



# ÇEVRE BİLİM VE TEKNOLOJİ

ISSN: 1302-5627 Cilt: 2

TEKNİK DERGİ

Sayı: 2 Kasım 2017



tmmob çevre mühendisleri odası

[www.cmo.org.tr](http://www.cmo.org.tr)

# Merhaba

Akademisyenlerin, öğrencilerin ve çevre alanındaki bilimsel, teknolojik gelişmeler ile ilgili kişi ve kurumların yakından takip ettiği hakemli bilimsel dergimiz "Çevre, Bilim ve Teknoloji" (ÇBT) dergisinin bir sayısını daha sizlerle buluşturmaktan mutluluk duyuyoruz.

Çevresel bilim ve teknolojinin her geçen gün çeşitlendiği ve geliştiği günümüzde, bu sürece katkı vermek ve halkımızı bilimsel bilgi ile buluşturmak Oda Yönetim Kurulumuzun temel hedefleri arasındadır. ÇBT'nin yayımlanmasında katkı veren tüm akademisyenlere, kişi ve kurumlara teşekkür ediyoruz.

Saygılarımızla,

## TMMOB Çevre Mühendisleri Odası 13. Dönem Yönetim Kurulu

### Oda Adına Derginin Sahibi

Baran BOZOĞLU

### Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Kumru KOCAMAN

### Editörler:

Dr. Efsun DİNDAR

### Yayın kurulu:

Dr. Efsun DİNDAR  
Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ  
Dr. Sema ARIMAN  
Dr. Ertan ÖZTÜRK

### Yayın İdare Merkezi

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası  
Hatay Sok. No: 24/17 Kızılay/ANKARA  
Telefon: 0312 419 80 71  
E-posta: cbt@cmo.org.tr

## HAKEM LİSTESİ

Prof.Dr.A.Cemal SAYDAM

Prof.Dr. Ayşenur UĞURLU

Prof.Dr. Bülent TOPKAYA

Prof.Dr. Çağatay GÜLER

Prof.Dr. Filiz B.DİLEK

Prof.Dr. Gülfem BAKAN

Prof.Dr. H.Savaş AYBERK

Prof.Dr. Necdet ALPASLAN

Prof.Dr. Nesrin ALGAN

Prof.Dr. Nuri AZBAR

Prof.Dr. Aykan KARADEMİR

Prof.Dr. Azize AYOL

Prof.Dr. Deniz DÖLGEN

Prof.Dr. Feza KARAER

Prof.Dr. İpek İMAMOĞLU

Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU

Doç. Dr. Altunay PERENDECI

Doç. Dr. F. Olcay Topaç ŞAĞBAN

Doç. Dr. Nadir DİZGE

Yrd. Doç. Dr. Emre Burcu GÜNGÖR

Yrd. Doç. Dr. Selnur Uçaroğlu

Yrd. Doç. Dr. Aşkın Birgül

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Aygün

Yrd. Doç. Dr. Berna Kırıl Mert

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası tarafından yılda iki kez Türkçe olarak basılır. Dergide yer alan eserlerin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

Dergide yer alan eserlerin yayın hakkı TMMOB Çevre Mühendisleri Odası'na aittir.

ISSN: 1302-5627

# İÇİNDEKİLER

“KIRIKKALE İLİ’NDE KURULAN VE İŞLETMEYE ALINAN AMBALAJ ATIKLARI TOPLAMA VE AYRIŞTIRMA SİSTEMİ” Elif Asuman Korkusuz	<b>1</b>
EC 1221/2009 Sayılı Avrupa Birliği Tüzüğü Olan Eko-Yönetim ve Tetkik Programı (EMAS) Uygulaması ve Türkiye’nin Durumu Baran BOZOĞLU, Prof. Dr. Berna ALPAGUT	<b>14</b>
HEXABROMOSİKLODODEKAN’IN BİYOLOJİK BOZUNUMUNUN İNCELENMESİ Irem KARAHAN, Dr. Hale DEMİRTEPE, Prof. Dr. İpek İMAMOĞLU	<b>28</b>
ELEKTROKOAGÜLASYON VE KİMYASAL KOAGÜLASYON PROSESLERİYLE TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSUYUNDAN RENK GİDERİMİ Anıl ÖZYURT, Prof. Dr. Feryal AKBAL	<b>40</b>
KÜÇÜK MENDERES NEHRİ KİRLİLİĞİNİN KALICI ORGANİK KİRLETİCİLER VE İZ ELEMENTLER AÇISINDAN İNCELENMESİ Gülşah TULGER KARA, Dr. Melik KARA, Doç. Dr. Orhan GÜNDÜZ	<b>48</b>
TÜRKİYE’DE PLASTİK POŞET KULLANIMININ AZALTILMASI Berna YİĞİT*, Ezgi KARABACAK*, Güray SALİHOĞLU*	<b>62</b>
ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİNDE SU-ENERJİ BAĞI: ZORLUKLAR VE İMKANLAR Melike Kiraz and Emre Alp	<b>82</b>
SANAYİ BÖLGESİ TOPRAKLARINDA POLİKLORLU BİFENİLLERİN (PCB’LERİN) GİDERİMİ İÇİN FOTOPARÇALAMA UYGULAMALARI Gizem Eker, Büşra Tandoğan, Aleyna Küçük, Çiğdem Özkan	<b>97</b>



## "KIRIKKALE İLİ'NDE KURULAN VE İŞLETMEYE ALINAN AMBALAJ ATIKLARI TOPLAMA VE AYRIŞTIRMA SİSTEMİ"

Elif Asuman Korkusuz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>OPTİMET Müh. Çevre Teknolojileri Ltd. Şti. BOSB 19.Cadde No: 62 Malıköy Ankara

asuman@optimet.com.tr

**Özet:** "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (AAKY)"ne (Resmi Gaz. No:28035; 2011) göre Kırıkkale Katı Atık Yönetimi Belediyeler Birliği Başkanlığı (KKAYBBB), Kırıkkale ilinde etkin, işleyen, sürdürülebilir bir "Ambalaj Atıkları Yönetim Sistemi (AAYS)"ni oluşturmakla yükümlüydü. KKAYBBB bu görevi 2012'de düzenlediği ihaleyle OPTİMET Mühendislik Çevre Teknolojileri Ltd. Şti. (OPTİMET)'ne devr etmiştir.

OPTİMET, KKAYBBB'nin ihale şartnamesinde sunduğu teorik bilgiyi doğru kabul ederek tesisi boyutlandırmış (2012 yılı için beklenen ambalaj atık miktarı aylık ortalama 870 ton/ay), ve sistemi bu verilere göre kurmuştur. Ancak, OPTİMET'in Kırıkkale'de faal olarak toplama ve ayrıştırma yaptığı 32 aylık (Ocak 2015-Ağustos 2017) süre boyunca toplayabildiği aylık ortalama miktar 53 ton/ay'dır (2015: 42 ton/ay; 2016: 41 ton/ay; 2017: 75 ton/ay). Teoride beklenen miktarın (870 ton ambalaj atık/ay) gerçek değerlerin (53 ton ambalaj atık/ay) 16 katı olması nedeniyle, Yap-İşlet-Devret modeliyle, kendi öz sermayesiyle ve yönetmeliğe uygun şekilde iş yapmaya çalışan OPTİMET, toplam 1.687.000 TL zarar etmiştir.

Bu bildiriye, Kırıkkale ilinde yürütülen AAYS'nin teknik detayları, karşılaşılan problemlerin Proje Döngüsü Mantıksal Çerçeve Sorun Ağacı/Hedef Ağacı yaklaşımıyla analizi ve çözüm önerileri sunulmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Ambalaj Atıkları Toplama ve Ayrıştırma Tesisi (TAT), Geridönüşüm, Hedef Ağacı, Kırıkkale, Mantıksal Çerçeve Yaklaşımı, Sorun Ağacı.

## "PACKAGING WASTE COLLECTION AND SEPERATION SYSTEM OF THE PROVINCE OF KIRIKKALE"

**Abstract:** According to the "Packaging Waste Control Regulation (AAKY)" (Official Gazette No: 28035; 2011), the Presidency of Union of Municipalities of Kırıkkale Solid Waste Management was obliged to establish an effective, functioning, sustainable "Packaging Waste Management System" in Kırıkkale. This duty was transferred in 2012 via a tender to OPTİMET Engineering Environmental Technologies Ltd. Co. (OPTİMET).

OPTİMET has assumed that the theoretical information provided by the Union of Municipalities of Kırıkkale on the tender specifications were correct (for 2012 expected monthly average amount of packaging waste was 870 tons/month) and dimensioned the plant accordingly; established the system according to this data. However, during a period of 32 months (January 2015-August 2017), the average monthly amount of packaging waste, which was collected and separated by OPTİMET actively in Kırıkkale, is 53 tons/month (2015: 42 tons/month; 2016: 41 tons/month; 2017: 75 tons/month). As the amount of the theoretically expected (870 tons packaging waste/month) data is almost 16 times bigger than



the real data (53 tons packaging waste/month) OPTİMET, which is trying to do business by the Build-Operate-Transfer Model legally according to the Law, has lost 1,687,000 TL.

In this paper, the technical details of Packaging Waste Management System of the province of Kırıkkale, as well as the analysis and solutions of the problems encountered using the Project Cycle Logical Framework Problem Tree/ Target Tree approach has been presented.

**Keywords:** Packaging Waste Collection and Separation Facility, Recycling, Target Tree, Kırıkkale, Logical Framework Approach, Problem Tree.

## KISALTMA VE SEMBOLLER

**AAKY:** Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

**AAYP:** Ambalaj Atık Yönetim Planı

**AAYS:** Ambalaj Atıkları Yönetim Sistemi

**ÇŞB:** Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

**KKAYBBB:** Kırıkkale Katı Atık Yönetimi Belediyeler Birliği Başkanlığı

**OPTİMET:** OPTİMET Müh. Çevre Teknolojileri Ltd. Şti.

**TAT:** Ambalaj Atıkları Toplama ve Ayrıştırma Tesisi

## 1. GİRİŞ

Etkin, işleyen, çevre dostu ve sürdürülebilir bir “**Katı Atık Yönetim Sistemi**”, geri kazanılabilir atıkların (ambalaj atıkları) çöp ile karışmadan kaynağında ayrı toplanması ve organize bir yapı içerisinde gerikazanım sürecinin gerçekleşmesiyle olur. Böylece doğal kaynaklar korunur; değerlendirilebilir atıklar hammadde olarak ekonomiye kazandırılır; **kaynakların israfı önlenir ve çöp depolama alanına giden katı atık (çöp) miktarının azaltılmış olur** (Türkiye Çevre Durum Raporu, 2011).

Türkiye’de katı atıklar içinde önemli bir yer tutan **ambalaj atıklarının** yarattığı çevre kirliliğinin azaltılması ve bunların yeniden ekonomik değer haline getirilebilmeleri için, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından gerekli hukuki ve teknik düzenlemeler yapılmış; 2007’de “**Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği**” (AAKY) yayımlanarak uygulamaya geçilmiş, 2011’de ise revize edilmiştir (24.08.2011; Resmi Gaz. No: 28035).

**Ambalaj atıkları**, evsel, endüstriyel, ticari ve işyeri olmasına bakılmaksızın yurt içinde piyasaya sürülen **plastik, metal, cam, kağıt-karton, kompozit**



ve benzeri malzemelerden yapılmış bütün ambalajları ve bu ambalajların atıklarını kapsamaktadır.

**AAKY'nın amacı;** belirli özelliklere sahip ambalaj atıklarının çevreye vereceği zararın önlenmesi, ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, önlenemeyen ambalaj atıklarının tekrar kullanım, geridönüşüm ve gerikazanım yolu ile bertaraf edilecek miktarının azaltılması ve ambalaj atıklarının belirli bir sistem içinde kaynağında ayrı toplanması, taşınması, ayrıştırılması konularında teknik ve idari standartların oluşturulması için gerekli prensip, politika ve programlar ile hukuki, idari ve teknik esasların belirlenmesidir.

5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ve 5393 sayılı Belediye Kanunlarında da **katı atıkların toplanmasından belediyeler sorumlu olduğu için, AAKY Madde 8'e** göre belediyeler:

- Ambalaj atıklarının kaynaқта ayrı toplanması, taşınması, etkin bir **Ambalaj Atıkları Toplama Sistemi**'nin kurulması;
- Yönetmelikle sorumluluk verilen kurumlarla beraber etkin bir **"Ambalaj Atıkları Yönetim Planı"** (AAYP)'nin hazırlanması;

- Yönetmelikte **sorumluluk verilen taraflarla** (ör: ekonomik işletmeler, yetkilendirilmiş kuruluşlar, satış noktaları, çevre lisanslı/geçici faaliyet belgeli toplama-ayırma, geri dönüşüm ve geri kazanım tesisleri) birlikte geridönüşüm konularında **eğitim faaliyetlerinin yapılması** ve verilen eğitimlere katkı konulması;
- **"Ambalaj Atığı Yönetimi"** konusundaki sorumluluklarını **Yetkilendirilmiş Kuruluş**'la işbirliği içerisinde yürütülmesi gibi konularda görevli ve yükümlüdürler.

Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanmasını belediyeler kendileri yapabildiği gibi hizmet alımı yoluna giderek de yürütülebilmektedir. Her iki durumda da, ambalaj atıklarının toplanması ve ayrılması için belediye ya da hizmeti verecek özel bir firma, **"Toplama ve Ayrıştırma Tesisi (TAT)"** kurmalı ve bu tesis için Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nden lisans almalıdır. AAKY (Madde 5.d)'e göre, ambalaj atıklarının belediyenin toplama sistemi ve lisanslı işletmeler dışındaki kişiler tarafından toplanması, taşınması, geri kazanılması da yasaklanmıştır.

Türkiye genelinde olduğu gibi, **Kırıkkale**'de de değişen tüketim



alışkanlıkları, nüfus artışı, yükselen hayat standardı, ambalajlı ürün satışındaki artış ile birlikte evsel katı atık kompozisyonu çeşitlenerek artmakta ve değişmektedir. Kişi başına düşen teorik günlük belediye katı atık miktarı Türkiye için 1,15 kg; Kırıkkale için 1,0 kg'dır. Teorik bilgiye göre, Türkiye'de **atılan evsel atıkların ağırlıkça %30'unu, hacimce %50'sini ambalaj atıkları oluşturmaktadır** (Atık Yönetim Eylem Planı; 2008).

Bu bilgiler ışığında, Türkiye'nin **herbir ilinde** etkin "**Entegre Katı Atık Yönetim Sistemleri**"nin geliştirilmesi ve uygulanması bir yükümlülüktür. Kırıkkale ili de, ÇŞB 2011 AAKY'ne göre **kapsamlı, etkin, sürdürülebilir, yerel ihtiyaçları gözeten, işleyen, ekonomik "Ambalaj Atıkları Yönetim Sistemi"**ni oluşturmakla yükümlüydü.

Kırıkkale Katı Atık Yönetimi Belediyeler Birliği Başkanlığı (KKAYBBB) hizmet alanı içerisinde bulunan ilçelerin (Merkez, Balışeyh, Sulakyurt, Çelikli, Delice, Karakeçili, Hacılar, Bahşılı, Yahşihan, Keskin) ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması/ taşınması/ ayrıştırılması/ geçici depolanması/ ambalaj atıklarının ekonomiye kazandırılması tesis işletmecilik hakkını 2886 Sayılı Devlet İhale Kanunu'nun

45. maddesine göre açık teklif usulünün "**10 yıllığına Tesis İşletme Hakkı Yap İşlet-Devret Modeli**"ne göre 09.10.2012 tarihinde OPTİMET Mühendislik Çevre Teknolojileri Ltd. Şti'ne (OPTİMET) devr etmiştir. (<http://www.optimet.com.tr>)

Bu bildiriye, OPTİMET tarafından 2012 yılından bu yana Kırıkkale ilinde yürütülen AAYS'nin teknik detayları, uygulamada karşılaşılan problemlerin "**Proje Döngüsü Mantıksal Çerçeve Sorun Ağacı/ Hedef Ağacı**" (Tekindağ; 2015) yaklaşımıyla Mevcut Durum Analizi/ Çözüm Önerileri sunulmaktadır.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Kırıkkale Ambalaj Atık Yönetimi

OPTİMET, KKAYBBB'nin ihalede sunduğu teorik bilgiye göre hareket etmek zorunda olduğundan, ihale teknik şartnamesindeki verileri doğru kabul ederek yola çıkmış, ve TAT sistemini bu verilere göre kurmuştur (Şekil 1). Kırıkkale TAT İhale Teknik Şartnamesi'ndeki (2012) ibareye göre: "Toplam atıkların **%18'i** geri kazanılabilecek atıktır. Ayıklama tesisine, toplam geri kazanılması mümkün atıkların % 80'i geldiği (%80'i toplanabildiği) ve kalan %20'si karışık atıklarla birlikte depolamaya gittiği kabul edilmiştir. Ayrıca ayıklama tesisine





gelen atıkların % 90'ı geri kazanıldığı ve %10'u depolama alanına giden malzeme olduğu kabul edilmiştir. Kırıkkale'de 2011 yılında üretilen tahmini çöp miktarı 72.426 ton/yıl'dır. Bu durumda (ayrı toplama 2012 yılında başlayacağı düşünülerek) çöp ayıklama binasına giren katı madde miktarı  $72.426 \times 0,18 \times 0,80 = 10.429$  ton/yıl  $\approx 870$  ton/ay = 29 ton/gün'dür."



Şekil 1. OPTİMET'in Kırıkkale'deki Ambalaj Toplama Aracı ve İç Mekan Kumbarası

OPTİMET, hem bu verilere, hem de AAKY'de belirtilen TAT'ların uyması gereken fiziksel gerekliliklere göre tesisi tasarlamıştır. Ekonomi Bakanlığı'nın verdiği Bölgesel Yatırım Teşvik'ten yararlanıp, KKATBB'nin Bahşılı'da gösterdiği yerde TAT'ı kurmuş; gerekli ekipmanları satın almış ve TAT'ın içine yerleştirmiştir. Tesisin ilk yatırım bedeli 2013 yılında ~1.000.000 TL olmuştur.

OPTİMET, tesisin kurulumuyla eş zamanlı, anlaştığı profesyonel bir Çevre Danışman Şirketi'nden de destek alarak, ÇŞB'den alınması gereken Çevre Lisanslarını almış (Nisan 2014);

Yetkilendirilmiş Kuruluşlardan biri ile anlaşma yapmış, Kırıkkale merkez ve ilçelerin tümünü kapsayan bir AAYP'yi hazırlamış; AAYP'ye göre Kırıkkale'de kademeli olarak belirlenen yerlere iç ve dış mekan kumbaralarını yerleştirip, toplama ve ayrıştırma faaliyetlerini yürütmeye başlamış ve özellikle ilkokullarda ambalaj atıkları, gerikazanım, atık yönetim sistemi konularında eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri yürütmüştür. OPTİMET, AAYP'nin gelişme raporlarını 6 aylık dönemlerde ÇŞB'nin Ambalaj Bilgi Sistemi üzerinden düzenlemiş ve ancak 2015 yılının başından itibaren Kırıkkale'de ambalaj atığı toplamaya ve ayrıştırmaya hazır hale gelmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Ambalaj Atık Miktarları

OPTİMET'in Kırıkkale'de resmi olarak ambalaj atık toplamaya başladığı 2015'in Ocak ayından 2017 Ağustos ayına kadar toplayabildiği ambalaj atık miktarları Tablo 1'de sunulmuştur. Buna göre, TAT'ın 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait yıllık toplam ambalaj atık miktarları sırasıyla 505; 496; 602 ton; aylık ortalama miktarları da yine sırasıyla 42; 41 ve 75 ton'dur. Bu üç yılın ortalama aylık ambalaj atık miktarı ise 53 ton olarak hesaplanmıştır.





Yap-İşlet-Devret İhale teknik şartnamesinde belirtilen Kırıkkale için beklenen teorik toplam aylık ambalaj miktarıyla (870 ton/ay) yola çıkan ve yatırımı bu değerlere göre planlayan, AAKY'ne uygun şekilde ve KKAYBBB'nin istekleri doğrultusunda iş yapan OPTİMET, sahadaki gerçek değer olan 53 ton/ay'ın beklenenden **16 kat az** olması nedeniyle, kendi öz sermayesiyini kullanan OPTİMET, işe başladığı günden beri çok büyük zarar etmektedir (Tablo 2). TAT ilk yatırım bedeli olan 1.000.000TL de eklendiğinde, OPTİMET'in (2017, 8. ay dahil) **toplam zararı 1.687.000 TL**'dir.

### 3.2. Mevcut Durum Analizi

OPTİMET'in Kırıkkale ilinde KKAYBB adına yaptığı ambalaj atık toplama ve ayrıştırma faaliyetlerinde yaşadığı bu zarar, uluslararası ve ulusal projelerde yaygın olarak kullanılan "**Proje Döngüsü Mantıksal Çerçeve Sorun Ağacı/ Hedef Ağacı**" (Tekindağ; 2015) yaklaşımıyla ele alınmış ve Kırıkkale özelinde Mevcut Durum Analizi/ Çözüm Önerileri sırasıyla Çizelge 1 ve 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 1'de OPTİMET'in zarar etme Ana Nedenleri (A, B, C) masaya yatırılmış, Neden? (Sebep) sorusu sorularak kök nedenlere (A1, A2, A3,

B1, B2, B3; C1, C2) ulaşılmaya çalışılmıştır. Çizelge 2'de, Çizelge 1'de ele alınan nedenlerin, ilgili paydaşlarla beraber uygulanacak uygun araçlarla orta-uzun vadede çözüldüğü varsayılarak ulaşılabilecek olumlu sonuçlar (hedefler) özetlenmiştir. Örneğin, Kırıkkale halkı/kamu/özel sektör için profesyonel danışmanlarca hazırlanacak çeşitli kampanya/ yarışma/ bilgilendirme/ eğitimler içeren bir adet "**Çevre Bilincini Yükseltme Eylem Planı**"nın; OPTİMET'in AAKY'ye göre belirlenmiş yasal haklarını elde edebilmesi için avukatlarla ve ilgili paydaşlarla beraber oluşturulacak bir adet "**Hukuksal Mücadele Eylem Planı**"nın başarıyla uygulanması; halk tarafından OPTİMET'in belediyenin toplama sistemi olarak kabul edilmesiyle, halkın büyük bir kısmının çevre alışkanlıklarının değişmeye başlaması; bu sayede kaynakta ayrılan ambalaj atık miktarının ve kalitesinin artması beklenmektedir. Tesisin fiziksel imkanları iyileştirildiğinde de depodaki atıkların fire miktarı azalacaktır.

Ambalaj atık sektörüne devletten teşviklerin ve hibelerin verilmesi; illegal toplayıcılara uygulanacak caydırıcı yaptırımlar; Yetkilendirilmiş Kuruluşların ve ilçe belediyelerinin bu işlerde daha



fazla sorumluluk almaları sonucunda miktarının/kalitesinin artması ve şirketin OPTİMET'in ulaşacağı ambalaj atık kara geçmesi beklenmektedir.

**Tablo 1.** OPTİMET'in Kırıkkale'de Toplayabildiği Ambalaj Atık Miktarları (2015-2017 Yılları Arası)

Yıllar	2015	2016	2017*
<b>Toplam Yıllık Toplanan Ambalaj Atık Miktarı (ton/yıl)</b>	505,640	496,101	602,625
<b>Aylık Ortalama Toplanan Ambalaj Atık Miktarı (ton/ay)**</b>	42,14	41,34	75,33
<b>Günlük Ortalama Toplanan Ambalaj Atık Miktarı (ton/gün)**</b>	1,40	1,38	2,51
*2017 Ocak-Ağustos ayı verileri kullanıldığından 8 ay baz alınmıştır. Bir ayın 30 gün olduğu kabul edilmiştir. ** Toplanan ambalaj atıklarının ~%10-%15'i metal plastik atıdır. Geri kalan kısmı kağıt ve kartondur.			

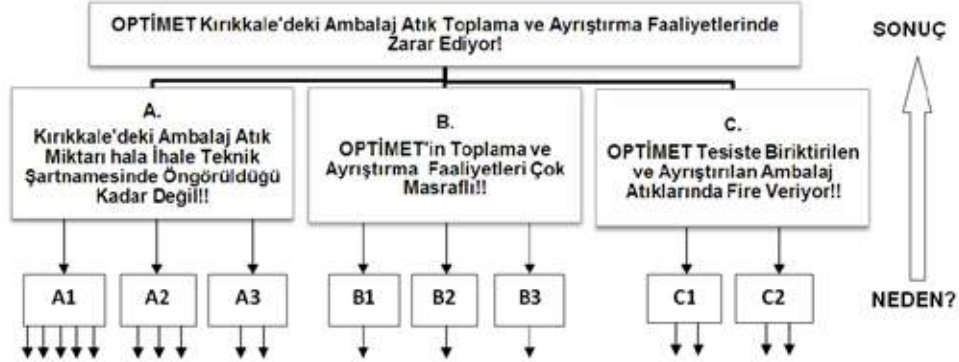
**Tablo 2.** OPTİMET'in Kırıkkale Ambalaj TAT'ına ait Aylık Gelir /Gider<sup>A</sup>/ Kar/ Zarar Değerleri

AYLAR	2015			2016			2017		
	GELİR	GİDER	KAR/ZARAR	GELİR	GİDER	KAR/ZARAR	GELİR	GİDER	KAR/ZARAR
1	4.127 TL	82.475 TL	-78.348 TL	43.201 TL	38.127 TL	5.074 TL	53.510 TL	58.543 TL	-5.033 TL
2	19.300 TL	26.939 TL	-7.639 TL	35.870 TL	47.110 TL	-11.240 TL	30.885 TL	53.723	-22.838 TL
3	13.926 TL	56.314 TL	-42.388 TL	10.816 TL	46.215 TL	-35.399 TL	92.830 TL	59.244	33.586 TL
4	24.418 TL	40.068 TL	-15.650 TL	5.012 TL	41.121 TL	-36.109 TL	68.035 TL	45.824	22.211 TL
5	0 TL	43.206 TL	-43.206 TL	10.000 TL	52.329 TL	-42.329 TL	52.014 TL	87.786	-35.772 TL
6	25.500 TL	65.992 TL	-40.492 TL	13.000 TL	52.664 TL	-39.664 TL	72.840 TL	62.397	10.443 TL
7	2.055 TL	45.861 TL	-43.806 TL	11.017 TL	61.411 TL	-50.394 TL	72.330 TL	64.073	8.257 TL
8	4.900 TL	41.769 TL	-36.869 TL	68.995 TL	30.435 TL	38.560 TL			
9	33.600 TL	84.749 TL	-51.149 TL	25.082 TL	53.513 TL	-28.431 TL			
10	45.160 TL	46.607 TL	-1.447 TL	39.911 TL	39.066 TL	845 TL			
11	10.539 TL	40.109 TL	-29.570 TL	48.582 TL	55.234 TL	-6.652 TL			
12	7.144 TL	79.186 TL	-72.042 TL	31.344 TL	61.257 TL	-29.913 TL			
<b>TOPLAM:</b>	<b>190.669 TL</b>	<b>653.275 TL</b>	<b>-462.606 TL</b>	<b>342.830 TL</b>	<b>578.482 TL</b>	<b>-235.652 TL</b>	<b>442.444 TL</b>	<b>431.590 TL</b>	<b>10.854 TL</b>

**Giderler<sup>A</sup>:** 1) İş Sağlığı Güvenliği Danışmanlık Bedeli 2) Çevre Danışmanlık Hizmet Bedeli  
3) Akaryakıt Harcamaları 4) Muhasebe Hizmet Bedeli 5) Belediyeye Ödenen Aylık Kira 6) Muhtasar  
7) SGK THK 8) Personel Maaşları 9) Yemek Giderleri 10) Mesai Ücretleri 11) Vergi 12) Diğer Harcamalar



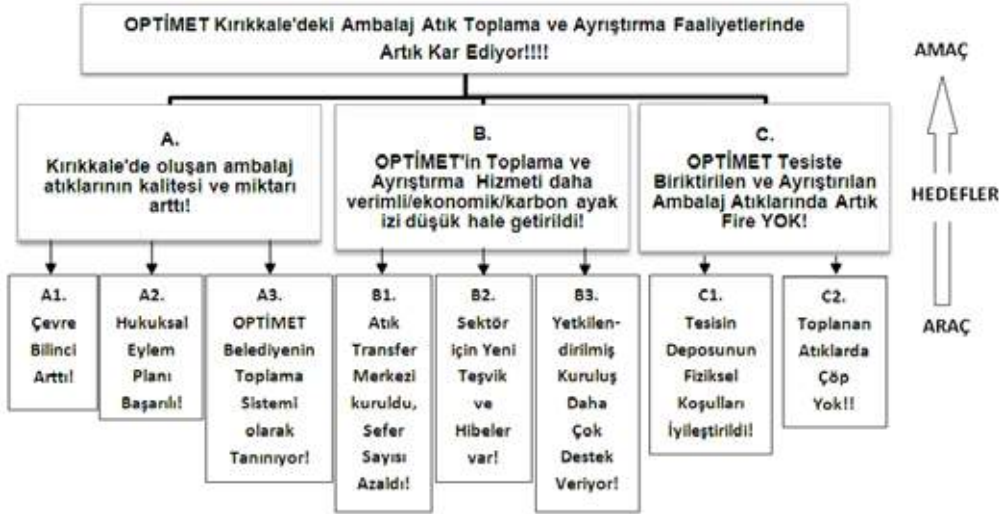
Çizelge 1.“ MANTIKSAL ÇERÇEVE SORUN AĞACI YAKLAŞIMIYLA MEVCUT DURUM SORUN ANALİZİ”



<b>A.</b> <b>Ambalaj Atık Miktarı Kırıkkale'de Henüz İhale Teknik Şartnamesinde Öngörüldüğü Kadar Değil!!</b>		
<b>A1. Ambalaj atıkları çöpe gidiyor!</b>	<b>A2. Kırıkkale'de illegal (yasal olmayan) toplayıcılar (ör: sokak toplayıcıları ve lisanssız firmalar) var!</b>	<b>A3. Ambalaj atığı üretenler yükümlülüklerinden ve OPTİMET'ten yeterince haberdar değil!</b>
A.1.1. Halkta Çevre Bilinci yeterli değil!	A.2.1. Yönetmelikler uygulanmıyor, ceza kesilmiyor!	A.3.1. OPTİMET yeterince duyuru/görüşme yapamamış!
A.1.2. Yeterince iç/ dış mekan geridönüşüm kumbarası yok!	A.2.2. OPTİMET harici Kırıkkale'de başka bir TAT'ın lisans almasına ÇŞB izin veriyor!	A.3.2. İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü yeterince duyuru / uyarı/ bilgilendirme yapamamış!
A.1.3. Yönetmeliğe göre yükümlü olmasına rağmen, ambalaj atığını evinde/ kurumunda/ firmasında ayrıştırmayanlara yaptırım uygulanmıyor!	A.2.3. OPTİMET Hukuksal Haklarını yeterince savunamıyor!	
A.1.4. Ambalaj atıklarının düzenli deponi sahasına alınmasına göz yumuluyor!		
A.1.5. Kabul edilen teorik ambalaj atığı miktarları gerçeği yansıtmıyor!		
<b>B.</b> <b>OPTİMET'in Toplama ve Ayrıştırma Faaliyetleri Çok Masraflı!!</b>		
<b>B1. Tesis uzak; sefer sayısı çok!</b>	<b>B2. Devletten bu sektöre yeterince teşvik ve hibe yok!</b>	<b>B3. Yetkilendirilmiş Kurulardan yeterli destek gelmiyor!</b>
B1.1. OPTİMET'in şehirde ambalaj atıklarını depolayabileceği bir Ambalaj Atık Aktarma Merkezi yok!	B.2.1. Gerikazanımın katma değerli bir üretim olmadığı düşünülüyor!	B.3.1. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bu konuda yeterince hassas değil!
<b>C.</b> <b>OPTİMET, Tesiste Biriktirilen ve Ayrıştırılan Ambalaj Atıklarından Fire Veriyor!!</b>		
<b>C1. TAT'ın fiziksel koşulları iyi değil!</b>	<b>C2. Toplanan ambalaj atıklarının çöplerle karışık geliyor!</b>	
C1.1. Açık sahanın üstü kapalı değil! (atıklar yağmur, kar, sıcağa maruz kalıyor; fire miktarı artıyor)	C2.1. Halkta Çevre Bilinci yeterli değil! Kaynakta nitelikli ayrıştırma yapmıyor!	
C1.2. TAT'ların yangın riski yüksek! (Türkiye'de Birçok TAT'da yangın oldu)	C.2.2. Yönetmeliğe göre yükümlü olmasına rağmen, ambalaj atığını evinde/ kurumunda/ firmasında ayrıştırmayanlara yaptırım uygulanmıyor!	



**Çizelge 2.**“ MANTIKSAL ÇERÇEVE HEDEF AĞACI YAKLAŞIMIYLA ÖNERİLEN ÇÖZÜMLER (HEDEF ANALİZİ)”



#### 4. ÖNERİLER

Kırıkkale İlinde 2012 yılından bu yana Ambalaj Atıklarının Yönetimini KKAYBBB'den devr almış olan OPTİMET'in birebir uygulamada edindiği tecrübelerle dayanarak, Çizelge 1'de sunulan bazı önemli sorunlara aşağıdaki çözüm önerileri oluşturulmuştur.

**1. Ambalaj Atık Toplama ve Ayrıştırma faaliyetlerini devr etmek üzere hazırlanan ihalelerin Teknik Şartnamesi'nde sundukları kişi başı günlük atık ve ambalaj atık üretim rakamları, çok genel bilgilere dayandırılarak tahmini yazılmaktadır. Bu kabul değerleri aslında Türkiye'nin her bölgesi, her ili, hatta her ilçesi için**

gerçekte farklı rakamlar olup, yalnızca genel kabullere dayanılarak (ör: Kırıkkale'deki ambalaj atık miktarı kişi başı 300 gr/gün'dür gibi) yola çıkıldığında, yatırımcıyı çok yanıltmakta; zarara uğratmakta ve büyük bir hayal kırıklığı yaratmaktadır.

**ÖNERİ 1:** Türkiye'deki ilçelerin günlük/aylık/yıllık/mevsimlik ambalaj atığı üretim verilerinin üniversitelerin Çevre Mühendisliği Bölümlerinin de işin içine girerek daha bilimsel yaklaşımlarla belirlenmesi; bu araştırmalar için devlet tarafından fonların ayrılması.

**2. ÇŞB AAKY Madde 5 d bendi'ne göre:** "Ambalaj atığı üreticileri, ambalaj atıklarını bağlı buldukları belediyenin



AAYP'ye uygun olarak, diğer atıklardan ayrı biriktirmek ve belediyenin toplama sistemine bedelsiz vermekle yükümlüdür”.

Ancak, AAYP planını hazırlayan ve Katı Atık Birliklerinden bu yetkiyi ihaleyle belirli bir dönem için (ör: 3 yıl; 10 yıl) devr alarak AAY'de adı geçen “belediyenin toplama sistemi” olan lisanslı TAT'ın bulunduğu bölgede (ör: Kırıkkale için OPTİMET), başka bir TAT'a ÇŞB tarafından lisans verilebilmektedir. Yatırımı yapan, AAYP'yi kendi imkanlarıyla hazırlayan, AAYP'ye kademe kademe uymak ve bilinçlendirme eğitimlerini yapmak zorunluluğu olan ve artık belediyenin toplama sistemini temsil eden TAT'lar zarar etmektedir. Bu haksız rekabettir.

**ÖNERİ 2:** Katı Atık Yönetimi Belediyer Birliği olan illerde, Birlik Başkanlığı ile ihale sonucu anlaşma yapmış olan lisanslı TAT'lar haricinde bölgede başka bir lisanslı TAT'ın faaliyet göstermesine izin verilmemesi.

**3.** AAYP'ye göre belediye, TAT ve Yetkilendirilmiş Kuruluş beraberce halkın bilinçlendirilmesiyle ilgili çevre eğitimlerini kademeli olarak vermekle yükümlüdür. Bu eğitimlerin içeriği, lisansı almış TAT'lar tarafından hazırlandığından ve sunulduğundan, bu

eğitimlerin içerikleri ve kalitesi genelde profesyonelce olamamaktadır. Ayrıca, bu eğitimler ve bilgilendirmeler için gerekli bütçe de yine TAT'ların bütçesinden karşılanmaktadır.

**ÖNERİ 3:** Kamu/özel sektör/halka yapılacak olan ambalaj atıklar konusundaki çevre bilincini artırma eğitimlerinin bilimsel, profesyonel (ör: üniversitelerin Eğitim Fakülteleri tarafından) hazırlanması, uygulanması. Bu bilgilendirmelerin ve eğitimlerin ülke çapında, eş zamanlı olarak medya kanalları aracılığıyla duyurulması. Bu eğitim ve uygulamalar için de devletten ve özel sektörden fonların sağlanması.

**4.** "Ambalaj Atıklarının Kaynağında Ayrı Biriktirilmesi" adlı 23. Madde'nin 2. ve 3. Bendinde (ÇŞB, AAKY 2011) bedelsiz yükümlülüğü açıkça belirtilmesine rağmen, Kırıkkale'de OPTİMET ambalaj üreticilerinin çoğunluğundan (ör: marketler, okullar) ambalajı bedelli (parayla) almak zorunda kalmaktadır.

Ayrıca, Türkiye'nin çoğu bölgesinde olduğu gibi, Kırıkkale'deki bazı üreticilerin ÇŞB AAKY'den ve kendilerine düşen yükümlülüklerden haberi olmadığı için, ambalaj atıklarını ya çöpe atmakta; ya illegal toplayıcılara para karşılığında ya da bedelsiz olarak vermektedirler.



Yasak olmasına rağmen ambalaj atıkları hala çöp arabalarına alınmakta; çöp deponi sahasına gönderilmekte; yasak olmasına rağmen deponi sahasına alındığından bu sahaların ömrü kısalmakta; değerlendirilebilir atıklar milli servetimize yeniden katılamamaktadır.

OPTİMET Kırıkkale'de yukarıda AAKY'nin ilgili kısımlarında belirtilen "Belediyenin Toplama Sistemi"ni temsil etmesine rağmen, yukarıda sayılan nedenlerden ötürü, Kırıkkale'de halihazırda oluşan ve toplaması kanunlarca kendine hak olarak verilen ambalaj atığına ulaşamamaktadır. Bunun sonucunda, OPTİMET TAT tesisinin kapasitesinin henüz %5'ini kullanmakta ve zarar etmektedir.

**ÖNERİ 4:** Belediyenin toplama sistemini temsil eden TAT'ların hukuksal haklarını koruyabilmeleri için, belediyelerin atık konusundaki yaptırım yetkisinin de kendilerine verilmesi.

**5. Ambalaj Atıkları Toplama ve Ayrıştırma Tesisleri'nin fiziksel özellikleri** ÇŞB AAKY 2011'e göre belirlenmiştir. Bu fiziksel özellikleri sağlayamayan tesisler, ÇŞB'den Lisans Belgesi alamamaktadırlar. OPTİMET, TAT'ı bu detayları gözeterek planlamış; inşa etmiş ve ÇŞB'den Lisans

Belgesi'ni alabilmiştir. Bu Yönetmeliğe göre, tesisin bazı kısımlarının açık; bazı kısımlarının da kapalı olması gerekmektedir.

Ancak, TAT'lara gelen karışık ambalaj atıkları; ayrıştırılmayı beklerken ve ayrıştırıldıktan sonra da açık hava sahasında bekletildiğinden ambalaj ürünlerinin kalitesi, açık hava koşullarından dolayı (yağmur, kar, güneş, rüzgar, don, dolu, yıldırım düşmesi, vb.), düşmektedir.

