atıksu Arıtma Tesisi	-	0,66±0,20	0,96±0,38	0,52±0,20	0,19±0,13	3,07±0,66	4,67±1,02	0,89±0,23	Aydın Kızılkaya, (2021)		

t.e.: tespit edilemedi



**Tablo 3.1** Biyogaz örnekleme teknikleri (Dewil vd., 2006).

Örnekleme yöntemleri	Kullanılan materyaller	Dezavantajları	Avantajları
Aktif karbon adsorpsiyonu	Aktif karbon	Zayıf geri kazanım	
İyon değiştirici reçineler üzerine adsorpsiyon	XAD 2, XAD 4	Zayıf geri kazanım	
Gaz toplama torbaları	Gaz torbaları	Gaz torbaları silikon septa ile kapatılır ve yapıştırılır; blank sonuçları oldukça yüksek.	
Gaz toplama konteynerleri	Cam konteynerler	Cam yüzeylere siloksanların yoğunlaşma ve adsorpsiyon etkisi	Kolay uygulama
Sıvı absorpsiyon	Çeşitli sıvılar (metanol, hekzan, aseton); gaz yıkama şişeleri	Metanol, hekzan ve aseton soğutulmalıdır.	Tüm siloksanlar nicel olarak algılanabilir.

**Tablo 3.2** Siloksan örnek toplama tekniklerinin performans karşılaştırılması (Hayes vd., 2002).

Performans Kriteri	Canister	İmpinger	Sorbent tüpü
Uygulaması kolay	Mükemmel	Zayıf	İyi
Temsili örnek	İyi/Zayıf	Mükemmel	İyi
D4/D5 siloksan geri kazanımı	İyi	Mükemmel	İyi/Zayıf

#### 4. Siloksan Giderim Yöntemleri

1990'ların sonlarında, kamu sübvansiyonlarıyla biyogaz kullanımının giderek artmasıyla birlikte siloksan problemi daha belirginleşmiş ve daha fazla önem kazanmıştır. Bu sebeple, son yıllarda yayınlarda ve patentlerdeki artışın da gösterdiği gibi biyogazdan siloksanların giderimine yönelik çalışmalara ilgi artmaktadır.

Biyogaz içerisinde bulunan siloksanların

gaz motorlarında yakılmadan önce uzaklaştırılması ile silikat oluşumu engellenmektedir. İstenmeyen bu silikon bileşiklerinin biyogazdan arındırılması için uygulanan en geçerli teknolojiler katı adsorpsiyon, absorpsiyon ve soğutma/yoğunlaştırma olarak gösterilmektedir. Bu yöntemler arasında katı adsorbanlar ile siloksanların adsorpsiyonu; basitliği, siloksan uzaklaştırma performansının yüksek olması, yüksek rejenerasyon özelliği, paralel veya yeni gelişmiş adsorbanlarda çoklu kolonlar

ile yüksek performans verimine sahip olması yönünden en yaygın kullanılan bertaraf yöntemidir (Soreanu vd., 2011; Jiang vd., 2016; Shen vd., 2018). Bu teknolojilere ek olarak asit degradasyonu, biyolojik teknolojiler ve katalitik prosesler de siloksanların gideriminde kullanılmaktadır (Ruiling vd., 2017).

#### 4.1. Adsorpsiyon yöntemi ile siloksan giderimi

Biyogazdan siloksanların uzaklaştırılmasında en sık kullanılan katı adsorbanlar aktif karbon, silika jel ve zeolittir. Siloksanların adsorpsiyon prosesi ile uzaklaştırılması gerek gazda bulunan siloksanların çeşidine ve derişimine, gerekse kullanılan adsorbanın gözenek boyutu, gözenek hacmi ve spesifik yüzey alanı gibi özelliklerine gerekse sıcaklık ve bağıl neme bağlıdır. Siloksanlar arasında, halkalı yapı siloksanların fonksiyonel gruplarının etkinliği ve büyük molekül boyutları sebebiyle giderimi daha zordur. Mikro gözeneklere sahip karbon bazlı adsorbanlar, silika jel ve alüminaya kıyasla L2'nin uzaklaştırılmasında daha etkindir. Mezo ve makro gözeneklere sahip silika jel ve alümina ise L2'nin giderilmesinde yetersiz olsa da D4 ve D5 için daha uygun adsorbanlar olarak değerlendirilmektedir (Whelles ve Pierce, 2004; Nam vd., 2013). Ayrıca silika jelin adsorban olarak kullanılması; adsorbanın tekrar kullanılabilir olması, aktif karbona kıyasla % 50'den fazla siloksan yükleme kapasitesinde artış sağlaması gibi önemli avantajlara sahiptir (Whelles ve Pierce, 2004). Bununla birlikte silika jelin yüzey kimyasının siloksanlar ile benzerlik göstermesi adsorpsiyon kapasitesini olumlu yönde etkilemektedir. Adsorpsiyon işlemi sırasında, adsorbanın aktif bölgeleri su buharını ve diğer kirleticileri tutacak olması nedeniyle, siloksanların aktif karbon adsorpsiyon kapasitesi, biyogazın bağıl nemi ile ters orantılıdır. Bu nedenle, aktif karbon adsorpsiyonu öncesinde genellikle bir ön arıtma ile gazın nemi içeriği azaltılmaktadır. Siloksanların adsorpsiyon kapasitesini gösteren literatür derlemesi alıntısı Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Siloksan adsorpsiyonunda aynı zamanda biyogaz içerisinde önemli miktarlarda bulu-

nan H<sub>2</sub>S ve diğer organik bileşiklerin varlığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin uçucu olmayan, kükürt içeren veya halojenli bileşiklerin varlığı, siloksanla adsorpsiyon kapasitesini önemli ölçüde azaltabilir. Bu durum da aktif karbonun yeniden kullanılabilirlik potansiyelini azaltmaktadır (Urban vd., 2009).

Biyogazdan siloksanların uzaklaştırılmasında kullanılan diğer adsorbanlar arasında moleküler elekler ve polimer tanecikleri adsorban malzeme olarak gösterilmektedir. Schweigkofler ve Niessner (2001) polimer tanecikleri, silika jel ve aktif karbon kullanılarak adsorpsiyon materyallerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesini gerçekleştirmiş ve deneylerinde, tüm adsorbanlar D5 için en büyük adsorpsiyon kapasiteleri sergilemiştir. Silika jel, hem nemin giderilmesi hem de gaz arıtımında uygulama için uygun maliyetli umut verici bir adsorban olarak gösterilmektedir. Çalışmada, aktif karbon ile karşılaştırıldığında, silika jel rejenerasyonda daha yüksek performans göstermiştir. Silika jel için desorpsiyon etkinliği, 20 dakika boyunca 250°C'ye ısıtıldığında % 95 seviyelerine ulaşmaktadır. Montanari vd. (2010) L2 gideriminde silika jel ve moleküler elekleri kullanmış ve silika jelin daha büyük adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu sonucuna ulaşmıştır.

Sigot vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada D4'ün uzaklaştırılması için aktif karbon, silika jel ve zeolit kullanılmıştır. Çalışmada adsorbanın kimyasal ve yapısal özelliklerinin adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisi incelenmiştir ve bu üç adsorban arasında silika jel en etkin adsorban olarak tespit edilmiştir. Aynı araştırmacı tarafından yapılan başka bir çalışmada ise biyogazda bulunan D4'ün uzaklaştırılması için yine aynı adsorbanlar kullanılmış, D4'ün uzaklaştırılmasında silika jelin daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak gaz akımı içerisinde nemin varlığında silika jel nem giderici madde olarak da işlev görmesi durumunda, nemin silika jelin adsorpsiyon kapasitesini %90 oranında azalttığı gözlemlenmiştir (Sigot vd., 2016).

Silika jel ve alümina gibi inorganik katılar

ya da polimerik reçineler olumlu sonuçlar verse de, en yaygın kullanılan katı adsorban madde aktif karbondur (Finocchio vd., 2009). Farklı aktif karbonların kullanımı, biyogazda bulunan diğer kirleticiler, bir siloksan çeşidinin diğerine göre derişiminin fazla olması, sıcaklık ve nem oranları siloksanların aktif karbon ile adsorpsiyon kapasitesini etkileyen faktörlerdir (Ajhar vd., 2010). Siloksanların adsorpsiyonu üzerine aktif karbonun yüzey kimyası ve gözenek yapısı önemli bir etkiye sahiptir. Bu kapsamda siloksanların adsorpsiyon kapasitenin iyileştirilmesi amacıyla, aktif karbon çeşitli yöntemlerle (alkali, asit ve termal işlem) modifiye edilmektedir. Biyogazda bulunan siloksanlar hidrofobik ve zayıf polar organik bileşikler oldukları için, hidrofobik yüzeyli aktif karbonun kullanılması siloksanların adsorpsiyon kapasitesini artırmaktadır. Aktif karbonun alkali karakteri genellikle hidrofobisiteyle ilişkilidir. Termal işlem ile karboksil grupların derişimi azaltılırken aktif karbonun alkali özelliği artırılmaktadır (Gong vd., 2015).

Gerçekleştirilen bir çalışmada, D4 bileşiminin giderimi için 11 farklı aktif karbon kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, siloksanların uzaklaştırılmasında büyük BET (Brunauer–Emmett–Teller) yüzey alanı ile yüksek miktarlarda süper mikro gözeneklere (gözenek çapı  $< 1,7$  nm) ve küçük mezo gözeneklere (gözenek çapı  $> 3,0$  nm) sahip olan aktif karbonların uygun olduğu belirtilmiştir (Yu vd., 2013). Ersan vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, organik kirleticilerin grafen nano levhalar, grafen oksit, karbon nano tüpler ve granüler aktif karbonlar üzerinde adsorpsiyon çalışmaları incelenmiştir. Çalışmalar bu adsorbanlar ile organik kirletici gideriminde adsorpsiyon kapasitesinin, organik kirleticinin fizikokimyasal özellikle-

rine ve moleküler yapılarına bağlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca doğal organik materyalin türünden çok karbon nanomateryallerinin özelliklerinin adsorpsiyon kapasitesinde daha etkili olduğunu belirtmiştir.

Cabrera-Codony vd. (2014) bir çalışmasında toplam 12 ticari aktif karbon (AC), farklı taşıyıcı gazlar ile D4 uzaklaştırılması için dinamik adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirmiştir. Bu çalışmanın bulgularından biri, D4 adsorpsiyon kapasitesini belirleyen ana parametrenin, aktif karbonların toplam gözenek hacmi olması olarak ortaya konmuştur. Bir aktif karbonun toplam gözenek hacmini bilmenin parametreler arasındaki regresyonun yüksek olmasından dolayı siloksanın giderim performansını tahmin ettirebileceğini göstermiştir. Öte yandan,  $H_3PO_4$  aktivasyonu ile odun esaslı aktif karbonlarda elde edilen yüksek gözeneklilik gelişiminin siloksan adsorpsiyon kapasitesini arttırdığını vurgulamıştır. Polimerizasyon, doymuş aktif karbonların termal rejenerasyonunu engelleyebildiğinden dolayı istenmeyen bir olgudur. Yüksek gözenek hacimlerine ve düşük oksijen içeriğine, özellikle de düşük karboksilik ve fenolik grup muhtevasına sahip olan aktif karbonlar, yüksek giderim kapasitelerine ulaşmak ve adsorbanın termal rejenerasyonunu kolaylaştırmak için siloksan gideriminde önerilmektedir.

Öte yandan genellikle siloksanların desorpsiyonunun zor olmasından dolayı çoğu durumda aktif karbonlar rejenere edilemez. Bu durumda yatak malzemenin sürekli değiştirilmesine neden olup işletme maliyetini de artırmaktadır. Pratikte ucuz işletme maliyeti sağlamak için kakao kabuğu ve bitümlü karbon gibi malzemeler de adsorban olarak kullanılmaktadır (Ruiling vd., 2017; Yang vd., 2013).

