

T.C.  
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BATLAMA DERESİ SEDİMENTİ  
MİKROPLASTİK PROFİLİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Öğrencinin Adı SOYADI** : **Hakan ÇEBİ**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih** :

**Enstitü Anabilim Dalı** : **BİYOSÜREÇ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı** : **Doç. Dr. Arzu AYDIN  
UNCUMUSAOĞLU**

**Haziran 2023  
GİRESUN**

T.C.  
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BATLAMA DERESİ SEDİMENTİ  
MİKROPLASTİK PROFİLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan ÇEBİ

Enstitü Anabilim Dalı : Biyosüreç Mühendisliği

Bu tez 22/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.  
Cengiz MUTLU  
Jüri Başkanı

Doç.Dr.  
Tanju MUTLU  
Üye

Doç.Dr.  
Arzu AYDIN  
UNCUMUSAOĞLU  
Üye

Prof. Dr.  
Bahadır KOZ  
Enstitü Müdürü

## BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Hakan ÇEBİ

29/05/2023

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim esnasında, tez çalışmalarımın yürütülmesi ve değerlendirilmesinde, her aşamasında yardım ve desteğini hiç esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Arzu AYDIN UNCUMUSAOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımnda ekipman sağlamada yardımcı olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz Mutlu'ya, yine arazi çalışmalarımnda bana yardımcı olan değerli dostum Onur TANER'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi manevi her koşulda yanımda olan ve bugünlere gelmeme vesile olan sevgili aileme ve zor günlerimde hep yanımda olan bu çalışma süresince de manevi desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Gülçin KILIÇ ÇEBİ, oğlum Okan Mert ÇEBİ ve kızım Ada ÇEBİ'ye de en içten duygularımla teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER .....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	VI
TABLolar LİSTESİ .....	IX
ÖZET.....	X
SUMMARY .....	XI
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	5
2.1. Plastikler.....	5
2.1.1. Plastiklerin Genel Özellikleri.....	6
2.1.2. Plastik Türleri.....	7
2.1.2.1. Termoset Plastikler.....	7
2.1.2.2. Termoplastikler.....	7
2.1.3. Plastiklerin Kullanım Alanları .....	9
2.2. Mikroplastikler.....	11
2.2.1. Mikroplastik Kaynakları .....	12
2.2.1.1. Birincil Mikroplastikler.....	13
2.2.1.2. İkincil Mikroplastikler .....	14
2.2.2. Mikroplastiklerin Sınıflandırılması.....	17
2.3. Literatür Değerlendirmesi .....	18
BÖLÜM 3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	33
3.1. Numune Alınan İstasyonların Özelliği.....	33
3.2. Sediment ve Su Örneklerinin Alınması.....	39

3.3. Mikroplastik Analizi .....	39
3.4. Ft-ır Spektroskopi Analizi .....	41
BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	42
4.1. Mikroplastik Karakterizasyonu (<5mm).....	42
4.1.1. Boyut Analizi .....	42
4.1.2. Renk Analizi.....	49
4.1.3. Tip Analizi.....	56
4.1.4. FT-IR Analizi.....	62
4.1.5. Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA).....	70
BÖLÜM 5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....	72
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ .....	85

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
mm	: Milimetre
m	: Metre
$\text{m}^2$	: Metrekare
$\text{m}^3$	: Metreküp
km	: Kilometre
$\text{km}^2$	: Kilometrekare
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat Derece
%	: Yüzde
dk	: Dakika
GF/F	: Cam mikrofiber filtre
V	: Hacim
RPM	: Dakikadaki devir sayısı
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
ABS	: Akrlonitril Bütadien Stiren
ATR-FTI	: Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared
C	: Karbon
DYPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
EP	: Epoksi
EPS	: Polistriien

FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometresi
H	: Hidrojen
HCL	: Hidroklorik Asit
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
KOK	: Kalıcı Organik Kirlenici
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
LDIR	: Lazer Doğru Kızılötesi
MP	: Mikroplastik
MPs	: Mikroplastikler
N	: Azot
O	: Oksijen
PA	: Polyamid
PC	: Polikarbonat
PCB	: Poliklorlu Bifeniller
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen Tereftalat
PF	: Fenol-Formaldehit
PMMA	: Polimetilmetakrilat
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PTFE	: Politetrafloroetilen
PUR	: Poliüretan
PVAC	: Polivinil Asetat
PVC	: Polivinilklorür
UP	: Poliyester Reçineleri
YYPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dünya çapında plastik üretimi ve yüzdesel dağılımı oranları .....	11
Şekil 2.2. Aşamalı olarak mikroplastiklerin oluşumu .....	13
Şekil 2.3. Birincil Mikroplastikler .....	14
Şekil 2.4. İkincil Mikroplastik Kaynakları.....	15
Şekil 2.5. Nehirlere bulaşan mikroplastik kaynakları .....	16
Şekil 3.1.Çalışma alanı ve istasyonların harita .....	35
Şekil 3.2. İstasyon 1 .....	36
Şekil 3.3. İstasyon 2 .....	36
Şekil 3.4. İstasyon 3 .....	37
Şekil 3.5. İstasyon 4 .....	37
Şekil 3.6. İstasyon 5.....	38
Şekil 4.1. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment) .....	43
Şekil 4.2. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su) .....	43
Şekil 4.3. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment) .....	44
Şekil 4.4. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su) .....	45
Şekil 4.5. İstasyon 3’te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment) .....	46
Şekil 4.6. İstasyon 3’te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su) .....	46
Şekil 4.7. İstasyon 4’te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment) .....	47
Şekil 4.8. İstasyon 4’te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su) .....	47
Şekil 4.9. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment) .....	48

Şekil 4.10. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su) .....	48
Şekil 4.11. İstasyonların ayrıntılı mikroplastik boyut yüzdeleri (sediment ve su).....	49
Şekil 4.12. İstasyonlardaki toplam mikroplastikleri boyut yüzdeleri (sediment ve su) .....	49
Şekil 4.13. Mikroplastiklerin tüm istasyonlar toplamında renklere göre dağılımı (%) .....	50
Şekil 4.14. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment) .....	51
Şekil 4.15. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su) .....	51
Şekil 4.16. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment) .....	52
Şekil 4.17. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su) .....	52
Şekil 4.18. İstasyon 3’te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment) .....	53
Şekil 4.19. İstasyon 3’te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su) .....	53
Şekil 4.20. İstasyon 4’te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment) .....	54
Şekil 4.21. İstasyon 4’te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su) .....	54
Şekil 4.22. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment) .....	55
Şekil 4.23. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su) .....	55
Şekil 4.24. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment) .....	56
Şekil 4.25. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su) .....	57
Şekil 4.26. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment) .....	57
Şekil 4.27. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su) .....	58
Şekil 4.28. İstasyon 3’te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment)	58
Şekil 4.29. İstasyon 3’te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su) .....	59
Şekil 4.30. İstasyon 4’te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment)	59
Şekil 4.31. İstasyon 4’te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su) .....	60
Şekil 4.32. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment)	60

Şekil 4.33. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su) .....	61
Şekil 4.34. Tüm istasyonların mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (%)..	61
Şekil 4.35. MPs’lerin çeşitleri (Mikroplastikler; 1-5; lifler, 6-8; parçalar, 9-12; film, ölçek çubuğu= 0.3 mm) .....	62
Şekil 4.36. Batlama deresi mikroplastiklerinin FTIR spektrumları. ....	63
Şekil 4.37. Tüm istasyonlardaki mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment).....	63
Şekil 4.38. Tüm istasyonlardaki mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su) .....	64
Şekil 4.39. İstasyon 1’de mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment) .....	64
Şekil 4.40. İstasyon 1’de mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su) .....	65
Şekil 4.41. İstasyon 2’de mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment) .....	65
Şekil 4.42. İstasyon 2’de mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su) .....	66
Şekil 4.43. İstasyon 3’te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment) .....	66
Şekil 4.44. İstasyon 3’te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su) .....	67
Şekil 4.45. İstasyon 4’te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment) .....	67
Şekil 4.46. İstasyon 4’te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su) .....	68
Şekil 4.47. İstasyon 5’te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment) .....	68
Şekil 4.48. İstasyon 5’te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su) .....	69
Şekil 4.49. Tüm istasyonlarda mikroplastiklerin polimer çeşidi yoğunluğuna göre dağılımı (sediment) .....	69
Şekil 4.50. Tüm istasyonlarda mikroplastiklerin polimer çeşidi yoğunluğuna göre dağılımı (su) .....	70
Şekil 4.51. Sedimentte mikroplastik HCA Analizi.....	71
Şekil 4.52. Suda mikroplastik HCA Analizi.....	71

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Plastik tanımlama ve geri dönüşüm kodları .....	8
Tablo 2.2. Plastiklerin türlerine göre kullanım alanları .....	9
Tablo 2.3. Miktoplastikleri sınıflandırmada kullanılan kategoriler .....	17
Tablo 2.4. Plastiklerin boyutlarına göre sınıflandırılması.....	18
Tablo 3.1. Su ve sediment numunesi alınan istasyonların özellikleri.....	34
Tablo 3.2. Örneklemme günü istasyonlardan alınan su parametreleri.....	39

# BATLAMA DERESİ SEDİMENTİ MİKROPLASTİK PROFİLİ

## ÖZET

Bu çalışma ile, ülkemiz Giresun ili sınırları içerisinde bulunan Batlama Deresi üzerinde beş istasyondan alınan sediment numunelerinde mikroplastik profili incelenmiştir. Hem mikroskopik hemde  $\mu$ -FTIR spektroskopu kullanılarak sediment numunelerinde tespit edilen mikroplastiklerin varlıkları ve karakterizasyonu saptanmıştır. Batlama deresi sedimenti'nde mikroplastik varlığı ve ortalaması 18,6 adet'tir. En bol lif ve film çeşidinde olan mikroplastik parçalarında şeffaf ve kırmızı renklerin baskın olduğu sonucuna varılmıştır. Tespit edilen mikroplastiklerin polimer çeşidi olarak en dominant Polietilen (PE, % 40,9) ve Polipropilen (PP, %28) tespit edilmiştir. Mikroplastiklerin boyut olarak en küçük gruba (% 66,7) en fazla miktarda karşılaşılmıştır ve boyutları 400  $\mu$ m'den daha büyük değildir.

Sonuç olarak, gerek sucul ekosistem gerekse insan sağlığı için tehdit oluşturan ve dereden denize ulaşan atıkların oluşturduğu riskin azaltılması için öncelikle atıkların en aza indirilmesi, gerekli tedbirlerin alınarak monitoring izleme çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Mikroplastik, Plastik Kirliliği, Tatlı Su, Sediment, Dere

## **SEDIMENT MICROPLASTIC PROFILE of BATLAMA STREAM**

### **SUMMARY**

In this study, the microplastic profile of sediment samples taken from once five stations on Batlama Stream, located within the borders of Giresun province in Türkiye, was investigated. Both microscopic and  $\mu$ -FTIR spectroscopy were used to determine the presence and characterization of microplastics detected in the sediment samples. The presence and average number of microplastics in Batlama Creek sediment was 18.6. It was concluded that transparent and red colors were predominant in microplastic fragments with the most abundant fiber and film types. Polyethylene (PE, 40.9%) and Polypropylene (PP, 28%) were the most dominant polymer types of the detected microplastics. The smallest group of microplastics (66.7%) was encountered in the highest amount and their size was not larger than 400  $\mu\text{m}$ .

In conclusion, in order to reduce the risk posed by the wastes reaching the sea from the stream, which pose a threat to both the aquatic ecosystem and human health, it is recommended that the wastes should be minimized, necessary measures should be taken and monitoring studies should be carried out.

**Keywords:** Microplastic, Plastic Pollution, Fresh Water, Sediment, Stream

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tarihin ilk zamanlarından beri insanlar için en kıymetli kaynakların başından gelen su, yerleşim yeri seçilirken büyük bir etken olmuştur. Yaşamsal ve ekonomik nedenlerden ötürü bolca üretilen tüketen insanlar, yerleşim yerlerini belirlerken suya yakın olan yerleri seçmişlerdir (Özaslan, 2009; Sağlık ve ark., 2012).

Denizlerin kirliliği uzun yıllardan beri en baskın çevresel sorunların başını çekmektedir. Göllere, nehirlere, karaya ve atmosfere bırakılan her türlü atığın doğrudan veya dolaylı bir yolla denizlerde birikmesi kirlilik hızının artışına sebebiyet vermektedir (Samsunlu, 1995). Bu kirleticiler içerisinde bir derecelendirme yapacak olursak en çok görüldüğü az da doğru, endüstriyel kirlilik, tarımsal kirlilik ve evsel atık suları olarak sıralanmaktadır. Ne yazık ki atık bölgeleriymiş gibi düşünülerek, kontrolsüz ve bilinçsizce sucul alanlara yapılan atık su deşarjları bölgeler için büyük tehlike arz etmektedir (Liu ve ark., 2019; Nour ve ark., 2019).

Besin maddelerinin, alıcı ortamı bozacak biçimde organik ve kimyasal katı atıkların aşırı boşaltımı, atık ısı, radyoaktif atıklar ve buna benzer atıkların birikimi, gemi ve diğer deniz araçlarından kaynaklanan petrol türevli katı ve sıvı atıklar diğer kirlilik kaynakları olarak öne çıkmaktadır. Bu sebeplerle deniz suyu özelliğinin olumsuz değişime uğraması sonucu, canlı yapılar zarara uğramış, insan sağlığı tehlike ile karşı karşıya kalmış ve balıkçılıkta dahil olmak üzere denizciliğin yapılması güçleşmiştir (Alpay, 2015).

Sucul ortamlarda oluşan kirlenmeler sonucunda, taban kısmında bulunan sediman tabakası etkilenmektedir. Sularda değişkenlik gösteren oranlarda materyaller birikerek sedimanı ortaya çıkarmaktadır. Su ortamlarında değişik özellikleri bulunan birikintileri içeren sediman (dip çamuru), coğrafi ve doğal nedenler neticesinde ortaya

çıkan erozyonla, organik ve inorganik maddelerin, su içindeki ölü alglerin, dip kısmında çökmesi ve orada artması sonucu oluşmaktadır (Aydın ve Sunlu, 2004).

Su kütlesi ile aralıksız bir şekilde etki içerisinde olan sedimanlar yapılarında topladıkları atıkları tekrar suya bırakarak çevre kirliliğine sebebiyet verebilmektedir (Hsu ve ark., 2007).

Deniz kıyılarında, akarsuların göllerle kesiştiği yerlerde, sucul ortam ile karalar arasındaki ortak yer olan kıyı şeritleri, besin maddesi ve güvenlik gibi ana eksiklikleri gidermede faydalanırken gelişen teknoloji sonucunda sanayileşmenin artışından ötürü endüstriyel ve ticari amaçlı faydalanılmaya başlamıştır (Köksal ve ark., 2005; İnan, 2005).

Evrensel bir sorun haline gelmekle beraber, deniz ortamında bulunan kirliliğin %60-80'ini plastik çöpler oluşturmaktadır (Derraik, 2002). Plastiklerin hem kolay bulunabilmesi hem de maliyetinin az olması tekstil, temizlik ürünleri, paketlenme, kaplama, gibi alanlarda sıklıkla kullanılmasına sebebiyet vermektedir (Takada, 2013).

Plastikler günümüzde hafif, esnek, kolay işlenebilen, ekonomik, ucuz bir madde olduğu için kullanımı çok yaygındır. En sık kullanılan plastikler; polietilentereftalat (PET), polyamid (nylon), polyester, polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS) ve polivinil klorür (PVC) dür. Plastik kullanımı son 50 yıldır endüstrinin gelişmesine bağlı olarak fazla miktarda artmış ve buna istinaden çevremizdeki plastik çöpler de artmaya başlamıştır. Dünya'da 1950'lerde yıllık üretilen plastik 1,5 milyon ton iken 2 yılda yaklaşık 360 milyon ton plastik üretilmiştir (Plastics Europe, 2019).

Sadri ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada plastiklerin ebatları incelendiğinde %82 oranında 5 mm' den küçük mikroplastikler olduğu görülmüştür. En yüksek bulunan plastik çeşitlerinin ise; %40 polietilen, %25 polistiren, %19 polipropilen olduğu tespit edilmiştir (Sadri ve ark., 2014).

Doğada bulunan plastik çöpler su kuşları, balıklar, deniz kaplumbağası gibi canlılara takılarak hareket etmesini kısıtlayabilir, daha da kötüsü boğulmalarına neden

olabilmektedir. Hayvanlar tarafından yutularak tokluk hissi veren bu plastikler, sindirim sistemi bozukluklarına sebep olarak kilo kaybı ve gelişim bozukluklarına yol açabilmektedir. Plastiklerin parçalanarak daha küçük parçalara ayrılması sonucu oluşan mikroplastikler ise daha büyük sorunlara yol açmaktadır (Mato ve ark., 2001).

Plastik deniz çöplerinin, deniz tabanında birikmesi tehlikenin bir başka boyutun da gözler önüne sermektedir. Sediman üzerinde toplanan bu atıklar, gaz giriş çıkışına engel olarak dip bölgede yaşayan organizmaların yaşamlarını sürdürmemesine sebebiyet vermektedir (Valavanidis ve Vlachogianni, 2012).

Büyük boyutlardaki plastiklerin, çevresel etkilerle parçalanması neticesinde oluşan 5 mm'den daha küçük parçalar mikroplastik olarak adlandırılır (Vianello ve ark., 2013; Thomas ve ark., 2014; Van Cauwenberghe ve ark., 2015; GESAMP, 2015; Anderson ve ark., 2016; Auta ve ark., 2017).

Atık ortamlarında görünür büyüklükte olan çöpleri ayrıştırmak kolay olmakla beraber mikroplastikler için bu oldukça meşakkatlidir. Çeşitli nitelikleri ve dezavantaj oluşturmaları sebebi ile denizlerde büyük bir tehlike konumundadırlar (Song ve ark., 2015).

Sucul bir ortam olan denizler, akarsular tarafından taşınan kirleticilerin etki alanında olan yerlerdir. Mikroplastik kaynaklı kirlilik günümüzde popüler bir konu olduğu halde, denizel organizmalar üzerine yapılan araştırmalar oldukça azdır (Mutlu ve ark., 2022).

Yoğunluğu fazla olan Polivinilklorür, poliester ve poliamid gibi mikroplastikler sucul ortamların dip tabakasında toplanmakta ve akıntılar sonucunda sedimentteki bu mikroplastiklerin süspansiyon edilerek yeniden dağılmasına yol açmaktadır (Cole ve ark., 2011; Zobkov ve Esiukova, 2017). Ayrıca mikroplastiklerin, dip bölgelerde yaşayan organizmalara olan etkisi araştırılmıştır. Bu incelemeler sonucunda lipid oranı yüksek olan sucul ortamdaki besin zinciri adına oldukça değerli olan deniz solucanı *Arenicola*

*marina*'nın dip bölgedeki mikroplastik yoğunluğu ile kilo düşüşü arasında doğrudan etki olduğu sonucuna varılmıştır (Thomas ve ark., 2014; Sagawa ve ark., 2018).

Fitoplankton ve zooplankton gibi organizmaların bünyelerine alınması sonucu mikroplastikler besin zincirine dahil olarak canlılar ve biz insanlar için tehlike arz eder olmuştur (GESAMP, 2015; Avio ve ark., 2017; Güven ve ark., 2017; Sagawa ve ark., 2018). Bu sebepten sucul ekosistemlerde büyük bir etkiye sahip olan mikroplastiklerin detaylı bir şekilde araştırılması mühim bir hale gelmiştir.

Bu çalışma, Giresun ili sınırları içerisinde bulunan Batlama deresinde mikroplastik kirliliğinin araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Batlama deresinde belirlenen beş istasyondan 3 tekrar olarak alınan numunelerin (sediment ve su numuneleri) içerisindeki mikroplastik oranı belirlenmiş, mikroplastikler boyut, renk ve tip olarak karakterize edilmiş ve hangi yapıda oldukları analiz edilmiştir.

## BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Plastikler

Plastikler, elastik, hafif, basit bir yapıda, iletkenliği olmayan, darbelere karşı mukavemete sahip olan ve oldukça ucuz olmaları nedeni ile çoğu endüstri alanı için öncelikli tercih sebebidir. Çoğu endüstri sektöründe plastiklerden fazlasıyla yararlanılmaktadır (Gündoğdu ve ark., 2017; Yurtsever, 2015).

Elde edilen ilk plastik ürün, atık pamuktan elde edilen ve sindirimi insan vücudu tarafından yapılamayan bir karbonhidrat olan selülozdan elde edilmiştir. İngiliz Kimyacı Alexander Parkes tarafından 1868’de, kolayca kalıba sokulabilen ve şekillendirilebilen, “Parkenise” isminde bir plastik hazırlanmıştır. Fakat üretimi hususunda başarılı olunamamıştır. Yarı sentetik plastiğin yapılan ilk başarılı örneği, 1870 yılında Amerika’da John Wesley Hyatt tarafından imal edilen selüloid’dir. Hint yağının yerine kafurun kullanılması onu Parkenise’den farklı kılmıştır. Gündelik yaşantımızda sıkça karşılaştığımız birçok ürünün imalatında bu madde kullanılmıştır. 1900’lerin ilk senelerinde, selüloz nitrat ve benzerlerinin yanıcı nitelikte olması sebebi ile yerini selüloz asetata devretmiştir.

Belçikalı kimyager Leo Baekland, 1907 yılında değişik basınç ve sıcaklıklarda uçucu hale gelen kimyasalların etkileşimlerini analiz edip oldukça koyu bir renk ve sert yapıda bir plastik olan bakaliti kendi tasarladığı ve “bakalizer” ismini verdiği bir sistemle üretmiştir. Üretmiş olduğu bu madde tam anlamıyla sentetik yapıda olan ilk plastiktir diyebiliriz. İlk termoset yapıda plastik olan bakalit sertleştikten sonra bu halini koruyan, yanmayan, erimeyen ve çözücülerle çözünmeyen bir yapıdadır (Kılıç ve Yüce, 2014).

1922 senesinde bir araştırma yapan Herman Standinger, plastiklerin oldukça ufak moleküllerin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan, oldukça büyük moleküller ya da polimerler olduğunu ispatlamıştır. Bu sektör, uygun moleküllerin polimer zincirleri gerçekleştirecek şekilde birbirine tutunması adı verilen polimerizasyon işlemi ile oldukça hızlı bir şekilde gelişmiştir (Sevencan ve Vaizoğlu, 2007).

Polivinil klorür ve selüloz asetat 1927 yılında, polimetilmetakrilat 1928 yılında, bir sonraki yıl 1929'da da üre-formaldehit reçinelerinin imalatı gerçekleştirilmiştir. Bunları polietilen 1932'de, polivinil asetat, stiren-akrilonitril, poliakrilonitril ve naylon 1934'te, poliüretan 1937'de, teflon ticareti ismiyle bilinen poli(tetrafloroetilen) 1939'da, ticari adı orlon olarak bilinen poliakrilonitril fiber ve polietilen tereftalat ile imalatlar giderek artmıştır. Plastik sektörünün gelişim hızı İkinci Dünya Savaşı ile birlikte doğru orantılı olarak artmıştır. Müzik plakları imalatında polivinil klorür maddesinin kullanılması ile 1950'lerde PVC tüketimi oldukça artmıştır (Kılıç ve Yüce, 2014).

### **2.1.1. Plastiklerin Genel Özellikleri**

Plastikler hafif, güçlü, dayanıklı ve ekonomik sentetik organik polimerler olup, kolay şekil verilebilir olmaları sebebiyle sanayi ürünü olarak oldukça sık kullanılmaktadır (Laist, 1987; Moore, 2008). Plastik üretiminde selüloz, kömür, doğal gaz, tuz ve ham petrol gibi doğal ürünlerden faydalanılmaktadır (PAGEV, 2020). Organik maddelerden oluşan plastıklara çoğu zaman daha iyi duruma getirmek için farklı inorganik maddeler de eklenmektedir. Örneğin karbon ve silika gibi inorganik maddeler plastikleri daha güçlü ve dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Termal stabilizatörler ısıya olan mukavemetini güçlendirmek; UV stabilizatörler ise güneş ışığının oluşturacağı deformasyonu yok etmesi amacıyla plastiklerin yapısına katılmaktadır (Andrady ve Neal, 2009).

Plastiklerin yapısı bazı bitkilerde bulunan doğal reçine ile birçok açıdan benzerlik göstermektedir. Ticari amaçla üretilen ilk plastikler yarı sentetik olup hammadde

olarak selülozdan faydalanılmıştır. Plastiklerin özellikleri polimer molekül yapısı ve büyüklüğü ile sınıflandırılmıştır (ASM International, 2003).

### **2.1.2. Plastik Türleri**

Plastikler, ısıya maruz bırakıldığında sıcakta erimeyen (termoset) ve yine ısıya maruz bırakıldığında sıcaklık etkisi ile eriyebilen plastikler (termoplastik) olmak üzere iki ayrı gruptan oluşmaktadır (Kılıç ve Yüce, 2014).