Özellikle kartonların yağmur ve kar altında ıslanması, bu malzemelerin kağıt/karton geridönüşüm fabrikalarına satılırken düşük fiyattan satılmasına neden olmaktadır. Ayrıca, bu ıslanmış kartonlar ağırlaştığından, bu malları kağıt/karton geri dönüşüm fabrikalarına götüren taşıtların kapasitesi de boşuna ihlal edilmektedir. Dolaylı olarak, sefer sayısı ve transfer ücretleri de artmakta; zaman kayıpları yaşanmaktadır.

**ÖNERİ 5:** TAT'ların açık sahalarının belirli bir kısmının üstünün çelik konstrüksiyonlu bir çatı sistemi ile kapatılması; depolanan balyalanmış ambalaj atıkların atmosfer koşullarından minimum etkilenmesi ve böylece satışa gönderilecek ayrıştırılmış, istiflenmiş ambalaj



atıkların firelerinde azalma ve ürün kalitesinde artış sağlanması.

**6.** Özellikle güneşli günlerde açık sahada ayrıştırılmayı bekleyen karışık ambalaj atıkları, ambalaj atıklarının içinde bulunabilen cam, tiner, boya, atık pil, sigara izmariti, vb. yanıcı maddeler nedeniyle kolayca yanmaya meğilli olmaktadır.

Bu durum, birçok Ambalaj Atığı Toplama ve Ayrıştırma Tesisi'nin yangın riskinin çok yüksek olmasına neden olmaktadır. Türkiye'deki sigorta şirketlerinin hiçbiri bu tesisleri bu nedenle malesef sigortalamamaktadır. Bunun sonucunda, Türkiye'deki çoğu ambalaj atık toplama ve ayrıştırma tesisi çeşitli büyüklükteki yangınlara maruz kalmaktadır.

OPTİMET bu konuyu önlemek için tesisi inşa ederken çeşitli tedbirler almış olmasına rağmen (sürekli kontrol edilen yangın tüpleri; yangın söndürme hortumları; yangının sıçramasını engellemek üzere bölmeler yapmak, vb.) 2016 yılında Mart ayında tesiste bir yangın yaşamıştır.

Yangın sırasında:

\* TAT'ın genelinin bağlı olduğu Yangın Söndürme Sistemi'nin elektriğinin otomatik olarak kesilmesi

\* TAT'ın şehre uzak olması nedeniyle itfaiyenin gecikmesi

\* Oluşan duman nedeniyle tesiste bulunan Yangın Söndürme Tüpleri ile müdahalenin yetersiz kalması nedeniyle, hem tesisin kendisi zarar görmüş; hem de tesiste ayrıştırılmış ve istiflenmiş ambalaj atıkları yandığından, satış rakamları düşmüştür. Tüm bunlar, OPTİMET'i maddi ve manevi yönden çok sarsmıştır. Sigorta yapılamamış olduğundan, OPTİMET yangın hasarını da yine kendisi karşılamak zorunda kalmıştır.

**ÖNERİ 6a:** TAT'larda bağımsız bir "Yangın Söndürme Sistemi"nin (paslanmaz çelikten su tankı 10 tonluk; 1 adet hidrofor; 1 adet kontrol paneli; elektrik kesilse bile çalışacak bir jeneratör) kurulmasının şart koşulması.

**ÖNERİ 6b:** TAT'ların yangın riski için devlet ya da Sigorta Şirketleri tarafından mecburi sigortalanması.

## 5. SONUÇ

KKAYBBB'nin Kırıkkale'deki ambalaj atık toplama ve ayrıştırma görevini 2012-2022 yılları için ihaleyle YAP-İŞLET-DEVRET modeliyle 10 yıllığına devr alan, AAKY'ya uygun şekilde ÇŞB'nin teoride istediği gibi iş yapmaya çalışan ve kendi öz sermayesinden harcamalar yapan bir özel şirket olan





OPTİMET 2012 yılından bu yana çok fazla (1.687.000 TL) zarar etmektedir.

Ülkemizde yapılması zorunlu bu çevre faaliyetinin OPTİMET gibi özel sektör şirketleri tarafından yürütülebilmesi için, şirketlerin iflas etmeyip, kar edebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ilgili tüm paydaşların konuyla ilgili sorumluluklarını acilen ele almaları ve harekete geçmeleri elzemdir.

### **TEŞEKKÜR**

Ekonomi Bakanlığı'na, KKAYBBB'ye, İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü'ne, Çevre Danışmanlarına, OPTİMET çalışanlarına, ve adını yazamadığımız diğer destek verenlere OPTİMET'e verdikleri ve verecekleri tüm teknik, maddi ve manevi destekler için can-ı gönülden teşekkür ederiz.

### **KAYNAKLAR**

*"Ambalaj Atıkların Kontrolü Yönetmeliği",  
R.G. Tarih: 24.08.2011, R.G.Sayı:  
28035; Çevre ve Şehircilik  
Bakanlığı, Türkiye.*

*"Atık Yönetim Eylem Planı 2008-2012"  
(2008), sayfa 17, Çevre Yönetim  
Genel Müdürlüğü (ÇYGM),  
Ankara.*

*"Proje Döngüsü Yönetimi ve Mantıksal  
Çerçeve Yaklaşımı", Dr. Faruk  
Cengiz Tekindağ, Sivil Toplum  
Geliştirme Merkezi (STGM), 2015,  
Ankara.*

*"Türkiye Çevre Durum Raporu", Çevre ve  
Şehircilik Bakanlığı, 2011.*



## **EC 1221/2009 Sayılı Avrupa Birliği Tüzüğü Olan Eko-Yönetim ve Tetkik Programı (EMAS) Uygulaması ve Türkiye'nin Durumu**

**Baran BOZOĞLU, Prof. Dr. Berna ALPAGUT**

*Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Çevre Bilimleri*

[baranbozoglu@gmail.com](mailto:baranbozoglu@gmail.com) , [berna.alpagut@gmail.com](mailto:berna.alpagut@gmail.com)

### **ÖZET**

Çevre sorunları ciddi bir ekolojik krize doğru evirilmekte ve etkileri hem kırdan hem de kentte yoğun bir şekilde hissedilmektedir. Teknolojik ve bilimsel gelişmeler ile birlikte yapılan değerlendirmelerde bu sorunların temelini; kurum ve kuruluşların faaliyetlerinin oluşturduğu görülmektedir. Bu somut gerekçe nedeniyle, ulusal ve uluslararası alanda ülkeler çözümler üretmeye çalışmakta, hukuksal düzenlemeler ile çevresel etkileri azaltmayı hedeflemektedirler. Kimi zaman hukuki yaptırımlar ile sağlanmaya çalışılan çevresel hedeflere kimi zaman da piyasa ekonomisi içerisinde dolaylı, zorlayıcı koşullar yaratılarak ulaşılmaya çalışılmaktadır. Eko-Yönetim ve Tetkik Programı (Eco-Management and Audit Scheme-EMAS) ikinci yöntemin önemli örneklerindedir. Avrupa Birliği'nde (AB) 1221/2009 sayılı bir tüzük ile içeriği belirlenen Eko-Yönetim ve Tetkik Programı, kurum ve kuruluşların çevresel etkilerini azaltmaları ve performanslarını değerlendirmelerini sağlamakta, ekonomik ilişkilerde gösterge olmakta ve faaliyetlerin çevresel etkileri konusunda topluma bilgi vermektedir. Öte yandan, EMAS Tüzüğü, AB üyeliği sürecinde çevre faslı kapsamında Türkiye'nin de uyumlaştırması gereken bir düzenlemedir. Bu bildiri ile, Çevre Yönetim Sistemini de kapsayan EMAS'ın uygulanma biçimi, Türkiye'deki gelişmeler ve Türkiye'nin yapabileceklerine dair öneriler aktarılacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Eko-Yönetim ve Tetkik Programı, Çevre Yönetim Sistemi, ISO 14001, Çevresel Performans, EMAS

### **Implementation of the Eco-Management and Auditing Program (EMAS) as EC Regulation 1221/2009 and Improvements in Turkey**

### **ABSTRACT**

Environmental problems are evolving towards a serious ecological crisis and the effects are felt intensely in both rural and urban areas. In the evaluations made with technological and scientific developments, the basis of these problems is; institutions and organizations. Due to this concrete reason, countries are trying to produce solutions and making legal arrangements to reduce negative environmental effects. Countries are trying to reach these targets by creating indirect and challenging conditions within the market economy. Eco-Management and Audit Scheme is a good example of the second way.



The Eco-Management and Auditing Program, set out in the European Union (EU) Regulation No. 1221/2009, reduces the environmental impacts of organizations and evaluates their performance, provides an indicator of economic relations and collects information on the environmental impacts of the activities. On the other hand, the EMAS Regulation is a need to harmonize regulations within the scope of the environment chapter in Turkey's EU membership process.

The purpose of this study to evaluate implementation of EMAS and improvements in Turkey.

**Key words:** EMAS, Eco-Management and Audit Scheme, Environmental Quality Systems, Çevresel Performans, ISO 14001

## 1. GİRİŞ

Sanayi devrimi ile birlikte artan kirlilik kimi zaman felakete dönüşmüştür. İlk başlarda kirliliğin seyreltilmesi çözüm olarak ortaya konulmuştur. Daha sonra ise seyreltmenin çevre sorunlarında çözüm olmadığı tespit edilmiş ve kirlilik giderimi yani arıtma, bertaraf gibi yöntemler araştırılmıştır.

Gerek hammadde tüketimi gerekse maliyet nedeniyle faaliyet sonu çözümler problemleri görülmüştür. Zamanla günümüzde de tartışılan önleyici faaliyetler hem hammadde tüketimini hem de maliyeti azaltan bir biçim almıştır. Bunun için ise öncelikle kuruluşun kendi durumu hakkında detaylı bilgilere sahip olması gerekmektedir.

İşletmenin kendine ait bilgiye sahip olması için hammadde girişinden ürün çıkışına kadar kendisini izlemesi, bu izleme sırasında koşullarını düzelterek planlamalar yapması, planları uygulaması, uygulanan planların etkilerini incelemesi en sonunda ise izlemeler sonucunda çeşitli düzenlemeler yapması gerekmektedir. Bu şekilde hammadde kaybı, enerji tüketimi azaltılabilmekte ve ürün verimliliği arttırılabilmektedir.

Bu kapsamda, çevre yönetimi kavramı geliştirilmiştir. Karaer ve Puset, 1970'li

yıllardan itibaren kirliten öder ilkesinin geliştiğini belirterek, toplumların zamanla çevreyi kirleterek ve kaynakları tükenmeyecekmiş gibi kullanarak kalkınmanın mümkün olmadığı anladığını aktarmaktadır. 1972 yılında Stockholm Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı ve sonrasında büyük bir farkındalık oluşmuştur. 1992'de Rio'da yapılan BM Çevre Konferansı'nda ise "sürdürülebilir kalkınma" ilkesi benimsenmiştir. Kalkınmanın çevre ile uyumlu olabileceği, karşıt kavramlar olmadığı ve birbirini besleyebileceği ön görülmüştür. Çevreyi tahrip etmeden kalkınmanın mümkün olabileceği vurgulanmıştır. Bu kapsamda, çevre bilincinin artması, toplumların standart belirleme ihtiyacını doğurmuştur. Çevresel kirliliği azaltarak kalkınmaya imkan sağlayan çevre yönetim sistemleri geliştirilmiştir. (Karaer & Puset, 2002)

Eko-Yönetim ve Tetkik Programı (EMAS) firmaların ve diğer kurum kuruluşların kendi çevresel performanslarını değerlendirmeleri, raporlamaları ve geliştirmeleri için bir yönetim aracıdır. 2001 yılında EMAS tüzüğünde yapılan değişiklikle (Tüzük (EC) No:761/2001 Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 19 Mart 2001) program özel ve kamu sektöründe hizmet veren tüm kurum ve kuruluşların katılımına açılmıştır.



Bunun yanında, EMAS, ISO 14001 çevre yönetim sistemi gerekliliği, EMAS Logosu ve finansal hizmetler veya yönetim ve planlama kararları gibi dolayları etkileri de kapsaması ile daha da güçlendirilmiştir. (Avrupa Komisyonu , 2017)

## 2. EMAS Tüzüğü'nün Amacı

Kuruluşların çevresel performansının değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi, toplum ve diğer ilgili taraflara alakalı bilgilerin temini için, kuruluşlar tarafından gönüllü katılıma müsaade eden bir Topluluk eko-yönetim ve tetkik programı (bundan böyle 'EMAS' olarak anılacaktır) oluşturmaktır. Tüzüğün ilkeleri arasında aşağıdaki hususlar yer almaktadır.

Komisyon tarafından sunulan ve genel yaklaşımı itibarıyla 1 Şubat 1993 tarihli Kararnameyle onaylanan 'Sürdürülebilirliğe Doğru' programı, ekonominin güçlendirilmesi ve Topluluk çapında çevrenin korunmasına ilişkin kuruluşların rolü ve sorumluluklarının altını çizmektedir.

'Sürdürülebilirliğe Doğru' programı, çevresel koruma alanındaki gereçlerin genişletilmesini ve kuruluşların bu alanda, çevreyle ilgili tüm nizami gerekliliklere uyumun ötesinde proaktif bir yaklaşımı benimsemeye kendilerini adanmaları için piyasa mekanizmalarının kullanılmasını gerek görmektedir.

EMAS, çevresel etkileri olan tüm kuruluşlar için erişilebilir kılınmalı, bu kuruluşlara, bu etkileri yönetmek ve genel çevresel performansı arttırmak için imkanlar sunmalıdır.

AB'yi oluşturan anlaşmanın 5nci Maddesinde bahsedilen yardımcılık ve oranlılık ilkelerine uygun olarak EMAS'ın, Avrupalı kuruluşların iyileştirilmiş çevresel performansına katkıda bulunmadaki etkinliği, Topluluk

düzeyinde daha iyi başarılabilir. Bu Tüzük, EMAS'la ilgili ortak kurallar, prosedürler ve temel gereksinimleri ortaya koyarak Topluluk çapında EMAS'ın eşit uygulanmasını sağlamakla kısıtlamakta, diğer yandan, ulusal düzeyde yeterli ölçüde uygulanabilecek olan önlemler Üye Devletlere bırakılmaktadır.

Kuruluşların EMAS'a gönüllü esasta katılımları ve bu sayede nizami kontrol, masraf tasarrufları ve toplumsal imaj açısından katma değer kazanmaya teşvik edilmelidir.

Küçük ve orta ölçekli işletmelerin EMAS'a katılımları önemlidir ve onların katılımları, bilgiye, mevcut destek fonlarına ve kamu kuruluşlarına erişimin kolaylaştırılması ve teknik destek önlemlerinin oluşturulması veya yaygınlaştırılması yoluyla arttırılmalıdır.

Çevresel yönetim sistemlerini uygulayan kuruluşların yönetim sistemi, tetkik programı ve çevresel duruşunun, bu Tüzüğün ilgili gereksinimlerini sağlıyor olduğunun doğrulanması açısından incelendiğinde ve bunlara ait müteakip güncellemeler akredite edilmiş çevresel doğrulayıcılar tarafından geçerli kılındığında, bu kuruluşların şeffaflığı ve güvenilirliği artmaktadır.

Bu nedenle, EMAS'ın genel güvenilirliğini garantiye almak açısından bağımsız ve tarafsız bir akreditasyon sistemi sağlayarak, eğitimler vererek ve bunların faaliyetlerinin makul bir gözetimini sağlayarak çevresel doğrulayıcıların yeterliliğinin sağlanması ve sürekli olarak iyileştirilmesi gerekmektedir. Buna istinaden, ulusal akreditasyon organları arasında yakın bir işbirliği sağlanmalıdır.

Kuruluşlar, çevresel performansları hakkında topluma ve diğer ilgili taraflara bilgi temin eden periyodik



çevresel bildirimler oluşturma ve kamuya duyurma konusunda teşvik edilmelidir.

Üye Devletler kuruluşların EMAS'a katılımlarını teşvik etmek amacıyla teşvikler oluşturmaktadır.

Çevresel yönetim sisteminin genel gereksinimlerine ilaveten EMAS şu unsurlara özel bir önem yüklemektedir: yasal uyum, çevresel performansın iyileştirilmesi ve ayrıca dış iletişim ve çalışanların katılımı.

Komisyon, Tüzüğün eklerini uyarlamalı, EMAS'la ilgili olan çevresel hususlara ait Avrupa ve uluslararası standartları kabul etmeli ve EMAS gerekliliklerinin Üye Devletler çapında tutarlı bir biçimde uygulanmasını sağlamak amacıyla EMAS'la ilgili taraflarla ortak olarak rehberler belirlemelidir. Söz konusu rehber taslağını çıkartırken Komisyon, çevre konusundaki Topluluk politikasını ve özellikle Topluluk mevzuatını ve ayrıca ilgili olduğu yerlerde uluslararası taahhütleri hesaba katmalıdır.

Bu Tüzüğün, gerekli oldukça, belli bir işletim süresi sonunda elde edilen deneyimin ışığında revize edilmesi gerektiği de ayrıca tüzükte belirtilmektedir.

### **3. AB Komisyonu 1221/2009 EMAS III Tüzüğü**

EMAS Tüzüğü ilk olarak 1993 yılında yayımlanmış ve 2001 yılında revize edilmiştir. EMAS Tüzüğü'nün 15. Maddesi komisyona ihtiyaçlar ve deneyimler doğrultusunda EMAS'ın gözden geçirilmesi görevini vermiştir. Bu kapsamda deneyimler doğrultusunda gözden geçirmeler yapılmış, EMAS Komite toplantılarında tartışılmış ve belirli bir olgunluğa getirilmiştir.

Bu değişikliğin hiç kuşkusuz nedenleri arasında AB politikalarındaki değişim ve gelişmeler de yer almaktadır.

Temmuz 2008 yılında açıklanan Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim Eylem Planı'nda yer alan daha iyi ürün, temiz üretim, akıllı tüketim gibi konular kapsamında tüketici ve üreticilerin yaklaşımlarının değiştirilmesi yer almaktadır. Bu kapsamda da EMAS, Eko-Etiket Tüzüklerinde ve Yeşil İhaleler (Green Public Procurement) de değişiklikler ön görülmüştür.

EMAS III değişikliğindeki amaç genel olarak programın verimliliğini ve etkinliğini arttırmaktır. Bunun araçları;

Programa başvuru yapan organizasyon sayısının artırılması, Çevre yönetim sistemi için EMAS'ın temel olarak kabul görmesi, Organizasyonların diğer çevre yönetim sistemlerine başvurarak EMAS sisteminin geliştirilmesinin sağlanması, Organizasyonların tedarikçilerini ve hizmet sunucularını seçerken çevresel değerleri göz önünde bulundurarak seçmelerinin sağlanmasıdır.

Bu değişikliklerde KOBİ'lerin ihtiyaçları, kurumsal yapılanma ve diğer topluluk politikaları ile EMAS arasındaki bağlantılar göz önünde bulundurulmuştur.

Temel değişiklikler;

- Çevre Yönetim Sistemi: EMAS ISO 14001 standardı temeline oturmaktadır. Ancak aşağıdaki elementler eklenerek güçlendirilmektedir;

Yasal uyum mekanizması güçlendirilmiştir. EMAS'a kayıt yaptıracak organizasyonlar ilk kayıttan önce çevre mevzuatına uyumluluklarını göstermelidirler. Organizasyon ve ulusal yaptırım otoriteleri arasındaki diyalogun geliştirilmesi desteklenmektedir. Organizasyonun yasal uyumluluklarını gösteren, bunların garantörlüğünü üstlenen çevresel doğrulayıcının rolü güçlendirilmiştir. Uyumsuzluğun tanımı netleştirilmiş ve kayıt için yetkili



otoritenin prosedürleri ve uyumsuzluk durumunda kayıt silme prosedürleri uyumlaştırılmıştır.

Çevresel raporlama güçlendirilmiştir. Çevre yönetiminde en iyi uygulamanın güçlendirilmesi/desteklenmesi için, Komisyon referans dokümanların geliştirilmesi sürecini kabul etmektedir. Bu dokümanlar belirli sektörleri kapsamakta ve üretim sürecindeki çevresel hususların doğrudan ve dolaylı durumlarına odaklanmaktadır. Örneğin ürün tasarımı, yan sanayinin çevresel etkileri.

Referans dokümanların kullanımı gönüllüdür ama çevre yönetim sistemi oluşturulma sürecinde ve çevresel hedeflerin belirlenmesinde EMAS' kayıtlı organizasyonların bu dokümanları kullanması desteklenmektedir. Çevresel doğrulayıcılardan daha etkin bir çevre yönetim sistemi için bu dokümanlar gerekli kılınmaktadır.

- Akreditasyon ve doğrulama için oluşturulan kurallar ve prosedürler uyumlaştırılmıştır. EMAS III Tüzüğü, akreditasyona dair kuralları tamamlayıcı rol üstlenmiş, EMAS programına gönüllü katılıma dair konuları ele almıştır.
- Coğrafi alan genişletilmiştir. AB üyesi olmayan ülkelerin programa katılımının önü açılmıştır. Birlik dışından kayıt olmak isteyen organizasyonlar herhangi bir üye ülkeden kayıt yaptırabilecektir. Bu organizasyonun çevre yönetim sistemi başvuru yapılan üye ülke tarafından onaylanmış ve akredite edilmiş çevresel doğrulayıcı tarafından doğrulanmalı ve onaylanmalıdır.
- İdari sürecin azaltılması ve yeni teşviklerin oluşturulmasına dair önlemler:

Grup kayıtlarında prosedürler basitleştirilmiştir. KOBİ'ler ve küçük kamu kurumları için kayıt ücretleri azaltılmıştır. Üye ülkelerdeki ulusal otoriteler EMAS'a kayıt yaptırmış organizasyonların çevre mevzuatına dair yapacakları işlerde daha az bürokrasi ve zorunluluk getirilmesi konusunda çalışmalar yapması için görevlendirilmiştir. Örneğin EMAS'a kayıt olan bir organizasyonun daha az sıklıkla çevresel izinlerini yenilenmesi bu kapsamda değerlendirilebilir. Üye ülkelerdeki EMAS Yetkili Otoritesi ve düzenleyici otoriteler arasındaki düzenli danışmanlık süreci oluşturulacaktır. Komisyon bu kapsamda yapılacak bilgi değişimi çalışmalarını organize edecektir. Ulusal otoriteler taraf tutmadan endüstrinin çevresel performansının geliştirilmesi için belirli teşvikler (örneğin fon kullanımları veya vergi teşvikleri v.b.) sağlamayı göz önünde bulundurmalıdırlar. EMAS Logosu'nun kullanımı basitleştirilmiş ve varolan engeller kaldırılmıştır.

- EMAS Ödüllerini ve ulusal ve topluluk seviyesinde bilgilendirme kampanyalarını da kapsayan EMAS promosyon faaliyetleri. (Avrupa Birliği, 2009)

Bu kapsam, Akreditasyon süreci için EMAS II'de 4. maddede tanımlanan ve bu madde üzerinden Tüzüğün Ek – V'ine vurgu yapan durum ortadan kaldırılmış ve yeni Tüzük'de çevresel doğrulayıcı tanımı:

"çevresel doğrulayıcı"

- a) 756/2008 (EC) Sayılı Tüzükte tanımlanan uygunluk değerlendirme kuruluşu veya bu Tüzük uyarınca akreditasyona sahip bu kuruluşların birliği ya da grubu;
- b) bu Tüzük uyarınca doğrulama ve onaylamayı gerçekleştirmesi için lisansa sahip olmuş,





herhangi bir gerçek veya tüzel kişi, ya da bu kişilerin herhangi bir birlik ya da grubu;

anlamına gelir.

şeklinde değiştirilerek 756/2008 AT Tüzüğü'ne (Ürün pazarlanmasıyla bağlantılı piyasanın gözetimi ve akreditasyon için gerekliliklerin ortaya konması ve 339/93 sayılı Tüzüğün kaldırılmasına dair Tüzük) atıf yapılmaktadır. Bu noktada akreditasyon sürecinin 2008 yılında yayımlanan bu Tüzük üzerinden yapılacağı belirtilmektedir. (Avrupa Birliği, 2009)

Tüzükteki diğer önemli bir değişiklik ise küme/grup (cluster) kaydı yaklaşımıdır. Küme tanımı ise şu şekilde belirtilmiştir:

"küme" birbirleriyle coğrafi yakınlık ya da iş faaliyetleri nedeniyle bağlantılı olan çevresel yönetim sistemini ortaklaşa uygulayan bağımsız kuruluşlar grubu anlamına gelir;

Böylece, tanımdan da anlaşılacağı üzere grup halinde kayıtlar da ön görülmektedir. Bu şekilde organizasyonlar arası bilgi aktarımı ve maddi süreçlerin ortaklaştırılması hedeflenmiştir. (Avrupa Birliği, 2009)

Tüzüğün eklerinde de değişiklikler bulunmaktadır. EMAS III'de Ek-1'de Çevresel Gözden Geçirme'ye dair hususlar yer almaktadır. Bu başlık EMAS II'de Ek-7 ve Ek-6'yı kapsamaktadır. (Avrupa Birliği, 2009)

EMAS III Ek-2'de "Çevre Yönetim Sistemi Gereksinimleri ve EMAS'ın Uygulanması için Ek Gereksinimler" başlığı bulunmaktadır. Bu başlık EMAS II'deki Ek-1'in "Çevre Yönetim Sistemleri" başlığına karşılık gelmektedir. Ancak EMAS III'de yönetim sistemi ve ek gereksinimler ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ile karşılaştırılarak ve tablo halinde sunulmaktadır. Daha açık bir şekilde

ifade edilmektedir. (Avrupa Birliği, 2009)

EMAS III Ek-3'de yer alan Çevresel İç Tetkik başlığı EMAS II'deki Ek-1'in içerisinde bulunan I.A.5.4 Çevre Yönetim Sistem Tetkiki başlığı ve Ek-2'de yer alan Çevresel İç Tetkik başlıklarının genişletilmiş halidir.

EMAS III Ek-4'de yer alan Çevresel Raporlama oldukça genişletilmiş ve detaylandırılmış şekilde Tüzükte yer almaktadır. EMAS II'de Ek-3'de yer alan Çevresel Bildirim'i de kapsamaktadır. Bunun yanında çevresel performans göstergeleri detaylı bir şekilde EMAS III Ek-4'de belirtilmektedir. (Avrupa Birliği, 2009)

EMAS III Ek-5'de EMAS Logosu yer almaktadır. EMAS Logosuna dair bilgiler EMAS II Ek-4'de bulunmaktadır. Ancak EMAS III'ün bu eki ile birlikte EMAS Logo kullanımı basitleştirilmiş ve tek hale getirilmiştir. (Avrupa Birliği, 2009)

EMAS III Ek-6'da bir organizasyonun kayıt için başvurması halinde bildirmesi gereken bilgiler yer almaktadır. Bu başlık EMAS II'de Ek-8'e karşılık gelmektedir. Ancak EMAS III ile birlikte verilmesi gereken bilgiler arttırılmıştır. Bunların arasında organizasyonun sahasına ve akredite edilmiş çevresel doğrulayıcıya dair bilgiler de detaylı olarak eklenmiştir. (Avrupa Birliği, 2009)

EMAS III Ek-7'de Çevresel Doğrulayıcı'nın Doğrulama ve Onaylamaya Dair Deklerasyonu başlığı yer almaktadır. Çevresel doğrulayıcı tarafından doldurulan bu belge ile çevresel doğrulayıcı taahhütlerde bulunmaktadır. (Avrupa Birliği, 2009)

EMAS II Ek - 5'de yer alan Akreditasyon, Çevresel Doğrulayıcıların Denetimi ve Çevresel Doğrulayıcıların Fonksiyonları başlığı EMAS III'de yer almamaktadır. Bu hususlar 756/2008 AT numaralı





Tüzük'te belirtilmektedir ve EMAS III Akreditasyon ve Çevresel Doğrulayıcılar konusunda bu Tüzüğe atıf yapmaktadır. (Avrupa Birliği, 2009)

Bu iki başlığında yanında diğer önemli bir gelişme ise AB üyesi olmayan ülkelerin EMAS alma sürecidir. EMAS Global olarak tanımlanan bu yaklaşım ve örnekleri aşağıdaki başlıkta açıklanmaktadır. (Avrupa Birliği, 2009)

EMAS Tüzüğü ile bağlantısı olan ve ülkemizde de uyumlaştırılma sürecinde önemli çalışmalar yapılan üç önemli düzenleme bulunmaktadır. Bunlar IPPC Direktifi, Seveso III Direktifi ve Eko-Etiket Tüzüğü'dür.

#### 4. EMAS Programı'nın Uygulanması

Gönüllülük esasına dayanan "EMAS" in uygulanma aşamalarında idari yapılarda önem kazanmaktadır. Bu yapılar, "sorumlu kurum"(competant body), "akreditasyon kurumu" (accreditation body) ve "çevresel doğrulayıcılar" (environmental verifiers) dir.



Şekil 1 EMAS'ın İdari İşleyişi

Eko-yönetim ve tetkik programına (EMAS) katılan kuruluşlar, Avrupa Standardı 4 üncü bölümde tanımlanan ve aşağıda tam olarak oluşturulmuş olan EN ISO 14001:2015'in gereksinimlerini uygulamalıdır.



Şekil 2 EMAS Uygulanması

Kuruluş, bu Uluslararası Standardın gereksinimlerine uygun olarak bir çevresel yönetim sistemi kurmalı, belgelemeli, uygulamalı, sürdürmeli ve sürekli geliştirmeli ve bu gereksinimleri nasıl yerine getireceğine karar vermelidir. Kuruluş kendi çevre yönetim sistemini tanımlamalı ve belgelemelidir.

EMAS'ın temel hedefleri, çevresel performansın geliştirilmesi, çevresel mevzuatla uyumluluğun gösterilmesi ve kamuoyu ile çevresel başarıların aktarılmasıdır. Çevre Yönetim Sisteminde ortaya konulan EMAS'ın temel gereklilikleri tetkiklerle sistemin etkin çalıştığını göstermek, performansa dair kamuoyuna raporlama yapılması ve kuruluşların günlük çalışmalarına her geçen gün çevresel düşüncenin daha fazla entegre edilmesi yer almaktadır.

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi'ne ek olarak aşağıdaki konularda çalışma yapılması gerekmektedir;

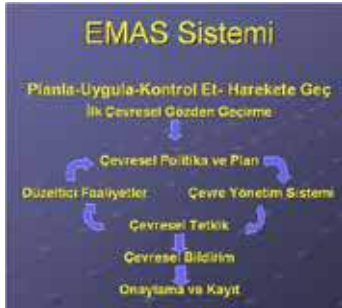
- Çevresel gözden geçirme
- Yasal Uygunluk
- Performans
- Çalışan Katılımı
- İletişim

Çevre Yönetim Sistemi'nin ve çevresel bilgi kalitesinin bağımsız bir biçimde



doğrulaması EMAS Programı'na ve kayıt olan kuruluşu güven sağlamaktadır.

EMAS özellikle küçük işletmeler ve çevre yönetiminde oldukça yeni olan kuruluşlar için büyük bir zorluk gibi görünebilir. Ancak, uygulama sürecinin adım adım ve kısımlara ayrılarak yapılır hale getirilmesi ile daha da kolaylaşmaktadır. Uygulamaya dair 6 aşama; Mevcut durumun tespit edilmesi, Yasal ve diğer gerekliliklerle uyumun tanımlanması ve garanti edilmesi, Amaçların, Hedeflerin ve Programların belirlenmesi, Çevre Yönetim Sistemi'nin uygulanması, Kontrol, tetkik ve gözden geçirme, Çevre Yönetim Sistemi'nin tasdik edilmesidir. 6. aşamaya kadar ISO 14001 sertifikası için değerlendirilmeye alınacak kriterler, 6. Aşama ile birlikte ise EMAS'a kayıt şartlarını sağlamış olmaktadır.



Şekil 3 EMAS Sistemi

### 5.1 EMAS'a Kayıt ve EMAS Logosu

Kurum veya kuruluş, EMAS'ın gerekliliklerini yerine getirdikten sonra, Çevresel Bildirimi ve EMAS III Tüzüğü'nde yer alan Ek-6 daki belgeyi de doldurarak Yetkili Otoriteye başvuru da bulunur. Çevresel doğrulayıcının da kuşkusuz Tüzük Ek – 7 de yer alan ve firmanın bilgilerini doğruladığını beyan eden formu doldurması gerekmektedir. Bu belgelerle birlikte yetkili otorite ki genellikle çevre konusunda yetkili olan devlet kurumudur, Tüzük kapsamında

kontrollerini yaparak uygunsa onaylamasını yapar.

Daha sonra kurum veya kuruluşun kaydı hem yetkili otorite de hem de AB Komisyonu'na gönderilerek kayıt altına alınır. Bu aşamadan sonra firma EMAS Logosu'nu kullanma hakkına sahip olmaktadır.

Tüzükte EMAS logosu, EMAS konusunda alıcıların ve diğer paydaşların farkındalığını arttırarak, kuruluşlar için etkili bir iletişim ve pazarlama aracı olarak tanımlanmaktadır. EMAS logosunun kullanım kuralları tek bir logonun kullanımı ile sadeleştirilmiş ve mevcut kısıtlamalar ilgili ürün ve paketlemede saklı kalmak kaydıyla kaldırılmıştır.

EMAS Tüzüğü'nün çekirdek unsurlarından birisi paydaşlarla çevresel bilginin iletişimini sağlamada farklı seçenekleri tanıtmaktır. Kuruluşlar, bu ek iletişim seçeneklerini kullanarak halka, kullanıcılarına ve müşterilerine çevresel performansları ile ilgili bilgi vermeye teşvik edilebilir.

EMAS logosu 761/2001 no lu tüzüğün ticari markasıdır. EMAS logosunun amacı halka ve ilgili taraflara:

- Çevre yönetim sisteminin uygulamasını ve kuruluşunu
- Bu sistemin performansının sistematik, nesnel ve periyodik değerlendirmesini
- Çevresel performans üzerine bilginin tedarikini ve halk ve ilgili taraflar ile açık diyalogunu
- Çalışanların uygun eğitimlerini içeren aktif katılımını

kuruluşlarla, ilgili çevresel mevzuatlarla yasal uygunluğuna tedbirleri içererek gösterir. Bu kapsamda, kuruluş; bağımsız doğrulayıcılar tarafından onaylanmış, halka açık periyodik çevresel bildirimleri temin eder.



Bu bağlamda EMAS logosu üç parçalı işlevden oluşur:

- Kuruluş tarafından çevresel performans ile ilgili olarak sağlanan bilginin güvenilirliğini ve inandırıcılığına işaret etme
- Çevresel performans geliştirmede kuruluşun yükümlülüğünü göstermek ve onun çevresel görüşlerinin yönetimini dillendirmek
- Halkta, çevresel performanslarını geliştirmeye niyetlenen kuruluşlar arasında ve ilgili taraflar arasında EMAS programı hakkındaki farkındalığı arttırmak.

Tüzüğün Ek V'de belirlenen EMAS logosu sadece kayıtlı kuruluşlar tarafından ve sadece kayıtları geçerli olduğu sürece kullanılabilir. Logo her zaman kuruluşun kayıt numarasını taşıyacaktır.

EMAS logosu sadece Ek V'de belirtilen teknik özelliklere uygun olarak kullanılacaktır. Kuruluş, tüm sahalarının kurumsal kayda dahil edilmemesini seçtiği takdirde, kamuya duyurma konusunda ve EMAS logosunun kullanımında hangi sahaların kayıt dahilinde olduğunun açık olmasını sağlayacaktır.

*Logonun kullanılmayacağı alanlar:*

- ürünler veya paketlerinin üzerinde, ya da
- diğer faaliyet ve hizmetlerle ilgili karşılaştırmalı beyanlarla beraber ya da herhangi bir şekilde çevresel ürün etiketleri ile karışıklık yaratabilecek hallerde.

Bir çevresel doğrulayıcı tarafından:

- (a) doğru ve yanıltıcı olmayan;
- (b) ispatlanmış ve doğrulanabilir;

(c) ilişkili ve uygun bir içerik ya da düzende kullanılmış;

(d) kuruluşun genel çevresel performansını temsil eder nitelikte;

(e) yanlış yorumlanmaya imkan verme ihtimali pek olmayan;

(f) genel çevresel etkiyle ilişkili olarak önemli,

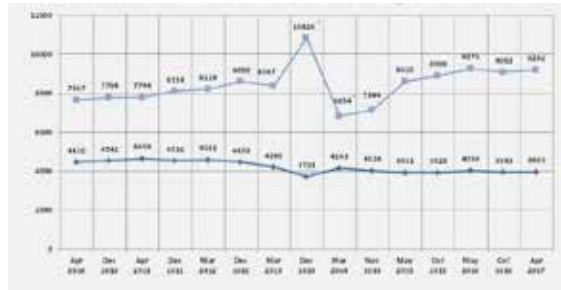
olarak onaylanmış ve çıkartılmış olduğu kuruluşun en son çevresel bildirimine ya da güncellenmiş çevresel bildirimine atıfta bulunan, bir kuruluş tarafından yayınlanan herhangi bir çevresel bilgi EMAS logosunu taşıyabilir.

Kayıt numarası olmayan Logo Yetkili Otorite, Akreditasyon ve Lisanslama Kurumları, ulusal otoriteler ve diğer paydaşlar tarafından EMAS bağlantılı pazarlama ve tanıtım amaçlı kullanılabilir.



**Şekil 4 EMAS Logosu**

Tüzüğün Madde 40(2) hükmüne göre; Üye Devletler, bu tüzük hükümlerine aykırı olarak EMAS logosunun kullanımına karşı etkili hükümler belirleyecektir.





### Şekil 5 Yıllara göre EMAS Logosu sahibi kuruluş (altta) ve saha sayıları (üstte)

#### 5. TÜRKİYE'DE EMAS

EMAS uygulaması şuanda ülkemizde bulunmamaktadır. Bunun temel nedeni ise EMAS uygulamasının yasal olarak AB üyesi ülkeler ile sınırlandırılmış olmasıdır. EMAS II'de EMAS Global'in olmaması nedeniyle de üye olmayan ülkelerde bulunan kurum ve kuruluşların EMAS'a kayıt olmaları mümkün değildi.

Türkiye'nin tarama sürecinde 07.04.2006 tarihinde yapılan toplantıda AB Delegasyonu katılımcıları tarafından Türkiye'nin üyeliği ile birlikte EMAS Tüzüğü'nün uygulanabilir halde olması gerektiği vurgulanmıştır. Bunun anlamı Türkiye'nin üyeliği sırasında EMAS yapısının yasal olarak hazır olması gerektiğidir. Öte yandan, "AB Çevresel Uyum Stratejisi 2007-2023" Çevre ve Orman Bakanlığı dokümanında EMAS Tüzüğü'ne Endüstriyel Kirlenme Sektörü içerisinde yer verilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007). Bu çerçevede 20.06.2006 tarihinde ilgili kurumların da katılımı ile düzenlenen toplantıda, EMAS Tüzüğü'nün içselleştirilmesi görevi mülga Çevre ve Orman Bakanlığı'na verilmiştir. Mevcut durumda bu görev, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Çevre Yeterlilik Hizmetleri Dairesi Başkanlığı, Çevre Yönetim Sistemi ve Çevre Etiket Şube Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir.