**Tablo 4.1** Siloksan adsorpsiyon kapasitesi literatür derlemesi (Kuhn vd., 2017).

<b>Adsorban</b>	<b>Adsorpsiyon Kapasitesi</b>	<b>Kaynak</b>
Aktif karbon	570 mg/g AC	Finocchio vd. (2009)
Silika jel	230 mg/g	Finocchio vd. (2009)
Fojasit zeolit	276 mg/g	Finocchio vd. (2009)
Çeşitli aktif karbonlar	300-400 mg siloksan/g AC	Ricaure-Ortega ve Subrenat (2009)
Çeşitli aktif karbonlar	56-192 mg D4/g AC	Matsui ve Imamura (2010)
Çeşitli aktif karbonlar	4-77 mg D4/g AC	Matsui ve Imamura (2010)
Silika jel	104 mg D4/g	Matsui ve Imamura (2010)
Zeolit	51 mg D4/g 52 mg D5/g	Oshita vd. (2010)
Aktif karbon	404 mg D4/g	Oshita vd. (2010)
Çeşitli aktif karbonlar	531 mg D5/g	Cabrera-Codony vd. (2014)
Aktif karbon	249-1732 mg D4/g	Cabrera-Codony vd. (2014)
Silika jel	897 mg D4/g	Sigot vd. (2014)
Aktif karbon	52-53 mg D4/g	Sigot vd. (2014, 2016)
Aktif karbon	4 mg siloksan/g	Whelles ve Pierce (2004)
Modifiye mezofor silika	686 mg D4/g	Jafari vd. (2015)
Mezofor alüminosilikat	>105 mg D4/g	Jiang vd. (2016)
Süperhidrofobik mezo-gözenekli polimerik adsorban	>2370 mg D4/g	Jiang vd. (2015)



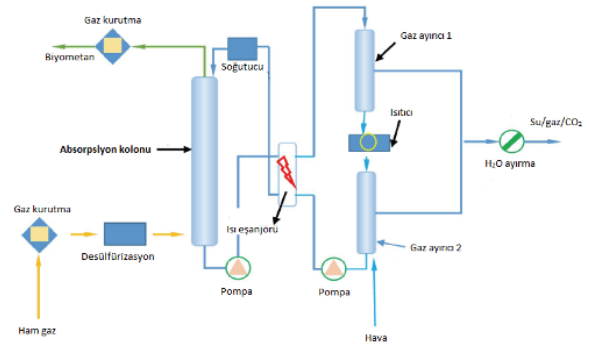
#### 4.2. Diğer yöntemler

Siloksan gideriminde adsorpsiyondan sonra en çok uygulanan ikinci yöntem absorpsiyon olarak gösterilmektedir. Absorpsiyon ile siloksan giderimi hem fiziksel hem de kimyasal absorpsiyon ile gerçekleştirilmektedir. Fiziksel absorpsiyonda su, organik solventler ve mineral yağlar kullanılmaktadır. Özellikle organik çözücü Selexol™ (polietilen glikolün dimetil eterleri) pilot ölçekli uygulamalarında %99 siloksan giderim verimi gösteren güçlü bir absorbandır (Whelles ve Pierce, 2004). Bunun dışında tetradekan ile D4 gideriminde %97, hidrokarbon yağı ile siloksan gideriminde %60 giderim verimleri elde edilmiştir (Stoddart vd., 1999; Yu vd., 2013). Fiziksel adsorpsiyondaki en büyük engel siloksan konsantrasyonundaki azalma ya da gaz debisindeki artışın yüksek uçuculuktaki siloksanların desorpsiyonuna neden olabileceği olmasıdır. Eğer kimyasal absorpsiyon sağlanırsa bu desorpsiyon olayı mümkün olmayacaktır. Kimyasal absorpsiyon ile kuvvetli asit ve bazlar kullanılarak Si-O bağlarının koparılması sağlanır. Farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilmiş çalışmalarda genellikle sülfürik asit, nitrik asit, fosforik asit gibi kuvvetli bazlarda %95'den fazla siloksan giderim verimlerine ulaşılmıştır (Schweigkofler ve Niessner, 2001). Ancak kimyasal absorpsiyonun geniş ölçekli uygulamalarında teknik ve ekonomik problemlerin varlığı söz konusu olup, güvenlik ve korozyon bakımından bu absorbentler tehlike arz etmektedir (Urban vd., 2009; Ruiling vd., 2017). Şekil 4.1'de kimyasal absorpsiyon ile biyogaz saflaştırma örneği gösterilmiştir.

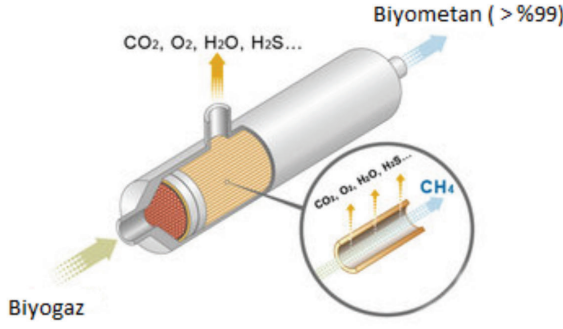
Siloksan gideriminde tercih edilen üçüncü bir uygulama da biyogazın sıcaklığının düşürülerek gaz içerisindeki siloksanların yoğunlaştırılmasını sağlamaktır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde biyogazın sıcaklığını düşürdükçe giderim veriminin arttığı gözlenmiştir. Hagman vd. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada biyogaz sıcaklığı 25°C düşürüldüğünde UMS giderimi %30 seviyesinde iken sıcaklık 70°C olduğunda bu verim %99,3 mertebelerine ulaşmıştır. Ancak bu proses için de işletme maliyetlerinin çok yüksek olabileceği gerçeği unutulmamalıdır.

Membranlar ise basitliği, büyük yüzey alanları ve küçük hacimleri ile biyogazdan siloksan gideriminde gelecek vaad eden prosesler arasında gösterilmektedir. Membran ayırma işleminin temel avantajları düşük enerji gereksinimi ve yüksek metan saflığıdır. Membran ayırma işlemi yüksek siloksan/metan seçiciliği gösteren bir teknolojidir. En iyi siloksan/metan seçiciliği en az metan kaybı ve enerji gereksinimi ile mümkün olmalıdır. Bu nedenle, bu proseste geçirgenlik ve seçicilik, işletme ve yatırım maliyetlerini etkileyen en önemli parametreler arasındadır ve diğer teknolojiler ile karşılaştırıldığında membran prosesler nispeten daha maliyetli olarak gösterilmektedir (Shen vd., 2018). Ajhar ve Melin (2006) geliştirdikleri polidimetilsiloksan (PDMS) polimerik membran ile çözelti ve difüzyon yoluyla seçici siloksan geçirgenliğini % 80'e kadar sağlayabilmişlerdir. Biyogaz saflaştırmada uygulanan membran ayırma yöntemine ait bir örnek Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Biyolojik prosesler, biyogazdan H<sub>2</sub>S uzaklaştırılmasında da kullanılan ekonomik ve çevre dostu uygulamalar olarak gösterilmektedir. Bu proseste aerobik veya anaerobik koşullarda spesifik mikroorganizma yetiştirilmesi ile siloksan giderimi sağlanabilmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda elde edilen verimler ile henüz istenilen değerlere ulaşamamıştır. Damlatmalı filtrelerin uygulamasında siloksan giderimi %50-70 seviyelerine ancak gelebilmektedir (Soreanu vd., 2011).



Şekil 4.1 Kimyasal absorpsiyon ile biyogaz saflaştırma örneği (Awe vd., 2017)



**Şekil 4.2** Biyogaz saflaştırmada membran ile ayırma örneği (URL-1, 2020).

Siloksan gideriminde maliyet göz önünde bulundurulduğunda maliyetin proses kapasite-

si, uygulanan teknoloji, gazın kompozisyonu ve gazın içindeki siloksan konsantrasyonu ile doğrudan ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Yang vd., 2013). Ruiling vd. (2017) Avrupa'da birkaç tesiste hem atıksu biyogazında hem de deponi biyogazında kullanılan siloksan giderim teknolojisine göre maliyet araştırmaları yapmışlardır. Çalışma sonuçları inşaat, ilk yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri göz önünde bulundurularak toplam maliyet olarak sunulmuştur (Tablo 4.1). En yüksek toplam maliyet yoğunlaştırma/adsorpsiyon prosesinde gözlenmiştir. Reçine adsorpsiyonunda maliyet değerleri incelendiğinde her iki biyogaz kompozisyonunda farklı maliyet sonuçlarının ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. En düşük maliyet ise reçine adsorpsiyon prosesinin uygulandığı deponi biyogazında görülmüştür.

**Tablo 4.2** Siloksan giderim maliyeti (Ruiling vd., 2017).

Uygulanan teknoloji	Biogaz kompozisyonu	Toplam maliyet (Euro/m <sup>3</sup> )
Aktif karbon adsorpsiyonu	ATT biyogazı	0,50
Grafit filtre	Deponi biyogazı	0,35
Reçine adsorpsiyonu	ATT biyogazı	0,70
Reçine adsorpsiyonu	Deponi biyogazı	0,10
Yoğuşurma adsorpsiyon	ATT biyogazı	2,50
Soğutma /adsorpsiyon	Deponi biyogazı	0,50

## 5. Sonuçlar ve Tartışmalar

Siloksan giderim çalışmalarında, katı adsorbanlar ile (aktif karbon, moleküler elek, silika jel vb.) yapılan çalışmalarda %90-95 oranlarında siloksan giderim verimleri elde edilmiş olup işletme maliyetleri orta seviyelerde gösterilmiştir. Katı adsorbanlar ile adsorpsiyonun avantajları; yüksek adsorpsiyon kapasitesi, yüksek oranda rejenerasyonun sağlanabilmesi (termal işlemler ve solventler ile), paralel olarak birden fazla kolon aracılığıyla giderim performansının artırılabilirliği, biyogazla kurutma için kullanılabilir olması (aktif karbon hariç), sistemin basitliği ve düşük-orta maliyetle kullanılabilir olması olarak ifade edilmiştir. Öte yandan bu katı adsorbanlar, rejenerasyon işlemi ile adsorpsiyon materyalinin kaybı, işletmede en az iki ünite gerekliliği (ikincisi rejenerasyon aşamasında iken bir tane kullanılır), sistemin basınç düşmesinden etkilenmesi ve nemli gazlar için uygun olmama (aktif karbon) hususları

dezavantajlı hususlar olarak belirtilmiştir.

Siloksan arıtma işleminde, sıvı absorpsiyonu ile %97-99 arasında siloksan giderim verimleri elde edilebilmektedir. Sıvı absorpsiyonun avantajı temas ettiği bölgenin (ters akım) türüne göre arıtma veriminin artmasıdır. Buna karşın yüksek işletme maliyeti, yüksek solvent toksisitesi, çevresel etkileri, rejenerasyon için gereken yüksek enerji (ısıtma veya damıtma) ve solventlerin yanabilirliği gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Soğutma ve yoğunlaştırma prosesi ile de %95'e kadar siloksan arıtma verimleri elde edilmiştir. Bu prosesin en büyük dezavantajı çok yüksek enerji tüketimine neden olması olarak gösterilirken, basitliği, düşük reaktif maliyeti, toksik olmaması, biyogaz kurutma için kullanılabilirliği ve bertaraf için bir medya olmaması gibi avantajları da vardır.

Bunların dışında asit ile parçalama, katalitik prosesler ve biyolojik giderim prosesleri de siloksan gideriminde geliştirilebilir ve tercih edilebilir prosesler arasında gösterilmektedir. Günümüzde siloksan gideriminde en fazla tercih edilen yöntem ise rejenere edilebilir aktif karbon ile adsorpsiyonu olarak görülmektedir.

Gelecekteki çalışmaların;

- (i) rejeneryonda adsorbanların özellikleri ve siloksanları seçiciliklerinin artırılması,
- (ii) biyolojik proseslerin siloksan gideriminde uygulanabilirliğinin etkinleştirilmesi,
- (iii) membran prosesler ve katalizörler gibi gelecek vaad eden uygulamaların geliştirilmesi,

