



İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**ASİ NEHRİ YÜZEY SULARINDA
MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ**

Seycan MÜBAREK ŞAHUTOĞLU

**SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI**

OCAK 2022





ISKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Versiyon 01.01



**ASİ NEHRİ YÜZEY SULARINDA MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ**

SEYCAN MÜBAREK ŞAHUTOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2022

Seycan MÜBAREK ŞAHUTOĞLU tarafından hazırlanan “ASİ NEHRİ YÜZEY SULARINDA MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Nebil YÜCEL

Su Kaynakları Yönetimi ve Organizasyonu Ana Bilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Cemal TURAN

Deniz Bilimleri Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. M. Kemal SANGÜN

Analitik Kimya, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi:

24/01/2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Seycan MÜBAREK ŞAHUTOĞLU

24/01/2022

ASİ NEHRİ YÜZEY SULARINDA MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Seycan MÜBAREK ŞAHUTOĞLU

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ocak 2022

ÖZET

Günümüzde deniz çöpleri tüm dünyada ciddi bir sorun haline gelmiştir. Karasal alanlardan sürüklenen veya kasıtlı olarak dökülen çöpler on yıllardır sulak alanlar ve denizlerimizde birikerek yüzey ve sediman dâhil tüm su kolonunda bulunabilmektedir. Bu çöplerin büyük çoğunluğunu plastikler oluşturmaktadır. Plastikler doğada mekanik ve kimyasal değişimlerle parçalanarak mikroplastiklere dönüşmekte ve boyutları küçülen plastiklerin yayılması da hızlanmaktadır. Vahşi yaşamı tehdit eden plastik çöpler besin ağıyla taşınarak insana kadar ulaşmaktadır.

Bu çalışmada ilk kez doğu Akdeniz'e dökülen Asi Nehri yüzey sularında mikroplastik (MP) miktarı ve kompozisyonunu belirlemek için 6 istasyonda mevsimlik (Ağustos 2020, Kasım 2020, Şubat 2021, Nisan 2021) örnekleme yapılmıştır. Tespit edilen MP miktarı 0,03-0,48 adet/m³ aralığında değişirken, Asi Nehrindeki ortalama MP bolluğu 0,13 adet/m³ olarak tespit edilmiştir. MP bolluğu genel ortalamalarına göre istasyonlar ve mevsimler arası kıyaslama yapıldığında; II<III<I<VI<V<IV ve İlkbahar<Yaz<Kış<Sonbahar olarak bulunmuştur. En yüksek MP miktarın şehir merkezindeki istasyonda bulunmuştur. MP'ler tiplerine göre değerlendirildiğinde; tespit edilen tüm MP'in %67'sini filmler oluştururken en düşük miktarını ise %2 peletler oluşturmuştur. Asi Nehri'nde tüm istasyonlardan alınan numunelerdeki MP incelendiğinde; toplamda en fazla mavi %28, şeffaf %22 ve siyah %20 renkte plastiklere rastlanırken, gri, mor ve kahverengi renkler (%1) birer istasyonda ve bir mevsimde bulunmuştur. Asi Nehrinde yoğun popülasyonlar oluşturan yüzer su bitkisi su sümbüllerinin (*Eichornia crassipes*), yoğun kirlilik gözlenmesi beklenen Asi Nehri yüzey sularında mikroplastiklerin önemli bir kısmını tuttuğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler : Asi Nehri, Mikroplastik, Su kirliliği, Doğu Akdeniz

Sayfa Adedi : 45

Danışman : Doç. Dr. Nebil YÜCEL

DETERMINATION OF MICROPLASTIC POLLUTION IN SURFACE WATER OF
THE ORONTES RIVER
(M. Sc. Thesis)

Seycan MÜBAREK ŞAHUTOĞLU

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

January 2022

ABSTRACT

Today, marine garbage has become a serious problem all over the world. Litter drifted or intentionally dumped from terrestrial areas has accumulated in our wetlands and seas for decades and can be found in the entire water column, including the surface and sediment. Plastics constitute the majority of this garbage. Plastics break down in nature with mechanical and chemical changes and turn into micro plastics, and spread of plastics that shrink in size accelerates. Plastic garbage, which threatens wildlife, is transported through the food web and reaches humans.

In this study, seasonal (August 2020, November 2020, February 2021, April 2021) sampling was carried out at 6 stations to determine the amount and composition of microplastics for the first time in the surface waters of the Orontes River flowing into the eastern Mediterranean. While the amount of MP detected varied between 0,03-0,48 items/m², the average microplastic (MP) abundance in the Orontes River was determined as 0,13 items/m³. When comparing between stations and seasons according to the mean of MP abundance; the mean was found as II<III<I<VI<V<IV and Spring<Summer<Winter<Autumn. The highest abundance of MP was found at the station in the city center. When MPs were evaluated according to their types; the film constituted 67% of the overall detected MP, while the pellets constituted the lowest of 2%. When the MP samples taken from all stations in the Orontes River are examined; in total, the most blue 28%, transparent 22% and black 20% plastics were found, while gray, purple and brown colors (1%) were found in one station and one season. Floating aquatic plant water hyacinths (*Eichornia crassipes*) which form dense population in the Orontes River, are thought to hold a significant portion of microplastics in the surface waters of the Orontes River, where intense pollution is expected.

Key Words : Orontes River, Microplastic, Water Pollution, Eastern Mediterranean
Page Number : 45
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nebil YÜCEL

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın amacı Asi Nehri'ndeki mikroplastik kirliliğini ortaya koymak ve Akdeniz'e Asi Nehri ile taşınan mikroplastik miktarını belirlemek ve ileride yapılacak çalışmalara katkıda bulunmayı amaçlamaktır. Bu araştırmayı yapmamı öneren, beni yönlendiren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, zorlandığım konularda desteğini benden esirgemeyen, birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum tez danışmanım Doç. Dr. Nebil YÜCEL'e teşekkür ederim. Öneri ve emekleri için Prof. Dr. Cemal TURAN'a, Prof. Dr. M. Kemal SANGÜN'e teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarında desteklerinden ötürü Prof. Dr. Meltem EKEN'e, Prof. Dr. Funda TURAN'a, Doç. Dr. Hülya ŞEREFLİŞAN'a, Prof. Dr. Tahir ÖZCAN'a, istatistiksel analizleri yürütürken yardımını gördüğüm Ar. Gör. Dr. Ece KILIÇ'a teşekkür ederim.

İnsanın en büyük şansı ailesidir. Küçük yaştan itibaren bana güvenen, imkânlar sunan ailem iyi ki varsınız. Her zaman, her koşulda yanımda olan, hayatını kızlarına adayan canım annem Süheyla MÜBAREK'e minnettarım. Bugünlere gelmemde emeği olan, desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen, onur duyduğum canım babam Hasan MÜBAREK'e teşekkür ederim. Bana hep destek olduğu için, her zaman yanımda olduğu için canım kardeşim Seray SIRIM'a teşekkür ederim.

İnsanın ikinci şansı eşidir. Bu tezi oluştururken benimle birlikte uğraşan, tezin her aşamasında yanımda olan beni sürekli motive eden sevgili eşim Muhammed Ali ŞAHUTOĞLU'na teşekkür ederim.

Tez hazırlama sürecinde bana sürekli destek veren kuzenlerim Sühel MÜBAREK'e, Melodi LİF ÇEKİÇ'e, Sezer ÇEKİÇ'e teşekkür ederim.

İngilizce-Türkçe çevirilerimde bana yardım eden kuzenim Zeynep TAŞ YARDIMCI'ya teşekkür ederim.

Moral ve motivasyon konusunda beni sürekli destekleyen arkadaşlarım Melek Lora SAKARLI'ya, Burcu ÇEVİK'e, Ayşe DOLAR'a, Ebru EROL'a teşekkür ederim.

Pandemide yitirdiğimiz sağlık çalışanı canım kuzenim Atılım KÖKER'e

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	ix
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	17
2.1. Çalışma alanı	17
2.2. Çalışma İstasyonları ve Örnekleme Stratejisi	18
2.3. İstatiksel Analiz	20
3. BULGULAR	21
3.1. Mikroplastiklerin Dağılımları	21
3.1.1. Bolluğuna göre mikroplastik dağılımı	21
3.1.2. Tipine göre mikroplastik dağılımı	22
3.1.3. Renklerine göre mikroplastik dağılımı	24
3.2. İstatiksel Analiz	26
3.2.1. Mikroplastiklerin mevsimlere göre farklılıkları	26
3.2.2. Mikroplastiklerin bölgelere göre farklılıkları	28
4. TARTIŞMA	29
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	36

KAYNAKLAR 37



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2. 1. Numune alınan noktaların koordinatları	18
Çizelge 3. 1. İstasyonlarda ölçülen ortalama mikroplastik miktarı	20
Çizelge 3. 2. Mevsimlere göre tanımlayıcı istatistikler	27
Çizelge 3. 3. Mevsimlere bağlı farklılık	27
Çizelge 3. 4. Bölgelere göre tanımlayıcı istatistikler	28
Çizelge 3. 5. Bölgesel farklılıklara göre mikroplastik bolluğu	29
Çizelge 4. 1. Mevcut bulguların farklı bölgelerdeki çalışmalarla karşılaştırılması	32

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1. 1. Plastiklerin sektörlere göre kullanım alanları	8
Şekil 2. 1. Çalışma Alanı Asi Nehri, Afrin ve Karasu Çayı	17
Şekil 3. 1. Asi Nehrinde mikroplastik bolluk dağılımı	21
Şekil 3. 2. Asi Nehrinde mikroplastik tip kompozisyonu ortalama dağılımı	23
Şekil 3. 3. Asi Nehrinde mikroplastik tip kompozisyonunun mevsimsel dağılımı	24
Şekil 3. 4. Asi Nehrinde mikroplastik renk kompozisyonu ortalama dağılımı	25
Şekil 3. 5. Asi Nehrinde mikroplastik renk kompozisyonunun mevsimsel dağılımı	25

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3. 1. Asi Nehrinde tespit edilen farklı mikroplastik tipleri: film (a-b), plastik parçası (c), köpük (d), pelet (e), lif (f)	24
Resim 4. 1. Asi Nehrinde su sümbülleri (sarı çizgiler arasında nehir yüzeyi tamamen kaplanmış durumda)	33
Resim 4. 2. Asi'nin denize döküldüğü yer Meydan (Samandağ)	34
Resim 4. 3. Demirköprü mevki su sümbülleri	35



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
cm ³	Santimetre küp
g	Gram
km	Kilometre
l	Litre
m	Metre
m ³	Metre küp
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
ml	Mililitre
<	Küçüktür
>	Büyüktür
V	Hacim

Kisaltmalar

Kisaltmalar	Açıklamalar
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
LDPE	Düşük Yoğunluklu Polietilen
MP	Mikroplastik
NOAA	ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
PE	Polietilen
PET	Polietilen Tereftalat
PERMANOVA	Tek-yönlü parametrik-olmayan çoklu varyans analizi
PP	Polipropilen
PS	Polistiren
PVC	Polivinil Klorür

1. GİRİŞ

Günümüzde en önemli çevresel problemlerden biri deniz çöpleridir. Zamanla az nüfuslu şehirlerin kıyısal alanlarında bile deniz çöpleri ciddi bir problem haline gelmiştir. Deniz çöpleri kıyısal alanlarda sosyal ve ekonomik zarara yol açmakta ve ulusal, bölgesel hatta küresel stratejiler uygulanmadığı sürece kalıcı hale gelmektedir (Jeftic, Sheavly ve Adler, 2009). Deniz çöpleri temelde karasal alanda katı atıkların iyi yönetilememesi, altyapı eksikliği, insan kaynaklı kirleticilerin doğaya bırakılması ve mali kaynakların eksikliği nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Jeftic, Sheavly ve Adler, 2009). Deniz çöpleri yoğun nüfuslu bölgelerde olduğu kadar, insanların yoğun yaşamadığı alanlarda ve tüm okyanuslarda bulunmaktadır. Deniz çöpleri insanlar ve toplumlar üzerinde sosyal ve ekonomik zararlara yol açmakta, küresel ve bölgesel ölçekte geri dönüşüm ve vereceği zararın önlenmesine yönelik stratejilerin yetersiz olmasından ötürü kalıcı hale gelmektedir. Deniz çöpleri Akdeniz’de 1970’lerden itibaren rapor edilmiş ve her geçen gün miktarı artış göstermiştir (Frias, Sobral ve Ferreira, 2010).

Gelişen teknolojiyle beraber plastik kullanımının artması sonucu deniz çöpleri içerisinde plastiğin oranı da artmıştır. Karada ve denizde gerçekleşen faaliyetler sonucu oluşan plastikler doğaya bırakıldığında hava olayları ve yüzey sularıyla okyanuslara ulaşır (Cincinelli ve diğerleri, 2017). Plastikler doğada parçalanması uzun zaman alması ve parçalandığında milyonlarca küçük parçacığa bölünerek doğada kaybolmaması nedeniyle önemli bir tehdittir. Deniz canlılarının ve kuşların denizdeki plastik atıkları yiyecek sanmaları veya atık ağlara dolanmaları nedeniyle canlılar yaralanabilmekte ve hatta plastik atıklar canlıların ölümüne sebep olabilmektedir (Frias, Sobral ve Ferreira, 2010). Plastikler denizel alanlarda kolaylıkla besin zincirine katılarak denizde yaşayan canlılara zarar vermekte, deniz dibine battığında ise deniz canlıları için önemli tehdit oluşturmaktadır (Laist, 1987). Doğada bulunan plastikler sucul canlılar, kuşlar, balıklar, deniz kaplumbağaları, foklar gibi canlılara takılmakta hareket yeteneğini kısıtlayabilmekte, hatta boğulmalarına neden olabilmektedir. Doğadaki plastikler hayvanlar tarafından yutulduğunda tokluk hissi yaratabilmekte, sindirim sistemi bozukluklarına yol açabilmekte ve kilo kaybı, gelişim bozukluklarına neden olabilmektedir. Plastiklerin parçalanması sonucu oluşan mikroplastiklerin doğada bulunmasının olumsuz etkileri ise çok daha fazla olabilmektedir. Denizdeki plastiklerin deniz canlıları tarafından yutulması tesadüfen değil,

canlıların plastikleri seçerek yiyecek sanması sonucu yuttukları düşünülmektedir (Mato, Isobe, Takada, Kanehiro, Ohtake ve Kaminuma, 2001).