Bilindiği üzere, hukuksal olarak "Regulation" olarak adlandırılan metinler "Tüzük" olarak Türkçe'ye çevrilmektedir. Tüzükler, AB üyesi olan ve olmayı hedefleyen ülkeler tarafından doğrudan kullanılması gereken metinlerdir. Yani Tüzükler doğrudan mevzuata eklenerek kabul

edilir. Tüzük kapsamında yapılacak düzenlemeler ise üye ülke tarafından kendi mevzuatı gözetilerek yapılmaktadır. EMAS Tüzüğü için de aynı şey geçerlidir. Ülkemizde Tüzüğe dair herhangi bir değişiklik yapılamaz. Tüzük aynen kabul edilmek zorundadır. Sadece uygulamayı yapacak kurumsal yapılanma, kayıt ücretlendirmesi, kamuoyunun bilgilendirilmesi gibi dolaylı konular üye ülke tarafından işleyişe göre yapılmaktadır.

EMAS Tüzüğü ülkemizde henüz uygulamaya girmemiş bir sistemdir. Ancak tam üyelikle birlikte EMAS Tüzüğü'nü içselleştirmiş olması gerekmektedir. Bu amaçla, 13 Şubat 2008 tarihinde Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK), Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), Ankara Ticaret Odası (ATO) ve Çevre ve Orman Bakanlığı'nın katılımı ile gerçekleştirilen toplantıda EMAS Çalışma Grubu oluşturulmuştur. Çalışma grubuna resmi yazışmalarla Kültür ve Turizm Bakanlığı da eklenmiştir. 17-18 Nisan 2008 tarihlerinde ise Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Ölçüm ve Denetim Dairesi Başkanlığı'nın talebi üzerine Ankara'da TAİEX tarafından EMAS Çalıştayı düzenlenmiş ve bu çalışmaya çalışma grubu bileşenleri katılım sağlamıştır.

Bu çalışmalarla öncelikle ilgili kamu kurumlarının ve özel sektörün bilgilendirilmesi hedeflenmiştir. Her ülkenin kendi idari ve iktisadi durumuna göre yapılandığı EMAS sistemi, Ocak 2009 tarihinde başlayan Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yararlanıcısı olduğu bir proje çalışmasıyla da irdelenmiştir.

Bunların yanında, her yıl iki defa düzenlenen Madde 14 Yetkili Otorite Toplantısı'na 2007 yılından itibaren düzenli olarak Çevre ve Orman



Bakanlığı tarafından katılım sağlanmıştır. 2011'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın kurulması ile Bakanlık adına söz konusu toplantıya katılım sağlanmadığı görülmüştür. EMAS Tüzüğü ile planlanan bu toplantılarda EMAS Tüzüğü'nün mevcut durumu, düzenleme yapılması ön görülen maddeler, ülkeler arasında bilgi paylaşımı ve AB Komisyonu'nun yaptığı çalışmalar gündem yapılmaktadır. Bu toplantılarla aynı tarihlerde ve aynı ülkelerde Akreditasyon Kurumları Forumu da düzenlenmektedir. Bu toplantıya da TÜRKAK temsilcileri düzenli olarak katılmaktadır.

Komite toplantılarında, ülkemizin EMAS'a dair gelişmeleri takip etme ve ülkemizde yapılan çalışmaların üye ülkelerle paylaşılması şansı yaratılmaktadır.

Öte yandan, ülkemizdeki ISO 14001 konusundaki bilgi birikimi EMAS'a dair yabancılik çekilmemesini de sağlamaktadır. TSE ve TÜRKAK gibi kuruluşlarda Çevre Yönetim Sistemi'ne dair oldukça fazla bilgi ve deneyim bulunmaktadır. Öte yandan, 2009 yılında SEI<sup>1</sup> 2006 programı kapsamında içerisinde mevcut durum analizi, strateji planı ve eğitimlerin bulunduğu bir proje gerçekleştirilmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizin AB üyelik sürecindeki en büyük engellerinden olan AB Çevre Faslı açılmış ve çalışmalara hızlı bir

<sup>1</sup> Kurumların proje hazırlama ve müktesebat uyum çalışmalarına yönelik *kısa dönemli* teknik destek ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla, "*AB Entegrasyon Sürecinin Desteklenmesi Faaliyetleri*" (Support Activities to Strengthen the European Integration Process - SEI) isimli finansman projesi 2002 yılından bu yana yıllık AB Katılım Öncesi Mali Yardım Programlarına dahil edilmektedir. SEI Kaynağı öncelikle müktesebat uyum ve uygulama yükümlülüğü olan kamu kurum ve kuruluşlarımızın çalışmaları için kullanılmaktadır.

şekilde devam edilmektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı personelinin de yoğun çalışmaları ile gelişen süreç, AB Çevre Mevzuatı'nın uyumlaştırılmasını verimli hale getirmektedir.

Çevre faslında Entegre Kirlilik Önleme (IPC) başlığı altında yer alan EMAS Tüzüğü'nün de AB üyeliği öncesinde içselleştirilmiş olması gerekmektedir. Ulusal önceliklerde ilk sırada yer almayan Tüzük, sürdürülebilir kalkınma kavramını önemseyen AB'nin mevzuatında köprü görevi görmektedir. Çevreye dair birçok düzenlemeyi içerisinde barındıran, yasal uyumluluğu zorunlu kılan EMAS Tüzüğü'nün içselleştirilmesi ülkemizin çevre sorunlarının çözümünde bir araç olarak kullanılması yararlı olacaktır.

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ülkemizde hali hazırda uygulanmaktadır. Farklı faaliyetler de uygulanan bu sistemin tam olarak uygulanıp uygulanmadığına dair soru işaretleri bulunmaktadır. Gönüllük üzerine kurgulanan bu kalite sistemlerinin ülkemizdeki ihale süreçlerinde bir zorunluluk olarak değerlendirilmesi "belge" alma odaklı süreçlere neden olmaktadır. Öte yandan, bu sistemin belgelendirilmesi yurt dışındaki kuruluşlarca da yapılmaktadır. Dolayısıyla sistemin belgelendirilmesine dair güvenilirlik problemi görülmekte ve kaç tane firmanın bu belgeye sahip olduğu, çevre yönetim sistemini doğru bir şekilde uyguladığına dair herhangi bir net istatistiksel veri de bulunmamaktadır.

Bunun yanında gerek ortam bazı gerekse birleşik çevre denetimlerinde ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi belgesine sahip olan firmaların bazılarının hala izin süreçlerini tamamlamadıkları, yasal uyuma dair sorunlar yaşadıkları gözlemlenmektedir. Bu nedenle yaptırımı ve ekonomik açıdan tatmin





edebilirliği olan bir sistemin hayata geçirilmesi oldukça önemlidir.

Çevre yönetim sisteminin uygulanmasında yaşanan sıkıntılar arasında, faaliyet ve tesislerin alt yapısındaki yetersizlikler, mevzuatın kısa aralıklarla sıkça değişmesi, KOBİ'lerin bu değişiklikleri takip edebilecek kılavuzların hayata geçirilememiş olması, çevre mevzuatına uyum konusunda denetimlerin etkisinin az olması, çevre yönetim sistemi için yapılan yatırımlar yer almaktadır.

EMAS Tüzüğü'nün içselleştirilmesine dair tüm koordinasyonun Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılması nedeniyle de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yapması gereken önemli çalışmalar bulunmaktadır. Yasal olarak, hiyerarşik sıralamada, AB Tüzükleri, doğrudan çevirisi yapıp uygulanacak belgeler olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, genel çerçeveyi belirleyen tüzük üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan çevirisi yapılarak kabul edilmesi gerekmektedir. Bunun dışında yapılacak düzenlemeler, belirlenecek strateji üzerine kurgulanacaktır. Bu durumda kurumların görevleri arasında yapılacak düzenlemeler yeterli olacaktır.

Varolan EMAS çalışma grubunun sürdürülmesi, farklı kurumların ve çalışma grubu paydaşlarının EMAS Tüzüğü'nün içselleştirilmesi çalışmalarında destek olunması, projelerin yapılması, katılım sağlanan EMAS Komite toplantılarına hazırlıklı gidilerek orada yapılan tartışmalara müdahil olunması, bu toplantılardan elde edilen birikimlerin EMAS Tüzüğü'nün içselleştirilmesi çalışmalarında değerlendirilmesi, yeni eğitimler ve projeler yaparak Türkiye'de EMAS farkındalığının artırılması, Tüzüğün içselleştirilmesi sürecinde Çevre ve Şehircilik

Bakanlığı'nın önemli görevleri arasındadır.

Öte yandan, Kültür ve Turizm Bakanlığı ve diğer bakanlıkların yapmış oldukları standart ve yönetim sistemi çalışmaları da (mavi bayrak, CE v.b.) EMAS Tüzüğü'nün içselleştirilmesi sürecinde önemli deneyimler olarak kullanılmalıdır.

Bunun yanında, EMAS Tüzüğü'nde yapılan değişikliklerle EMAS Global kavramının ortaya çıkması durumu iyice karmaşıklaştırmaktadır.

Ülkemiz için ise karar verilmesi gereken bazı önemli hususlar bulunmaktadır. Bu hususlar üç ana madde de olumlu ve olumsuz yönleri ile birlikte toplanabilmektedir.

- *EMAS'ın uygulanmaya başlanması için AB üyeliği beklenecek ve gereken alt yapı çalışmaları ozamana kadar tamamlanacaktır.*
  - o Bu durumda, EMAS Global devreye gireceği için, EMAS'a kayıt olmak isteyen firmalar EMAS almaya başlayacaklardır. EMAS Global'e göre ise yurtdışındaki çevresel doğrulayıcı ve yetkili otorite bu süreçte etkin olacaktır. Türkiye'deki kurumsal yapı fiilen kullanılmayacaktır. Bu nedenlerle de, bu alanda oluşan ekonomik değer ve istihdam ülke dışına kaymış olacaktır.
- *EMAS Türkiye veya başka bir isimle EMAS uygulamasına biran önce geçilecektir.*
  - o EMAS'a benzer bir uygulama yapılacağı için Tüzüğün tam uyumu açısından yararlı olacaktır. Ancak bu



belgelendirmenin AB üyesi ülkelerde herhangi bir karşılığı olmayacağı ve aynı zamanda zaten hali hazırda EMAS Global olduğu için bunun firmalar tarafından pek fazla tercih edilmeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

- EMAS Global için AB üyesi bir ülke ile ortak çalışma yapılarak her EMAS'a kayıt olmak isteyen kurum veya kuruluşun bu ortaklık kapsamında değerlendirilmesi de göz önünde bulundurulabilir. Örneğin, Almanya ile veya Bulgaristan, Romanya gibi ülkelerle görüşmeler yapılarak karşılıklı iki ülke bakanlıkları arasında ilkesel kararlar alınıp, çevresel doğrulayıcı ve yetkili otorite süreçlerinin birlikte yürütülmesi sağlanabilir.
  - o Bu durumda hem EMAS uygulamasına dair bilgi ve pratik artacak, uygulamaya dönük olarak Türkiye'deki kapasite artışı sağlanabilecek hem de yapılacak anlaşma ile ekonomi ve istihdam konuları da ülke yararına çevrilebilecektir.

Tüm bunların yanında, yapılacak tercihle birlikte, ülkemizin kamu yönetimini de göz önünde bulundurarak, "paydaş merkezli", "devlet merkezli" ve "özel sektör merkezli" yaklaşımlardan birisi seçilmelidir. Ülkemizdeki idari hiyerarşi ve yapılanma devlet merkezli anlayışın ilk uygulamalarda hayata geçirildiğini göstermektedir. Merkezi sistemin egemen olduğu ülkemizde, devlet merkezli yaklaşımın tercih edilmesi ilk aşamada faydalı olacaktır. Bu durumda, Çevre ve Orman Bakanlığı

"Yetkili Otorite", TÜRKAK "Akreditasyon Kurumu" ve özel sektör "Çevresel Doğrulayıcı" görevlerini üstlenmesi uygun olacaktır.

Ülkemizde üretim ilişkileri içerisinde belirli alanlar tespit edilerek pilot projeler ve çalışma alanları belirlenmesi, uygulamanın verimliliği açısından yararlı olacaktır. Bu alanlardan en önemlisi ve en yaygın olanı "turizm sektörü"dür. Turizm sektörünün çevre ile yoğun ilişkileri olması ve ülke ekonomisine katkıları düşünüldüğünde EMAS uygulamasının çevre sorunlarını azaltabileceği düşünülebilir. Bu durum aynı zamanda uluslar arası alanda özellikle de AB ile ilişkilerde çevre konusundaki gelişimi de yansıtacaktır.

Turizm sektörünün yanında, ülke ekonomisini büyük oranda sırtlayan KOBİ'ler de de EMAS uygulamasının yaygınlaştırılması uygun olacaktır. Uluslar arası alanda çevre dostu teknolojilerin ve üretim biçimlerinin KOBİ'lerde yaygınlaşması, yeni teknolojilerin kullanılması rekabet açısından da bir zorunluluk haline gelmiştir. Ek olarak, çevre mevzuatına uygun olarak üretim yapmaları ve çevre yönetim sistemlerini faaliyetlerinde yaygınlaştırmaları, belgelendirme yolu ve çevresel bildirim ile yaptıkları çalışmalarını kamuoyu ve müşterileri ile paylaşmaları KOBİ'lerin önlendeki çevre engelini kaldıracaktır.

Tüm bu çalışmaların yanında, bilgilendirme çalışmaları da oldukça önemli olacaktır. Yeni bir konu olması nedeniyle, toplumdaki EMAS algısının oluşturulması gerekmektedir. Bu noktada Sanayi ve Ticaret Odaları, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri, OSB'ler, KOSGEB ve MPM gibi kurumsal yapıların tanıtıcı afiş, broşür hazırlaması ve tanıtım seminerleri yapması yararlı olacaktır.





## KAYNAKLAR

Avrupa Birliği. (1996). *IPPC Direktifi*. 2017 tarihinde Avrupa Parlamentosu İnternet Sitesi: <http://ec.europa.eu/environment/archives/air/stationary/ippc/index.htm>

Avrupa Birliği. (2009). *EMAS III Tüzüğü*. 2017 tarihinde AB Parlamentosu: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009R1221>

Avrupa Birliği. (2012). *Seveso III Direktifi*. 2017 tarihinde Avrupa Parlamentosu: <http://ec.europa.eu/environment/seveso/legislation.htm>

Avrupa Birliği. (2017). *Ekoetiket Direktifi*. 2009 tarihinde Avrupa Parlamentosu: <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>

Avrupa Komisyonu . (2017). *EMAS*. 10 01, 2017 tarihinde Avrupa Komisyonu Çevre Genel Müdürlüğü EMAS: [http://ec.europa.eu/environment/emas/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm)

Çevre ve Orman Bakanlığı. (2007). *AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (2007-2023)*. 2017 tarihinde <https://www.ab.gov.tr/files/SEPB/cevrefaslidokumanlar/uces.pdf>

Karaer, F., & Pusat, T. (2002). ISO 14001 ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMİ STANDARDININ OTOMOTİV YAN SANAYİİNE UYGULANMASI. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*.

Leblebici, Z. (2001). Dünya ve Türkiye'deki Çevre Yönetim Sistemleri . *Yüksek Lisans Tezi*.

Türk Standartları Enstitüsü. (2015). TS ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi.



## HEXABROMOSİKLODODEKAN'IN BİYOLOJİK BOZUNUMUNUN İNCELENMESİ

Irem KARAHAN, Dr. Hale DEMİRTEPE, Prof. Dr. İpek İMAMOĞLU

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, Ankara, Türkiye

karahan.irem@metu.edu.tr, dhale@metu.edu.tr, ipeki@metu.edu.tr

**Özet:** Bromlu bir alev geciktirici olan heksabromosiklododekan (HBCDD) ısı yalıtım malzemelerinde ve yanmazlık için mobilya, tekstil gibi sanayilerde kullanılmaktadır. HBCDD potansiyel biyoakümülatif ve biyomagnifikatif özelliklerinden dolayı insan sağlığı ve çevreyi tehdit etmektedir. 2011 yılında T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca hazırlanan Türkiye'de yılda 1 ton veya üzerinde üretilen ve/veya ithal edilen maddeler listesinde HBCDD de yer almaktadır. Bu bilgi, Türkiye'de HBCDD'ye insan ve çevre maruziyetinin söz konusu olduğunu ve bu kimyasal ile kirlenmiş sahaların bulunma ihtimalini göstermektedir. Literatürde, HBCDD çalışmalarının çoğu son on yılda yapılmıştır ve yapılan çalışmalarda, toprak ve sediman örneklerinde HBCDD'nin bozunumunun anaerobik ortamda oksijenli ortama göre daha hızlı gerçekleştiği saptanmıştır. Bu çalışmada ise HBCDD'nin anaerobik biyotik bozunumu, laboratuvar sediman mikrokozmoz reaktörlerinde incelenmiştir. Mikrokozmoz reaktörleri, doğal giderim, biyostimülasyon, kirlilik kontrol ve steril set olmak üzere 4 set şeklinde kurulmuş ve 20 gün işletilmiştir. Çalışmanın sonucunda HBCDD'li sedimana sadece distile su eklenen doğal giderim setinde HBCDD bozunum hızı  $0.0689 \text{ gün}^{-1}$ , elektron verici (etanol) ve karbon kaynağı (sodyum format) içeren organik ortam eklenerek çalışan biyostimülasyon setinde ise bozunum hızı  $0.2214 \text{ gün}^{-1}$  olarak bulunmuştur. HBCDD eklenmeden çalıştırılan kirlilik kontrol setinde HBCDD'ye rastlanmamıştır. Ayrıca, steril setinde HBCDD eklenmiş reaktörler otoklavlanıp zehirlenmiştir ve HBCDD'de ciddi bir düşüş gözlemlenmemiştir. Böylece, elektron ve karbon kaynağı içeren organik ortamın HBCDD bozunum hızını artırdığı ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** alev geciktirici, biyobozunum, HBCDD, mikrokozmoz

## INVESTIGATION OF BIOLOGICAL DEGRADATION OF HEXABROMOCYCLODODECANE

**Abstract:** Hexabromocyclododecane (HBCDD), a brominated flame retardant, is used in heat insulation materials and in furniture, textile and other industries for incombustibility. HBCDD threatens human health and the environment due to its potential bioaccumulative and biomagnificative properties. In 2011, T.C. Ministry of Environment and Urbanization has included HBCDD in the list of the materials produced and/or imported in Turkey, above 1 tonne or more per year. This information indicates that there is a potential for human and environmental exposure to HBCDD and presence of HBCDD contaminated sites in Turkey. In the literature, studies on HBCDD were conducted in the last decade, and they show that the degradation of HBCDD in soil and sediment samples is faster in anaerobic environments. In this study, the anaerobic biodegradation of HBCDD was investigated in laboratory sediment microcosm reactors. The microcosm reactors were set up as 4 sets, which are natural attenuation, biostimulation, contaminant control and sterile set and operated for 20 days. As a result of the study, HBCDD degradation rate was found as  $0.0689 \text{ day}^{-1}$  for



natural attenuation which contains only distilled water and HBCDD contaminated sediment, whereas the degradation rate was found as 0.2214 day<sup>-1</sup> in the biostimulation set, which is prepared by adding organic medium containing electron donor (ethanol) and carbon source (sodium formate) to HBCDD contaminated sediment. No HBCDD was detected in the contaminant control set and no particular trend was observed for HBCDD in the sterile set. Thus, it is revealed that the HBCDD degradation rate in sediments increase with the addition of the organic medium containing electron donor and carbon source.

**Keywords:** biodegradation, flame retardant, HBCDD, microcosm

## KISALTMA VE SEMBOLLER

**BAG:** bromlu alev geciktirici

**BS:** biyostimülasyon

**DG:** doğal giderim

**HBCDD:** heksabromosiklododekan

**KOK:** Kalıcı Organik Kirletici

## 1. GİRİŞ

HBCDD yalıtım için kullanılan genleşmiş ve ekstrüde polistiren köpüklerde, tekstil ve mobilya endüstrisinde, elektrikli ve elektronik cihazlarda yanmazlık sağlama amacıyla kullanılan bir kimyasaldır (Covaci vd., 2006; Marvin vd., 2011). 1960'larda üreilmeye başlanan ve şimdilerde kullanılan en yaygın bromlu alev geciktiricilerden (BAG) olan HBCDDler sikloalfatik bileşiklerdir. Bu kimyasalın yaygın kullanımı çevre ve insanlar için önemli bir kirlilik kaynağı oluşturmaktadır (Covaci vd., 2006). HBCDDler ile ilgili Türkiye'de yapılmış herhangi bir çalışma literatürde bulunamamıştır. Mevcut bilgiler Türkiye'de HBCDD üretiminin

olmadığını belirtmektedir. İhracat kayıtları, uyumlaştırılmış sistem kodları özel olarak HBCDD ile bağlantılı olmadığından net bilgi vermemektedir. Mayıs 2013'te HBCDD, KOKlara ilişkin Stockholm Sözleşmesi'nin Ek-A Yasaklama listesine eklenerek kullanımı sözleşmeye taraf olan ülkelerde yasaklanmıştır (Stockholm Sözleşmesi, 2013). Türkiye Sözleşmeye taraf olduğundan yasak ülkemiz için de geçerli olmasına karşın, bu yasağın 2019 yılına kadar ertelenmesi için muafiyet başvurusunda bulunulmuştur. Ülkemiz 2016 yılına kadar yalnızca tek bir KOK için Sözleşme Sekreteryası'na böylesi bir başvuruda bulunmuştur, o da



HBCDD içindir. Türkiye'nin binalarda genişmiş polistiren ve ekstrüde polistireni kullanmak için özel muafiyeti kabul edilmiştir, böylece ülkede HBCDD'e maruziyetin devam edeceği söylenebilir. Bu çalışmanın amacı, HBCDDnin biyotik bozunma mekanizmalarını, laboratuvar sediman mikrokozm reaktörlerinde incelemektir.

## 2. METOT

### 2.1. Sediman Mikrokozmları

Reaktörlerde kullanılacak sediman Ankara ili Çamlıdere ilçesinde bulunan, Kızılcahamam Orman İşletme Şefliği altındaki Çamkoru Tabiat Parkında bulunan göletten alınmıştır. Kentsel yerleşim yerlerinden uzakta bulunan ve bu sebeple kirlilik yükünün fazla olmadığı düşünülen bu alan, aynı zamanda KOK hava kalitesi izleme ağı istasyonumuza da çok yakındır. Bu istasyonda Aralık 2009'dan bu yana yapılan ölçümlerde havadaki KOK seviyelerinin dünya seviyeleri ile karşılaştırıldığında çok düşük olduğu bulunmuştur, böylece sedimanda HBCDD bulunmaması beklenmektedir (Jarkovsky vd., 2015).. Yaklaşık 70 cm su derinliği altından ve beş farklı noktadan toplanan sediman örnekleri, Su Çerçeve Direktifinde de önerildiği gibi sahada ıslak olarak 2 mm'lik elek

ile elenmiştir (European Commission, 2010). Toplanan sedimanlar ve sedimanın hemen üzerinde bulunan göl suları cam kavanozlara alınmıştır. Toplandıktan hemen sonra laboratuvara taşınan numuneler kullanıma kadar 4°C'de saklanmıştır. Sedimanın nem içeriği  $36.5 \pm 1.53$  (n=3) ve toplam organik içeriği  $1.43 \pm 0.16$  (n=3) olarak bulunmuştur.

Mikrokozm kurulumunun ayrıntıları **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de sunulmuştur. Mikrokozmlar 20 gün boyunca çalıştırılmıştır. Her sette her numune alma zamanı için, 20 mL'lik ikili reaktörler kurulmuştur. Biyostimülasyon setine sadece organik madde eklenirken, diğer tüm setlere distile su eklenmiştir. Tüm reaktörlerde sediman / sıvı oranı 3 g/3.5 mL olarak sabit tutulmuştur. Biyostimülasyon organik ortamı, çeşitli vitaminleri ve mineralleri N<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub> atmosferi altında çeşitli tuzlarla suda çözerek hazırlanmış ve pH 6.8'e ayarlanmıştır (Berkaw ve ark., 1996). Ortam ayrıca biyolojik bozunmayı uyarmak için karbon kaynağı ve elektron verici olarak sırasıyla 50 mM sodyum format ve etanol içermektedir. Doğal giderim



seti için, sedimana herhangi bir madde eklenmemiştir.

**Çizelge 1.** HBCDD sediman mikrokozmlar reaktörleri detayları

Reaktör Tipi	Reaktör Adı	HBCDD ekleme	Sediman	Üst Sıvı İçeriği (hacim)
Test mikrokozmları	DG	+	+	Distile su (3.5 mL)
	BS	+	+	e- kaynağı & C kaynağı zengin organik ortam (3.5 mL) <sup>a</sup>
Kontrol mikrokozmları	Kirlilik kontrolü	-	+	Distile su (3.5 mL)
	Steril <sup>b</sup>	+	+	Distile su (3.5 mL)

<sup>a</sup> Berkaw ve arkadaşları 1996' da verilene ek sodyum format ve etanol ile hazırlanmıştır.

<sup>b</sup> Steril set cıva klorür ile zehirlenmiş ve ard arda üç gün otoklavlanmıştır.

İki tip kontrol seti kurulmuştur. Steril setinde mikrokozmlara cıva klorür (0.5 mg HgCl<sub>2</sub> / g çökelti) eklenip ve sedimanda oluşabilecek mikrobik aktiviteyi engellemek için üç ardışık gün boyunca 120° C'de 1.1 atm basınç altında 20 dakika boyunca otoklavda tutulmuştur. Sedimanlardaki inkübasyon koşullarından kaynaklanan kirliliği kontrol etmek için de HBCDD eklenmeyen bir kirlilik kontrol seti ayrıca kurulmuştur.

Tüm setler teflon kaplı septa kıvrımlı kapaklar ile kapatıldıktan sonra yüksek saflıkta azot gazı basılarak ortamdaki oksijenin uzaklaşması sağlanmıştır ve karanlıkta 25°C'de inkübe edilmiştir. Örnekleme sırasında, ikili reaktörler

açılmış ve tüm sediman reaktörleri analiz edilmiştir. Gaz fazında herhangi bir ölçüm gerçekleştirilmemiştir.

HBCDD'nin bozunma kinetiği pseudo-first-order modeli ile açıklanmıştır:  $C = C_0 \cdot e^{-kt}$ , C = örnekleme zamanlarındaki konsantrasyon (ng / g kuru ağırlık), C<sub>0</sub> başlangıçtaki HBCDD konsantrasyonu (ng / g kuru ağırlık), k, pseudo birinci derece hız sabiti (gün<sup>-1</sup>) ve t inkübasyon süresi (gün).

## 2.2. Analiz metodları

Bu çalışmada sedimanlardan HBCDD'nin özütlenmesi, US EPA yöntemi 3550C Ultrasonik Ekstraksiyon (USEPA, 2007) esas alınarak yapılmıştır. 40 mL'lik şişelerde susuz sodyum sülfat ile karıştırılan yaklaşık



iki gram numune 30 mL diklorometan: n-heksan: aseton karışımı (7: 7: 1 v / v) olan çözücü karışımında bir gece bekledikten sonra ultrasonik bir banyo içerisinde 30 dakika boyunca iki kez ultrasonla özümlemişdir. Kükürt giderme, ekstraksiyonun başlangıcında ekstraksiyon solventlerine bakır tozu ilavesiyle sağlanmıştır. İki ultrasonik banyodan gelen özütler birleştirilmiş ve döner buharlaştırıcı vasıtasıyla 2-5 mL'ye konsantre edilmiştir. Muhtemel istenmeyen organik bileşikleri çıkarmak için, konsantre hale getirme adımından sonra renkli özüte konsantre sülfürik asit eklenmiştir (US EPA Method 3665A) (USEPA, 1996). Özüt alüminyum oksit ve susuz sodyum sülfat kolonundan geçirildikten sonra, kolondan 5 mL n-heksan ve ardından 2 mL n-heksan: diklorometan karışımı (1: 1) geçirilmiştir ve hepsi bir yerde toplanmıştır. Toplanan özüt, döner buharlaştırıcı vasıtasıyla 2 mL'ye konsantre edilmiştir. HBCDD analizleri Agilent 7890A gaz kromatografi 5975C kütle spektrometre (GC-MS) cihazı ile yapılmaktadır.

### **2.3.Laboratuvar kalite sağlama/kalite kontrol çalışmaları**

Kalibrasyon için 5 noktalı HBCDD, dahili standart olan PCB-209 ve vekil

standart olarak kullanılan BDE-99 için eş zamanlı olarak yapılmıştır. Kalibrasyon sonucunda bağıl standart sapma %20'den düşük, tüm eğrilerin  $R^2$ 'leri 0.99'dan yüksektir. Laboratuvar kontrol numuneleri ekstraksiyon verimliliğini kontrol etmek için analiz edilmiş ve HBCDD için ortalama geri kazanım % 99  $\pm$  3 (dağılım: % 96-102, n = 4) olarak elde edilmiştir. Kör numune analizleri her ekstraksiyon grubu ile en az bir adet olarak yapılmış ve hiçbir pik gözlenmemiştir. Metot tayin sınırları (MDL) ve tespit sınırları (LOQ) USEPA tarafından hazırlanan SW-846 metodunun birinci bölümünde verildiği şekilde hesaplanarak sırasıyla HBCDD için 105.9 ppb ve 375.52 ppb olup, vekil standart BDE-99 için ise 18.68 ppb ve 66.23 ppb olarak belirlenmiştir (USEPA, 2016).

### **3.DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR**

Literatürde HBCDD biyobozunumu üzerine yapılan sınırlı sayıda çalışmanın hemen hemen hepsinde sterilizasyon sorunu gözlenmiştir. Davis vd. (2005, 2006) ve Gerecke vd. (2006) tarafından yapılan çalışmalarda steril kontrol setlerinde de HBCDD degradasyonu görülmüştür. Mikrokozim setlerinin kurulumundan önce sedimanların sterilizasyonunu test

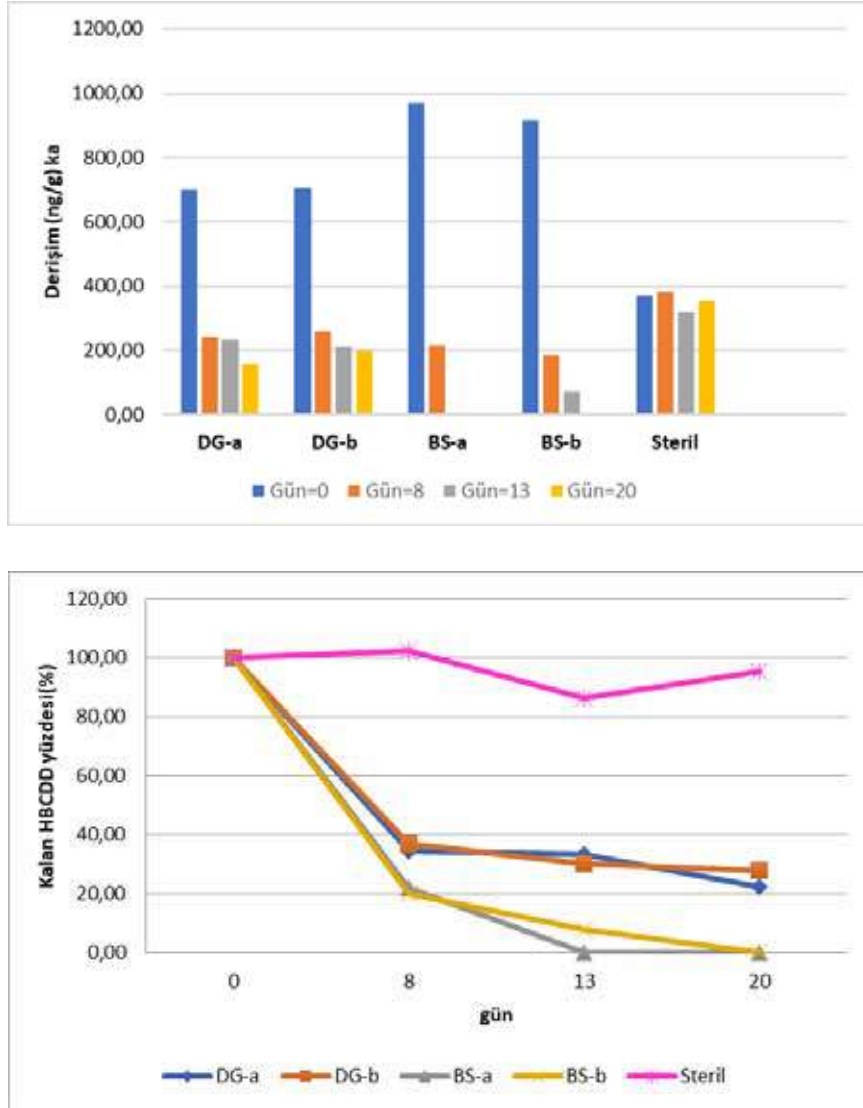


etmek amacı ile ön-deneme-seti kurulmuştur. Aynı sorun bu ön-deneme-seti HBCDD mikrokozmu çalışmasında da gözlenmiştir. Ön-set mikrokozmu seti sadece mikroorganizma eklenmiş biyoagumentasyon setinden ve steril setten oluşmakta ve sadece sıfırıncı ve 26. gün örnekleri bulunmaktadır. Başlangıç derişimi  $705.6 \pm 55.0$  ng/g olan bu ön-setin 26 gün işletilmesi sonucunda biyoagumentasyon setinde  $45.4$  ng/g, steril sette ise  $79.1$  ng/g HBCDD derişimi bulunmuştur. Böylece 26 günde biyoagumentasyon setinde %93.6, steril sette ise %88.8 azalma gözlenmiştir. Bu sebeple, kurulacak mikrokozmu setinde otoklavlanmanın yanı sıra civa ile zehirlenme yapılması kararlaştırılmıştır.

Mikrokozmlarda, ilk gün HBCDD konsantrasyonları, DG mikrokozmlarında a ve b paraleli için sırasıyla  $699.46$  ve  $703.94$  ng/g kuru

ağırlık iken, BS mikrokozmlarında a ve b paraleli için sırasıyla  $969.26$  ve  $914.62$  ng/g kuru ağırlık olarak ölçülmüştür. DG ve BS mikrokozmlarında HBCDD derişimlerinin aynı olması hedeflenmiş olmasına karşın DG'de BS'e oranla daha düşük derişimler gözlenmiştir. Bunun mikrokozmu reaktörlerinin kurulumu sırasında eşit karıştırma sağlanamamasından kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir. Ancak iki grup derişimleri arasında çok ciddi fark olmadığından ve DG ve BS paralellerinin kendi içinde derişimleri oldukça yakın olduğundan, bu durumun sonuçlara önemli bir etkisinin olmayacağı öngörülmektedir. Mikrokozmu setlerindeki HBCDD seviyelerindeki derişimlerin zamana bağlı olarak derişimleri Şekil 1a'da, reaktörlerde kalan HBCDD Şekil 1b'de sunulmaktadır.





**Şekil 1a.** HBCDD'nin mikrokozmlardaki zamana bağlı değişimi **Şekil 1b.** Reaktörlerde kalan HBCDD yüzdeleri

Şekillerden de görülebileceği gibi DG ve BS setinde ilk 8 gün içinde hızlı bir azalma gözlemlenmiştir ve azalma her iki sette de yavaşlayarak devam etmiştir. Ancak DG setinde 20 günün sonunda a ve b paralellerinde sırasıyla % 77.5 ve % 72.13' lük bir azalma olurken, BS setinde, 20 günün

sonunda hem a hem de b paralelinde hiç HBCDD'ye rastlanmayarak %100 giderim gözlenmiştir. Steril setlerin HBCDD derişimlerinin test reaktörlerine oranla daha az olması planlanan bir durum olmamış olmasına karşın, zamana bağlı olarak abiyotik reaksiyonlar kaynaklı değişim olup



olmadığının anlaşılması hedefiyle kurulduklarından, zamana göre derişimlerde azalma eğilimi gözlemlenmemiş olması yeterli bulunmuştur. Bu bulgu, HBCDD'nin biyotik mekanizmalar dışında reaktörlerde parçalanmadığına işaret etmektedir. Ayrıca kirlilik kontrol reaktörlerinden analiz edilen sedimanlarda HBCDD pikine rastlanmamıştır, böylece sedimandan veya özütleme süreçlerinde HBCDD kontaminasyonunun olmadığı belirlenmiştir.

BS setinde reaktörlerin 13. gün paralel sonuçlarında HBCDD düzeylerinde farklılık gözlenmiştir, BS-a'da HBCDD gözlenmezken BS-b'de reaktörde HBCDD kalmıştır. Ancak ölçülen bu değer de metot tayin sınırının altındadır. Bu yüzden BS-b reaktörü için hız sabiti hesabında 13. gün verisi olarak metot tayin sınırının yarısı koyulmuştur. Daha kısa zaman aralıklarında numune alınarak böyle durumların önüne geçilmesi söz konusu olabilir. Ancak genel olarak bakıldığında, DG ve BS paralel reaktörlerinin kendi içlerinde çok ciddi fark ortaya koymadıkları söylenebilir.

Sediman mikrokozmlarındaki HBCDD bozunum hızı, pseudo birinci derece

reaksiyon kinetiği ile açıklanabilir. Hesaplanan hız sabitleri ulaşılabilen tüm ilgili literatür değerleri ile birlikte Çizelge 2'de verilmektedir. Bu çalışmada, hedeflendiği üzere, BS setindeki HBCDD bozunum hızının DG setine göre daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir.

HBCDD bozunması ile ilgili elde edilen bulgular, halihazırdaki sınırlı literatürle karşılaştırılmıştır. HBCDD konsantrasyonlarının 30-40 ng/g kuru ağırlık olduğu anaerobik sucul sedimanlarda ticari HBCDD karışımının 7 gün içerisinde seviyesi tespit edilemeyecek kadar azaldığı Davis ve arkadaşları (2005) tarafından raporlanmıştır. Öte yandan, 100 kat yüksek başlangıç konsantrasyonuna sahip sucul sedimanlar, hiçbir yabancı madde olmaksızın 113 gün içinde %61.5 azalma göstermiştir (Davis vd. 2006). Bu çalışmada ise yaklaşık 700 ng/g kuru ağırlık HBCDD konsantrasyonuna sahip yabancı madde içermeyen sediman reaktörleri 20 günde %72-78 azalma göstermiştir.



**Çizelge 2.** Bu çalışmada ve literatürdeki diğer çalışmalarda elde edilen pseudo birinci derece reaksiyon kinetiği için HBCDD bozunum hız sabitleri.

Ortam ve Koşullar	izomer	$k$ (gün <sup>-1</sup> )	$t_{1/2}$ (gün)	Referans
Substratsız göl sedimanı mikrokozmları	toplam	0.0689	10.1	Bu çalışma
Organik ortamlı göl sedimanı mikrokozmları (sodyum format +etanol)	toplam	0.2214	3.13	
Substratsız göl sedimanı mikrokozmları	γ	0.0155	44.7	(Demirtepe,2017)
Organik ortamlı göl sedimanı mikrokozmları (sodyum format +etanol)	γ	0.0542	12.8	
<i>Dehalobium chlorocoercia</i> DF-1 suşu içeren göl sedimanı mikrokozmu	γ	0.0123	56.3	
Aktif çamurun araziye uygulanmasını simüle eden anaerobik toprak mikrokozmları	Toplam	0.10 <sup>a</sup>	6.9	(Davis ve ark., 2005)
Substratsız nehir sedimanı mikrokozmları	Toplam	0.45 <sup>a</sup>	1.5	
Substratsız dere sedimanı mikrokozmları	Toplam	0.61 <sup>a</sup>	1.1	
Mineral tuzları ortamı ile arıtma çamuru mikrokozmları	Toplam	0.1278	5.4	(Davis ve ark., 2006)
	α	0.1327	5.2	
	β	0.1522	4.6	
	γ	0.1248	5.6	
Substratsız tatlısu sediman mikrokozmları	Toplam	0.0109	63.6	
	α	0.0060	115.5	
	β	0.0140	49.5	
	γ	0.0113	61.3	



Besin maddeleri (nişasta + maya) ve primerler eklenen arıtma çamuru mikrokozmları	Toplam	1.1	0.66	(Gerecke ve ark., 2006)
---	--------	-----	------	-------------------------

<sup>a</sup> Verilen yarı ömürlerden hesaplanmıştır.