(iv) siloksanlar gibi istenmeyen safsızlıkların gideriminde en az CH<sub>4</sub> kaybının sağlanması üzerine odaklanması beklenmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1002 – Hızlı Destek Programı tarafından 119R011 nolu proje ve Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2018FEBE053 nolu proje ile desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Accettola F., Guebitz GM., Schoeftner R. (2008). Siloxane removal from biogas by biofiltration: biodegradation studies, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 10, 211–218.
- Ajhar M., Bannwarth S., Stollenwerk KH., Spalding G., Yüce S., Wessling M., Melin T. (2012). Siloxane removal using silicone-rubber membranes, *Separation and Purification Technology*, 89, 234-244.
- Ajhar M., Travesset S., Yüce S., Melin T. (2010). Siloxane removal from landfill and digester gas – A technology overview, *Bioresource Technology*, 101, 2913-2923.
- Ajhar M., Melin T. (2006). Siloxane removal with gas permeation membranes, *Desalination*, 200, 234–235.
- Alvarez-Florez J., Egusquiza E. (2015). Analysis of damage caused by siloxanes in stationary reciprocating internal combustion engines operating with landfill gas, *Engineering Failure Analysis*, 50, 29-38.
- Appels L., Baeyens J., Dewil R. (2008). Siloxane removal from biosolids by peroxidation, *Energy Conversion and Management*, 49, 2859–2864.
- Arnold, M., Kajolinna, T. (2010). Development of on-line measurement techniques for siloxanes and other trace compounds in biogas, *Waste Management*, 30, 1011-1017.
- Awe OW., Zhao Y., Nzihou, A., Minh, DP., Lyczko, N. (2017). A Review of Biogas Utilisation, Purification and Upgrading Technologies, *Waste and Biomass Valorization*, 8, 267-283.
- Aydın Kızılkaya YM. (2021). Biyogaz akımı içerisindeki siloksan bileşiklerinin giderimi. *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi*, 130 sayfa.
- Aydın Kızılkaya YM., Uyak V. (2021). Adsorptive purification of volatile methyl siloxanes in a digester biogas stream. *J Chem Technol Biotechnol*, DOI:10.1002/jctb.6860.
- Bletsou AA., Asimakopoulos AG., Stasinakis AS., Thomaidis NS., Kannan K. (2013). Mass loading and fate of linear and cyclic siloxanes in a wastewater treatment plant in Greece, *Environmental Science & Technology*, 47, 1824–1832.
- Cabrera-Codony A., Montes-Morán MA., Sánchez-Polo M., Martín MA. (2014). Biogas upgrading: optimal activated carbon properties for siloxane removal, *Environmental Science & Technology*, 48, 7187–7195.
- Chen XY., Vinh-Thang H., Ramirez AA., Rodrigue D., Kaliaguine S., (2015). Membrane gas separation technologies for biogas upgrading, *Royal Society of Chemistry*, 5, 24399-24448.
- Dewil R., Appels, L., Baeyens, J. (2006). Energy use of biogas hampered by the presence of siloxanes, *Energy Conversion Management*, 47, 1711–1722.
- Ersan G., Kaya Y., Apul OG., Karanfil T. (2016). Adsorption of organic contaminants by graphene nanosheets, carbon nanotubes and granular activated carbons under natural organic matter preloading conditions, *Science of the Total Environment*, 55, 811-817.
- Finocchio E., Montanari T., Garuti G., Pistarino C., Federici F., Cugino M., Busca G. (2009). Purification of biogases from siloxanes by adsorption: On the regenerability of activated carbon sorbents, *Energy Fuels*, 23, 4156–4159.
- Gong H., Chen Z., Fan Y., Zhang M., Wu W. (2015). Surface modification of activated carbon for siloxane adsorption, *Renewable Energy*, 83, 144-150.
- Hagmann, Hesse E., Hentschel P. (2001). Purification of biogas removal of volatile silicones, *Eight international waste management and landfill symposium*, CISA, 641–644, Sardinia.
- Hayes HC., Saeed S., Graening GJ., Kao S. (2002). A Summary of Available Analytical Methods for The Determination of Siloxanes in Biogas, *Technical notes*, Air Toxics Ltd.
- Huertas JI., Giraldo N., Izquierdo S. (2011). Removal of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> from Biogas by Amine Absorption, *Editör: Markos J., Mass Transfer in Chemical Engineering Processes*, 133–135.
- Huppmann R., Lohoff HW., Schröder HF. (1996). Cyclic siloxanes in the biological wastewater treatment process-determination, quantification and possibilities of elimination, *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 354, 66-71.
- Jafari T., Jiang T., Zhong W., Khakpasha N., Delljoo B., Aindow M., Singh P., Suib SL. (2016). Modified mesoporous silica for efficient siloxane capture, *Langmuir*, 32, 2369–2377.

- Jiang T., Poyraz AS., Iyer A., Zhang Y., Luo Z., Zhong W. (2015). Synthesis of mesoporous iron oxides by an inverse micelle method and their application in the degradation of orange II under visible light at neutral pH, *The Journal of Physical Chemistry*, 119, 10454–10468.
- Jiang T., Zhong W., Jafari T., Du S., He J., Fu YJ., Singh P., Suib SL. (2016). Siloxane D4 adsorption by mesoporous aluminosilicates, *Chemical Engineering Journal*, 289, 356–364.
- Kochetkov A., Smith JS., Ravikrishna R., Valsaraj KT., Thibodeaux L. (2001). Air-water partition constants for volatile methyl siloxanes, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20, 2184–2188.
- Kuhn JN., Elwell AC., Elsaed NH., Joseph B. (2017). Requirements, techniques, and costs for contaminants removal from landfill gas, *Waste Management*, 63, 246–256.
- Latimer LH., Kamens RM., Chandra G. (1998). The atmospheric partitioning of decamethylcyclopentasiloxanes (D5) and 1-hydroxynonamethylcyclopentasiloxane (D4TOH) on different types of atmospheric particles, *Chemosphere*, 36, 2401–2414.
- Lowry TH., Richardson KS. (1987). Mechanism and Theory in Organic Chemistry, *Harper and Row Publishers*, New York,.
- Marine S., Pedrouzo M., Marce RM., Fonseca I., Borrull F. (2012). Comparison between sampling and analytical methods in characterization of pollutants in biogas, *Talanta*, 100, 145–152.
- Matsui M., Imamura S. (2010) Removal of siloxane from digestion gas of sewage sludge, *Bioresource Technology*, 101, S29–S32.
- Mojsiewicz-Piekowska K., Krenczkowska D. (2018). Evolution of consciousness of exposure to siloxanes - Review of publications, *Chemosphere*, 191, 204–217.
- Montanaria T., Finocchia E., Bozzano I., Garutib G., Giordanob A., Pistarinoc C., Busca G. (2010). Purification of landfill biogases from siloxanes by adsorption: A study of silica and 13X zeolite adsorbents on hexamethylcyclotrisiloxane separation, *Chemical Engineering Journal*, 165, 859–863.
- Nam S., Namkoong W., Kang JH., Park J., Lee N. (2013). Adsorption characteristics of siloxanes in landfill gas by the adsorption equilibrium test, *Waste Management*, 33, 2091–2098.
- Oshita K., Ishihara Y., Takaoka M., Takeda N., Matsumoto T., Morisawa S., Kitayama A. (2010). Behaviour and adsorptive removal of siloxanes in sewage sludge biogas, *Water Science and Technology*, 61, 2003–2012.
- Östürk Ö., Sevimoğlu O. (2017). Çöp gazından gelen siloksanların enerji üretimindeki sınırlamaları ve gazdan uzaklaştırma metotları, *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7, 42–53.
- Piechota G., Haggmann M., Buczkowski, R. (2012). Removal and determination of trimethylsilanol from the landfill gas, *Bioresource Technology*, 103, 16–20.
- Rasi S., Läntelä J., Rintala J. (2011). Trace compounds affecting biogas energy utilisation—A review, *Energ Convers Management*, 52, 3369–3375.
- Ricaure-Ortega D., Subrenat A. (2009). Siloxane treatment by adsorption into porous materials, *Environmental Technology*, 30, 1073–1083.
- Ruiling G., Shikun C., Zifu L. (2017). Research progress of siloxane removal from biogas, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10, 30–39.
- Schweigkofler M. ve Niessner, R. (2001). Removal of siloxanes in biogases, *Journal of Hazardous Materials B*, 83, 183–196.
- Schweigkofler M., Niessner R. (1999). Determination of siloxanes and VOC in landfill gas and sewage gas by canister sampling and GC-MS/AES analysis, *Environmental Science and Technology*, 33 (20), 3680–3685.
- Shen M., Zhang Y., Hu D., Fan J., Zeng G. (2018). A review on removal of siloxanes from biogas: with a special focus on volatile methylsiloxanes, *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 30847–30862.
- Sigot L., Ducom G., Benadda B., Labouré C. (2014). Adsorption of octamethylcyclotetrasiloxane on silica gel for biogas purification, *Fuel*, 135, 205–209.
- Sigot L., Ducom G., Benadda B., Labouré C. (2016). Comparison of adsorbents for H<sub>2</sub>S and D4 removal for biogas conversion in a solid oxide fuel cell, *Environmental Technology*, 37, 86–95.
- Soreanu G., Beland M., Falletta P., Edmonson K., Svoboda L., Al-Jamal M., Seto P. (2011). Approaches concerning siloxane removal from biogas – A review, *Canadian Biosystem Engineering*, 53, 8.1 - 8.17.
- Soreanu G., Falletta P., Beland M., Edmonson K., Seto P., (2009). Abiotic and biotic mitigation of volatile methylsiloxanes in anaerobic gas-phase biomatrices, *Environmental Engineering and Management Journal*, 8, 1235–1240.
- Stoddart J., Zhu M., Staines J., Rothery E., Lewicki R. (1999). Experience with halogenated hydrocarbons removal from landfill gas, *Proceedings Sardinia 1999, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium*, 2, 489–498.
- Tower P. (2003). New technology for removal of siloxanes in digester gas results in lower maintenance costs and air quality benefits in power generation equipment, *Proceeding of the Water Environment Federation*, 440–447.
- Urban W., Lohmann H., Gomez JIS. (2009). Catalytically upgraded landfill gas as a cost-effective alternative for fuel cells, *Journal of Power Sources*, 193:1, 359–366.
- Varaprath S., Frye CL., Hamelink J. (1996). Aqueous solubility of permethylsiloxanes (silicones), *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15, 1263–1265.
- Whelles E., Pierce J. (2004). Siloxanes in Landfill and Digester Gas Update, *27th Annual SWANA LFG Symposium*.
- XEBEC Adsorption Inc. (2007). Treatment Solutions for Landfill Gas Fuel Applications. *Teknik Not*.
- Yang SS., Chen Y., Huang Y., Cao ZR. (2013). Source of siloxane in biogas and its removal, *China Water and Wastewater*, 29, 19–21.
- Yu M., Gong H., Chen Z., Zhang M. (2013). Adsorption characteristics of activated carbon for siloxanes, *Environmental Chemical Engineering*, 1, 1182–1187.
- Zhang N. (2009). An evaluation of onsite siloxane monitoring technique and siloxane adsorption isotherm derivatives, *Yüksek Lisans Tezi, Guelph Üniversitesi, Canada*.
- URL-1. <https://www.airliquideadvancedseparations.com/our-membranes/biogas>, (Erişim tarihi: 30 Aralık 2020).



## Döngüsel Ekonomi Modeli Kapsamında Erzurum İli Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yol Yapımında Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

Zeynep EREN\*

zeren@atauni.edu.tr

Büşra Nazlı ŞEN

busranazlisen@gmail.com

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

### Özet

Bu çalışmada Erzurum İli'nde 2018-2020 yılları arasında meydana gelen hafriyat toprağı (HT) ve inşaat yıkıntı atıklarının (İYA) türleri ve miktarları değerlendirilerek bunların geri dönüşümü ile elde edilecek malzemelerin karayolu yapımında kullanılabilirliği literatürdeki örnek çalışmalar üzerinden incelenmiştir. Literatürde yapılmış örnek çalışmalar ve Karayolları Teknik Şartnamesi standartları göz önünde bulundurularak inşaat atıklarının karayolu yapımında kullanılabilmesi için gerekli laboratuvar deneyleri belirlenmiştir. Bu standartları sağlamak koşulu ile, inşaat atıklarının çeşitli laboratuvar deneyleri ile karayolu dolgu tabakasında HT ve İYA'nın tamamının kullanılmasının uygun olduğu; ama alttemel tabakası ve plent-mix tabakalarında belli oranlarda İYA, belli oranlarda ise agrega kullanılarak geri dönüşümü ve yeniden kullanımının mümkün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca karayolu temel ve alttemel inşaatı için kullanılacak olan geri dönüştürülmüş İYA'na yönelik potansiyel talep tahmin edilmiş ve Erzurum İli'nde açığa çıkan İYA'ya miktarının 2018, 2019 ve 2020 yılları içinde inşa edilmiş yol yapımında kullanılacak potansiyel malzeme talebini karşılayabileceği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Hafriyat toprağı, inşaat yıkıntı atıkları, karayolu, geri dönüşüm, döngüsel ekonomi modeli

## Investigation of Usability of Excavated Soil, Construction and Demolition Wastes in Erzurum City for the Road Construction within the Scope of Circular Economy Model

Zeynep EREN\*

zeren@atauni.edu.tr

Büşra Nazlı ŞEN

busranazlisen@gmail.com

Atatürk University, Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, Erzurum, Turkey

### Abstract

In this research, the types and amounts of excavation soil (ES), construction and demolition wastes (CDW) in Erzurum City were evaluated and the usability of the materials to be obtained by recycling of in highway construction was examined through case studies in the literature. Considering the case studies in the literature and the Highways Technical Specification standards, the necessary laboratory tests were determined for the use of construction wastes in highway construction. With the condition of these standards met, it is defined that the use of construction wastes and all excavation soil is suitable for use in the highway fill layer by conducting various laboratory tests. However, it has been determined that recycling and reuse are possible by using certain proportions of CDW and certain proportions of aggregate in the subbase layer and plant-mix layers. In addition, the potential demand for recycled CDW that can be used for highway basement and sub-base construction has been estimated and it has been seen that the amount of CDW released in Erzurum Province can meet the potential demand for materials that can be used in road construction built in 2018, 2019 and 2020.

**Keywords:** Excavated soil, construction and demolition waste, highway, recycling, circular economy model

## 1. Giriş

Türkiye’de son yıllarda nüfus artışı ve kentleşme faaliyetleri, sosyo-ekonomik seviyenin yükselmesi, artan refah anlayışı ile gelişen yaşam koşulları gibi nedenlerle inşaat sektöründe hızlı bir yükseliş kaydedilmiştir. Konut piyasasında yaygınlaşan kentsel dönüşüm faaliyetleri, konut-dışı ticari yapılarda sosyal ihtiyaçlara yönelik yapılanmalar ile kamu kaynaklı büyük altyapı ve dönüşüm projeleri sektördeki büyümeyi etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Ayrıca çevreci yapılar, akıllı bina-ofis sistemleri, modern yaşam alanları, eğlence ve sosyal aktivite merkezleri gibi yeni eğilimler inşaat sektöründeki büyümeyi her geçen gün hızlandırmaktadır. İnşaat sektörü, ülkemizin dolaylı olarak gayri safi milli gelirinin yaklaşık %30’unu oluşturarak lokomotif sektör görevini üstlenmiştir. 2014-2018 yıllarını kapsayan 10. Kalkınma Planı, İnşaat, Mühendislik-Mimarlık Teknik Müşavirlik ve Müteahhitlik Hizmetleri, Özel İhtisas Komisyonu Raporu’nda inşaat sektörünün 2023 yılında; “yapıların kavramsal tasarım, tasarım, yapım, işletme, bakım-onarım ve dönüşüm süreçlerini; yaşam dönemi maliyetlerine göre, sürdürülebilirlik, afetsellik ve çevre üzerindeki etkileri düşünülerek” gerçekleştirileceği ifadesi; bu sektörün yalnızca ekonomik göstergelerle değil çok boyutlu olarak yönetilen bir sektör haline geleceğini ortaya koymaktadır (Anonim, 2014).