#### **2.1.2.1. Termoset Plastikler**








Oda ısısında ve daha büyük bir ısıda çapraz bağlı bir yapıya geçiş yapan plastikleri tanımlamak için 'termoset' kelimesi kullanılmaktadır. Polimer zincirleri arasındaki çapraz bağlar nedeniyle termoset plastikler her türlü yüksek veya düşük ısıda katı durumdadırlar. Epoksi reçineler, furan reçineleri, fenolik reçineler, aminoasitler, alkitler, doymamış asit poliestерleri, poliüretanlar ve silikonlar termoset plastiklere örnek olarak gösterilmektedir (Kılıç ve Yüce, 2014).

#### **2.1.2.2. Termoplastikler**

Isıtıldıklarında yapısı bozularak eriyen düz veya dallanmış polimerleri olan plastikler termoplastik olarak adlandırılmaktadır. Yapılarındaki polimer zincirleri arasında çapraz bağ yoktur ve bu sebeple güçsüz bağlar sıcaklığın artmasıyla bir süre sonra çözülür ve malzeme akışkan bir hal alır. Bu özelliklerinden dolayı uygun ısı ve basınç uygulandığında geri dönüştürülebilir ürünlerdir (Yüce ve Kılıç, 2014).

Termoplastik grubuna üye olan plastikler, polikarbonat (PC), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), düşük yoğunluklu polietilen (DYPE), polistyrene (PS), polypropylene (PP), polyethylene tetrapythalate (PET veya PETE), akrilonitril bütadien stiren (ABS), polivinilklorür (PVC)'lerdir (Sevencan ve Vaizoglu, 2007). Plastiklerin tanımlaması ve geri dönüşüm kodları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Plastik tanımlama ve geri dönüşüm kodları (Yurtsever, 2014)

Plastik Kodu	Kısaltması	Plastik Adı	Morfoloji	Tekrar Kullanım	Geri Dönüşüm	Sağlık	Erime Sıcaklığı T <sub>m</sub> (°C)
	PET, PETE	Polietilen tereftalat	Kristalin Termoplastik	Hayır	Çok iyi	Herhangi bir zarar bildirilmemiş.	250-260 T <sub>g</sub> =800°C
	PE-HD, HDPE	Polietilen-yüksek yoğunluklu	Kristalin Termoplastik	Evet	Çok iyi	Herhangi bir zarar bildirilmemiş.	130
	PVC, V	Polivinil klorid (Vinil klorür CH <sub>2</sub> = CHCl)	Amorf Termoplastik	Hayır	İçindeki katkı maddeleri (Kurşun, DEHA (di (2- etilheksil) adipat), dioksinler, etilen diklorür, vinil klorür) nedeniyle çok az dönüştürülebilir.	Öğrenme güçlüğü, bağışıklık ve hormon bozukluğu, doğum kusurları, genetik değişikliklere neden olmaktadır.	T <sub>g</sub> =800°C
	PE-LD, LDPE	Polietilen-düşük yoğunluklu	Kristalin Termoplastik	Evet	Genellikle geri dönüştürülemez.	Herhangi bir zarar bildirilmemiş.	110
	PP	Polipropilen (Propilen CH <sub>3</sub> CH= CH <sub>2</sub> )	Kristalin Termoplastik (Yarı şeffaf, beyaz)	Evet	Kolay dönüştürülemez.	Herhangi bir zarar bildirilmemiş.	160
	PS	Polistiren (Stiren C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH= CH <sub>2</sub> )	Amorf Termoplastik (Renksiz, saydam)	Hayır	Dönüştürülebilir. Ama ekonomik değildir.	Stirenin nörotoksin etkileri ve yağ dokuda depolanabilme özelliği vardır. Kırmızı kan hücreleri üzerinde, karaciğer, böbrek ve mide organlarına zararları bulunmaktadır.	240 T <sub>g</sub> =70-1150°C
	Diğer	Polikarbonat Akrilik	Çeşitli	Hayır	Karışık plastikleri içerdiğinden kolay dönüştürülemez.	Etkileri plastiğin içindeki reçine ve plastikleştiricinin çeşidine göre değişir. Polikarbonat plastikten bisfenol-A (BPA) adıyla bilinen endokrin bozucu sızdığından zararlıdır.	-

### 2.1.3. Plastiklerin Kullanım Alanları

Dünya çapında tüketiciler yılda 4 trilyon plastik torba ve dakikada 1 milyon plastik şişe kullanmaktadır (Barcelo, 2020). Ancak, Korona virüs salgınının Çin’de ülke sınırlarından taşması ve küresel ölçekte büyük bir süratle dağılması ile imalat sanayinde talep kaynaklı bir gerileme 2020 yılının Mart ayının ortalarından itibaren söz konusu olmuştur. Salgın, tüm Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de plastik sektöründe farklı etkiler etmiştir (PAGEV, 2020). Endüstri sektöründe üretimin eskisi kadar seri olmaması sebebiyle bir gerileme görülmektedir. Tüketicilere hitap eden film ve tek kullanımlık ambalaj sektöründe son zamanlarda ciddi bir artış görülmektedir. Plastik ambalajların toplum sağlığı ve hijyen açısından oynadığı önemli rol salgının yayılması ile yeniden göz önüne gelmiştir. Bununla birlikte tüm hijyen ürünlerine (kolonya ve antiseptik solüsyon şişeleri) olan istek çoğalmıştır. Plastik malzemelere olan yönelim de medikal sektörde çok büyük bir artışa sebep olmuştur. Tüm firmalar eldiven ve maske gereksiniminin giderilmesi için büyük bir hızla üretim yapmışlardır (PAGEV, 2020). Salgın dönemlerinde her ne kadar ihtiyaç duyulan ürünler değişiklik gösterse de plastik üretimi hızla artmaya devam etmiştir. Plastiklerin türlerine göre kullanım alanları Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Plastiklerin türlerine göre kullanım alanları (Yurtsever, 2014; Vatansever, 2015)

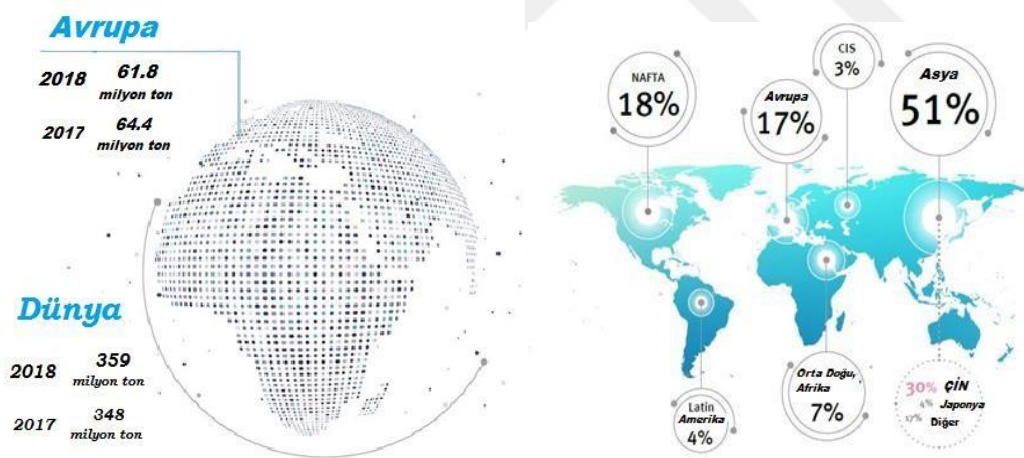
Plastik Adı	Kullanım Alanları
Akrilonitril bütadien stiren (ABS)	Elektronik aletler, otomotiv, mutfak gereçleri.
Akrilonitril stiren akrilat (ASA)	Otomotiv, elektrik/elektronik uygulamaları, bahçeekipmanları aletleri, ev eşyaları.
Polyamid - Naylon (PA) 1.02-1.04 g/cm <sup>3</sup>	Fiber, diş fırçası kolları, misina.
Polibütilen tereftalat (PBT) 1.31 g/cm <sup>3</sup>	Tekstil, halı.
Polikarbonat (PC) 1.20-1.22 g/cm <sup>3</sup>	Tıbbi aletler, su şişesi, kapak, bardak, çatal, mutfakgereçleri, otomotiv, CD, gözlük vb. imalatı.
Polietilen (PE) 0.917-0.965 g/cm <sup>3</sup>	Yaygın kullanım. Paketleme, plastik mutfak ürünleri, otomotiv sanayi, altyapı malzemeleri, beyaz eşya ve makina parçaları, oyuncak ve tekstil.

Tablo 2.2. (Devam)

Polietilen-yüksek yoğunluklu (PE-HD, HDPE)0.94 – 0.96 g/cm <sup>3</sup>	Yaygın kullanım. Temizlik maddeleri, çamaşır deterjanı ambalajı, bazı poşetler, şampuan ve süt şişeleri, borular, tanklar, varil, kablo yalıtımı, oyuncak.
Polietilen-düşük yoğunluklu (PE-LD, LDPE)0.91 – 0.93 g/cm <sup>3</sup>	Yaygın kullanım. Şişe, dondurulmuş gıda, ekmek ve market poşetleri.
Polietilen-doğrusal düşük yoğunluklu (PE-LLD)	Yaygın kullanım.
Polietilen tereftalat (PET, PETE)1.37-1.45 g/cm <sup>3</sup>	Yaygın kullanım. Pet şişe ismi bundan gelir. Şeffaftır.Su, meşrubat ve yemeklik yağ.
Polimetil akrilat (PMA) 1.22 g/cm <sup>3</sup>	Kaplama malzemeleri, vernikler ve yapıştırıcılar.
Polimetil metakrilat, Akrilik, Pleksiglas (PMMA)1.15-1.19 g/cm <sup>3</sup>	Otomotiv farı, cihaz kapakları, levha, optik ekipmanlar,boya, elyaf, iplik ve ev dekorasyon ürünleri.
Polyester 1.24-2.3 g/cm <sup>3</sup>	Tekstil endüstrisi.
Polioksimetilen, Asetal (POM)1.41-1.61 g/cm <sup>3</sup>	Elektrik ve sıhhi tesisat bağlantıları.
Polipropilen (PP)0.83-0.90 g/cm <sup>3</sup>	Yaygın kullanım. Otomobil yan sanayi, bahçe mobilyaları, yiyecek kabı, yoğurt ve margarin kapları, çocuk bezleri, biberon, yapayhalı kaplama, bahçe mobilyası, vs.
Polistiren (PS) 0.96–1.05 g/cm <sup>3</sup>	Yaygın kullanım. Gıda paketlenme, elektronik ve beyaz eşya, film, levha, kaplar, kapaklar, et ve yumurta kutuları, şişe, köpüklü izolasyon, aydınlatma, buzdolabı, çamaşır makinesi parçaları, radyo televizyon kasaları, oyuncak, kozmetikkutuları, duvar kaplamaları, ambalaj, izolasyon.
Politetrafloretillen (Teflon-PTFE)	Mutfak gereçleri, kaplar.
Polistiren- geliştirilebilir (PS-E, EPS)	Elektronik, ambalaj, yalıtım, çatı ve cephe panellerde,dekoratif, döşeme, deponi alanları.
Poliüretan (PU, PUR) 1.2 g/cm <sup>3</sup>	Dolgu köpükleri, ısı yalıtım köpükleri, yüzey kaplamaları,baskı silindirleri.
Polivinil klorid (PVC)1.16-1.58 g/cm <sup>3</sup>	Yaygın kullanım. Döşeme, ev dış cephe kaplaması, borular, streç film, yiyecek kaplama, şişe, bardak, suni deri, kredi kartı, spor malzemeleri.
Poliviniliden klorid (PVDC) 1.63 g/cm <sup>3</sup>	Yiyecek paketlenme, evsel, endüstriyel gereçler.
Stiren-akrilonitril (SAN)	Mutfak gereçleri, buzdolabı parçaları, raf ayraçları, ışıkkapakları, kozmetik ambalajı.

Son zamanlarda plastikler, kâğıt, ipek, kauçuk, ahşap, yün, cam, metal ve pamuk, gibi çokça türlü malzemenin yerine geçmiş ve hayatımızda önemli bir yere sahip olmuştur. Plastikler basitçe işlenebilir ve maliyetinin oldukça düşük olması sebebiyle teknolojik işlerde ciddi oranda tercih edilme sebebi olmuştur (Kılıç ve Yüce, 2014). Bu sebeplerden ötürü plastik ürünler ev, mutfak ve büro eşyaları, elektronik ürünler, inşaat malzemeleri, kişisel kullanım ürünleri gibi birçok alanda ön planda olmaktadır (Ekşi, 2007).

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de plastik üretimi her sene giderek artmaktadır. Ülkemizdeki üretimde 2015-2020 yılları arasında yılda ortalama %3,2 artış olduğu gözlemlenmiştir. 2020 yılındaki toplam üretim 9,5 milyon ton olduğu düşünülmektedir (PAGEV, 2020). Plastik ambalaj malzemeleri, Türkiye'de üretilen toplam plastik miktarının neredeyse yarısı olan 4 milyon tonunu kapsamaktadır. Ambalaj malzeme üretimini 1,9 milyon ton üretim hacmiyle inşaat malzemeleri izlemektedir (Şekil 2.1) (PAGEV, 2020).



Şekil 2.1. Dünya çapında plastik üretimi ve yüzdesel dağılımı oranları (Plastics Europe, 2019)

## 2.2. Mikroplastikler

Thompson ve ark. (2004), mikroplastik terimini ilk kez deniz suyunda gerçekleştirdiği araştırmalarda mikroskobik boyutlardaki plastik parçacıklarını tanımlamak için kullanmıştır (Van Cauwenberghe ve ark., 2015). Bu küçük plastik parçacıklar için o

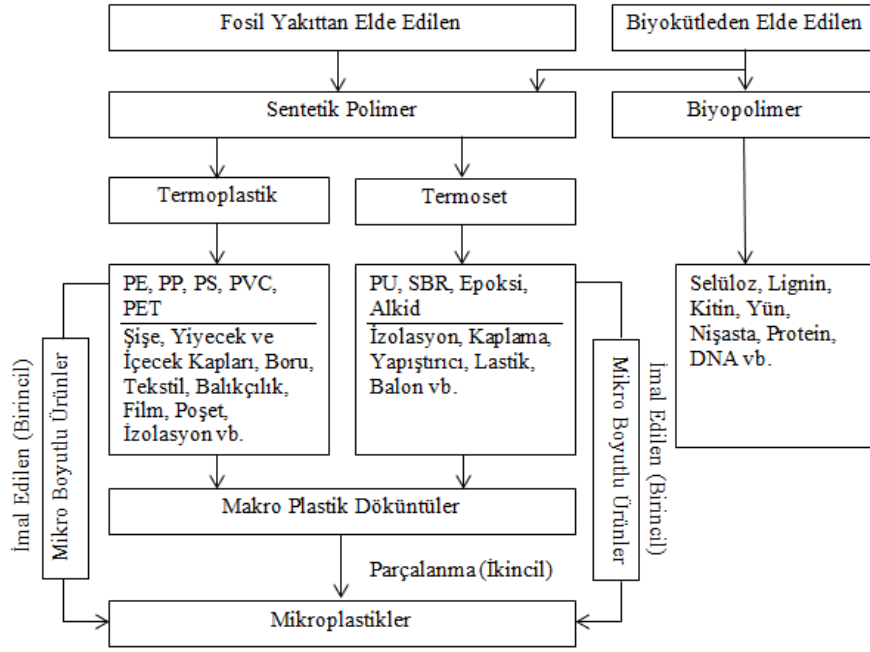
senelerde herhangi bir boyut açıklaması belirtilmemiş, yalnızca mikroskop kullanılarak tespiti basit olan şekilde söylenmiştir. Mikroplastikleri tanımlamada resmi olarak bir açıklama olmadığı halde milimetrik boyut aralığından oldukça yoğun bir biçimde istifade edilmiştir (GESAMP, 2015).

Mikroplastik ve mikrokirletici terimleri birçok araştırmacı tarafından değişik şekilde yorumlanmıştır. Bazı araştırmacılar 67 µm ile 500 µm arası boyutta olanları mikrokirletici, bundan daha büyük boyutta olan parçaları ise mezokirletici olarak isimlendirmişlerdir (Gregory ve Andrady, 2003). Bazı araştırmacılar ise 5 mm'den küçük ve 333 µm alt limitli parçacıkları mikroparçacık olarak isimlendirmişlerdir (Betts, 2008; Andrady, 2011). Günümüzde boyları 5 mm ile 1 µm arasında olan plastik parçacıkları mikroplastik denmektedir. 1µm'den daha küçük parçacıklar ise nanoplastik grubunun içerisinde yer almaktadır (GESAMP, 2019).

### **2.2.1. Mikroplastik Kaynakları**

Küçük plastik parçacıklarının açık denizlerdeki varlığı ilk olarak 1970'lerde (Carpenter ve Smith, 1972) söylemiş olsa da 2000 yılından itibaren plastik atıkların çevrede oluşturdukları sorunların bir yenisinin daha olduğu görülmüştür. 1940'lı yıllarda başlayan seri plastik üretiminden beri bu problem büyüyerek devam etmiştir. Ortamdaki plastik kalıntılar, yıllarca sürecektir olan ultraviyole (UV) radyasyon, mekanik ayrışma ve biyodegradasyon ile foto-, termal- ve oksidatif degradasyonun bir kombinasyonu vasıtasıyla ayrışmaktadır (Gregory ve Andrady, 2003; Shah ve ark., 2008; Corcoran ve ark., 2009; Andrady, 2011).

Dünyadaki deniz kirliliğinin yaklaşık olarak %80'inin plastik atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Deniz ve okyanuslara her yıl ortalama 8 milyon ton plastik malzeme eklendiği, 2015'te toplam 50 milyon ton olduğu tahmin edilen atık miktarının, 2025 yılında 150 milyon tona ulaşacağı düşünülmektedir. (Bonanno ve Orlando-Bonaca, 2020). Birçok çeşitte olan plastik atıklar, kıyısal bölgelerden derin denizlere, antropojenik etkileşimin en az olduğu sularda dahi görülmektedir (Şekil 2.2) (Andrady, 2011; Amaral-Zettler ve ark., 2015; Bergmann ve ark., 2017).



Şekil 2.2. Aşamalı olarak mikroplastiklerin oluşumu (GESAMP,2015)

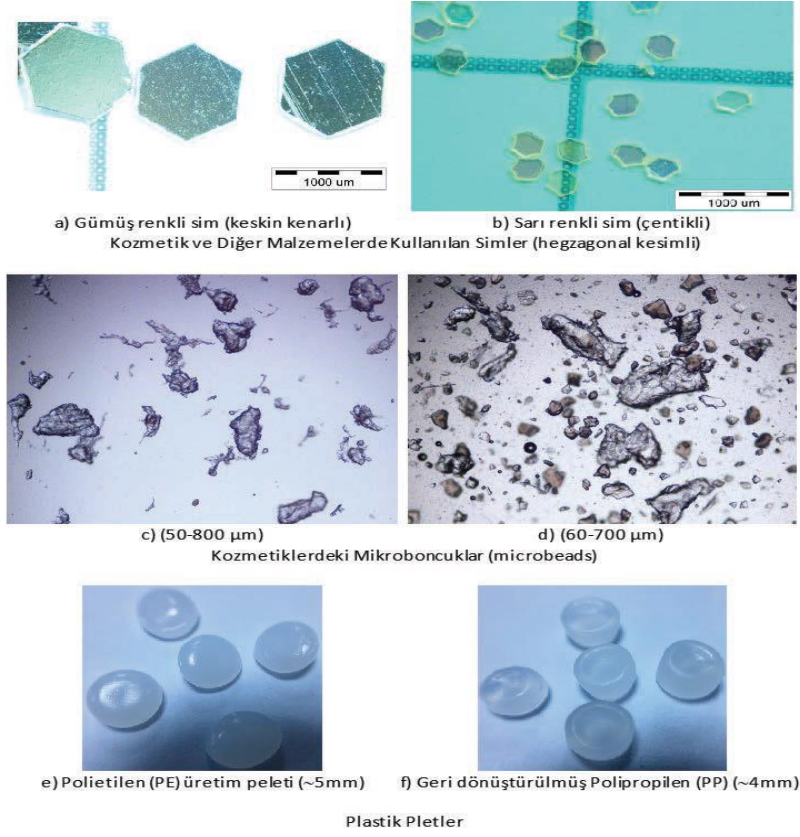
### 2.2.1.1. Birincil Mikroplastikler

5 mm'den daha küçük ebatta olan ve “pelet” olarak adlandırılan plastiklerin üretiminde kullanılan mikroplastikler de hem üretim hem taşınma aşamalarında sucul ortamlara dökülebilmekte ve böylelikle birincil mikroplastik kaynakları arasında gösterilmektedir (Talvitie ve ark., 2017; Carpenter ve Smith, 1972).

Kozmetik sektöründe yoğun şekilde kullanılan ve dünya çapında kullanımı yasaklanmış olan mikro boncuklar, endüstriyel alanda üretilen mikro peletler, tekstil, makyaj malzemelerinde bulunan simler ve plastik peletler birincil mikroplastiklere örnek olarak verilebilir (Lechner ve ark., 2014).

Birincil mikroplastikler, çoğunlukla su ortamına evlerden deşarj edilen sularla ve rüzgarlarla ulaşmaktadır (Şekil 2.3), (Gregory, 1978; Gregory, 1996). Bunun yanında içinde sentetik maddeler ihtiva eden kanalizasyon suları ve kişisel bakım ürünlerinde bulunan mikroplastikler de sucul ortam için zararlıdır (Horton ve ark., 2017). Genel olarak mikroplastikler sucul ortamda, içeriğinde sentetik olan tekstil ürünlerinin

zamana bağılı olarak yıpranarak liflenmesi ve yıkanan bu tekstil ürünleri çamaşır makine atık suyunun serbest bırakılması sonucu oluşmaktadır (Troost ve ark., 2018).