HBCDD'nin çevresel akıbeti literatürde daha önce çok az sayıda çalışma ile incelendiğinden, bu çalışma ile HBCDD'nin biyolojik bozunumuna ilişkin literatüre katkı sağlanmıştır. Çalışmada sedimanların bir karbon kaynağı ve elektron verici zengin organik madde ile biyostimülasyonunun bozunma hızına çok olumlu etki ettiği ortaya konmuştur. Kirlenmiş alanlar için biyoremediasyon stratejilerinin gelişmesi, kontrollü laboratuvar koşulları altında kimyasal eklenen sedimanlar ile yapılan bozunma çalışmaları yoluyla sağlanabilecektir. Devam eden çalışmalarda, daha büyük ölçekli, HBCDD ile mezokozm reaktörlerinin kurulması planlanmaktadır.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumunca (TÜBİTAK Proje no: 115Y122) desteklenmiştir.

### KAYNAKLAR

Berkaw, M. S. (1996). Anaerobic ortho Dechlorination of Polychlorinated Biphenyls by Estuarine Sediments from Baltimore Harbor. *Applied Environmental Microbiology*, 2534–2539.

Covaci, A. G. (2006). Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the environment and humans: a review. *Environmental Science Technology*, 3679–3688.

Davis, J. G. (2005). The transformation of hexabromocyclododecane in aerobic and anaerobic soils and aquatic sediments. *Water Research*, 1075–1084.

Davis, J. G. (2006). Biodegradation and product identification of [<sup>14</sup>C]hexabromocyclododecane in wastewater sludge and freshwater aquatic sediment. *Environmental Science and Technology*, 5395–5401.

Demirtepe, H. (2017). Sustainable remediation of PBDEs and HBCDD contaminated sediments. Ankara: ODTÜ.

European Commission. (2010). Water Framework Directive . [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/priority\\_substances.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/priority_substances.htm) adresinden alındı

Gerecke, A. G.-P. (2006). Anaerobic degradation of brominated flame retardants in sewage sludge. *Chemosphere*, 311–317.

Jarkovsky, J. D. (2015). Multi-matrix online data browser for environmental analysis and assessment. Masaryk Univ.

Marvin, C. T. (2011). Hexabromocyclododecane: current understanding of chemistry,



*environmental fate and toxicology and implications for Global management. Environmental Science Technology, 8613–8623.*

Stockholm Sözleşmesi. (2013). *Convention Text.*

<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx> adresinden alındı

USEPA . (1996). *Method 3665A: Sulfuric Acid/Permanganate Cleanup.*

USEPA. (2007). *Method 3550C Ultrasonic Extraction.*

USEPA. (2016). *Definition and procedure for the determination of the method detection limit.*





## ELEKTROKOAGÜLASYON VE KİMYASAL KOAGÜLASYON PROSELERİYLE TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSUYUNDAN RENK GİDERİMİ

Anıl ÖZYURT<sup>1</sup>, Prof. Dr. Feryal AKBAL<sup>2</sup>

Ondokuz Mayıs Üniv., Mühendislik Fak., Çevre Müh. Böl., 55200 Samsun, Türkiye

Tel: +903623121919; Fax: +903624576035

[anilozyurt52@gmail.com](mailto:anilozyurt52@gmail.com)

**Özet:** Bu çalışmada bir tekstil fabrikasının biyolojik arıtma çıkışından alınan atıksudan elektrokoagülasyon ve kimyasal koagülasyon yöntemleriyle renk giderim verimleri incelenmiştir. Elektrokoagülasyon sisteminde monopolar paralel bağlı demir ve alüminyum elektrotlar kullanılmıştır. Elektrokoagülasyon çalışmasında 2 dk, 5 dk, 8 dk, 11 dk zaman aralıklarında ve 10 A/m<sup>2</sup>, 30 A/m<sup>2</sup>, 50 A/m<sup>2</sup>, 70 A/m<sup>2</sup>, 110 A/m<sup>2</sup> akım yoğunluklarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Koagülasyon çalışmasında; 500 mg/L, 750 mg/L, 1000 mg/L FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O ve Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O konsantrasyonlarında çalışılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda, optimum akım yoğunluğu 110 A/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiş olup alüminyum ve demir elektrotlar için renk giderim verimleri sırasıyla %80 ve %93 (Pt-Co) olarak bulunmuştur. Koagülasyon çalışmasında; optimum konsantrasyonlar demir (III) klorür için 500 mg/L, alüminyum sülfat için 750 mg/L belirlenmiş olup renk giderim verimleri sırasıyla %80 ve %85 (Pt-Co) olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrokoagülasyon, Koagülasyon, Renk Giderimi, Tekstil Endüstrisi

**Abstract:** In this study, color removal from the wastewater taken from biological treatment unit of a textile factory by electrocoagulation and chemical coagulation methods was investigated. In the electrocoagulation system, iron and aluminium electrodes connected in monopolar parallel were used. In the electrocoagulation study, experiments were performed at 2 min, 5 min, 8 min, 11 min operating times and 10 A/m<sup>2</sup>, 30 A/m<sup>2</sup>, 50 A/m<sup>2</sup>, 70 A/m<sup>2</sup>, 110 A/m<sup>2</sup> current densities. In the coagulation study; 500 mg/L, 750 mg/L, 1000 mg/L FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O and Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O concentrations were used. As a result of experimental studies; optimum current density and optimum time were determined as 110 A/m<sup>2</sup> and color removal for aluminum and iron electrodes was obtained as 80 and 93% (Pt-Co) respectively. In the coagulation study; optimum concentrations of iron (III) chloride and aluminium sulphate were determined as 500 mg/L and 750 mg/L and color removal was obtained as 80 and 85% (Pt-Co) respectively.

**Keywords:** Electrocoagulation, Coagulation, Color Removal, Textile Industry



## KISALTMA VE SEMBOLLER

**EC:** Elektrokoagülasyon

**Fe:** Demir

**Al:** Alüminyum

**KOİ:** Kimyasal Oksijen İhtiyacı

**BOİ<sub>5</sub>:** Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

**HCl:** Hidroklorik Asit

**dk:** Dakika

**rpm:** Dakikadaki Devir Sayısı

**I:** Akım Yoğunluğu

**t:** Elektrokoagülasyon Süresi

**FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O:** Demir (III) Klorür

**Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O:** Alüminyum Sülfat

## 1. GİRİŞ

Tekstil ürünleri üretimi ile birlikte tekstil endüstrisi atıksu miktarları da hızla artmakta ve dünya genelinde endüstriyel kaynaklı kirlenmeye neden olmaktadır. Tekstil endüstrisinde oluşan atıksular genel olarak miktar ve bileşim yönünden oldukça değişkenlik göstermektedir. Her geçen gün yenilenen işletme prosesleri ve uygulanan teknolojilerdeki farklılıklar, oluşan atıksuların bileşimine yansımaktadır (TTSD, 2002). Tekstil sektöründe faaliyet

gösteren çoğu işletme; haşılama, haşıl sökme, merserizasyon, yıkama ve boyama gibi işlemleri kullanmaktadır. Her bir işlemde kullanılan maddeler aynı zamanda atıksuyun kompozisyonunu oluşturmaktadır (Bisschops ve Spanjers, 2003). Tekstil endüstrisinde oluşan renkli atıksular estetik görünümü bozmakta ve suyun ışık geçirgenliğini azaltarak fotosentezi olumsuz yönde etkilemektedirler. Aynı zamanda boyar maddelerin ve yan ürünlerinin doğaya toksik olması, insanlar üzerinde



mutajenik ve kanserojenik etki göstermesi arıtılmalarını zorunlu hale getirmektedir (Rajaguru vd., 2002; Weisburger, 2002; Pandey vd., 2007).

Tekstil atıksularının bileşimi uygulanan işletme koşullarına, ıslak ve kuru proses basamaklarında kullanılan farklı organik kökenli bileşiklere, boyamada ve diğer işlemlerde kullanılan organik ve inorganik formdaki kimyasalların çeşitliliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu atıksularda genel olarak, KOİ, pH, BOİ<sub>5</sub>, renk ve tuzluluk gibi birçok kirlilik parametresi yüksek değerler göstermekte ve endüstrideki farklı teknolojiler paralelinde uygulanan her işlem, açığa çıkan atıksuların standart bir arıtma yöntemi ile

arıtılmasını olanaksız hale getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı; kimyasal koagülasyon ve elektrokoagülasyon proseslerinin tekstil endüstrisi atıksularından renk giderimindeki etkinliklerinin değerlendirilmesi ve proseslerin uygulanabilirlik açısından kıyaslanmasıdır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan atıksu numunesi; bir tekstil fabrikasının biyolojik arıtma prosesi çıkışından alınmıştır. Çalışmalarda kullanılan atıksu numunesinin karakterizasyonu Çizelge 1'de görülmektedir. Elektrokoagülasyon ve kimyasal koagülasyon çalışmaları kesikli olarak gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 1.** Çalışmalarda kullanılan tekstil atıksuyunun karakterizasyonu

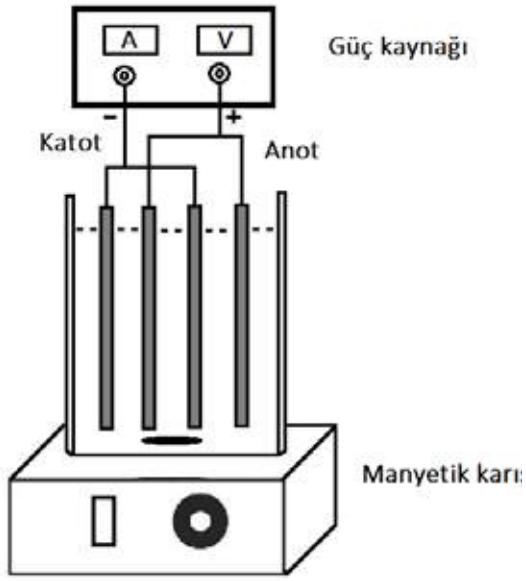
Parametre	Değer
pH	8,21
İletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1567
Renk (Pt-Co)	175
Renk (ADMI)	125
RES-436 nm ( $\text{m}^{-1}$ )	5,52
RES-525 nm ( $\text{m}^{-1}$ )	4,64
RES-620 nm ( $\text{m}^{-1}$ )	2,88

Elektrokoagülasyon hücresi 6,5 cm × 10 cm × 10,5 cm ebatlarında olup, 4 adet monopolar paralel bağlı elektrot kullanılmıştır. Demir elektrotların toplam efektif alanı 119 cm<sup>2</sup>, alüminyum elektrotların toplam efektif alanı 126 cm<sup>2</sup> dir. Deney düzeneği Şekil 1'de gösterilmiştir. EC hücresi içerisine 600 ml atıksu konulmuş ve manyetik karıştırıcı ile 300 rpm hızında karıştırma uygulanmıştır. Elektrokoagülasyon süresinin renk giderimine etkisini belirlemek amacıyla farklı zaman aralıklarında (2-11 dk) ve akım yoğunluğunun renk giderimine etkisini belirlemek amacıyla farklı akım yoğunluklarında (10-110 A/m<sup>2</sup>) deneyler gerçekleştirilmiştir. EC

işleminde sonra atıksu numuneleri 8000 rpm'de 12 dk santrifüjlenmiş ve 0,45  $\mu\text{m}$  şırınga filtre ile süzöldükten sonra renk ölçümü yapılmıştır. Her çalışma sonrasında demir elektrotlar %40'lik HCl ile alüminyum elektrotlar %10'luk HCl ile temizlenmiştir.

Koagülasyon prosesi için beherlere 600 ml atıksu numunesi konularak 500 mg/L, 750 mg/L, 1000 mg/L konsantrasyonlarda FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O veya Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O eklenmiştir. Atıksu numunelerine jar testi cihazıyla 5 dk 250 rpm'de hızlı karıştırma, 20 dk 50 rpm'de yavaş karıştırma işlemi uygulandıktan sonra 30 dk çökelmeye bırakılmıştır. Koagülasyon işlemi

sonrasında atıksu numuneleri 8000 rpm'de 12 dk santrifüjlenmiş ve 0,45  $\mu\text{m}$  gözenek çapında şırınga filtre ile süzöldükten sonra renk ölçümü yapılmıştır.

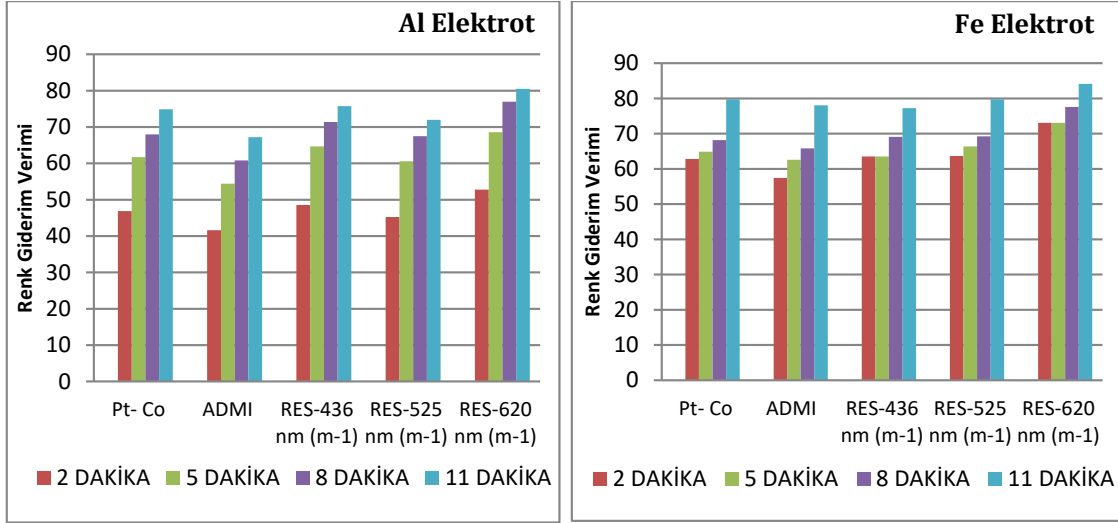


Şekil 1. Elektrokoagülasyon Deney Düzeneği

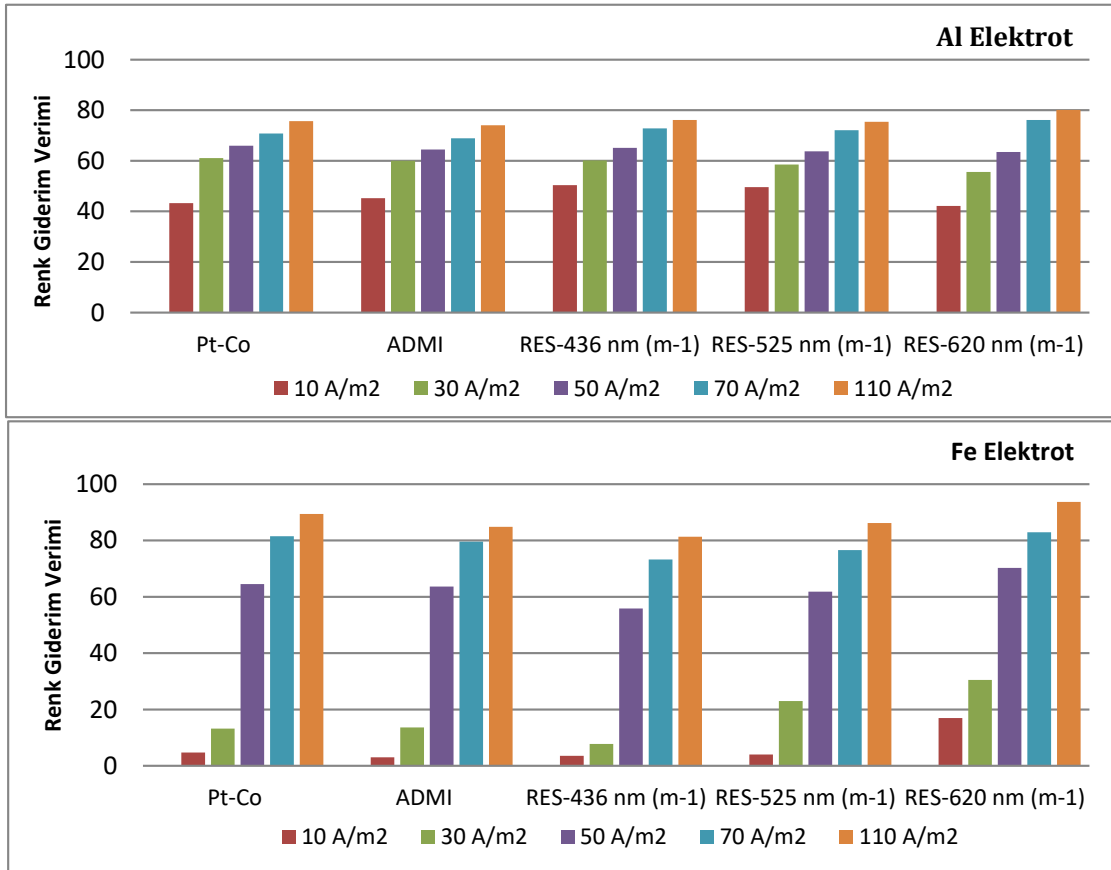
### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Elektrokoagülasyon süresinin renk giderimine etkisini belirlemek amacıyla 2 dk, 5 dk, 8 dk, 11 dk zaman aralıklarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Farklı elektrokoagülasyon sürelerinde Al ve Fe elektrotlar için elde edilen veriler Şekil 2'de gösterilmiştir.

Akım yoğunluğunun renk giderimine etkisini belirlemek amacıyla 10  $\text{A}/\text{m}^2$ , 30  $\text{A}/\text{m}^2$ , 50  $\text{A}/\text{m}^2$ , 70  $\text{A}/\text{m}^2$ , 110  $\text{A}/\text{m}^2$  akım yoğunluklarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Farklı akım yoğunluklarında Al ve Fe elektrotlar için elde edilen veriler Şekil 3'de gösterilmiştir. Akım yoğunluğu arttığında renk gideriminin arttığı gözlenmiş ve optimum akım yoğunluğu 110  $\text{A}/\text{m}^2$  olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, Fe elektrotların Al elektrotlara göre renk giderim verimlerinin daha iyi olduğu gözlenmiş olup Al elektrotlarla %80 (Pt-Co), Fe elektrotlarla %93 (Pt-Co) renk giderimi elde edilmiştir. Elektrokoagülasyon çalışmasında süre ve akım yoğunluğu arttığında renk gideriminin arttığı, bununla birlikte süre ve akım yoğunluğunun artmasının köpük oluşumuna neden olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2. Elektrokoagülasyon Süresinin Renk Giderimine Etkisi (I = 100 A/m<sup>2</sup>)



Şekil 3. Akım Yoğunluğunun Renk Giderimine Etkisi (t = 5 dak)

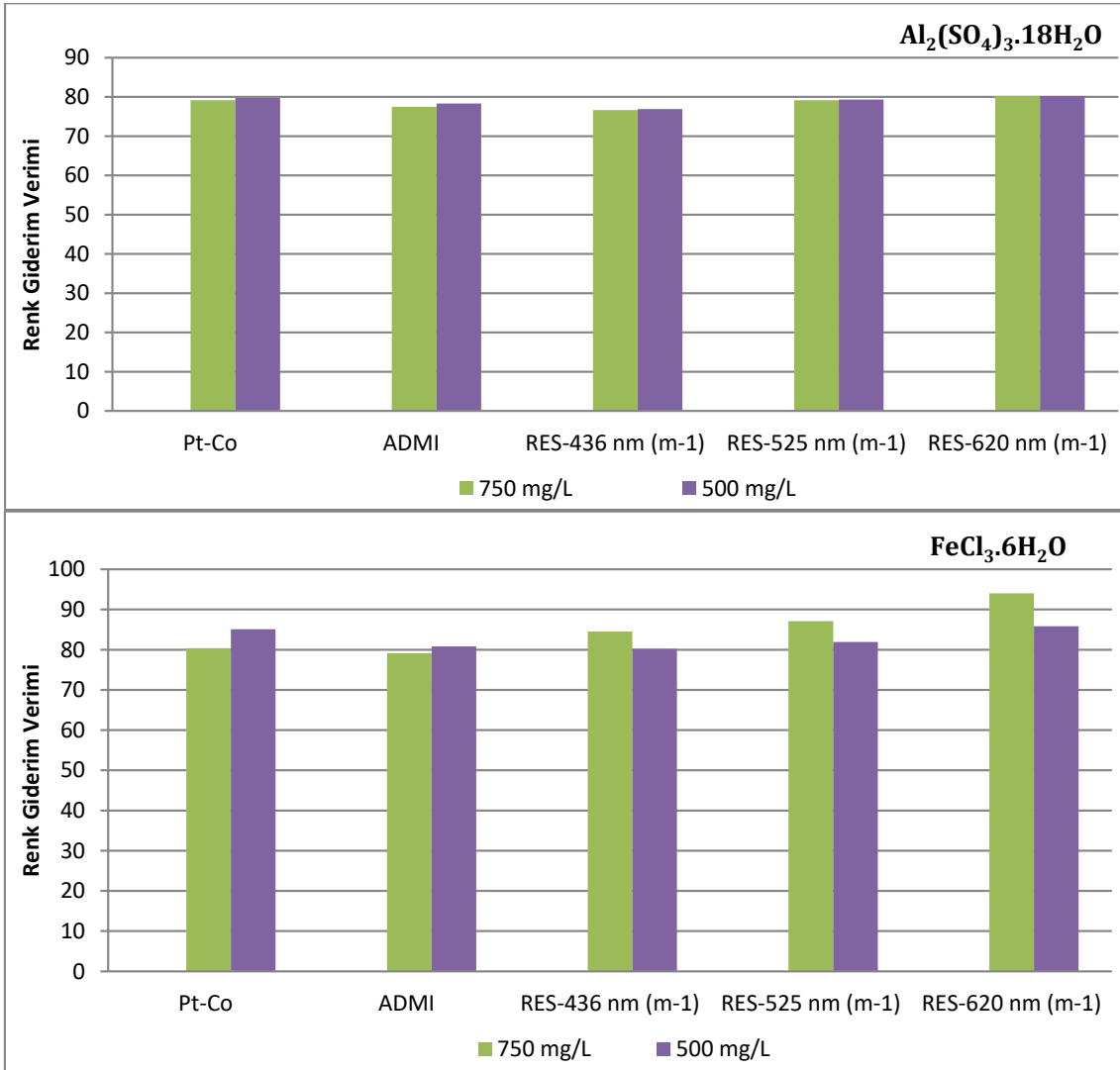
Koagülasyon çalışmasında  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  koagülantlarıyla kullanılan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  ve elde edilen veriler Şekil 4'de





gösterilmiştir. Koagülasyon çalışmasında demir iyonlarının konsantrasyonu 750 mg/L'den yüksek olduğunda suya kendi rengini verdiği için renk giderim veriminin azaldığı, alüminyum iyonlarının konsantrasyonu arttığında ise renk giderim veriminin değişmediği

gözlemlenmiştir. Elde edilen verilere dayanarak optimum koagülant konsantrasyonu demir(III)klorür için 500 mg/L, alüminyum sülfat için 750 mg/L olarak belirlenmiş olup renk giderim verimleri sırasıyla %80 (Pt-Co) ve %85 (Pt-Co) olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Kimyasal Koagülasyon ile Renk Giderimi



## KAYNAKLAR

- TTTSD. (2002). *Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği. IPPC Tekstil Sanayi için En Uygun Teknikler (MET) Referans Dokümanı ve İlgili Yönetmelikler. İstanbul, META Basım Matbaacılık Hizmetleri, 747. İzmir.*
- Bisschops, I., Spanjers, H. (2003). *Literature review on textile wastewater characterization. Environmental Technology, 24, 1399-1411.*
- Rajaguru, P., Vidya, L., Baskarasethupathi, B., Kumar, P.A., Palanivel, M., Kalaiselvi, K. (2002). *Genotoxicity evaluation of polluted ground water in human peripheral blood lymphocytes using the comet assay. Mutation Research, 517, 29-37.*
- Weisburger, J.H. (2002). *Comments on the history and importance of aromatic and heterocyclic amines in public health. Mutation Research, (506-507), 9-20.*
- Pandey, A., Singh, P., Iyengar, L. (2007). *Bacterial decolorization and degradation of azo dyes. International Biodeterioration and Biodegradation, 59, 73-84.*
- 109G083 Nolu Tübitak Kamag Projesi (2013). *Renkli Atıksu Üreten Endüstriler, Tekstil Endüstrisi, 50-67.*



## KÜÇÜK MENDERES NEHRİ KİRLİLİĞİNİN KALICI ORGANİK KİRLİTİCİLER VE İZ ELEMENTLER AÇISINDAN İNCELENMESİ

Gülşah TULGER KARA, Dr. Melik KARA, Doç. Dr. Orhan GÜNDÜZ

Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

gulsahgulger@gmail.com, melik.kara@deu.edu.tr, orhan.gunduz@deu.edu.tr

**Özet:** Küçük Menderes Nehri uzun yıllardır yoğun evsel, endüstriyel ve tarım kökenli kirlenmelerin baskısı altındadır. Nehir genelinde konvansiyonel kirlilik parametreleri açısından yapılan çok sayıda araştırma bulunmasına karşın, kalıcı organik kirlenmeler ve iz elementler açısından yeterli sayıda araştırma bulunmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle kış döneminde Küçük Menderes Nehri'nde su ve sediman tabakasında örneklem çalışması yapılmıştır. Alınan örneklerde kalıcı organik kirlenmeler (PAH, PCB, organoklorlu pestisitler) ve iz elementlerin varlığı araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre nehrin akışı doğrultusunda kirlenici konsantrasyonlarında belirgin artışların olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle nehre bağlanan yan kollara yapılan endüstriyel ve evsel atık su deşarjları ile tarımsal faaliyetlerin su kolonunda yüksek konsantrasyonlara neden olduğu belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kirlenmelerin gerek nehir ekosisteminde gerekse nehrin döküldüğü Pamucak Körfezi'nde birikim yaparak sucul organizmalar açısından toksik etkiler oluşturabileceği öngörülmektedir. Havzadaki kirliliğin takibi ve önlenmesi amacıyla bu kirlenmelerin rutin izleme programlarına alınması ve nehir sistemine deşarjlarının engellenmesi gerekli görülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** İz Elementler, Kalıcı Organik Kirlenmeler, Küçük Menderes Nehri, Su Kalitesi

## INVESTIGATION OF KÜÇÜK MENDERES RIVER POLLUTION FOR PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS AND TRACE ELEMENTS

**Abstract:** Intensive domestic, industrial and agricultural pollutants have been threatening Küçük Menderes River water quality, for many years. Despite the extensive research on conventional pollution parameters in the river, there is not enough research in terms of persistent organic pollutants and trace elements. For this reason, sampling was carried out during the winter period on water and sediment columns of Küçük Menderes River. Persistent organic pollutants (PAH, PCB, organochlorine pesticides) and trace elements were investigated in the samples. According to the results, a significant increase in the concentrations of contaminants was observed along the flow direction of the river. Industrial and domestic wastewater discharges, and agricultural return waters cause high concentrations in the water column. As a result, these pollutants could create toxic effects for aquatic organisms in Küçük Menderes River and also in Pamucak Bay. In order to monitor and control the pollution in the basin, it is necessary to take these pollutants into routine monitoring programs and to stop their discharge to the river system.

**Keywords:** Trace Elements, Persistent Organic Pollutants, Küçük Menderes River, Water Quality



## KISALTMA VE SEMBOLLER

**PCB:** Poliklorlu bifeniller

**PAH:** Polisiklik aromatik hidrokarbonlar

**DDE:** 1,1-dikloro-2,2-bis (p-klorofenil) etilen

**DDT:** 1,1-trikloro-2,2-bis (p-klorofenil) etan

**KM:** Kuru Madde

## 1. GİRİŞ

Uzun yıllardır yoğun evsel, endüstriyel ve tarım kökenli kirleticilerin baskısı altında olan Küçük Menderes Nehri pek çok su kalitesi parametresi açısından 4. Sınıf su kategorisinde yer almaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016). Nehir genelinde konvansiyonel kirlilik parametreleri açısından yapılan çok sayıda araştırma bulunmasına karşın, kalıcı organik kirleticiler (KOK) ve ağır metaller açısından yeterli sayıda araştırma bulunmadığı belirlenmiştir.

Alıcı ortamlara yapılan deşarjlar her ne kadar arıtıma tabi tutulsalar da, ileri arıtma gerektiren bu kirleticiler su kalitesini ciddi olarak etkilemektedir. Uzun süre bozunmayan bu kalıcı kirleticiler ve ağır metaller su kolonundan sediment tabakasında birikmekte ve uzun süreli kontaminasyona neden olmaktadır. Bu durum, zamana yayılı olarak sucul ekosistemi de etkilemektedir.

Kalıcı Organik Kirleticilere ilişkin hazırlanan Stockholm Sözleşmesi'nden sonra bu maddeler ile ilgili çalışmalar dünya genelinde önem kazanmıştır. Kalıcı Organik Kirleticiler oldukça stabil ve doğal süreçlerde giderimi oldukça zor kimyasallardır. Bununla beraber plastik, pestisit, solvent gibi birçok malzemede kullanılmakta olup ekonomik anlamda önemli bir yere de sahiptir. Günlük hayatta yaygın olarak kullanımda olmasının bir sonucu olarak, geniş bir popülasyon hayatın hemen her evresinde düşük konsantrasyonlarda olsa bile bu maddelere maruz kalmaktadır. Yapılan çalışmalar bu maddelerin üreme, bağışıklık ve endokrin sistemlerini etkilediğini ve metabolik işlev bozukluklarına sebep olduğunu ortaya koymaktadır (Godduhn and Duffy, 2003).

Su kalitesini korumak ve iyileştirebilmek için izleme çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Bu



çalışmada Küçük Menderes Nehri'nde kirletici seviyelerinin araştırılması ve su kalitesinin belirlenmesi amacıyla nehrin farklı noktalarından su ve sediment örnekleri toplanmıştır. Çalışma kapsamında alınan örneklerde kalıcı organik kirleticilerin (organoklorlu pestisitler, PCB, PAH) ve iz elementlerin konsantrasyonları ve yerel değişimleri belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL METOD

### 2.1. Çalışma alanı

Küçük Menderes Nehri, Türkiye'nin batısında Ege Bölgesi'nde yer almaktadır. Gediz ve Büyük Menderes Havzaları arasında yer alan havzanın en önemli su kütlesi olan Küçük Menderes Nehri, Kiraz yakınlarından doğmakta, Ödemiş, Tire ve Torbalı ovalarından geçtikten sonra Selçuk yakınlarında Ege Denizi'ne dökülmektedir. Üzerinde kurulan Beydağ Barajı sayesinde nehir Ödemiş ve Tire ovalarını sulamaktadır. Nehir etrafındaki Bayındır, Beydağ, Kiraz, Ödemiş, Selçuk, Tire ve Torbalı ilçelerinde tarım faaliyetleri Türkiye ortalamasının üzerindedir. Yüksek tarımsal potansiyeli nedeniyle Küçük Menderes Nehri önemli tarımsal baskılar altındadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016).

Tarım faaliyetlerine ek olarak sanayi de bölgedeki önemli bir gelir kaynağıdır. Tire ve Torbalı'da yer alan Organize Sanayi bölgeleri birçok endüstriyel faaliyeti bünyesinde toplamaktadır. Özellikle gıda ve tekstil sektörleri ağırlıklı olmakla beraber, küçük, orta ve büyük ölçekli makine imalatı, demir-çelik, kimya, plastik, mermer ve yapı malzemeleri, otomotiv, kağıt-karton, elektrik ve elektronik, tütün işletmesi, orman ürünleri, yem, metal ve deri sanayi bölgedeki sanayi kollarını oluşturmaktadır.

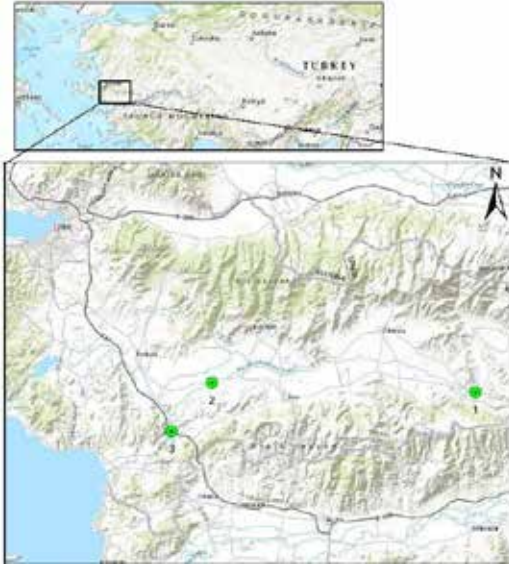
Sanayileşmenin en yoğun olduğu ilçeler olmasına rağmen Torbalı ve Ödemiş ilçelerinde endüstriyel atık suların arıtılması için uygun bir arıtma tesisi mevcut değildir. Özellikle münferit sanayilerden oluşan atık sular fosseptiklerle toplandıktan sonra belediye kanalizasyon sistemine verilmektedir. Organize Sanayi Bölgeleri'ne ek olarak, havzadaki münferit gıda ve tarım ürünleri, zeytin işleme ve zeytinyağı üretimi, süt ve süt ürünleri üreten tesisler de önemli birer atık su kaynağı oluşturmaktadır. Bu tesislerinin bir kısmında oluşan atık sular arıtılırken, arıtma sistemlerine sahip olmayan işletmeler atık sularını doğrudan Küçük Menderes Nehri'ne, yan kollarına veya evsel kanalizasyon



sistemlerine deşarj etmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016).

## 2.2. Örnekleme ve analiz yöntemleri

Küçük Menderes Nehri'ndeki kirlenmenin belirlenmesi amacıyla 2017 yılı kış döneminde nehir üzerinde 3 farklı noktadan yapılan örnekleme çalışması ile su ve sediman örnekleri toplanmıştır. Örnekleme noktaları nehrin su kalitesi hakkında genel bilgi verecek şekilde ve yoğun kirlilik kaynaklarını temsil edecek noktalardan seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme noktaları

Alınan bu numunelerde, kalıcı organik kirleticiler (organoklorlu pestisitler, PCB, PAH), ağır metaller ve iz elementler (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr,

Ti, Tl, V, Zn) analiz edilerek nehirdeki kirlilik düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır. Fiziksel parametreler (sıcaklık, pH ve çözünmüş oksijen) örnekleme sırasında sahada ölçülmüştür. Kalıcı organik kirleticiler için 2 L su örneği yüzeyin yaklaşık 0,1-0,3 m altından metal kova yardımı ile alınmış ve kahverengi ışık geçirmeyen şişelere hava kalmayacak şekilde aktarılmıştır. Element analizleri için ise yine yüzeyin yaklaşık 0,1-0,3 m altından polietilen plastik beher ile alınan su örnekleri, 250 mL'lik polietilen şişelere aktarılmış ve pH 2'nin altına inecek şekilde asitlendirilmiştir.

Sediment örnekleri Van Veen grab örnekleme aleti ile alınmış, içerisindeki bitki parçacıkları ve çakıl taşları uzaklaştırıldıktan sonra organik analizleri için cam kavanozlara ve element analizleri için plastik poşetlere aktarılmıştır. Tüm su ve sediment örnekleri analiz edilinceye kadar 4°C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

Kalıcı Organik Kirleticiler için, yaklaşık 5 gr sediman örneği 40 mL'lik cam viallere alınmıştır. Analitik metodun geri kazanım verimini izlemek için ekstraksiyon işlemi öncesinde tüm örneklere PAH ve PCB surrogate standartları ile 20 mL aseton:hekzan (1:1) karışımı eklenmiştir. Örnekler bir





gece bekletildikten sonra, 30 dakika süreyle ultrasonik ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon sonrasında örnekler yüksek saflıkta azot gazı ile yoğunlaştırma ve solvent değiştirme işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler son olarak 2 mL hekzan içerisine alınmıştır. Bunun ardından clean-up işlemine geçilmiştir.

Sudaki konsantrasyonların belirlenmesi için belirli hacimdeki su örnekleri partikül ve çözünmüş fazı ayırmak için cam yünü filtreden ve XAD-2 kolonundan geçirilerek süzölmüştür. Daha sonra her örnek için ayrı ayrı olacak şekilde tüm kullanılan filtreler bir vial, XAD ayrı bir vial alınmıştır. Sediman örneklerine uygulanan işlemlere tabi tutularak clean-up işlemine geçilmiştir.

Bu işlemlerden sonra temizleme kolonundan (sodyum sülfat + 3 g silisik asit, %4,5 su ile deaktive edilmiş + 2 g alümina, %6 su ile deaktive edilmiş) geçirilen su ve sediment örnekleri 35 mL petrol eteri (PE) ve 20 mL dikloro metan (DCM) kullanılarak iki fraksiyona ayrılmıştır (Fraksiyon 1 PCB'ler, Fraksiyon 2-PAH'ları içermektedir). Örnekler daha sonra yoğunlaştırma (1 mL) ve solvent değiştirme (son faz hekzan olmak üzere) işlemlerine tabi tutularak analize hazır hale getirilmiştir.

Ekstraksiyon işlemleri tamamlanan örneklerde PAH, PCB ve pestisitlerin analizi gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GS-MS) (Agilent 6890N GC/Agilent 5973 inert MSD) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Tüm analize hazırlama ve analiz işlemleri şahit numuneler için tekrarlanmıştır. POP analizlerinde her örnek grubu için 3'er adet şahit numune oluşturulmuştur. Örneklerde bulunan miktarlar şahit numunelerin ortalama değerlerinin çıkarılmasıyla düzeltilmiştir.

Ağır metal ve iz elementler için, yaklaşık 0,5 gr sediman örneği tartılarak mikrodalga asit parçalama metodu yardımıyla parçalanmıştır. Parçalama işleminde, tartılan sediment örnekleri üzerine HNO<sub>3</sub>, HCl ve HF'den oluşan asit karışımı eklenip mikrodalga parçalayıcıda (MARS 5, CEM Corp.) işleme tabii tutulmuş ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra deiyonize saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Analiz öncesinde elde edilen ekstrakt ve su örnekleri 0,45 µm selüloz asetat filtreden geçirilerek ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) cihazı ile analiz edilmiştir.



### 3.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

#### 3.1. Fiziksel Parametreler

Örnekleme sırasında fiziksel parametreler (sıcaklık, pH, ve çözülmüş oksijen) anlık olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, su sıcaklığı 10 - 12°C aralığında, pH 6,84 - 8,45 aralığında, ve çözülmüş oksijen 0,33 - 10,3 mg/L aralığında değişmektedir.