İnşaat sektöründe en çok kullanılan yapı malzemesi ekonomik, dayanıklı ve güvenli olması sebebiyle özellikle konut tipi yapıların %99’dan fazlasının inşasında tercih edilen betondur. Betonun %55-80’ini agrega oluşturmaktadır. Agregaya karşı alternatif bir çözüm bulunmadığı sürece beton endüstrisi sürekli olarak doğal agrega tüketimine yönelmektedir. Dünya genelinde tüm maden üretimi içinde %58’lik payla birinci sırayı alan agreganın ortalama kişi başı kullanımı Avrupa’da yıllık 7 ton ve ülkemizde de yaklaşık 4 ton gibi büyük bir miktara ulaşarak sürdürülebilir doğal kaynak kullanımını tehdit etmektedir (Köken vd., 2008).

İnşaat sektöründeki büyümenin ortaya çıkardığı bir diğer problem ise özellikle kent-

sel dönüşüm faaliyetleri ile miktarı her geçen gün artan İYA’nın yarattığı çevre sorunlarıdır. Beton binaların yaşam ömrünün en fazla 50 yıl olduğu göz önünde bulundurulduğunda ise kentsel dönüşüm faaliyetlerinin süreklilik arz edeceği ve inşaat atıklarının her zaman önemli bir atık problemi olacağı gerçeği kaçınılmazdır. T.C. Çevre Şehircilik Bakanlığı resmi verilerine göre ülkemizde yaklaşık 19 milyon konut bulunmakta, bu konutlardan 2000 yılından sonra yapılan 5 milyon konut haricindeki 14 milyon konutun afet riski yönünden incelenmesi ve yapı stoğunun yaklaşık %40’ının ise (6-7 milyon konut) yenilenmesi ya da güçlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (ÇŞB, 2018). Dolayısı ile belirtilen tüm bu kentsel dönüşüm faaliyetleri ile iki milyar ton İYA’nın ortaya çıkacağı öngörülmektedir. İYA’nın çevreye gelişi güzel atılması öncelikle arazi kullanımını sınırlandırmakta, toprak ve su kaynaklarını kirletmekte, toprağın yapısını değiştirerek topraktaki doğal hayatı tahrip etmekte ve böylelikle toprak kirlenmesine neden olmaktadır. İYA’nın gelişi güzel atıldığı bölgelerin gelecekte yeşil alan olarak kullanılması zorlaşmaktadır. Çünkü rekreasyon çalışmaları esnasında yeşil alana dönüştürülecek dolgu alanlarında sadece bitkisel toprak kullanılması gerekmektedir. Tüm bu çevresel problemler, HT ile İYA’nın ayrılarak geri dönüştürülmesini önemli ve zorunlu bir faaliyet alanı haline getirmiştir. Çünkü İYA’nın en büyük kısmı beton malzemelerden oluştuğu için önemli bir kısmı geri dönüştürülebilir niteliktedir (Çakar ve Tüfekçi 2011; Yürek 2013; Hozatlı ve Günerhan, 2015).

Bu nedenle İYA’nın bertarafı her geçen gün daha fazla önem arz eden bir konu haline gelmektedir. Çünkü İYA geri dönüşüm potansiyeli yüksek bir atık grubunu oluşturmaktadır. Araştırmalar her bir metreküp İYA’nın yüzde altmışının geri dönüştürülebileceğini göstermektedir (Anonim 2021). Evsel katı atıklar içerisinde de İYA’nın dörtte birlik ya da daha fazla bir paya sahip olduğu belirtilmektedir (Ulubeyli vd., 2017; Iacoboaia vd., 2019).

İnşaat yığıntılarının meydana getirdiği moloz yığınlarının yaklaşık %75'inin beton olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu atıkların geri dönüşümü ile doğal kaynakların korunarak doğal kaynakların işlenmesi, çıkarılması ve taşınması için gereken enerji maliyetleri ve çevre zararları azaltılabilecektir. Böylelikle arazi kullanım kapasiteleri artarken hızla büyüyen inşaat sektörünün hammadde ihtiyacı da azalacaktır. İnşaat sektörü hammaddesinin %50'sini doğadan sağlamakta, toplam enerjinin %40'unu tüketmekte ve toplam atıkların ise %50'sini oluşturmaktadır. İYA'nın geri dönüşümü ile elde edilen başta

agrega olmak üzere diğer geri dönüştürülmüş malzemeler; hammaddenin korunması ve çeşitli çevre problemlerinin azaltılması ve/veya ortadan kaldırmasının yanında, agrega üretimi sürecindeki kırma, eleme, depolama, taşıma aşamalarında gereksinim duyulan toplam enerjinin azalmasına da sebep olacağı için, enerji kaynaklarının korunmasına yardımcı olarak iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir katkı sağlayacaktır (Çakır ve Tüfekçi 2011; İpekçi vd. 2017; Cabrera vd., 2021). Tablo 1'de doğal agrega ve geri kazanılan agregaların karşılaştırılması ile elde edilen sonuçlar gösterilmiştir (Aktaş, 2015).

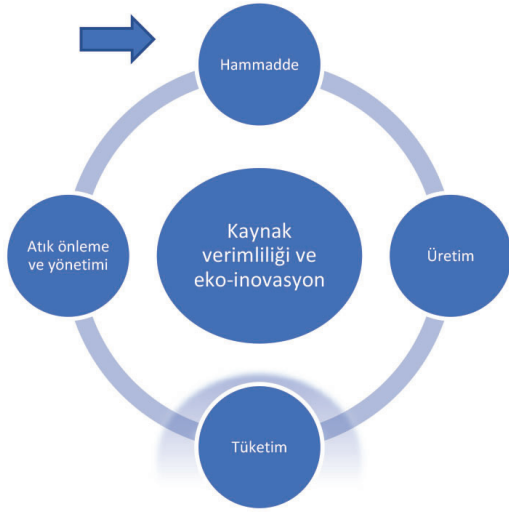
**Tablo 1.** Doğal agrega ve geri kazanılan agregaların karşılaştırılması

Doğal Agregalar	Geri Kazanılan Agregalar
Çeşitli kayaç kaynaklarından çıkarılır	İnşaat ve yıkıntı atıklarından üretilir
Madencilik faaliyetleri çevresel ıslah gerektirir	Geri dönüşüm, çevre kirliliklerini azaltır
Kalitesi çıkarıldığı kaynağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır	Kalitesi içerisinde bulunan geri dönüştürülmüş maddelerin safsızlığına bağlıdır
Üretim prosesi kırma, eleme ve karıştırma işlemlerinden oluşur.	Üretim prosesi doğal agrega üretimine benzer ancak öncelikle içerisindeki metal, ahşap vb. safsızlıkların ayrıştırılması gerekir
Çıkarılan kaynağın mesafesi taşıma maliyetlerinin yüksek olmasına neden olur	İhtiyaca yakın yerlerde geri dönüşüm tesisi kurularak taşıma maliyetleri düşürülebilir

## 1.2. Döngüsel ekonomi modeline göre katı atık yönetimi

Katı atık yönetim hiyerarşisinin çevre ve insan sağlığını korumak için iki temel prensibi bulunmaktadır. Bunlardan biri atık oluşumu ve yönetiminden kaynaklanan olumsuz etkileri önlemek ve azaltmak, diğeri ise kaynak verimliliği sağlamaktır. Döngüsel ekonomi modeline göre atık yönetimi hiyerarşisini güçlendirmek için geri dönüşümü artırmak ve düzenli depolama alanlarını azaltmak en önemli iki hedef olarak belirlenmiştir. AB atık yönetim mevzuatına göre geri dönüşüm oran-

larının artırılması gereken en önemli alanlardan biri inşaat sektörünün sebep olduğu atıklardır (EU, 2017). Atık önleme, yeniden kullanım, geri dönüşüm/geri kazanım, yakma ve son olarak düzenli depolamadan oluşan klasik atık yönetim hiyerarşisi ile AB ülkelerinde İYA'nın geri dönüşüm oranlarının hala %40'larda kalması atık yönetimini döngüsel ekonomi modeli içerisinde değerlendirmeyi gerekli kılmıştır (OECD, 2020). Döngüsel ekonomi modeli içerisinde atık yönetimi Şekil 1'deki gibi tanımlanmıştır.



**Şekil 1.** Döngüsel ekonomi modeli içerisinde atık yönetimi (EC 2020).

Döngüsel ekonomi modeli ürünlerin, bileşenlerin ve malzemelerin faydasını mümkün olduğu kadar uzun süre sürdürürken aynı zamanda ekonomik değerlerini korumayı amaçlayan doğası gereği onarıcı bir ekonomik modeldir. Böylelikle hammadde ve enerji girdilerine olan ihtiyaç en aza indirilirken, doğal kaynağı çıkarma, emisyonlar ve atık yönetimini kapsayan çevresel tehditler azaltılır; israfı önlenir, doğal kaynakların yaşam döngüleri boyunca verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi mümkün olur (Gedik, 2020; EEA, 2020). İnşaat sektörü ürettiği atıklar bakımından oldukça döngüsel bir görünüm sergilese de İYA'nın yönetim uygulamaları incelendiğinde, geri kazanımın büyük ölçüde geri doldurma işlemlerine ve yol alt tabanlarında geri dönüştürülmüş agregaların kullanılması gibi düşük dereceli geri kazanıma dayandığı görülmektedir (Zhang vd., 2021). İYA'nın döngüsel ekonomi modelini temel alan yönetimi; atıkların önlenmesi ve atıktaki tehlikeli maddeler azaltılırken geri dönüşümün hem miktarını hem de kalitesini artırma gibi hedeflerden oluşmaktadır. İYA yönetiminin iyileştirilmesi için inşaat sektöründe uygulanabilecek döngüsel eylem örnekleri (EEA, 2020); hammadde, yapım ve tasarım, inşaat hizmet ömrünün uzatılması, bina kimlikleri ve seçici yıkım uygulamaları olarak sıralanmaktadır.

2015 yılında “Döngüsel Ekonomi Modeli”ne geçiş yapan AB, bu model içinde atık yönetimi için öncelikli eylem planını; daha fazla geri dönüşüm ve yeniden kullanım ile hem üretim-yaşam döngülerini kapatmak hem de çevre ve ekonomi için ortak faydalar meydana getirmek olarak açıklamıştır. Bu bağlamda AB, 2030 yılı itibariyle belediye atıkları için %65, ambalaj atıkları için %75 geri dönüşüm oranları gibi net atık azaltım hedefleri belirlemiş; düzenli depolanmaya giden atığın tüm atığa oranını maksimum %10 olarak sınırlandırmış ve ayrı toplanmış atığın düzenli depolanmaya gönderilmesini yasaklamıştır. Döngüsel ekonomi modelinin temel eylem alanlarını üretim, tüketim, atık yönetimi ve ikincil hammaddeler başlıkları oluşturmakta ve öncelikli alanları arasında ise biyokütle ve biyobazlı ürünler, plastikler, kritik hammaddeler, gıda atıkları ve inşaat atıkları yer almaktadır (Veral ve Yiğitbaşoğlu, 2018; MESS, 2012). Bu amaçla 2016 yılında AB üye ülkeleri için “İnşaat ve Yıkım Atıkları Yönetimi Protokolü” hazırlanarak, İYA'nın ve geri dönüştürülmüş malzemelerin (tehlikeli atıklar dahil) doğru yönetimi ile sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde 2020 yılına kadar geri dönüşüm hedeflerinin sağlanmasına yönelik “Atık Çerçeve Direktifi” hedefine ulaşılmasına katkıda bulunulacağı taahhüt edilmiştir (EU, 2016). Bu direktif ile AB ülkelerinde inşaat atıkları içerisinde HT ile İYA'nın ayrı değerlendirildiği görülmektedir. İYA nispeten istikrarlı üretim miktarları ve yüksek geri kazanım oranları ile AB'deki en büyük atık akışını oluşturmaktadır.