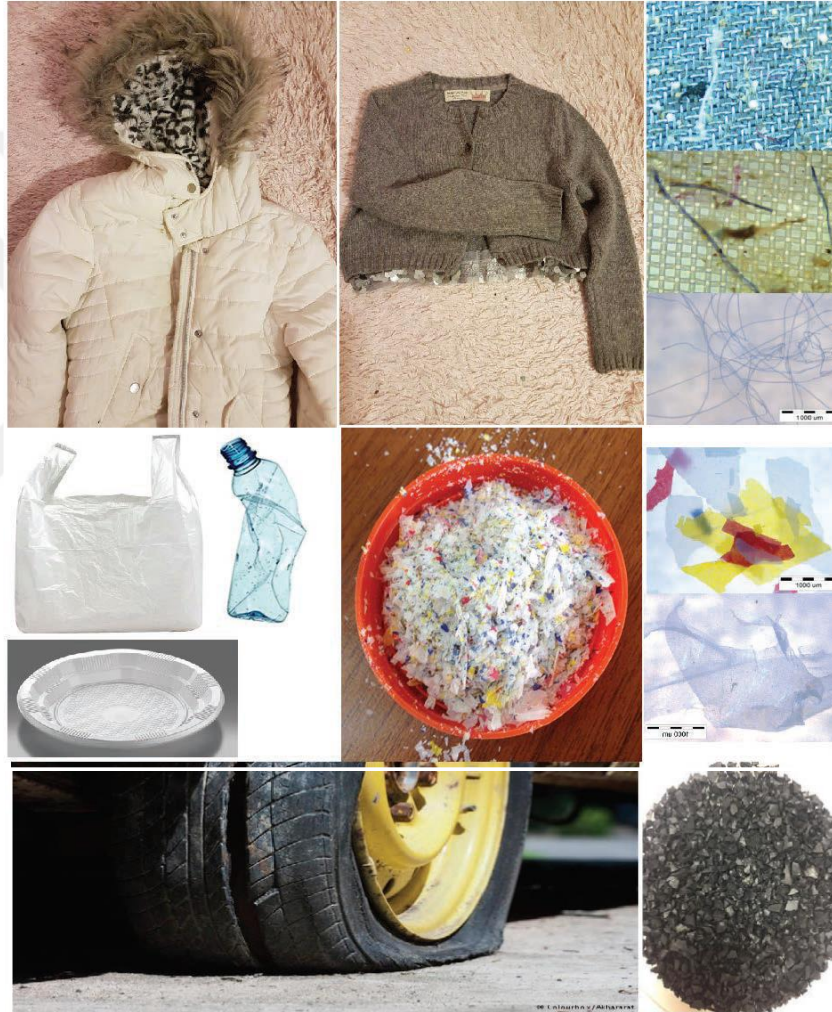


Şekil 2.3. Birincil mikroplastikler (Yurtsever, 2017)

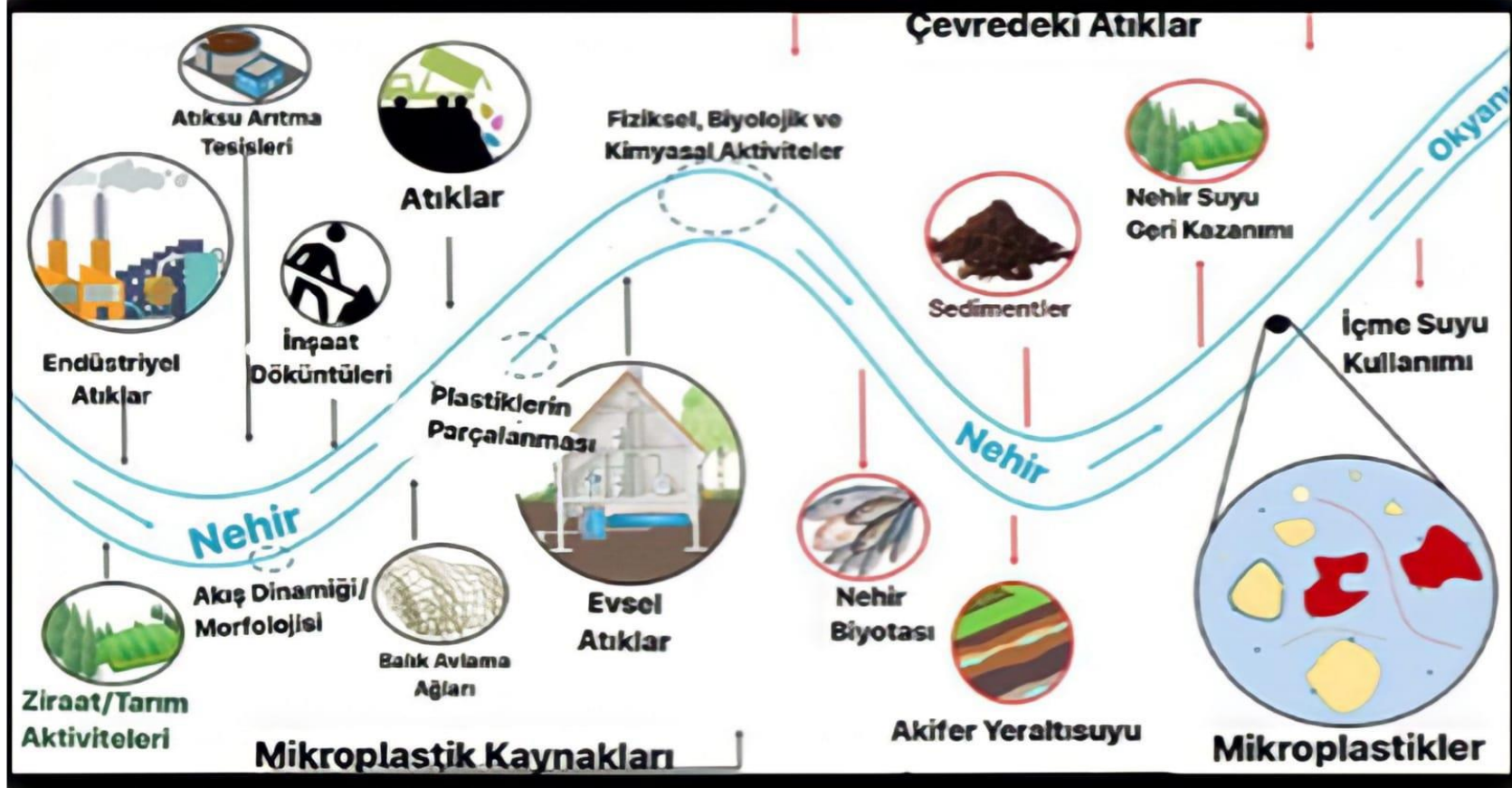
### 2.2.1.2. İkincil Mikroplastikler

İkincil mikroplastikler sucul ortamlarda ve karalarda mevcut olan büyük ebatlardaki plastiklerin çevresel etkenlerle daha küçük parçalara dönüşmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.4). Bu dönüşüm güneş ışığı, sıcaklık ve benzeri çevresel etkenlere göre farklılıklar oluşturmaktadır. Ayrıca plastiğin hassasiyeti, büyüklüğü ve yoğunluğu gibi yapısal özellikleri sonucu da ortaya çıkmaktadır (GESAMP, 2015; Auta ve ark., 2017). Denizel mikroorganizmaların plastiklerde sebep olduğu biyodegradasyonu ise ayrışma ve bozulma hızına oranla çok daha ağır olmaktadır (GESAMP, 2016).

Deniz ekosisteminde birincil ve ikincil mikroplastikler oldukça fazla görülmektedir. Mikroplastikler şekilleri, ebat olarak küçük olmaları ve oldukça fazla bulunmaları nedeniyle ne yazık ki deniz organizmaları tarafından sıklıkla tüketilmektedir. Yakın yıllarda olan araştırmalara göz atıldığında oldukça fazla miktarlarda mikroplastığın denizlerde varlığı gözlemlenmiştir (Thomas ve ark., 2014; Van Cauwenberghe ve ark., 2015; Auta ve ark., 2017). Denizlere nehirler yoluyla mikroplastikler ulaşmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. İkincil mikroplastik kaynakları (Yurtsever, 2017)



Şekil 2.5. Nehirlere bulaşan mikroplastik kaynakları (Kumar ve ark., 2021)

## 2.2.2. Mikroplastiklerin Sınıflandırılması

Kullanılan plastik materyal ne tür bir malzemeden üretilmiş ise, kullanımından oluşan aşınımlardan sonra ortaya çıkacak olan mikroplastik de o nitelikte olmaktadır. Yararlanıldıkları alanlara göre değişik erozyonlara maruz kalmış olan katı polimerik parçacıklar biçimindedir (Yurtsever, 2015). Mikroplastikler; renk, boyut, ve şekillerine göre gruplandırılmaktadır. Mikroplastiklerin değişik niteliklerini esas alarak yapılan örnek bir gruplandırma Tablo 2.3’de verilmiştir.

Tablo 2.3. Mikroplastikleri sınıflandırmada kullanılan kategoriler

Kategoriler	Mikroplastikler
<b>Kaynakları</b>	Tüketici ürünü parçaları (örneğin balık ağı) ve ham endüstriyel peletler,
<b>Tipi</b>	Plastik parçalar, peletler, filamentler, plastik filmler, köpüklü plastik, straforlar ve granüller...
<b>Şekilleri</b>	Peletler için: silindirik, diskler, düz, oval, kürecikler... Parçalar için: yuvarlak, az yuvarlak, köşeli... Genel: pürüzlü, düzensiz (şekil yok), uzun, bozulmuş, kırık kenarlı...
<b>Aşınma durumu</b>	Yeni-taze, aşındırılmamış, konkoidal kırıklar, ayrılmış, oyuklu, pürüzsüz yüzey, pürüzlü parçacıklar, doğrusal kırıklar, bozunmuş ve çok bozunmuş olan plastik parçacıklar,
<b>Renk</b>	Şeffaf, pigmentasyon, kristal, turuncu, berrak, ten rengi, beyaz, pembe, kırmızı, siyah, mavi, gri, yeşil, kahverengi, sarı, opak, krem...

Plastik maddeler boyutlarına göre Tablo 2.4’de gösterildiği gibi; makroplastikler, mezoplastikler, mikroplastikler ve nanoplastikler olarak sınıflara ayrılmaktadır. Farklı alanlarda mevcut olan büyük boyutlu plastik atıklar yıpranma ve bozunma neticesinde zamanla daha küçük boyutta plastikleri oluşturmaktadır (Huang ve ark., 2020). Makroplastikler 25 mm’den büyük ebatla olan plastiklerdir. Makroplastiklerin dalga, güneş ışığı, rüzgar gibi çevresel etkenler nedeniyle aşınma ve parçalanması neticesinde mezoplastikler, mikroplastikler ve nanoplastikler gibi çok daha küçük boyutlu plastikler ortaya çıkmaktadır. Mezoplastikler 25 mm ile 5 mm arasına kadar olan plastikleri tanımlamaktadır. Boyutları 5 mm ve 1 µm arasında bulunan plastikler için mikroplastik tanımı yapılmaktadır. Mikroplastik ebatının 1 mm’nin altında olduğu durumlar mini-mikroplastik olarak ifade edilmektedir. Nanoplastik terimi ise 1 µm’nin altında bulunan büyüklükler için kullanılır. Nanoplastikler çok küçük ebatlarda

oldukları için tespiti ve geri dönüşümü çok kolay değildir. Bu sebeple su ortamında yapılan araştırmalarda nanoplastikler çoğunlukla göz ardı edilmekte, daha çok mikroplastikler ve mini-mikroplastikler üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Crawford ve Quinn, 2017).

Tablo 2.4. Plastiklerin boyutlarına göre sınıflandırılması (Crawford ve Quinn 2017).

Kategori	Kısaltma	Boyut
Makroplastik	MAP	$\geq 25\text{mm}$
Mezoplastik	MEP	$< 25\text{mm}-5\text{mm}$
Mikroplastik	MP	$< 5\text{mm}-1\mu\text{m}$
Mini-mikroplastik	MMP	$< 1\text{mm}-1\mu\text{m}$
Nanoplastik	NP	$< 1\mu\text{m}$

### 2.3. Literatür Değerlendirmesi

Mikroplastikler konusunda yapılan araştırmalar dünyada yeni yeni yaygınlaşmaya başlamış olsa da yapılan çalışmalar incelendiğinde ulaşılan bulguların oldukça yetersiz olduğu ve henüz yeteri kadar araştırma yapılmadığı görülmektedir. Ülkemizde de mikroplastikler ile ilgili tatlı sularımızda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Giresun Batlama deresinde yapılan bu çalışmada elde edilecek bulguların ileride yapılacak olan araştırmalar için de faydalı olacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışma kapsamında üzerinde durulan benzer literatürler aşağıda ayrıntılı şekilde verilmiştir.

Moore (2008), 2004–2005 senelerinde Los Angeles'ta (ABD) iki nehrinden aldığı su örneklerinde,  $< 5\text{ mm}$  çapında olan mikroplastik durumunu tespit etmiştir. Bu iki nehrin tek başına 3 günlük zaman diliminde sucul ortama 2 milyardan çok daha büyük miktarda mikroplastik biriktireceğine yapılan incelemeler sonucunda ulaşılmıştır.

Veiga ve ark. (2014), Akdeniz, Atlas ve Hint Okyanusu gibi derin denizlerde mikroplastik kaynaklı kirlilik üzerine bir dizi çalışmalar yapmışlardır. Alınan örnekler üzerinde yapılan analizler sonucunda örneklerdeki mikroplastik yoğunluğu tespit edilmiş ve FTIR spektrofotometresi yardımı ile elde edilen mikroplastiklerin kimyasal yapıları analiz edilmiştir. Tespitler neticesinde polyesterlerin mikroplastiklerin çoğunluğunu oluşturduğu görülmüştür. Sonuç olarak bulgular analiz edildiğinde

gerekli önlemler alınmazsa birikim sonucunda mikroplastiklerin ciddi derecede krize sebep olacağı tespit edilmiştir.

Stefanova ve ark. (2014), Deniz çöpleri üzerinde yapmış olduğu bir araştırmada Karadeniz’de kirliliğin, güneyinde bulunan endüstriyel ve belediye kaynaklı olduğunu ve çoğunlukla derinliği olmayan yerlerde deniz çöplerini tespit etmişlerdir.

Sobral ve ark. (2016), Portekiz’in güney kıyılarında yapmış oldukları araştırma ile mikroplastik durumunu kategorize etmişlerdir. Sediman örneklerinden mikroplastikleri ayıklamış, sayıları tespit edilen mikroplastiklerin polimer yapılarını mikro FTIR cihazı ile belirlemişlerdir. Alanda baskın olan mikroplastik türünün lifler olduğunu, lifler içinde sentetik selüloz, plastik parçaları içinde ise polipropilen plastik çeşitlerinin daha yoğun olduğunu tespit etmişlerdir. Su ve sediman numunelerinde mikroplastiklerin dağılımlarının incelenmesi için daha ileri araştırmaların yapılması tavsiye edilmiştir.

Çatalbaş (2017), yaptığı bir çalışmada, mikroplastiklerin doğal ortamlarda, su kaynaklarında, özet olarak yaşadığımız çevredeki varlığını, bulunuyorsa ne miktarda bulunduğunu incelemeye çalışmıştır. Bu amaçla Tuz Gölünden su ve tuz numuneleri olarak numunelerde rastlanılan mikroplastiklerin tipini, şeklini, büyüklüğünü ve sayısını belirlemeye çalışmış, bulduğu sonuçları karşılaştırarak ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, Tuz Gölünden 2015 ve 2016 tarihleri arasında alınan su ve tuz numunelerinde mikroplastiklere rastlamış, en sık rastladığı mikroplastik tipinin lifler olduğunu belirtmiştir. Yaptığı analizler sonucunda, evsel ve endüstriyel atıkların Tuz Gölü’ne deşarj edilmesinin önemli bir mikroplastik kirliliğine yol açtığını belirtmiştir. Gürbüz (2017), Marmara Denizi’nde yapmış olduğu çalışmada, Ağustos 2014’te iki ve Mart 2015’te belirlenen yedi noktadan üç çeşit numune alımı yapmıştır. Dikey, yatay ve sediment örneklemeleri sonrasında yaptığı analizler neticesinde, mikroplastik kirliliğinin Marmara Denizi’nin en çok deniz yüzeyinde ve en az sedimentte olduğunu tespit etmiştir. Nehir girişlerinin etkisinde kalan bölgelerde mikroplastik miktarının

daha yoğun olduğunu saptamıştır. Elde ettiği bulgular sonucunda fiber ve sert plastik türlerinin yoğun olduğu verisine ulaşılmıştır.

Wang ve ark. (2017), Çin'in iç tatlı sularındaki mikroplastik kirliliği hakkında yeterli bilginin olmadığına vurgu yapmışlardır. Çin'in merkezindeki en büyük şehir olan Wuhan'ın Hanjiang Nehri ve Yangtze Nehri'ndeki 20 kentsel gölün yüzey sularındaki ve kentsel erişimlerdeki mikroplastik seviyelerini araştırmışlardır. İncelenen sular için mikroplastik konsantrasyonları  $1660.0 \pm 639.1$  ila  $8925 \pm 1591$  n/m<sup>3</sup> arasında değişmekteydi ve en yüksek konsantrasyon Bei Gölü'nde bulmuşlardır. Göllerdeki mikroplastik bolluğu, belirgin bir şekilde değişiklik gösterdiği ve mikroplastik dağılımında antropojenik faktörlerin önemli rolünü doğrulayan şehir merkezinden uzaklıkla ( $p < 0.001$ ) negatif korelasyon gösterdiği belirtilmiştir. Hanjiang Nehri ve Yangtze Nehri'nin kentsel erişimlerinin, incelenen göllerin çoğundan nispeten daha düşük mikroplastik seviyelerine sahip olduğu bulundu. İncelenen sular arasındaki başlıca mikroplastik türü renkli plastik parçacık ve en sık görülen şekli lifti. Sayı olarak mikroplastiklerin %80'den fazlasının boyutu  $< 2$  mm'dir. Polietilen tereftalat ve polipropilen, analiz edilen mikroplastiklerin baskın polimer türleridir. Bu çalışma, iç tatlı sulardaki mikroplastik seviyelerinin daha iyi anlaşılması için önemli bir referans sağlamıştır.

Reed ve ark. (2018) Antartika sularında, Rothera Araştırma İstasyonu'ndan 7 km açığa kadar 20 farklı bölgede yaptıkları araştırmalarda mikroplastik partikülleri ile karşılaşmışlardır. Çalışmada en yoğun partikülü, araştırma istasyonuna yakın bir noktada olan kanalizasyon dönüşüm tesisinden aldıkları örnekte saptamışlardır. Diğer numune alım bölgelerinde partikül miktarının benzer orantıda olduğunu söyleyen araştırmacılar, elde ettikleri mikroplastik karakterlerinin çamaşır makinelerinden denizlere karışan tipte olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuç tehlikenin ulaştığı boyutları açıkça göstermektedir.

Rodrigues ve ark. (2018), yaptığı çalışmada Mart ve Ekim 2016'da üç örneklemede toplanan su ve sediment örneklerine çinko klorür ilavesiyle ıslak peroksit oksidasyonunun izolasyon yöntemini uygulayarak Antuã Nehri'ndeki (Portekiz)

mikroplastik bolluğu ve dağılıma yeni bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır. Sudaki mikroplastiklerin bolluğu Mart'ta 5 ila 8.3 mg.m<sup>-3</sup> veya 58–193 ürün.m<sup>-3</sup> ve Ekim'de 5.8-51.7 mg.m<sup>-3</sup> veya 71-1265 ürün.m<sup>-3</sup> arasında değişmiştir. Sedimanlarda bolluk Mart'ta 13.5–52.7 mg.kg<sup>-1</sup> veya 100–629 ürün.kg<sup>-1</sup> ve Ekim'de 2.6–71.4 mg.kg<sup>-1</sup> veya 18–514 ürün.kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. En fazla bolluğa sahip su ve sediment örnekleri, sırasıyla São João da Madeira ve Aguincheira'dan alınmıştır. Mekânsal-zamansal dağılım, metodolojik yaklaşımlara, mevsimsel ve hidrodinamik koşullara ve kentsel/sanayi alanlarına yakınlığa göre farklı örüntüler göstermiştir. Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi ile plastik analizi, bu çalışmada tanımlanan en yaygın polimer türleri olarak polietilen ve polipropilenin tespit edilmiştir. Bu çalışmada, nehirlerin mikroplastiklerin taşıma sistemleri olarak önemi vurgulanmıştır. Su sistemlerindeki mikroplastik kontaminasyonunu azaltmak için, noktasal kaynakların belirlenmesi ve daha ileri çalışmaların yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Doğruyol (2019), Altın Boynuz adıyla bilinen Haliç'in sedimanlarında mikroplastik kirliliğini araştırmıştır. Yaptığı bu çalışmada, 2017-2018 yılları aralığında yedi istasyondan, dört mevsim ayrı ayrı örnekleme yapılmıştır. Bu örneklemelemlerde mikroplastik durumu bakılmış ve tespit edilenler kategorize edilip çeşitleri incelemiştir. Ayrıca 5 mm'den büyük plastikler parçalarda da aynı analizleri gerçekteşirmiştir. Araştırmalar neticesinde aşırı bir mikroplastik kirliliğine maruz kalan Haliç'in ciddi bir tehlikede olduğu görölmüştür. Ulaşılan bulgular neticesinde çalışma alanında yoğun olan plastik türünün lifler ve filmler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Konya (2019), yaptığı bir çalışmada Marmara denizindeki mikroplastik durumunu ortaya koymak için iki ayrı nokta belirlemiştir. 2018 Mayıs'ta iki istasyonda, dip bölgesinden, su kolonundan ve yüzey suyundan numune alımı yapmıştır. Mikroplastiklerin varlığını, türlerini, sayılarını belirlemiştir. Bu iki istasyondan birinde sediman ve yüzey suyunda daha fazla mikroplastik parçacık gözlemlenirken, bir diğer istasyonda su kolonunda daha fazla olduğu görölmüştür. 2016 ve 2018 yılında bu iki istasyonun tekrar karşılaştırmasını yapmış ve iki noktada da 2018 yılında artış olduğu

sonucuna ulaşmıştır. Bu istasyonlarda yaptığı araştırmada fiber parçaların fazla olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Şener (2019), İstanbul ili Anadolu yakası Karadeniz kıyılarında mikroplastik kirliliğinin araştırılması amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada Riva-Ağva arasındaki bölgede Mayıs 2017-Şubat 2018 tarihleri arasında akarsu ağızlarında tespit edilen altı istasyondan dört mevsim örnekleme (sediment) yapmıştır. Sediment örneklerindeki mikroplastik miktarını belirleyerek kategorize etmiş, polimer türlerini incelemiştir. Ulaşılan sonuçların kıyaslaması, mevsimsel ve bölgesel olarak yapılmıştır. Örneklerin toplandığı zaman ve yerlere bağlı olarak plastik oranı verileri incelenmiştir. Mikroplastik oranı en yoğun olan nokta Riva, en seyrek görülen yer ise Şile Limanı olmuştur.

Xiong ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada nehirde denize dökülen en büyük plastik atık kaynağı olduğu tahmin edilen Yangtze Nehri'nin orta ve alt kesimlerindeki mikroplastik döküntülerin oluşumunu ve akıbetini incelemiştir. Yangtze Nehri'nin orta ve aşağı kısımları boyunca 15 bölgede mikroplastik bolluğunun, ortalama  $4.92 \times 10^5$  parça/km<sup>2</sup> ile  $1.95 \times 10^5$  ila  $9.00 \times 10^5$  parça/km<sup>2</sup> arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Mikroplastiklerin bolluğunun, mezoplastiklerin bolluğu ile pozitif olarak ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Megakentler, nehir kenarındaki büyük göller ve deniz suyu istilası, Yangtze Nehri'ndeki mikroplastiklerin dağılımını etkileyen ana faktörler olarak görünürken, bentik ve nehir kenarı çökeltilerinde birikme, muhtemelen nehrin bazı bölümlerinde mikroplastiklerde gözlenen düşüslere yol açtığı saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, büyük nehir havzalarında üretilen önemli miktarda mikroplastığın denize taşınmadığını ve mikroplastik akışının geçmiş modelleme tahminlerinin sapmalar içerebileceğini göstermiştir. Denize ulaşan mikroplastik akışı, nehirlerin gelgit sınırında uzun vadeli izlemeye dayalı olarak hesaplanması ve daha da önemlisi, nehir sisteminde tutulan mikroplastiklerin kaderine ve etkilerine daha fazla dikkat çekilmesi gerektiği önerilmiştir.

Aydın (2020), yaptığı bir çalışmada Kayseri'de bulunan, Yamula Barajı, Sultan Sazlığı ve Hürmetçi Sazlığı gibi değerli sucul alanlarda mikroplastik analizleri yapmıştır. Dört

mevsim numune alınarak yapılan bu incelemelerde bölgedeki mikroplastik durumuna bakılmıştır. Farklı değer aralıklarında (0,12-3,42 mg/L) mikroplastik ile karşılaşmıştır. Analizler sonucunda, naylon çeşitlerine rastlamıştır.

Zilifli (2020), Dalyan-İztuzu plajından, 14 farklı istasyondan 2019 yılının haziran ve temmuz aylarında aldığı numuneleri, boyutlarına, şekillerine ve tiplerine göre binoküler mikroskop altında sınıflandırıp analiz etmiştir. Araştırma neticesinde mikroplastik miktarını 143483,17 parçacık/km<sup>2</sup> olarak hesaplamıştır. Metrekare başına yoğunluğu (ortalama ± Standart sapma) 0,148±0,07 saptamıştır. Elde edilen sonuçlar ve son yapılan çalışmalar kıyas edildiğinde saptanan mikroplastik değerlerin önceki çalışmalarda elde edilen verilere göre daha düşük olduğunu gözlemlemiştir.

Wang ve ark. (2020) tarafından Manas Nehri'nde yapılan araştırmada 28 noktadan örnek alınmıştır. Yüzey suyu örnekleri, 2.5 L paslanmaz çelik elek ile 20 cm derinlikten 3 tekrarlı olarak alınmış ve 1 L'lik cam şişelerde analiz edilene kadar saklanmıştır. Su örneklerindeki tüm partiküllerin homojen dağılımını sağlamak için, önce ultrason işlemi, sonrasında ise GF/F filtre yardımıyla, vakumla filtreleme yapılmıştır. Filtre edilen malzemeye hidrojen peroksit (%30, V/V) eklenmiş ve termostatik bir çalkalayıcıya yerleştirilerek gece boyunca 80 rpm hızda ve 65°C sıcaklıkta yaklaşık 12 saat işleme tabi tutulmuştur. Örnekler seyreltilmiş HCl (20 mL, 1 mol/L) ile yıkanmış ve mikroplastiklerin üzerindeki metallere ayrıştırılmıştır. Yoğunluk farkından ayrıştırma işlemi için doymuş sodyum klorür çözeltisi (1.2 g/mL) eklenmiş, 10 dakika karıştırılmıştır ve çökmesi beklenmiştir. Elde edilen örnek 50x büyütme sağlayan floresan mikroskobu ile analiz edilmiştir. Morfolojik özelliklerin tespit edilmesi amacı ile Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılmıştır ve tür analizleri  $\mu$ -FTIR ile yapılmıştır. Mikroplastik miktarı 21±3–49±3 adet/L aralığında bulunmuştur. Baskın şekil lif, baskın boyut 0.1-1.0 mm aralığında, beyaz ve siyah renkler yoğun olarak görülmüştür. PP ve PET'in baskın olan polimer türleri olduğu tespit edilmiştir.

Aydemir (2020), Zonguldak ili, Kilimli ilçesindeki limandan alınan numuneler üzerinde mikroplastik varlığı hakkında bir araştırma yapmıştır. Bu araştırmasında

liman içerisinde belirlediği 12 noktadan farklı tarihlerde 3 kez numune alımı yaparak analizlerini yapmıştır. Numunelerin içinde bulunan organik maddeler bertaraf edildikten sonra stereo mikroskop ile incelenip kamera ile görüntüleri alınarak şekil, renk, boyut ve miktar bakımından sınıflandırmıştır. Bu araştırmalarının sonucunda liman içerisinde ortalama 3,4 adet/L mikroplastik tespit etmiştir. Baskın olan şekli lif, baskın olan rengi mavi, baskın olan boyutu <50 µm olarak belirlemiştir.