Plastiklerin ucuz olması ve dayanıklılığı tek kullanımlık malzemelerde yaygın kullanılmasına yol açmış ancak plastik döküntü ve atık oluşturması gibi sorunlar tahmin edilememiştir (Thompson, Moore, Saal ve Swan, 2009). Plastikler deniz çöplerinin %60-80'ini oluşturması ile tüm dünyada kirlilik problemi olarak görülmektedir (Derraik, 2002). Plastiklerin kolay ulaşılabilir ve ucuz olması nedeniyle günlük hayatta her alanda kullanılması bu oranın yüksek olmasının başlıca sebebidir. Kozmetik ve temizlik ürünlerinde, otomotiv ve boya endüstrisinde, elektronik aletler, mutfak gereçleri, paketlenme, kaplama ve ambalaj malzemeleri, tekstil gibi pek çok alanda plastik ürünler yer alır. Plastikler hafif olduklarından, yüzey suları ve rüzgâr ile atık halinde uzun mesafeler kat edebilir ve tortullara yerleştiklerinde uzun yıllar kalabilmektedir. Deniz tabanında biriken plastik döküntüler nedeniyle deniz ekosistemleri için potansiyel tehlike bulunmaktadır (Derraik, 2002). Nüfusun yoğun olduğu diğer kıtalara yakın olmamasına rağmen Antarktika'da deniz çöpü gözlenmesi nakliye gemileri, gemi kazaları ve okyanus akıntılarıyla deniz çöpü ve plastiklerin yayıldığını göstermektedir (Cincinelli ve diğerleri, 2017). Tonga, Rarotonga, Fiji gibi sanayisi gelişmemiş Güneybatı Pasifik'te, Yeni Zelanda sahillerinde bile yüksek miktarda plastik atıklar gözlenmektedir (Derraik, 2002). Bölgesel miktarları, kaynakları ve etkileri değişmekle birlikte yapılan araştırmalar sonucu dünyanın tüm kıyılarında plastiklere rastlanmakta ve bu araştırmalar plastiklerin doğada yok olmadığını göstermektedir (Cincinelli ve diğerleri, 2017).

Deniz çöpleri arasında önemli bir yer tutan plastikler, fiziksel ve kimyasal değişimlerle parçalanarak küçük boyutlara dönüştüğünde mikroplastik olarak adlandırılmaktadır. Mikroplastikler, insan sağlığına zararlı potansiyel etkileri olan (Anderson, Warrack, Langen, Challis, Hanson ve Rennie, 2017) ve boyutları 1 ile 5000 µm arasındaki küçük plastik parçalar olarak tanımlanmaktadır (Lindeque, 2020). Beş milimetreye kadar olabilen mikroplastikler deniz çöpü sorununda önemli bir role sahiptir (Cincinelli ve diğerleri, 2017). Plastikler ve mikroplastikler boyut, tip, renk, şekil, aşınma durumu gibi farklı fiziksel özelliklerine göre sınıflandırıldığı gibi kaynaklarına göre birincil ve ikincil kaynaklı mikroplastikler şeklinde sınıflandırılır (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson ve Thiel,

2012). Plastik endüstrisinde veya kişisel bakım ürünlerinde hammadde olarak kullanılan mikroplastikler birincil kaynaklı mikroplastikler olarak ifade edilir (Cincinelli ve diğerleri, 2017). Son yıllarda insanların tüketim alışkanlıkları değişmesiyle doğal olmayan yüz temizleyicileri kullanılmaya başlanmış ve marketlerde mikroplastik içeren kişisel bakım ürünlerinde granül şeklinde polietilen bileşen formunda mikro boncuk diye adlandırılan mikroplastikler kullanılmaya başlanmıştır (Fendall ve Sewell, 2009). İkincil kaynaklar ise araç lastiği, çuval gibi büyük plastik malzemelerin doğaya atılması sonucu bu atıkların fotodegradasyona, oksidasyona, fiziksel ve mekanik aşınmaya uğrayarak daha küçük parçalara bölünmesi ile oluşmakta olup, çoğu mikroplastik kaynağı ikincil kaynaklardan gelmektedir (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson ve Thiel, 2012). Mikroplastiklerin büyük kısmını ikincil mikroplastikler oluşturmaktadır (Anderson, Warrack, Langen, Challis, Hanson ve Rennie, 2017).

Plastikler

Plastiklerin kullanımı 1839'da kauçuk ve polistirenin (PS) keşfiyle başlamış olup, ilk defa 1907 yılında Belçika'da sentetik polimer olan bakalit üretilmiştir. Plastikler seri olarak üretilmeye 1940'larda başlamış olup, o zamandan itibaren üretimi giderek artmaktadır (Halden, 2010).

Plastikler, karbon ana elementinden oluşan, yüksek moleküler zincirden üretilen doğal malzeme veya sentetik polimerdir. Polimerler karbon, hidrojen, oksijen zincirlerinden oluşur. Polimerleri oluşturmak için petrol ve katkı malzemeleri kontrollü bir şekilde ısıtılarak, monomerlere dönüştürülür (Das ve Tiwari, 2018; Halden, 2010). Dünyada üretilen petrolün %4'ü plastik üretimi için kullanılmaktadır. Polimer moleküllerin çeşitli yöntemlerle işlenmesiyle elde edilen yan ürün ve ürünlerine "plastik" denir. Plastik ismi ise, hızlıca istenilen şekle getirilebilen "biçimlendirme" anlamına gelen yunanca "plastikos" kelimesinden gelmektedir (Başer, Tekelioğlu, Örtlek ve Aydınli, 2012).

Polimer türlerinden biri olan ve yapay üretilen plastikler; hızlı şekillendirilebilmesi, düşük maliyetli oluşu, dayanıklılığı, korozyona dayanıklı, esnek ve hafif oluşu nedeniyle paketlenme ve depolama uygulamalarında yaygın kullanılan bir malzeme haline gelmiştir (Das ve Tiwari, 2018). 1900'lü yıllardan itibaren hızla hayatımıza giren, 1950'lerde

üretimi yarım milyon tona ulaşmış olan plastik kullanım alanları ve plastik kullanımı her geçen gün artmaktadır (Thompson, Moore, Saal ve Swan, 2009). En yaygın üretilen plastikler polipropilen (PP), polietilen (PE), polivinilklorür (PVC) ve polietilentereftalat (PET)'tir (Stock, Kochleus, Baltruschat, Brennholt ve Reifferscheid, 2019).

Plastiklerin genel özellikleri

Plastikler dayanıklı ve düşük maliyetli olmaları sebebiyle, dünya çapında birçok endüstride yaygın olarak kullanılan organik sentetik polimerlerdir (Li ve diğerleri, 2019). Plastiklerin yüksek kalorifik değere sahip olması nedeniyle yeniden kullanımı ve geri dönüşümü verimli olmaktadır (Crawford ve Martin, 2020).

Plastikler en çok petrol, kömür veya selülozdan elde edilmektedir. Plastikler kolay şekil alabildiğinden ve uzun ömürlü olması nedeniyle cam, metal, kâğıt gibi geleneksel malzemelerinin yerini alarak birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Andrady, 2011). Plastiklerin dayanıklılık gibi kullanışlı kılan özellikleri aynı zamanda atık haline geldiğinde, bozulmaya karşı dirençli olmalarını da sağladığından bertarafı zordur (Cole, Lindeque, Halsband ve Galloway, 2011). Doğada uzun yıllar kalan mikroplastikler düşük yoğunluklu olması nedeniyle rüzgâr ve akıntının da etkisiyle suda kolayca dağılabilmekte, kilometrelerce yol alabilmekte, sudaki toksik maddeleri emerek ve doğada uzun yıllar bozulmadan kalması çevresel bir tehdit haline gelmesine sebep olmaktadır (Eriksen ve diğerleri, 2014; Ryan, 2015). Bazı plastik atıklar geri dönüştürülebilirken, plastik atıkların çoğunluğu düzenli atık bertaraf sahalarında gömülerek parçalanması ve ayrışması yüzyıllar alacak şekilde depolanmaktadır. Dünya çapında üretilen belediye atıklarının %10'unu plastik atıklar oluşturmaktadır (Cole, Lindeque, Halsband ve Galloway, 2011).

Plastiklerin sınıflandırılması

Plastiklerin boyutlarına göre sınıflandırılması

Plastikler boyutlarına göre makroplastikler, mezoploastikler, mikroplastikler ve nanoplastikler olarak sınıflandırılmaktadır. Tespit edilmesi ve geri kazanımı zor olan nanoplastikler 1 µm boyutunun altındakileri, 1 µm ile 5 mm arasında olan plastikler mikroplastikleri, 25 mm ile 5 mm arasında olan plastikler mezoplastikleri, makroplastikler

ise 25 mm (> 2,5 cm)'den büyük plastikler olarak sınıflandırılmaktadır (Crawford ve Quinn, 2017). Farklı değer aralıklarındaki bu plastiklerin örnekleme ve analizlerinin yapılmasının zorluğundan ötürü mikroplastikler <5 mm değerinin altı, 5 mm ile 25 mm arasındaki plastikler ise mezoplastik olarak sınıflandırılmaktadır (Kershaw, 2015). Heterojen yapıdaki 5 mm'den küçük boyuttaki plastikler ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin (NOAA) sınıflandırmasına göre mikroplastik olarak adlandırılır. 1 mm ve 5 mm aralığındaki ölçü boyutları literatürde mikro plastikleri tarif etmek için kabul edilen limitlerdir (Abayomi, Range, Ghouti, Obbard, Almeer ve Hamadou, 2017).

Plastiklerin türlerine göre sınıflandırılması

Plastikler termoset; erimeyen plastikler ve termoplastik; ısı ile eriyebilen plastikler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Termoset plastikler; bir defaya mahsus ısı verildiğinde istenen şekli alabilen plastiklerdir (Crawford ve Martin, 2020). Epoksi (EP), fenolformaldehit (PF), poliüretan (PUR), politetrafloroetilen (PTFE), doymamış polyester reçineleri (UP) örnek olarak gösterilebilir (Andrady ve Neal, 2009).

Termoplastikler ise düz ya da dallanmış, çapraz bağları olmamasından ötürü ısıtıldığında zaman moleküler arası kuvvetler zayıflar ve plastik yumuşak, esnek hale gelir. Yüksek sıcaklıklarda malzeme akışkan hale gelir ve malzeme soğumaya bırakıldığında katılaşır. Bu ısıtma soğutma işlemleri sayısız defa yapılabilir (Crawford ve Martin, 2020). Basınç ve ısıtma işlemleri ile geri dönüşümü sağlanabilen, düşük yoğunluklu polietilen (DYPE), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), polistyrene (PS), polipropilen (PP), akrilonitril bütadien stiren (ABS), polietilen tereftalat (PET), polimetit metakrilat (PMMA), genişletilmiş polistriene (EPS), polietilen (PE), polikarbonat (PC), polivinil klorür (PVC) gibi plastiklerdir (Halden, 2010).

Plastik tipleri ve özellikleri

Plastikler sayısız ve benzersiz özelliklerinden ötürü çok geniş alanlarda kullanılırlar. Günümüzde %90 oranında düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), yüksek yoğunluklu

polietilen (HDPE), polipropilen (PP), polistrien (PS), polivinil klorür (PVC) ve polietilen tereftalat (PET) kullanılmaktadır (Andrady ve Neal, 2009).

Polietilen (PE)

Paketleme, mutfak gereçleri, otomotiv ve tekstil sanayi gibi birçok sektörde yüksek darbe ve kimyasal dayanımı, bakteri üretmeme özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır (Andrady, 2011; Halden, 2010).

Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)

Yüksek basınç altında elde edilebilen, yüksek darbe dayanımına sahip, sterilize edilebilen, plastik türüdür. Tüm plastiklerin %15'ini oluşturur. Düşük yoğunluklu polietilenden daha pahalıdır ancak daha geniş daha güçlü uygulama yelpazesi vardır. Paketleme sektöründe, temizlik malzeme, içecek kaplarında, boru, kablo, oyuncak, süt, deterjan, yağ gibi bazı ambalajlarda kullanılır (Halden, 2010).

Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)

Düşük yoğunluklu polietilen plastiklerin %18'ini oluşturan, yüksek yoğunluklu polietilene göre kimyasal dayanımı, sertliği daha düşük olan, plastiklerdir. En yaygın kullanım alanı ambalaj filmidir (Crawford ve Martin, 2020). Dondurulmuş gıda paketlerinde, inşaat sektöründe, az maliyetli oluşu ile çöp poşetlerinde, ekmek ve market poşetlerinde kullanılmaktadır (Halden, 2010).

Polietilen tereftalat (PET)

Doğalgaz sıvılarından ve rafine yağlardan elde edilen, sağlam plastiklerdir. Pet şişelerin hammaddesi olduğundan ismini buradan almaktadır. Su ve soda şişelerinde gıda sektöründe kullanılmaktadır. Yüksek kirletici kaynağı olmamasına rağmen, bazı çalışmalar PET'in içeceklere sızabileceğini ortaya koymuştur (Halden, 2010). Su ortamında batma olasılığı yüksektir (Li ve diğerleri, 2019).

Polipropilen (PP)

Guilio Natta tarafından 1954 yılında keşfedilen polipropilen, en yaygın kullanılan termoplastiktir (Andrady ve Neal, 2009). Tüm termoplastikler arasında yoğunluğu en düşük olanıdır (Crawford ve Martin, 2020). Molekül ağırlığı arttıkça yumuşak, azaldıkça

sert ve kırılğan molekül ağırlığına göre fiziksel özellikleri değişen polimerdir. En çok taşıma ve depolamada kullanılmaktadır. Nemi uzaklaştırmaya elverişli olduğundan çocuk bezlerinde, yoğurt kaplarında, otomobil yan sanayinde, bahçe mobilyalarında, yapay halı kaplamalarında, su ve kanalizasyon borularında kullanılmaktadır (Yurtsever, 2015).

Polistiren (PS)

Alman eczacı Eduard Simon 1839 yılında polistireni keşfetmiştir (Andrady ve Neal, 2009). Dielektrik dayanımı yüksek, sert olduğundan kolay kırılabilen, saydam, olan plastiklerdir. Plastiklerin %7-8'ini oluşturmaktadır. Et ve yumurta kutularında, beyaz eşyalarda, oyuncaklarda, izolasyon malzemelerinde kullanılmaktadırlar (Halden, 2010). Su ortamında daha çok askıda yüzer halde bulunurlar ve en yaygın görülen türlerdendir (Li ve diğerleri, 2019).

Polivinil klorür (PVC)

Dayanıklı bir polimer olan polivinil klorür plastiklerin %13'ünü oluşturmaktadır. Binaların dış cephelerinde, borularda, kredi kartlarında, bilardo topları gibi spor malzemelerinde kullanılır (Andrady ve Neal, 2009). Su ortamında batma olasılıkları yüksektir (Li ve diğerleri, 2019).

Diğer plastikler

Yukarıda sayılan plastikler dışında PPO (polifenilen oksit), OPP (oriented polipropilen), PPE (polifenilen eter), EVA (etilen vinil asetat), PMP (polimetilpenten), PPS (polifenilen sulfid), PA (poliallomer), PAI (poliamid-imide), PB (polibutilen), PMMA (polimetil metakrilat), PC (polikarbonat), TPU (poliüretan termoplastik) ve Nylon gibi birçok plastik türü günlük yaşamda sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak üreticilerden gelen taleplerle üretilmektedir (Kayılı ve Çelebi, 2020).