Döngüsel ekonomi modeli hedeflerine göre AB ülkelerinin 2020 yılına kadar İYA'nın %70'lik geri dönüşüm hedefini sağlama yolunda ilerlediği ve çoğu ülkenin ise bu hedefi 2016 yılında aştığı belirtilmiştir (EEA, 2020). 2012 yılında AB 28 Ülkeleri, 480 milyon ton HT ve 350 milyon ton İYA olmak üzere yaklaşık 830 milyon ton inşaat atığı üretmiştir (EU, 2017). Bu miktar 2016'da HT hariç 374 milyon tondur (EEA, 2020). AB-28 üye ülkeleri için inşaat sektörü cirosuna göre (milyon avro); Almanya, Macaristan ve Hollanda AB



ortalamasından (164 milyon ton) önemli ölçüde fazla İYA üretmektedir (300 ton/milyon avronun üzerinde); Hırvatistan, Portekiz ve Slovenya ise çok küçük miktarlarda (yaklaşık 20 ton/milyon avro) İYA üretmektedir. Daha büyük miktarlarda atık üreten tüm ülkelerin halihazırda ulusal İYA önleme planlarına sahip olduğu görülürken, Hırvatistan, Portekiz ve Slovenya gibi küçük miktarda İYA üreten ülkelerin atık önleme planlarını benimsemiği ortaya çıkmaktadır (EU, 2017).

### 1.2. Ülkemizde hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları yönetimi

Türkiye’de, 2008/98/EC sayılı atık hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi esas alınarak AB mevzuatına uyum çerçevesinde “Atık Yönetimi Yönetmeliğı” hazırlanmış; 02.04.2015 tarih ve 29314 Sayılı Resmî Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (ÇŞB, 2015). Bu yönetmeliğe göre kontamine olmamış HT ve İYA’nın çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde yönetimi; 18/3/2004 tarih ve 25406 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan ve ülkemizde atık yönetimi ile ilgili olarak yürürlüğe giren ilk yönetmeliklerden birisi olan “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğı”ne göre gerçekleştirilmektedir (ÇŞB, 2004). Yönetmelikte HT ile İYA’nın yönetimi; atığın öncelikle kaynağa azaltılması, kaynağında ayrılarak toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, tekrar kullanılması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel kuralları içermektedir. Yönetmeliğe göre; atıkların kaynağında en aza indirilmesi, HT ile İYA’nın karıştırılmaması, geri kazanılması ve özellikle alt yapı malzemesi olarak yeniden değerlendirilmesi, sağlıklı bir geri kazanım ve bertaraf sisteminin oluşturulması için atıkların kaynağında ayrılması ve seçici yıkım yapılması esastır.

2020 yılında AB ülkelerinin ve Türkiye’nin İYA geri dönüşüm oranları karşılaştırıldığı zaman; İYA geri dönüşüm oranı AB-27 ülke ortalaması %70’in üzerinde gerçekleşirken; İrlanda, Malta, Hollanda ve

Kuzey Makedonya gibi ülkeler neredeyse %100 geri dönüşüm oranlarına sahip olmuştur. Türkiye ise %5’in altında olan düşük geri dönüşüm yüzdesi ile alt sıralarda yer almıştır. 2014 yılı istatistikleri AB üye ülkelerinde üretilen geri dönüştürülmüş agrega miktarının toplam agrega talebinin %9’unu karşıladığını göstermektedir (EUROSTAT, 2020).

Türkiye Hazır Beton Birliğı (THBB) verilerine göre 2014 yılında Türkiye’de 107 milyon m<sup>3</sup> hazır beton üretilmiştir. İstanbul’da yapılacak olan kentsel dönüşüm çalışmaları nedeniyle ortaya çıkan yıllık 2,44 milyon m<sup>3</sup> (117 milyon ton) beton atığının %50 oranında geri dönüşümünün sağlanması ile önümüzdeki yirmi yılda toplamda 3,2 milyon m<sup>3</sup> beton agregası elde edilebileceğı bu miktarın da İstanbul’un yıllık 27 milyon m<sup>3</sup> olan beton üretiminin %12’sine karşılık geleceğı tahmin edilmiştir (Aktaş, 2015). ABD’de bazı eyaletlerde inşaat yapımında geri dönüştürülmüş beton agregası kullanmak zorunlu hale getirilmiştir (Kılıç, 2012).

Bu bilgiler ışığında bu çalışmada geri dönüştürülmüş HT ve İYA’nın karayolu yapımında yeniden kullanılabilirliğı araştırılmıştır. Son yıllarda HT ve İYA’nın karayolu dolgu ve temellerinde kullanımı ve performansı ile ilgili bazı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda genel olarak geri dönüştürülmüş HT ile İYA’nın yol yapımında kullanılmasının doğal kaynaklara iyi bir alternatif olabileceğı kabul edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda Erzurum ilinde 2018-2020 yıllarında meydana gelen HT ile İYA’nın geri kazanılabilirliğı ve dönüştürülebilirliğı incelenerek bu malzemelerin karayolu yapımında yeniden kullanılabilirliğı hem miktar hem de kalite yönünden değerlendirilmiştir.

### 2. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çalışmada öncelikle Erzurum İli’nde 2017 yılından sonra kontrollü bir şekilde toplanmaya başlanan ve özel depolama sahasında bertaraf edilen HT ve İYA miktarları Erzurum Büyükşehir Belediyesi’nden temin edilmiştir. Bu veriler bir tablo haline getirilerek

Erzurum Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2015 yılı faaliyet raporundan elde edilen inşaat atığı miktarları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir. İYA’nın geri kazanılabilecek kısımlarının yine Erzurum Karayolları 12. Bölge Müdürlüğünden alınan yol yapım bilgileri göz önünde bulun-

durularak, yol yapım malzemesi olarak kullanılabilirliği niteliksel ve niceliksel olarak değerlendirilmiştir. 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait inşaat atığı miktarları ve atık türleri Erzurum Büyükşehir Belediyesi’nden temin edilmiştir.

**Tablo 2.** Erzurum’da depolanan HT ve İYA miktarlarının yıllar içindeki değişimi (m<sup>3</sup>).

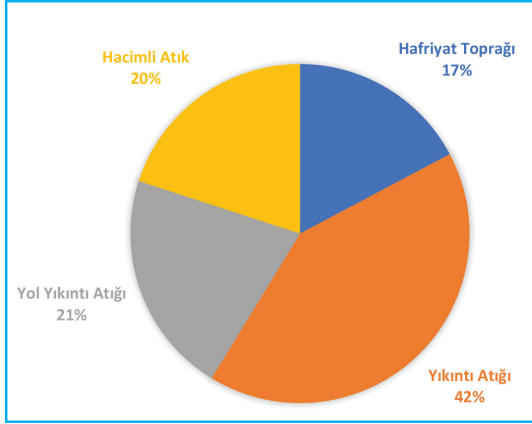
AYLAR	2015	2018	2019	2020
Ocak	734	3056	314	1019
Şubat	742	2255	565	971
Mart	4070	7217	2693	2030
Nisan	10670	13286	3178	1863
Mayıs	17.892	10.223	3.042	3.816
Haziran	15.317	6.494	1.959	4.800
Temmuz	12.055	8.938	3.497	6.106
Ağustos	34.369	7.128	3.477	5.256
Eylül	21.573	8.684	5.054	9.048
Ekim	8.484	6.404	3.183	6.308
Kasım	6.559	2.546	1.679	6.248
Aralık	4.537	2.135	1.316	9.901
Toplam	137.002	78.325	29.957	57.366

Tablo 2’ye göre Erzurum’da depolama sahasında bertaraf edilen inşaat atığı miktarları 2019 yılına kadar azalmış 2020 yılında yeniden artmıştır. 2015 yılında toplam 137.002 m<sup>3</sup> inşaat atığı depolama sahasında bertaraf edilirken, bu miktar 2018 yılında 78.325 m<sup>3</sup>’e, 2019 yılında ise 29.957 m<sup>3</sup>’e düşerek azalma eğilimi göstermiştir. 2020 yılında ise yeniden artış göstererek 57.366 m<sup>3</sup>’e yükselmiştir. Henüz 2021 yılı tamamlanmadığı için elde edilen veriler çalışmada kullanılmamış ancak 2021 yılının ilk 7 ayında toplam 25.095 m<sup>3</sup> inşaat atığının depolama sahasına kabul edildiği belirtilmiştir. Bu durum, HT ve İYA’dan oluşan toplam inşaat atıklarının (atık izleme ve denetleme sistemlerinin etkin bir şekilde yürütüldüğünün kabulü ile) geri dönüştürülen ve/veya geri kazanılan miktarlarının artması ile ilişkilendirilebilir ancak daha sağlıklı sonuçlar elde et-

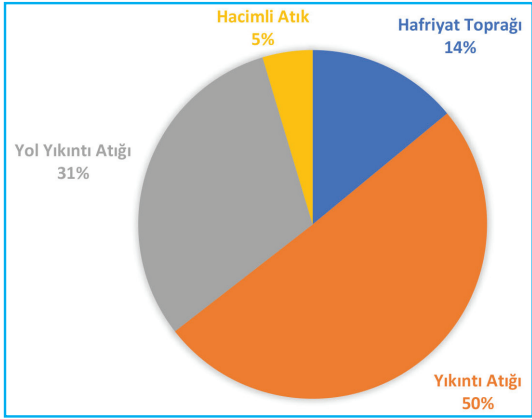
mek için kentteki inşaat faaliyetlerinin veya kentsel dönüşüm çalışmalarının yıllık verilerinin de elde edilmesi gereklidir. Atık verilerine göre Erzurum İli’nde 2015 yılı esas alınarak; depolama sahasında bertaraf edilen inşaat atığı miktarları 2018 yılında %43, 2019 yılında %78 ve 2020 yılında ise %58 oranında azalmıştır. Azalan inşaat atık miktarlarının geri dönüşüm çalışmalarında kullanılması kabul edilse bile; bu atıklarının geri dönüştürülen ve/veya geri kazanılan miktarları ve kullanım alanları ile ilgili net bilgi de mevcut değildir. Dolayısı ile depolanan atık miktarları doğrudan kentteki inşaat faaliyetleri veya kentsel dönüşüm çalışmalarının büyüklüğü ile ilişkilendirilmektedir.

Çalışma kapsamında ayrıca Erzurum’da 2018, 2019 ve 2020 yıllarında depolama sahasında bertaraf edilen inşaat atığı türlerinde-

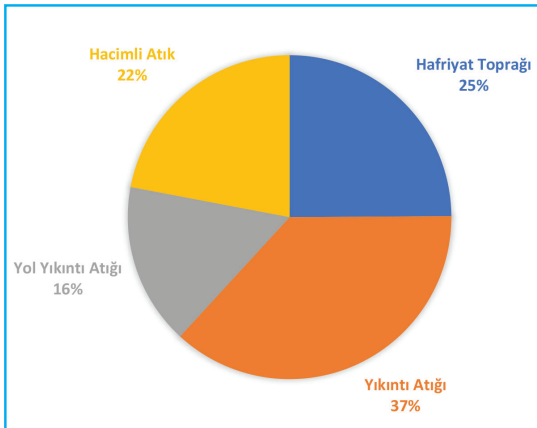
ki dağılım oranları karşılaştırılmıştır. Erzurum Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen ve atık kabul sahasında depolanan inşaat atıklarının dağılımları Şekil 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Erzurum İli'nde 2018 yılında depolanan inşaat atığı türlerinin dağılımı



**Şekil 3.** Erzurum İli'nde 2019 yılında depolanan inşaat atığı türlerinin dağılımı



**Şekil 4.** Erzurum İli'nde 2020 yılında depolanan inşaat atığı türlerinin dağılımı

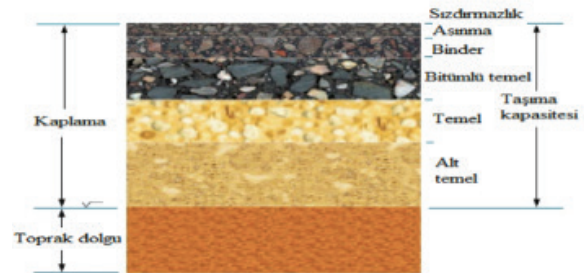
Buna göre 2018 yılında depolama alanlarında bertaraf edilen atık türlerinin yüzdesi sırasıyla yıkıntı atığı %42, yol yıkıntı atığı %21, hacimli atık %20 ve HT ise %17 olarak belirtilmiştir. Benzer şekilde 2019 yılında; yıkıntı atığı %50, yol yıkıntı atığı %31, hacimli atık %5 ve HT ise %14; son olarak 2020 yılında ise, yıkıntı atığı %37, yol yıkıntı atığı %16, hacimli atık %22 ve HT ise %25 olarak belirtilmiştir. 2018 yılı ve 2019 yılı atık depolama sahasında bertaraf edilen atık dağılım oranları karşılaştırıldığında; depolama alanlarında bertaraf edilen yıkıntı atıklarının toplam inşaat atıkları içerisindeki oranının arttığı, buna karşılık HT ve hacimli atık miktarlarının azaldığı görülmektedir. Bu azalmalar HT'nin dolgu malzemesi olarak kullanımındaki artışla ve hacimli atık olarak adlandırılan yüksek oranda yeniden kullanım ya da geri dönüşüm kapasitesine sahip inşaat atıklarının geri kazanım ya da geri dönüşüm tesislerine gönderilmesi ile ilişkilendirilebilmektedir. Ancak depolama sahasında bertaraf edilen yıkıntı atığı miktarının artması, beton agregası olarak kullanılabilir kısmının hala etkili bir şekilde geri dönüştürülemediği ve toplam inşaat atıkları içerisindeki asıl değerli hammaddenin kaybedildiği anlamına gelebilmektedir. Bu durum, Erzurum'da beton agregası olarak yeniden kullanım potansiyeline sahip İYA'nın geri dönüştürülmek yerine depolama sahaslarında bertaraf edildiğini, dolayısıyla bu atıkların değerlendirilebileceği geri dönüşüm çalışmalarına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. 2020 yılına gelindiğinde ise, bu yılın pandemi şartları altında geçtiği de göz önünde bulundurularak depolama sahasında bertaraf edilen HT ve hacimli atık oranlarının yeniden artış gösterdiği görülmektedir. 2020 yılı depolama sahasında bertaraf edilen toplam atık miktarının arttığı da düşünülürse HT'nin da inşaat faaliyetlerinin artışına bağlı olarak artış göstermesi normal karşılanabilir ancak bu atıkların dolgu malzemesi gibi basit yeniden kullanım işlemlerine tabi tutulmadığı ve depolama sahasına gönderildiği anlaşılmaktadır. Yine aynı şekilde hacimli atık yüzdesinin artış göstermesi de yeniden kullanım imkanına sahip atıkların geçmiş yıllara göre daha az değerlendirildiği ve daha fazla oranda depolama sahasına gönderildiği anlamına gelmektedir.