Zhou ve ark. (2020) güneybatı Çin'deki Tuojiang Nehri havzasındaki bazı şehirlerin kentsel sularındaki mikroplastik dağılımını, özelliklerini ve risklerini araştırmışlardır. Tuojiang Nehri havzasındaki yedi şehrin hepsinde mikroplastikler bulunmuş ve konsantrasyonlar  $911.57 \pm 199.73$  ila  $3395.27 \pm 707.22$  öge/m<sup>3</sup> arasında farklılık göstermiştir. Bunların arasında Ziyang kentsel suyu en fazla mikroplastik konsantrasyonuna sahipti. Elyaf (% 34.88 –65.85) tipik ve bol miktarda bulunan bir mikroplastik çeşidi olmuştur. Tüm numuneler arasında küçük boyut (0.5–1 mm) (%27.27–66.67) baskın ve beyaz (%23.30–54.29) baskın renkti. Polipropileni, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi ile ana polimer tipi olarak belirlemişlerdir. Taramalı elektron mikroskobu ile yapılan morfolojik analiz, mikroplastiklerin yüzeylerinin birçok çatlak olduğunu ve çok sayıda partikülün üzerine adsorbe edildiğini ortaya koymuştur. Korelasyon analizine göre, Tuojiang Nehri havzasındaki şehirlerin gayri safi yurtiçi hasılası ( $P=0.015<0.05$ ) ile ikincil sanayilerin gayri safi yurtiçi hasılası ( $P=0.014<0.05$ ) ve mikroplastik konsantrasyonları arasında önemli bir pozitif korelasyon vardı, bu da etkileri gözler önüne seriyordu. İkincil endüstrilerin mikroplastik kirliliği üzerine ek olarak, daha düşük oksidasyon azaltma potansiyeline sahip su kütleleri, daha yüksek mikroplastik bolluğuna sahip olma eğilimindeydi. Tuojiang Nehri havzasında, su kalitesinin düşük olduğu alanlarda mikroplastik kirliliğinin daha büyük boyutlarda olduğunu vurgulamışlardır. Farklı şehirlerde mikroplastiklerin çevresel riskini değerlendirmek için polimer risk indeksi (H) hesaplanmış ve sonuçlar, Fushun tesislerinin mikroplastikler açısından en yüksek riske sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma, güneybatı Çin'deki mikroplastik seviyesinin ve kaynak tanımlamasının daha iyi anlaşılması için değerli bir referans ortaya koymuştur.

Çullu (2020), Küçükçekmece bağlantı alanında seçilen 10 farklı istasyondan, Ekim 2018 – Ekim 2019 seneleri arasında, her ay düzenli bir şekilde yüzey suyu örneklemesinden elde ettiği numunelerden mikroplastik analizi yapmıştır. Bu analizler sonucunda belirlenen ve sayımı yapılan mikroplastikleri renk ve tiplerine göre sınıflandırmıştır. Ulaştığı veriler, istasyonlardaki en sık görülen plastik tipinin fragment (% 37,84 ), en yaygın plastik renginin ise mavi (%79,64) olduğunu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Mevsimsel değişimleri incelendiğinde ise, en fazla mikroplastik oranının sonbahar mevsiminde (Ort. 51,47 MPs/L), en düşük mikroplastik miktarının yaz mevsiminde (Ort. 11,90 MPs/L) olduğunu gözlemlemiştir. Bunun yanında en fazla ortalama mikroplastik miktarını Ekim 2018 ayında (78,60 MPs/L), en düşük ortalama mikroplastik miktarını ise Ağustos 2019 ayında (8,00 MPs/L) gözlemlediğini belirtmiştir.

Wu ve ark. (2020), yapmış oldukları bir çalışmada Maozhou Nehri'nin ana akımı boyunca 17 örnekleme noktasında numuneler alınmıştır. Her noktada su kütlesinin üst 50 cm'sinden 3 kez 5 L yüzey suyu paslanmaz çelik bir kova ile alınmış ve analize kadar 4°C'de muhafaza edilmiştir. Örneklerdeki organik maddelerin ayrıştırılması amacıyla 10 mL %30 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenmiş ve gece boyunca bu şekilde beklenmiştir. Elde edilen numune 0.45 µm cam mikrofiber filtrelerden geçirilmiştir. Örnekler 10x büyütmeli floresan mikroskobu ile analiz edilmiş ve mikroplastik çeşitleri FTIR ile tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda suda 4.0±1.0 ile 25.5±3.5 adet/L arasında mikroplastik bulunmuştur. Baskın tür polietilen, baskın boyut 0.1-1 mm, baskın renk şeffaf, baskın şekil parça olmuştur.

Öztekin (2021), Karadeniz'in Türkiye kıyılarından belirlediği göl ve nehirlerin geçiş suyu sistemlerinin yüzey sedimanlarında mikroplastik varlığı araştırmış ve miktarı, tip ve dağılımlarına göre kategorize etmiştir. Yapmış olduğu bu araştırmanın neticesinde toplam 2532 adet mikroplastığe rastlanmıştır. İncelediği bu istasyonlardaki sedimanlarda mikroplastik miktarları en düşük ve en yüksek 31,6±14,2-258,9±368,8 adet.kg<sup>-1</sup> yaş sediman, 37,9±16-347,8±122,1 adet.kg<sup>-1</sup> kuru sediman ve 53±20-514,3±742 adet.L<sup>-1</sup> sediman arasında bulmuştur. Numunelerde en sık karşılaştığı mikroplastik tipi parça (%52,4) olmuş, bunu sırasıyla fiber (%26,1), film (%19,2),

köpük (%2,2) ve boncuk (%0,1) takip etmiştir. Yaptığı analizler neticesinde bulunan mikroplastiklerdeki baskın renk grubu %51,7 oranla şeffaf olmuş ve bunu sırasıyla beyaz (%13,3) mavi (%9,8), gri (%6,6), siyah (%5,9), yeşil (%3,9), kırmızı (%3,9), sarı/turuncu (%3), pembe/mor (%1,4) ve çok renkli (%0,5) plastikler takip etmiştir. Yine bu çalışma sonucunda mikroplastikleri <0,25 mm: %29,9; 0,25-0,5 mm: %30,3; 0,5-1 mm: %19,8; 1-2 mm: %12,4; 2-5 mm: %7,6 şeklinde gruplandırmıştır.

Adomat ve Grischeck (2021), Deniz ortamlarındaki mikroplastikler ve bunların ekosistem içindeki potansiyel etkileşimlerini, ekolojik risklerini analiz etmişlerdir. Bu işlemi farklı yollarla yapıp araştırmışlardır. Bu yollar tarama, örnek yakalama ve karotlardır. Tarama işlemi nehir yatağı boyunca sürüklenen ve bir tekneden sedimanı kazan cihaz ile yapılmıştır. Örnek yakalama işlemi ise otomatik olarak, mekanik olarak ya da elektrik sinyali vererek kapanan iki metal çenesi olan cihaz ile yapılmıştır. Mikroplastikleri saptamak amacıyla numuneler kurutma, eleme ve sindirim işlemlerinden geçmişlerdir.

Olguner (2021), Ekim 2020'de İstanbul Boğazı yüzey sedimentindeki mikroplastik kirliliğini incelediği bir çalışmada, 15 istasyondan yüzey sediment numuneleri almıştır. Bu numunelerin analizleri neticesinde elde edilen mikroplastikler şekil, boyut, renk ve polimer tiplerine göre analiz edilmiştir. Yüzey sedimentinde karşılaştığı en düşük mikroplastik kirliliği miktarına Karaköy istasyonunda (865,8 partikül/kg), en yüksek mikroplastik kirliliği miktarına Anadoluferi istasyonunda (4195,8 partikül/kg) rastlamıştır. Baskın mikroplastik şeklinin fibril (%97) olduğu çalışmada, 0-1 mm boyutundaki mikroplastiklerin oranını %51,80 olarak belirlemiştir.

Zou ve ark. (2021), Çin'in Guangzhou Bölgesindeki 6 farklı Atıksu Arıtma Tesislerinden, tatlı su ve nehir ağızlarından aldıkları örneklerde mikroplastik tespit etmişlerdir. 6 adet atıksu arıtma tesisinin tüm atık sularında ortalama  $1719 \pm 1035$  MP/L olduğunu saptamışlardır. FTIR cihazı yardımı ile mikroplastiklerin polimer türünü bulmuşlar ve bunların %31,9'unun polietilen tereftalat, %26'sının polipropilen, %9,7'sinin polietilen olduğunu tespit etmişlerdir.

Yücedağ (2021), yapmış olduğu bir çalışmada Gemlik Körfezi sedimenti ve ticari balık türlerindeki mikroplastik kirliliğini araştırmış ve 23-24 Haziran 2021 tarihlerinde körfezde seçilen farklı derinlikteki 15 istasyondan sediment numuneleri almıştır. Fanyalı uzatma ağı yardımı ile 20 m derinlikten 10 farklı balık türüne (*Trachurus trachurus*, *Engraulis encrasicolus*, *Diplodus annularis*, *Chelidonichthys lucerna*, *Solea solea*, *Synapturichthys kleinii*, *Scorpaena porcus*, *Mullus barbatus*, *Spicara maena*, *Spicara flexuosa*) ait 123 birey elde etmiştir. Bunun yanında numune alınan her istasyonda deniz suyunun tuzluluk, sıcaklık, çözülmüş oksijen ve pH miktarını ölçülmüştür. Sediment ve balık numunelerinde en fazla bulunan mikroplastik tipi lif olmuştur. Plastiklerin polimer yapısını saptamak için Raman Spektrometresi kullanmıştır. Yapmış olduğu analizler neticesinde sediment numunelerinde PVC ve PP, balık numunelerinde ise POM ve PPSU polimerinin baskın olduğunu tespit etmiştir

Devereux ve ark. (2022), Mikroplastik kirliliğini geniş çapta incelemiştir; ancak, büyük ölçekli havai fişek gösterilerinin etkileri ve çevredeki su yolları üzerindeki etkisine ilişkin araştırmaların eksik olduğunu belirtmiştir. Bu çalışma, potansiyel olarak büyük bir havai fişek olayından sonra nehirlerdeki mikroplastik fazlalığına bakan ilk araştırmadır. Londra'da 2020 yeni yıl havai fişek gösterisinin etkisini değerlendirmek için, Thames Nehri üzerindeki Westminster'da art arda dokuz gün boyunca 3 litrelik su numunesi almışlardır. Işık mikroskobu kullanılarak toplam 2760 parça mikroplastik (%99 lif) sayılmış ve Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) kullanılarak temsili plastik numuneler (354) üzerinde daha fazla analiz etmişlerdir. Antropojenik mikro lifler %11'i oluştururken, tanımlanan mikroplastiklerin çoğu (%13.3) polikloropren di. Bu çalışmada, Yeni Yılda atılan havai fişeklerin ardından Thames Nehri'nde kısa vadeli bir mikroplastik akışının meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Ak (2022), Orta Karadeniz Bölgesi Samsun kıyı şeridinde yaptığı bir çalışmada, Atakent, Kurupelit ve Çatalçam bölgelerinden Ekim 2020 ve Haziran 2021 tarihlerinde su ve sediman örnekleri almıştır. Yapılan örneklemeler neticesinde fizikokimyasal analizler ile mikroplastik kirliliğinin belirlenmesini amaçlamıştır. Optik mikroskop yardımı ile mikroplastikleri sayı ve renklerine göre kategorize etmiştir.

Mikroplastiklerin polimer çeşitlerini saptamak için FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) kullanmıştır. Yapmış olduğu analizler sonucunda bölgelerden alınan numunelerin tümünde PP, PE, PS, PVC ve PET polimer tiplerinin bulunduğu sonucuna ulaşmıştır

Fan ve ark. (2022), yaptıkları bir çalışmada, Aralık 2018'den Eylül 2019'a kadar Çin'in doğusundaki tipik bir kentsel nehir ağındaki mikroplastiklerin uzay-zamansal dinamiğini incelemiştir. Nehir ağındaki mikroplastik bolluğunu (ortalama  $\pm$  standart sapma)  $2.3 \pm 1.2$  ila  $104.6 \pm 5.6$  parçacık/ L ve ıslak mevsimde kuru mevsime göre önemli ölçüde daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Nehir ağının üst, orta ve alt kısımlarındaki mikroplastiklerin dağılımı ve yüzey sularındaki mikroplastiklerin alt sularındaki bolluğu önemli ölçüde farklılık göstermemiştir. Ancak, ticari ve endüstriyel alanlarda, atık su arıtma tesisi çıkışında, kentsel bir kanalda ve kentsel-kırsal alanlarda yüksek mikroplastik bolluğu saptanmıştır. Mikroplastiklerin genel bolluğunun mevsimsel dinamikleri, kentsel plastik üretiminin histerezis etkisi ve bölgesel yağıştaki değişkenlik ile açıklanabildiği söylenmektedir. Mikroplastiklerin %78.2'si  $< 330 \mu\text{m}$  boyutunda, en yaygın renkler mavi ile siyah ve en yaygın şekiller fragmanlar ve lifler olmuştur. Mikroplastiklerin polimer türleri, mikroplastiklerin ana bileşenleri olarak silikon, kauçuk, politetrafloroetilen ve polipropileni tanımlayan yeni bir kimyasal görüntüleme sistemi olan lazer doğrudan kızılötesi (LDIR) kullanılarak değerlendirilmiştir. Numuneler boyunca polimer bileşenlerinin bolluğuna dayanan metrik olmayan çok boyutlu bir ölçeklendirme analizi, mikroplastiklerin olası kaynaklarını gösteren numune alma yerlerinin kümelerini göstermiştir. Yaptıkları çalışma, kentsel bir nehir ağındaki mikroplastiklerin uzay-zamansal dinamikleri hakkında fikir vermekte ve çevredeki mikroplastiklerin doğru nicel analizinde LDIR'nin potansiyelini öne çıkarmaktadır.

Özkor (2022), Haziran-Temmuz 2021 tarihinde Nevşehir ve Kırşehir'den geçen Kızılırmak Nehri sularında mikroplastik kirliliğini araştırmıştır. Yapmış olduğu bu çalışmada iki çeşit örnekleme yapmıştır. İlk örnek alma yönteminde, ırmağın yüzeye yakın noktasından 100 L su örneği, 200  $\mu\text{m}$  çaplı gözenekli elekten geçirmiştir. İkinci örnek alma yönteminde ise 500  $\mu\text{m}$  gözenek çaplı kepçe ile ırmağın akıntılı bir

noktasında yine yüzeye yakın şekilde 5 dk tutup elek üstündeki elde ettiği katı maddeleri incelemiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda hem Nevşehir hem de Kırşehir'den aldığı ilk örnek alma yönteminde mikroplastik tespit etmiş fakat miktarına ulaşamamıştır. Kepçeyle yapılan numune alımında ise mikroplastığe rastlamamıştır. Atıksu arıtma tesisinin deşarjına yakın olan bölgelerde mikroplastığe daha fazla rastlandığı ve en çok görülen mikroplastik çeşidinin lif tipli mikroplastik olduğunu belirtmiştir.

Strokal ve ark. (2022), yapmış olduğu bir çalışmada gelecekte nehir yoluyla Karadeniz'e mikroplastik ihracatını azaltacak seçenekleri araştırmıştır. Farklı azaltma seçeneklerine sahip beş senaryo geliştirmiş ve bunları 107 alt havza için Nehir Kirliticilerinin Denizlere Girdilerini Değerlendirme Modeli'ne (MARINA-Küresel) uygulamıştır. Bugün, Karadeniz'e dökülen Avrupa nehirleri, toplam mikroplastiklerin yarısından fazlasını ihraç ediyor. 2050'de, denize dökülen Asya nehirlerinin, mikroplastik kirliliğinin %34-46'sının sebebi olduğundan bahsetmişlerdir. Uygulanan ileri arıtmanın, nokta kaynaklı kirliliği azaltacağı düşünülmektedir. Azaltılmış tüketim veya daha fazla plastik toplama çalışmaları neticesinde, 2050 yılına kadar denizlerdeki mikroplastiklerin %40 azalacağını düşünmektedirler. İyimser bir gelecekte deniz kirliliğinin, yukarıda belirtilen azaltma seçenekleri birleştirildiğinde bugünden %84 çok daha az olacağını belirtmişlerdir. Bu konu hakkındaki görüşlerinin, Karadeniz'in sıfır kirlilik geleceği için çevre politikalarını destekleyebileceğini söylemişlerdir.

Şahutoğlu (2022), Akdeniz'e dökülen Asi Nehri yüzey sularında mikroplastik varlığını belirlemek için 6 istasyondan 4 mevsim numune alarak bir çalışma yapmıştır. Bu araştırma sonucunda ulaştığı sonuca göre mikroplastik miktarı 0,03-0,48 adet/m<sup>2</sup> aralığında değişirken, Asi Nehrindeki ortalama mikroplastik miktarını 0,13 adet/m<sup>2</sup> olarak tespit etmiştir. En yoğun mikroplastik miktarını şehir merkezindeki istasyonlarda saptamıştır. Mikroplastikleri tiplerine göre incelediğinde; tespit edilen mikroplastiklerin %67'sinin filmler, %2'sinin ise peletler olduğu sonucuna varmıştır. Tüm istasyonlardan alınan örneklerdeki mikroplastikler incelendiğinde oransal olarak mavi %28, şeffaf %22 ve siyah %20 renkte olan plastiklere rastlanırken, gri, mor ve kahverengi renkler (%1) birer istasyonda ve bir mevsimde rastlanmıştır.

Güler (2022), yaptığı çalışmada Konya kapalı havzasında yer alan 15 farklı yüzeysel sulardan Nisan ayında numuneler almıştır. Almış olduğu bu örneklerde mikroplastikler ve mikroplastiklere ilintili olan poliklorlu bifenillerin konsantrasyonu için analiz etmiştir. Alınan numunelerdeki mikroplastiklerin analizi için ilk aşamada eleme işlemini gerçekleştirdikten sonra organik madde ayırımı, yoğunluk farkıyla eleme işlemlerini yapmıştır. Sonrasında mikroplastiklerin fiziksel kategorizasyonları için biyolojik stereo mikroskop ve ışık mikroskobu kullanılmıştır. Niğde Çamardın alanında bulunan Ecemiş Kaynağı'nda 23,3 MP/L verisiyle en yoğun mikroplastik konsantrasyonu tespiti yapılmıştır. Yoğun olan mikroplastik çeşidinin fragment (%88,70), en yoğun görünen rengin ise gri olduğunu söylemiştir. Bunun sebebi olarak da PET şişe kullanımını düşünmüştür.

Özgüler (2022), Kuzeydoğu Akdeniz'deki Mersin Körfezi'ne nehirlerden yüklenen mikroplastik bileşimini belirlemek için yaptığı analizde Kasım 2019'da toplam sekiz nehirde örnek almıştır. Tüm örnekler arasında %83,5'lik pay ile liflerin yoğun olduğunu gözlemlemiştir. Gözlemlenen mikroplastiklerin büyük çoğunluğu mavi renkte (%55) olup ardından siyah (%30) renk gelmiştir. Nehir sularında analiz edilen mikroplastiklerin %91'inin uzunluğunun 2,5 mm'den daha az olduğu görülmüştür. FTIR ile yapılan analiz sonucunda 31 lif olmayan partikülden yirmi dördünü polietilen (PE) olarak tanımlamıştır.

Cordova ve ark. (2022), Endonezya'daki süperkritik Citarum Nehri boyunca makro enkaz ve mikroplastiklerin yerinde izleme verilerini sunmuş, barajları mikroplastiklerin yoğunlaştığı alanlar olarak saptamışlardır. Plastikler nehir çöpünün %85'ini oluşturmaktadır (günlük  $5369 \pm 2320$  parça veya  $0.92 \pm 0.40$  ton). Citarum Nehri'nden denize  $m^3$  başına  $3.35 \pm 0.54$  parçacık mikroplastik konsantrasyonu ile günlük  $6043 \pm 567$  öge veya  $1.01 \pm 0.19$  ton makro çöp olduğunu öne sürmüşlerdir. Nüfus yoğunluğu ve kentleşme oranının, Citarum Nehri'ndeki makroçöp ve mikroplastik bolluklarının uzay-zamansal değişkenliğini belirleyen ana faktörler olduğu kanısına varılmıştır. Araştırmalarında, Endonezya nehri boyunca dünya okyanusuna enkaz ve mikroplastik girişlerini tahmin etmek için uzun vadeli izlemenin

öneminden bahsetmişlerdir. Bunun makro ve mikro çöplerin çevrede azaltılması için bir ölçüt olduğu vurgusunu yapmışlardır.

Ceylan (2022), Yamula barajının su ve sediment numunelerinde mikroplastik kirliliği seviyesini incelemiştir. 5 farklı istasyondan numuneler almıştır. Su numuneleri manta kepçesi ile, sediment numuneleri ise Ekman kepçesi ile alınmıştır. Plastik parçacıklarını organik materyalden ayırtmada hidrojen peroksitten faydalanmıştır. Sonrasında stereo mikroskop sayımı ile plastik materyallerin renk, şekil ve boyutlarını kategorize etmiştir. Su numunelerinde bulunan mikroplastik miktarı ( $0,59 \text{ MP/m}^3$ ) sediment numunelerinde tespit edilenden ( $0,12 \text{ MP/g}$ ) daha fazla olmuştur, bunun yanında lif tipi hem sediment hem su numunelerinde en fazla tespit edilenler olmuştur. Plastik materyal çeşitlerinin belirlenmesinde  $\mu\text{m}$  -Raman cihazından faydalanmıştır. Yaptığı analiz sonuçlarına göre en fazla bulunan plastik türevi polipropilen (%67) olduğunu belirtmiştir.

Igor ve ark. (2022), Kuzey Dvina Nehri ağzında mevsimsel değişimlerde yüzen plastikler mikroplastikleri (0.5–5 mm) ve mezoplastikleri (5–25 mm) içerdiğinden bahsetmişlerdir. Örnekler, Eylül'den Kasım 2019'a ve Mayıs'tan Ekim 2020'ye kadar her ay, Nehir deltasının Korbel'nyy Şubesinde 3 deniz mili çekilen bir Neuston ağı ile alınmıştır. Plastik parçacıkların kimyasal bileşimi, bir Fourier transmisyonlu kızılötesi spektrometre kullanılarak tespit edilmiştir. Mikroplastiklerin çoğunluğu %52.6 ile polietilen, ardından %36.8 ile polipropilen olarak saptanmıştır. Mikroplastiklerin Kuzey Dvina Nehri'nden Kuzey Kutbu'na ihracat akışları tahmin edildikten sonra, nehirden mikroplastik ihracatının önemli bir mevsimsel değişiminin olmadığı belirtilmiştir. Mayıs ayındaki bahar sel döneminde mikroplastik ihracat oranı en fazla 58 adet/sn olurken, en az deşarj 9 adet/sn ile Eylül ayında gerçekleşmiştir. Mikroplastiklerin ortalama ağırlık konsantrasyonu  $18.5 \mu\text{g/m}^3$  imiş; bu, Barents Denizi'nde bulunandan daha yüksek –  $12.5 \mu\text{g/m}^3$  ve ortalama olarak Avrasya Kuzey Kutbu'ndakinden birkaç kat daha yüksek –  $3.7 \mu\text{g/m}^3$ . Bu sonuçlar, Kuzey Dvina Nehri'nin, Beyaz ve Barents Denizlerinin mikroplastik kirliliğinin başlıca kaynaklarından biri olduğunu açıkça belli etmektedir.

Mutlu ve ark. (2022), Karadeniz'in Türkiye kıyılarında yapmış oldukları çalışmada, bu bölgede avlanan istavritteki mikroplastik yoğunluğunu ve çeşitliliğini araştırmışlardır. İncelemeler sonucunda 121 adet istavritin 27'sinde mikroplastığe rastlamışlardır. Her bir balık için  $0,22 \pm 0,14$  adet olarak sindirilen mikroplastik hesaplanmıştır. Tespit ettikleri mikroplastiklerde en baskın şekil lif (%66) olmuştur. En çok görülen mikroplastik boy aralığının 500-1000  $\mu\text{m}$  (%33) arasında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler neticesinde Karadeniz'deki mikroplastik yoğunluğunun boyutunu belirleyebilmek için daha çok çalışma yapılmasının gerekli olduğunu belirtilmişlerdir.