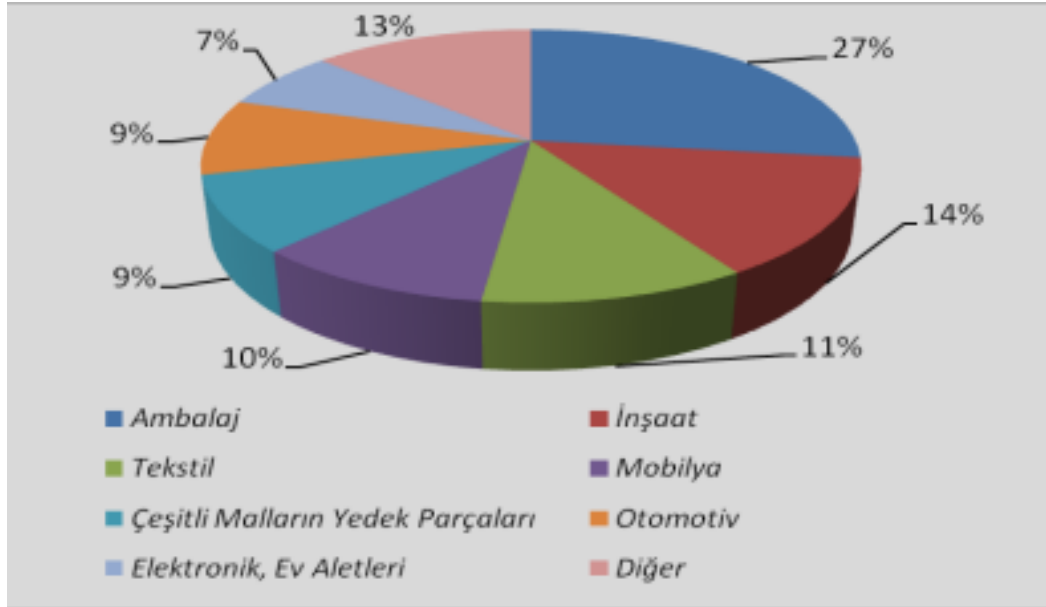
Plastiklerin kullanım alanları

Plastikler hafif, esnek, kolay işlenebilir, yalıtkan, korozyona karşı dayanıklı ve düşük maliyetli, kolay erişilebilir olmaları sebebi ile birçok endüstriye kaynak olmakta ve birçok alanda kullanılabilir. Gelişen üretimle birlikte mutfakta, endüstride, elektronik ürünlerde, kişisel kullanım temizlik malzemelerinde, tarımda, taşımada ve paketlemede

kullanılan poşet ve ambalaj atıkları neredeyse tüm sektörlerde hatta her evde kullanılmaktadır (Das ve Tiwari, 2018).

Dünyada 2010 yılında 300 milyon ton plastik üretilmiş olup, 2050 yılına kadar 1800 milyon ton plastik üretileceği tahmin edilmektedir (Halden, 2010). Her yıl ortalama 8 ton plastik atık okyanuslara ulaşmakta ve plastikler yüksek dayanıklılığa sahip olduklarından doğada bozulmamakta ve plastiklerin doğada kalma süreleri yüzlerce hatta binlerce yıl arasında değişmektedir. Bununla birlikte üretilen plastiğin %90'ından fazlasının fosil yakıtlı hammaddelerden elde edildiği, üretilen plastiğin 2050 yılına kadar petrol tüketiminin %20'si ve yıllık sera gazı emisyonlarının %15'ine sebep olacağı tahmin edilmektedir (Williams ve diğerleri, 2012).

Maliyetinin az oluşu nedeniyle plastik ürünler yüksek hijyen gerektiren tıp alanında, aseptik, septik ve tek kullanımlık malzemelerde kullanılmaktadır. Plastik kullanımının yaklaşık %50'sini tek kullanımlık ambalajlar oluşturmaktadır. Ambalajlar daha çok gıda sanayinde, paketlemede ve saklamada kullanılmaktadır. Gıda sanayide olduğu kadar tarım sektöründe de plastik malzemeler kullanılmaktadır. Plastik malzemeler tarımda ilk olarak 1948 yılında ABD'de selofanlı seralar ve daha sonra Japonya'da PVC seralarda kullanılmıştır (Kayılı ve Çelebi, 2020).



Şekil 1. 1. Plastiklerin sektörlere göre kullanım alanları (Azzarello ve Van Vleet. 1987).

Plastik atıklar

Dünya çöplerinin %60-80'inin plastik atıklardan oluştuğu tahmin edilmektedir (Derraik, 2002). Bir şehrin atıkları içindeki plastik atık oranı; o şehirde yaşayan insanların yaşam tarzına göre farklılıklar gösterir. Plastik kirliliğinin okyanuslarda varlığı 1970'lere kadar fark edilmemiştir. Nüfus artışıyla birlikte teknolojik gelişmeler ve kaliteli malzeme üretimi için talep de artmakta ve plastik endüstrisi de gelişmekte olduğundan, plastik atıklar, insan ve çevresi için ciddi bir tehdittir (Azzarello ve Van Vleet. 1987). Plastik atıklar, deniz çöpünün önemli bir kısmını oluşturduğundan, ekolojik ve biyolojik önemi son dönemlerde anlaşılmıştır (Ashton, Holmes ve Turner, 2010).

Atıklar denizel ve kara kökenli olmak üzere ayrılmaktadır. Denizel kökenli atıklar; denizel alanlarda kaza sonucu ortaya çıkan atıklardır. Yolcu vapurlarında yolcuların atıklarını gelişiğüzel denize atması, kaza sonucu petrol ve kimyasal madde döküntüsü ile deniz kirliliği, batma, çarpışma, oturma, ticaret gemilerinde konteyner istiflenmesi sırasında ya da geminin yolculuğu esnasında konteyner kapaklarının düzgün kapatılmaması sonucu açılan kapaklardan atıkların denize ulaşması ve yasadışı boşaltımlar ile olur. Balık avcılığı sonrası av araçlarının denize terk edilmesi ile meydana gelen hayalet ağlar deniz kökenli atıklara örnektir (Anderson ve Alford, 2014). Kara kökenli atıkları ise; evsel, sanayi ve

endüstriyel atıklar ile rekreasyon amaçlı kullanımdan kaynaklı karalardan denize ulaşan atıkları oluşturur. Evsel atıkların kaynağında ayrıştırılmaması, plastik granül içeren temizlik malzemelerinin arıtılmadan kanalizasyon sistemlerine karışması, yine sanayi ve endüstriyel atıklarının tam arıtımının yapılamadan deşarj edilmesi sonucu plastik atıklar denize ulaşır (Derraik, 2002).

Okyanus bilimci Charles Moore 1997 yılında, Pasifik Okyanusu'nda 3,4 milyon km² alanda atık girdabı keşfetti ve bu Pasifik Çöp Yığınınına 'Yedinci Kıta' adını vererek, insanların deniz çöpüne dikkatini çekmeyi amaçlamıştır. Bu atıkların büyük çoğunluğu ise plastik şişelerden, ağlardan ve küçük plastik parçalardan oluşmaktadır (Eriksen ve diğerleri, 2014).

Uluslararası Denizcilik Yönetmeliği Marpol V uyarınca 1990 yılından itibaren gemilerden denizlere çöp atılması yasaklanmıştır. Küresel plastik kullanımı artarak devam ettiğinden, kara kökenli kirleticilerde artış olabileceği ancak gemi kaynaklı kirleticilerde azalış olacağı beklenmektedir (Barnes, Galgani, Thompson ve Barlaz, 2009).

Mikroplastikler

Plastiğin yaygın kullanımı plastik kaynaklı kirlenmeyi de beraberinde getirmiştir. Deniz çöpleri arasında önemli bir yer tutan plastikler, fiziksel ve kimyasal değişimlerle küçük boyutlara geldiğinde mikroplastik olarak adlandırılan yeni bir formda olmaktadır (Derraik, 2002; Güven, Gökdağ, Janovic ve Kıdeyş, 2017). Mikroplastikler, boyu 5 mm'den küçük plastik parçaları olarak tanımlanmaktadır (Crawford ve Quinn, 2017). 1970'lerde su ortamında küçük plastik parçalarının gözlenmesiyle mikroplastik terimi ortaya çıkmış olup, mikroplastikler artık dünya çapında deniz ortamını kirleten en büyük tehdit olarak görülmektedir (Crawford ve Quinn, 2017). Mikroplastikler plajlarda, nehirlerde, haliçlerde, derin deniz bentik ortamlarında, kıyı yamaçlarında bulunmaktadır (Ballent, Pando, Purser, Juliano ve Thomsen, 2013). Mikroplastikler nehirler yolu ile iç kaynaklardan denizlere, okyanuslara taşınarak ulaşabilirler (Ballent, Purser, Mendes, Pando ve Thomsen, 2012).

Mikroplastiklerin sınıflandırılması

Mikroplastikler 1 µm ile 5 mm arasında olan plastikler olarak tanımlanmaktadır. Mikroplastikler tespit edildikten sonra boyutlarına göre, tiplerine göre, renklerine göre, şekillerine göre ve aşınma durumlarına göre sınıflandırılır (Yurtsever, 2015).

Tiplerine göre sınıflandırma

Mikroplastikler plastik parçaları, köpük, pelet, film ve lif olarak beş ana sınıfa ayrılmaktadır. Plastiklerden zamanla kopan parçalara plastik parçaları denilmektedir. Plastik borulardan, saklama kaplarından kopan parçalar bunlara örnektir. Ambalaj malzemelerinden, streç film, poşet gibi malzemelerin parçalanması ile oluşan saydam veya yarı saydam olan plastikler film olarak adlandırılmaktadır. Plastik endüstrisinde hammadde olarak kullanılan granül hammadde haldeki işlenmemiş plastikler pelet olarak adlandırılmaktadır. Köpük ise süngerimsi yapıdaki strafor, köpük gibi malzemelerdir. Şamandıralardan, köpük gibi malzemelerden kopan parçalardır. Gıdaların taşınmasında kullanılan, limanlarda halatlarda kullanılan rafyaların parçalanmış haline lif denilmektedir (Free, Jensen, Mason, Eriksen, Williamson ve Boldgiv, 2014).

Renklerine göre sınıflandırma

Plastikler talebe göre farklı renklerde üretildiğinden mikroplastikler doğada farklı renklerde karşımıza çıkmaktadır. Siyah, mavi, kırmızı, şeffaf, sarı, lacivert, beyaz, pembe, mor, yeşil, turuncu, kahverengi gibi farklı renkte plastik parçaları üretilmektedir (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson ve Thiel, 2012).

Şekillerine Göre Sınıflandırılma

Plastikler her zaman düzgün bir şekilde parçalanmazlar. Genelde şekilsiz veya kare, yuvarlak, uzun gibi düzgün şekilli olarak sınıflandırılırlar. Şekli herhangi bir şeye benzemediğinde şekilsiz olarak tanımlanmaktadır (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson ve Thiel, 2012).

Aşınma Durumlarına Göre Sınıflandırılma

Plastikler doğada farklı fiziksel ve kimyasal etkilere maruz kalarak bozulabilir, pürüzsüzlüğünü yitirebilir. Plastikler aşınma ile bozunmuş, çok bozunmuş, parçalanmış olarak sınıflandırılırlar (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson ve Thiel, 2012).

Mikroplastiklerin kaynakları

Mikroplastikler boyut, tip, renk, şekil, aşınma durumu gibi farklı fiziksel özelliklerine göre sınıflandırıldığı gibi kaynaklarına göre birincil ve ikincil kaynaklı mikroplastikler şeklinde sınıflandırılır (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson ve Thiel, 2012). Birincil mikroplastikler ile ikincil mikroplastikler arasındaki ayırım, mikroplastiklerin mikro boyutta üretilmesi yani birincil, mikroplastiklerin büyük plastik parçalarının parçalanması ile oluşması yani ikincil olduğu anlamına gelir (Kershaw, 2015). Plastik endüstrisinde, bazı tıbbi uygulamalarda veya kişisel bakım ürünlerinde hammadde olarak kullanılan mikroplastikler birincil kaynaklı yani üretilmiş ham malzeme olan mikroplastikleri ifade eder ve karadan akış yolu ile denizlere, okyanuslara ulaşırlar (Cole, Lindeque, Halsband ve Galloway, 2011; Li ve diğerleri, 2019). Bunlar kozmetik ürünleri, diş macunu, yüz temizleme ürünleri gibi kişisel bakım ürünlerinde, deterjanlarda çapları 1-4 mm arasında değişen granül şeklinde (mikrobaloncuk) mikrobeads diye adlandırılan mikroplastiklerdir (Cole, Lindeque, Halsband ve Galloway, 2011; Fendall ve Sewell, 2009; Güven, Gökdağ, Janovic ve Kıdeyş, 2017; Li ve diğerleri, 2019).

İkincil kaynaklar ise hem denizde hem de karada bulunan büyük plastik parçalarının hava koşullarına maruz kalarak parçalanmasından türetilen küçük plastik parçalar olarak tanımlanır (Cole, Lindeque, Halsband ve Galloway, 2011). Tekstil, boya, çuval gibi büyük plastik malzemelerin doğaya atılması sonucu bu atıkların güneş ışınlarına maruz kalarak; fotodegradasyona, oksidasyona, fiziksel ve mekanik aşınmaya uğrayarak daha küçük parçalara bölünmesi ile oluşmaktadır (Andrady, 2011; Kershaw, 2015). Mikroplastikler küçük boyutta olmaları sebebiyle deniz ortamındaki besin zincirine kolaylıkla girmektedir ve bu da canlıların büyüme hızında azalmaya, patolojik, oksidatif strese, üreme komplikasyonlarına yol açmaktadır (Li ve diğerleri, 2019).

Okyanuslarda tespit edilen en küçük mikropartikülün çapı 1,6 pikometre olduğu tespit edilmiş ancak mikroplastiklerin bozunarak nanoplastik olabileceği düşünülmektedir (Cole, Lindeque, Halsband ve Galloway, 2011).

Mikroplastiklerin diğer kirleticiler ile etkileşimi

Mikroplastikler biyota tarafından alınabilecek kadar küçük oldukları ve besin zincirinde birikebildikleri ve yüzeylerinde kirleticileri absorbe edebilmelerinden ötürü organik kirleticilerin taşınmasına katkı sağlarlar (Rillig, 2012). Kirleticiler sediment ve toprağa göre mikroplastiklere daha fazla tutunurlar (Mato, Isobe, Takada, Kanehiro, Ohtake ve Kaminuma, 2001).

Literatür Taraması

Mikroplastiklerin çevresel zararlarının fark edilmesi ile mikroplastik kirliliğiyle ilgili yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Dünya genelinde yapılan çalışmalar son yıllarda hızlı bir şekilde artarken ülkemizde konu üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır. Plastikler konusunda yapılan çalışmalara bakıldığında; çalışmaların çoğunluğunu deniz ortamında, plankton örneklerinde, sedimentlerde, omurgalı veya omurgasız canlılarda ve mikroplastiklerle kimyasal kirleticilerin ilişkisinin incelenmesi çalışmalarının olduğu görülmektedir (Anderson, Warrack, Langen, Challis, Hanson ve Rennie, 2017). Mikroplastik kirliliği daha çok deniz ekosisteminde yapıldığından, tatlı su ortamındaki çalışmalar daha az sayıdadır (Erdoğan, 2020; Wagner ve Lambert, 2018).