Bunların aksine yıkıntı ve yol yıkıntı atıklarının 2020 yılında depolama sahasına gönderilen miktarlarındaki düşüş yine inşaat faaliyetlerinin türüne bağlı olmak koşulu ile yeniden kullanım ya da geri dönüşüm amaçlı değerlendirildiği ile ilişkilendirilmiştir. Ancak tüm bu geri dönüşüm faaliyetleri ya da geri kazanım oranları ile ilgili veri tabanı mevcut değildir ya da bu tür bir bilgiye ulaşılamamaktadır.

Bu nedenle gelecekteki projelere yol gösterici olması adına çalışma kapsamında, Erzurum İli sınırları içerisinde meydana gelen İYA'nın Karayolları Teknik Şartnameleri (KTŞ, 2006; KTŞ 2013) dikkate alınarak karayolu yapımında kullanılabilirliği incelenmiş ve Erzurum Karayolları Bölge Müdürlüğü'nün yol yapım faaliyetleri kapsamında değerlendirilmiştir. Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü, 38.000 km<sup>2</sup>'lik bir alanda, 2 ilin tamamını (Erzurum, Ağrı) ve 4 ilin de (Artvin, Bayburt, Erzincan, Kars) bir kısmını kapsamaktadır. Bu alan 1.298.261 nüfusa sahip; 1.517 km devlet yolu ve 732 km il yolu olmak üzere toplam 2.249 km'lik karayolu ağına sahiptir. Bayburt 11 km, Kars 12 km, Artvin 25 km, Erzincan 72 km, Ağrı 433 km ve Erzurum 1.696 km'lik yol ağıyla Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü'nün çalışma alanı içerisinde bulunmaktadır. Buna göre 2018 yılında 11 km'si onarım ve yenileme olmak üzere toplamda 529,34 km yol, tünel ve köprü yapılmıştır. 2019 yılında ise 23,85 km yol onarım ve yenileme çalışması ile toplamda 425,12 km yol, tünel ve köprü yapımı gerçekleştirilmiştir. 2020 yılı pandemi yılı olması sebebiyle çalışmalar oldukça azalmış toplamda 60,33 km yol yapım çalışması gerçekleştirilmiştir. 2023 yılına kadar ise 564,17 km daha yol yapım çalışması planlanmıştır. 2018 ve 2019 yıllarında Erzurum Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yapılan yol yapım çalışmaları kapsamında taş ocaklarından temin edilen malzeme miktarları 2018 yılında 2.350.000 m<sup>3</sup>, 2019 yılında 600.000 m<sup>3</sup>, 2020 yılında ise 480.000 m<sup>3</sup>'tür. Bu veriler pandemi süreci nedeniyle meydana gelen aksaklıklardan dolayı farklılık gösterebilmektedir. Karayo-

lu altyapısının dışarıdan getirilen toprakla oluşturulmuş bir toprak gövdeden meydana getirildiği durumlarda HT'nın özellikleri göz önünde bulundurularak bu amaçla yeniden kullanımı mümkün olabilmektedir.

Karayolları Genel Müdürlüğü bilgilerine göre yapısı önceden belirlenen geometrik standartlara uygun olarak saptanmış olan bir güzergâh boyunca, doğal zeminin istenilen yükseltilere getirilebilmesi ve üzerinde motorlu taşıtların istenilen hız, güvenlik ve konfor koşullarında hareketlerinin sağlanabilmesi amacıyla inşa edilen yapıların tümü karayolu olarak tanımlanmıştır. Öncelikle, Karayolları Teknik Şartnamesinde (KTŞ, 2006; KTŞ, 2013; KBM, 2010) yer alan bazı terimlerin bilinmesi gerekmektedir. Bunlar Şekil 5'te gösterilmiş olup; toprak dolgu, alttemel, temel, granüler temel, kaplama tabakası, sathi kaplama, bitümlü temel ve asfalt betonu, binder ve aşınma (BSK Kaplama) tabakaları olarak belirtilmektedir.



Şekil 5. Karayolları üstyapı katmanları (Şevik, 2016).

Literatür çalışmaları incelendiğinde İYA'nın yol yapımında kullanılabilirliğinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda yararlanılan başlıca deneyler; elek analizi, yassılık indeksi, Los Angeles deneyi (aşınma yüzdesi), su emme deneyi, Optimum su içeriği, CBR deneyi, soyulma mukavemeti, plastisite indeksi, Metilen mavisi ve donma deneyleridir (KBM, 2010; Çağrııcı, 2016; Ok ve Demir, 2018, Sönmez vd., 2013; Atabey, 2019). Ok ve Demir (2018), yaptıkları çalışmada depreme dayanıksız bir binadan elde edilen karışımın yol yapımında kullanılmak üzere uygunluğunu araştırmışlardır. Bu karışım %36,33 beton, %10,33 tuğla,



%52,53 agrega, %0,11 cam ve diğer malzemeler (metaller, yüzmeyen ahşap, plastik, kauçuk, alçı) içermektedir. Bu karışımlar uygun gradasyona getirildikten sonra uygulanan deneyler ile elde edilen karışık İYA'nın özellikleri; Karayolları Teknik Şartnamesi'ndeki değerlerle karşılaştırılmış ve İYA'ndan elde edilen karışık malzemenin yassılık indeksi, Los Angeles aşınma yüzdesi ve CBR kriterlerini sağladığı, fakat su emme yüzdesinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Su emme yüzdesini azaltmak için karışıma su emme yüzdesi düşük olan doğal ince bir malzeme kullanılması önerilmiştir (Ok ve Demir, 2018). İstanbul Büyükşehir Belediyesi tesislerinde toplanarak bir araya getirilen ve geri dönüşüm yoluyla kazanılan İYA'nın fiziksel özellikleri belirlenerek Karayolları Teknik Şartnamesi kriterlerine göre değerlendirildiği başka bir çalışmada ise; İYA'nın karayolu üst yapısında plent-mix temel ve bitümlü temel tabakalarında agrega malzemesi şeklinde kullanımı incelenmiştir. Sonuç olarak, hem plent-mix temel hem bitüm temel tasarımı için hazırlanan karışımlar elek analizi ile belirli elek açıklıklarından geçirilerek, her bir elek açıklığından geçen karışım yüzdelерinin şartnamedeki değerleri karşıladığı görülmüştür. Bu malzemeler bağlayıcısı su olan plent-mix absorpsiyon dışında temel için istenilen kriterleri sağlamakta ancak bağlayıcısı bitüm olan bitümlü temel tabakasında %20 oranında kullanımda tasarım kriterlerini zorladığı, agregalar arası boşluk değeri şartname limitlerini karşılamamakla birlikte, bitüm içeriğinde %0,4'e kadar fazlalığa sebep olduğu, bunun sonucu olarak ise bitümlü temel üretim maliyetlerini %6,5 oranında artırdığı belirlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı çalışma sonucunda inşaat atıklarının bitümlü tabakalar yerine, alttemel ve dolgu tabakalarında kullanılması önerilmiştir (Sönmez vd., 2013). İYA'nın karayolu dolgu, alttemel ve temel tabakalarında kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir diğer çalışma ise yine iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiş; ilk aşamada İSTAÇ A.Ş.'den seçici yıkımla elde edilen sadece beton bloklardan (BBK) oluşan İYA kullanılmıştır. İkinci aşamada ise karışık İYA kullanılmıştır. Yol tabakalarında

kullanılmak istenen agreganın ve karışık İYA ile BBK'dan oluşan İYA'nın laboratuvar deneyleri ile elde edilen fiziksel özellikleri belirlenmiş ve KTŞ ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda hem karışık İYA hem de BBK'dan oluşan İYA fiziksel özelliklerinin KTŞ'de yer alan binder ve aşınma tabakası standart değerlerini karşılamadığı görülmüştür. Bu karışımların kaba agreganın absorpsiyonun yüksek olması asfalt karışımında kullanılan bitüm miktarını artırmakta ve böylelikle maliyet de artmaktadır. Ayrıca; dolgu, alttemel ve plent-mix temel tasarımları sonucunda karışımların optimum su içeriği oldukça yüksek bulunmuştur. Bunun geri dönüşüm malzemesinin absorpsiyon değerinin yüksek olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. İYA'nın dolgu malzemesi hariç asfalt karışımların hiçbirinde tek başına %100 oranında kullanılmayacağı tespit edilmiştir. İYA'nın asfaltın altındaki dolguda tamamen kullanılabilmesi, Alttemel ve plent-mix temel tabakalarında ise belirli oranlarda kullanılabilmesi belirlenmiştir (Çağrı, 2016). Literatür çalışmalarından da görüleceği üzere, İYA inşaatın tasarım aşamasından başlayarak söküm ve yıkım işlemlerine kadar gelişen süreçlerden kaynaklanan oldukça değişken içeriklere sahip olabilmektedir. Bu nedenle bu atıklardan elde edilen geri dönüştürülmüş malzemelerin karayolu yapımında kullanılmasından önce belirlenen laboratuvar testlerine tabi tutularak, standartlara uygunluk değerlerinin belirlenmesi gereklidir. Çalışmanın son aşamasında ise Erzurum İli'nde 2018, 2019 ve 2020 yıllarında açığa çıkan İYA'nın miktar bakımından karayolu yapımında kullanılacak malzeme talebini karşılayıp karşılamadığı literatür çalışmaları esas alınarak hesaplanmıştır.

İYA'dan elde edilen geri dönüştürülmüş malzemelerin karayolu yapımında kullanılabilirliğinin sağladığı faydalar; finansal, sosyal ve çevresel değerlerden meydana gelmektedir. Sosyal ve çevresel faydalar, sera gazı emisyonlarının azaltılması, hammaddenin korunması, çevre kirliliklerinin engellenmesi, depolama sahalarının ömrünün uzatılması ile ilgili olurken; finansal faydaları ise çoğunlukla inşaat atıklarının geri dönüşüm



tesislerinde işlenmesi, kullanılması ve böylece doğal hammadde talebine olan ihtiyacın azaltılmasına yöneliktir. Literatürde karayolu temel ve alttemel inşaatı için kullanılabilir olan geri dönüştürülmüş İYA'ya yönelik potansiyel talep yeni inşa edilen yol alanlarına ve malzeme hacmine dayalı olarak tahmin edilmiş ve Eşitlik (1)'de açıklanmıştır (Hoang vd., 2021):

$$R=L \times G \times T \times D \quad (1)$$

Burada; R, geri dönüştürülmüş beton agregalarına olan potansiyel talebi (ton); L, yeni yapılan yolları (km); W, ortalama yol genişliği (m); T, yol temel ve alttemel tabakalarının kalınlıkları toplamı (m); D, ise daha önce yapılan çalışmalarda yapılan laboratuvar sıkıştırma testleri sırasında belirlenen yol malzemeleri için geri dönüştürülmüş

beton agregalarının ortalama maksimum kuru yoğunluk değerini (literatürde 1,85 ila 2,13 ton/m<sup>3</sup> arasında) ifade etmektedir. Bu çalışma için Karayolları Genel Müdürlüğü standartlarından yola çıkılarak ortalama 2,2 ton/m<sup>3</sup> alınmıştır. Ayrıca, yine Karayolları Genel Müdürlüğü standartlarına göre W=24 m ve T ise 0,15+0,15=0,3 m kabul edilmiştir. Bu kabuller ile Eşitlik (1)'e göre Erzurum İli'nde 2018, 2019 ve 2020 yıllarında inşa edilen karayolları için potansiyel geri dönüştürülmüş beton agregaları talepleri hesaplanmıştır. Maçin ve Demir (2018) yılında yaptıkları çalışmada İYA'nın yoğunluğunu İstanbul için ortalama 1,61-1,7 ton/m<sup>3</sup> olarak belirlemişlerdir. Bu çalışma için 1,65 ton/m<sup>3</sup> kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'deki Erzurum İli'nde 2018-2020 yıllarında açığa çıkan İYA miktarı ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Potansiyel Geri Dönüştürülmüş Malzeme Talebi ve İYA Miktarı Karşılaştırması

Yıllar	İnşa Edilen Karayolu, L (km)	Açığa Çıkan İYA Miktarı, m <sup>3</sup>	Açığa Çıkan İYA Miktarı, ton	Potansiyel Geri Dönüştürülmüş Malzeme Talebi, R (ton)
2018	529,34	32.509	53.639,85	8.384,75
2019	425,12	15.118	24.944,70	6.733,90
2020	60,33	21.407	53.321,55	966,62

Tablo 3'ten görüleceği üzere Erzurum İli'nde açığa çıkan sadece İYA miktarı bile 2018, 2019 ve 2020 yılları içinde inşa edilmiş yol yapımında kullanılabilir potansiyel malzeme talebini karşılamaktadır. 2023 yılı yol yapım hedefi olan 564,17 km'lik kısım da göz önüne alındığında yol inşası için doğal hammaddeye sürekli olarak ihtiyaç duyulduğu ve bunun gerekli laboratuvar testleri yapılarak İYA'dan karşılanabileceği öngörülmektedir.