Liu ve ark. (2023), yapmış oldukları çalışmada, tüm havza ölçeğinden Yangtze Nehri'ndeki mikroplastiklerin mekansal dağılım özelliklerini ortaya çıkarmaktadır. Havzadaki beş alan arasında, memba ve orta akıntının daha fazla mikroplastik içerdiği belirtilmiştir (3598.6 partikül/ $\text{m}^3$  ve 3226.8 partikül/ $\text{m}^3$ ). Elde edilen sonuçlar, tüm havzalarda sunulan mikroplastığın düzensiz olduğunu ve mikroplastik konsantrasyonlarının çevredekinden nispeten daha yüksek olduğu 'sıcak noktalarda' oluştuğu sonucuna ulaşmışlardır. Nehir boyunca atık su arıtma tesislerinin boşaltılması, barajların yerleri, mikroplastiklerin stabilitesi ve parçalanmasının, mikroplastiklerin mekansal dağılımında önemli itici faktörler olduğunu, mikroplastik 'sıcak noktalarının' ortaya çıkmasına yol açtığını belirtmişlerdir. Bu çalışma, yalnızca bolluğu değil aynı zamanda morfolojik özellikleri, polimer bileşimini ve toksik etkiyi de dikkate alarak, çoklu değerlendirme yöntemleriyle Yangtze Nehri'nin yüzey suyuna maruz kalan mikroplastiklerin ekolojik riskini değerlendiren ilk araştırma olmuştur. Daha da önemlisi, çoklu bireysel mikroplastikler, risk değerlendirme yöntemlerine dayanarak, ilk kez çoklu mikroplastik özelliklerini dikkate alarak havza genelinde mikroplastik riskinin kapsamlı bir değerlendirmesini sağlayan Betamikroplastik yöntemini ilerletmişlerdir. Bu, nehrin farklı bölgelerinde mikroplastik kirliliğinin çevresel etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

## **BÖLÜM 3. MATERYAL ve YÖNTEM**

Yapılan bu çalışma, 31 Temmuz 2021 tarihinde Giresun ili Karadeniz sahil kesiminden Çaldağ, İnişdibi mevki boyunca Bektaş yaylasına kadar uzanan Batlama Deresinde belirlenen 5 istasyondan su ve sediment numuneleri alınarak mikroplastik varlığı araştırılmış, bulunan mikroplastiklerin karakterizasyonları yapılmış ve polimer yapıları belirlenmiştir. Bu çalışmada ulaşılan verilerin bölgedeki mikroplastik kirliliği alanında yapılacak olan çalışmalara yardımcı olması amaçlanmıştır.

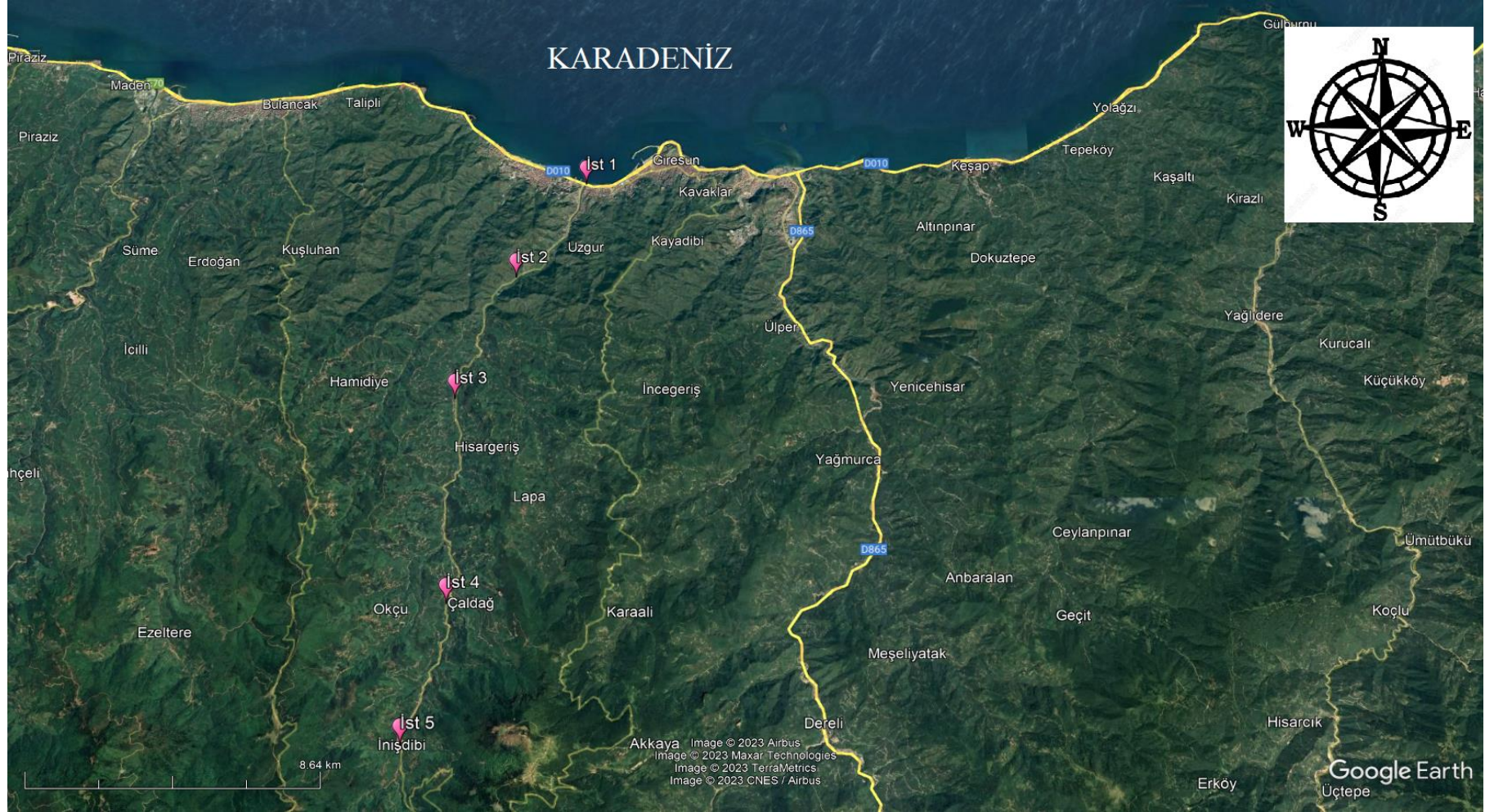
Çalışma alanı Batlama deresinin Karadenizle birleştiği noktadan başlayıp İnişdibine kadar olan alanı kapsamaktadır. Her istasyondan birer defa, alanı tarayarak su ve sediment numunesi alınmış ve çalışma süresince üçer tekrarlı toplam 30 numune analiz edilmiştir. Analizi yapılan örneklerde 1µm-5mm boyut aralığındaki mikroplastiklerin oranı tespit edilmiş ve polimer yapıları incelenmiş ve tespit edilen mikroplastiklerin renk, boyut ve tip analizi yapılmıştır.

### **3.1. Numune Alınan İstasyonların Özelliği**

Bektaş Yaylasından doğup Karadenize dökülen Batlama Deresi üzerinde, Karadeniz ile birleştiği nokta, başlangıç olarak alınarak, Çaldağ ve oradan İnişdibine kadar olan alan üzerinde beş istasyon belirlenmiştir. Bu istasyonların çevresel özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Harita üzerinde örnek alınan istasyonlar Şekil 3.1'de ve istasyonlarla ilgili ortam resimleri Şekil 3.2-3.6'da gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Su ve sediment numunesi alınan istasyonların özellikleri

İstasyon No	İstasyon Özellikleri	Numune Alınan Koordinatlar
1	Batlama Deresinin Karadenize döküldüğü bağlantı noktasında bulunmaktadır. Yerleşim yerlerinin bulunduğu merkezi bir bölgedir. İstasyon civarında fındık ve silah fabrikaları bulunmaktadır.	41° 54' 33.6"K 38° 21' 22.1"D
2	Yerleşim alanlarının bulunduğu bölgededir. İstasyon alanda kapalı spor salonu ve restaurant bulunmaktadır.	40° 52' 37.9"K 38° 19' 46.1"D
3	Çukurköy yolu üzerindedir. Yerleşim alanı, market ve köy değirmeni bulunmaktadır	40° 50' 14.5"K 38° 18' 28.4"D
4	Çaldağ köyü mevkiinde bulunmakta olup, civarında yerleşim alanı, su fabrikası, maden suyu fabrikası ve kız öğrenci yurdu mevcuttur.	40° 46' 27.6"K 38° 18' 34.4"D
5	İnişdibi Köyü mevkiinden geçmektedir. Bölgede alabalık tesisi ve yerleşim alanı bulunmaktadır.	40° 44' 02.1"K 38° 17' 47.7"D



Şekil 3.1.Çalışma alanı ve istasyonların haritası



Şekil 3.2. İstasyon 1



Şekil 3.3. İstasyon 2



Şekil 3.4. İstasyon 3



Şekil 3.5. İstasyon 4



Şekil 3.6. İstasyon 5

### 3.2. Sediment ve Su Örneklerinin Alınması

Batlama Deresi üzerinde belirlenen beş istasyondan sediment ve su numuneleri 2021 yılı temmuz ayında alınmıştır. İstasyonlarda derenin iki kenarı ve bir orta noktası olmak üzere toplam 3 noktadan örnekleme alanını tam anlamıyla temsil edecek şekilde alınmıştır.

Sediment örnekleri metal kürek yardımı ile 1m<sup>2</sup> 'lik alanlar taranarak yüzeyden 5 cm derinlikten toplanmıştır (Thompson ve ark., 2004; Zhou ve ark., 2021). Islak sediment numuneleri cam kavanoz ile laboratuvara getirilmiştir. Su örnekleri de her istasyonda üç noktadan olmak üzere, 5 lt'lik metal kova yardımıyla, toplamda 100 lt dere su'sunun 35 µm'lik göz açıklığına sahip plankton ağından süzülerek alınmış ve cam kavanozda saklanarak laboratuvara getirilmiştir (Masura ve ark., 2015).

Sediment ve su örneklerinin alındığı istasyonların örnekleme anında hava sıcaklığı ve diğer verileri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Örnekleme günü istasyonlardan alınan su parametreleri

İstasyon	Ortam Sıcaklığı	Su Sıcaklığı	pH Değeri	İletkenlik (µs/cm)	Çözülmüş Oksijen (mg/L)
İstasyon 1	31°C	29,13°C	7,00	0,621	4,82
İstasyon 2	26 °C	24,89°C	7,03	0,568	6,53
İstasyon 3	26 °C	22,21 °C	6,98	0,636	7,75
İstasyon 4	26 °C	18,74	6,96	0,583	9,97
İstasyon 5	25 °C	17,30°C	6,95	0,0584	11,20

### 3.3. Mikroplastik Analizi

Mikroplastik partikülleri, ıslak peroksidasyon (WPO) ve yoğunluk ayırıştırma teknikleri kullanılarak örneklerden izole edilmiştir (Masura ve ark., 2015).

Islak olarak laboratuvara getirilen her bir sediment numunesi 75 °C'de sabit bir ağırlığa kadar etüvde kurutulmuş ve ardından taş ve diğer kalıntıları temizlemek için 5mm gözenekli çelik elekten geçirilmiştir. Kurutulmuş sediment numuneleri (50 g) tartılmış ve 250 mL'lik bir cam şişede 100 mL doymuş sodyum klorür (140 g/L NaCl) çözeltisi

ile 15 dakika karıştırılmıştır. Her bir numune 24 saat boyunca çökelmeye bırakılmıştır. Mikroplastik içeren üst kısımdaki çözelti cam pipet yardımıyla temiz bir şişeye aktarılmıştır. Partiküllerin iyi bir şekilde ayrıldığından emin olmak için tüm prosedür her numune için en az üç kez tekrarlanmıştır. Organik maddeleri uzaklaştırmak için ıslak peroksidasyon (WPO) katalizörü olarak demir sülfat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) çözeltisi (20 mL) ve fenton reaktifi olarak bilinen % 30 hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) çözeltisi (20 mL) kullanılmıştır. Beherler daha sonra hotplate üzerine yerleştirilmiş ve 60-70 C°'de 80 rpm 6 saat oksidasyona uğratılmıştır (Masura ve ark., 2015). Elde edilen karışımdaki mikroplastikler bir filtre kâğıdı (GF/F gözenek boyutu: 0.45  $\mu\text{m}$ , 100 mm Ø) ve bir vakum pompası kullanılarak filtrelenmiştir. Filtre kağıtları laboratuvar ortamında güvenilir şekilde oda sıcaklığında kurutulmuştur. Tespit edilen mikroplastiklerin görünümünü gözlemek için stereomikroskop kullanılmıştır.

Labratuvara getirilen Su örnekleri için de ıslak peroksidasyon (WPO) katalizörü olarak demir sülfat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) çözeltisi (20 mL) ve Fenton reaktifi olarak bilinen %30 hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) çözeltisi (20 mL) kullanılmıştır. Çözeltiler, ekstrakte edilen partikülleri içeren beherlere eklenmiş ve 10 dakika bekletilmiştir. Beherler daha sonra hotplate üzerine yerleştirilmiş ve 60-70 C°'de 80 rpm 6 saat oksidasyona uğratılmıştır (Masura ve ark., 2015). Kalıntı organik madde görünürse, organik madde görünmeyene kadar sindirim sürecini uzatmak ve tamamlamak için ilave 10 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$  eklenmiştir. Sindirim işlemi tamamlandıktan sonra partiküller için yoğunluk ayırma işlemi kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Sonra tekrar 35  $\mu\text{m}$  plankton ağından süzülen numunede mikroplastikleri diğer bileşenlerden ayırmak için yeterli miktarda 1.2 g/cm<sup>3</sup> NaCl eklenerek çözelti 1 gece bekletilmiştir. Bu işlemlerden sonra filtre kâğıdı (GF/F gözenek boyutu: 0.45  $\mu\text{m}$ , 100 mm Ø) ve bir vakum pompası kullanılarak filtrelenmiştir. Filtre kağıtları laboratuvar ortamında güvenilir şekilde oda sıcaklığında kurutulmuştur. Örneklerde ki mikroplastiklerin sayımı sterio mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir (Masura ve ark., 2015).

Kalite güvencesi için olası havadaki mikroplastik (MPS) kontaminasyonunu önlemek için numunelerin diseksiyonu ve aktarılması işlemi mümkün olduğunca çabuk yapılmış ve işlemlere başlamadan önce çalışma alanı alkol ile dezenfekte edilmiştir.

Çalışma boyunca nitril eldiven, pamuklu laboratuvar önlüğü, cam ve metal eşya kullanılmıştır. Ayrıca tüm cam eşyalar ve aletler, kullanılmadan önce filtreden geçirilmiş distile su (0.45 µm, 100 mm Ø) ile durulanmış ve kurutulmuştur. Tüm kullanılacak cam eşyalar ve aletler kullanılmadıkları zaman alüminyum folyo ile kaplanarak kontaminasyondan uzak tutulmuştur. Tüm reaktiflerde (doymuş NaCl solüsyonu, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) kullanılmadan önce filtre kâğıdından (0.45 µm, 100 mm Ø) geçirilmiştir. Laboratuvardan olası mikroplastik kontaminasyonunu için kör örnek uygulaması yapılmıştır. Bunun için üç boş filtre kâğıdı filtrelerden distile su geçirilmiş ve laboratuvarda 24 saat üstü açık olarak bekletildikten sonra stereomikroskopta gözlenmiştir. Bu gözlem sonucunda bu filtre kâğıtlarında mikroplastik tespit edilmemiştir (Zhao et al., 2023).

### **3.4. FT-IR Spektroskopi Analizi**

Bu çalışmada, FT-IR spektrumları, plastik örneklerinin türü ve morfolojisine en uyumlu kurulum olarak kabul edilen tek elemanlı bir MCT dedektöründen faydalanılarak zayıflatılmış Toplam Yansıma (ATR) modunda alınmıştır. Analiz için Partiküller Zayıflatılmış Toplam Yansıma-Fourier Dönüşümü Kızılötesi spektrometresi (VERTEX 70 Series, Bruker, Germany) kullanılmıştır. Spektral aralığı 4000-400 cm<sup>-1</sup> olarak ve polimer tipinin tespiti için 2.0 cm<sup>-1</sup> çözünürlükte 128 tekrarlı tarama yapılmıştır. Örneklerden elde edilen spektra verilerinde “0” baz alınarak linear düzeltme ve en yüksek absorbans değerine göre normalizasyon transformasyonları yapılmıştır. Transformasyonlarda “Spektragryph© version 1.2.14” programı kullanılmıştır. Elde edilen absorbans spektrumları cihaz kütüphanesinde kayıtlı verilerle yansıtılmış ve önerilen polimer türlerinin spektrumlarıyla eşleştirilerek aralarındaki benzerliğe göre analiz edilmiştir (Gedik ve Gözler, 2022).

## **BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. Mikroplastik Karakterizasyonu (<5mm)**

Bu çalışmada, plastiklerin 1-5 mm boyut aralığını oluşturan mikroplastikler incelenmiştir. Her istasyondan alınan sediment ve su numunelerinde bu mikroplastikler boyut, renk ve tip olarak incelenmiştir.

Temmuz 2021 tarihinde, Giresun ili Batlama deresinde 5 istasyondan alınan sediment ve su numunelerinde yapılan analizler sonucunda, tüm istasyonlarda sedimentte 930 adet  $\text{kg}^{-1}$ , su numunelerinde 88 adet  $\text{L}^{-1}$  mikroplastik tespit edilmiştir.

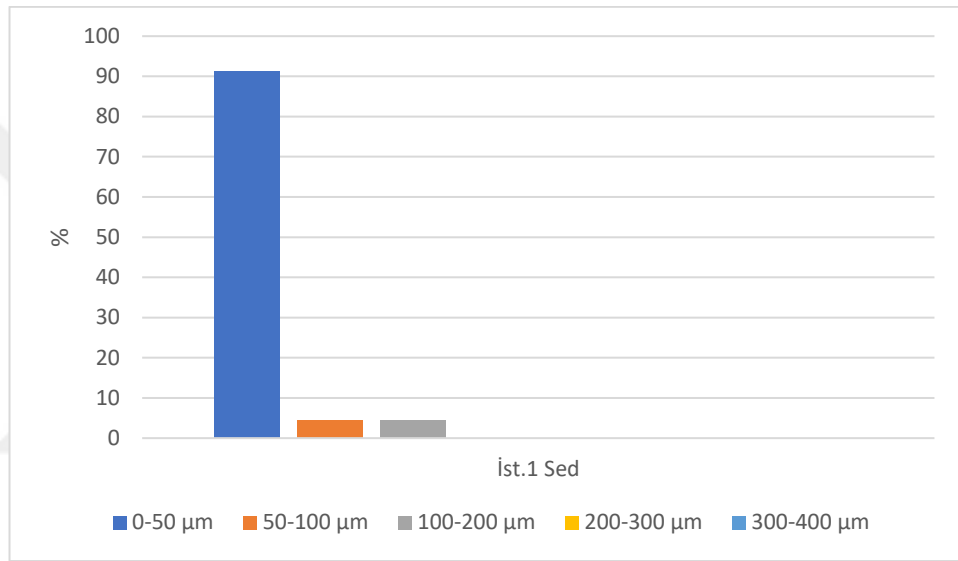
Mikroplastiklerin istasyonlara göre yoğunluğuna bakıldığında sedimentte en fazla mikroplastığın 2. İstasyonda olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 1, 3, 4 ve 5 numaralı istasyonlar takip etmektedir. Su numunelerindeki yoğunluğa bakıldığında ise mikroplastığın en fazla 1. İstasyonda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunu sırasıyla 2, 3, 4 ve 5 numaralı istasyonlar takip etmiştir.

Tüm istasyonlarda ulaşılan mikroplastiklerin karakterizasyonu boyut, renk ve tip olarak aşağıda detaylı şekilde belirtilmiştir.

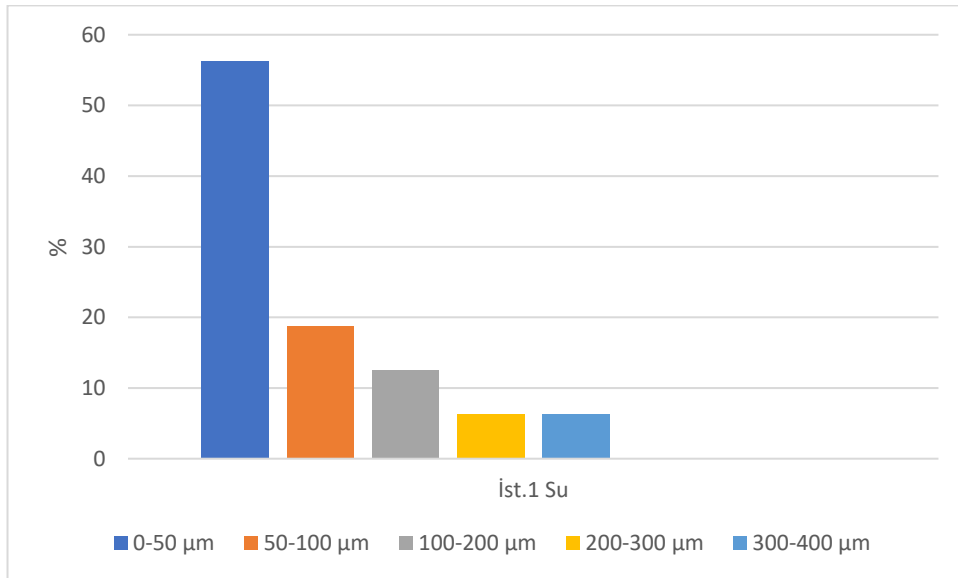
#### **4.1.1. Boyut Analizi**

Yapılan çalışmada elde edilen mikroplastiklerin boyut analizleri yapıldığında 5 farklı istasyondan alınan örneklerde, İstasyon 1'de sedimentte 23 adet mikroplastik tespit edilmiştir. En çok rastlanan mikroplastik boyutu 21 adet (%91,30) 0-50 $\mu\text{m}$  aralığında olmuştur. Bunu sırasıyla 1 adet (%4,35) 50-100  $\mu\text{m}$  aralığındaki ve yine 1 adet (%4,35)

100-200µm aralığındaki mikroplastikler izlemektedir. Yine istasyon 1’de bakılan su numunelerinde ise 16 adet mikroplastik varlığına ulaşılmıştır. En çok bulunan mikroplastik boyutu, 9 adet (%56,25) 0-50 µm aralığındaki olup bunları sırası ile 3 adet (%18,75) 50-100 µm aralığındaki, 2 adet (%12,25) 100-200 µm aralığındaki, 1 adet (%6,25) 200-300 µm aralığındaki ve son olarak da 1 adet (%6,25) 300-400 µm aralığındaki mikroplastikler takip etmiştir. İstasyon 1’de su ve sedimentteki mikroplastik dağılımının boyutlarına göre yüzdesi Şekil 4.1. ve Şekil 4.2’de verilmiştir.

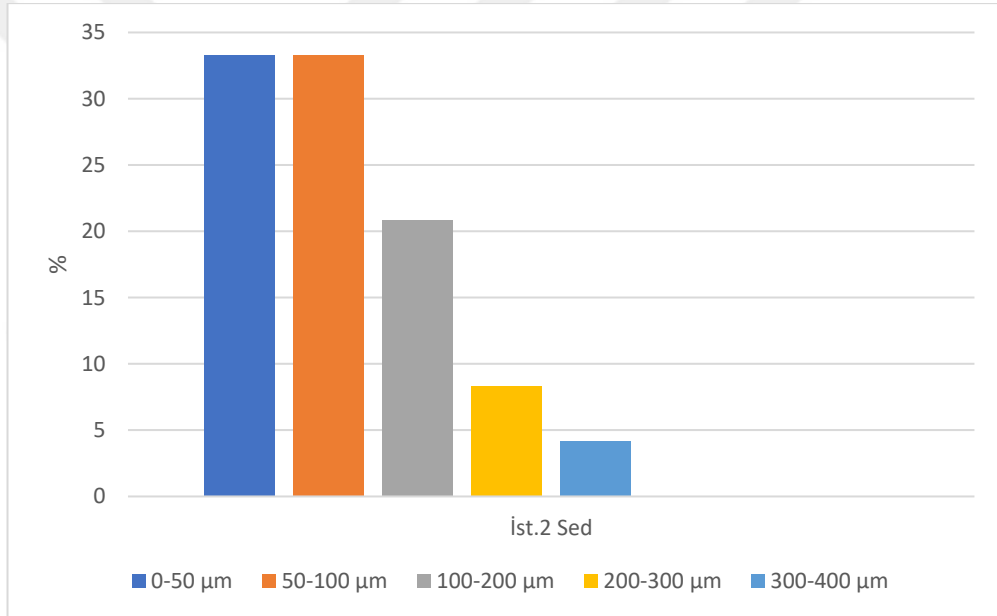


Şekil 4.1. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment)

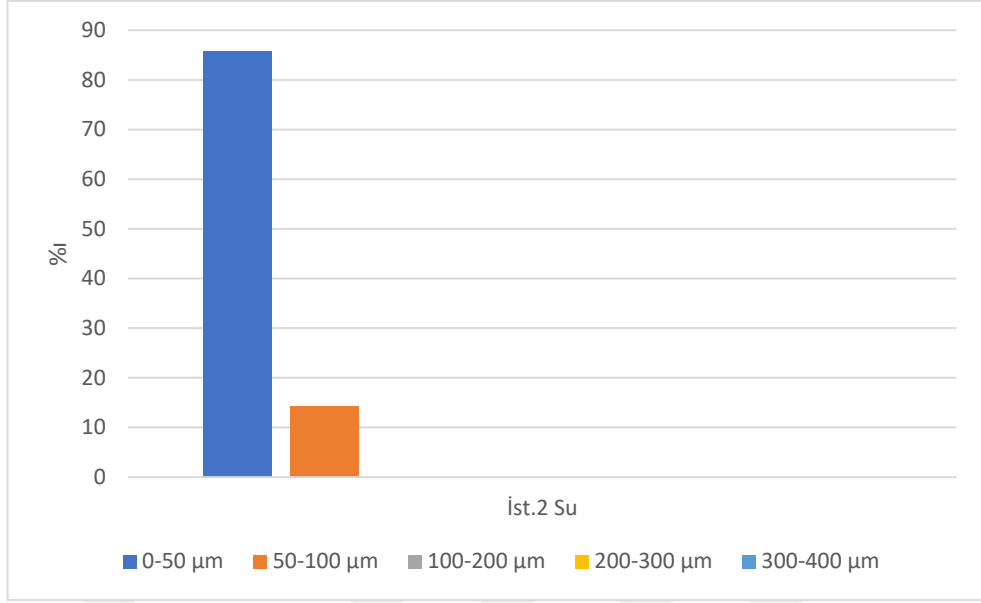


Şekil 4.2. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su)

İstasyon 2’de sedimentte 24 adet mikroplastik tespit edilmiştir. En çok rastlanan mikroplastik boyutları 8 adet (%33,33) 0-50 µm ve yine 8 adet (%33,33) 50-100 µm aralığında olmuştur. Bunları sırası ile 5 adet (%20,80) 100-200 µm aralığındaki, 2 adet (%8,33) 200-300 µm aralığındaki ve 1 adet (%4,20) 300-400 µm aralığındaki mikroplastikler takip etmiştir. Yine istasyon 2’de bakılan su numunelerinde ise 9 adet mikroplastığe rastlanmıştır. En çok bulunan mikroplastik boyutu, 6 adet (%66,70) 0-50 µm aralığındakiler olup bunları sırası ile 1 (%11,10) adet 50-100 µm aralığındaki, 1 adet (%11,10) 100-200 µm aralığındaki ve 1 adet (%11,10) 200-300 µm aralığındaki mikroplastikler takip etmiştir. İstasyon 2’de sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının boyutlarına göre yüzdesi Şekil 4.3. ve Şekil 4.4’de verilmiştir.