Asi Nehri'nde ve Türkiye akarsularında, mikroplastik konusunda yapılmış çok az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır. Asi Nehri'nde mikroplastik kirliliğinin incelenmesi ilk kez bu çalışma ile yapılmıştır. Bugüne kadar çalışma alanında mikroplastik konusunda yapılmış olan herhangi bir araştırmaya rastlanılmadığından, bu çalışma ile bulunan mikroplastik miktarları ilk veriler olarak değerlendirilmektedir.

Castaneda, Avlijas, Simard ve Ricciardi (2014) yaptıkları çalışmada, St. Lawrence Nehri'nde mikroplastik bolluğunu incelemiş olup, 320 km'lik nehir havzası boyunca 10 noktada yapmış oldukları örneklemelemlerde, en yüksek miktar $1,4 \times 10^5$ adet mp/m² olarak belirlemişlerdir (Castaneda, Avlijas, Simard ve Ricciardi, 2014).

Fischer, Paglialonga, Czech ve Tamminga (2016) yaptıkları çalışmada, İtalya'da bulunan Bolsena Gölü'nde ve Chiusi Gölü'ndeki mikroplastik miktarını araştırmışlardır. Chiusi Gölü'nde 64 ± 21 adet mp/m^3 , Bolsena Gölü'nde ise 57 ± 241 adet mp/m^3 , Chiusi Gölü'nde Bolsena Gölü'ne göre daha fazla lif bulunduğunu belirtmişlerdir (Fischer, Paglialonga, Czech ve Tamminga, 2016).

Su ve diğerleri (2016) Taihu Gölü'nde yüzey suyunda MP incelemesi yapmış olup, 3,4 – 25,8 adet/ m^2 MP tespit ettiklerini bildirmişlerdir (Su ve diğerleri, 2016).

Aytan ve diğerleri (2016) Karadeniz'de yapmış oldukları çalışmada, su yüzeyindeki 12 istasyonda mikroplastik miktarı ve dağılımını incelemiştir. Araştırmada Karadeniz'in Güneydoğu sahili boyunca zooplankton örneklerinde; numunelerin %92'sinde mikroplastik bulunduğunu, (%49,4) ile en fazla liflerin, %30,6 ile filmlerin, %20 ile plastik parçacıkların olduğunu belirlemişlerdir (Aytan ve diğerleri, 2016).

Gündoğdu ve Çevik'in (2017) yapmış oldukları çalışmada, İskenderun ve Mersin Körfezlerinde mikro ve mezoplastik kirlilik düzeyini belirlemişlerdir. Örnek aldıkları yedi noktada m^2 'de ortalama 0,376, en yüksek miktar Mersin Körfezi'nde Seyhan Nehri ağzında (0,6827 adet/ m^2), İskenderun Körfezi'nde ise ortalama 0,2254 adet/ m^2 olduğunu tespit etmişlerdir (Gündoğdu ve Çevik, 2017).

Güven, Gökdağ, Janovic ve Kıdeyş (2017) yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'de Akdeniz bölgesinde balıklarda, sediman, deniz yüzeyi ve su kolonunda mikroplastik bolluğuna bakmışlardır. Balıkların mide ve bağırsaklarından toplam 1822 mikroplastik çıkarmışlardır. Balıkların yutmuş olduğu mikroplastiklerin %70'inin elyaf, %20,8'inin sert plastiklerden oluştuğu belirlenmiştir. En çok mavi renkte mikroplastik olduğu belirlenmiştir. Deniz suyunda 1517 mikroplastik bulunduğunu, km^2 başına 16339 ve 520213 adet MP bulunduğunu belirtmişlerdir (Güven, Gökdağ, Janovic ve Kıdeyş 2017).

Gündoğdu'nun (2017) yapmış olduğu çalışmada, İskenderun Körfezinde 14 istasyonda 8,64 km hat boyunca 9,5 km^2 yüzey alanından ortalama 1 067 120 adet/ km^2 MP olduğunu tespit etmiştir (Gündoğdu, 2017).

Yuan ve diğerlerinin (2019) yapmış oldukları çalışmada, Poyang Gölü yüzey suyu ve sedimanında mikroplastik miktarına bakmışlardır. Evsel atık su ve balıkçılık faaliyetlerinin yoğun olmasını sebebiyle gölde mikroplastiklerin çoğunluğunun PP ve PE olduğunu, yüzey suları ve sedimanında arasında baktıkları MP açısından anlamlı bir farklılık olmadığını ve MP bolluğunun 5 – 34 adet/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir (Yuan ve diğerleri, 2019).

Cincinelli ve diğerleri (2017) yapmış oldukları çalışmada, Antarktika'da Ross Denizi su yüzeyinden aldıkları örneklerde 0,0032-1,18 adet/m³ mikroplastik bulmuşlardır. En fazla polietilen ve polipropilen bulunmuştur. En yüksek mikroplastik örnekleri arıtma tesisinin çıkışına yakın alanlarda bulunduğunu belirtmişlerdir (Cincinelli ve diğerleri, 2017).

Gundogdu, Çevik, Güzel ve Kilercioğlu, (2018), Seyhan ve Yüreğir atık su arıtma tesislerinden 6 gün süreyle giriş ve çıkış suyunda mikroplastik miktarlarına bakmışlardır. Atık su girişinde günde 1 milyon – 6,5 milyon adet MP bulunduğunu, çıkış suyunda ise 220 000 – 1,5 milyon adet bulunduğunu, arıtma tesislerinin tesise gelen sulardaki mikroplastığın %73-79 arasında uzaklaştırıldığını ve örneklerde en çok polyester türünün görüldüğünü belirtmişlerdir (Gundogdu, Çevik, Güzel ve Kilercioğlu, 2018).

Akarsu, Kumbur, Gökdağ, Kıdeyş ve Sanchez-Vidal (2020) yaptıkları çalışmada, Mersin Körfezine boşalan üç atık su arıtma tesisinin 1 yıl boyunca her ay giriş ve çıkış suyundaki MP miktarına bakmışlardır. Liflerin toplam mikroplastiklerin %69,7'sini oluşturduğunu, giriş sularının çıkış sularına oranla 2,5 kat daha fazla MP içerdiğini ve atık su arıtma tesislerinde Kuzeydoğu Akdeniz'deki ana mikroplastik kaynaklarından biri olduğunu belirtmişlerdir (Akarsu, Kumbur, Gökdağ, Kıdeyş ve Sanchez-Vidal, 2020).

Ding, Mao, Guo, Yang, Zhang ve Yang (2019) yaptıkları çalışmada, Çin'de üç büyük eyaletten geçen Wei Nehri'nde yüzey sularında MP kirliliğine bakmışlardır. Baskın olarak lif türü MP bulunduğunu ve 3,67 ile 10,7 adet/L olduğunu belirlemişlerdir (Ding, Mao, Guo, Yang, Zhang ve Yang, 2019).

Wang ve diğerlerinin 2018 yılında yaptıkları çalışmada, Çin'de bulunan Donting Gölü'nün yüzey sularında MP kirliliğine bakmışlardır. Çalışmada baskın olarak lif bulunduğunu,

çoğunlukla PE, PP plastik türü bulunduğunu ve mikroplastik bolluğunun $385 \pm 221,1$ adet/m³ MP olduğunu tespit etmişlerdir (Wang, Yuan, Chen ve Wang, 2018).

Wang ve diğerlerinin (2018) yılında yaptıkları çalışmada, Çin'de Hong Gölü'nün yüzey sularında MP kirliliğine bakmışlardır. Mikroplastik miktarının $685,5 + 375,3$ adet/m³ olduğunu tespit etmişlerdir (Wang, Yuan, Chen ve Wang, 2018).

Wang ve diğerlerinin (2019) yılında yaptıkları çalışmada, Çin'de Ulansuhai Gölü'nde 1760 ± 710 ile $10,120 \pm 4090$ n/m³ arasında değiştiğini, mikroplastiklerin %80'den fazlasının 2 mm'den küçük olduğunu tespit etmişlerdir (Wang, Qin, Li, Yang, Meng ve Yang, 2019).

Erdoğan'nın (2020) yılında yaptığı çalışmada, Cevdet Dünder Göleti yüzey suyundaki mikroplastik kirliliğini araştırmış olup, 5 farklı istasyondan aldığı su örneklerinde m³ te 233 adet mikroplastik bulunduğunu, en fazla lif türü plastik ve en çok mavi renk MP tespit ettiğini bildirmiştir (Erdoğan, 2020).

Egessa ve diğerlerinin (2020) yılında yaptıkları çalışmada, Victoria Gölü'nde su yüzeyindeki mikroplastik bolluğuna bakmışlardır. En fazla plastik parçası(fragment) bulunduğunu, en baskın rengin beyaz/şeffaf olduğunu, en yaygın polietilen plastik türü olduğunu, ortalama $0,73$ adet/ m³ mikroplastik bulunduğunu tespit etmişlerdir (Egessa, Nankabirwa ve Ocaya, 2020).

Kumar ve diğerleri (2020) yılında, nehir ekosistemlerinde mikroplastik kirliliğinin etkileşimi, yutulması ve ekolojik kaygıları azaltmaya yönelik çalışma yapmışlardır. Nehirlerdeki MP kirliliğinin başlıca sebeplerinin antropojenik faaliyetler ve kentleşme olduğunu, bu durumdan en çok nehirdeki balıkların etkilendiğini, mikroplastiklerin ağır metalleri, organik kirleticileri absorbe ettiğini, bunun da ekotoksisiteyi artırdığını belirtmişlerdir (Kumar, Sharma, Manna ve Jain, 2021).

Çullu ve diğerleri (2021) yılında Küçükçekmece Lagünü'nün yüzey sularında mikroplastik kirliliğine bakmışlardır. En çok %37,95 ile plastik parçası, %75,28 ile mavi renkte mikroplastik bulduklarını belirtmişlerdir (Çullu, Sönmez ve Sivri, 2021).

Zhang ve diğeri (2021) yılında, Taihu Gölü'nde yüzey suyunda MP incelemesi yapmışlardır. Gölde en fazla polivinil klorür ve polietilen türü MP gözlediklerini, litrede 1,7 ile 8,5 adet MP tespit ettiklerini belirtmişlerdir (Zhang, 2021).

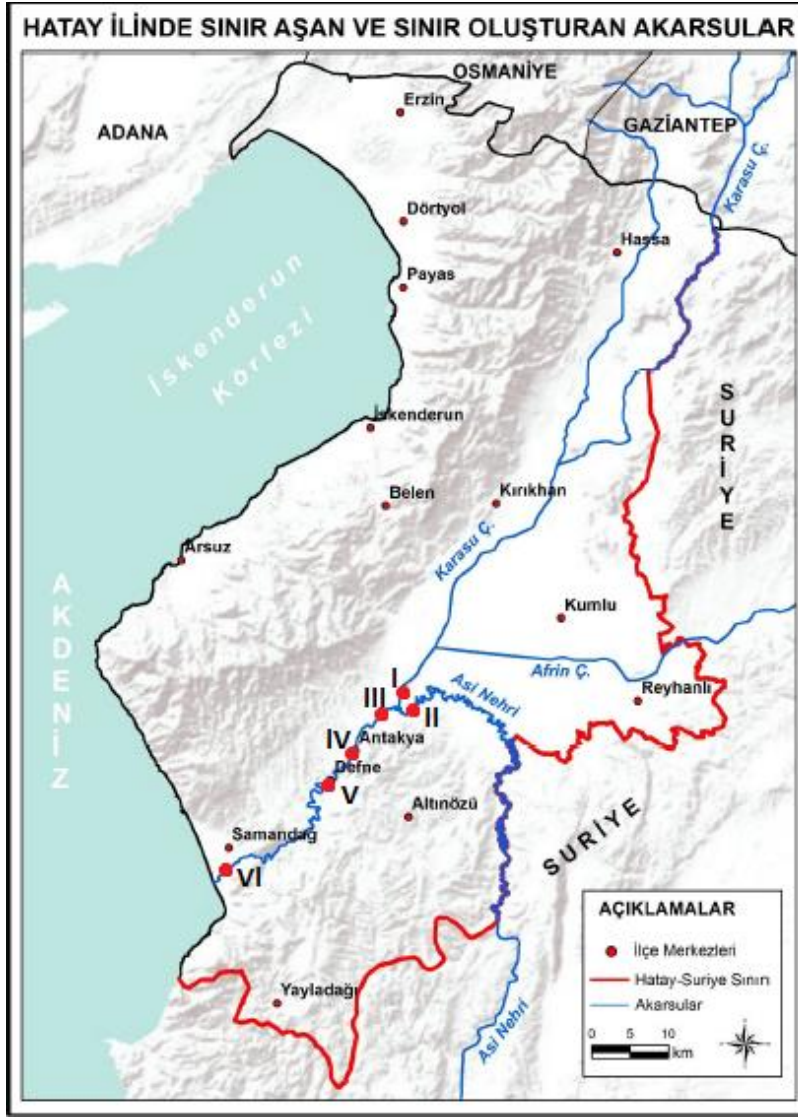
Bertoldi ve diğeri (2021) yılında, Brezilya Gualba Gölü'nde su yüzeyindeki mikroplastığın bolluğu, dağılımı ve bileşimine bakmışlardır. En baskın rengin beyaz/şeffaf ve kırmızı olduğunu, en fazla plastik parçası bulunduğunu ve 11,9 – 61,2 adet/m³ mikroplastik bulunduğunu tespit etmişlerdir (Bertoldi, 2021).



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Asi Nehri Lübnan'ın El Bekaa Vadisinin Doğu yamaçlarından doğar. Lübnan ve Anti-Lübnan dağları arasından kuzeye doğru ilerleyip, Hirmil'in su kaynaklarını da alarak, kaynağından 35 km uzakta akar ve Suriye topraklarına geçer (Korkmaz ve Karataş, 2009). Suriye'nin önemli tarım alanlarından biri olan Gab bölgesinde sulama kanalı olarak kullanıldığından, kollara ayrılır. Batıdan Ansariye (Emblonos) ile doğudan Zaviye (Diokleion) Dağları arasından geçerek, 22 km boyunca Türkiye – Suriye sınırını oluşturur. Asi Nehri yaklaşık 380 km uzunluğa sahip olup, nehrin Türkiye sınırları içerisinde uzunluğu 88 km.dir. Vadi tabanı genişleyerek, Amik Ovası'nda Demirköprü'den (Cisr'ül-Hadid) batıya dönerek, Karasu ve Afrin kolları ile birleşir ve güneye ilerler. Antakya'dan (Antiocha) geçerek, 40 km kadar vadilerle daralarak kıvrılır ve Samandağ'dan Akdeniz'e boşalır (Fitchett, ve Deford, 1973). Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçen Asi Havzası'nın ortalama yağış miktarı 816 mm olup, debisi 1,17 km³/yıldır (Kılıç ve Yücel 2019). Havza sanayi ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğe maruz kalmakta, havzaya gelen bu kirlilik denize ulaşmaktadır. Nehir yatağı boyunca tarım faaliyetleri yapılmakta olup Asi Nehri tarımsal sulamada kullanılmakta, hayvancılık ve tarımsal endüstriler nedeniyle de havza noktasal ve yaygın kirlilik kaynaklarına maruz kalmaktadır (Kılıç ve Yücel 2019).