### 3. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada belediye atıklarının genellikle %25-30'u gibi büyük bir yüzdesini oluşturan inşaat atıklarının geri dönüştürülerek karayolu yapımında kullanılabilirliği Er-

zurum'da oluşan HT ve İYA örneğinden yola çıkılarak incelenmiştir. Bu amaçla Erzurum Büyükşehir Belediyesi tarafından kontrollü bir şekilde toplanan ve özel depolama sahasında bertaraf edilen HT ve İYA'nın 2018, 2019 ve 2020 yılları içerisindeki oranları değerlendirilmiştir. Öncelikle bu atıkların geri kazanım, yeniden kullanım veya geri dönüşüm oranları ile ilgili herhangi bir veri olmadığı için kentte üretilen tüm inşaat atıklarının depolama sahasında bertaraf edildiği kabul edilmiştir. Bu nedenle bu atıkların döngüsel ekonomi modeli içerisinde geri dönüşümü veya geri kazanımı ile sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesi için projelere ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Geri dönüşüm projeleri olmaksızın kentte devam eden kentsel

dönüşüm çalışmaları göz önüne alındığında bu inşaat atıklarının artabileceği ve buna bağlı olarak depolama sahasının ömrünün kısa sürede dolacağı da öngörülmektedir.

Bu amaçla çalışmada bu atıkların karayolu yapımında kullanılabilmesi için örnek çalışmalarda ve KGM tarafından yayınlanan KTŞ'de yer alan yol yapımında kullanılacak malzemelerin tabii tutulduğu deneylerin bir derlemesi yapılmıştır. Elde edilen malzemelerin deneyler sonrası karayolu standartlarına uygunluğunun sağlanıp sağlanmadığı ise literatürdeki gerçek uygulama örnekleri üzerinden açıklanmıştır. Literatür taramaları sonucu görülmüştür ki HT, İYA'nın geri dönüştürülerek yol yapımında kullanılabilir olması için deney çalışmalarında KTŞ'de belirtilen standartların sağlanması gerekmektedir. Bu çalışmalarda yalnızca yola ait katmanlardan dolgu tabakasında HT ve İYA'nın %100 kullanılmasında hiçbir sakınca görülmemiştir. Buna rağmen alttemel tabakası ve plent-mix

tabakalarında belli oranlarda İYA, belli oranlarda ise kalker agrega kullanılarak HT ve İYA'nın yeniden kullanımı sağlanabilmektedir. Fakat HT, İYA'nın yolun daha üst katmanlarından bitümlü temel tabakasında kullanılması yol yapım maliyetini önemli ölçüde arttıracığından uygun bulunmamıştır. Sonuç olarak Erzurum İli'nde 2018, 2019 ve 2020 yıllarında açığa çıkan İYA miktarı ile potansiyel geri dönüştürülmüş İYA malzeme talebi karşılaştırılması yapılarak yol yapımında geri dönüştürülmüş İYA'nın kullanılmasının Erzurum İli'nde 2018, 2019 ve 2020 yıllarında inşa edilen toplam karayolu maliyetlerini azaltmaya olan katkısı vurgulanmıştır. Yol yapım maliyetlerinin büyüklüğü göz önüne alındığında, belirli oranlarda geri dönüştürülmüş İYA'nın yol temellerinde kullanımı ile maliyetlerin önemli ölçüde düşürüleceği; Erzurum İli'nde açığa çıkan HT ve İYA'nın bu talebi karşılayabileceği belirlenmiştir.

## Kaynaklar

- Aktaş Z. (2015). Bina Yıkım Atıklarının Altyapı Projelerinde Değerlendirilmesi. *Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi*, Ankara.
- Anonim (2014). T.C. Kalkınma Bakanlığı, İnşaat, Mühendislik ve Mimarlık Teknik Müşavirlik ve Mühendislik Hizmetleri, Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018. *Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara.
- Anonim (2021). İnşaat Atıklarının Asfaltta Geri Dönüşüm Malzemesi Olarak Kullanılması, <https://www.khl-group.com/events/demolition-conference-turkey>, (Erişim tarihi: 11.05.2021).
- Atabey V. (2019). Metilen Mavisi Deneyi, <https://volkanatabey.com.tr/metilen-mavisi-deneyi/>, (Erişim tarihi: 04.01.2021).
- Cabrera M., López-Alonso M., Garach L., Alegre J., Ordoñez J., Agrela F. (2021). Feasible Use of Recycled Concrete Aggregates with Alumina Waste in Road Construction, *Materials*, 14, 1466.
- Çağrıncı A. (2016). İnşaat Ve Yıkıntı Atıklarından Elde Edilen Geri Dönüşüm Malzemelerinin Karayolu Üstyapısında Kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Çakır Ö., Tüfekçi MM. (2011). Geri Kazanılmış Agregalı Beton, *Cementürk Dergisi*, 45-56.
- ÇŞB (2004). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hafriyat Toprağı, İnşaat Ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, *25406 Sayılı Resmî Gazete*.
- ÇŞB (2015). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Atık Yönetimi Yönetmeliği, *29314 Sayılı Resmî Gazete*.
- ÇŞB (2018). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kentsel Dönüşümde 50 Soru 50 Cevap, <https://kastamonu.csb.gov.tr/kentsel-donumde-50-soru-50-cevap-i-5086>, (Erişim tarihi: 03.01.2021).
- EC (2020). Green growth and circular economy. Environment, European Commission, [https://ec.europa.eu/environment/green-growth/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/green-growth/index_en.htm) (Erişim tarihi: 03.02.2021)
- EEA (2020). Construction and Demolition Waste: Challenges and Opportunities in a Circular Economy, <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/construction-and-demolition-waste-challenges>, (Erişim tarihi: 12.12.2020).
- EU (2016). EU Construction & Demolition Waste Management Protocol, Avrupa Komisyonu, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/en/renditions/native> (Erişim tarihi: 02.02.2021).
- EU (2017). Resource Efficient Use of Mixed Wastes, Improving management of construction and demolition waste Final Report, Avrupa Komisyonu, [https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/CDW\\_Final\\_Report.pdf](https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/CDW_Final_Report.pdf), (Erişim tarihi: 28.01.2021).
- EUROSTAT (2020). Recovery rate of construction and demolition waste, [https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei\\_wm040](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei_wm040), (Erişim tarihi: 05.01.2021).
- Gedik Y. (2020). Döngüsel Ekonomiye Anlamak, *Turkish Business Journal*, 1 (2), 13-40.
- Hozatlı B., Günerhan H. (2015). Muğla İli Koşullarında Betonarme ve Aşşap İskeletli Binalara Ait Yaşam Döngüsü Analizi, *Mühendis ve Makina*, 56 (660), 52-60.
- Iacoboaia C., Aldea M., Petrescu F. (2019). Construction And Demolition Waste – A Challenge For The European Union? *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 14 (1), 30-52.

- İpekçi CA., Coşgun N., Karadayı TT. (2017). İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10 (2), 43-50.
- KBM (2010). Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü 2010 yılı Teknik Sunum Semineri Kitabı, 150-200.
- Kılıç N. (2012). Kentsel Dönüşümde Geri Dönüşüm Atağı, İzmir Ticaret Odası Ar&Ge Bülteni, <http://www.izto.org.tr/portals/0/large-bulteni/6kentseldonusumatagi.pdf>, (Erişim tarihi: 30.12.2020).
- Köken A., Köroğlu M.A., Yonar F. (2008). Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 7 (1), 86-97.
- KTŞ (2006). Karayolu Teknik Şartnamesi, Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler, *T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı*, Ankara.
- KTŞ (2013). Karayolu Teknik Şartnamesi, Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler. *T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı*, Ankara.
- MESS (2012). Atık Yönetimi Hakkında AB Müktesebat Rehberi, [https://www.mess.org.tr/media/filer\\_public/6b/58/6b583c70-1daa-4bc5-96b5-9c988df39db1/mess\\_atik\\_yonetimi\\_ab\\_mevzuat\\_rehberi.pdf](https://www.mess.org.tr/media/filer_public/6b/58/6b583c70-1daa-4bc5-96b5-9c988df39db1/mess_atik_yonetimi_ab_mevzuat_rehberi.pdf), (Erişim tarihi: 01.01.2021).
- OECD (2020). Environment at a Glance Indicators - Circular economy, waste and materials. <https://www.oecd.org/environment/environment-at-a-glance/Circular-Economy-Waste-Materials-Archive-February-2020.pdf>, (Erişim tarihi: 03.02.2021).
- Ok B., Demir A. (2018). Yapım Yıkım Atıklarının Yol Temellerinde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (1), 224-236.
- Sönmez İ., Yıldırım SA., Nacar FH. (2013). İnşaat Molozlarının Yol Üstyapı Malzemesi Olarak Kullanılması, İsfalt, *İstanbul Asfalt Fabrikaları San. Ve Tic. A.Ş.*, Üsküdar, İstanbul.
- Şevik S. (2016). Sürdürülebilir Üstyapılar için Çok Fonksiyonlu Güneş-Asfalt Enerji Üretim ve Kar-Buz Önleme Sisteminin Modellenmesi, *TÜBAV Bilim*, 9 (1), 1-16.
- Ulubeyli S., Kazaz A., Arslan V. (2017). Construction And Demolition Waste Recycling Plants Revisited: Management Issues, *Procedia Engineering*, (172), 1190-1197.
- Veral, ES., Yiğitbaşıoğlu H. (2018). Avrupa Birliği Atık Politikasında Atık Yönetiminden Kaynak Yönetimi Yaklaşımına Geçiş Yönelimleri ve Döngüsel Ekonomi Modeli, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 6 (1), 1-19.
- Yürek, CS. (2013). Kentsel Dönüşüm Uygulamaları - Hukuki, İdari ve Teknik Altyapısı, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 58/2013-4 (478), 28-38.
- Zhang HL., Tang Y., Meng T., Zhan LT. (2021). Evaluating the crushing characteristics of recycled construction and demolition waste for use in road bases, *Transportation Geotechnics*, 28, 100543.

## Erken Çocukluk Döneminde Çevre Eğitimi ve Sürdürülebilirlik

Editör: Deniz Kahrıman Pamuk, Anı Yayıncılık, Ankara 2019, 238 sayfa.

Yazarlar: Burcu Çabuk, Deniz Kahrıman Pamuk, Berat Ahi, Nilgün Cevher Kalburan,  
Hande Güngör

Merve KAYA-AYDIN

mervekayaaydin@yahoo.com

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Yüksek Lisans Öğrencisi, Bolu, Türkiye

Editörlüğünü Deniz Kahrıman Pamuk'un yaptığı, 2019 yılında Anı Yayıncılık tarafından yayımlanan Erken Çocukluk Döneminde Çevre Eğitimi ve Sürdürülebilirlik adlı eser, son yıllarda önemi gittikçe daha da anlaşılan çevre eğitimi ve sürdürülebilirlik konusunu ele almaktadır. Ankara, Kastamonu, Pamukale, Mersin Üniversitelerinde çalışmakta olan 5 akademisyenin imzası bulunan kitap, öğretmen adaylarına, öğretmenlere ve ebeveynlere, erken çocukluk döneminde çevre eğitimi ve sürdürülebilirlik konusunda yol gösterici olması amacıyla hazırlanmış bir çalışmadır. Kitabın bölümleri oluşturulurken, konunun daha iyi anlaşılabilmesi adına, temel oluşturmak amacıyla bir yol izlenmiş ve kitap sekiz bölüm şeklinde düzenlenmiştir.

Çevre eğitimin genel tanımı, alt paydaşları, erken çocuklukta çevre eğitiminin önemi, amacı, öğretmenin çevre eğitimindeki rolü, farklı ülkelerdeki çevre eğitimine yaklaşım türleri, toplum, aile ve çevre eğitimi ilişkileri, ekolojik ayak izi uygulamaları, riskli oyunların çevre eğitimi açısından önemi ve alternatif yaklaşımlara değinilmiş ve yetişkinler ile çocuklar için kitap önerileri ile sonlandırılmıştır.