Çözülmüş oksijen konsantrasyonu ikinci örnekleme noktasında 0.33 mg/L, üçüncü örnekleme noktasında ise 0.69 mg/L'ye düşmüştür. Birinci noktadan bir süre sonra Tire ve Ödemiş ilçe merkezleri ile köylerinin evsel atık sularının ve çeşitli sanayilerden kaynaklı endüstriyel atıksuların nehre deşarjı ile organik kirliliğin artarak çözülmüş oksijen seviyesini çok ciddi miktarda düşürdüğü görülmektedir.

#### 3.2. PAH'lar

PAH'lar hem doğal hem de antropojenik süreçler sonucunda oluşabilmektedir. Orman yangınları gibi doğal süreçlerin yanı sıra eksik yanma, petrol sızıntıları, evsel ve endüstriyel deşarjlar, araç egzozları ve endüstriyel emisyonlar gibi antropojenik süreçlerden de ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, PAH'lar hava, toprak ve suda yaygın olarak bulunabilmektedir.

Ayrıca birçok PAH'ın kanserojen etkisi olduğu da kabul edilmektedir (Montuori and Maria, 2012; Abdel-Shafy and Mansour, 2016).

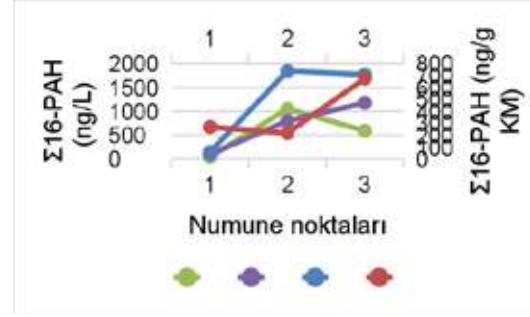
Küçük Menderes Nehri'den toplanan örnekler 16 PAH (Acenaphthylene (ACL), Acenaphthene (ACT), Phenanthrene (PHE), Anthracene (ANT), Fluoranthene (FL), Pyrene (PY), Benz(a)anthracene (BaA), Fluorene (FLN), Chrysene (CHR), Benzo(b)fluoranthene (BbF), Benzo(k)fluoranthene (BkF), Carbazole (CRB), Benzo(a)pyrene (BaP), Indeno(1,2,3-cd)pyrene (IcdP), Dibenz(a,h)anthracene (DahA), Benzo[g,h,i]perylene (BghiP)) için analiz edilmiştir.

Ölçüm sonucunda çözülmüş fazdaki  $\Sigma$ 16-PAH derişimleri 43,25 ng/L, 1051,60 ng/L ve 591,50 ng/L olarak bulunmuştur (Şekil 2). Partiküler fazdaki konsantrasyonları ise 101,80 ng/L, 796,91 ng/L ve 1178,75 ng/L olarak tespit edilmiştir. Sediment fazdaki değerler ise 268,57 ng/g KM, 217,50 ng/g KM ve 675,51 ng/g KM olarak ölçülmüştür.

Sudaki PAH konsantrasyonları endüstri tesislerinin ve yerleşim yerlerinin yoğunlaştığı ikinci noktada en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. En



yüksek konsantrasyona sahip olan kirleticiler Phenanthrene, Fluorene, Fluoranthene, Acenaphthylene, Acenaphthene ve Pyrene olarak belirlenmiştir. Bu PAH'lar genel olarak bölgede üretim tesisleri bulunan reçine, pestisit, ilaç, boya ve plastik sanayilerinden kaynaklanmaktadır (Abdel-Shafy and Mansour, 2016). Küçük Menderes Nehri'nde sudaki ortalama  $\Sigma 16$ -PAH konsantrasyonu (1254,6 ng/L) Hindistan'da bulunan ve 60-84210 ng/L aralığında değişen Gumti Nehri su fazındaki PAH konsantrasyonu ortalama değerinden (10330 ng/L) düşüktür (Malik et al., 2011). Buna karşılık, "Avrupa'nın en kirli nehri" olarak isimlendirilen ve 23,1 - 2670,4 ng/L arasında değişen değerlere sahip Sarno Nehri'ndeki ortalama 993,9 ng/L değerinden daha yüksektir (Montuori and Maria, 2012). Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Mississippi Nehri'nde ise değerler 12 ila 434 ng/L arasında değişmekle olup ortalama konsantrasyon değerinin (137 ng/L) Küçük Menderes Nehri ortalamasından belirgin şekilde düşük olduğu gözlenmiştir (Mitra and Bianchi, 2003).



Şekil 2. Su ve sediment fazındaki  $\Sigma 16$ -PAH konsantrasyonları

Sediman fazındaki ortalama konsantrasyon 387,2 ng/g KM değeri ile Gumti Nehri (5,24 - 3722,87 ng/g KM, ortalama 697,25 ng/g KM) ortalamasından düşük ancak Sarno Nehri (5,3 - 678,6 ng/g KM, ortalama 266,9 ng/g KM) ortalamasından daha yüksektir (Malik et al., 2011; Montuori and Maria, 2012).

### 3.3. PCB'ler

PCB'ler boyalar, yapıştırıcılar, yangın geciktiriciler, hidrolik sistemler ve transformatörler gibi birçok malzemede kullanılmaktadır (Adams et al., 2016). Bunlara ek olarak, evsel atık yakma tesisleri, transformatörler ve kondansatör içeren depolama alanlarından buharlaşma sonucunda da oluşmakta ve hava, su ya da toprak alıcı ortamına ulaşmaktadır (Faroon et al., 2003). PCB'ler özellikle yağda çözünebilir olmaları nedeniyle biyolojik dokularda uzun yıllar boyunca birikim yapmakta ve hem biyolojik basamaklar

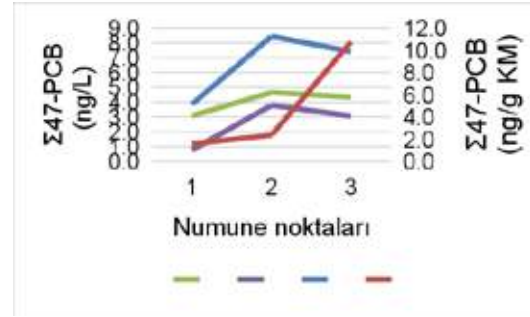


arasında diğer organizmalara hem de anne sütü ile ileri kuşaklara aktarılmaktadır. PCB'lerin toksik etkileri tespit edildikten sonra bazı ürünlerdeki kullanımı birçok ülkede uzun zaman önce yasaklanmış olmasına karşın; biyolojik ve kimyasal bozunmaya karşı dirençli ve hidrofobik olmalarından dolayı çevresel ortamlarda halen tespit edilebilmektedir (Malina and Mazlova, 2017; Hopf et al., 2009).

PCB'lerin insanlarda ve uzun ömürlü canlılarda endokrin sisteminde bozulmalara, kansere, fetüs gelişiminde bozukluklara, yaşlılarda nöropsikolojik sorunlara ve yanı sıra çocuklarda da zararlı nörolojik etkilere sebep olduğu yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir (Adams et al., 2016; Faroon et al., 2003).

Küçük Menderes Nehri'den toplanan örneklerdeki ölçüm sonucunda (Şekil 3) çözünmüş fazdaki  $\Sigma 47$ -PCB derişimleri 3,085 ng/L, 4,65 ng/L ve 4,34 ng/L şeklinde bulunmuştur. Partiküler fazdaki derişimleri ise 0,78 ng/L, 3,79 ng/L ve 3,06 ng/L olarak tespit edilmiştir. Sediman fazındaki değerleri ise, 1,58 ng/g KM, 2,36 ng/g KM ve 10,76 ng/g KM (ortalama 4,90 ng/g KM) olarak ölçülmüştür. En yüksek değerler PCB-28, PCB-18,

PCB-31, PCB-52 ve PCB-44 parametrelerinde tespit edilmiştir.



Şekil 3. Su ve sediment fazındaki  $\Sigma 47$ -PCB konsantrasyonları

Küçük Menderes Nehri ortalama  $\Sigma 47$ -PCB konsantrasyonu (6,57 ng/L), Almanya'da bulunan farklı nehirlerdeki su fazındaki PCB konsantrasyonları (5 - 103 ng/L) ile uyumlu olmakla beraber, Hollanda'da bulunan Rhine Nehri değerlerinin (100 - 500 ng/L) oldukça altındadır (Faroon et al., 2003).

Bu değerler Hindistan'da bulunan Brahmaputra Nehrinde 39 - 61 ng/L (ortalama 83 ng/L) ve Hooghly Nehrinde 57 - 233 ng/L (ortalama 116 ng/L) arasında değişiklik göstermektedir (Chakraborty et al., 2016). Küçük Menderes Nehri derişimleri bu nehirlerden de oldukça düşüktür.

Tiber Nehrindeki sediment tabakasında yapılan ölçümlerde PCB konsantrasyonları 3,73 - 79,30 ng/g KM aralığında değişmektedir (Montuori



et al., 2016). Bu değerler ile bu çalışmada bulunan değerler uyumludur.

### 3.4. Organoklorlu Pestisitler

Organoklorlu pestisitler (OCPs) tarım ve sağlık sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Organoklorlu pestisitlerin üretimi ve kullanımı, Türkiye'de ve gelişmiş ülkelerde 1970'li ve 1980'li yıllarda durdurulmuş veya sınırlandırılmış olmasına rağmen, özellikle DDT'ler, yüksek verimli, düşük maliyetli ve geniş spektrumlu zararlı öldürme etkisinden dolayı bazı gelişmekte olan ülkelerde tarımda hala kullanılmaktadır. Organoklorlu pestisitlerin zor bozunması, biyolojik birikiminin kolay olması, ekotoksikite ve kanserojenik özellikleri nedeniyle, Stockholm Sözleşmesi'nde bazıları tamamen yasaklanmış bazılarının ise kullanımı sınırlandırılmıştır. Sözleşmede tanımlanan organoklorlu pestisitler; aldrin, klordan, DDT, dieldrin, endrin, heptachlor, hexachlorobenzene, mirex ve toxaphene'dir. Hekzaklorosikloheksan, klordecone, lindan, pentaklorobenzen, pentaklorofenol ve endosulfan ise daha sonradan eklenmiştir (Montuori et al., 2016; Yu et al., 2014).

Organoklorlu pestisitler havadan kuru ve ıslak çökeltme ile taşınıp, yağış ile

su döngüsüne katılabilmektedir. Bu nedenle de bu kirleticilere ekosistemde yaygın olarak rastlanmaktadır.

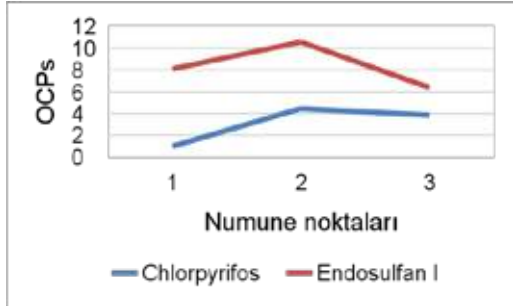
Küçük Menderes Nehri'den alınan su örneklerinde Aldrin, Chlorpyrifos, Endosulfan I, p-p'-DDE, Endosulfan sülfat ve p-p'-DDT varlığı araştırılmıştır. Su örneklerinde p-p'-DDE ve endosulfan sülfata rastlanmazken; p-p'-DDT yalnızca iki numaralı örnekleme noktasında (0,127 ng/L), Aldrin ise bir numaralı örnekleme noktasında (0,930 ng/L) tespit edilmiştir. Chlorpyrifos ortalama 3,101 ng/L ile 0,990 - 4,464 ng/L arasında ve Endosulfan I, ortalama 8,349 ng/L ile 6,369 - 10,573 ng/L değerleri arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 4).

Alınan sediment örneklerinde, Aldrin tespit edilemezken, Endosulfan sülfat yalnızca iki numaralı örnekleme noktasında (0,225 ng/g KM) tespit edilmiştir.

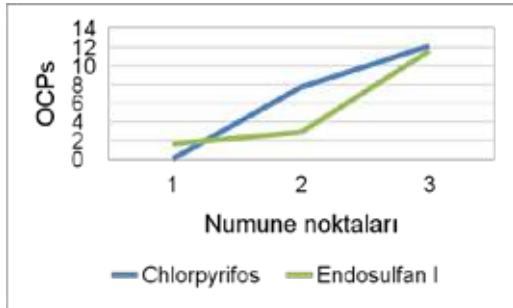
Chlorpyrifos, ortalama 6,615 ng/g KM ile 0 - 12,128 ng/g KM arasında tespit edilirken; Endosulfan I, ortalama 5,369 ng/g KM ile 1,615 - 11,621 ng/g KM arasında, p-p'-DDE ortalama 0,129 ng/g KM ile 0,053 - 0,235 ng/g KM arasında ve p-p'-DDT de ortalama 0,106 ng/g KM ile 0,028 - 0,216 ng/g



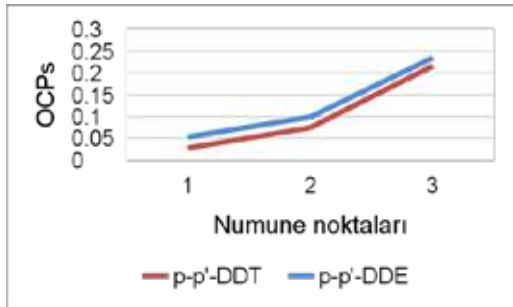
KM arasında değişen değerlerde tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Su fazındaki Chlorpyrifos ve Endosulfan I konsantrasyonları



(a) Sediment fazındaki Chlorpyrifos ve Endosulfan I konsantrasyonları



(b) Sediment fazındaki p-p'-DDT ve p-p'-DDE konsantrasyonları

Şekil 5. Sediment fazındaki OCP konsantrasyonları

Turgut (2003) tarafından Küçük Menderes Nehri'nde 2000 - 2002 yılları arasında üç noktada yapılan örnekleme, Aldrin 480 ng/L,

Endosulfan I 5 ng/L, p-p'-DDE, 0 ng/L, p-p'-DDT 35,5 ng/L, Endosulfan sülfat ise 70 ng/L olarak tespit edilmiştir (Turgut, 2003).

### 3.5. Ağır Metaller ve iz elementler

Endüstriyel deşarjlar nehir ve göl gibi su sistemleri için önemli bir kirlilik kaynağı olarak görülmektedir. Artan iz element konsantrasyonları, su ve sediment tabakalarının yanı sıra biyolojik sistemlerde de birikerek su ve karasal ekosistemler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Su sütunundaki çözülmüş kirlenmeler kısa vadeli bir risk oluştursa da, sediman matrisine sabitlenen kirlenmeler, ekosistemler için uzun süreli bir tehlike oluşturmaktadır (Koukina et al., 2016; Kara vd., 2015; Yu et al., 2016).

Küçük Menderes Nehri'den alınan su örneklerinde endüstriyel kirlenmenin göstergesi olabilecek elementler için su örneklerinde ölçülen en yüksek konsantrasyonlar; As 7,57 µg/L, B 734,48 µg/L, Cd 0,81 µg/L, Co 5,54 µg/L, Cr 38,97 µg/L, Cu 105,82 µg/L, Ni 19,69 µg/L, Pb 29,99 µg/L, Se 3,30 µg/L, Sb 0,51 µg/L, Sn 0,16 µg/L, Ti 44,01 µg/L, Tl 0,41 µg/L, V 5,29 µg/L ve Zn 2869,32 µg/L olarak belirlenmiştir. Bunlardan, en yüksek



değeri iki numaralı örnekleme noktasında tespit edilen As, B ve Sb konsantrasyonları dışındakilerin tamamı, endüstriyel deşarjların yoğun olarak yapıldığı Fetrek Çayı bağlantısından sonra yer alan üç numaralı örnekleme noktasına aittir.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablosuna göre Küçük Menderes Nehri, Al, Zn ve Fe açısından IV. Sınıf; Pb açısından III. Sınıf ve Cu Cr, Mn açısından II. Sınıf su özellikleri taşımaktadır. Buna göre ağır metal ve iz elementler açısından nehrin IV. Sınıf, “çok kirlenmiş su” olduğu tespit edilmiştir.

Bunların dışındaki elementler için de yüksek konsantrasyonlar tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu iki ve üç numaralı örnekleme noktasında tespit edilmiştir.

Endüstriyel kirlenmeye işaret eden elementler için sediman tabakasında ölçülen en yüksek değerler Ag 0,80 mg/kg, As 18,43 mg/kg, B 12,83 mg/kg, Cd 0,76 mg/kg, Co 10,64 mg/kg, Cr 150,78 mg/kg, Cu 189,20 mg/kg, Hg 2,14 mg/kg, Ni 52,25 mg/kg, Pb 46,08 mg/kg, Sb 4,98 mg/kg, Se

3,76 mg/kg, Sn 2,75 mg/kg, Ti 764,47 mg/kg, Tl 0,77 mg/kg, V 19,60 mg/kg, Zn 429,23 mg/kg olarak bulunmuştur. Ölçüm yapılan tüm elementlerde tespit edilen en yüksek konsantrasyonların tamamı nehre Fetrek Çayı katılımı sonrasında yer alan üç numaralı örnekleme noktasına aittir. Nehirde ölçülen ortalama konsantrasyonlar ise Çizelge 1’de verilmiştir.

#### 4. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada Küçük Menderes Nehri’nde kirlenme seviyelerinin araştırılması ve su kalitesinin belirlenmesi amacıyla nehrin farklı noktalarından su ve sediman örnekleri toplanmıştır. Çalışma kapsamında alınan örneklerde kalıcı organik kirlenmelerin (organoklorlu pestisitler, PCB, PAH) ve iz elementlerin konsantrasyonları ve yerel değişimleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre nehirdeki PAH konsantrasyonlarının Avrupa ve Amerika’da bulunan nehirlerden yüksek, PCB konsantrasyonlarının ise dünya geneline göre düşük bulunmuştur. Organoklorlu pestisit konsantrasyonlarının daha önceden yapılan çalışmaya göre düştüğü gözlemlenmiştir.





**Çizelge 1.** Küçük Menderes Nehri'nde ölçülen ortalama su ve sediman ağır metal ve iz element konsantrasyonları

Element	Su Kolonu (µg/L)	Sediman (mg/kg KM)
Ag	<0,01	0,40
Al	169,08	1541,54
As	5,62	10,03
B	346,25	6,00
Ba	84,55	78,07
Be	0,10	0,28
Ca	75854,5	14113,46
Cd	0,29	0,34
Co	2,64	6,87
Cr	14,06	60,08
Cu	39,03	70,82
Fe	2971,45	15751,46
Hg	<0,01	0,91
K	39655,6	2619,34
Li	10,45	6,14
Mg	23282,40	3951,72
Mn	289,11	260,16
Mo	1,10	1,23

Na	197687,1	346,83
Ni	9,03	25,67
Pb	10,55	18,28
Sb	0,43	2,37
Se	2,16	2,82
Si	9888,51	872,25
Sn	0,11	1,27
Sr	316,14	28,29
Ti	25,82	535,94
Tl	0,22	0,37
V	2,71	12,28
Zn	1068,18	163,90

Hem kalıcı organik kirleticiler hem de iz elementler açısından nehir kalitesi genel olarak değerlendirildiğinde, kirletici konsantrasyonlarının nehrin akış yönünde yükseldiği ve endüstriyel deşarjlar ile kirlenmiş Fetrek Çayı'nın nehre katılımı sonrasında en yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durum da, nehre yapılan deşarjların belirgin bir düzeyde kirletici konsantrasyonuna sahip olduğunun bir göstergesidir.



Nehirdeki kirliliğin takibinin yapılabilmesi için daha fazla örnekleme istasyonları kurulması ve rutin olarak sadece konvansiyonel kirleticiler açısından değil, kalıcı organik kirleticiler açısından da izleme yapılması gerekli görülmüştür. Kirliliğin giderilmesi açısından bakıldığında ise, tüm yerleşimlerin evsel atık sularının ileri arıtmadan geçirilmesinin gerekli olduğu, buna ek olarak, özellikle Torbalı civarından Fetrek Çayı

kanalıyla gelen endüstriyel atık suların da arıtımlarının tam olarak yapılması gerektiği belirlenmiştir. Küçük Menderes Nehri'nde özellikle yaz aylarında sadece atıksu akışı bulunduğu göz önüne alındığında, nehre yapılan endüstriyel deşarjların ilgili standartları tam olarak sağladığının sıkı ve rutin dışı denetimler ile kontrol edilmesi de oldukça önemli görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdel-Shafy, H. I., Mansour, M. S.M. (2016) "A Review on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Source, Environmental Impact, Effect on Human Health and Remediation", *Egyptian Journal of Petroleum* (2016) 25, 107–123.
- Adams, C. I. M., Baker, J. E., Kjellerup, B.V. (2016) "Toxicological Effects of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) on Freshwater Turtles in the United States" *Chemosphere* 154, 148-154.
- Chakraborty, P., Khuman, S. N., Selvaraj, S., Sampath, S., Devi, N. L., Bang, J. J., Katsoyiannis, A. (2016) "Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in River Brahmaputra from the outer Himalayan Range and River Hooghly emptying into the Bay of Bengal: Occurrence, sources and

*ecotoxicological risk assessment"*  
*Environmental Pollution* Vol. 219,  
Pages 998-1006.

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2016) "Küçük Menderes Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı", Ankara.
- Faroon, O. M., Keith L. S., Smith-Simon C., De Rosa, C. T. (2003) "Polychlorinated Biphenyls: Human Health Aspects. Geneva, Switzerland: World Health Organization, International Programme on Chemical Safety, USA.
- Godduhn, A., Duffy, L. K. (2003) "Multi-Generation Health Risks of Persistent Organic Pollution in the Far North: Use of the Precautionary Approach in the Stockholm Convention".
- Hopf, N. B., Ruder, A. M., Succop, P. (2009) "Background Levels of Polychlorinated Biphenyls in the U.S.



- Population” Science of the Total Environment* 407, 6109–6119.
- Kara, M., Dumanoglu, Y., Altioğ, H., Elbir, T., Odabasi, M., Bayram, A. (2015) “Spatial Variation of Trace Elements in Seawater and Sediment Samples in a Heavily Industrialized Region” *Environmental Earth Sciences*, 73, 405-421.
- Koukina, S.E., Lobus, N.V., Peresykin, V.I., Dara, O.M., Smurov, A.V. (2016) “Abundance, Distribution and Bioavailability of Major and Trace Elements in Surface Sediments from the Cai River Estuary and Nha Trang Bay (South China Sea, Vietnam)” *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Malik, A., Verma, P., Singh, A.K., Singh, K.P. (2011) “Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and bed sediments of the Gomti River, India” *Environ.Monit. Assess.*, 172, 529–545.
- Malina, N., Mazlova, E. A. (2017) “Temporal and Spatial Variation of Polychlorinated Biphenyls (Pcbs) Contamination in Environmental Compartments of Highly Polluted Area in Central Russia” *Chemosphere* 185, 227-236.
- Mitra, S., Bianchi, T.S. (2003) “A preliminary assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon distributions in the lower Mississippi River and Gulf of Mexico” *Marine Chemistry*, 82, Issues 3–4, 273-288.
- Montuori, P., Maria, T. (2012) “Polycyclic aromatic hydrocarbons loads into the Mediterranean Sea: estimate of Sarno River inputs” *Mar. Pollut. Bull.*, 64, 512–520.
- Montuori, P., Aurino, S., Garzonio, F., Triassi, M. (2016) “Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides in Tiber River and Estuary: Occurrence, Distribution and Ecological Risk” *Science of the Total Environment*, Volume 571, Pages 1001-1016.
- Turgut, C. (2003) “The contamination with organochlorine pesticides and heavy metals in surface water in Küçük Menderes River in Turkey, 2000–2002” *Environment International* 29, 29–32.
- Wedepohl, K.H. (1995) “The Composition of the Continental Crust” *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59, 1217-1232.
- Yu, Y., Li, Y., Shen, Z., Yang, Z., Mo, L., Kong, Y., Lou, I. (2014) “Occurrence and Possible Sources of Organochlorine Pesticides (OCPs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) along the Chao River, China” *Chemosphere*, 114, 136–143.
- Yu, R.L., Zhang, W.F., Hu, G.R., Lin, C.Q., Yang, Q.L. (2016) “Heavy Metal Pollution and Pb Isotopic Tracing in the Intertidal Surface Sediments of Quanzhou Bay, Southeast Coast of China” *Marine Pollution Bulletin*, 105, 416-421



## TÜRKİYE'DE PLASTİK POŞET KULLANIMININ AZALTIKMASI

Berna YİĞİT\*, Ezgi KARABACAK\*, Güray SALİHOĞLU\*

\*Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa,  
Türkiye, [gurays@uludag.edu.tr](mailto:gurays@uludag.edu.tr)

**Özet:** Dünya çapında her yıl yaklaşık olarak 1 trilyon plastik poşet kullanılmakta ve bunların çoğu bir kez kullanıldıktan sonra atık olarak atılmaktadır. Plastik poşetlerin üretiminde hammadde olarak petrol kaynaklı yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), doğrusal düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) ve polipropilen (PP) kullanıldığı için bu poşetlerin atık haline gelmesi hem kaynak israfına yol açmakta hem de çevreye ve insan sağlığına çeşitli zararlar verebilmektedir. Bu çalışmada kullanıcıların plastik poşet kullanımıyla ilgili davranış eğilimleri araştırılmıştır. Davranış araştırması için Bursa ilinde 288 plastik poşet kullanıcısı ile anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçları IBM Statistics SPSS 24 programı ile analiz edilmiştir. Katılımcıların %76'sı plastik poşetlerin ücretli olması halinde kullanımlarında azalma olacağını belirtmiştir. Kullanıcıların %42'si plastik poşetlerin ücretlendirilmesini desteklemiştir ve %52'si plastik poşetlerin tamamen yasaklanmasını desteklemiştir. Plastik poşetleri müşterilere ücretsiz veren market yetkililerinin %72'si plastik poşetlerin ücretlendirilmesini, %55'i tamamen yasaklanmasını desteklemiştir. Plastik poşetleri müşterilere ücretli veren marketlerde plastik poşet kullanımının %60 azaldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada ayrıca Türkiye'de plastik poşet kullanımı ile ilgili SWOT analizi yapılmış ve poşet kullanımının azaltılması için öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Davranış araştırması, Yönetmelik, Ücretlendirme, Yasaklama

## REDUCING THE USE OF PLASTIC BAGS IN TURKEY

**Abstract:** Worldwide, approximately 1 trillion plastic bags are used each year, and most of them are disposed of as waste once used. Since petroleum based high density polyethylene (HDPE), low density polyethylene (LDPE), linear low density polyethylene (LLDPE) and polypropylene (PP) are used as raw materials in the production of plastic bags, waste of these bags lead source depletion and cause damages to the environment and human health. Behavioral trends of plastic bag users were investigated in this study. A survey was conducted with 288 plastic bag users in Bursa for the research. The survey results were analyzed with IBM Statistics SPSS 24 program. 76% of the participants stated that their use would decrease if plastic bags were paid. 42% of the users supported a payment for plastic bags and 52% of the users supported a complete ban for plastic bags. 72% of the market authorities who provide plastic bags free of charge to the customers supported a payment for plastic bags and 55% of them supported a completely ban for plastic bag usage. It has been stated by the market authorities that use of plastic bags has decreased by 60% when the plastic bag fee has started to be applied. SWOT analysis was performed on the use of plastic bags in Turkey and suggestions were developed to reduce plastic bag usage in Turkey.

**Keywords:** Behavioral research, Regulations, Plastic Bag Fee, Ban



## **KISALTMALAR**

**ÇŞB:** Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

**EDF:** Eco-Design Forum for Civil Society

**EPI:** Earth Policy Institute

**HDPE:** Yüksek yoğunluklu polietilen

**LDPE:** Düşük yoğunluklu polietilen

**LLDPE:** Doğrusal düşük yoğunluklu polietilen

**PAGEV:** Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı

**PP:** Polipropilen

**UNEP:** United Nations Environment Programme



## 1. GİRİŞ

Plastik poşetler 1970'lerde piyasaya sürülmüş, kolay kullanım ve düşük maliyet gibi nedenlerle tüketiciler ve perakendeciler arasında hızla popülaritesi artmıştır (Williamson, 2003). Her yıl dünya çapında 1 trilyon kullanıldığı tahmin edilen (EPI, 2016) plastik poşetlerin hammaddesi, yenilenemez enerji kaynağı olan petrol ve doğal gazdır (Lajeunesse, 2004). Plastik poşetler genellikle uzun etilen monomer zincirlerinden oluşan polietilenden üretilmektedir (Ruban, 2012). Polietilen, yenilenemez enerji kaynakları olan doğal gaz ve petrolden elde edilmektedir (Ruban, 2012). Farklı türlerdeki plastik poşetlerin üretimi için kullanılan hammaddeler; yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve doğrusal düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) olarak sıralanmaktadır. (Ruban, 2012). Plastik bir poşetin ömrünün imalattan imhaya kadar her aşamasında olumsuz çevresel ve sosyo-ekonomik etkiler görülebilmektedir.

Kullanılan plastik poşetlerin büyük çoğunluğu genellikle tek bir kullanımdan sonra atık haline gelmektedir. Plastik poşetler çevreye atıldıktan sonra güneş ışığı ve

mikroorganizmalar tarafından parçalanmadan 1000 yıl süre ile doğada kalabilmektedir (Stevens, 2001; UNEP, 2005).

Plastik poşetler, biyobozunur olmadıkları ve zamanla foto-bozunum sürecine girdikleri için güneş ışığını absorbe ederek daha küçük ve daha toksik petro-polimerlere parçalanabilmektedirler (UNEP, 2009). Biyolojik olarak parçalanabilir olan plastik poşetler ise küçük parçalara daha kolay dönüştüğünden yiyecek ve su sistemlerimize kolayca girerek zarar verebilmektedir (Jayaraman et al., 2011). Bu küçük parçalar toprak ve suya karıştığında, canlıların besin besin zincirine girebilmektedir (Synthia and Kabir, 2014). Bu kirlilik, tarımsal potansiyelin kaybı açısından yerel halkın geçim kaynaklarını da etkilemektedir (Synthia and Kabir, 2014). Plastik poşetlerin tarım arazilerine erişmesi, geçirimsizliğin dolayısıyla topraktaki havalandırmanın azalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, tarım arazilerinin verimliliğini etkilemektedir (Njeru, 2006).

Plastik poşet renklendiricilerinin (boyar maddeler, pigmentler vb.) gıda maddelerindeki sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan kimyasal



reaksiyonlar sırasında bazı kanserojen bileşenlerin üretilmesine neden olduğu bilinmektedir (Narayan, 2001).

Plastik poşetlerin üretim sürecinde çevreye zararlı sera gazları salınmaktadır (Synthia and Kabir,

2014). Çin ve Hong Kong'da alışveriş poşetlerinin karbon ayak izine etkilerini araştırmak için yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar Tablo 1' de verilmiştir (Nolan ITU et al., 2002; Excelplas Australia et al., 2004).

**Tablo 1.** Çeşitlerine Göre Poşetlerin Özellikleri

Çeşit	Poşet ağırlığı	CO <sub>2</sub> emisyonu	Birincil enerji
Plastik poşet	6 gr	12,8 kg	422,2 MJ
Karton çanta	42,6 gr	24,8 kg	1518,3 MJ
Dokumasız PP elyaf çanta	65,5 gr	5,17 kg	122,2 MJ
Pamuklu dokuma çanta	125,4 gr	6,06 kg	385 MJ

Yapılan bir araştırmaya göre bir kişi bir yıl boyunca plastik poşet kullanmadığında, sebep olduğu CO<sub>2</sub> emisyonunun 18,9 kg azalacağı tahmin edilmektedir (EDF, 2010).

Son zamanlarda deniz ve tatlı su ortamlarındaki kirlilik küresel bir sorun haline gelmiştir (Andrady, 2011; Eriksen et al., 2013; Vegter et al., 2014; Eerkes-Medrano et al., 2015;

Perkins, 2015). Makroplastik çöp öğeleri arasında bulunan plastik poşetlerin deniz canlılarına en çok zarar veren unsur olduğu

bilinmektedir (Besseling et al., 2015; Hardesty et al., 2015). Kıyı şeridi boyunca uzanan plastikler estetik kaygılara sebep olmakta ve turizmi olumsuz etkilemektedir (Jang et al., 2014).

Plastik poşet kullanımının artmasıyla gelişmekte olan ülkelerin şehirlerinde ve kasabalarında kanalizasyon sistemlerinin tıkanması ortak bir sorun haline gelmektedir. Bu da, çok sayıda hastalık yayabilen sivrisinek ve diğer vektörler için kötü kokular ve olumlu habitatlar oluşturmaktadır (Ellis et al., 2005).



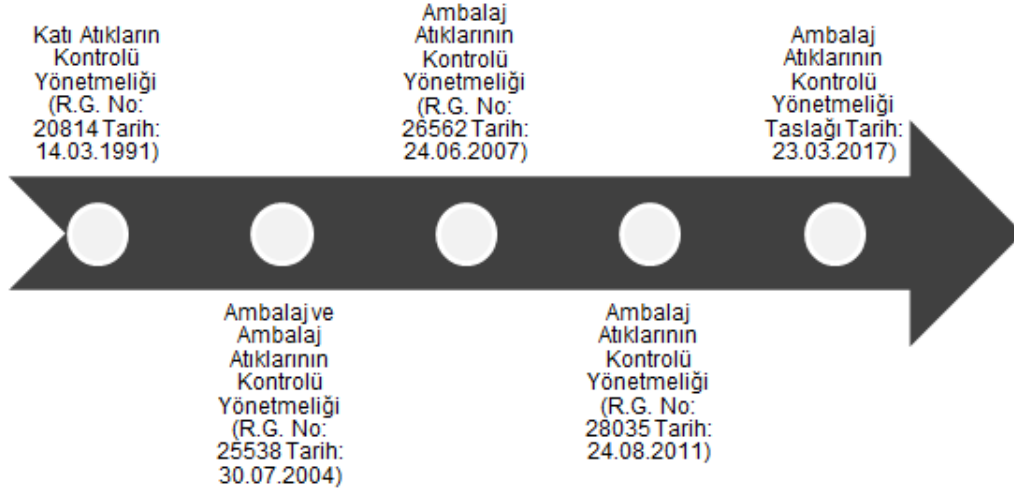


Depolama alanlarına giren plastik poşetler kaynak kullanımıyla ilgili önemli çevresel yükler getirmektedir (Musa et al., 2013). Plastik poşetler sıkıştırılmadıkları için depolama alanlarında fazla yer kaplamaktadırlar. Ayrıca plastik poşetler depolama alanlarında çöp kayması problemine sebep olabilmektedirler. Plastik poşetlerin çoğu hafifliği ve rüzgârın etkisiyle "balon" şekline girme ve bu sayede havada kolayca hareket etme kabiliyetine sahiptir. Bu nedenle çöp haline gelmesi veya depolama alanlarında kalması olasıdır (Gogte, 2009). Çin'de bu şekilde sokakların etrafında dolanan plastik poşetler yerel halk tarafından "beyaz kirlilik" olarak adlandırılmaktadır (Xing, 2009).

Bu çalışma plastik poşetlerin sebep olduğu çevresel yükü azaltmak amacıyla yapılmıştır. Ücretsiz plastik poşet kullanımının tekrarlanması, alışılmış bir davranış haline gelmektedir. Alışkanlık kazanan

insanlar diğer alternatifler üzerinde durmadan aynı davranış biçiminde davranmaktadırlar (Danner et al., 2008). İnsanlar çevre konusunda bilinçlendirilirse, plastik poşetlerin ücretli olmasını destekleme ve bu yönde davranma ihtimallerinin artması beklenmektedir (Jakovcevic et al., 2014). Kullanıcıların plastik poşetlerin ücretli olmasının çevre sorunlarını azaltacağını düşündükleri takdirde alışverişlerinde kendi çantalarını kullanacakları beklenmektedir (Jakovcevic et al., 2014).

Plastik poşet kullanımıyla ilgili yasal düzenleme ilk kez 2011 yılında ambalaj atıklarının kontrolü yönetmeliğine bir madde eklenerek gerçekleştirilmiştir. Ücretlendirme ile ilgili düzenleme ise 2017 yılında görüşe açılan taslak yönetmelikte yer almaktadır. Şekil 1'de Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin tarihsel gelişimi verilmiştir.



**Şekil 1.** Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin Tarihsel Gelişimi

24.08.2011 tarihli 28035 Resmî Gazete'de yayımlanan Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin 13. maddesi olan "Satış noktalarının yükümlülükleri"ne göre; "Satış noktaları poşet kullanımını en aza indirecek tedbirleri almakla, yapılan çalışmalarını her yıl Şubat ayı sonuna kadar il çevre ve şehircilik müdürlüğüne bildirmekle yükümlüdürler." ifadesi yer almaktadır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı son zamanlarda birçok habere konu olan plastik poşetlerin ücretlendirilmesi ile ilgili çalışmaları hakkında 31.03.2017 tarihinde açıklama yapmıştır. Bu açıklamada Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği Taslağındaki düzenlemenin plastik poşet kullanımının azaltılmasına yönelik olduğu ve AB Direktifine uyum kapsamında revize edildiği belirtilmiştir.

Hazırlanan Taslak Yönetmelikte alışveriş poşetlerinin tamamen yasaklanması söz konusu olmayıp, poşetlerin gereksiz kullanımının engellenerek atık oluşumunun önlenmesi hedeflenmiştir.

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmelik Taslağı'nın 5. maddesinde "1 Ocak 2019 tarihinden itibaren hafif plastik torbalar satış noktasında ücretsiz temin edilemez." yükümlüğü yer almaktadır (ÇŞB, 2017).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de plastik poşet kullanımının azaltılmasının önündeki engelleri belirlemektir. Çalışma kapsamında plastik poşet kullanımının ana sebebi tüketicilerin davranış alışkanlıkları olduğu için anketler aracılığı ile davranış araştırması yapılmıştır. Çalışmada plastik poşet kullanımının



çevresel, ekonomik ve sosyal yönleri analiz edilmiş, plastik poşetlerin çevresel yükünü azaltmak için öneriler geliştirilmiştir.

## 2. YÖNTEM

Yapılan çalışmada Bursa ilinde çeşitli yaş ve meslek gruplarındaki ve farklı eğitim seviyelerindeki 288 kişinin katılımı ile anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Anket uygulaması ile plastik poşet kullanıcılarının davranış araştırması yapılmıştır.

Katılımcıların plastik poşet kullanım alışkanlıkları ele alınarak plastik poşet kullanımının azaltılması için çalışılmıştır. Anket soruları, değişkenler ve cevaplar IBM SPSS Statistics 24 programında değerlendirilmiştir. Sonraki adımda crosstabs ile verilerin sayısal dağılımları kategorize edilmiştir. Excel programı ile sayısal verilerin grafikleri oluşturulmuştur. Poşet kullanıcılarının demografik profilleri Tablo 2' de verilmiştir.