Şekil 2. 1. Çalışma Alanı Asi Nehri, Afrin ve Karasu Çayı (Usun ve Geçen, 2018).

Bu çalışmada, Asi Nehrinin Hatay sınırları içinde kalan bölümünde mikroplastik kirliliği ilk defa araştırılmış olup mikroplastik kirliliğinin Asi Nehrindeki mevsimlik özellikleri ve dağılımı ortaya konulmuştur.

2.2. Çalışma İstasyonları ve Örnekleme Stratejisi

Bu çalışmada, çalışmanın amacına uygun olarak Asi Nehrinin Akdeniz'e döküldüğü Hatay ili sınırları içerisinde 6 farklı örnekleme istasyonu seçilmiştir (Şekil 2.1 ve Çizelge 2.1). Örnekleme yerleri Asi Nehri besleyen Karasu + Afrin Çaylarının birleşimi (I), Asi (II), Asi + Afrin & Karasu Çaylarının birleştiği Sanayi Bölgesi (III), Şehir Merkezi (IV), Balıklıdere (V) ve Asi'nin denize döküldüğü yer (VI) olmak üzere gerçekleştirilmiştir (Şekil I). İlk iki

istasyon (I, II) Hatay ilinin dışında kırsal alanın etkisinde, üçüncü istasyon (III) organize sanayi bölgesi etkisinde, dördüncü istasyon (IV) kentleşmenin yüksek olduğu şehir merkezinde, beşinci istasyon (V) nokta nüfusun az olduğu daha kırsal alanda, altıncı istasyon (VI) ise tarımın etkisinin de olduğu nehrin Akdeniz'e döküldüğü bölgededir. Bu noktalar MP kirliliği hakkında havzanın genel durumunu ortaya koymak, kirlilik kaynakları hakkında fikir yürütmek, MP'in bolluğu ve kompozisyonu üzerindeki göreceli etkilerin değerlendirilmesini yapmak amacıyla seçilmiştir.

Çizelge 2. 1. Numune alınan noktaların koordinatları

İstasyon ismi	Mevkii	Koordinat (Derece Dakika Saniye)
I	Karasu + Afrin Çaylarının birleşimi	36 ⁰ 15'16" N
II	Asi	36 ⁰ 12'11" E 36 ⁰ 15'08" N
III	Asi + Afrin & Karasu Çaylarının birleştiği Sanayi Bölgesi	36 ⁰ 12'25" E 36 ⁰ 13'57" N
IV	Şehir Merkezi	36 ⁰ 11'05" E 36 ⁰ 11'59" N
V	Balıklidere	36 ⁰ 09'32" E 36 ⁰ 07'14" N
VI	Asi'nin denize döküldüğü yer	36 ⁰ 06'35" E 36 ⁰ 03'49" N 36 ⁰ 59'04" E

Süzülen su miktarının belirlenmesi için her örnekleme noktasında suyun akış hızı pervane tipi akımölçer kullanılarak ölçülmüştür. Her istasyonda 40x60 cm çerçeve ölçülerine ve 333 µm ağ gözü genişliğine sahip manta ağ yardımı ile örnekleme yapılmıştır. Manta ağ NOAA'nın belirlemiş olduğu standartlara uygun olarak dizayn edilmiştir (Masura, Baker, Foster, Arthur, Herring ve Editor, 2015). Çekim noktasına ait koordinat bilgileri, suyun debisi ile ilgili notlar alınmış, çekimler 8 ile 10 dakika olacak şekilde yapılarak örnekleme tamamlanmıştır. Her örneklemede yaklaşık 100 m³ su süzölmüştür. Örnekleme bittikten sonra ağ filtre edilmiş su ile dışarıdan yıkanarak tüm örnek 1 litrelik

cam kavanozlara aktarılıp üzerine herhangi bir biyolojik aktivite olmaması için %70'lik etil alkol ilavesi yapılmış ve örnekler daha sonra analiz edilmesi için saklanmıştır. Analiz çalışmaları Masura ve diğerlerine göre yapılmıştır (2015). Laboratuvarda örnekler önce 5 mm göz açıklığına sahip paslanmaz çelik elekten süzölmüş, 5mm'den büyük plastik parçalar üzerinde herhangi bir mikroplastik kalmaması için dikkatlice yıkanarak örnek içerisinde alınmıştır ve elek üzerinde kalan atıklar fotoğraflanarak atılmıştır. Materyal içindeki organik maddeleri uzaklaştırmak için behere 20 ml 0,05 M Fe (II) katalizörü ve 20 ml %30'luk hidrojen peroksit eklenerek karışım oda sıcaklığında 5 dakika bekletilmiştir. Beher çeker ocak üzerine konularak 30 dakika süreyle 75°C'ye kadar ısıtılmıştır. Böylece ıslak peroksit oksidasyonuna (WPO) tabi tutularak organik atıkların parçalanması sağlanmıştır. MP'lerin kolay ayrılması ve yüzeyde toplanmasını sağlamak için 20 ml numune başına 6 gr NaCl eklenmiş, tuz çözölmünceye kadar karışım 75°C' ye kadar ısıtılmış ve sonrasında kenara alınarak 24 saat yoğunluk ayırımına tabi tutulmuş. Çözelti yoğunluk ayırımından sonra tekrar elenmiş, boyutlarına, renklerine, şekillerine göre incelenmiştir. Filtreler kamera takılı diseksiyon mikroskobu (Olympus SZX7) altında incelenerek filtre üzerindeki MP'in sayım, ölçüm ve kompozisyon çalışmaları yapılmıştır. Mikroplastikler tür ve renklerine göre ayrılarak fotoğraflanmıştır. Bu işlemler sırasında ortamdaki gelebilecek kontaminasyonun engellenmesi için uygun koşullar sağlanmıştır.

2.3. İstatiksel Analiz

Çalışma süresi boyunca yüzey sularında tespit edilen MP bolluklarının mevsimsel ve bölgesel dağılımlarının istatistiksel olarak incelenmesi amacıyla tüm veri setine Öklid Benzerlik İndeksi (Euclidean Similarity Index) seçilerek Tek Yön Permanova Analizi (One Way Permanova Analysis) uygulandı. Hesaplamalar Microsoft Excel ve PAST kullanılarak gerçekleştirildi (Hammer, Harper, 2009).

3. BULGULAR

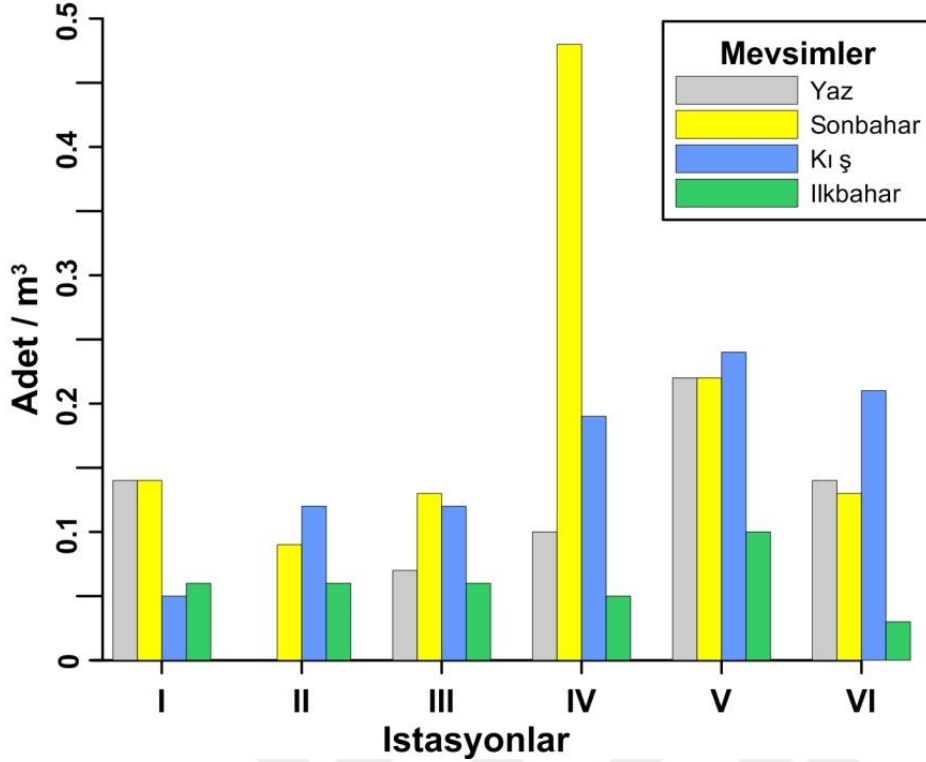
3.1. Mikroplastiklerin Dağılımları

3.1.1. Bolluğuna göre mikroplastik dağılımı

Asi Nehri yüzey sularında çalışma süresince istasyonlarda tespit edilen MP miktarları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Çalışma bölgesinde örnek toplanan tüm istasyonlarda ve örnekleme dönemlerinde MP’e rastlanmıştır. Şekil 3.1’de gösterildiği üzere çalışma bölgesinde tespit edilen MP miktarı 0,03-0,48 adet/m³ aralığında değişirken, Asi Nehrindeki ortalama MP bolluğu 0,13 adet/m³ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.1.). Tüm örnekleme zamanı ve istasyonlarda toplam 281 adet MP tespit edilmiştir.

Çizelge 3. 1. İstasyonlarda ölçülen ortalama mikroplastik miktarı

İstasyonlar	Örnekleme Zamanı	Mikroplastik Miktarı (adet/m ³)	Minimum, Maksimum, Ortalama (adet/m ³)
I	15.08.2020	0,14	0,05
	10.11.2020	0,14	0,14
	20.02.2021	0,05	0,09
	17.04.2021	0,06	
II	15.08.2020	Veri alınamadı	0,06
	10.11.2020	0,09	0,12
	20.02.2021	0,12	0,09
	17.04.2021	0,06	
III	15.08.2020	0,07	0,06
	10.11.2020	0,13	0,13
	20.02.2021	0,12	0,09
	17.04.2021	0,06	
IV	15.08.2020	0,10	0,05
	10.11.2020	0,48	0,48
	20.02.2021	0,19	0,20
	17.04.2021	0,05	
V	15.08.2020	0,22	0,10
	10.11.2020	0,22	0,24
	20.02.2021	0,24	0,19
	17.04.2021	0,10	
VI	15.08.2020	0,14	0,03
	10.11.2020	0,13	0,21
	20.02.2021	0,21	0,12
	17.04.2021	0,03	



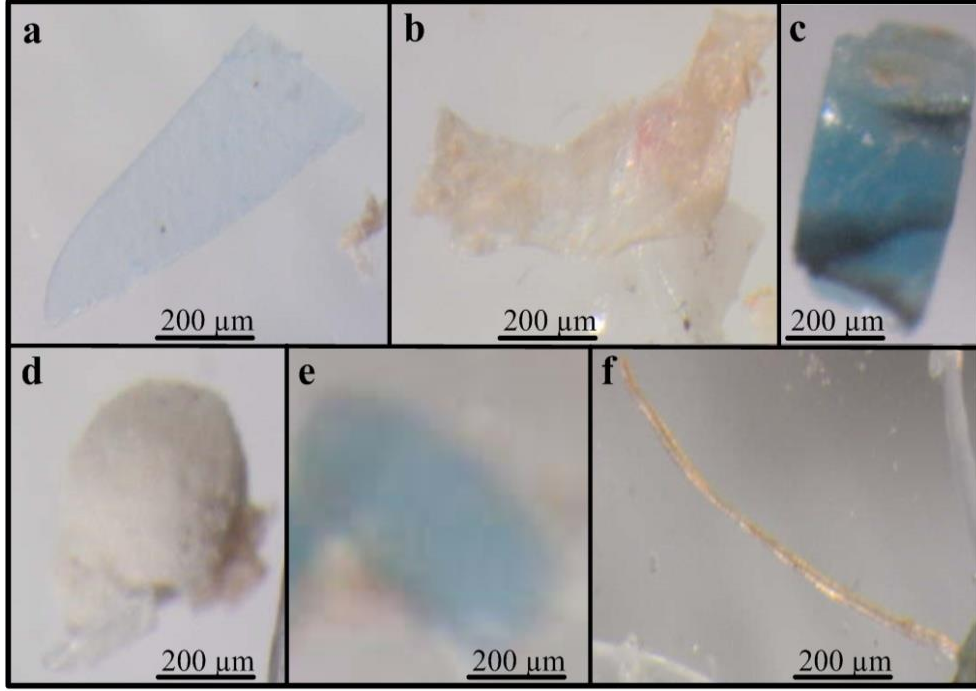
Şekil 3. 1. Asi Nehrinde mikroplastik bolluk dağılımı

En yüksek MP miktarına (0,48 adet/m³) sonbahar döneminde IV nolu istasyonda, en düşük MP miktarına (0,03 adet/m³) ise ilkbahar döneminde VI nolu istasyonda rastlanmıştır. Genel ortalamalara göre nehrin alt kısımlarına doğru ortalama MP miktarı artış eğilimi göstermiştir (Şekil 3.1).

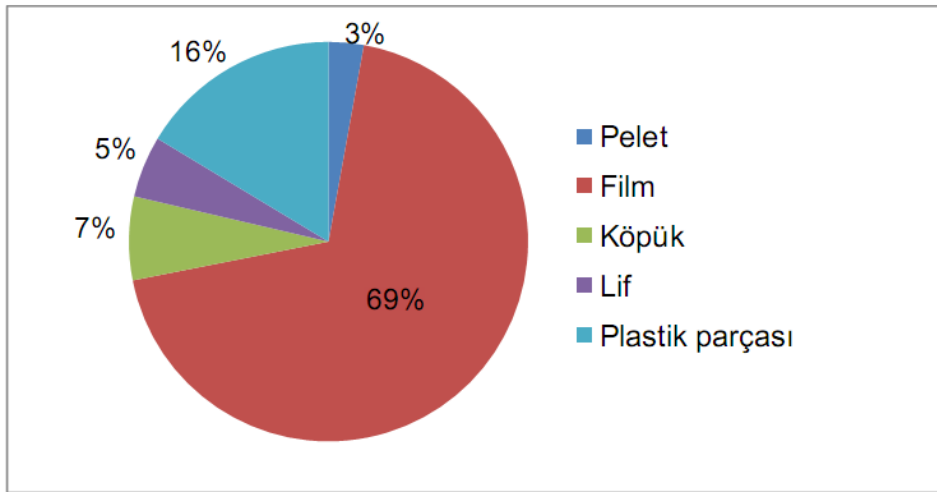
MP bolluğu genel ortalamalarına göre istasyonlar ve mevsimler arası kıyaslama yapıldığında sırasıyla; II<III<I<VI<V<IV ve İlkbahar<Yaz<Kış<Sonbahar olarak bulunmuştur (Çizelge 3.1 ve Şekil 3.1.).