Dr. Burcu Çabuk tarafından yazılan "Çevre Eğitimi" başlıklı ilk bölümünde insanın varoluşundan itibaren iç içe olduğu doğa ile ilişkisine, çevre tanımına, ilk insanlardan günümüze değişen insan-doğa ilişkisinin temel alındığı çevre felsefesine, insanların gün geçtikçe daha da neden olduğu çevre sorunlarına yer verilmektedir. Bütün bunlarla birlikte çevre ve çevre sorunlarına duyarlı,

çözüm bulmaya çalışan, yeni sorunların oluşmasını engellemeye yönelik bilgi, beceri ve motivasyonu içerisinde barındıran çevre okuryazarlığından bahsedilmektedir.

Çevre eğitiminin temellerinin daha iyi atılabilmesi ve öneminin daha iyi anlaşılabilmesi için her bireyin tanımları, tarihsel süreci, doğanın insan hayatındaki yerini, insanın doğaya verdiği zararı ve bu zararın ortaya çıkardığı sorunları bilmesi gerekmektedir. Bireylerin sadece bu konularda bilgi sahibi olması yeterli değildir; doğa ile ilgili konuları içselleştirmeleri ve hayatlarında bu farkındalığa yer vermeleri çevre eğitiminin temel amaçlarındandır.

Dr. Öğr. Üyesi Deniz Kahrıman Pamuk tarafından yazılan "Erken Çocukluk Döneminde Çevre Eğitimi" bölümünde erken çocukluk döneminin çevre eğitimi açısından önemi ve amacına değinilmiş; erken çocukluk döneminde gelişimsel olarak uygun çevre eğitimi uygulamaları ve gelişim alanları ve erken çocukluk dönemi çevre eğitimi ilişkisi incelenmiştir.

Erken çocukluk, insanın tüm yaşamını etkileyen davranışlarının, tutumlarının, alışkanlıklarının kazanıldığı bir dönemdir. Bu nedenle özellikle bu dönemde çevre eğitimi ile ilgili farkındalık kazandırmak çok önemlidir. Erken çocukluk döneminde bir konunun daha iyi anlaşılması ve içselleştirilebilmesi için çocuklara gerçek deneyimler sunulmalı, keşfetmeleri için fırsat verilmeli, öğretmenleri ve aileleri destek olmalı, sorular sormalarını ve bu sorulara cevap bulmalarını sağlan-



maya çalışılmalı, karşılıklarına problem durumları konulmalı ve bu problemlere çözüm bulmaları beklenmeli, kısacası onlara zengin uyarıcılar sunulmalıdır. Bu sayede çocukların hem bilişsel, sosyal duygusal, dil hem de motor becerileri gelişmiş olacaktır.

Doç. Dr. Berat Ahi'nin kaleme aldığı "Erken Çocukluk Dönemi Çevre Eğitiminde Öğretmenin Rolü" isimli bölümde, çevre eğitiminde öğretmenin amacı ve alabileceği roller konusu ele alınmıştır. Bu çerçevede kolaylaştırıcı kişi olarak, değişimi gerçekleştiren kişi olarak, danışman olarak, örnek kişi olarak öğretmenin rolü üzerinde durulmuştur. Ayrıca, çevre eğitiminde öğretmenin uygulaması gereken ilkelerden, kullanabileceği stratejilerden, çevre eğitimi sürecini hazırlamasından takip ve değerlendirilmesinden bahsedilmiştir.

Okul öncesi dönem çocuğu için ailesinden sonra gördüğü en önemli rol model öğretmendir. Öğretmenin çevre konusunda bilgili, duyarlı, tutarlı olması gerekmektedir. Somut işlemler döneminde olan okul öncesi dönem çocuklarına deneyim sunmak yani yaparak yaşayarak öğrenmelerini sağlamak ve olayları somutlaştırmak farkındalık kazanmaları ve kalıcı öğrenimin olması için gereklidir. Bu anlamda da en önemli rollerden biri de öğretmenlere düşmektedir. Okul öncesi dönem için karmaşık gelebilecek bu konuları anlaşılır bir şekilde açıklayabilmesi hem yaptıklarıyla hem de çocuklara sunduğu deneyimlerle rehber olması gerekmektedir. Öğretmen bu süreçte yeni ve farklı yöntemler kullanarak çocukların dikkatini çekebilmenin yollarını bulabilmelidir. Tüm bunlarla beraber her zaman öğretmenin en büyük destekçisi olacak olan aile desteğini de unutmamalı ve ailelere de çevre konusunda bilinçlendirmelidir.

Doç. Dr. Berat Ahi ve Dr. Öğr. Üyesi Deniz Kahrıman Pamuk tarafından yazılan "Toplum, Aile ve Çevre Eğitimi İlişkileri: Çeşitli Ülkelerde Erken Çocukluk Dönemi Çevre Eğitimi Yaklaşımları" isimli bölümde genel olarak; toplumları etkileyen güncel çevre yaklaşımlarından, derin ve sığ ekolo-

jiden, Gaia'dan, teknomerkezcilikten, çeşitli toplumlardaki toplum-çevre eğitimi ilişkileri ve erken çocuklukta çevre eğitimi ve sürdürülebilirlik için eğitim uygulamalarından bahsedilmiştir. Avustralya, Kanada, Çin Halk Cumhuriyeti, Kenya, Ekvator, Güney Afrika, Şili, Güney Kore, Norveç, Amerika Birleşik Devletleri'nden, Türkiye'de toplum ve çevre eğitiminden, Türkiye'de faaliyet gösteren sivil toplum kuruluşlarından bahsedilerek sürdürülebilir bir toplum için erken çocukluk dönemi çevre eğitiminde toplum ve okul iş birliği neleri kapsar ve nasıl sağlanabilir sorularının yanıtları aranmıştır. Ayrıca çevre eğitiminde toplum ve okul iş birliğine yönelik etkinlik örnekleri, çevre eğitiminde ailenin rolü ve ailede çevre eğitimine yönelik etkinlik örnekleri üzerinde durulmuştur.

Çevre konusu sadece bir ülkeyi ilgilendiren bir konu değildir. Çevre ile ilgili her konu tüm dünyayı etkilemekte ve ilgilendirmektedir. Bu bölümde toplumları etkileyen çevreci yaklaşımlardan ve tüm dünyada çevre merkezli bir anlayış gelişmesini isteyen oluşumlar da konu edilmiştir.

Toplumların birbirlerinden farklı dinamikleri vardır; her toplum bu dinamikleri gözeterek çocuk yetiştirme programları uygular. Bazı ülkelerde bu dinamiklerin nabzını hükümetler tutar bazı ülkelerde sivil toplum örgütleri. Bu bölümde, birbirinden farklı dinamiklere sahip ülkeler olan ve kuraklık, sıkıntısı, biyolojik çeşitlilik kaybı yaşayan Kenya'dan; çevre eğitimi konusunda oldukça bilinçli olan Kanada'ya kadar birbirinden farklı ülkelerin çevre eğitimi konusundaki yaklaşımlarına değinilmektedir.

Toplumların en küçük yapıtaşı olan ailelerin tutumları ve yaklaşımları ile okul öncesi dönem çocuklarının çevre konularına bakış açılarını etkilemektedir. Bu nedenle okulla birlikte aile de üzerine düşen görevi yerine getirerek çocuğunun çevre konusunda daha bilinçli bir birey olması için gerekli özveriye göstermelidir. Örneğin, evdeki çöpleri geri dönüşüm olanlar ya da olmayanlar olarak ayırmalı, artık yağları lavabodan dökmemeli

ya da çocuğu ile bir bitki yetiştirebilmelidir.

Doç. Dr. Nilgün Cevher Kalburan ve Öğr. Gör. Hande Güngör'ün kaleme aldığı "Erken Çocukluk Döneminde Sürdürülebilirlik İçin Eğitimin Göstergesi Olarak Ekolojik Ayak İzi Uygulamaları" adlı bölümde, bir okul öncesi eğitim kurumunda ekolojik ayak izi kapsamında neler yapılabileceği konusu ele alınmakta, gıda tüketimi, ulaşım, enerji, su tüketimi, atık yönetimi, erken çocukluk eğitiminde dönüştürülebilir nesnelere (Loose Parts) kullanılmasından bahsedilmektedir.

Doğal kaynakların korunarak gelecek kuşaklara aktarılmasını amaçlayan sürdürülebilirliğin göstergelerinden biri kabul edilen ekolojik ayak izi sayesinde tüketilenler nicel olarak ifade edilebilmektedir. Bu bölümde gıda tüketimi, ulaşım, enerji, su tüketimi, atık yönetimi ile ilgili okullarla ve çocuklarla yapılabilecek uygulamalara yer verilmiştir.

Oyun çağında olan okul öncesi çocukları yapay nesnelere oynayabilecekleri gibi doğada var olan her türlü (zararsız ve yüksek risk oluşturmayan) nesne ile de oynayabilirler. Sürekli tüketmemek için ellerindeki bu nesnelere bir araya getirerek ya da tek başına, amacına uygun ya da amacı dışında kullanabilirler. Çocukları bu konuda desteklemek ve yaratıcılıklarını geliştirmek doğada var olan nesnelere dönüştürebilmek adına oldukça önemlidir.

Doç. Dr. Nilgün Cevher Kalburan tarafından yazılan "Riskli Oyunun Çevre Eğitimi Açısından Öneme ve Alternatif Yaklaşımlar" başlıklı bu bölümde ise girişin ardından riskli oyunlara, Ferista Orman Anaokulunun genel özelliklerine, büyük yükseklik deneyimlerine, yüksek hız deneyimlerine, tehlikeli aletler ile ilgili deneyimlere, itiş-kakış oyunu deneyimlerine, gözden kaybolma deneyimlerine yer verilmiştir.

Okul öncesi eğitimin amaçlarından biri olan çocuklara zengin uyarıcı çevre sunulması, çocukların gelişimleri ve öğrenmeleri için oldukça önemlidir. Çocuklara zengin uyarıcı çevre sunmakla birlikte, çocuğun çevresin-

de gördüğü somut nesnelere deneyim kazanması da oldukça önemlidir. Çocukların özellikle doğa ile iç içe olmaları somut yaşantılarını gerçekleştirebilmeleri için önemli bir kaynaktır. Kitapta da farklı örneklerine yer verildiği gibi çocukların çamurdan yaptıkları yemekler, ağaç dallarını kendilerine süpürge yapmaları çocuklarda bilişsel, motor, algı, sosyal becerilerini geliştirmek için oldukça faydalıdır.

Oyun, erken çocukluk döneminde çocuğun gelişimi için önemli paydaşlardan biridir. Bu önemli paydaşın bir türü olan riskli oyunlar sayesinde çocuk kendisinin ve çevresinin farkında olur, alabileceği riskleri görür, özgüveni artar, aidiyet duyguları gelişir, problem çözme ve neden sonuç ilişkisi kurma becerisi gibi becerileri gelişir. Kitapta, riskli oyunlar ile tehlike arasındaki farka değinilerek farklı ülkelerdeki öğretmen ve ebeveynlerin riskli oyunlara karşı bakış açılarını araştıran çalışmalardan örneklere yer verilmiştir.

Bölümde ayrıca çocukların doğa ile iç içe olabilecekleri alternatif yaklaşımlara da dikkat çekilmiş ve bu alternatif yaklaşımları uygulayan okullardan, okulların planlarından bahsedilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Deniz Kahrıman Pamuk ve Doç. Dr. Berat Ahi tarafından Milli Eğitim Bakanlığı Okul Öncesi Eğitim Programına göre hazırlanan ve Mersin'de faaliyet gösteren Serpil'in Dünyası Orman Okulu isimli okulda uygulanmış olan 15 bütünleştirilmiş etkinliğe yer verilmiştir.

Hazırlanan ve uygulanan etkinliklerde gökyüzünden, hayvanlara karşı duyarlılıktan ve hayvanların doğadaki yerinden ve öneminden, farklı ağaçlardan ve bu ağaçların meyvelerinden, yapraklarından, doğada olmaması gereken varlıklardan suyun önemini belirten çalışmalara kadar birçok konuya yer verilmesi çocukların doğadaki ve çevrelerindeki durumlara bakış açılarında doğa lehinde bir farkındalık yaratmak için oldukça önemlidir.

Kitabın son bölümünü oluşturan ekler bölümünde yetişkinler ve çocuklar için kitap önerilerine yer verilmiştir. Yetişkinler için önerilen kitaplar APA formatı ile sunulurken, çocuklar için önerilen kitaplarda; kitap ve yazar ismine, yayınevine, çevirmene ve yaş grubuna yer verilmeye dikkat edilmiştir. İleri düzeyde bu konuda bilgi edinmek isteyen yetişkinlere ve çocuklara uygun olan kitabın seçilmesine yardımcı olmak üzere hazırlanan

bu bölüm okuyucu için hayli faydalı görünmektedir.

Kitabın hem öğretmenlere hem öğretmen adaylarına hem de ebeveynlere yol göstermek amacıyla yazıldığı göz önünde bulundurulduğunda çevre, ekoloji, sürdürülebilirlik kavramlara yer verilmesi ve bu konudaki paydaşların öneminden bahsetmesi açısından oldukça önemli bir başvuru kaynağıdır.

### **Kaynakçada Gösterimi**

Erken Çocukluk Döneminde Çevre Eğitimi ve Sürdürülebilirlik, *Ed. Deniz Kahrıman Pamuk*. Ankara, 2019, Anı.