**Tablo 2.** Katılımcıların demografik profilleri

Değişken	Kategoriler	Kişi Sayısı	Yüzde(%)
Cinsiyet	Kadın	176	61,1
	Erkek	112	38,9
Yaş	<20	29	10,1
	20-35	200	69,4
	35-50	43	14,9
	>50	16	5,6
Eğitim Durumu	İlkokul	14	4,9
	Ortaokul	21	7,3
	Lise	121	42
	Üniversite	132	45,8
Meslek	Devlet Memuru	12	4,2
	Özel Şirket Çalışanı	49	17
	Öğrenci	185	64,2
	Diğer*	42	14,6

\*Ev hanımları, emekliler, çalışmayanlar



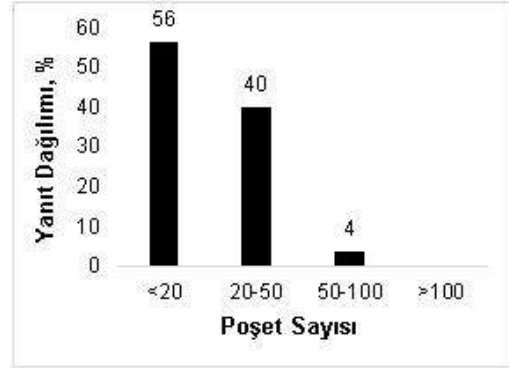
Çalışmada plastik poşetleri ücretlendiren 2 market ve ücretlendirmeyen 11 market ile röportaj yapılmıştır. Plastik poşetleri müşterilere ücret karşılığı veren marketlerle yapılan görüşmeler sonucunda uygulama öncesi ve sonrasındaki süreçlerde müşteri davranışları karşılaştırılmıştır. Plastik poşetleri ücretlendirmeyen marketlerde ise müşterilerin plastik poşet kullanım davranışları hakkında bilgi edinilmiştir. Buna ek olarak plastik poşet ücretlendirme ve yasaklama uygulamalarının olası etkileri tespit edilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

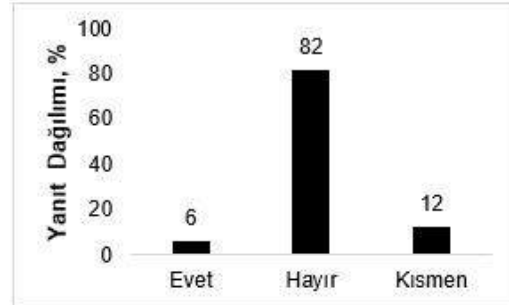
#### 3.1. Poşet Kullanıcılarının Görüşleri

Tüketicilerin plastik poşet davranış araştırmalarında örnek oluşturması için Bursa'da 288 katılımcı ile anket çalışması yapılmıştır. Katılımcıların 176'sı (% 61) kadın, 112'si (% 39) erkektir. Katılımcılar farklı yaş, eğitim ve meslek gruplarında yer almaktadır. Bu farklılıkların katılımcıların görüşleri üzerindeki etkileri SPSS istatistik ve Microsoft Office Excel programları kullanılarak saptanmış ve yorumlanmıştır.

Katılımcıların bir haftada ortalama kullandıkları plastik poşet miktarları Şekil 2'de gösterilmiştir.

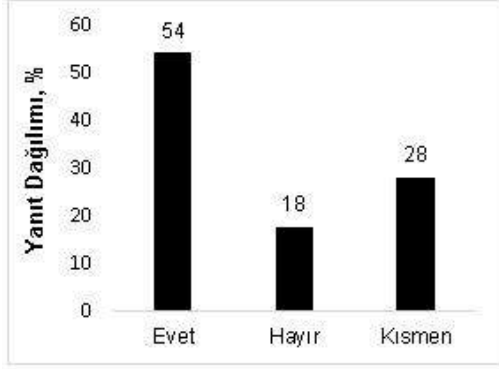


Şekil 2. Kullanıcıların "Hanenizde ortalama kaç poşet tüketiliyor?" sorusuna verdiği yanıtlar



Şekil 3. Kullanıcıların "Plastik poşetlerin çevreye ve insan sağlığına zararları konusunda toplumun yeterli bilgisi olduğunu düşünüyor musunuz?" sorusuna verdiği yanıtlar

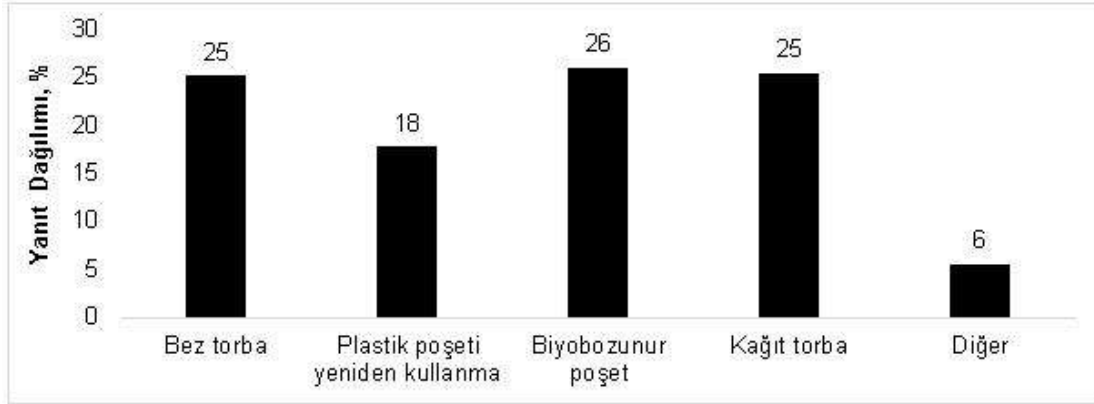
Şekil 3'te görüldüğü gibi katılımcıların % 6'sı toplumun yeterli bilgisi olduğunu düşünürken % 82'si toplumun yeterli bilgisi olmadığını düşünmektedir. Bu sonuç, plastik poşetler ile ilgili yeterli bilinçlendirme çalışmalarının yapılmadığını düşündürmektedir.



**Şekil 4.** Kullanıcıların “Plastik poşet kullanımının azaltılabileceğini düşünüyor musunuz?” sorusuna verdiği yanıtlar

Şekil 4’te görüldüğü gibi katılımcıların % 54’ü plastik poşet kullanımının azaltılabileceğini düşünmektedirler.

Katılımcıların % 18’i yeterli bilinçlendirme yapılmadığından plastik poşet kullanımının azaltılabileceğini düşünmediklerini belirtmişlerdir. Kısmen cevabını veren % 28 oranındaki katılımcı ise etkili bilinçlendirme çalışmaları ve yasal düzenlemeler yapıldığı takdirde plastik poşet kullanımının azaltılabileceğini düşündüklerini belirtmişlerdir. Katılımcılar anket sonuçlarında da görüldüğü gibi plastik poşetlerin azaltılabileceğini düşünmekte ve bu konuda yapılacak uygulamaları desteklemektedirler.



**Şekil 5.** Kullanıcıların plastik poşet yerine kullanılabilecek alternatif tercihleri

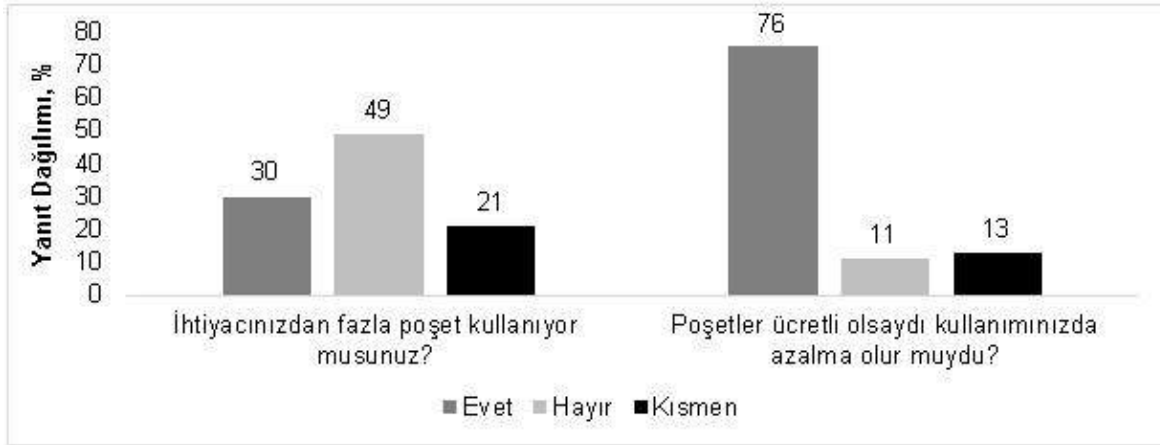
Katılımcıların % 26’sı alternatif olarak biyobozunur poşet kullanımını tercih etmiştir. Ancak biyobozunur plastikler, entegre atık yönetiminde, kaynak ayırmada ve kompostlamada problemlere sebep olmaktadır (Ren, 2002). Biyobozunur plastikler, diğer plastikler gibi depolama alanlarında

sıkıştırma problemlerine neden olmaktadır (Ren, 2002). Bu nedenle atık yönetim sisteminin iyileştirilmesi için insanların davranışlarını değiştirmek daha etkili olmaktadır (Ren, 2002). Biyobozunur poşetlerin tercih edilmesi, biyobozunur poşetlerin



zararları hakkında toplumun yeterli bilgi sahibi olmadığını göstermektedir. Dünya çapında her yıl yaklaşık olarak 1 trilyon plastik poşet kullanılmakta (EPI, 2016) ve bunların çoğu bir kez kullanıldıktan sonra atık olarak atılmaktadır (Stevens, 2001; UNEP, 2005). Plastik poşetlerin yeniden kullanılması alışkanlığı kazanılırsa plastik poşet atıkları azaltılabilir. %25 oranında tercih edilen kâğıt torba da tekrar kullanılabilir. Ancak nem gibi

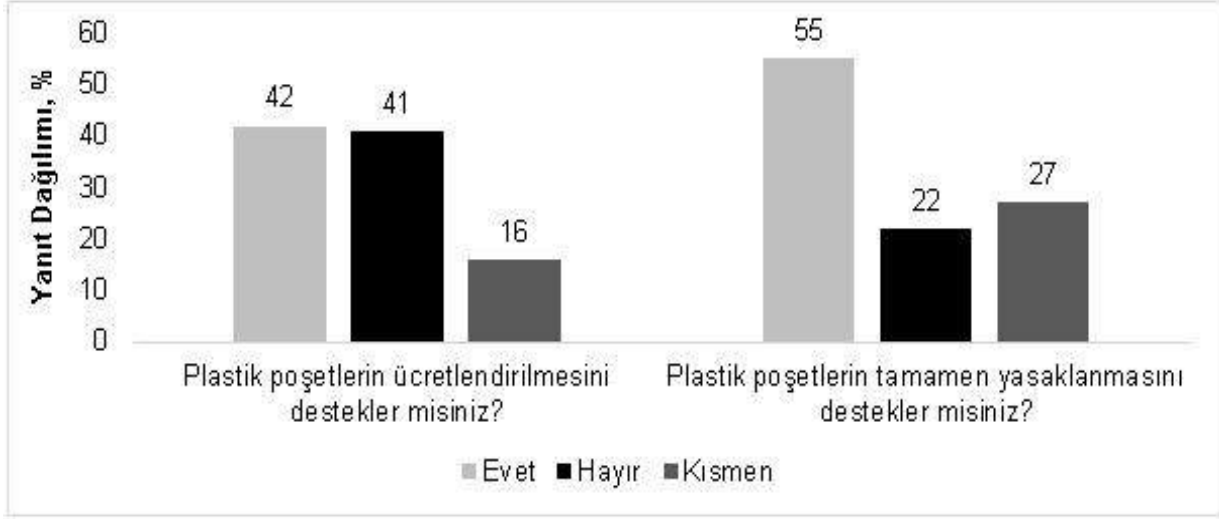
etkenler sebebiyle kolay deforme olabilmektedir. %25 oranında tercih edilen bez torbalar deforme olmadan uzun süre kullanılabilir. Katılımcıların %6 oranıyla tercih ettiği diğer seçeneği için fileler örnek gösterilebilir Plastik poşet yerine kullanılacak alternatif seçiminde dikkat edilmesi gereken husus seçeneklerden üretim sırasında en az hammadde harcanan, en az atık oluşumuna sebep olan ve doğaya en az zarar vereni kullanmaktır.



Şekil 6. Kullanıcıların verdiği cevaplara göre plastik poşet kullanım miktarında ücretlendirmenin olası etkisi

Katılımcıların % 30'u alışverişlerinde ihtiyacından fazla poşet aldığını, % 49'u ise almadığını düşünmektedir. Ancak katılımcılara "Plastik poşetler ücretli olsaydı kullanımınızda azalma olur muydu?" sorusu sorulduğunda katılımcıların % 76'sı evet cevabını vermektedir.

Buradan alışverişlerinde ihtiyacından fazla poşet kullanmadığını düşünen kullanıcıların da ihtiyaçlarından fazla plastik poşet kullandığı sonucuna varılmaktadır. Şekil 6'da görüldüğü gibi plastik poşetler ücretli olduğu takdirde plastik poşet kullanımında azalma olacağı beklenmektedir.



Şekil 7. Kullanıcıların plastik poşetlerin ücretlendirilmesi ve yasaklanması ile ilgili sorulara verdiği yanıtlar

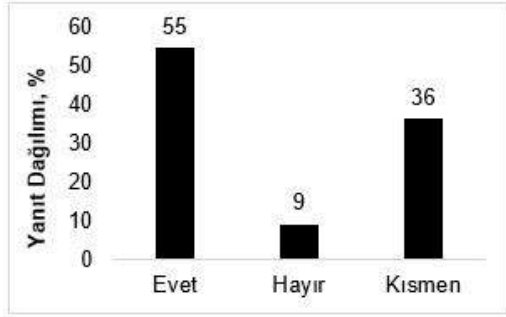
Anket çalışmasında plastik poşetlerin kullanımını minimize etmek için katılımcılara iki farklı soru yöneltilmiştir. Plastik poşetlerin ücretli olmasını destekleyen kullanıcılar ile desteklemeyen kullanıcılar arasında büyük bir rakamsal fark bulunmamaktadır. Katılımcıların %42'si plastik poşetlerin ücretlendirilmesini desteklemekte, %41'i ise desteklememektedir. Anket sırasında katılımcılarla yapılan konuşmalara göre %16 oranında kısmen cevabı veren katılımcıların çoğu plastik poşet yerine alternatif sunulursa poşet ücretlendirilmesini destekleyeceklerini belirtmişlerdir. Katılımcıların %52'si plastik poşetlerin tamamen yasaklanmasını

desteklemekte, %27'si kısmen desteklemekte, %22'si desteklememektedir. Katılımcılar plastik poşetlerin ücretlendirilmesindenense plastik poşetlerin tamamen yasaklanmasını desteklemektedirler.

### 3.2. Poşetlerini Ücretlendirmeyen Süpermarket Görevlilerinin Görüşleri

Bu çalışmada Türkiye'de örnek oluşturması amacıyla Bursa ilinde 11 farklı marketin yetkilileriyle röportaj yapılmıştır. Marketlerle yapılan görüşmelerde market yetkililerinin görüşleri ve müşterilerin plastik poşet kullanım davranışları hakkında bilgi edinilmiştir.

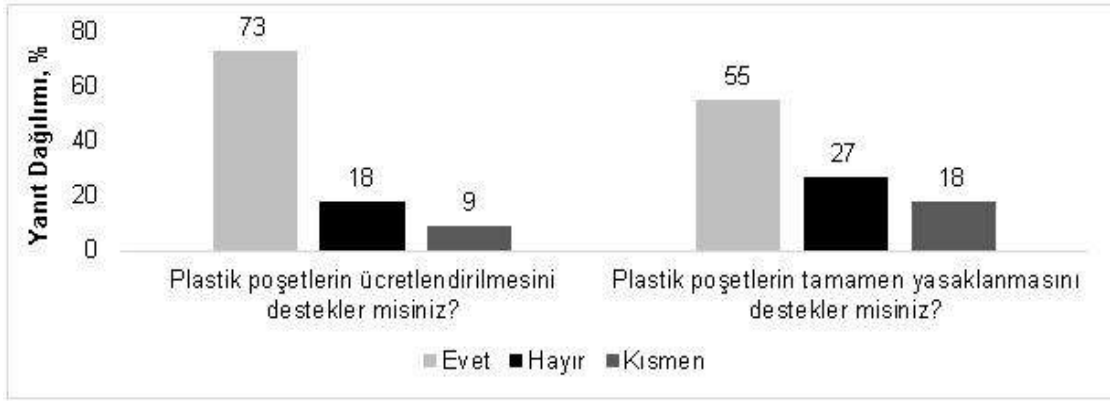




**Şekil 8.** Poşetlerini ücretlendirmeyen marketlerin "Plastik poşetlerin kullanımının azaltılabileceğini düşünüyor musunuz?" sorusuna yanıtları

Şekil 8'de görüldüğü gibi market yetkililerinin %55'i plastik poşet kullanımının azaltılabileceğini düşünmektedir. %36 oranında kısmen cevabını veren market yetkilileri çeşitli

bilinçlendirme çalışmaları ve plastik poşet kullanımı ile ilgili uygulamalar yapıldığı takdirde plastik poşet kullanımının azaltılabileceğini düşündüklerini belirtmişlerdir. Yetkililer plastik poşetler ücretlendirildiği takdirde müşterilerin plastik poşet kullanımında azalma olacağını belirtmiştir. Ayrıca market yetkilileri plastik poşet zararları hakkında toplumun bilinçlendirilmesi için televizyonlarda ve diğer yayın organlarında sürekli olarak çalışmalar yapılması gerektiğini belirtmiştir.



**Şekil 9.** Poşetlerini ücretlendirmeyen marketlerin plastik poşetlerin ücretlendirilmesi ve yasaklanması ile ilgili sorulara verdiği yanıtlar

Şekil 9'da görüldüğü gibi market yetkililerinin %73'ü plastik poşetlerin ücretlendirilmesini desteklemekte, %18'i desteklememektedir. Poşet ücretlendirme uygulamasını destekleyen market yetkilileri bu sayede müşterilerin plastik poşet

kullanımında büyük oranda azalma olacağını düşünmektedirler. Plastik poşetlerin ücretlendirilmesi sorusuna hayır ve kısmen cevabını veren market yetkilileri ise müşterilerin plastik poşetlerin ücretli olmasına tepki gösterebileceklerini belirtmişlerdir. Bu



nedenle plastik poşetlerin ücretlendirilmesini desteklememektedirler.

Anket sonuçlarına göre market yetkililerinin %55'i plastik poşetlerin yasaklanmasını desteklemektedir. %27 oranında plastik poşetlerin yasaklanmasını desteklemeyen market yetkilileri, plastik poşet yerine kullanılabilecek alternatif olmadığını düşünmektedir. Şekil 9'da görüldüğü gibi market yetkilileri plastik poşetlerin yasaklanmasındansa ücretlendirilmesini desteklemektedir.

### **3.3 Poşetlerinin Ücretlendiren Süpermarket Görevlilerinin Görüşleri**

Ücretli plastik poşet uygulaması İkea'da 15 Kasım 2016 tarihinden beri kullanılmaktadır. İkea market yetkilisi ile yapılan görüşme sonucu aşağıda belirtilen bilgiler edinilmiştir:

Market kasiyerinden alınan bilgilere göre müşterilerin % 50'si plastik poşetlerin ücretsiz verilmesi gerektiğini düşünmekte ve bunu kendilerine ait bir hak gibi görmektedir.

Uygulamanın başlangıcında müşterilerden çok sert tepkiler alındığı belirtilmiştir.

Market içindeki çeşitli bölümlerde plastik poşetler hakkında bilgilendirme panoları görülmüştür. Panoların amacı müşterilerin kasaya geldiğinde plastik poşetlerin ücretine tepkilerinin azaltılmasını sağlamaktır. Kasaların üzerinde yer alan dijital ekranlarda da bilgilendirme yapılmaktadır.

Müşterilerin tepkilerinin sınırlandırılması ve uygulamaya alıştırılması için yapılan çalışmaların etkili olduğu görülmüştür.

Market yetkilisinin verdiği bilgiye göre ücretli poşet uygulamasına geçilmesinden itibaren birçok müşteri alışverişlerinde, evden getirdiği poşetleri kullanmayı tercih etmektedir. Müşterilerin çoğu ihtiyaç fazlası poşet almamaktadır. Uygulama sonrasında plastik poşet kullanımını % 60 azalmıştır.

Ücretli plastik poşet uygulamasını kullanan diğer bir market Metro'dur. Market yetkilisinden alınan bilgiye göre röportaj yapılan market şubesi kurulduğundan beri ücretli plastik poşet uygulaması kullanılmaktadır.

Uygulama yıllardır kullanılmasına rağmen müşterilerin tamamının uygulamayı benimsemediği bilgisi edinilmiştir. Ancak müşterilerin bazıları, marketten ücretli poşet almak yerine evden kendi poşetini veya bez



torbasını getirmekte, bu sayede plastik poşet yükü azaltılmaktadır.

Market yetkilisinden alınan bilgiye göre özellikle yüksek meblağlı alışveriş yapan müşteriler, alışveriş tutarı sebebiyle plastik poşetlerin kendilerine ücretsiz verilmesi gerektiğini düşünmektedir.

Market yetkilisinden elde edilen bilgiye göre plastik poşetleri müşterilere ücretsiz veren marketlerde plastik poşetlerin ücretleri marketlerdeki ürünlere eklenmektedir. Ancak ücretli plastik poşet uygulamasını kullanan marketlerde poşetlerin ücretleri müşteriden kasada alınmaktadır. Müşteriler poşetlerin ücretli olmasına tepki gösterirken, poşetler için ücret vermediklerini düşündükleri alışverişlerinde bile plastik poşetlerin ücretlerini ürünler aracılığıyla vermektedirler.

Plastik poşetlerin ücretlerinden elde edilen gelir İkea'da çevresel hareket için, Metro'da ise sosyal sorumluluk projesi için kullanılmaktadır. Aynı uygulama, plastik poşetlerin ücretlendirilmesi uygulaması ülke genelindeki marketlerde zorunlu hale getirildiğinde diğer marketler için de teşvik edici bir uygulama haline

getirilebilir. Bu sayede halkın tepkisi azaltılabilir.

1 Ocak 2019'dan itibaren plastik poşet ücretlendirme uygulamasına geçildikten sonra plastik poşetlere ücret vermek istemeyen insanların davranışlarının değişmesi ve yanlarında plastik poşet, bez torba vb. taşımaları, ihtiyaçları olduklarında bunları kullanmaları beklenmektedir.

### **3.4. Poşet Üreticilerinin Görüşleri**

Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV), Türkiye plastik sanayisinin; 6 bin firması ve 250 bin kişilik çalışanı ile bugün Avrupa'nın en büyük ikinci plastik mamul üreticisi konumunda yer aldığını ve plastik sanayisinde plastik poşet üretiminin %5'in üzerinde olduğunu belirtmişlerdir (PAGEV, 2017)

Plastik poşetlerin doğaya atılması sorununun davranışsal bir sorun olduğunu, bu sorunun ilk önce eğitim programları ve kamu bilinci oluşturma girişimleri ile ele alınması gerektiğini belirtmişlerdir (PAGEV, 2017).

Poşet kullanımının azalması, poşet üretim sektörünü etkileyeceği açıktır.



### 3.5. SWOT Analizi

Olası plastik poşet ücretlendirme uygulamasının olumlu ve olumsuz yönlerinin değerlendirilmesi için yapılan SWOT analizi Tablo 3'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Poşet ücretlendirme uygulaması için yapılan SWOT analizi çalışması

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
<ol style="list-style-type: none"><li>İlgili mevzuatın üreticilere sağlayacağı yaptırım gücü</li><li>Ücretli olan poşetlerin biyobozunur poşet olması zorunluluğunun getirilmesi</li><li>Ürün maliyetini azaltması</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>Plastik poşet kullanım alışkanlığının yerleşmiş olması</li><li>Ücretlendirilme uygulamasının desteklenmesi için herhangi bir toplumsal hareket başlamaması</li><li>Plastik poşetlerin zararları ile ilgili farkındalık olmaması</li><li>Toplumun çevresel adım konusundaki isteksizliği</li></ol>
Fırsatlar	Tehditler
<ol style="list-style-type: none"><li>Plastik poşet kullanımında beklenen azalmayla beraber kullanılacak daha az petrol ve buna bağlı olarak ülke ekonomisine olumlu katkı sağlanması</li><li>Plastik poşetlerin deponi sahalarında kaplayacağı alanın azaltılması</li><li>Plastik poşetler ücretlendirildiğinde sembolik rakamların dahi yaptırım gücü sağlayabileceği konusunda farkındalık yaratılması</li><li>Su sistemlerinin tıkanmasının engellemesi</li><li>Plastik poşetlerin çevre ve insan sağlığına verdiği zararların azaltılması</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>Plastik poşetlere doğru alternatif seçilmezse daha fazla hammadde ve enerji kullanım, daha çok atık oluşumu ile karşılaşılabilir.</li><li>Müşterilerin market çalışanlarına verebileceği aşırı tepki</li><li>Dar gelirli vatandaşların poşet ücretlendirme uygulamasından olumsuz etkilenmesi</li><li>Plastik poşet üretim sektöründe çalışanların işsiz kalması</li></ol>

### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada kapsamında plastik poşet kullanımının azaltılması için davranış araştırması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmaların sonucunda ise aşağıdaki bilgilere ulaşılmıştır:

Plastik poşetlerini kullanıcıya ücretli olarak veren marketlerde plastik poşet kullanımında % 60 azalma olmuştur.

Bu veri ele alınarak, plastik poşetlerin ücretlendirilmesi durumunda plastik poşet kullanımında büyük oranda azalma olacağı beklenmektedir.

Yapılan çalışmada toplumun, plastik poşetlerin zararları hakkında yeterli bilgileri olmadığı görülmüştür.



Plastik poşet kullanımının azaltılması için aşağıdaki uygulamalar benimsenebilir:

Sokaklarda plastik poşetlerin zararlarına dair görseller, kısa bilgiler ve dikkat çekici haberler içeren panolara yer verilmelidir.

Plastik poşetlerin zararları hakkında toplumu bilgilendirmek için televizyon kanallarında kamu spotu oluşturulmalıdır. Toplu taşıma araçlarında dijital ekranlarda plastik poşetlerin etkilerine yer verilmeli, böylece daha büyük kitlelere ulaşım sağlanmalıdır.

Süpermarketlerde, alışveriş merkezlerinde plastik poşetlerin ihtiyaç fazlası kullanımını engellemek üzere poşetler tüketiciye belli bir ücret karşılığında verilmelidir. Ücretli verilen poşetler ise biyobozunur plastik poşet olmalıdır. Ancak piyasada bulunan farklı türlerdeki biyobozunur poşetler belli standartlarda üretilmelidir. Tüketicuyu bu uygulamaya alıştırmak, tüketicinin tepkisini engellemek amacıyla market içinde bilgilendirici görsellere yer verilmelidir. Plastik poşetlere ek olarak müşteriye bez çanta, karton çanta gibi alternatifler

sunulmalıdır. Sebze meyve reyonunda ise plastik poşete alternatif olarak geri dönüştürülmüş kese kağıdı bulundurulabilir.

Bir süre ücretli poşet uygulaması gerçekleştirilmeli, tüketiciler uygulamayı benimsediklerinde ise daha etkili bir çözüm olarak plastik poşetler tamamen yasaklanmalıdır. Sadece marketlerde ve alışveriş merkezlerinde değil pazarlarda da yasak uygulanmalıdır. Plastik poşet yerine bez çanta, file, kese kağıdı, pazar arabası kullanılmalıdır. Daha az kese kağıdı kullanımı için ise ayrılması gerekmeyen ürünler kese kağıdına beraber koyulabilir. Olası plastik poşet ücretlendirme uygulamasından sonra kendi alışveriş çantasını getiren müşteriler için alışveriş merkezlerinde kasada müşterilere bu uygulamaya teşvik amaçlı indirim yapılabilir.

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin 13.maddesinde "Satış noktaları poşet kullanımını en aza indirecek tedbirleri almakla, yapılan çalışmalarını her yıl Şubat ayı sonuna kadar il çevre ve şehircilik müdürlüğüne bildirmekle yükümlüdürler." ifadesi yer almaktadır.



Ancak bu uygulama plastik poşet kullanımını azaltmakta yeterli değildir. Gereken hukuki düzenlemeler yapılarak plastik poşet kullanımını azaltacak önlemler alınmalıdır.

Alışverişlerde satın alınan ürünlere plastik poşet maliyeti eklenmektedir. Plastik poşet ücretlendirme uygulamasına geçildiği takdirde plastik poşetlerin ücretinin ürünlere eklenmeyeceği, plastik poşetlere sadece ihtiyaç duyulup satın alındığında ücret ödeneceği beklenmektedir.

Alışverişlerde ihtiyaç olarak alınan ürünlere ücret ödendiği gibi plastik poşetlere de belli bir ücret ödenmelidir. Plastik poşetler ücretli olursa plastik poşet kullanımının önemli ölçüde azalması beklenmektedir. Bu sayede kullanıcıların sadece ihtiyaçları doğrultusunda plastik poşet satın almaları veya kullanmayıp farklı alternatiflere yönelmeleri beklenmektedir. Bununla beraber çöplerde organik atıklara göre daha fazla yer kaplayan ambalaj atıklarının geri dönüşümünün sağlanması teşvik edilmelidir. Ambalaj atıkları ayrı

toplandığı takdirde organik atıklar çöp torbalarında fazla yer kaplamayacaktır. Bu sayede çöp torbası olarak kullanılan plastik poşet ihtiyacının ve kullanımının azalması beklenmektedir. Geri dönüşümü teşvik etmek üzere eğitim çalışmaları yapılmalı ve plastik poşet toplama sistemleri geliştirilmelidir. Bazı belediyeler sokaklara geri dönüşüm kumbaraları koyarken bazıları mavi plastik poşet dağıtmaktadır. Bütün belediyeler belirlenen pilot alanlarda geri dönüşüm kumbaraları bulundurmalıdır. Belediyeler halkın bilinçlenmesi, poşet ücretlendirme uygulamaların ülke genelinde uygulanması için çalışmalar yapmalı ve var olan çalışmaları desteklemelidir.

Yapılan bu çalışmalar sonucunda plastik poşetlerin zararları belirlenmiş, plastik poşet kullanımının azaltılmasına yönelik öneriler geliştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına dayanarak plastik poşet ücretlendirme ve yasaklama uygulamalarının plastik poşet kullanımını önemli ölçüde azaltabileceği sonucu çıkarılabilmektedir.





## KAYNAKLAR

- Andrady, A.L., 2011. *Microplastics in the marine environment*. *Mar. Pollut. Bull.* 62 (8): 1596–1605.
- Besseling, E., Foekema, E.M., Van Franeker, J.A., Leopold, M.F., Kühn, S., Bravo Rebolledo, E.B., Heße, E., Mielke, L., IJzer, J., Kamminga, P., Koelmans, A.A., 2015. *Microplastic in a macro filter feeder: humpback whale Megapteranovaeangliae*. *Mar. Pollut. Bull.* 95 (1):248–252.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), son erişim tarihi 15.04.2017. <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=duyurudetay&Id=215002>
- Danner UN., Aarts H., de Vries NK., 2008. *Habitvs.intentioninthepredictionoffuturerebehavior:theroleoffrequency,contextstabilityandmentalaccessibilityofpastbehavior*. *BrJSocialPsychol* 47:245–65.
- Earth Policy Institute (EPI), *The New York Times* sf: 22- 23, 19 Eylül 2016), the USA.
- Eco-Design Forum for Civil Society. *Eco-Money*; 2010 <http://eem.jp/jp/about02.html>
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., Aldridge, D.C., 2015. *Microplastics in fresh watersys- tems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of researchneeds*. *WaterRes.* 75:63–82.
- Ellis, S., Kantner, S., Saab, A., Watson M., 2005; *Plastic grocery bags: The ecological foot print*. *Environmental changes are spreading infectious diseases-UN study*, Victoria, p. 1-19.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S., 2013. *Microplastic pollution in the surfacewaters of the Laurentian Great Lakes*. *Mar. Pollut. Bull.* 77 (1–2):177–182.
- ExcelPlas Australia, Centrefor Design (RMIT), Nolan ITU, 2004. *The Impacts of Degradable Plastic Bags in Australia, Final Report to Department of the Environment and Heritage*. Department of the Environment and Heritage, Commonwealth Government of Australia, Canberra.
- Forum for Environment, 2010. *Assessment of the solid waste management System of Bahir Dar to wnannd the gap Identified for the development of an ISWM plan, Bahir Dar, Ethiopia*, p. 10.
- Gogte, M., “Are Plastic Grocery Bags Sacking the Environment?”, 2009. *International journal for quality research*, 3(4), 363-375.
- Hardesty, B.D., Good, T.P., Wilcox, C., 2015. *Novel methods, new result sandscience-based solutions totacklemarinedebrisimpacts on wildlife*. *Ocean Coast. Manag.* 115:4–9.
- Jakovcevic, A., Steg, L., Mazzeo, N., Caballero, R., Franco, P., Putrino, N., Favara, J., 2014. *Chargesforplasticbags: Motivationalandbehavioraleffects*.





- Jang, Y.C., Hong, S., Lee, J., Lee, M.J., Shim, W.J., 2014. Estimation of lost revenue in Geojel Island from the 2011 marine debris pollution event in South Korea. *Mar. Pollut. Bull.* 81 (1), 49–54.
- Jayaraman, K., Haron, H., Sung, G.B., 2011. Graduate School of Business, Universiti Sains Malaysia, 11800 USM, Penang, Malaysia, LIN, S.K., School of Management, University Sains Malaysia, 11800 USM, Penang, Malaysia.
- Lajeunesse, S., "Plastic Bags", 2004, *Chemical and Engineering News* 82(38): 51.
- Musa, H. M., Hayes, C., Bradley, M. J., Clayson, A., Gillibrand, G., 2013. Measures aimed at reducing plastic carrier bag use: A consumer behaviour focused study. *Natural Environment*, 1(1), 17–23.
- Narayan, P., 2001. *Analysing plastic waste management in India: Case study of polybags and PET bottles*. Lund: Lund University, 37-49.
- Njeru, J., 2006. *The urban political economy of plastic bag waste problem in Nairobi, Kenya*. *Geoforum*, 37: 1046-1058.
- Nolan, I., 2002 Report. *Plastic shopping bags – analysis of levies and environmental impacts*. Melbourne, Australia.
- PAGEV, 11.08.2017, *Cumhuriyet gazetesi*, [http://www.cumhuriyet.com.tr/haber/turkiye/710486/PAGEV\\_den\\_plastik\\_poset\\_ve\\_parali\\_poset\\_uygulamasina\\_iliskin\\_aciklama.html](http://www.cumhuriyet.com.tr/haber/turkiye/710486/PAGEV_den_plastik_poset_ve_parali_poset_uygulamasina_iliskin_aciklama.html)
- Perkins, S., 2015. *Nearly every seabird may be eating plastic by 2050*.
- Ren, X., 2002. *International Center for Science and High Technology (ICS-UNIDO) Building L2, AREA Science Park, Padriciano 99, 34012 Trieste, Italy*.
- Ruban, A., 2014. "Life Cycle Assessment of Plastic Bag Production", 2012, *Uppsala University*, Retrieved on June 17.
- Stevens, E., 2001. *Green Plastics: An introduction to the new science of biodegradable plastics*. Princeton, NJ: Princeton University Press, sf. 15-30.
- Synthia., Ishrat Jahan, Kabir., 2014. *Shafquat North South University, Bangladesh, Special Issue on Kuala Lumpur Conference Held in August 2014*.
- Synthia, I. J., North South University, Bangladesh; Kabir, S., 2015. *North South University, Bangladesh, The Journal of Developing Areas, Special Issue on Kuala Lumpur Conference Held in August, 2015*
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2005a). *Plastic bag ban in Kenya proposed as part of a new waste strategy*. UNEP press release.
- UNEP Report, "Marine Litter: A Global Challenge", 2009, *United Nations Environmental Program*, Retrieved on October 25, 2014.



*Vegter, A.C., Barletta, M., Beck, C., Borrero, J., Burton, H., Campbell, M.L., Costa, M.F., Eriksen, M., Eriksson, C., Estrades, A., Gilardi, K.V., 2014. Global research priorities to mitigate plastic pollution impacts on marine wildlife. Endanger. Species Res. 25: 225–247.*

*Williamson, L.J., 2003. It's Not My Bag, Baby. on Earth: Environmental Politics People, 25(2): 32-34.*

*Xing, X., 2009. "Study on the ban on free plastic bags in China", Journal of Sustainable Development, 2 (1), 156-158.*



## ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİNDE SU-ENERJİ BAĞI: ZORLUKLAR VE İMKANLAR

Melike Kiraz<sup>1</sup> and Emre Alp<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Üniversiteler Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı No: 1, 06800 Çankaya, Ankara, TÜRKİYE Telefon: (+90) (312) 210 5855 / E-mail: [kiraz.melike@metu.edu.tr](mailto:kiraz.melike@metu.edu.tr)

<sup>2</sup> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Üniversiteler Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı No: 1, 06800 Çankaya Ankara, TÜRKİYE Telefon: (+90) (312) 210 5853 / E-mail: [emrealp@metu.edu.tr](mailto:emrealp@metu.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmanın amacı su-enerji bağının değerlendirilmesini ve bu değerlendirmenin ODTÜ kampüsünde sürdürülebilir su ve enerji yönetim stratejileri geliştirilmesinde yardım etmesini sağlamaktır. Buna ek olarak, su koruma stratejilerinin enerji tüketimine ve CO<sub>2</sub> emisyonlarına olan etkisi de su-enerji bağı kapsamında değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, kampüsteki su tüketimini sürekli gözlemleyebilmek amacıyla üç adet akıllı su sayacı takılmıştır. 9 ay boyunca saatlik su tüketimleri on-line gözlenmiştir. Su tüketim veri sonuçları değerlendirilmiş, yurtdaki bu su tüketimlerini azaltabilmek için su korunumu ve su verimliliği yaklaşımlarının uygulandığı ve boru sistemlerinde su kayıplarına sebep olan yıpranmış yapılar için yenileme çalışması yapılarak su kayıplarının önlenmesi düşünüldüğünde gelecekte elde edilmesi beklenen su tüketimi, enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalmalar hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre su korunumu ve su verimliliği yaklaşımlarının uygulanması ve su kayıplarının önlenmesi durumunda harcanan suyun yaklaşık %69'su tasarruf edilmektedir. Bu su tasarrufu 176 ailenin günlük su ihtiyacını karşılamaktadır. Su tüketimindeki bu azalma ayrıca 404797.2 kw-h/yıl enerji tasarrufu sağlamaktadır, bu enerji miktarı da 36 ailenin yıllık enerji ihtiyacını karşılamakta ve 242878.3 kg/yıl CO<sub>2</sub> emisyon azalımı sağlamaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma su yönetim uygulamalarının su ve enerji tasarrufu ve CO<sub>2</sub> emisyonu azaltımı üzerindeki önemli etkisini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Sürdürülebilir Kampüs; Su Yönetimi; Enerji Yönetimi; ODTÜ; Su-Enerji Bağı; Nexus

**Abstract:** The purpose of this study is to develop sustainable water management strategies and evaluate Water-Energy Nexus in Middle East Technical University (METU) campus. As a case study, water consumptions at specific locations have been monitored with smart water meters to develop water conservation strategies. Additionally, effects of water conservation strategies on energy consumption and CO<sub>2</sub> emission within the context of Water-Energy Nexus are evaluated. In this study, nine-month water consumption data of a dorm are analyzed, suggestions for water conservation and water efficiency management practices are made. Moreover, water losses due to water leakage in the pipeline or water outlets from toilets and faucets are determined. The results show that 68.7 % reduction in water consumption can be achieved through water conservation strategies and this water savings can meet the daily water



consumption of 176 families. This reduction in water consumption also corresponds to energy savings of 404797.2 kw-h/year that can meet the annual energy needs of 36 families and reduced 242878.3 kg/year CO<sub>2</sub> emission. In conclusion, this study shows the importance effects of water management practices on water savings as well as energy savings and CO<sub>2</sub> emission reduction.