3.1.2. Tipine göre mikroplastik dağılımı

Tiplerine göre MP dağılımı Şekil 3.2’de gösterilmiştir. MP’ler tiplerine göre Pelet, Film, Köpük, Lif ve Plastik Parçası olmak üzere 5 grupta değerlendirilmiştir (Resim 3.1). Tüm çalışma süresince tespit edilen 281 adet MP tiplerine göre değerlendirildiğinde; tespit edilen tüm MP’in %69’unu filmler oluştururken en düşük miktarını ise peletler (%3) oluşturmuştur. Lif (%5) ve köpük (%7) tipi MP miktarlarının da düşük olduğu, plastik parçalarının (%16) ise kompozisyon içinde ikinci en yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.2.).



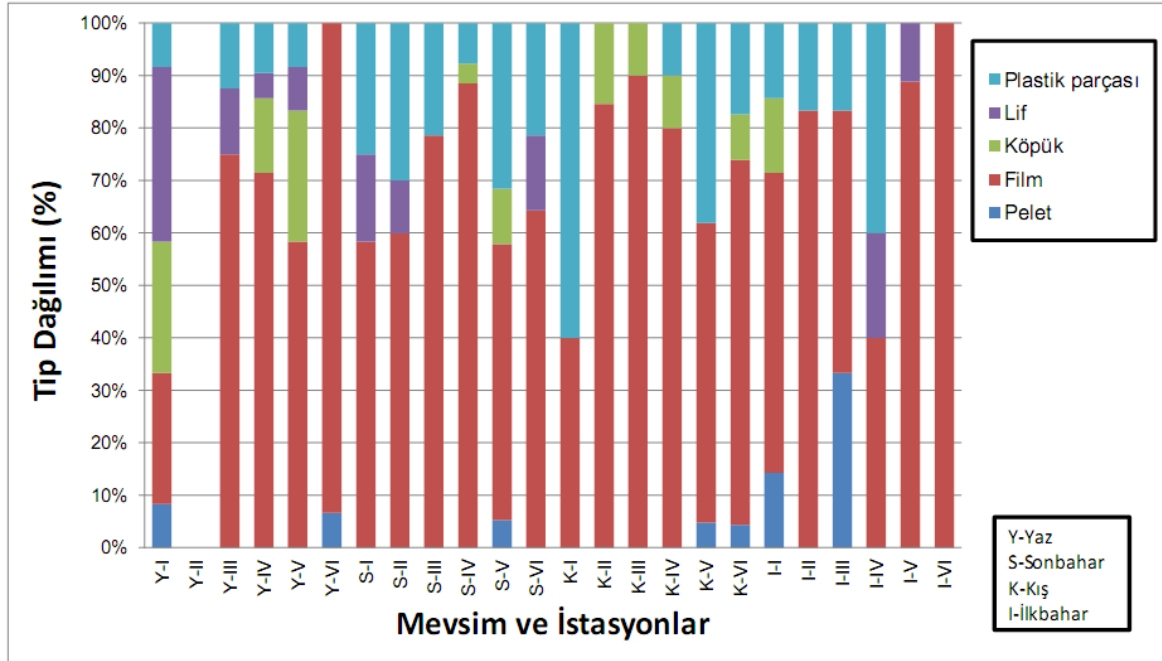
Resim 3. 1. Asi Nehrinde tespit edilen farklı mikroplastik tipleri: film (a-b), plastik parçası (c), köpük (d), pelet (e), lif (f).



Şekil 3. 2. Asi Nehrinde mikroplastik tip kompozisyonu ortalama dağılımı

Her mevsim ve her istasyonda film tipine rastlanırken, diğer MP tipleri mevsime ve istasyona bağlı olarak örnek içerisinde bazen bulunmamıştır (Şekil 3.3). MP tipine göre dağılım incelendiğinde en homojen örneğe yaz dönemi I nolu istasyonda rastlanırken, İlkbaharda VI nolu istasyonda sadece film tipi MP bulunmuştur. Genel olarak film tipinden

sonra her istasyonda ve her örnekleme döneminde plastik parçasına diğer tiplerden daha sık rastlanmıştır (Şekil 3.3)

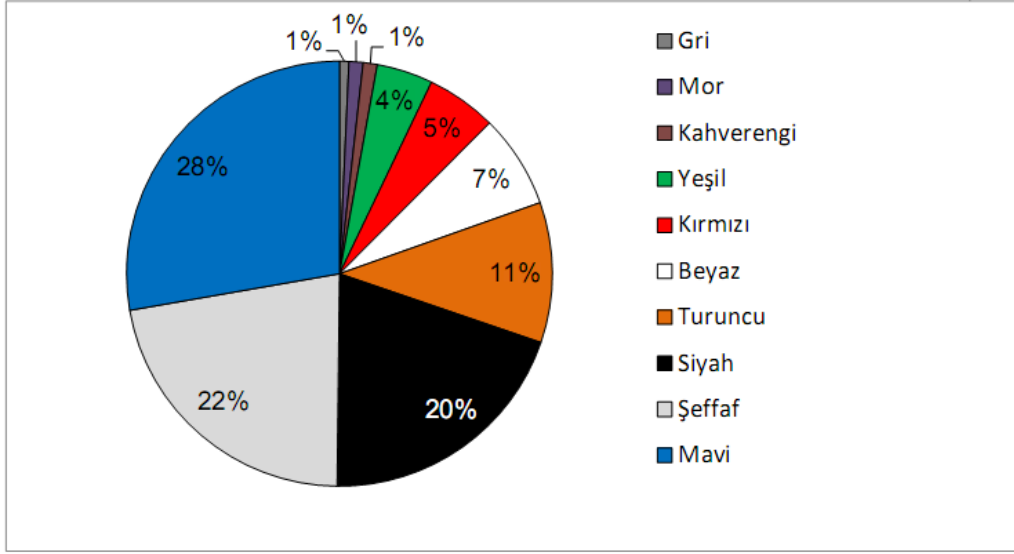


Şekil 3. 3. Asi Nehrinde mikroplastik tip kompozisyonunun mevsimsel dağılımı.

Tüm istasyonlar MP tip/adetlerine göre değerlendirildiğinde; plastik parçası IV<I<III<II, lif III<IV<II<I, köpük IV<II<III<I, film IV<I<III<II ve pelet II<I=IV<III olarak bulunmuştur.

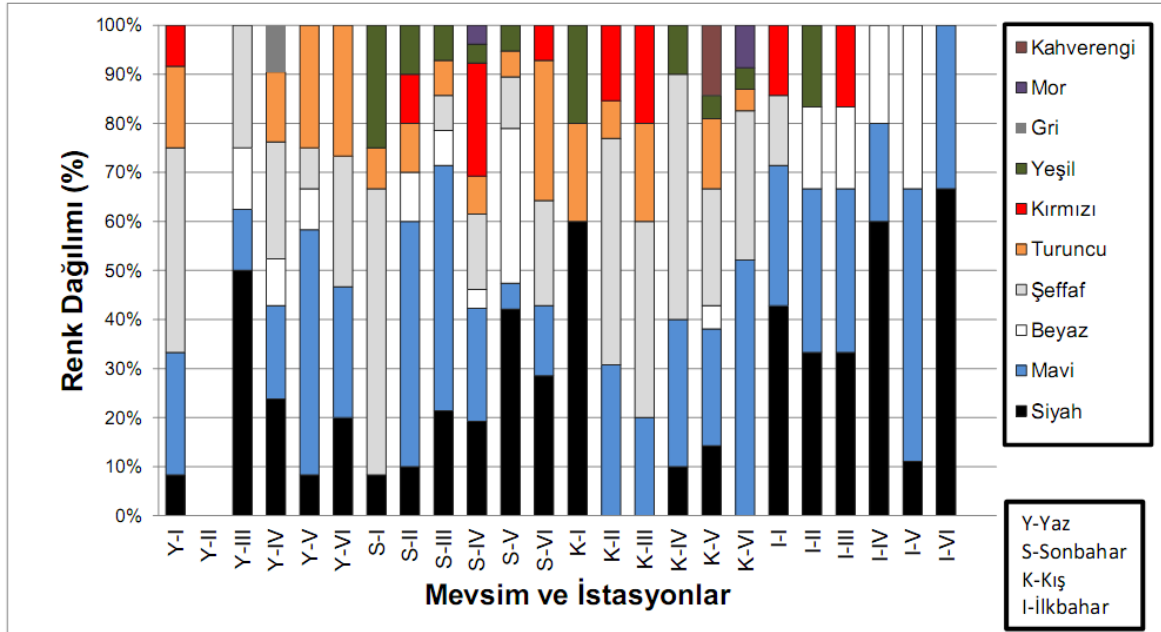
3.1.3. Renklerine göre mikroplastik dağılımı

Çalışma süresinde tespit edilen tüm MP'in renklerine göre dağılımı Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Asi Nehri'nde tüm istasyonlardan alınan numunelerdeki tüm MP'ler incelendiğinde; toplamda en fazla mavi (%28), şeffaf (%22) ve siyah (%20) renkte MP'lere rastlanırken, gri (%1), mor (%1) ve kahverengi (%1) MP'ler birer istasyonda ve bir mevsimde bulunmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4. Asi Nehrinde mikroplastik renk kompozisyonu ortalama dağılımı

Tespit edilen MP'lerin mevsimlere ve istasyonlara göre renk dağılımı Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Genel olarak her mevsim ve her istasyonda en az dört farklı renk MP bulunduğu tespit edilmiştir. Sadece dört istasyonda (K-I, I-IV, I-V, I-VI) 3 ve altında



sayıda farklı tip renge rastlanmıştır (Şekil 3.5).

Şekil 3. 5. Asi Nehrinde mikroplastik renk kompozisyonunun mevsimsel dağılımı

3.2. İstatiksel Analiz

MP bolluğunun mevsimlere göre dağılımında istatistiksel olarak farklılığın ortaya çıkarılması için yapılan analizlere göre sonuçlar Çizelge 3.2’de verilmiştir. Sonuçlara göre mevsimsel dağılım incelendiğinde bölgeler istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır. Permanova formülü kullanılmıştır.

$$P = \frac{(\text{Her bir } F \pi \geq F \text{ koşulunun sağlanma sayısı})}{(\text{Toplam } F \pi \text{ lerin sayısı})} \quad (3.2)$$

Formüldeki;

F değeri permütasyonlar sonucunda elde edilen $F \pi$ dağılımının sonucudur.

P değerleri permütasyonu ifade eder.

$F \pi$ değeri tüm olası etiketlerle ilişkili satırların yeniden düzenlenmiş durumları için hesaplanır.

3.2.1. Mikroplastiklerin mevsimlere göre farklılıkları

Mikroplastik bolluğunun mevsimlere göre değişimini anlatan tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3. 2. Mevsimlere göre tanımlayıcı istatistikler

Mevsimlere Göre Tanımlayıcı İstatistikler				
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
N	6	6	6	6
Min.	0,03	0	0,09	0,05
Max	0,1	0,22	0,48	0,24
Toplam	0,36	0,67	1,19	0,93
Analiz	0,06	0,111667	0,198333	0,155
Standart hata	0,009309	0,030377	0,058959	0,028839
Varyant	0,00052	0,005537	0,020857	0,00499
Standart	0,022804	0,074409	0,144418	0,07064
Medyan	0,06	0,12	0,135	0,155
25. yüzdilik dilim	0,045	0,0525	0,12	0,1025
75. yüzdilik dilim	0,07	0,16	0,285	0,2175
Çarpıklık	0,910791	-0,10882	2,01672	-0,35745
Basıklık	2,5	0,544441	4,189419	-0,98164
Geometrik	0,056462	0	0,168004	0,13796
Katsayı	38,00585	66,63473	72,81599	45,57415

Tek yönlü Permonava analizi mikroplastik bolluğunun ilkbahar ve sonbahar ayları ile ilkbahar ve kış ayları arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık olduğunu ortaya koymuştur ($p < 0,05$). (Çizelge 5.3). Öteki taraftan yaz ayı ile sonbahar ve kış ayları arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Benzer durum kış ayı ile sonbahar mevsimleri için de geçerlidir.

Çizelge 3. 3. Mevsimlere bağlı farklılık

MEVSİMLERE BAĞLI FARKLILIK				
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
İlkbahar				
Yaz	0,1452			
Sonbahar	0,0043	0,2462		
Kış	0,0107	0,3544	0,6393	

3.2.2. Mikroplastiklerin bölgelere göre farklılıkları

MP bolluğunun bölgelere göre dağılımında tanımlayan istatistiksel veriler Çizelge 3.4.'te verilmiştir.

Çizelge 3. 4. Bölgelere göre tanımlayıcı istatistikler

BÖLGELERE GÖRE TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER						
	1	2	3	4	5	6
N	4	4	4	4	4	4
Min.	0,05	0	0,06	0,05	0,1	0,03
Max	0,14	0,12	0,13	0,48	0,24	0,21
Toplam	0,39	0,27	0,38	0,82	0,78	0,51
Analiz	0,0975	0,0675	0,095	0,205	0,195	0,1275
Standart hata	0,024622	0,025617	0,017559	0,096134	0,032016	0,037053
Medyan	0,002425	0,002625	0,001233	0,036967	0,0041	0,005492
Standart	0,049244	0,051235	0,035119	0,192267	0,064031	0,074106
Medyan	0,1	0,075	0,095	0,145	0,22	0,135
25. yüzdilik dilim	0,0525	0,015	0,0625	0,0625	0,13	0,055
75. yüzdilik dilim	0,14	0,1125	0,1275	0,4075	0,235	0,1925
Çarpıklık	-0,03559	-0,75284	17	1,492513	-1,86647	-0,59526
Basıklık	-5,79488	0,342857	-5,2111	2,155033	3,619274	1,611132
Geometrik Ort.	0,087568	0	0,089969	0,146131	0,184614	0,103479
Katsayı	50,50696	75,90334	36,96721	93,78887	32,83653	58,12218

Tek yönlü Permonava analizi mikroplastik bolluğunun bölgeler bağlı olarak değişim göstermediğini ortaya koymuştur ($p < 0,05$). Başka bir değişle analiz sonuçlarına göre bölgeler arası istatistiksel olarak önemli bir farklılık rastlanmamıştır (Çizelge 3.5.)