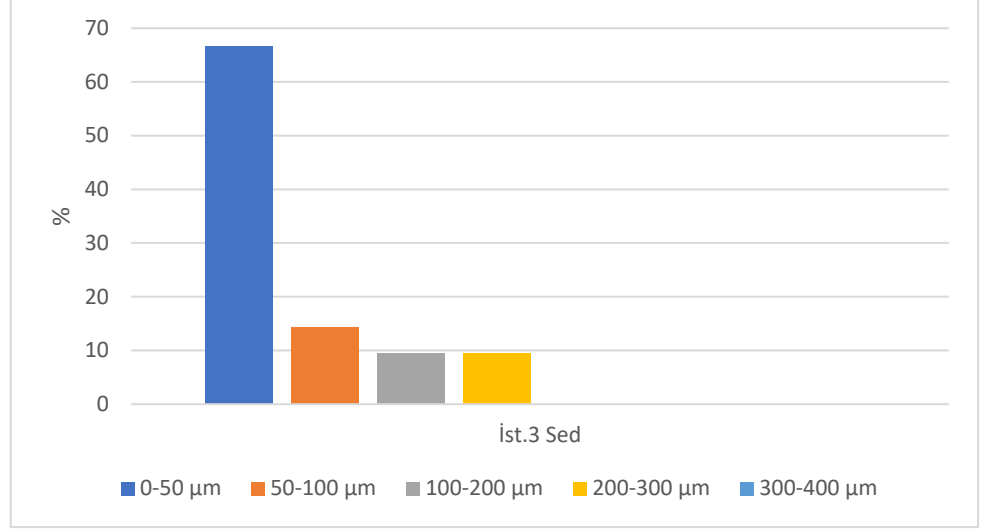


Şekil 4.3. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment)

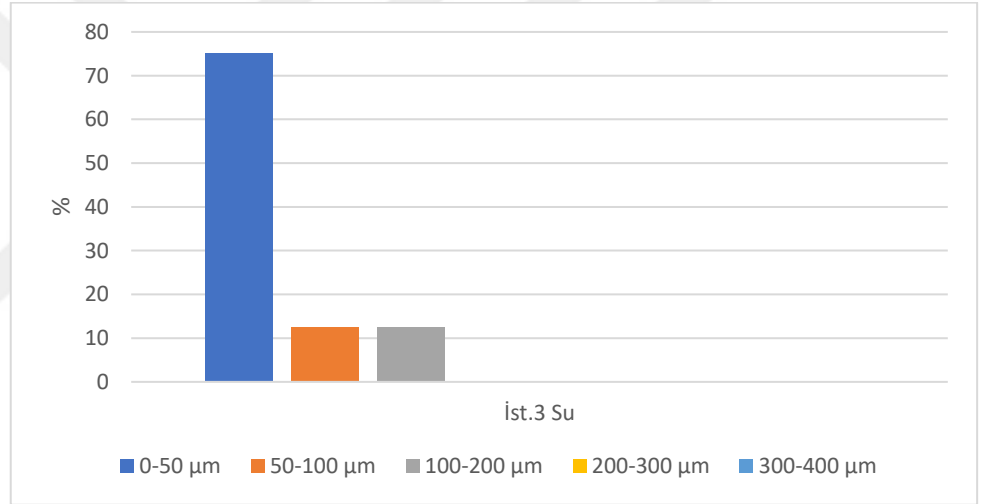


Şekil 4.4. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su)

İstasyon 3’te sedimentte 21 adet mikroplastik tespit edilmiştir. En çok rastlanan mikroplastik boyutu 14 adet (%66,70) ile 0-50 µm aralığında olmuştur. Bunları sırası ile 3 adet (%14,30) 50-100 µm aralığındaki, 2 adet (%9,50) 100-200 µm aralığındaki ve 2 adet (%9,50) 200-300 µm aralığındaki mikroplastikler takip etmiştir. Yine istasyon 3’te bakılan su numunelerinde ise 8 adet mikroplastığe rastlanmıştır. En çok bulunan mikroplastik boyutu, 6 adet (%75) 0-50 µm aralığındakiler olup bunları sırası ile 1 adet (%12,50) 50-100 µm aralığındaki, 1 adet (%12,50) 100-200 µm aralığındaki mikroplastikler takip etmiştir. İstasyon 3’de sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının boyutlarına göre yüzdesi Şekil 4.5. ve Şekil 4.6’da verilmiştir.

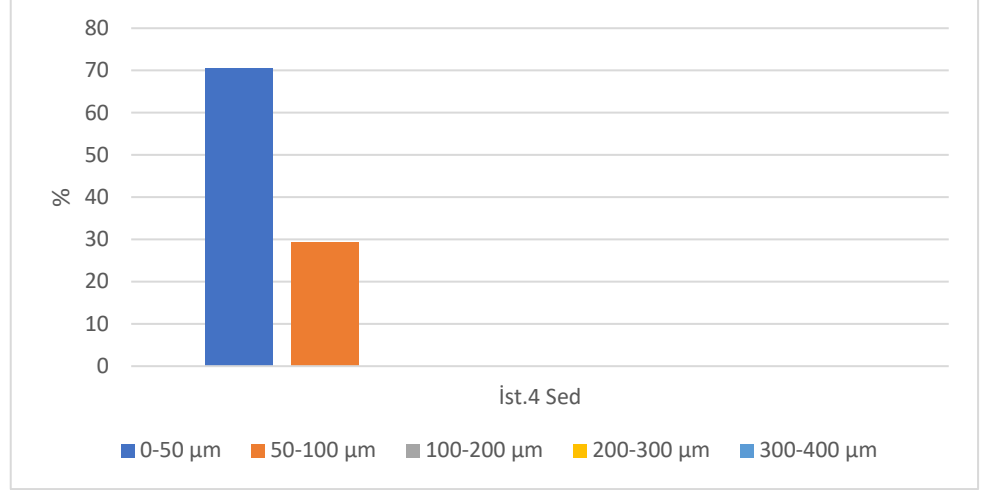


Şekil 4.5. İstasyon 3'te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment)

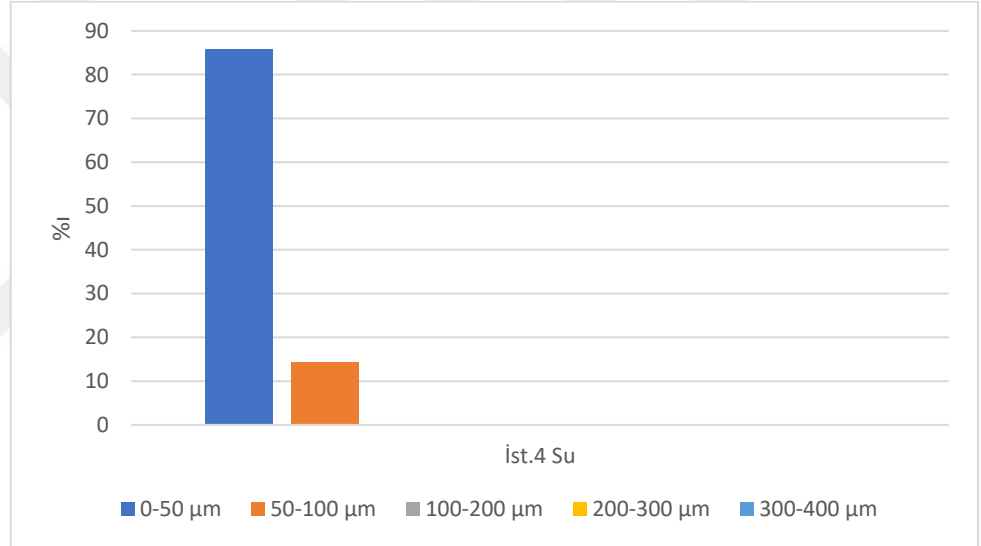


Şekil 4.6. İstasyon 3'te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su)

İstasyon 4'te sedimentte 17 adet mikroplastik tespit edilmiştir. En çok rastlanan mikroplastik boyutu 12 adet (%70,59) ile 0-50 µm aralığında olmuş ve 5 adette (%29,41) 50-100 µm aralığında mikroplastikler tespit edilmiştir. Yine istasyon 4'de bakılan su numunelerinde ise 7 adet mikroplastığe rastlanmıştır. En çok bulunan mikroplastik boyutu, 6 adet (%85,71) 0-50 µm aralığındakiler olmuş ve 1 adette (%14,29) 50-100 µm aralığında mikroplastikler tespit edilmiştir. İstasyon 4'te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının boyutlarına göre yüzdesi Şekil 4.7. ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

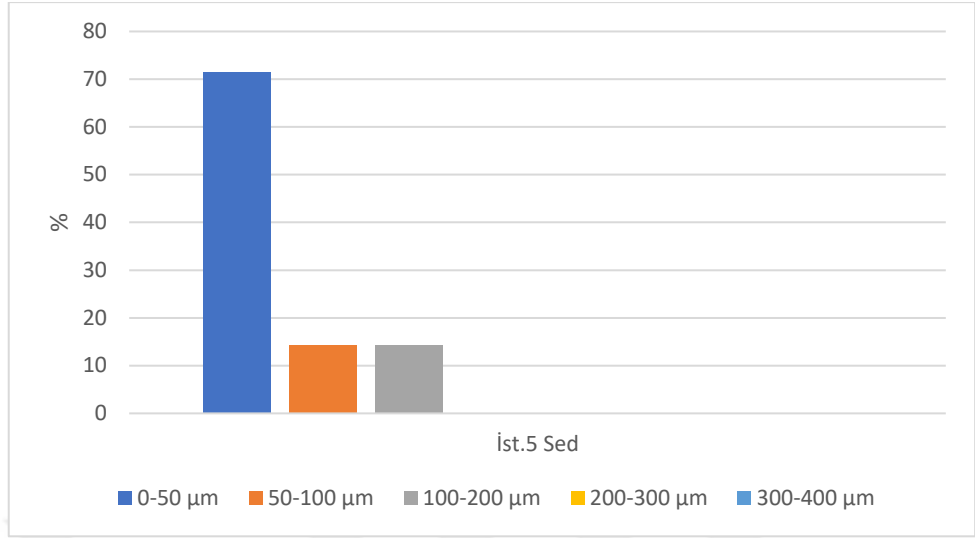


Şekil 4.7. İstasyon 4'te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment)

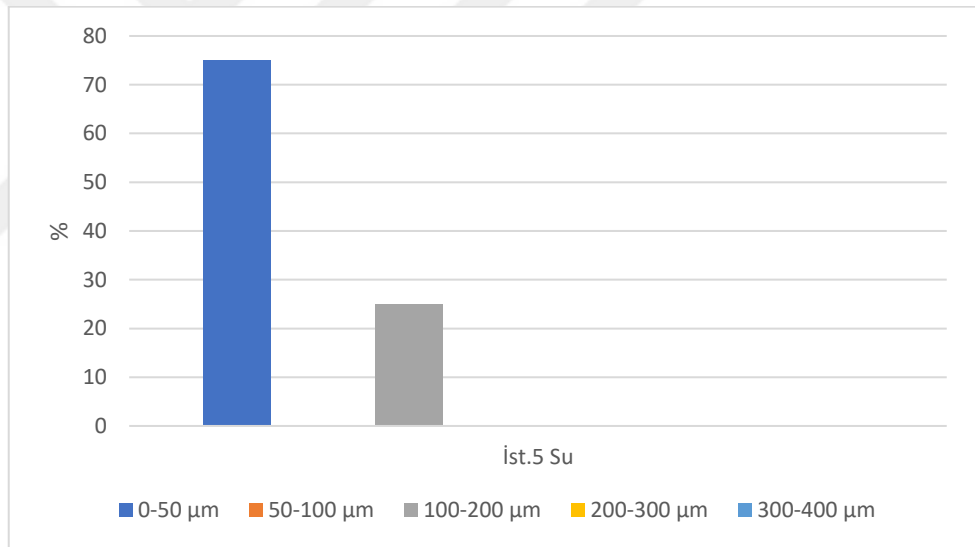


Şekil 4.8. İstasyon 4'te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su)

İstasyon 5'te sedimentte 7 adet mikroplastik tespit edilmiştir. En çok rastlanan mikroplastik boyutu 5 adet (%71,42) ile 0-50 µm aralığında olup bunları sırası ile 1 adette (%14,29) 50-100 µm aralığındaki ve yine 1 adet (%14,29) 100-200 µm aralığındaki mikroplastikler takip etmiştir. Yine istasyon 5'te bakılan su numunelerinde ise 4 adet mikroplastığe rastlanmıştır. En çok bulunan mikroplastik boyutu, 3 adet (%75) 0-50 µm aralığındakiler olmuş ve 1 adette (%25) 100-200 µm aralığında mikroplastikler tespit edilmiştir. İstasyon 5'te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının boyutlarına göre yüzdesi Şekil 4.9. ve Şekil 4.10'da verilmiştir.

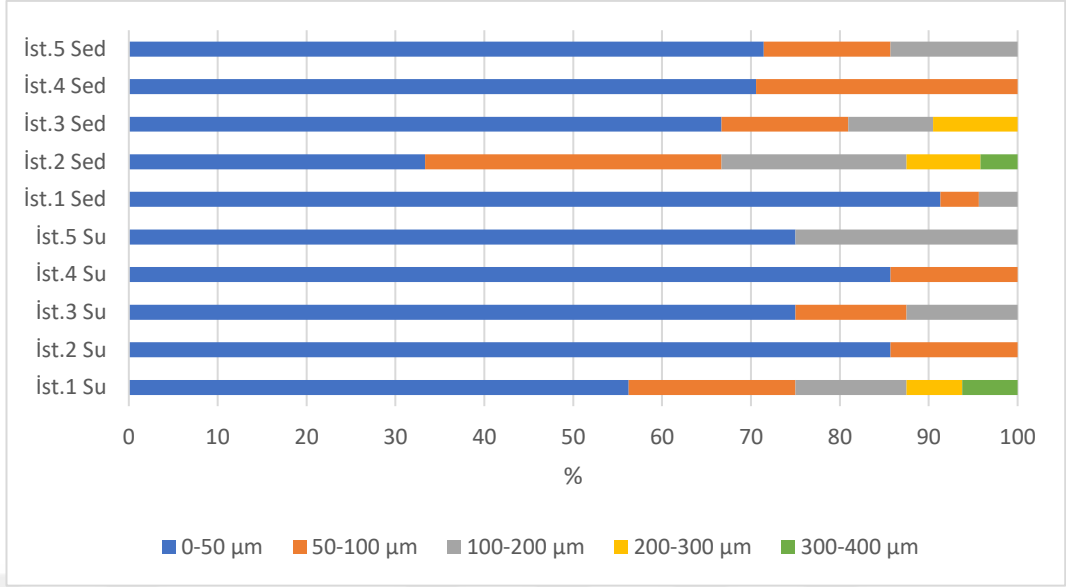


Şekil 4.9. İstasyon 5'te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (sediment)

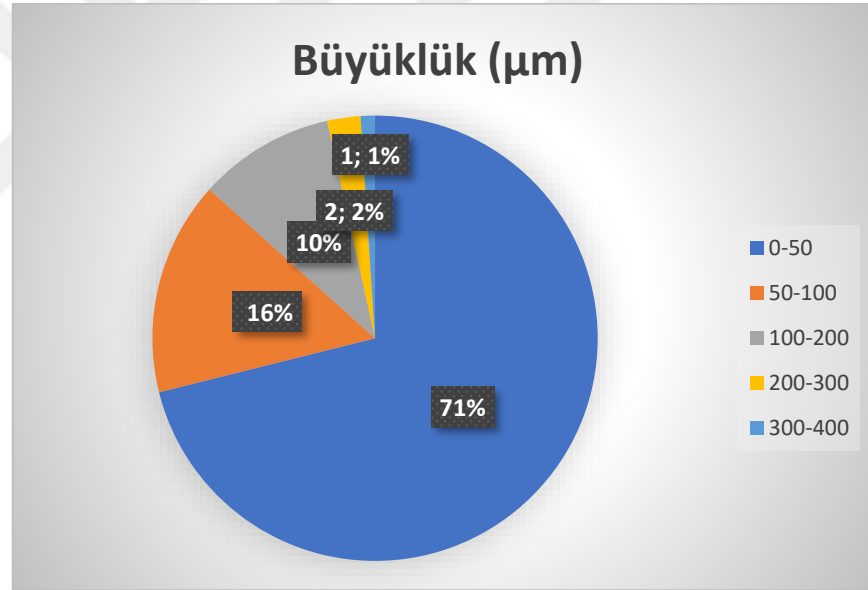


Şekil 4.10. İstasyon 5'te mikroplastik miktarının boyutlarına göre dağılımı (su)

Tüm istasyonlarda yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen mikroplastik verilerinin boyutlarının istasyonlara göre ayrı ayrı ve toplam miktarı Şekil 4.11. ve 4.12'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. İstasyonların ayrıntılı mikroplastik boyut yüzdeleri (sediment ve su)

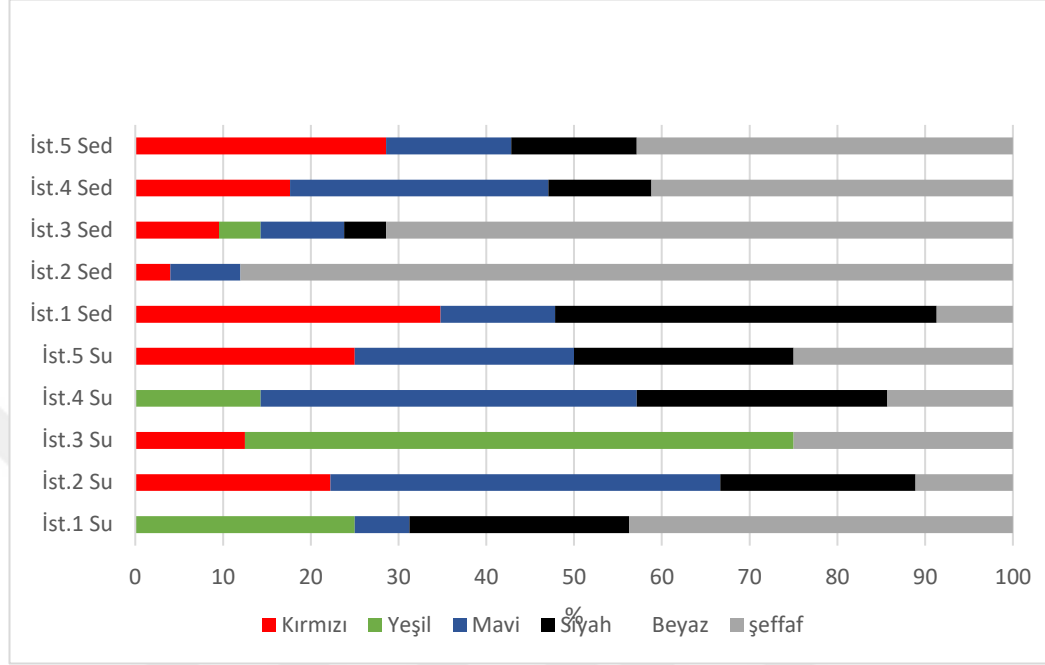


Şekil 4.12. İstasyonlardaki toplam mikroplastikleri boyut yüzdeleri (sediment ve su)

#### 4.1.2. Renk Analizi

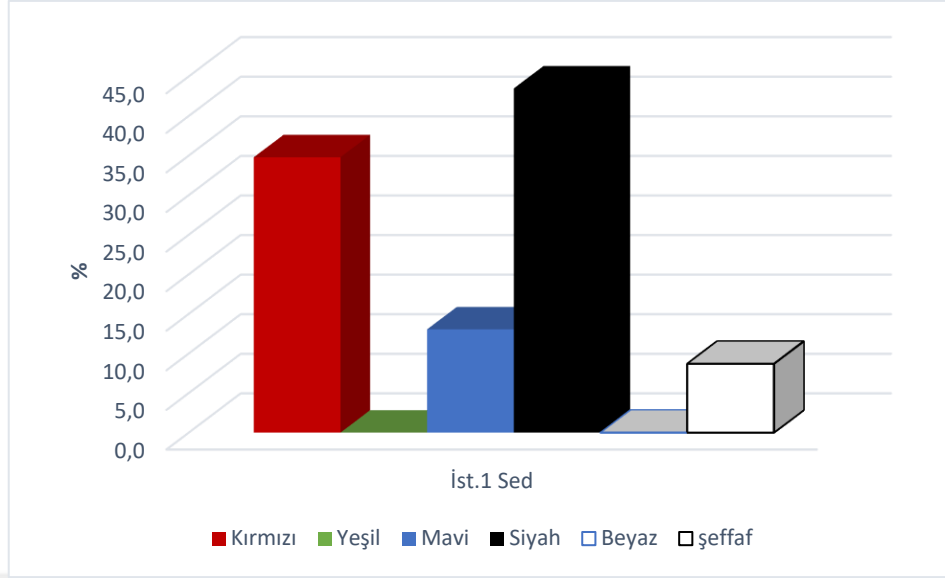
Yapılan araştırmalar süresince numune alınan tüm istasyonlarda tespiti yapılan mikroplastiklerin renk analizi sonuçlarına bakıldığında, kırmızı, yeşil, mavi, siyah ve şeffaf olmak üzere toplamda 5 renge rastlanılmıştır. En çok görülen mikroplastik rengi 61 adet (%44,52) ile şeffaf renk olmuştur. Bunları 23 (%16,79) adet ile siyah renk, 22 adet (%16,06) ile mavi renk, 20 adet (%14,60) ile kırmızı renk ve 11 adet (%8,03) ile

yeşil renk takip etmektedir. Mikroplastiklerin renklere göre dağılımı şekil 4.13'te verilmiştir.

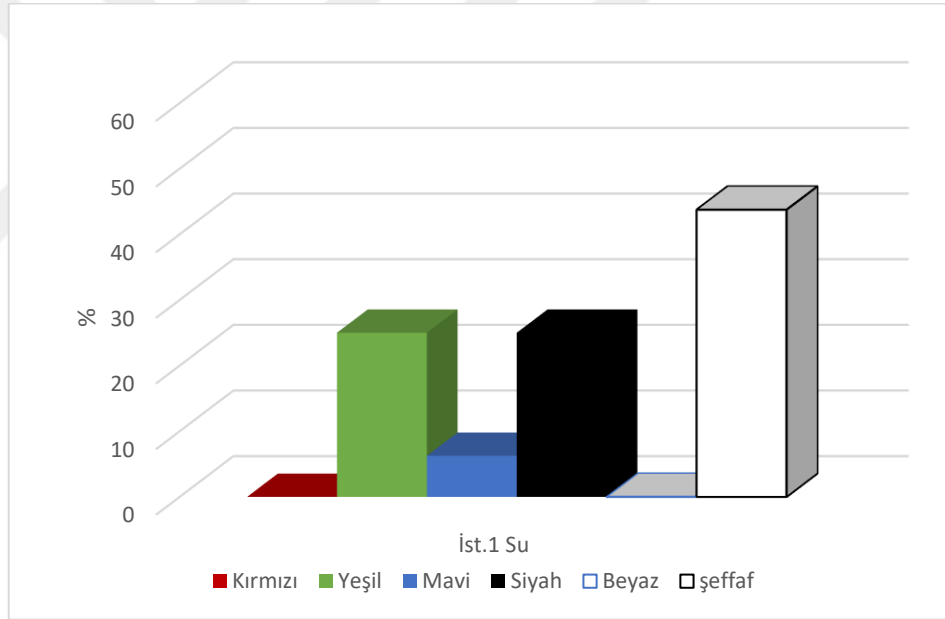


Şekil 4.13. Mikroplastiklerin tüm istasyonlar toplamında renklere göre dağılımı (%)

Ayrıntılı olarak istasyonlarda bulunan mikroplastiklerin renklerini belirtecek olursak, İstasyon 1'de sedimentten alınan numunelerde en çok rastlanılan mikroplastik rengi 10 adet (%43,48) ile siyah renk olmuştur. Bunları sırasıyla 8 adet (%34,78) ile kırmızı renk, 3 adet (%13,04) ile mavi renk ve 2 adet (%8,70) ile şeffaf renktekiler takip etmektedir. İstasyon 1'de alınan su numunelerinde ise en çok rastlanan mikroplastik rengi 7 adet (%43,75) ile şeffaf renk olmuştur. Bunları 4 adet (%25) ile yeşil renk, yine 4 adet (%25) ile siyah renk ve 1 adet (%6,25) ile mavi renk takip etmektedir. İstasyon 1'de sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının renklerine göre yüzdesi Şekil 4.14. ve Şekil 4.15'te verilmiştir.