**Keywords:** Sustainable Campus; Water Management; Energy Management; Water-Energy Connection; Nexus

## **KISALTMA VE SEMBOLLER**

**ODTÜ:** Orta Doğu Teknik Üniversitesi



## 1 Giriş

Son yıllarda “Sürdürülebilirlik” kavramına farklı disiplinler içinde karşılaşılmaktadır ve bu kavram, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurarak doğanın ve insanın yaşam koşullarını oluşturmak ve sürdürmek anlamına gelmektedir (EPA, 2016). Çevresel, ekonomik ve sosyal konular sürdürülebilirliğin bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirlik programları bir kurumun çevresel, sosyal ve ekonomik sağlığa olan bağlılığından çıkmaktadır (Florida State University, t.y.).

Dünyanın her yerinde, “Sürdürülebilir Yeşil Kampüs” uygulamaları yaygınlaşmaktadır ve amacı çevre dostu, enerji verimli bir kampüs inşa ederek akademisyenlere, öğrencilere ve mezunlara daha iyi hizmet sağlamak, sürdürülebilir gelişmeler ve çevresel farkındalık oluşturmaktır (Anahtar, 2012). Ayrıca sürdürülebilir bir kampüs, sürdürülebilir doğal kaynakların ihtiyaçlarını ve çevresel korumayı sağlayarak enerjik bir kampüs ekonomisi ve yüksek hayat kalitesi şartlarının oluşturulabildiği yönetim sistemleri veya gelişim aşamalarından biridir (Florida State University, t.y.). Akademik

programlarda, araştırmalarda, kampüs hayatında ve yenilenebilir enerji kullanımı, geri dönüşüm, su tasarrufu önlemleri ve yağmur suyu yönetimi gibi fiziksel operasyonlarda sürdürülebilirlik prensiplerini oluşturur.

Dünyanın birçok yerinden sürdürülebilir kampüs örnekleri verilebilir. Örnek olarak, Plymouth Üniversitesi çevre üzerindeki etkilerini azaltman amacıyla sürdürülebilir bir kampüs kurmuş ve karbon ve enerji, su, atık ve geri dönüşüm, yapı, temin ve finans, biyoçeşitlilik, gezi ve gıda gibi alanlarda sürdürülebilirlik planları oluşturmuştur. Bu üniversite 2020 yılına kadar CO<sub>2</sub> emisyonlarını % 52 oranında azaltmayı ve yıllık öğrenci başına su tüketimlerini 3.3 m<sup>3</sup> altına düşürmeyi, üretilen atık miktarını 20 kg altına düşürmeyi ve üretilen atıklardan % 70 oranında geri dönüşüm sağlamayı hedeflemektedir (Plymouth University, t.y.). Cornell Üniversitesi de bugünün ekonomik ve çevresel alanlarını gelecek ihtiyaçlarıyla dengelemek amacıyla kampüste 10 faaliyet alanı belirlemiştir ve bunlar; yapılar, enerji, toprak, su, satın alma, atık, iklim, gıda, insan ve ulaşımdır. Bu üniversite de program önerileri geliştirmek, ilerleyişi değerlendirmek ve



sürdürülebilirlik ile ilgili politika önerilerini uygulamak için faaliyet takımları oluşturmuştur. Örneğin; enerji takımı koruma, verimlilik stratejileriyle ve güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına geçerek enerji tüketimini azaltmaya çalışmaktadır. Aynı şekilde, su takımı da bölgedeki havzada su ve su kalitesi korunumunu sağlamak amacıyla kampüsteki su ve enerji kullanım problemlerini araştırmış ve yağmur suyu yönetimi girişimleri başlatmıştır (Cornell Üniversitesi, 2013). Bunlara ek olarak, Stanford Üniversitesi de kampüste sürdürülebilirliği sağlamak adına bazı faaliyetlerde bulunmuştur. Bunun için de enerji verimliliği, gıda ve barınma, atık azaltımı ve su korunumu gibi farklı konularda sürdürülebilirlik arayışına girmiştir. Bu amaçla su tüketimini % 25 oranında azaltma ve sulamayı kısıtlama gibi sürdürülebilir su uygulamaları geliştirmiştir. Ayrıca az tüketip, daha çok geri dönüşüm, geri kullanım ve kompostlama sağlayarak üretilen atık miktarını da azaltmıştır (Stanford University, n.d.). Dünyanın birçok farklı yerinden verilen bu örnekler sürdürülebilir kampüs yaklaşımının bugünün ve geleceğin ihtiyaçlarını

karşılamadaki büyük önemini vurgulamaktadır.

## 2 Amaç ve Kapsam

Alansal ve nüfus açısından Türkiye'nin en büyük kampüslerinden birine sahip olan Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) kampüsünde sürdürülebilir kampüs hedeflerine ulaşmak için bir çok girişimde bulunmaktadır.

Bu girişimlerin parçası olarak ODTÜ Rektörlüğünün desteklediği ve Çevre Mühendisliği Bölümünün yürütücülüğünü yaptığı "ODTÜ Kampüsü'nde Sürdürülebilir Yeşil Kampüs Uygulamaları (2013-2016)" isimli BAP projesi başlatılmıştır.

Bu projenin kapsamında su, katı atık ve yağmur suyu yönetimi olarak 3 alt grup vardır. Bu çalışmada bu projenin sadece su yönetimi ve su-enerji ilişkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı kampüsteki belli noktalardaki su tüketimlerini gözlemlemek ve su-enerji bağı göz önünde bulundurularak su tüketimini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmektir. Bu çalışmada ayrıca su tüketiminin enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonları ile ilişkisi gözlenerek Su-Enerji Bağı (Nexus) ilişkisi kapsamında ODTÜ'deki karar vericilere su yönetimi



anlamında yardımcı olması hedeflenmiştir.

Su ve enerji sistemleri birbirleriyle bağlantılıdır. Bunun anlamı enerji üretim işlemlerinde su kullanılmakta, yine aynı şekilde suyun teminiyle alakalı çıkartılması, arıtımı ve taşınması gibi birçok alanda da enerji kullanılmaktadır. Bu kavram ise Su-Enerji Bağı (Nexus) olarak tanımlanır (U.S. Department of Energy, 2014). Çizelge 1 ve Çizelge 2'de su ve enerji bağı ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Su sondaj, yıkama, sulama ve soğutma amacıyla petrol, gaz, kömür ve biyoyakıt gibi enerjilerin üretimi aşamalarında kullanılır. Ayrıca termal, güneş, jeotermal ve hidrojen

üretimlerinde de kazan suyu, soğutma suyu ve elektrik üretimi amaçlı su kullanımı olmaktadır.

Buna ek olarak enerji de su için kullanılabilir (Çizelge 2). Örnek olarak, suyun yer altından pompalar sayesinde çıkartılmasında enerji harcanır. Sonrasında, çıkartılan su borular sayesinde taşınır ve bazen dağları aşabilmesi için tekrardan pompalanması gerekir. Ayrıca, su arıtımı prosesinde birimler karıştırma ve oksijen yayılımı gibi enerji gereken koşullar isteyebilir. Son olarak da enerji, ısıtma ve soğutma gibi proses suyunun şartlandırılmasında kullanılır.

Çizelge 1. Enerji için su kullanımları (IEA, 2012)

Primer Enerji Üretimi	Kullanımlar	Güç Üretimi	Kullanımlar
Petrol ve gaz	<ul style="list-style-type: none"><li>Sondajlama, kuyu açma ve hidrolik kırılma</li><li>İkincil ve gelişmiş petrol kurtarmada rezervuar içine enjeksiyon</li><li>Yağ kumu çıkartımı ve yerinde iyileştirme</li><li>Ürünlerin daha iyi hale getirilmesi ve rafine edilmesi</li></ul>	Termal (fosil yakıt, nükleer and biyo-enerji)	<ul style="list-style-type: none"><li>Kazan besleme (buhar veya sıcak su üretmek için kullanılan su)</li><li>Buhar yoğunlaştırma için soğutma</li><li>Emisyon control malzemeleriyle kirlilik temizleme</li></ul>
Kömür	<ul style="list-style-type: none"><li>Çıkartım ve taşımada kesme ve toz azaltımı</li><li>Kömür kalitesini arttırmak için yıkama</li><li>Yüzey madenlerinin yeniden bitkilendirilmesi</li><li>Sulu kömür çamuruyla uzun mesafeli taşıma</li></ul>	Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi ve jeotermal enerji	<ul style="list-style-type: none"><li>Sistem sıvıları veya kazan besleme (buhar veya sıcak su üretmek için kullanılan su)</li><li>Buhar yoğunlaştırma için soğutma</li></ul>
Biyoyakıtlar	<ul style="list-style-type: none"><li>Hammadde ekin büyümesi için sulama</li><li>Yakıt dönüşüm sürecinde ıslak öğütme, yıkama ve soğutma</li></ul>	Hidrojen	<ul style="list-style-type: none"><li>Elektrik üretimi</li><li>Rezervuar içinde depolama (enerji depolama veya hidroelektrik barajların çalıştırılması)</li></ul>





**Çizelge 2.** Su için enerji kullanımları (State of California, 2015)

Proses	Kullanımlar
Çıkartma	<ul style="list-style-type: none"><li>Suyun yer altından pompalanması</li></ul>
Ulaşım	<ul style="list-style-type: none"><li>Çıkartılan suyun borular sayesinde taşınması ve bazen dağları aşabilmesi için tekrardan pompalanması</li></ul>
Aritım	<ul style="list-style-type: none"><li>Suyun kullanılabilir ve içilebilir hale gelmesi için arıtılması</li></ul>
Şartlandırma	<ul style="list-style-type: none"><li>Gerekli durumlarda suyun ısıtılması ve soğutulması</li></ul>

### 3 Metodoloji

Bu proje kapsamında 3 adet akıllı su sayacı su tüketimini izlemek ve bu tüketimi azaltmaya yönelik yönetim stratejileri geliştirmek amacıyla ODTÜ Kampüsü'nde kurulmuştur. 2 ayrı yurt bölgesi ve kafeterya bu akıllı su sayaçlarının takıldığı yerlerdir. Detaylı bir değerlendirme yapabilmek için saatlik su tüketimleri bir yıl boyunca izlenmiştir. Bir öğrenci için günlük su tüketimlerinin belirlenmesi ve literatür değerleri ile karşılaştırılarak davranışsal ve yapısal su tasarrufu stratejilerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Buna ek olarak, saatlik su tüketimlerinin izlenmesi su tüketim oranlarını arttıran muhtemel su kayıplarının derecesini anlamaya yardımcı olmaktadır.

Akıllı su sayaçları detaylı saatlik, günlük ve yıllık su kullanımları gözlemleyebilmeyi sağlayan su tüketim ölçüm cihazlarıdır. Tipik bir akıllı su

sayaçının çalışmasında akıllı sayaçtan çıkan kablo binanın dışında yerleştirilen bir iletişim modülü sayesinde elde edilen veri kablosuz bir şekilde iletilir. Bu veri bilgisi kullanıcıya iletilir. Ayrıca akıllı sayaçlar aşırı kullanımları ve boru sistemlerindeki sızıntının bir işareti olan kesintisiz su kullanımlarını belirleyebilir (Smart Grid Awareness, 2015).

Birçok üniversite sürdürülebilir su yönetimini sağlayabilmek için bazı çalışmalar geliştirmiş ve uygulamıştır. Sidney Teknoloji Üniversitesi (UTC) kampüsünde su sürdürülebilirliğini geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu nedenle kurumsal su tüketimini ve masrafını azaltmayı, sürdürülebilir su yönetim uygulamalarını müfredat içine entegre etmeyi, yağmur suyu kalitesini arttırmayı ve su ve üniversitede su tasarrufu bilincini arttırmayı amaçlayan bir su yönetim planı oluşturmuştur. Bu kapsamda 2006 yılında kampüsteki su tüketimini hesaplamak ve su tasarrufunun sağlanabileceği muhtemel bölgeleri tespit etmek amacıyla su sayaçları takılmıştır (UTS Water Management Plan, 2014). 2012-2013 eğitim yılında, Kaliforniya Üniversitesi Santa Cruz'da su verimliliği çalışması adı altında yüksek verimli tuvalet, pisuar



ve duş teçhizatlarının kurulması, sulama sistemleri için sayaçların takılması ve soğutma kulesi çalışma prosedürlerinin değiştirilmesi gibi önemli 19 öncelikli projeyi gerçekleştirmiştir. Bu projeler 2013 yılında tamamlanmış ve su tüketiminde önemli bir azalma elde edilmiştir (USCS, 2015).

ODTÜ, yerleşkesinin bulunduğu coğrafi bölgedeki su kaynağının niteliği ve niceliğini korumak, üniversite bazında bu su kaynağı üzerindeki negatif etkilerini en aza indirmek ve kampüsteki su tüketimini azaltmak için üç başlık altında stratejiler belirlemiştir. Bu çalışmada, 2 adet yurdun 9 aylık su tüketim verileri incelenmiştir. Bazı yönetim alternatiflerini uygulanmasından sonra elde edilen su tasarrufları hesaplanmıştır ve su ile enerji arasındaki bağlantının görülebilmesi için bu su tasarrufunun enerji tasarrufu ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının azalımındaki etkisi incelenmiştir.

#### 4 Sonuçlar

Çalışılan yurtların su tüketim verilerine ait istatistiksel değerler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3). Bu istatistiksel analizde ara dönem tatili ve yaz tatili verileri hariç tutulmuştur.

**Çizelge 3.** Günlük toplam su tüketiminin istatistiksel analizi

Ortalama (m <sup>3</sup> )	Ortanca (m <sup>3</sup> )	Standard Sapma (m <sup>3</sup> )	Minimum (m <sup>3</sup> )	Maksimum (m <sup>3</sup> )
102.6	106.6	17.9	16.7	135

Çalışılan yurttaki ortalama su tüketimi toplam 102.6 m<sup>3</sup>/gün'dür. Yurttaki 776 kişinin yaşadığı göz önüne alındığında günlük öğrenci başına düşen su tüketimi aşağıda verildiği gibi 132 L olarak hesaplanmıştır.

$$(102.6 \text{ m}^3/\text{gün} / 776 \text{ öğrenci}) * (1000 \text{ L} / 1 \text{ m}^3) = 132 \text{ L}$$

Bu sonuçlardan yurttaki her bir öğrencinin yıllık su tüketimi yaklaşık 47.5 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Kampüsteki durumu değerlendirebilmek için başka üniversitelerin su tüketim değerleriyle karşılaştırmak önemlidir. Örnek olarak Santa Cruz Kaliforniya Üniversitesinde (USCS) 2002- 2005 yılları arasında herhangi bir su tasarrufu çalışması yapılmadan önce öğrenci başına düşen ortalama yıllık tüketilen su miktarı 54 m<sup>3</sup> idi (USCS, 2015). Bunun anlamı herhangi bir su tasarrufu çalışması yapılmadan önce bir ODTÜ öğrencisi bir USCS öğrencisinden daha az su tüketmektedir. Diğer bir örnek ise Kaliforniya Üniversitesi Davis'den verilebilir (UC Davis). Üniversitenin iki



yurduna ait tüketim verileriyle yapılan hesaplamalara göre kişi başı günlük su tüketimi 100 L 'dir (Dirksen and Marthur, t.y.). Tüketimler karşılaştırıldığında bir ODTÜ öğrencisinin bir UC Davis öğrencisinden günlük 32 L daha fazla su tükettiği görülmektedir. Bu karşılaştırmalar su tüketimlerinin üniversiteden üniversiteye değişiklik gösterdiğini ama her zaman bu su tüketimlerini azaltmaya yönelik bazı çalışmalar yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Yurtlardaki su tüketimini azaltmak için 2 farklı su yönetimi uygulamaları yapılabilir. Bunlar; su korunumu ve su verimliliği uygulamalarıdır. Su koruma uygulamaları öğrencilerin su kullanım alışkanlıklarının değiştirilmesiyle alakalıdır. Bu yaklaşımla yurttaki öğrencilerin su kullanım süreleri ve sifon kullanma miktarları azaltılmıştır. Su verimliliği uygulamaları ise kullanılan su teçhizatlarının daha verimli daha getirilmesiyle alakalıdır (Dirksen and Marthur, t.y.).

#### 4.1 Su Koruma Uygulamaları (Davranışsal Değişimler)

Bu yaklaşımda davranışsal değişimin su tüketimi üzerindeki etkileri

incelenebilmektedir. Su tüketimleri hesaplanırken teçhizatlar için standart tüketim değerleri kullanılmıştır.

Teçhizatların standart tüketimleri ve kullanım sıkları/süreleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Teçhizatların standart tüketimleri ve kullanım sıkları/süreleri

Teçhizat	Standart Su Tüketimi	Standart Sıklık veya süresi
Musluk	0.0039 (m <sup>3</sup> /dk-kişi)	6 dakika
Duş Başlığı	0.0056 (m <sup>3</sup> /dk-kişi)	15 dakika
Tuvalet Sifonu	0.0061 (m <sup>3</sup> /sifon-kişi)	4 sifon

Su tüketimini azaltmak için davranışsal değişim ile ilgili bazı önlemler alınabilir. Örneğin; bir öğrenci daha az su tüketmek için 15 dakika duş almak yerine 10 dakika duş alabilir, musluğu kullanma süresini günlük 6 dakikadan 4 dakikaya düşürebilir ve tuvaletlerde sifon kullanma sıklığını 4'ten 3'e düşürebilir.

Böylece su koruma uygulamaları ile kişi başı günlük toplam elde edilen su tasarrufu 41.9 L/gün/kişi olarak hesaplanmaktadır.



#### 4.2 Su Verimliliği Uygulamaları

Bu uygulamalar daha verimli su teçhizatlarının kullanılmasıyla ilgilidir. Bu çalışmada %20 oranında daha verimli musluklar, duş başlıkları ve tuvalet sifonlarının kullanımı amaçlanmıştır. Su verimliliği uygulamalarıyla elde edilen kişi başı su tasarrufu 26.4 L/gün/kişi olarak hesaplanmıştır.

#### 4.3 Su Koruma ve Su Verimliliği Uygulamaları Birlikte

Su koruma ve su verimliliği uygulamaları beraber kullanıldığı zaman kişi başı elde edilen günlük su tasarrufu 59.9 L/gün/kişi'dir.

#### 4.4 Su Kayıpları

Su tasarrufu uygulamalarına ek olarak, ODTÜ eskimiş yapılarından kaynaklanan su boruları sistemlerindeki sızıntılara çözüm bulmaya çalışmaktadır. Çalışılan

yurda ait bu saatlik ortalama su tüketimi grafiği incelendiğinde en az su tüketimlerinin 3:00 ila 5:00 arası olduğu görülmektedir. Bu saatler arasında yurtda herhangi bir su tüketimi beklenmemektedir ancak yaklaşık 1000 L miktarlarında sabit su tüketimi bu saatler arasında ölçülmüştür. Bu su tüketimlerinin sebebi tuvalet ve musluklardan sızan sular veya boru hattındaki bir sızıntı olabilir. Sesle sızıntı belirleme ekipmanı gibi bazı metotların kullanılmasıyla sızıntının belirlenip onarımın yapılması durumunda çalışılan yurttaki ek günlük su tasarrufu (1000 L/saat)\*(24 saat/1gün) = 24000 L olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, 776 öğrencinin yaşadığı yurtda elde edilen toplam su tasarrufları aşağıda özetlenmektedir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Çalışılan yurtda toplam su tasarrufları

Uygulamalar	Günlük Su Tasarrufu (L)	Yıllık Su Tasarrufu (m <sup>3</sup> )
Su Koruma	41.9 * 776 = 32514	11867.8
Su Verimliliği	26.4* 776 = 20455	7466.2
Su Koruma + Su Verimliliği	59.9* 776 = 46467	16960.4
Kaçaklardan dolayı oluşan su kayıplarının önlenmesi	1000*24 = 24000	8760



Su koruma ve su verimliliği uygulamaların kullanılması ve su kayıplarının önlenmesi sonucunda;

$((46467+24000)/102598)*100 = \% 68.7$   
oranında su tüketiminde bir azalma sağlanabildiği görülmektedir.

Bu yönetim uygulamalarının yapılmasından sonra bir ODTÜ öğrencisinin yeni günlük su tüketimi ise;

$(102598-(46467+24000))/776 = 41.4 L$   
olarak hesaplanmıştır.

#### 4.5 Enerji ve CO<sub>2</sub> Emisyonları

Su-enerji nexus ilişkisi su ve enerjinin birbirlerine bağlı olmasını göstermektedir. Enerji suyun arıtımı, taşınımı ve ısınması için kullanılırken su da enerji üretiminde kullanılmaktadır. Bu nedenle bu hesaplanan su tasarrufları sadece su değil, enerji tasarrufu ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının azalması anlamına da gelmektedir.

Enerji tasarrufunu hesaplamak için toplam su tasarrufunun ısıtılan kısmı her uygulama yaklaşımı için ayrı ayrı hesaplanmıştır çünkü bu kısım enerjinin suyun ısıtılması için kullanılan miktarını temsil etmektedir. Hesaplamalar aşağıda özetlenmiştir (Çizelge 6).

Bunun anlamı bu duş suyu tasarruf yüzdelerini ısıtmak için kullanılacak enerji bu sayede tasarruf edilmiş olmaktadır. Örnek olarak; çalışılan yurttaki su koruma uygulamaları sonucu elde edilen yıllık su tasarrufu 11867.76 m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu suyun duşta kullanılan kısmı;

$(11867.76 m^3/yıl)*66.8/100 = 7930.7 m^3/yıl$   
olarak hesaplanmıştır.

Su ısıtıcısındaki su sıcaklığı soğuk su için 15.5°C ve sıcak su için 40.5 °C olmak üzere farklılık gösterdiği ve elektriği ısıtıcı verimliliği %80 olarak varsayılmıştır. Böylece enerji tasarrufu;

$(1 kg= 1000 g ve 1 J = 3600000 kw-h)$   
 $E = 7930.7 (m^3/yıl)*1000 (kg/m^3)*1000 (g/kg)*(40.5-15.5$   
 $°C)*4.2 (J/g*°C)*1/(3.6*10^6)(kw-h/J)/0.8 = 289140.8 kw-h/yıl$

olarak hesaplanmıştır (Çizelge 7).

Elektriğin kömürlü termik santralden sağlandığı ve Türkiye'deki CO<sub>2</sub> emisyon salınımı 0.6 kg CO<sub>2</sub> / kw-h (Çakır, 2012) olduğu düşünüldüğünde CO<sub>2</sub> emisyon azaltımı; 289140.8 (kw-h/yıl)\* 0.6 kg CO<sub>2</sub>/kw-h = 173484.5 kg CO<sub>2</sub> /yıl olarak hesaplanmaktadır.

Sonuç olarak, bütün yaklaşımlar için elde edilen enerji tasarrufları ve CO<sub>2</sub> emisyon azaltımları aşağıda verilmiştir (Çizelge 8).



**Çizelge 6.** Tasarruf edilen duş suyunun yüzdesinin hesaplanması

Yaklaşım	Su tasarrufu (L/gün-kişi) (I)	Duş kısmındaki Su Tasarrufu (L/gün-kişi) (II)	Duş kısmındaki su tasarrufu yüzdeleri (%) (III = (II/I)*100)
Su Koruma	41.9	28	66.8
Su Verimliliği	26.4	16.8	63.7
Su Koruma + Su Verimliliği	59.9	39.2	65.5

**Çizelge 7.** Su korunumu uygulamaları sonucunda elde edilen enerji tasarrufunun hesaplanması

Yıllık Su Tüketimi (m <sup>3</sup> ) (I)	Soğuk Su Sıcaklığı (°C) (II)	Sıcak Su Sıcaklığı (°C) (III)	Isıtıcı verimlilik faktörü (IV)	Suyun Özgül Isı Kapasitesi, C (V)	Suyun Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> ) (VI)	Energy Tasarrufu (kW-h/yıl) (VII= I*(III-II)*V*VI/IV)
7930.7	15.5	40.5	0.8	4.2	1000	289140.8

**Çizelge 8.** Bütün yaklaşımlar için elde edilen enerji tasarrufları ve CO<sub>2</sub> emisyon azaltımları

Yaklaşım	Enerji tasarrufu (kW-h/yıl)	CO <sub>2</sub> Emisyon Azaltımı (kg/yıl)
Su Koruma	289140.8	173484.5
Su Verimliliği	173484.5	104090.7
Su Koruma + Su Verimliliği	404797.2	242878.3

Sonuç olarak eğer su koruma ve su verimliliği uygulamaları aynı anda kullanılırsa ve su kayıpları önlenirse, 70466.88 L su tasarruf edilmiş olmaktadır ve bu su tasarrufu birçok

insanın su ihtiyacını karşılayabilecek miktardadır. Örneğin; sürdürülebilir şehirlerde kişi başı su tüketimleri 100 L/gün/kişi'dir (Novotny, 2016). Böylece elde edilen bu su tasarrufu 4 kişiden



oluşan 176 ailenin günlük su ihtiyacını karşılayabilmektedir.

Buna ek olarak, 404797.2 kw-h/yıl enerji tasarrufu da birçok ailenin enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Türkiyede yıllık kişi başı enerji tüketimi 2789 kw-h'dur (The World Bank, 2014). Bunun anlamı bu elde edilen enerji tasarrufu 4 kişiden oluşan 36 ailenin yıllık enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir.

Bu çalışma 776 öğrencinin su tüketim verilerine göre yapılmıştır ve bu miktar da ODTÜ kampüsünde yurtlarda yaşayanların yaklaşık %11'ini temsil etmektedir.

## 5 Tartışma

Son yıllarda nüfus artışı, şehirleşme ve ekonomik gelişme gibi sebeplerden dolayı su ve enerji ihtiyacı artmıştır. Ayrıca nedenler su ve enerji sektörlerini birbirlerine bağlı olmaya iten güçlü sebeplerdir. Su ve enerji ilişkileri daha anlaşılır kılmak için detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Su- enerji bağının bütünsel bir şekilde değerlendirmek için ODTÜ Kampüsünde bir çalışma başlatılmıştır. Bu çalışma 'ODTÜ Kampüsünde Sürdürülebilir Yeşil Kampüs Uygulamaları' adlı kapsamlı bir

BAP projesinin bir parçasıdır ve bu proje kapsamında kampüsün belirli noktalarına takılan akıllı su sayaçları sayesinde su tüketimleri gözlenebilmekte ve bu tüketimleri azaltmak için bazı yönetim stratejileri geliştirilebilmektedir. Bu yapılan çalışmada yurdun 9 aylık su tüketim verileri incelenmiş ve bu tüketimin nasıl azaltılabileceği değerlendirilmiştir. Su koruma uygulamaları, su verimliliği uygulamaları ve su kayıplarının önlenmesi su yönetimi stratejileri olarak belirlenmiştir ve bu stratejiler sonucu elde edilecek su tasarrufları hesaplanmıştır. Su koruma ve su verimliliği uygulamaların kullanılması ve su kayıplarının önlenmesi sonucunda % 68.7 oranında su tüketiminde bir azalma sağlanabildiği görülmüştür. Bu su tüketimindeki azalma aynı zamanda enerji tasarrufu ve CO<sub>2</sub> emisyon azalmasını sağlamıştır. Bütün stratejiler için su, enerji tasarrufları ve CO<sub>2</sub> emisyon azalmaları yukarıda hesaplanmıştır. Su koruma ile su verimliliği uygulamalarının beraber kullanılmasıyla 404797.2 kw-h/yıl enerji tasarruf edilmiş ve 242878.3 kg/yıl CO<sub>2</sub> emisyonu azaltılmıştır.





Bu tasarruflar su ve enerji arasındaki ilişkinin büyük önemini ortaya koymuştur. 776 öğrencinin kaldığı bu yurttaki yapılan çalışmada su kullanım alışkanlıklarının değiştirildiği ve daha verimli su teçhizatlarının kullanıldığı varsayıldığında yüksek miktarlarda su ve enerji tasarrufu yapılabildiği görülmüştür. Örneğin; su tüketimini azaltmak için bütün su yönetimi stratejileri uygulandığında elde edilen bu tasarruflar 4 kişiden oluşan 176 ailenin günlük su ihtiyacını, 36 ailenin ise yıllık enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir.

Sonuç olarak, bu hesaplamalar su-enerji nexus ilişkisinin ne kadar önemli olduğunu ve sürdürülebilir gelişme ile yeşil ekonomi için ne kadar gerekli olduğunu kanıtlamaktadır. Buna ek olarak su ve enerji sektörleri entegre bir şekilde değerlendirilmeli ve bu değerlendirme yapılırken de fayda-maliyet, teknik, sosyal ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

### **Teşekkürler:**

Bu çalışmanın dahil olduğu “ODTÜ Kampüsü’nde Sürdürülebilir Yeşil Kampüs Uygulamaları (2013-2016)” (Proje No: BAP-08-11-KB2014K120600-2) adlı proje, ODTÜ tarafından

desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı ODTÜ’ye teşekkür ederiz.

### **Kaynakça**

- Anahtar. (2012). *Dünyada Ve Türkiye’de Sürdürülebilir Kampüs Uygulamaları*, <http://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/dunyada-ve-turkiyede-surdurulebilir-kampus-uygulamaları/53>
- Cornell University. (2013). *Sustainability: Today and Tomorrow*, [http://csc-production.s3.amazonaws.com/2014/04/06/21/20/07/271/PSCC2013Sustainability\\_Today\\_Tomorrow\\_FINAL.pdf](http://csc-production.s3.amazonaws.com/2014/04/06/21/20/07/271/PSCC2013Sustainability_Today_Tomorrow_FINAL.pdf)
- Çakır, N., (2012). *ODTÜ Yüksek Lisans Tezi. Demir ve Çelik Entegre Tesislerinin En İyi Yönetim Uygulamalarının Değerlendirilmesi.*
- Dirksen, A., & Mathur, G. (Tarih yok). *Analysis of UC Davis Cuarto Dorm’s Water Usage and Water Reduction Methods.*, [http://watermanagement.ucdavis.edu/files/9014/2777/3293/MathurGreganaAkana\\_ESM121FinalReport.pdf](http://watermanagement.ucdavis.edu/files/9014/2777/3293/MathurGreganaAkana_ESM121FinalReport.pdf)
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Kalundborg Symbiosis Effective industrial symbiosis*, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/effective-industrial-symbiosis>
- Energy.Gov. (N.D.). *Best Management Practice #7: Faucets And Showerheads.* <http://energy.gov/eere/femp/best-management-practice-7-faucets-and-showerheads>



- EPA. (2016). What is Sustainability?, <https://www.epa.gov/sustainability/learn-about-sustainability#what>
- EPA. (2016). Water-Efficient Showerheads. <https://www3.epa.gov/watersense/products/showerheads.html>
- FAO. (2014). The Water-Energy-Food Nexus. [http://www.fao.org/nr/water/docs/FAO\\_nexus\\_concept.pdf](http://www.fao.org/nr/water/docs/FAO_nexus_concept.pdf)
- Finley, J. W., & Seiber, J. N. (2014). The Nexus of Food, Energy, and Water. <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf501496r>
- Florida State University. (tarih yok). Sustainable Campus. <http://www.sustainablecampus.fsu.edu/>
- International Energy Agency. (2012). Water for Energy Is energy becoming a thirstier resource? [http://www.worldenergyoutlook.org/media/weoewebsite/2012/WEO\\_2012\\_Water\\_Excerpt.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weoewebsite/2012/WEO_2012_Water_Excerpt.pdf)
- Novotny, V. (2011). Holistic approach for distributed water and energy management in the cities of the future. <http://www.aquanovallc.com/wp-content/uploads/2012/01/Novotny-paper-Xian-1.pdf>
- Novotny, V., "Sürdürülebilir Su-Enerji Merkezi Topluluklar", Ders notları, Como, 9-13 Mayıs, 2016
- Plymouth University. (Tarih yok). Our Sustainable Campus. <https://www.plymouth.ac.uk/your-university/sustainability/our-sustainable-campus>
- Smart Grid Awareness.How Smart Water Meters Invade Privacy. (2015, February 13). <http://smartgridawareness.org/2015/02/13/how-smart-water-meters-invade-privacy/>
- Stanford University. (Tarih yok). Sustainability at Stanford. <http://sustainability-year-in-review.com/2015/>
- State of California. (2015). Water-Energy Nexus: Statewide. <http://www.water.ca.gov/climatechange/WaterEnergyStatewide.cfm>
- The World Bank. (2014). Electric power consumption (kWh per capita). [http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?order=wbapi\\_data\\_value\\_2013\\_wbapi\\_data\\_value\\_wbapi\\_data\\_value-last&sort=asc](http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?order=wbapi_data_value_2013_wbapi_data_value_wbapi_data_value-last&sort=asc)
- USCS. (2015). How the campus has managed water. <http://www.ucsc.edu/conserving-water/ucsc-conservation-history.html>
- U.S. Department of Energy. (2014). The Water-Energy Nexus: Challenges and Opportunities. <http://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/06/f16/Water%20Energy%20Nexus%20Report%20June%202014.pdf>



*UTC Water Management Plan. (2014).*

[https://www.uts.edu.au/sites/default/files/WATER\\_MANAGEMENT\\_PLAN.140301.pdf](https://www.uts.edu.au/sites/default/files/WATER_MANAGEMENT_PLAN.140301.pdf)

*Wille, R. F. (2016). Efficient Energy Utilisation.*

<http://greenexchange.se/wp-content/uploads/2016/07/Kalundborg-Symbiosis-40th-anniversary-publication.pdf>

*Wilson, A. (2010). Flushing Out the Ultra Water-*

*Efficient Stealth Toilet.*  
<http://www.finehomebuilding.com/2010/05/25/flushing-out-the-ultra-water-efficient-stealth-toilet>



## SANAYİ BÖLGESİ TOPRAKLARINDA POLİKLORLU BİFENİLLERİN (PCB'LERİN) GİDERİMİ İÇİN FOTOPARÇALAMA UYGULAMALARI

Gizem Eker, Büşra Tandoğan, Aleyna Küçük, Çiğdem Özkan

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059,  
Nilüfer, Bursa

**Özet:** Sunulan çalışmada, sanayi ve tarım kenti olan Bursa'da topraklardaki poliklorlu bifenil (PCB) bileşiklerinin mor ötesi (UV) ışın teknolojisiyle uzaklaştırılabilirliği araştırılmıştır. Fotokatalizör olarak  $TiO_2$  kullanımının ve sıcaklığın UV uygulamalarındaki etkileri belirlenmiştir. Bu kapsamda ilk olarak, çimento sanayi bölgesindeki topraklarda PCB kirlilik seviyesi belirlenmiştir. Toprak, özel olarak tasarlanan düzenekte 24 saatlik periyotlarla PCB giderim uygulamalarına tabi tutulmuştur. 24 saatlik UV-C uygulamaları sonunda topraktaki  $\sum_{64}$  PCB miktarının 18 °C ve 30 °C'de sırasıyla %45 ve %61 oranında azaldığı tespit edilmiştir.  $TiO_2$  içermeyen örneklerde gerçekleştirilen UV uygulamalarında, sıcaklığın 18 °C'den 30 °C'ye çıkması PCB giderimini kolaylaştırmış ve toplam PCB gideriminde %20'lik artış sağlanmıştır. 18 °C 'deki UV- $TiO_2$  uygulamalarında en yüksek PCB giderimi (%67 giderim) %10  $TiO_2$  ilavesiyle elde edilmiştir. 30 °C 'de ise en yüksek giderim %1  $TiO_2$  içeren örneklerde %71 olarak hesaplanmıştır.  $TiO_2$ 'nin fotokatalizör olarak kullanımının PCB'lerin fotoparçalanma oranlarını arttırdığı bulgulanmıştır. Diğer bir deyişle  $TiO_2$ 'nin, topraktaki PCB'lerin fotoparçalanma yoluyla gideriminde etkili bir fotokatalizör olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak, PCB, UV-C,  $TiO_2$ , Sıcaklık

## PHOTODEGRDATION APPLICATIONS FOR POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBS) REMOVAL FROM INDUSTRIAL SOILS

**Abstract:** In the present study, it was investigated the possibility of removal of polychlorinated biphenyl (PCB) compounds in the soil by ultraviolet (UV) radiation technology in Bursa, which is an industrial and agricultural city. The use of  $TiO_2$  as a photo-catalyst and the effects of temperature on UV applications have been determined. In this content, PCB contamination level was determined in the soil the cement industry area. The soil was subjected to PCB removal applicatilons for 24-hour periods in specially designed device. Experiments were carried out simultaneously at two different temperatures at 18 °C and 30 °C. After UV-C



application, the amount of  $\Sigma_{64}$  PCB in the soil decreased by 45% and 61% at 18 °C and 30 °C respectively. For UV applications in TiO<sub>2</sub>-free samples, increasing the temperature from 18 °C to 30 °C, facilitated PCB removal and resulted in a 20% increase in total. The highest PCB removal ratio (67% removal) in UV-TiO<sub>2</sub> applications at 18 °C was obtained with the addition of 10% TiO<sub>2</sub>. At 30 °C, the highest value was 71% for samples containing 1% TiO<sub>2</sub>. It was found that the use of TiO<sub>2</sub> as a photocatalyst increases photodegradation ratios of PCBs. In other words, TiO<sub>2</sub> was seen found to be an effective photocatalyst in the photodegradation applications PCBs in the soil.

**Key words:** Soil, PCB, UV-C, TiO<sub>2</sub>, Temperature

## 1.GİRİŞ

Yirminci yüzyılın ortalarına doğru hızlı nüfus artışı ile birlikte, tarım ve diğer alanlardaki sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesine paralel olarak, toprak kirliliği artmaya başlamıştır (Gülçiçek,2011). Toprak, yapısı itibari ile hava ve suya göre tamponlama gücü daha fazla olan bir materyal olduğundan kirliliğin fark edilmesi zaman almaktadır (Dönmez,2012). Toprak Özellikle PCB gibi yarı uçucu organik bileşiklerin (YUOB'lerin) durak yeridir.

PCB'ler, 209 farklı konjenerden oluşan, klorlu bifenil molekülü içeren bir bileşik sınıfıdır (Beaudette, 1998). PCB teknik karışım bileşenlerinin az bir kısmı, yaklaşık 80-100 PCB bileşeni doğada mevcuttur (Maervoet, 2004). PCB bileşenleri kokusuz, tatsız, soluk sarı renktedir. Bunlar, klor gazı ile bifenilin,

elektrofilik klorlanması ile oluşturulur. PCB'lerin klorlama derecesi arttıkça kaynama noktası artmakta buharlaşma, buharlaşma basıncı ve çözünürlük derecesi azalmaktadır. Klor sayısı arttıkça benzen halkasına bağlı olan klorların kimyasal bağlarının koparılması için gereken enerji miktarı fazla olacaktır. Bu nedenle (2+3), (4+5), (6+7), (8+9) klor bağı olan PCB'lerin giderimi daha zordur. PCB'ler, yağ oranı yüksek besinlerle, yüzey toprakları, içme suyu ve yer altı suyuyla, kapasitör ve elektrikli ekipman üretim yerleri, kondansatör fabrikaları, trafoların yerleştirilmesi ve tamiri yapılan kapalı ortamlar gibi çalışma yerlerinde inhalasyon ve deri yoluyla vücuda alınabilirler (Koğu, 2013). Dermal toksisite, bağışıklık sistemi toksisitesi, endokrin yapısında bozukluklar ve kanserojen etkiler bu toksik bileşiğin



sebebi olduğu başlıca hastalıklardır (USEPA, 2001).