Çizelge 3. 5. Bölgesel farklılıklara göre mikroplastik bolluğu

BÖLGESEL FARKLILIK						
	1	2	3	4	5	6
1						
2	0,4854					
3	0,9693	0,4888				
4	0,3931	0,2298	0,3657			
5	0,0938	0,0571	0,088	1		
6	0,6517	0,241	0,5451	0,6512	0,2872	

4. TARTIŞMA

Son yıllarda yapılan çalışmalar okyanus ve denizlerin yanı sıra göl, nehir ve nehir ağzı gibi tatlı su ekosistemlerinde de yoğun mikroplastik kirliliği bulunduğunu göstermiştir (Bessa, 2019; Çullu, Sönmez ve Sivri, 2021; Ding, Mao, Guo, Yang, Zhang ve Yang, 2019; Erdoğan, 2020; Li ve diğerleri, 2019; Zhang, 2020). Yapılan çalışmalar sularda en çok bulunan mikroplastiklerin; polipropilen (PP), polietilen (PE), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET), polivinil klorür (PVC) olduğunu göstermiştir (Li ve diğerleri, 2019). Nehir sistemleri karasal plastik atıkların denizel ortama taşınmasına neden olan önemli kaynaklardan biridir. Bunun yanında yağmur sularıyla oluşan yüzey akıntıları ve seller de sucul ve denizel alanlara yoğun miktarda mikroplastik taşımaktadır (Gündoğdu, Çevik, Ayat, Aydoğan ve Karaca, 2018). Su yüzey alanı, derinlik, rüzgâr, akıntılar ve parçacıkların miktar ve kompozisyonu gibi değişkenler mikroplastiklerin tatlı su ortamında taşınmasını etkileyen faktörlerdir. Ayrıca şehirleşme ve geri dönüşüm faaliyetlerinin gelişmişliği de sucul alanlara taşınan mikroplastik miktarını etkilemektedir.

Bu çalışmada uzun bir yayılım alanı bulunan ve farklı bölgelerden geçen Asi Nehri'nin doğu Akdeniz'e mikroplastik kirliliği taşıdığı ve örnekleme yapılan tüm istasyonlarda farklı oranlarda mikroplastik bulunduğunu belirlenmiştir. Ancak örnekleme alanı boyunca bölgesel olarak istatistiksel anlamda anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Asi Nehri su yüzeyinde yapılan bu çalışmada ortalama $0,13 \text{ adet/m}^3$ mikroplastik bulunmuş olup, Asi Nehri'nde ve yakın çevresindeki tatlı sularda başka bir çalışma olmamasından ötürü çalışma alanında mevsimsel ve bölgesel karşılaştırma yapılamamıştır. Ülkemizde tatlı sularda yapılan çalışmalar incelendiğinde Cevdet Dünder Göleti (Erdoğan, 2020). Ve Küçükçekmece Lagünü'nde (Çullu, Sönmez ve Sivri, 2021), yapılan toplam iki çalışmaya ulaşılmıştır. Erdoğan yaptığı çalışmada gölet yüzey suyu örneklerinde 233 adet/m^3 mikroplastik tespit etmiş (2021) ve mikroplastiklerin %91'ini lif ve çoğunluğunun mavi (%36) renkli olduğunu bildirmiştir. Çullu ve diğerleri ise Küçükçekmece Lagünü'nde yüzey sularında ortalama mikroplastik miktarını 33 adet/l , kompozisyonun ise %38'inin plastik parçası ve çoğunun (%75) mavi renk olduğunu bildirmiştir (2021). Bahsedilen iki çalışmada tespit edilen mikroplastik bollukları Asi Nehrinde bulunan mikroplastik miktarlarının çok üstünde bulunmuştur. Mikroplastik dağılımı bölge, mevsim ve çalışma alanı türüne (deniz, nehir, göl, lagün vs.) göre farklılıklar gösterebilmektedir. Bahsedilen

iki çalışmada kullanılan ağların göz açıklığı (50-61 μm) mevcut çalışmada kullanılan ağ gözü açıklığından (333 μm) küçüktür. Farklı araştırmacılar tarafından örnekleme yapılrken çalışmanın amacına göre kullanılan ağ gözü genişliği/açıklığında farklı ölçüler kullanılmaktadır (Çizelge 4.1). Fakat genel sınıflamalara göre mikroplastik örneklemelelerinde 300 μm ağ gözü açıklığına sahip ağlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada da 300 – 500 μm arasındaki mikroplastik miktarlarına bakılmıştır. Muhtemeldir ki daha küçük göz açıklığına sahip ağlar kullanıldığında daha fazla mikroplastik bolluğu tespit edileceği düşünülmektedir. Çizelge 4.1’de dünyanın farklı bölgelerinde göl ve nehirlerde yapılan mikroplastik araştırmalarına ait bulgular verilmiştir. Görüldüğü üzere bu alanlarda tespit edilen mikroplastik miktarları Asi Nehrinde tespit edilen miktarlardan fazladır. En yakın değerlerin ölçüldüğü Victoria Gölü (0,73 adet/ m^3)’nde bile neredeyse 6 kat fazla mikroplastik bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bu çalışmada tespit edilen mikroplastik miktarları literatürdeki benzer çalışmalar düşünüldüğünde uzun ve geniş bir havzaya sahip Asi Nehri’nde “beklenenden düşük” bulunmuştur. Ayrıca Asi Nehrinde su kalitesi durumuyla ilgili yapılan bir çalışmaya göre nehir sanayi ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklı noktasal ve yayılı kirliliğe maruz kaldığı bildirilmiştir (Kılıç ve Yücel 2019). Fakat tespit edilen bu noktasal ve yayılı kirlilik nehir suyunun biyokimyasal özelliğiyle ilgili olup mikroplastik bolluğu veya plastik kaynaklı kontaminasyon hakkında direkt ya da dolaylı bilgi sağlamamaktadır.

Çizelge 4. 1. Mevcut bulguların farklı bölgelerdeki çalışmalarla karşılaştırılması

Çalışma Alanı	Konum	Ağ Boyutu μm	Adet /m ³	Referanslar
Bolsena Gölü	İtalya	300	57 ± 241	(Fischer, Paglialonga, Czech ve Tamminga, 2016).
Chiusi Gölü	İtalya	300	64 ± 21	(Fischer, Paglialonga, Czech ve Tamminga, 2016).
Taihu Gölü	Çin	5	3400 – 24,800	(Su, 2016).
Taihu Gölü	Çin	53	1700 – 8500	(Zhang, 2021).
Donting Gölü	Çin	50	385 ± 221,1	(Wang, Yuan, Chen ve Wang, 2018).
Hong Gölü	Çin	50	685,5 ± 375,3	(Wang, Yuan, Chen ve Wang, 2018).
Wei Nehri	Çin	388	3670 – 10700	(Ding, Mao, Guo, Yang, Zhang ve Yang, 2019).
Poyang Gölü	Çin	50	5000 – 34000	(Yuan, Liu, Wang, Di, Wang, 2019).
St. Lawrence Nehri	Amerika	500	1,4x10 ⁵	(Castaneda, Avlijas, Simard ve Ricciardi, 2014).
Ulansuhai Gölü	Çin	48	1760 – 10120	(Wang, Qin, Li, Yang, Meng ve Yang, 2019).
Victoria Gölü	Afrika	300	0,73	(Egessa, Nankabirwa ve Ocaya, 2020).
Gualba Gölü	Brezilya	60	11,9 ± 0,6 61,2 ± 6,1	(Bertoldi, 2021).
C. Dünder Gölü	Türkiye	61	233	(Erdoğan, 2020).
Küçükçekmece Lagünü	Türkiye	50	330000	(Çullu, Sönmez ve Sivri, 2021).
Asi Nehri	Türkiye	333	0,13	Bu Çalışma

Asi Nehri'nde her çalışma döneminde su numuneleri alınırken, havzada yoğun olarak su sümbülü olduğu görülmüştür (Resim 4.1 – 4.2. – 4.3.). Subtropikal ve tropikal bölgelerde istilacı bir sulak alan, serbest yüzen çok yıllık su bitkisi olan su sümbülü (*Eichhornia crassipes*) 2010 yılından itibaren Asi Nehri yatağında görülmekte olup, nehirde yoğun popülasyonlar oluşturmaktadır (Uremis, Uludağ, Arslan ve Abacı, 2014). Demirköprü mevki (Antakya), Maşuklu mevki (Antakya-Yeni sanayi köprüsü) ve nehrin denize döküldüğü Meydan (Samandağ)'da yoğun popülasyonlar görülmüştür.



Resim 4. 1. Asi Nehrinde su sümbülleri (sarı çizgiler arasında nehir yüzeyi tamamen kaplanmış durumda)

Su sümbüllerinin optimal büyüme sıcaklığı 25-30 °C arasında olduğundan, su sümbülleri en çok yaz mevsiminde artış göstermekte ve Eylül-Ekim aylarında yağışların ve rüzgârın etkisiyle şehir merkezine taşınmaktadır. Nehir yüzeyinde belirtilen alanlar haricinde su sümbüllerine her bölgede her mevsimde nehir kenarlarında rastlanmıştır. Vejetatif ve

tohumla üreme gösteren su sümbülünün tohum miktarı 300-3400 adet arasında değişmekte olup, büyüme hızı azot ve fosfor miktarıyla orantılı şekilde artmaktadır (Hilooğlu ve Sözen, 2018). Yapılan hesaplamalara göre nehirde 1 m² alanda yaklaşık 50 kg su sümbülü bulunmakta olup, Google Earth görüntüleri ile nehirde 300 tona yakın su sümbülü olduğu belirlenmiştir. Su sümbülü örnek alınan her mevsimde görülmüş olup, birçok bölgede nehrin yüzeyini kaplamaktadır (Resim 4.1 – Resim 4.3.- Ek-1).



Resim 4. 2. Asi'nin denize döküldüğü yer Meydan (Samandağ)

Serbest yüzen çok yıllık su bitkisi olan ve nehrin yüzeyini kaplayan su sümbülleri saçak kök tipine sahiptir. Bu çok sayıda dallanma sonucu oluşan ince ve uzun köklerin boyu 50 cm'yi geçebilmektedir. Bu kök yapısı ve kapladığı alan nedeniyle su sümbüllerinin Asi Nehrindeki mikroplastığın büyük bir kısmını tuttuğu düşünülmektedir.



Resim 4. 3. Demirköprü mevki su sümbülleri

Asi Nehri'nde su yüzeyinde mikroplastik miktarı mevsimlere göre değişkenlik göstermiştir (ilkbahar<yaz<kış<sonbahar). En yüksek değerlere kurak dönemi takip eden ve yağışların başladığı sonbaharda rastlanırken, en düşük değere ilkbaharda rastlanmıştır. One Way Permanova analizine göre mevsimlere bağlı farklılıklar görülmüş olup, sonbahar ve kış mevsimlerinin anlamlı düzeyde farklı olduğu görülmüştür. Bölgede yıl boyunca devam eden tarımsal faaliyetler sonucunda tarım alanlarından gelen yüzey sularının taşıdığı çeşitli kirlilik yüklerinin olası kirlilik kaynaklarından birisini oluşturduğu düşünülmektedir (Kılıç ve Yücel 2019). Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere, I, II ve III numaralı istasyonlarda (kırsal alanlar) mikroplastik yoğunluğu diğer istasyonlara göre daha az bulunmuştur. Ancak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Asi Nehrinde bu istasyonlar öncesinde gözlenen yoğun popülasyon oluşturmuş yüzer bir su bitkisi olan su sümbüllerinin (*Eichornia crassipes*) su yüzeyindeki mikroplastığı tutması MP bolluğunu etkilemiştir. En yüksek mikroplastik miktarına şehir merkezinde bulunan IV nolu istasyonda rastlanmıştır. IV nolu istasyonda mikroplastik miktarının yüksek olması bu örnekleme alanı çevresinde nüfusun yüksek olması ve Asi Nehrine şehir merkezinde birçok küçük dere ve drenaj kanalının akması nedeniyledir. Bu nedenle kanalizasyon sistemine bağlı olmayan drenaj kanalları, yüzey suları ve rüzgârla taşınım sonucu Asi

Nehrine mikroplastik karışmaktadır. Bu istasyondaki mikroplastik miktarı diğer istasyonlara göre daha yüksek olmakla birlikte one way Pernova analizine göre bölgesel farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Şehir merkezinden sonraki V nolu istasyon ve nehrin doğu Akdeniz'e karışmadan önceki kısmında (VI nolu istasyon) ölçülen mikroplastik miktarı bazı noktalarda bulunan su sümbülleri tarafından tutulduğu için denize doğru genelde azalma eğilimi göstermiştir.

Mikroplastiklerin boyutları nedeniyle kökenlerinin ve ait oldukları materyalin belirlenmesi oldukça zordur. Bu çalışmada örnekleme yapılan tüm istasyonlarda ve mevsimlerde fazla miktarda film tipi (%68) mikroplastığe ve renk olarak mavi (%28)'ye rastlanmıştır. Film tipi mikroplastiklerin olası kaynakları plastik poşetler, ambalaj ve örtü malzemeleri olarak belirlenmiştir (Free, Jensen, Mason, Eriksen, Williamson ve Boldgiv, 2014). Bahsedilen bu olası kaynaklara dayanarak kırsal alanlarda kullanılan sera naylonları, insan aktivitesinin yoğun olduğu şehir merkezinde kullanılan ambalaj atıkları ve plastik poşetler Asi Nehrinde film tipi mikroplastik kirliliğine neden olduğu düşünülmektedir. Fakat havzası geniş olan ve geçtiği farklı bölgeler nedeniyle Asi Nehri'ne karışan mikroplastiklerin kökenlerinin belirlenmesi için daha ileri çalışmalar gerekmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Asi Nehrinde su yüzeyinde mikroplastik miktar ve kompozisyonunu belirlemek için yapılan bu çalışmada nehir yüzeyinde MP bolluğu 0,03-0,48 adet/m³ aralığında değiştiği ve ortalama 0,13 adet/m³ olduğu tespit edilmiştir. MP bolluğu genel ortalamalarına göre istasyonlar ve mevsimler arası kıyaslama yapıldığında; II<III<I<VI<V<IV ve İlkbahar<Yaz<Kış<Sonbahar olarak bulunmuştur. En yüksek MP miktarına nüfusun yoğun olduğu ve drenaj kanallarının nehre aktığı şehir merkezindeki istasyonda bulunmuştur. MP'ler tiplerine göre değerlendirildiğinde; tespit edilen tüm MP'in %67'sini filmler oluştururken en fazla mavi (%28) renkte mikroplastığe rastlanmıştır.

Asi Nehri'nde yoğun populasyonlar oluşturan ve istilacı tür olarak tanımlanan su sümbülleri nehirdeki su yüzeyinde bulunan mikroplastığın bir kısmını tutarak, Doğu Akdeniz'e taşınmasını engellediği düşünülmektedir. Su sümbülleri ve mikroplastik arasındaki ilişkinin tespit edilmesiyle ilgili ileri çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Mikroplastiklerin boyutları nedeniyle kökenlerinin ve ait oldukları materyalin belirlenmesi oldukça zordur ve daha detaylı çalışmalar gerektirmektedir. Nehir ve göllerin çevresinde bulunan katı atıklar ve su kaynaklarında bulunan mikroplastik tipleri arasındaki ilişkiyi irdeleyecek ileri çalışmalar kirlilik yaratan kaynakların belirlenip yerinde engellenmesi açısından bilime ve doğanın korunmasına önemli katkılar sunacaktır.