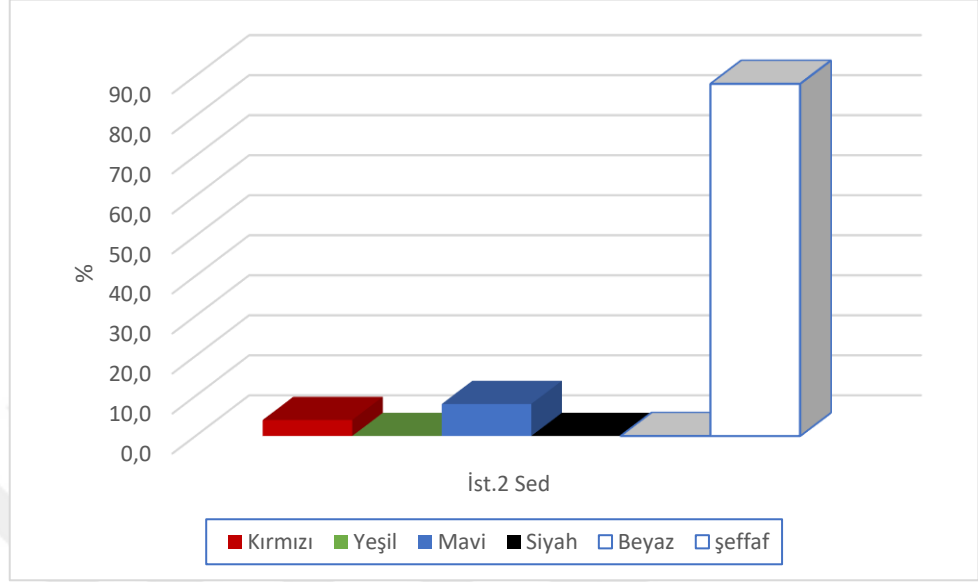
Şekil 4.14. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment)



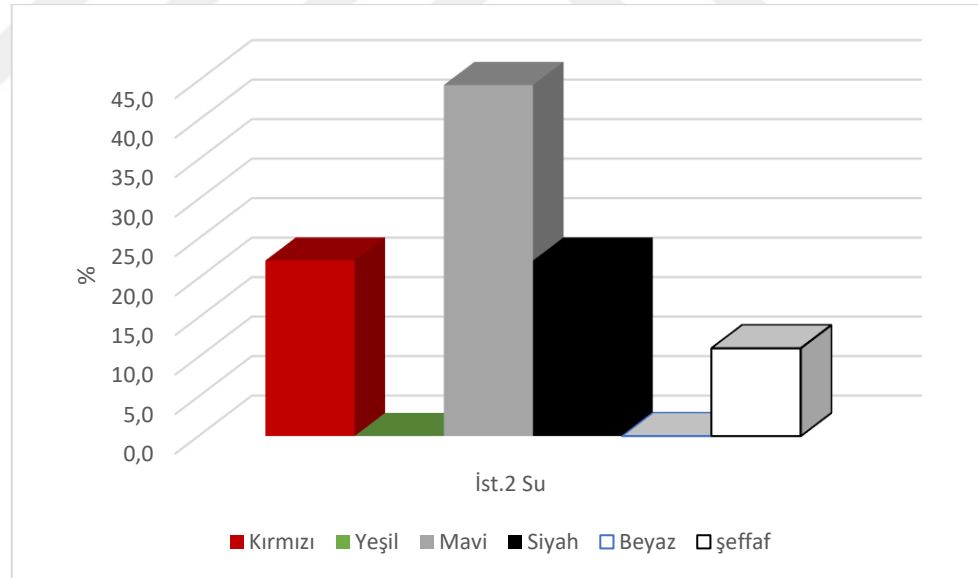
Şekil 4.15. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su)

İstasyon 2’de sedimentten alınan numunelerde en çok rastlanılan mikroplastik rengi 22 adet (%88) ile şeffaf renk olmuştur. Bunları sırasıyla 2 adet (%8) ile mavi renk ve 1 adet (%4) ile kırmızı renktekiler takip etmektedir. İstasyon 2’de alınan su numunelerinde ise en çok rastlanan mikroplastik rengi 4 adet (%44,44) ile mavi renk olmuştur. Bunları 2 adet (%22,22) ile kırmızı renk, yine 2 adet (%22,22) ile siyah renk ve 1 adet (%11,11) ile şeffaf renk takip etmektedir. İstasyon 2’de sediment ve sudaki

mikroplastik dağılımının renklerine göre yüzdesi Şekil 4.16. ve Şekil 4.17'de verilmiştir.



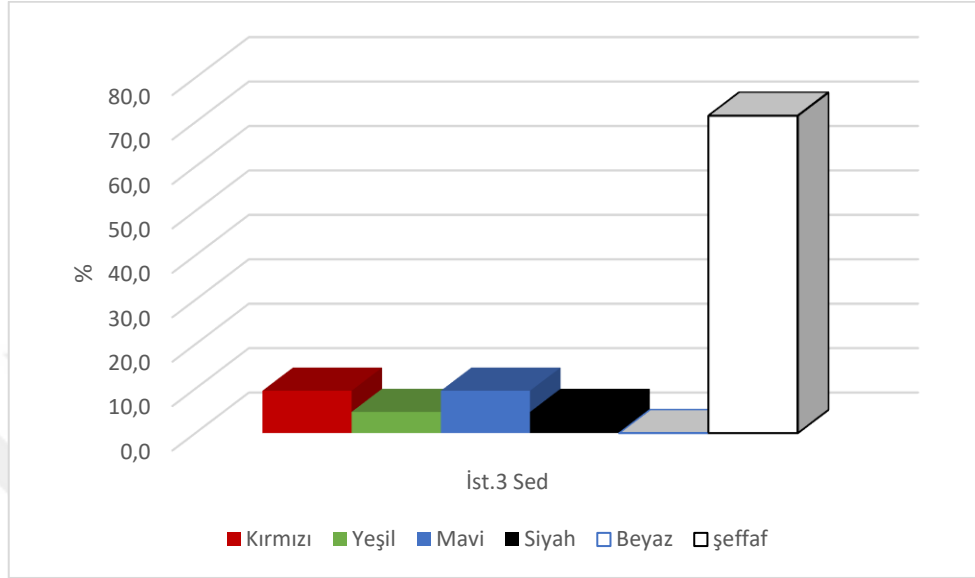
Şekil 4.16. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment)



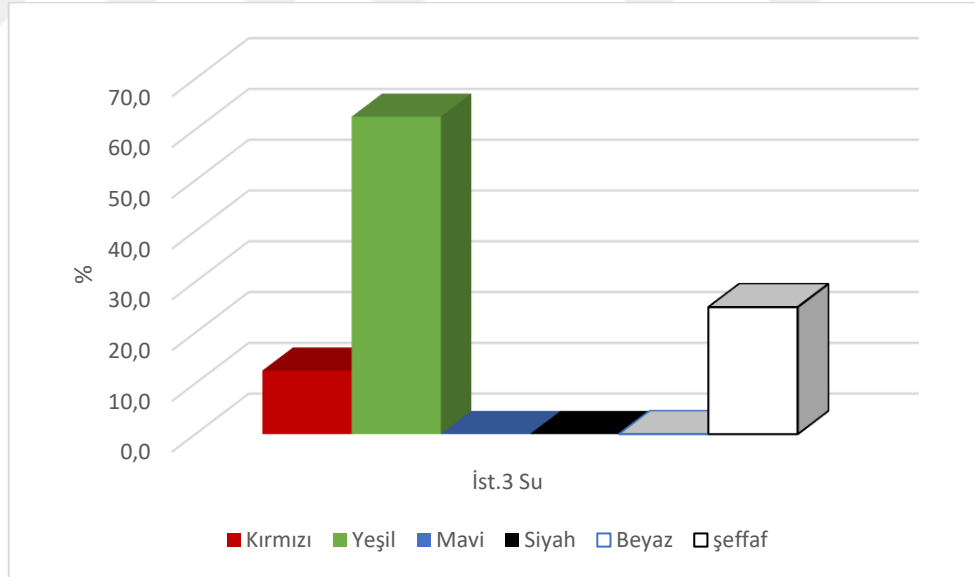
Şekil 4.17. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su)

İstasyon 3’te sedimentten alınan numunelerde en çok rastlanılan mikroplastik rengi 15 adet (%71,43) ile şeffaf renk olmuştur. Bunları sırasıyla 2 adet (%9,52) ile kırmızı ve 2 adet (%9,52) ile mavi renk, 1 adet (%4,76) ile yeşil ve 1 adet (%4,76) siyah renklerde takip etmektedir. İstasyon 3’te alınan su numunelerinde ise en çok rastlanan mikroplastik rengi 5 adet (%62,50) ile yeşil renk olmuştur. Bunları 2 adet (%25) ile

şeffaf renk, 1 adet (%12,50) kırmızı renk takip etmektedir. İstasyon 3'te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının renklerine göre yüzdesi Şekil 4.18. ve Şekil 4.19'da verilmiştir.



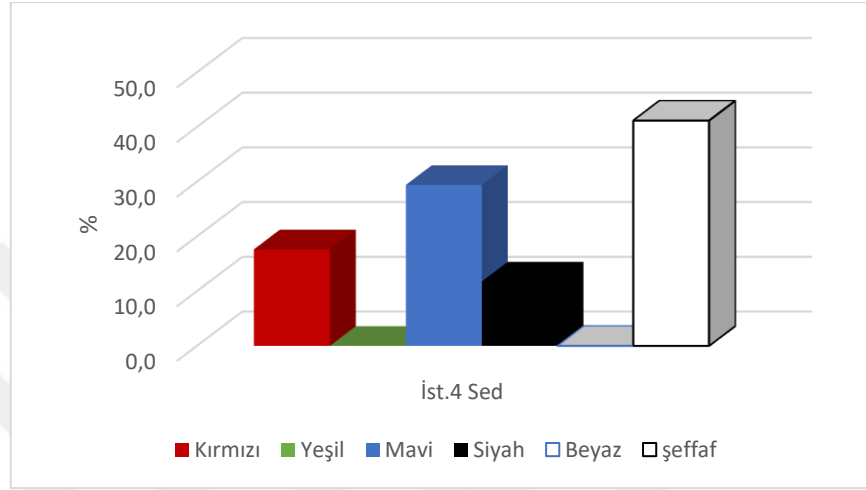
Şekil 4.18. İstasyon 3'te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment)



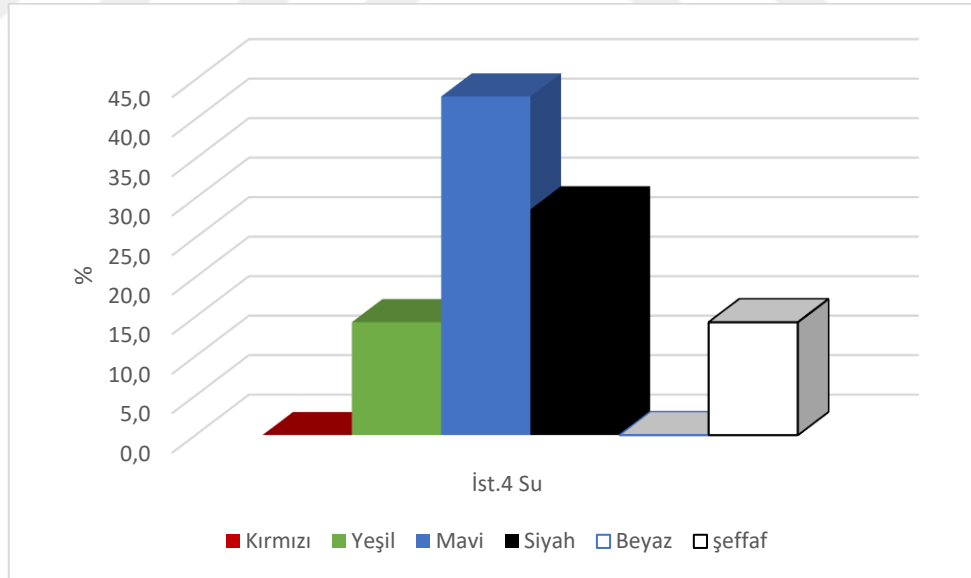
Şekil 4.19. İstasyon 3'te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su)

İstasyon 4'te sedimentten alınan numunelerde en çok rastlanılan mikroplastik rengi 7 adet (%41,18) ile şeffaf renk olmuştur. Bunları sırasıyla 5 adet (%29,41) ile mavi renk, 3 adet (%17,65) ile kırmızı renk ve 2 adet (%11,76) ile siyah renktekiler takip

etmektedir. İstasyon 4'te alınan su numunelerinde ise en çok rastlanan mikroplastik rengi 3 adet (%42,86) ile mavi renk olmuştur. Bunları 2 adet (%28,57) ile siyah renk, 1 adet ile yeşil renk (%14,28) ve 1 adet (%14,28) şeffaf renk takip etmektedir. İstasyon 4'te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının renklerine göre yüzdesi Şekil 4.20. ve Şekil 4.21'de verilmiştir.



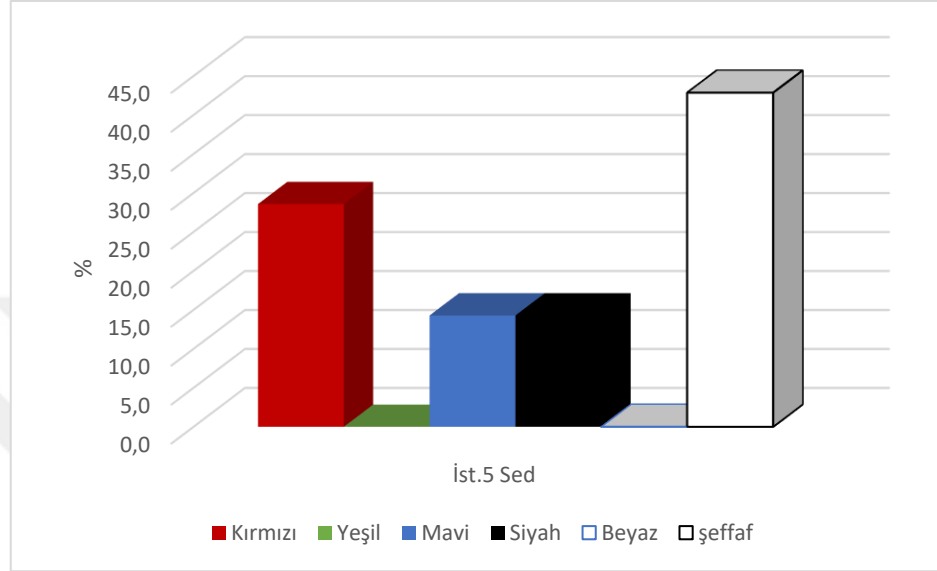
Şekil 4.20. İstasyon 4'te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment)



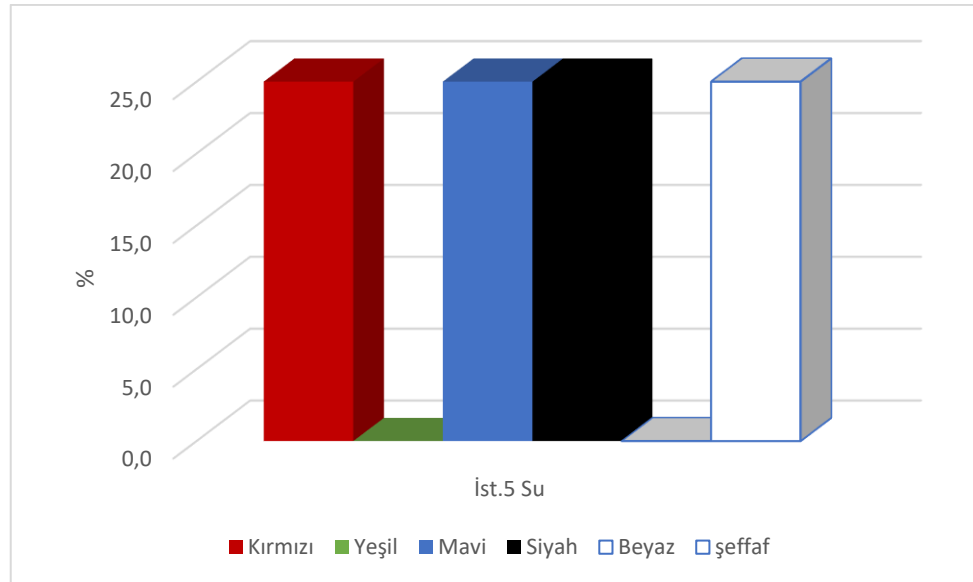
Şekil 4.21. İstasyon 4'te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su)

İstasyon 5'te sedimentten alınan numunelerde en çok rastlanılan mikroplastik rengi 3 adet (%42,86) ile şeffaf renk olmuştur. Bunları sırasıyla 2 adet (%28,57) ile kırmızı renk, 1 adet (%14,28) ile mavi renk ve yine 1 adet (%14,28) ile siyah renktekiler takip

etmektedir. İstasyon 5’te alınan su numunelerinde ise rastlanan mikroplastik renkleri, 1 adet (%25) ile şeffaf, 1 adet (%25) ile mavi, 1 adet (%25) ile kırmızı ve 1 adet (%25) ile siyah renkleri olmuştur. İstasyon 4’te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının renklerine göre yüzdesi Şekil 4.22. ve Şekil 4.23’te verilmiştir.



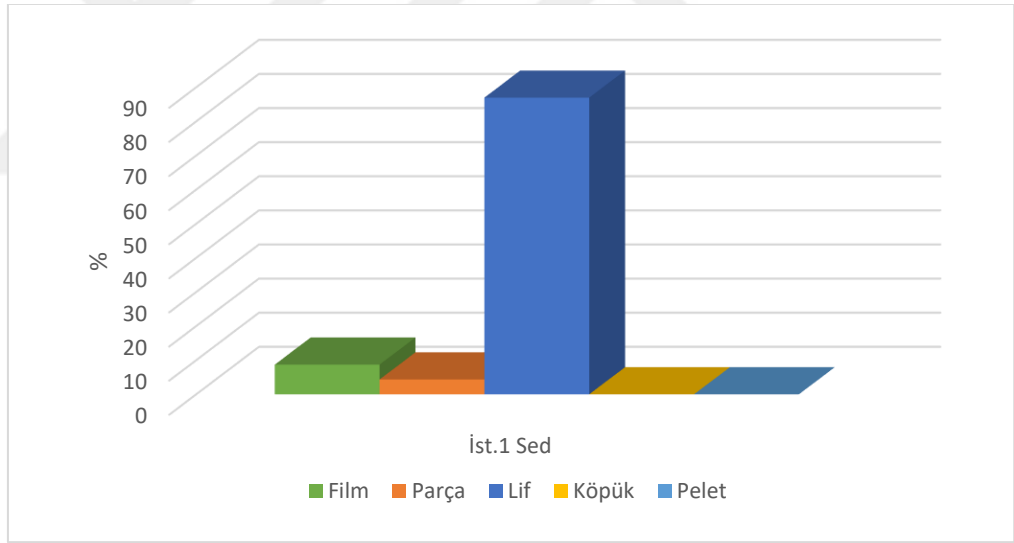
Şekil 4.22. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (sediment)



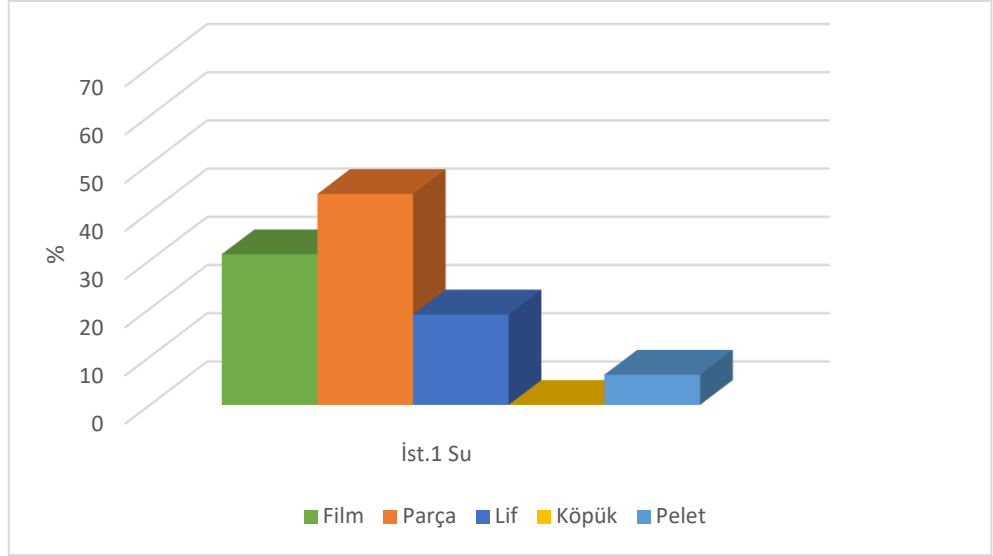
Şekil 4.23. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının renklerine göre dağılımı (su)

### 4.1.3. Tip Analizi

Yapılan çalışmada beş farklı istasyondan alınan örneklerde tespit edilen mikroplastik parçacıklar tiplerine göre değerlendirilmiştir. Alınan örneklerde toplam 58 adet (%42,33) ile liflerin en fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bunları sırasıyla 53 adet (%38,69) ile filmler, 25 adet (%18,25) ile plastik parçası ve 1 adet (%0,73) ile pelet takip etmektedir. İstasyon 1’de sedimentten alınan numunelerde en fazla 20 adet (%86,96) ile liflere rastlanmıştır. Bunları sırasıyla 2 adet (%8,69) ile film ve 1 adet (%4,35) ile plastik parçası takip etmektedir. İstasyon 1’de sudan alınan numunelerde ise en fazla 7 adet (%43,75) ile plastik parçasına rastlanmıştır. Bunları 5 adet (%31,25) ile film, 3 adet (%18,75) ile lif ve 1 adet (%6,25) pelet takip etmektedir. İstasyon 1’de sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının tiplerine göre yüzdesi Şekil 4.24. ve 4.25’te verilmiştir.