PCB giderimi için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu çalışmada topraklardaki PCB giderimi için fotoparçalanma yöntemi seçilmiştir. Foto-parçalanma, parçalanabilir moleküllerin doğal/yapay ışınları absorbe etmesiyle daha küçük parçalara ayrılması sürecidir. Güneş ışığıyla foto parçalanma birçok organik kirleticilerin gideriminde etkili olan doğal bir arıtma sürecidir (Sawney 1986). Fotoparçalanma uygulamaların-da güneş ışığına nazaran çok daha yüksek enerjili olan UV ışınları da kullanılabilir. PCB'lerin UV ışınlarıyla giderimi konusunda yapılan çalışmalardan birinde UV ışığı altında  $TiO_2$  fotokatalizörü ile kirlenmiş toprağın remediasyonu araştırılmıştır (Zhu ve ark.,2012). Huang ve Hong (2000) tarafından yapılan çalışmada, topraktaki PCB'ler,  $TiO_2$  yüzeyinde serbest bırakılabilir ve anyonik florlanmış yüzey aktif madde içeren bir dispersiyonda etkin şekilde foto-parçalanmaya uğramıştır. Başka bir çalışmada, PCB gibi YUOB grubunda yer alan PAH'ların arıtma çamurlarından UV uygulamalarıyla giderilebilirliği araştırılmıştır. UV-  $TiO_2$

uygulanması ile çamurda %95 oranında PAH giderimi sağlanmıştır (Karaca ve Taşdemir, 2012).

Son yıllarda sanayileşme bakımından hızlı ilerleme kaydeden ülkemizde, çevre kirliliği ile ilgili sorunlar kendini belirgin bir şekilde hissettirmeye başlamıştır. Özellikle sanayinin büyük gelişmeler gösterdiği Bursa ve çevresinde bu sorunları bir arada görmek mümkündür. Bursa'da çeşitli dallarda faaliyet gösteren toplam 223 adet sanayi kuruluşu vardır (Günşen ve Anar, 2000). Sanayide kullanılmak üzere bugüne kadar üretilmiş olan PCB bileşiklerinin %50'si kapasitör ve transformatörlerde,%30'u plastikleştirici materyallerde, %15'i ısı transfer sıvılarında %12 kadarı hidrolik akışkanlarda, kayganlaştırıcılarda, mürekkeplerde ve yapıştırıcılarda kullanıldığı tahmin edilmektedir (Çok, 2014).

Bu çalışmada, Türkiye'nin 4. büyük şehri olan Bursa ilinde çimento sanayinin yer aldığı bölgedeki topraklarda PCB'lerin fotoparçalamayla giderimi araştırılmıştır. Bu kapsamda foto-katalizör olarak  $TiO_2$  kullanılmıştır.  $TiO_2$  dozu ve ortam sıcaklığının PCB'lerin giderimine etkileri belirlenmiş



ve herbir PCB homolog grubu için giderim verimleri tespit edilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Toprak Örnekleme ve PCB Giderim Çalışmaları

Bursa ilinin Kestel ilçesindeki çimento fabrikasının yanında bulunan yaklaşık 10 m<sup>2</sup>'lik bir alan içerisinde 0-5 cm'den yüzey toprak örneği alınmıştır. Örnek içinden büyük taşlar ve bitkiler ayıklanarak alüminyum folyoya sarılmış, hava sızdırmaz plastik poşetlere konulmuştur. Laboratuvara getirilen örnek paslanmaz çelikten yapılan spatulalarla 10 dakika kadar karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Örnek 2 mm'lik elekten elendikten sonra 10 g PCB ön analiz işlemleri için, 15 g pH ölçümü için, 10 g katı madde (KM) tayini için tartılmıştır. Örnekler kurutulmadan PCB ön analiz işlemlerine tabi tutulmuştur.

Çimento sanayinin yakınından alınan toprak örneklerindeki PCB'lerin giderimi için çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmiş bu kapsamda toprak örnekleri 24 saat boyunca özel olarak tasarlanan bir düzenekte bekletilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan düzenekle ilgili

detaylı bilgilere Karaca ve Taşdemir (2012) çalışmasından ulaşılabilir. İlk grupta, topraklar cam petri kabına serilmiş ve herhangi bir katkı maddesi ilave edilmemiştir. Diğer örnek gruplarında ise toprak kuru ağırlığının sırasıyla %1, %10 ve %20'si kadar TiO<sub>2</sub>, eklenen topraklarla PCB giderim çalışması yapılmıştır. Işık kaynağı olarak UV-C kullanılmıştır. TiO<sub>2</sub>'in yüzey alanı  $\approx 50$  m<sup>2</sup>/g olup ortalama partikül çapı 20 nm, yoğunluğu 0,1 g/cm<sup>3</sup> ve pH'ı 4'tür. Tüm PCB giderim çalışmaları ik farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir (18 °C ve 30 °C). Her bir PCB giderim uygulaması sonunda toprakta kalan PCB konsantrasyonu ve toprağın başlangıçtaki PCB konsantrasyonu dikkate alınarak %PCB giderim verimleri hesaplanmıştır.

### 2.2. Ekstraksiyon ve Diğer Ön İşlemler

Elekten geçirilen 10 g toprağa hacimce 1/1 oranında Diklometan/Petroleteri (DCM/PE)'den oluşan 35 mL'lik solvent karışımı ilave edilmiştir. Ekstraksiyon öncesinde örneklere 4 ng/mL standart PCB Mix A verim standardı eklenmiştir. Örnekler orbital çalkalayıcıda yaklaşık 5 saat çalkalanmıştır. Ekstraksiyon işlemi





(30 dakika) ultrasonik banyoda yapılmıştır. Bu süre sonunda cam elyaf filtreden süzölmüştür. Şişede kalan toprağın üzerine 25 mL DCM/PE (1/1) eklenip ikinci kez 30 dakikalık ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstrakt tekrar süzölerek bir önceki ile birleştirilmiştir. Döner buharlaştırıcı (30 rpm, 25 °C) kullanılarak solvent değişimi yapılmıştır. Burada, örnek hacmi iki aşamada 5 mL'ye düşürölmüş ve PCB'lerin Hegzan (HEX) içine alınması sağlanmıştır. Örneğe 5 mL'lik HEX eklenip hacim 2 mL'ye düşürölmüştür. Bundan sonraki aşama fraksiyonlarına ayırmadır. Fraksiyonlarına ayırma kolonu aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla cam yünü, 3 g deaktive silisik asit, 2 g deaktive alümina ve 1 cm aktive sodyum sülfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) içerir. Kolon, sırasıyla 20 mL DCM ile 20 mL PE geçirilerek temizlenmiştir. 2 mL'lik örnek kolondan geçtikten sonra 5 mL PE ilave edilmiştir. Ardından 30 mL PE kolona ilave edilerek PCB fraksiyonu toplanmıştır. PCB örnekleri %97'lik sülfirik asitle (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) asitlendirilmiş ve hacim azot gazıyla 1 mL'ye indirilerek Gaz Kromatografisi-Elektron Yakalama Dedektörü (GC-ECD) cihazında analiz edilmek üzere viallere alınmıştır.

### 2.3. GC-ECD'de PCB Analizi

PCB ölçümleri HP 7890A GC-ECD(Hewlett-Packard, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sırasında kullanılan sıcaklık programı: fırın sıcaklığı 70 °C'de (2 dak), rampa hızı 25 °C/dk ile 150 °C'ye, 3 °C/dk ile 200 °C'ye, 8 °C/dk'da 280 °C'ye yükseltilmiş ve 8 dk. 280 °C'de bekletilmiştir. Rampa hızı 10 °C/dk ile 300 °C'ye yükseltilip ve 2 dk. 300 °C'de bekletilmiştir. Enjektör giriş sıcaklığı 250 °C ve dedektör sıcaklığı ise 320 °C'de tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak helyum gazı ve yüksek saflıkta azot gazı, helyum ile birlikte temel bir gaz olarak kullanılmıştır. Bu gazın akış hızı 1.9 mL/dakika olarak belirlenmiştir. Kolon olarak DB5-MS, (30 m x 0.250 mm x 0.25 um) kullanılmıştır.

### 2.4. Kalite Güvenilirliği ve Kalite Kontrol

Toplam örnek sayısının %10'u kadar şahit alınarak örnekleme ve diğer işlemler sırasında herhangi bir kirlenmenin olup olmadığı tespit edilmiştir. Örnekleme sırasında 10 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içeren amber renkli şişenin ağzı açık tutularak şahit örnekleri alınmıştır.



Toprak örneklerine uygulanan tüm işlemler şahitlere de uygulanmıştır.

GC-ECD'de ölçülen PCB konsantrasyonları verim standardına göre düzeltilmiştir. Her bir PCB türü için belirlenme sınırları (LOD) şahitlerin ortalamasına 3 standart sapma eklenerek hesaplanmıştır. (Stevens ve ark., 2003; Taşdemir ve ark., 2004). LOD'den küçük olan sonuçlar hesaplamalarda kullanılmamıştır. Ardından, şahit çıkarımı ile katı madde düzeltmesi yapılmıştır. Toprak örneklerindeki PCB konsantrasyonları ng/g KM biriminde verilmiştir.

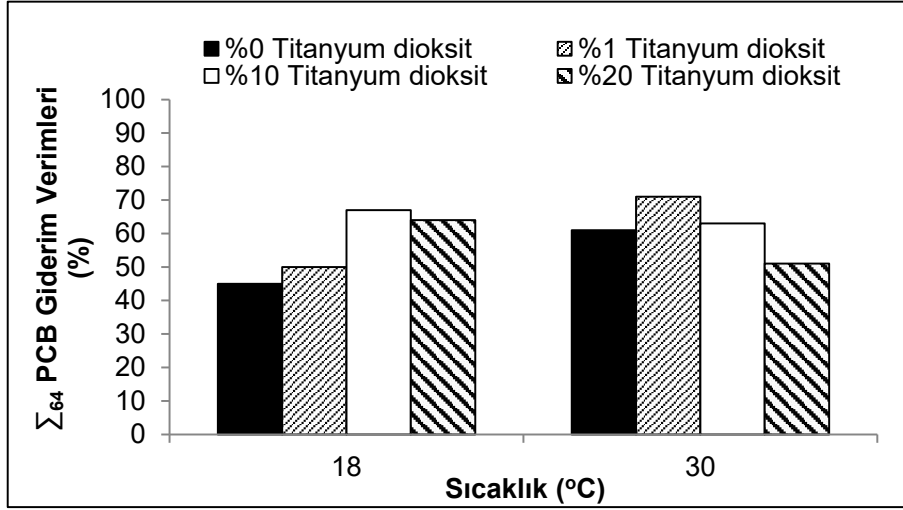
### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1.UV Uygulamalarında $\sum_{64}$ PCB Giderimi

PCB giderim uygulamaları öncesinde topraktaki  $\sum_{64}$  PCB türü için konsantrasyon değeri 17 ng/g KM olarak ölçülmüştür. UV ışınlarından yararlanılarak topraktaki PCB 'ler giderilmeye çalışılmıştır. UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-C (200-280 nm) olmak üzere 3 dalga boyu aralığına sahip UV ışığı mevcuttur (Özyılmaz, 2015). UV-C ışığı kısa dalga boylu ve yüksek enerjili olduğu için bu çalışmada tercih edilmiştir. PCB

miktarının UV-C uygulamalarıyla 18 °C ve 30 °C'de sırasıyla %45 ve %61 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Sıcaklığın 12 °C artmasıyla giderilen toplam PCB oranında %16'lık artış olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklığın artması PCB giderimini kolaylaştırmıştır. Sıcaklık artışıyla, fotoparçalanma hızının ve buharlaşmanın arttığı kanaatine varılmıştır. Li-hong ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada sıcaklık, toprak tane boyutu, katalizör ve UV dalga boyu gibi parametreler izlenmiş ve sıcaklık artışı ile PCB giderim veriminin arttığı gözlemlenmiştir. UV-C uygulamalarında toprağa %1, %10 ve %20 oranında TiO<sub>2</sub> ilavesi yapılmıştır. Toplam PCB giderim verimleri Şekil 1'de verilmiştir.

18 °C'de %1, %10 ve %20 oranlarında TiO<sub>2</sub> kullanıldığında sırasıyla %50, %67 ve %64 oranlarında  $\sum_{64}$  PCB giderimi sağlanmıştır. 30 °C'de ise bu değerlerin sırasıyla, %71, %63, %51 olduğu tespit edilmiştir.



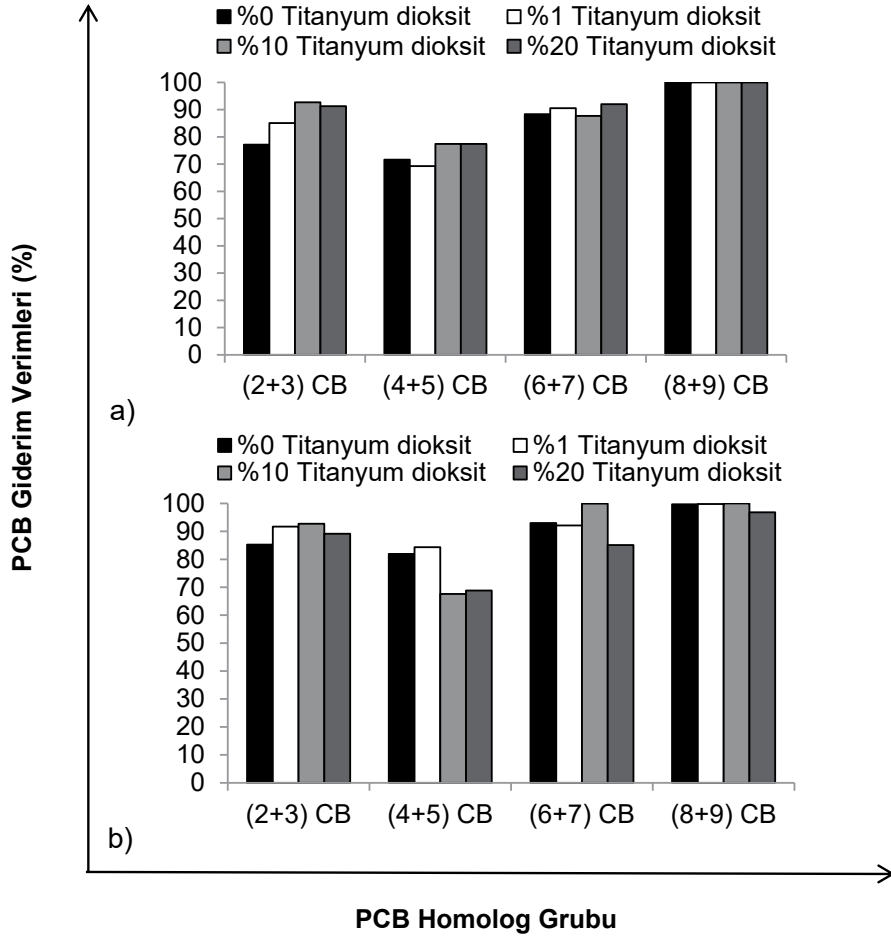
**Şekil 1.** UV Uygulamalarında Σ<sub>64</sub> PCB Giderim Verimleri

En yüksek giderim verimi 30 °C' de %1 TiO<sub>2</sub> içeren örnekte elde edilmiştir. TiO<sub>2</sub> dozu %10'un üzerinde olduğunda PCB giderim verimi düşmüştür. Benzer şekilde Salihoğlu ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada YUOB grubunda yer alan PAH'ların çamurdan gideriminde TiO<sub>2</sub> dozunun %0,5'ten %20'ye çıkmasıyla PAH giderim verimlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Krauss ve Wilcke (2002) tarafından yapılan çalışmada, toprak türlerine (siltli kum, alüvyonlu kum vb.) bağlı olarak giderilen PCB miktarındaki değişim incelenmiş, TiO<sub>2</sub> ilavesiyle PCB gideriminin arttığı görülmüştür. Sunulan çalışma için TiO<sub>2</sub> dozunun %10'dan düşük seçilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

### 3.2. UV Uygulamalarında TiO<sub>2</sub> Kullanımının PCB Giderimine Etkisi

Toprak kuru ağırlığının %1, %10 ve %20 oranında TiO<sub>2</sub> eklenerek UV-C uygulamalarına tabi tutulan örneklerde PCB'lerin farklı homolog gruplarının giderim verimleri aşağıdaki şekilde (Şekil 2) gösterilmiştir.

18° C' de % 0, %1, %10 ve %20 oranlarında TiO<sub>2</sub> katalizörüyle (2+3) CB'li PCB homolog grubu sırasıyla %77, %85, %92 ve %91 verim; (4+5) CB'li PCB homolog grubu sırasıyla %72, %69, %77 ve %77 verim; (6+7) CB'li PCB homolog grubu sırasıyla %88, %91, %81 ve %92 verim ve (8+9) CB'li PCB homolog grubunun ise tüm TiO<sub>2</sub> dozlarında %100 verim ile giderilmiştir. 30 °C' de % 0, %1, %10 ve %20 oranlarında TiO<sub>2</sub> katalizörü uygulandığında ise (2+3) CB'li PCB



**Şekil 2.** UV Uygulamalarında TiO<sub>2</sub>'nin PCB Giderimine Etkisi a)18 °C b)30 °C

homolog grubu sırasıyla %85, %92, %93 ve %89 verim; (4+5) CB'li homolog grubu sırasıyla %82, %84, %67 ve %68 verim; (6+7) CB'li homolog grubu sırasıyla %93, %92, %100 ve %85 verim; (8+9) CB'li homolog grubu ise %100, %100, %100 ve %96 verim ile giderilmiştir. Her iki sıcaklıkta gerçekleştirilen UV-C uygulamalarında, TiO<sub>2</sub> içermeyen örneklerde dahi (8-9) CB'li türlerin

tamamının topraktan giderildiği görülmüştür. TiO<sub>2</sub> içeren örneklerde de bu grup için giderim verimlerinin %100 olduğu (30 °C, %20 TiO<sub>2</sub> hariç) tespit edilmiştir. Bu sonuçlar çok klorlu PCB'lerin UV ışınlarını az klorlu olanlara nazaran daha kolay absorbe ettiğini düşündürmüştür. Nitekim, çeşitli araştırmalar PCB gibi YUOB grubunda yer alan PAH'lar için benzer bulgular elde etmiş ve ağır PAH türlerinin UV ışınları daha kolay absorbe ettiğini ve buna bağlı olarak katı matrislerden daha kolay giderildiğini vurgulamıştır



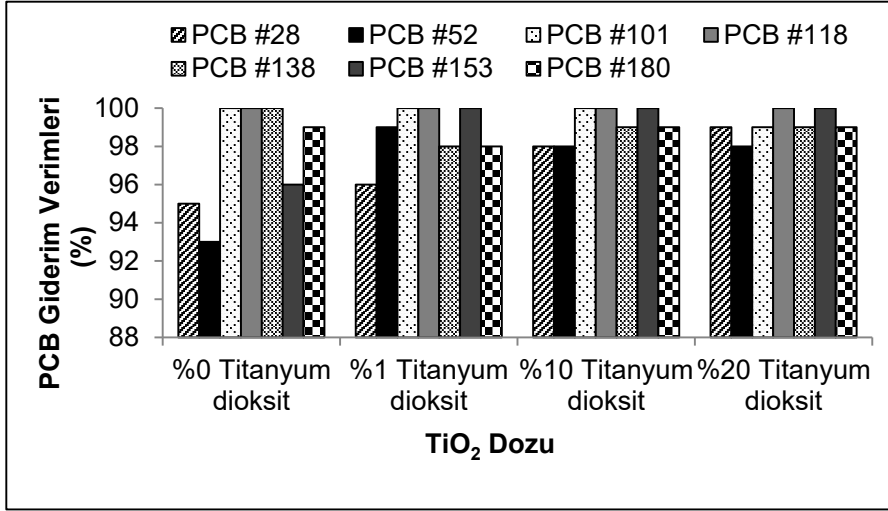
(Guieysse ve ark. 2004; Zhang ve ark. 2008; Salihoğlu ve ark. 2012). 18 °C 'de en yüksek giderim verimi (8+9) CB'li homolog grubuna ait iken en düşük oranda giderilen (4+5) CB'li homolog gruptur. 30 °C 'de %10 TiO<sub>2</sub> uygulandığında sıcaklığın artmasıyla birlikte (6+7) CB'li homolog grubunun giderim verimi artmıştır. %20 TiO<sub>2</sub> dozunda sıcaklığın artmasıyla giderim verimi düşmüştür. (4+5) CB'li homolog grubunda %10 ve %20 TiO<sub>2</sub> dozlarında yüksek sıcaklıkta daha düşük giderim verimi elde edilmiştir.

### 3.3. UV Uygulamalarında 7-Dutch PCB Türlerinin Giderim Verimleri

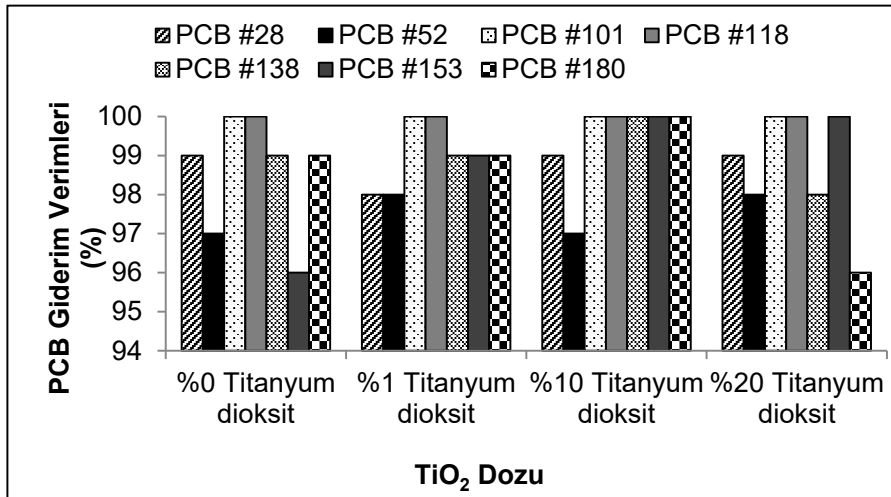
Toprak kuru ağırlığının %1, %10 ve %20'si kadar TiO<sub>2</sub> ilave edilen örneklere 24 saatlik UV uygulamaları sonunda 7-Dutch PCB türleri için elde edilen giderim verimleri Şekil 3'te verilmiştir.

TiO<sub>2</sub> kullanımı 7 PCB türünden bazılarının giderimlerini arttırmıştır. PCB 101 ve PCB 118 türleri TiO<sub>2</sub>'nin hemen tüm dozları için her iki sıcaklıkta %100 oranda giderilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde TiO<sub>2</sub> içeren örneklerde PCB giderim verimlerinin sıcaklığın yükselmesiyle genel olarak arttığı (%10 TiO<sub>2</sub> hariç) görülmektedir. Katalizör eklenmeden UV-C uygulaması

yapıldığında ise sıcaklık artışının 7-Dutch'ın giderimine kayda değer katkısı olmamıştır. 18 °C de %0 TiO<sub>2</sub> uygulandığı durumda PCB 52 türünün verimi %93'tür. 12 °C' lik sıcaklık artışıyla birlikte verim %97'ye ulaşmıştır. PCB 153 türünün %0 TiO<sub>2</sub> için giderim verimi değeri %96'dır. %1 TiO<sub>2</sub> kullanımıyla verim %100'e yükselmiştir, %10 ve %20 dozları uygulandığında da bu değer sabittir. TiO<sub>2</sub> belli ışınları absorbladığında negatif yüklü elektronlar ile pozitif yüklü hücreler çiftinin (elektronlar (e<sup>-</sup>) ve hücreler (h<sup>+</sup>)) oluştuğu bilinmektedir (Fujishima ve ark., 1999). Pozitif hücre, su moleküllerini parçalayarak hidrojen gazı ve hidroksil radikale (OH<sup>·</sup>) dönüştürür (Dhol, 2005; Quan ve ark., 2005). OH<sup>·</sup> radikalleri organik bileşikleri parçalar (Quan ve ark., 2005). Buna ilave olarak iletim bandındaki elektron O<sub>2</sub> ile reaksiyona girerek süperoksit anyonik radikalini (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) oluşturur (Hoffman ve ark. 1995). Bu radikal de organiklerin parçalanma sürecine katkı koyar. Bu çalışmada, TiO<sub>2</sub> varlığında oluşması muhtemel radikallerin gerek 7-Dutch türleri gerekse diğer PCB'ler için etkin bir fotoparçalama sağladığı tespit edilmiştir.



a)



b)

**Şekil 3.** UV-TiO<sub>2</sub> Uygulamalarında 7-Dutch Türlerinin Giderimleri a)18 °C  
b)30 °C

#### 4. SONUÇLAR

Sunulan çalışmada, sanayi ve tarım kenti olan Bursa'da topraklardaki PCB bileşiklerinin UV ışın teknolojisiyle uzaklaştırılabilirliği araştırılmıştır. Bu

çalışmada elde edilen en önemli sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- $\sum_{64}$  PCB miktarının UV-C uygulamalarıyla 18 °C ve 30 °C' de sırasıyla %45 ve %61 oranında azaldığı tespit edilmiştir.
- UV uygulamalarının bazılarında sıcaklık artışıyla, fotoparçalanma hızının ve buharlaşmanın artmasına



bağlı olarak PCB gideriminin kolaylaştığı kanaatine varılmıştır.

- UV uygulamalarında toprağa %1, %10 ve %20 oranında fotokatalizör (TiO<sub>2</sub>) ilavesi yapılmış ve %71'e varan  $\sum_{64}$  PCB giderimi sağlanmıştır. TiO<sub>2</sub> dozunun % 10 ve üzeri olduğu durumlarda PCB giderim verimi düşmüştür. Fazla TiO<sub>2</sub> kullanımının ışık saçılmasına sebep olduğu düşünülmektedir.
- TiO<sub>2</sub> içermeyen örneklerde (8-9) CB'li türlerin tamamının topraktan giderildiği görülmüştür. TiO<sub>2</sub> içeren örneklerde de bu grup için giderim verimlerinin %100 olduğu (30°C, %20 TiO<sub>2</sub> hariç) tespit edilmiştir.
- UV uygulamalarında 7-Dutch PCB türlerinin giderim verimleri incelendiğinde PCB 101 ve PCB 118 türleri TiO<sub>2</sub>'nin hemen tüm dozları için her iki sıcaklıkta %100 oranda giderilmiştir. UV uygulamalarında 7-Dutch PCB için giderim verimleri 18 °C ve 30 °C'de sırasıyla %93 ve %97'dir. Katalizör eklenmeden UV-C uygulaması yapıldığında sıcaklık artışının 7-Dutch'ın giderimine katkısı olmamıştır.
- PCB 153 türünün %0 TiO<sub>2</sub> olduğu durumda verimi %96'dır. %1 TiO<sub>2</sub> eklemesi yapıldığında verim %100'e yükselmiştir, %10 ve %20 dozları

uygulandığında da bu değer sabit kalmıştır (%100). Bu çalışmada, TiO<sub>2</sub> varlığında oluşan radikallerin 7-Dutch ve diğer PCB türleri için etkin bir fotoparçalama sağladığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak UV-C uygulamalarında TiO<sub>2</sub>'nin etkin bir fotokatalizör olduğu görülmüştür. Bu çalışma sınırlı bir alanda gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler ile PCB'lerin giderimi konusunda bir fikir sahibi olunmaya çalışılmıştır. Konuyla ilgili daha detaylı değerlendirmeler yapabilmek için özellikle sanayi ve kentsel yerleşim bölgelerindeki topraklarda PCB kirlenmesi ve bu kirliliğin giderilmesi ile ilgili daha kapsamlı çalışmalar yapılması gerekmektedir.

## TEŞEKKÜRLER

Gamze Dindar 'a ve Kübra Ünal 'a, laboratuvar aşamasındaki özverili çalışmaları için teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Beaudette, L.A., Davies, S., Fedorak, P.M., Ward, O.P., Pickard, P.A., 1998, Comparaison Of Gas Chromatography And Mineralization Experiments For Measuring Loss Selected Polychlorinated Biphenyl Congeners In Cultures Of White Rot Fungi, Applied and





- Environmental Microbiology, Vol.64, pp. 2020–2025.
- Çok , 2014, Poliklorlu Bifenil (PCB)'in (PCB)'In İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri", Gazi Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, F.Toksikoloji Anabilim Dalı.
- Dhol, A.S., 2005, An Investigation of a Photochemical Approach for the Remediation of PCB-Contaminated Soils, Degree of Master of Science in Engineering, University of Calgary.
- Dönmez,G.B., 2012, Toprak Örneklerinde Poliklorlubifenil (PCB) Kirliliğinin Araştırılması Ve Yasal Sınır Değerlerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi.
- Fujishima, A., Hashimoto, K. ve Watanabe, T., 1999, TiO<sub>2</sub> Photocatalysis, Fundamentals and Applications, BKC, Inc Publishers, Japan.
- Guieysse, B., Viklund, G., Toes, A.C. ve Mattiasson, B., 2004, Combined UV-Biological degradation of PAHs, Chemosphere, Vol. 55, pp. 1493-1499.
- Gülçiçek G., 2011, Topraktaki Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) İçin Sınır Değerlerin Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2011.
- Günşen, U.,Anar,Ş., 2000, " Bursa ' da Faaliyet Gösteren Sanayi Kuruluşlarının Kirlenici Etkilerinin Araştırılması" SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi ,7.
- Hoffman, M.R., Martin, S.T., Choi, W. ve Bahnemann, D.W., 1995, Environmental Application of Semiconductor Photocatalysis, Chemical Reviews, Vol.95, pp. 69-96.
- Huang ve Hong., 2000 TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Degradation of PCBs In Soil-Water Systems Containing Fluoro Surfactant.
- Karaca G. ve Tasdemir Y., 2012, Gıda Çamurlarındaki PAH'ların UV Ve TiO<sub>2</sub> İle Giderimi Sırasında Havaya Geçişleri, Department Of Environmental Engineering, Faculty Of Engineering & Architecture, Uludag University, 16059, Nilüfer/Bursa, Türkiye.
- Koğu ,C., 2013, Poliklorlu Bifeniller'in Toksikitesi ve Sağlık Üzerine Etkileri, Erciyes Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı Bitirme Ödevi.
- Krauss, M., Wilcke, W., 2002, Photochemical Oxidation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Soil – A Tool To Assess Their Degradability, Institute of Soil Science and Soil Geography, University of Bayreuth, Germany.
- Li-hong ,Z., 2006, 'Photochemical Behavior Of Benzo[A]Pyrene On Soil Surfaces Under UV Light Irradiation , J Environ Sci (China), Vol. 18, pp.1226-1232.
- Maervoet, J., Covaci, A., Schepens, P., Sandau, C.D., Letcher, R.J., 2004,"A Reassessment Of The Nomenclature Of Polychlorinated Biphenyl (PCB) Metabolites", Environ. Health Perspect., 112: 291–294.
- Özyılmaz,Ü., 2015, Fitopatoloji Laboratuvarında Sterilizasyon Ve Dezenfeksiyon Yöntemleri, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt 12.
- Salihoglu N.K., Karaca G., Salihoglu G. ve Tasdemir Y., 2012,'Removal Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons From Municipal Sludge Using UV



- Light, Desalin Water Treat, Vol. 44, pp. 324-333.
- Stevens, J., Northcott, G.L., Stern, G.A., Tomy, G.T., Jones, K.C. 2003. PAHs, PCBs, PCNs OCPs, Synthetic Musks, and Polchlorinated N-alkanes in U.K. Sewage Sludge: Survey Results and Implications, Environ. Sci.Techno., Vol. 37, pp. 462-467.
- Taşdemir, Y., Odabaşı, M., Vardar, N., Sofuoğlu, A., Murphy, T.J., Holsen, T.M. 2004. Dry Deposition Fluxes and Velocities of PCBs Associated with Particles, Atmosp. Environ., Vol. 38, pp.2444-2456.
- USEPA, 2001, <http://witoutpcb.blogspot.com.tr/p/pcb-nin-etkileri-effects-of-pcb.html>
- Wang, Y., Liu, C.S., Li, F.B., Liu, C.P. ve Liang, J.B., 2009, Photodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbon pyrene by iron oxide in solid phase, Journal of Hazardous Materials, Vol. 162, pp. 716–723.
- Quan, X., Zhao, X., Chen, S., Zhao, H., Chen, J., ve Zhao, Y., 2005, Enhancement of p, p'- DDT Photodegradation on Soil Surface Using TiO<sub>2</sub> Induced by UV-light. Chemosphere, Vol. 60, pp. 266-273.
- Zhou X., Zhou, D., Wang, Y., Cang, L., Fang, G., Fan J., 2012, Remediation of Polychlorinated Biphenyl-Contaminated Soil By Soil Washing And Subsequent Tio2 Photocatalytic Degradation", J. Soils Sediments Vol. 12, pp.1371–1379.



tmmob  
çevre mühendisleri odası

---

## ÇBT YAZIM KURALILARI

1. Çevre Bilim Teknoloji (ÇBT) dergisinde yayımlanmak üzere araştırma makaleleri kabul edilmektedir.
2. Derginin yazım dili Türkçe'dir. Sadece Abstract kısmında İngilizce kullanılmalıdır.
3. Dergiye gönderilecek makaleler özel boyutlarda (195x275) kâğıtlara 1,5 aralıkla ve 12 punto Arial karakteriyle yazılmalıdır.  
Makale uzunluğu 8.000 sözcüğü aşmamalıdır.
4. Özet ve Abstract kısımları Giriş Bölümü'nden önce verilmelidir. 100 -150 sözcük arasında ve somut bulguları özetler nitelikte hazırlanmalıdır.
5. Anahtar Sözcükler, en fazla altı sözcükten oluşmalı ve Türkçe ve İngilizce olarak Özet ve Abstract kısmının sonuna eklenmelidir.
6. Metin içerisinde kullanılan kısaltma ve semboller Özet ve Abstract kısmından sonra Giriş bölümünden önce liste halinde verilmelidir. Örneğin:  
TEİAŞ Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu  
UNSD United Nations Statistics Division
7. Makalede incelenen konunun yeri, önemi, çalışmanın amacı kısaca açıklandıktan sonra bu konuda daha önce yapılan çalışmalara atıfta bulunulmalı ve makaledeki konunun hangi boşluğu dolduracağı, katkısının ne olacağı belirtilmelidir. Bu bölümde, genel ve makale ile ilgili az bilgilerin verilmemesine özen gösterilmelidir.
8. Yapılan çalışma, ilgili literatür ışığında irdelenmeli ve sonuçlar kritik edilmelidir.
9. Yapılan çalışmada kullanılan yöntem/yöntemler açık ve net ifadeler ile belirtilmeli, ilgili kaynaklar verilmelidir.
10. Uzun literatür ve/veya altyapı bölümlerinden kaçınılmalıdır.
11. Çalışmada elde edilen sonuçlar yalın bir şekilde ifade edilmelidir.
12. Çalışma ile ilgili bir teşekkür yazılacak ise (destekleyen kurumlara veya yardımda bulunan kişilere) kaynaklar kısmından önce verilmelidir.
13. Makalelerde son bölüm olarak, atıfta bulunulan daha önceki çalışmaların bir listesini içeren kaynaklar bölümü olmalıdır.
14. Metin içerisindeki atıflar yazar isimleri ve tarihini belirtir şekilde, örneğin İngilizce ise (Angelidaki and Ahring, 1995), Türkçe ise (Aslanoğlu ve Aydınalp, 2011) olarak yapılmalıdır. Üç ya da daha fazla yazarlı çalışmalara atıflar, metin içerisinde İngilizce ise çalışma (Angelidaki and Ahring, 1995; Bhattacharya et al., 1996) şeklinde noktalı virgül ile ayrılmalıdır.
15. Kaynaklar bölümünde atıfta bulunulan çalışmalar yazarların soyadlarına göre alfabetik olarak sıralanmalı ve atıfta bulunulan her çalışma için çalışmanın yazarları, ismi, yayımlandığı dergi, cilt, sayı ve sayfa numarası ile birlikte yayımlanma yılı; internet kaynakları için vweb adresi ve erişim tarihi belirtilmelidir. Ayrıca aynı web adresinden aynı yıla ait birkaç atıfta bulunulacak ise metin içerisindeki sırasına göre örneğin TÜİK, 2010a; TÜİK, 2010b, şeklinde yazılmalıdır. Aşağıda Kaynaklar yazımına dair birkaç örnek verilmektedir:

Randall, A.W. and Dague, R.R., 1996, Enhancement of Granulation and Start-Up in the Anaerobic Sequencing Batch Reactor, Water Environment Research, Vol. 68/5, pp. 883 - 892. Snoeyink, V.L. and Jenkins, D., 1980, Water Chemistry, John Wiley & Sons, New York. Çöp Hizmetleri Yönetimi, 2001, Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü - TODAİE, Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi, No: 11, Ankara. Devlet Planlama Teşkilatı, 1998, Ulusal Çevre Eylem Planı, DPT Yayınları, Ankara.

TÜİK, 2010, Türkiye Sera Gazı Emisyon Envanteri, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?tb\\_id=10&ust\\_id=3](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?tb_id=10&ust_id=3), Erişim Tarihi: 03.04.2010.

Kamu Yönetimi "Reformu", 2005, Bölge Kalkınma Ajansları Yasa Tasarısı Sempozyumu, YAYED-TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.

16. Yazarı belli olmayan kaynaklarda belge adı ilk önce yazılmalı, daha sonra tarih, yayımcı veya belgenin alındığı eser, rapor ya da web sitesi belirtilmelidir.
17. Şekil ve Çizelgeler metin içerisinde uygun yerlere numaralandırılarak yerleştirilmelidir. Atıf yapılması gereken durumlarda ana metin içerisindeki atıf kuralları uygulanmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üst kısmında ve Şekil başlıkları şeklin alt kısmında verilmelidir. Başlıklar mümkün olduğunca kısa ve açıklayıcı olmalı ve başlıklarda 9 punto Arial kullanılmalıdır. Ana metin içerisinde verilen Şekiller, ilave olarak .eps, .pdf, .jpg, .psd veya .tiff formatlarında ve 14x20cm boyutunda ayrı bir dosya içerisinde gönderilmelidir. Ayrıca ana metin içerisinde verilen Çizelgeler .xls veya .xlsx formatında ayrı bir dosya içerisinde gönderilmelidir. Şekil ve Çizelgeler için hazırlanan dosyalardaki numaralandırmalar ana metin içerisindeki numaralandırmalar ile aynı olmalıdır.

**Çizelge 1.** Mevsimsel Sıcaklık Ortalamaları (MİGM,2011).

**Şekil 5.** Türkiye Siyasi Haritası (HGM, 1989).

18. Metin içerisindeki formüller numaralandırılarak verilmeli, formüllerde geçen sabit ve değişkenler formülden hemen sonra birimleri ile birlikte açıklanmalıdır. Örneğin:  
$$x=y+z \quad (1)$$
19. Dergide yayımlanacak makalelerde SI birimleri kullanılmalıdır. Farklı birimler kullanmanın zorunlu olduğu koşullarda büyüklüğün SI sistemindeki eşdeğeri parantez içerisinde belirtilmelidir.
20. Yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre hazırlanacak araştırma makaleleri elektronik [cibt@cmo.org.tr](mailto:cbt@cmo.org.tr) veya editörlerin e-posta adreslerine gönderilmelidir. Ayrıca makale yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış metin şablonuna [http://www.cmo.org.tr/yayinlar/dergi\\_goster.php?kodu=718](http://www.cmo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=718) adresinden ulaşılabilir.

tmmob evre mühendisleri odası

[www.cmo.org.tr](http://www.cmo.org.tr)