KAYNAKLAR

- Abayomi, O.A., Range, P., Ghouti, M.A., Obbard, J.P., Almeer, S.H., Hamadou, R.B. (2017). Microplastics in coastal environments of the Arabian Gulf. *Marine pollution bulletin*, 181-188. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.011>
- Akarsu, C., Kumbur, H., Gökdağ, K., Kıdeys, A.E., Sanchez-Vidal, A. (2020). Microplastics composition and load from three wastewater treatment plants discharging into Mersin Bay, north eastern Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 110-776. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110776>
- Anderson, P.J., Warrack, S., Langen, V., Challis J.K., Hanson, M.L., Rennie, M.D. (2017). Microplastic contamination in Lake Winnipeg, Canada. *Environmental Pollution*, 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.072>
- Andrady, A.L. ve Neal, M.A., (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1977-1984. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>
- Andrady, A.L., (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Anderson, J.A., Alford, A.B. (2014). Ghost fishing activity in derelict blue crab traps in Louisiana. *Marine Pollution Bulletin*, 261-267. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.002>
- Ashton, K., L. Holmes, Turner, A. (2010). Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 2050-2055. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.014>
- Aytan, U., Valente, A., Senturk, Y., Usta, R., Sahin, F.B.E., Mazlum, R.E., Ağırbaş, E. (2016). First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea waters. *Marine Environmental Research*, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.009>
- Azzarello, M.Y., Van Vleet E.S. (1987). Marine birds and plastic pollution. *Marine Ecology Progress Series*, 295-303. <https://doi.org/10.3354/MEPS037295>
- Ballent, P.J., Pando, S., Purser A. Juliano Thomsen, L. (2013). Modelled transport of benthic marine microplastic pollution in the Nazaré Canyon. *Biogeosciences*, 7957-7970. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2013BGeo...10.7957B/doi:10.5194/bg-10-7957-2013
- Ballent, A., Purser, A., Mendes, P.J., Pando, S., Thomsen, L. (2012). Physical transport properties of marine microplastic pollution. *Biogeosciences Discussions*, 18755-18798. <https://doi.org/10.5194/BGD-9-18755-2012>

- Barnes, D.K., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 364, 1985-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Başer, H., Tekelioğlu, S., Örtlek, M., Aydın, C. (2012). KOBİ'lerin İhracata Yönlendirilmesinde Kümelenme Modeli: Ankara Plastikçiler Kümesi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 4, 45-54. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ebd/issue/4860/66854>
- Bertoldi, C., Lara, L.Z., Mizushima, F.A., Martins, F.C.G., Battisti, M.A., Hinrichs, R., Fernandes, A.N. (2021). First evidence of microplastic contamination in the freshwater of Lake Guaíba, Porto Alegre, Brazil. *Science of The Total Environment*, 759, 143-503. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143503>
- Bessa, F., Barria, P., Neto, J.M., Frias, J.P.G.L., Otero, V., Sobral, P., Marques, J.C. (2018). Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Marine pollution bulletin*, 575-584. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.044>
- Castaneda, R.A., Avlijas, S., Simard, M.A., Ricciardi, A. (2014). Microplastic pollution discovered in St. Lawrence River sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1767-1771. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0281>
- Cincinelli, A., Scopetani, C., Chelazzi, D., Lombardini, E., Martellini, T., Katsoyiannis, A., Fossi, M.C., Corsolini, S. (2017). Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere*, 175, 391-400. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Crawford, C., B. Quinn. (2016). 5-Microplastics, standardisation and spatial distribution. *Microplastic Pollutants*, 101-130. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00005-0>
- Crawford, R.J. ve Martin, P.J., (2020), *Plastics engineering* (Dördüncü Baskı). United Kingdom: Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100709-9.00001-7>
- Çullu, A.F., V.Z. Sönmez ve N. Sivri. (2021). Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution. *Environmental Pollution*, 268, 115-801. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115801>
- Das, P. ve P. Tiwari. (2018). Valorization of packaging plastic waste by slow pyrolysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 69-77. <https://doi.org/10.1177%2F0734242X211068243>

- Derraik, J.G., (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 842-852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Ding, L., Mao, R., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q. ve Yang, C. (2019). *Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest of China*. *Science of the Total Environment*, 427-434. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.332>
- Erdoğan, Ş., (2020). Microplastic pollution in freshwater ecosystems: A case study from Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 213-221. <http://dx.doi.org/10.12714/egejfas.37.3.02>
- Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *Plos one*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Fendall, L.S., Sewell, M.A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine pollution bulletin*, 1225-1228. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025>
- Fischer, E.K., Paglialonga, L., Czech, E., Tamminga, M. (2016). Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments—a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental pollution*, 213, 648-657. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.03.012>
- Fitchett, J., Deford, M. (1973). A river called Rebel, *Aramco World Magazine*, 24.
- Free, C.M., Jensen, O.P., Mason, S.A., Eriksen, M., Williamson, N.J., Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine pollution bulletin*, 85, 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Frias, J., P. Sobral, A.M. Ferreira. (2010). Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 1988-1992. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.030>
- Gündoğdu, S., Çevik, C., Güzel, E., Kilercioğlu, C., (2018). Microplastics in municipal wastewater treatment plants in Turkey: a comparison of the influent and secondary effluent concentrations. *Environ Monit Assess*, 626. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7010-y>
- Gündoğdu, S., C. Çevik. (2017). Micro-and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples. *Marine Pollution Bulletin*, 118, 341-347. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.002>

- Gündoğdu, S. (2017). High level of micro-plastic pollution in the Iskenderun Bay NE Levantine coast of Turkey. *Su Ürünleri Dergisi*, 34, 401-408. <https://doi.org/10.12714/egeifas.2017.34.4.06>
- Gündoğdu, S., Çevik, C., Ayat, B., Aydoğan, B., Karaca, S., (2018). How microplastics quantities increase with flood events? An example from Mersin Bay NE Levantine coast of Turkey: *Environmental pollution*, 239, 342-350. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.042>
- Güven, O., Gökdağ, K., Janovic, B., Kıdeyş A.E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental pollution*, 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025>
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., (2009). *Paleontological data analysis*. (4) *Palaeontologia electronica*, 1-9. <http://folk.uio.no/ohammer/past>
- Halden, R.U., (2010). Plastics and health risks. *Annual review of public health*, 179-194. <http://doi:10.1146/annurev.publhealth.012809.103714>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental science technology*, 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Hilooğlu, M., Sözen, E. (2018). Riskleri Ve Ekonomik Kullanımları Açısından Türkiye'ye Geçiş Yapan İstilacı Sulak Alan Bitkisi Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 1, 128-137.
- Jeftic, L., Sheavly, S., Adler, E. (2009). *Marine litter: a global challenge*, Nairobi: UNEP.
- Kayılı, M.T., Çelebi, G. (2020). Plastik Atıkların ve Yapıda Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 148-157, Son Erişim Tarih: 30.09.2020
- Kershaw, P. (2015), *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. London:International Maritime Organization, 90-96.
- Kılıç, E., Yücel N. (2019). Determination of spatial and temporal changes in water quality at Asi River using multivariate statistical techniques. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19, 727-737. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_9_02
- Korkmaz, H., Karataş, A. (2009). Asi Nehri'nde Su Yönetimi ve Ortaya Çıkan Sorunlar/Water Management on the Asi (Orontes) River and Appeared Problems. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6, 18-40.

- Kumar, R., Sharma, P., Manna C., Jain, M. (2021). Abundance, interaction, ingestion, ecological concerns, and mitigation policies of microplastic pollution in riverine ecosystem: A review. *Science of The Total Environment*, 782, 146-695. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146695>
- Laist, D.W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 18, 319-326. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(87\)80019-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(87)80019-X)
- Li, H.X., Ma, L.S., Lin, N., Ni, Z., Zu, X., Shi, H., Yan, Y., Zheng, G.M., Rittschoff, D. (2019). Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River Estuary, China. *Environmental Pollution*, 236, 619-625. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.083>
- Lindeque, P.K., Cole, M., Coppock, R.L., Lewis, C.N., Miller, R.Z., Watts, A.J.R., McNeal, A.W., Wright, S.L. Tamara S. Galloway (2020). Are we underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of microplastic capture with nets of different mesh-size. *Environmental Pollution*, 114-721. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114721>
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental science technology*, 318-324. <https://doi.org/10.1021/es0010498>
- Rillig, M.C. (2012). Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil?. *ACS Publications*, 46, 6453-6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>
- Ryan, P.G. (2015) A Brief History of Marine Litter Research. In: Bergmann, M., Gutow, L. and Klages, M., Eds., *Marine Anthropogenic Litter*, Springer, Berlin, Open Chpt. 1, 1-28. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_1
- Stock, F., Kochleus, C., Baltruschat, B.B., Brennholt, N., Reifferscheid, G. (2019). Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment—A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 84-92.
- Su, L., Xue, Y., Li, L., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., Shi, H. (2016). Microplastics in taihu lake, China. *Environmental Pollution*, 216, 711-719. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.036>
- Thompson, R.C., Moore, C.j., Saal, F.S., Swan. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical transactions of the royal society B:biological sciences*, 2153-2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
- Uremis, I., Uludağ, A., Arslan, Z.F., Abacı, O., (2014). A new record for the flora of Turkey: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae). *EPPO bulletin*, 44, 83-86. <https://doi.org/10.1111/epp.12096>

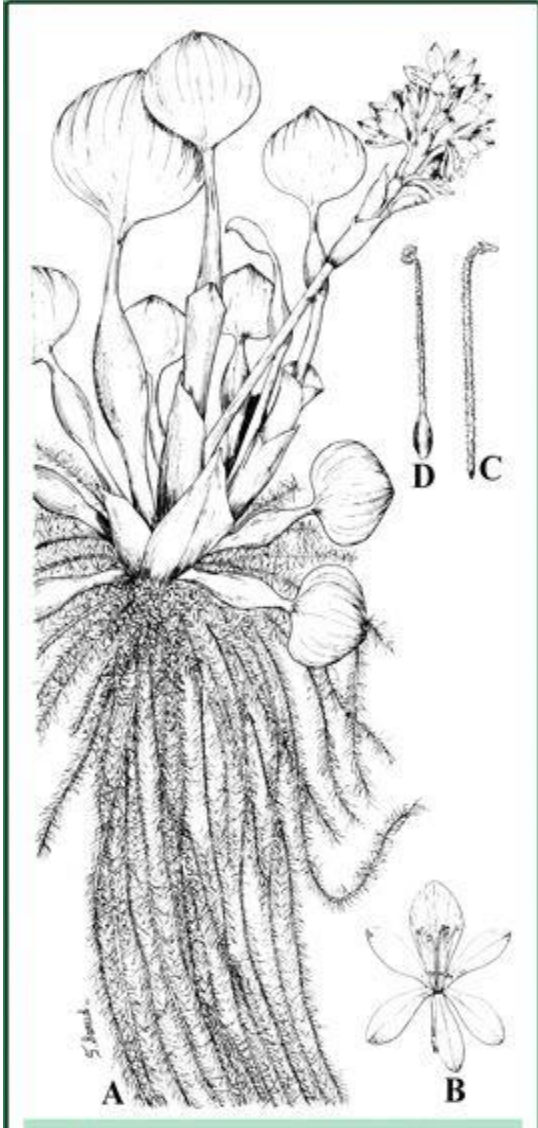
- Usun, Ç.F., Geçen, R. (2018). Uluslararası Sular Kapsamında Hatay İli Hidropolitigi. *Journal of International Social Research*. 11. <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2018.2927>
- Wagner, M., Lambert, S. (2018). Freshwater microplastics: emerging environmental contaminants? (58). Barcelona: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5>
- Wang, W., Yuan, W., Chen, Y., Wang, J. (2018). Microplastics in surface waters of dongting lake and hong lake, China. *Science of the Total Environment*, 633, 539-545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.211>
- Wang, Z., Qin, Y., Li, W., Yang, W., Meng, Q., Yang, J. (2019). Microplastic contamination in freshwater: first observation in lake ulansuhai, yellow river basin, China. *Environmental Chemistry Letters*, 1821-1830. <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-019-00888-8>
- Williams, J.H., Debenedictis, A., Ghanadan, Mahone, A., Moore, J., Morrow, W.R., Price, S., Torn, M.S. (2012). The technology path to deep greenhouse gas emissions cuts by 2050: the pivotal role of electricity. *Science*, 53-59. <https://doi.org/10.1126/science.1208365>
- Yurtsever, M. (2015). Mikroplastikler'e Genel Bir Bakış. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 68-83. <https://dergipark.org.tr/en/pub/deumffmd/issue/40786/492038> Son Erişim Tarihi: 01.06.2015
- Yuan, W., Liu, X., Wang, W., Di, M., Wang, J. (2019). Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 180-187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.11.126>
- Zhang, Q., Liu, T., Liu, L., Fan, Y., Rao, W., Zheng, J., Quian, X. (2021). Distribution and sedimentation of microplastics in Taihu Lake. *Science of The Total Environment*, 148-745. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148745>
- Zhang, L., Liu, J., Xie, Y., Zhong, S., Yang, B., Lu, D., Zhong, Q., (2020). Distribution of microplastics in surface water and sediments of Qin river in Beibu Gulf, China. *Science of the Total Environmental*, 135-176. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135176>

EKLER

EK-1. Su sümbülü



Şekil 1.1. Su sümbülünün kök yapısı
(<http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Eichhornia+crassipes>)



Şekil 1.2. Su sümbülünün kök yapısının çizimi

DİZİN

A

Absorbe, 12,17
Aseptik, 8
Aşınma, 2, 11

B

Bakalit, 3
Bentik, 10
Bertaraf, 4
Besin Zinciri, 1
Birincil, 11
Biyota, 12

Ç

Çeker Ocak, 20

D

Deniz Çöpleri, 16
Denizel, 24
Deşarj, 24
Dielektrik, 21
Diseksiyon, 35

E

Epoksi, 20

F

Fenolformaldehit, 20
Film, 25
Fotodegradasyon, 18

G

Granül, 9, 11

I

Islak Peroksit Oksidasyonu, 20

İ

İkincil, 11
İstatistiksel, 20

K

Kara Kökenli, 9
Kauçuk, 3
Köpük, 25

M

Makroplastikler, 19
Manta Ağ, 34
Marpol, 9
Mezoploastikler, 19
Mikro Boncuk, 18
Mikrobeads, 26
Mikroplastikler, 16, 19
Monomer, 18

N

Nanoplastikler, 19
Noaa, 19
Noktasal, 17, 30

O

Oksidasyon, 3

P

Pelet, 10
Permanova Analizi, 20
Plastik Parçaları, 10
Plastikos, 3
Polietilen, 6
Polietilentereftalat, 6
Polikarbonat, 5
Polipropilen, 6
Polistirenin, 6
Polistyrene, 6
Politetrafloroetilen, 6
Poliüretan, 6
Polivinilklorür, 3

S

Saydam, 25
Sentetik, 18
Septik, 23
Strafor, 25

Ş

Şamandıra, 10

T

Termoplastik, 20
Termoset, 20

Y

Yarı Saydam, 10
Yedinci Kıta, 10

Z

Zooplankton, 13



TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