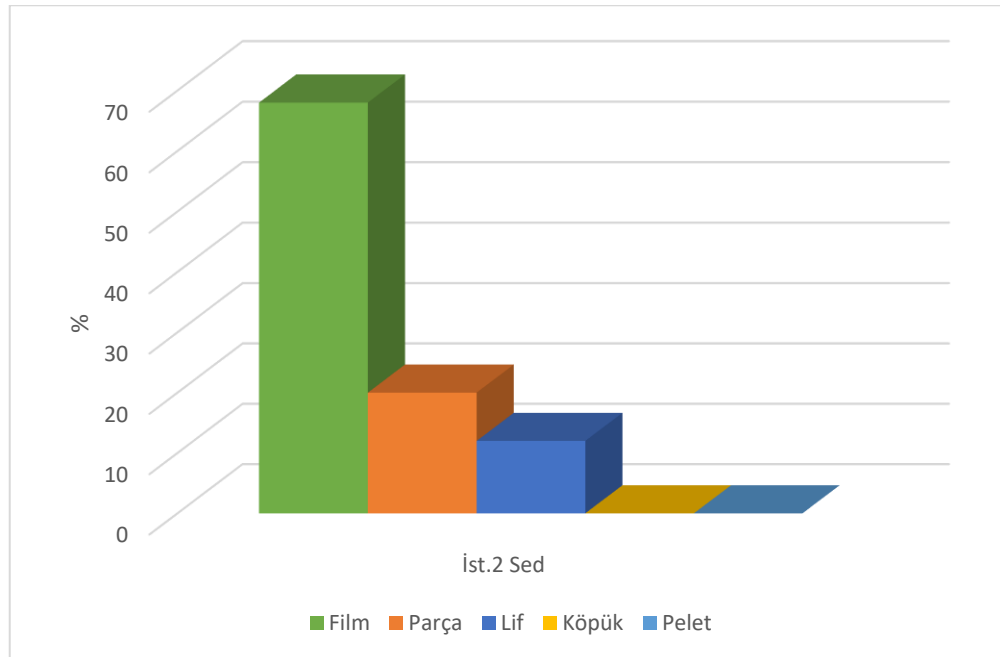


Şekil 4.24. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment)

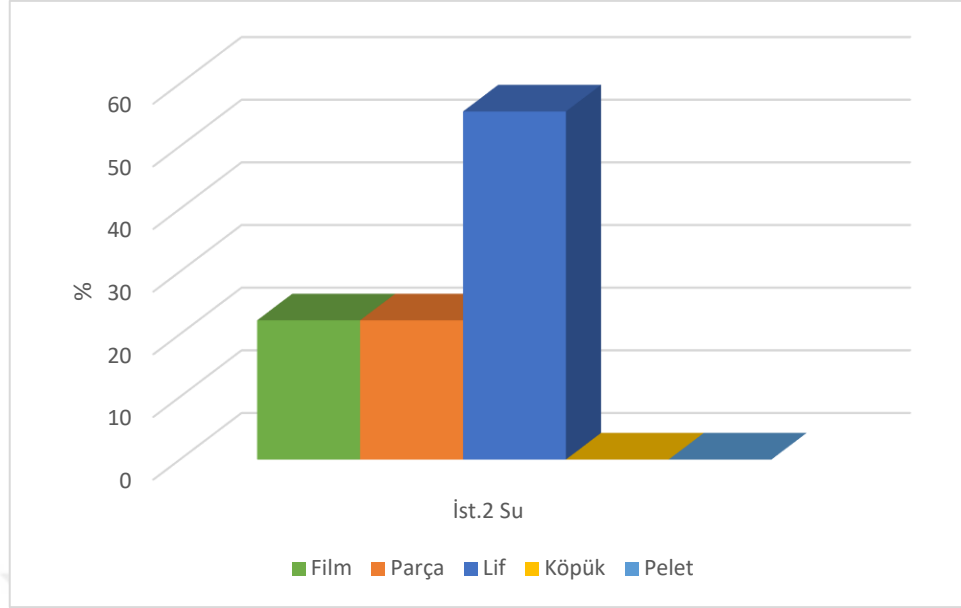


Şekil 4.25. İstasyon 1’de mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su)

İstasyon 2’de sedimentten alınan numunelerde en fazla 17 adet (%68) ile filmlere rastlanmıştır. Bunları sırasıyla 5 adet (%20) ile plastik parça ve 3 adet (%12) ile lif takip etmektedir. İstasyon 2’de sudan alınan numunelerde ise en fazla 5 adet (%55,55) ile liflere rastlanmıştır. Bunları 2 adet (%22,22) ile film ve yine 2 adet (%22,22) ile plastik parça takip etmektedir. İstasyon 2’de sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının tiplerine göre yüzdesi Şekil 4.26. ve 4.27’de verilmiştir.

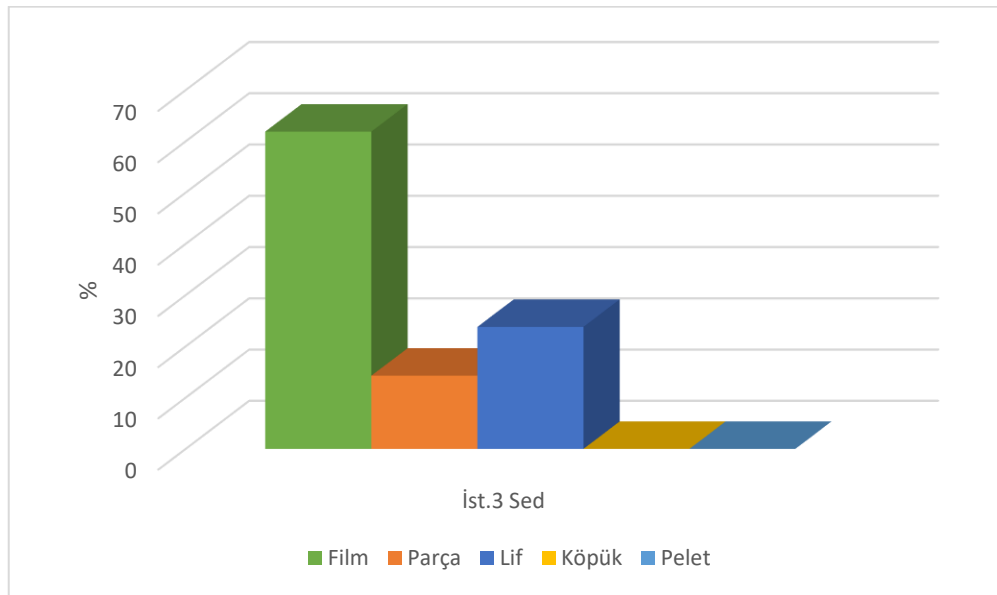


Şekil 4.26. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment)

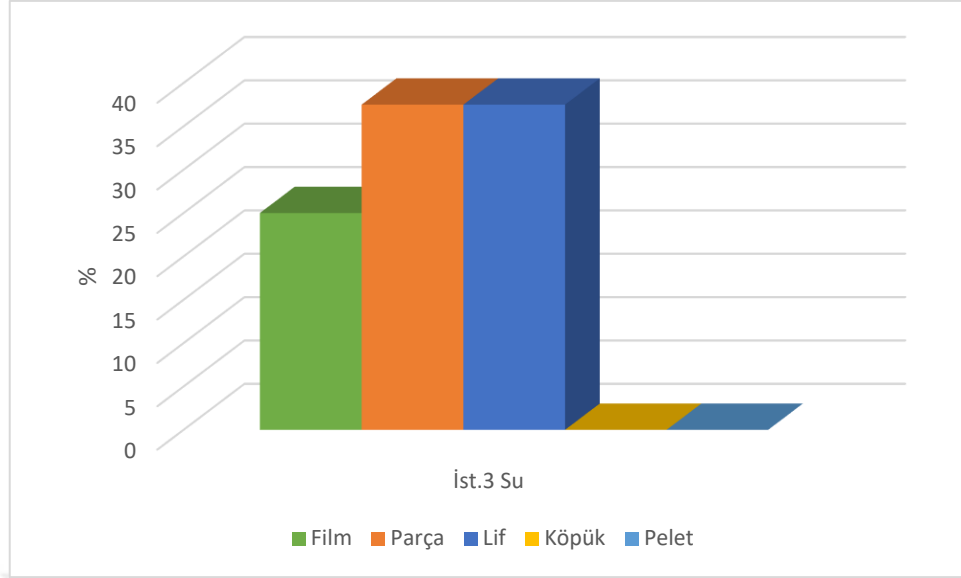


Şekil 4.27. İstasyon 2’de mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su)

İstasyon 3’te sedimentten alınan numunelerde en fazla 13 adet (%61,90) ile filmlere rastlanmıştır. Bunları sırasıyla 5 adet (%23,81) ile lifler ve 3 adet (%14,28) ile plastik parça takip etmektedir. İstasyon 3’te sudan alınan numunelerde ise en fazla 3 adet (%37,50) ile liflere ve yine 3 adet (%37,50) ile plastik parçaya rastlanmıştır. Bunları 2 adet (%25) ile filmler takip etmektedir. İstasyon 3’te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının tiplerine göre yüzdesi Şekil 4.28. ve 4.29’da verilmiştir.

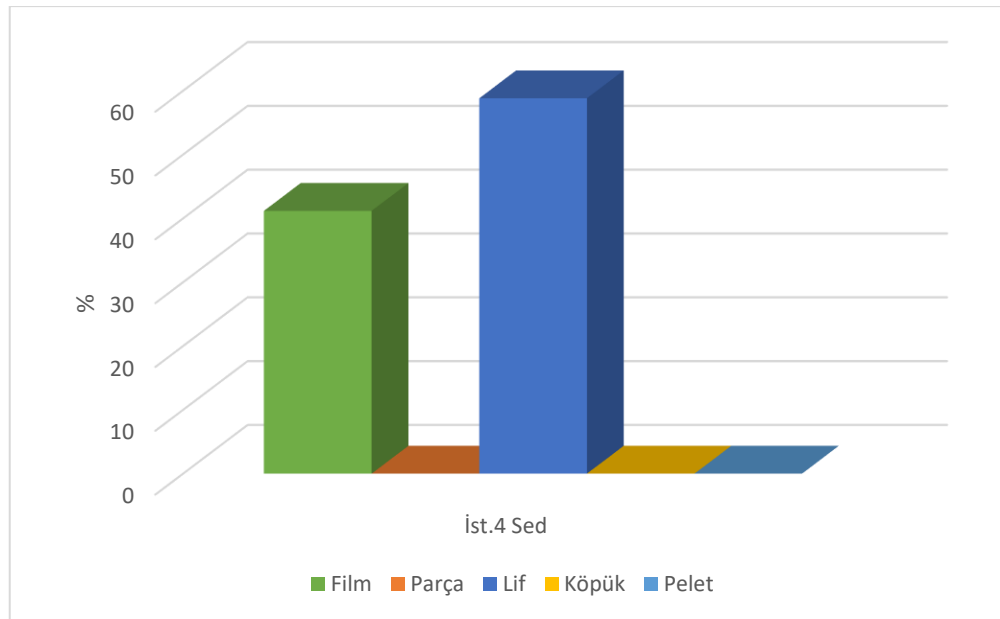


Şekil 4.28. İstasyon 3’te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment)

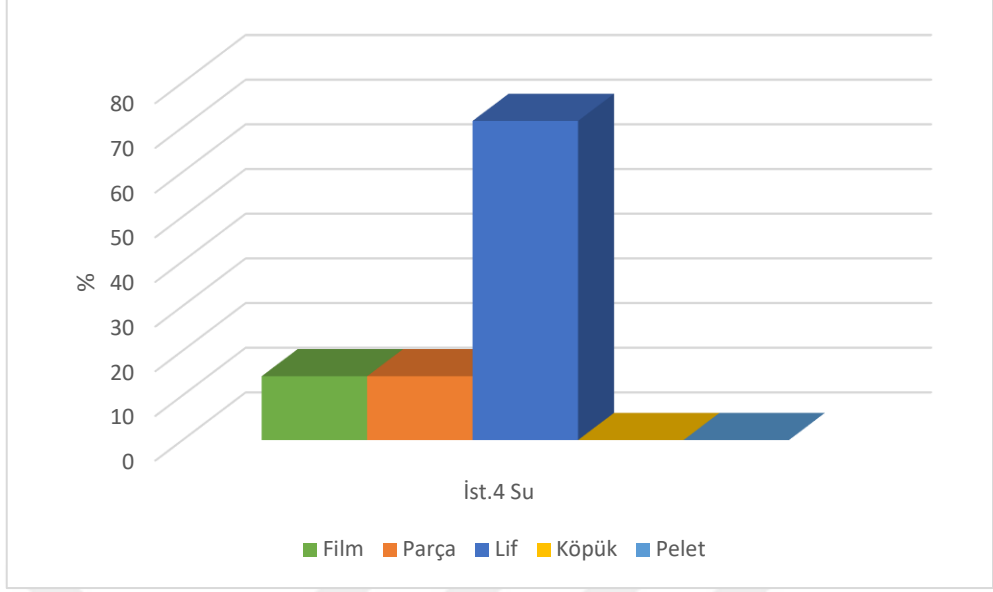


Şekil 4.29. İstasyon 3'te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su)

İstasyon 4'te sedimentten alınan numunelerde en fazla 10 adet (%58,82) ile liflere rastlanmıştır. Bunları 7 adet (%41,18) ile filmler takip etmektedir. İstasyon 4'te sudan alınan numunelerde ise en fazla 5 adet (%71,43) ile liflere ve 1 adet (%14,28) ile plastik parçaya ve yine 1 adet (%14,28) filmlere rastlanmıştır. İstasyon 4'te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının tiplerine göre yüzdesi Şekil 4.30. ve 4.31'de verilmiştir.

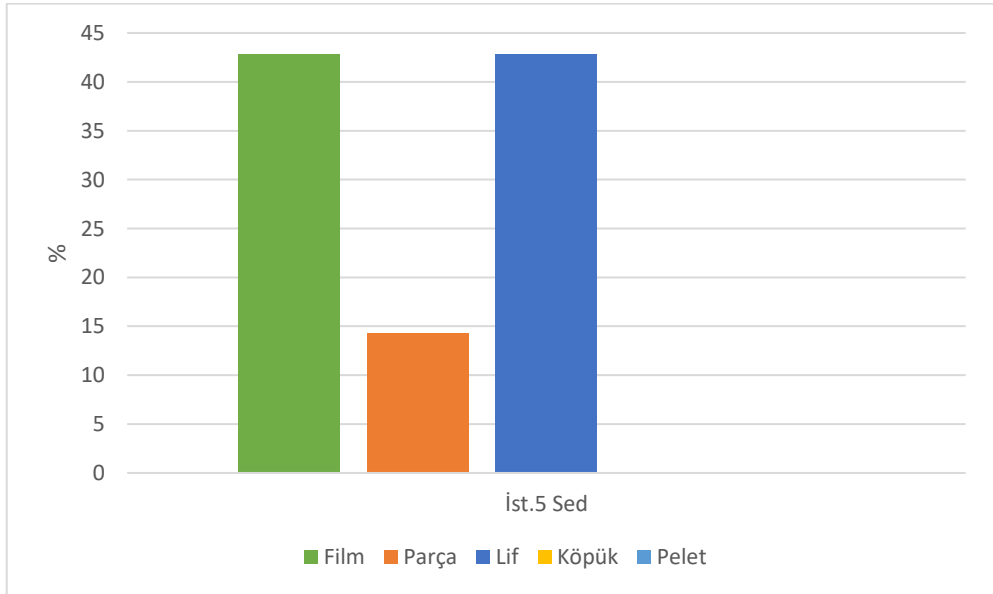


Şekil 4.30. İstasyon 4'te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment)

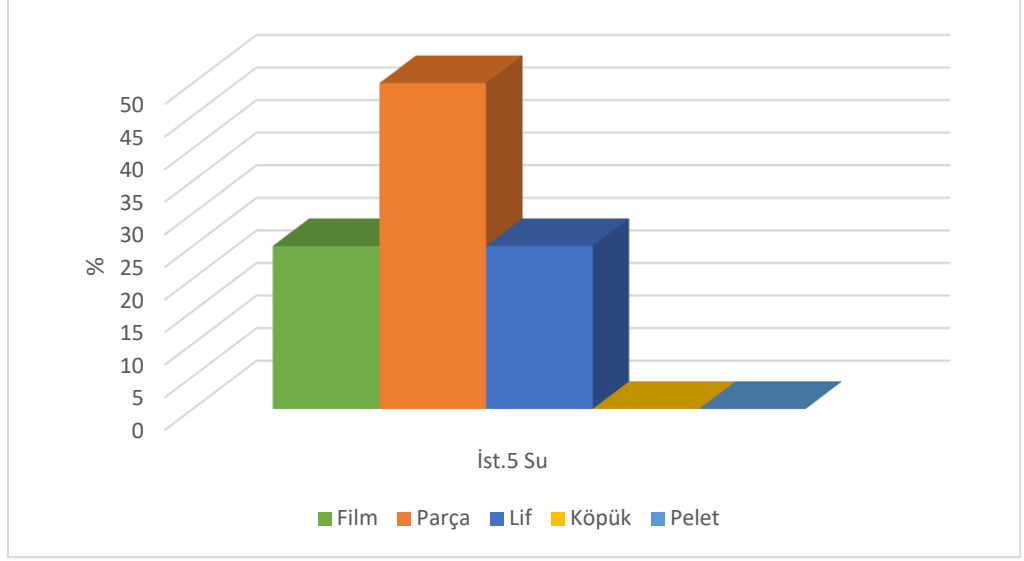


Şekil 4.31. İstasyon 4'te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su)

İstasyon 5'te sedimentten alınan numunelerde en fazla 3 adet (%42,86) ile liflere ve 3 adet (%42,86) ile filmlere rastlanmıştır. Bunları 1 adet (%14,28) ile plastik parça takip etmektedir. İstasyon 5'te sudan alınan numunelerde ise en fazla 2 adet (%50) ile plastik parçaya, 1 adet (%25) ile lif ve yine 1 adet (%25) filmlere rastlanmıştır. İstasyon 5'te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının tiplerine göre yüzdesi Şekil 4.32. ve 4.33'te verilmiştir.

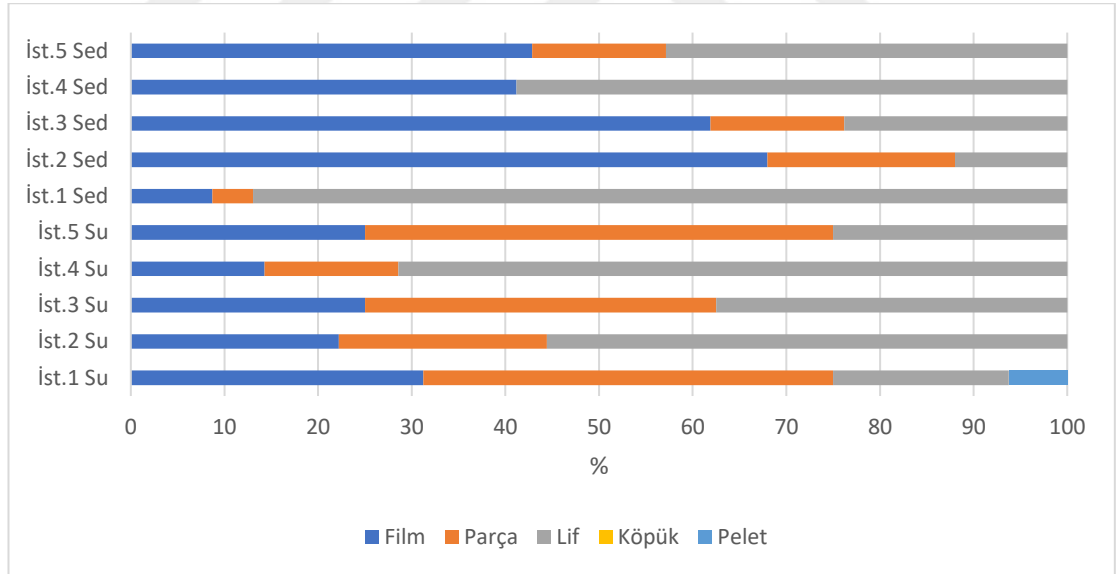


Şekil 4.32. İstasyon 5'te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (sediment)



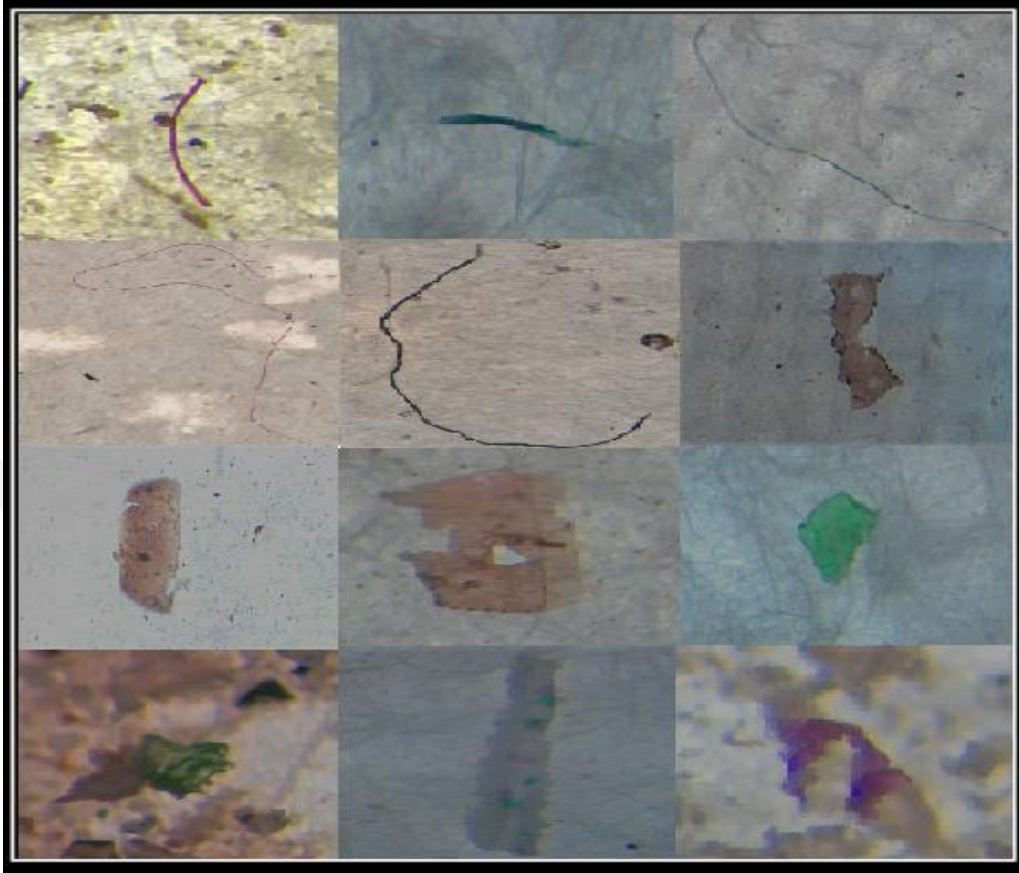
Şekil 4.33. İstasyon 5’te mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (su)

Yapılan çalışmada sediment ve sudaki elde edilen mikroplastik tiplerinin yüzdesini tüm istasyonlarda ayrıntılı olarak gösteren grafik Şekil 4.34’te verilmiştir.



Şekil 4.34. Tüm istasyonların mikroplastik miktarının tiplerine göre dağılımı (%)

Çalışmada görülen mikroplastik tiplerinin örnek görüntüleri Şekil 4.35'te verilmiştir.

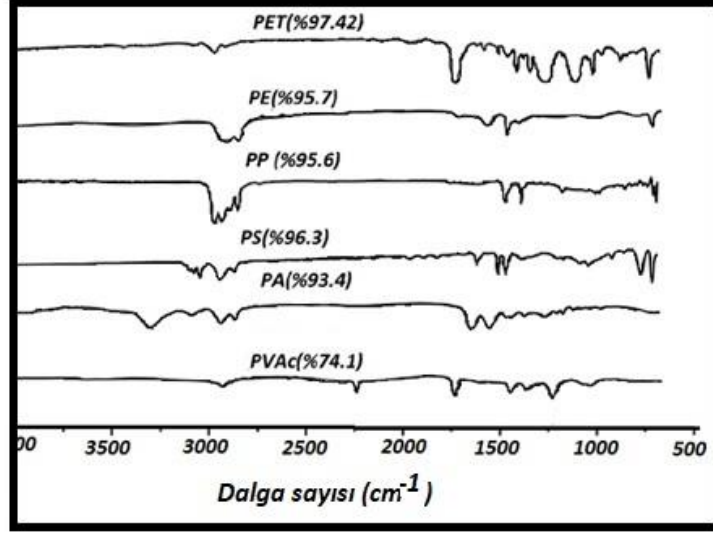


Şekil 4.35. MPs'lerin çeşitleri (Mikroplastikler; 1-5; lifler, 6-8; parçalar, 9-12; film, ölçek çubuğu= 0.3 mm)

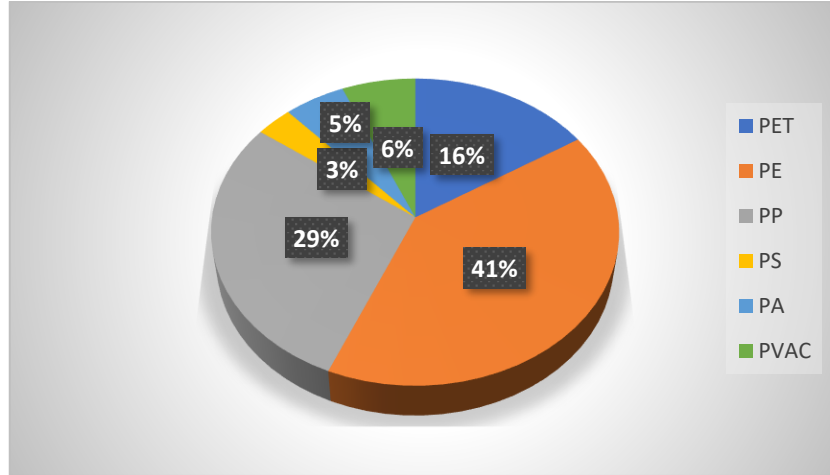
#### 4.1.4. FT-IR Analizi

Yapılan çalışma neticesinde ulaşılan mikroplastiklerle ilgili FTIR analizi sonuçları incelendiğinde, beş istasyondaki sediment numunelerinde en fazla Polietilenlerin 38 adet (%41) olduğu tespit edilmiştir. Bunları 27 adet (%29) ile Polipropilen, 15 adet ile (%16) ile Polietilen Tereftalat, 6 adet (%6) ile Polivinil Asetat, 5 adet (%5) ile Polyamid ve 3 adet (%3) ile Polistiren takip etmektedir. Yine bu beş istasyondaki su numuneleri incelendiğinde en fazla Polietilenlerin 15 adet (%36) olduğu tespit edilmiştir. Bunları 13 adet (%31) ile Polipropilen, 8 adet (%19) ile Polistiren, 3 adet (%7) ile Polietilen Tereftalat, 2 adet (%5) ile Polyamid ve 1 adet (%2) ile Polivinil Asetat takip etmektedir. Batlama deresinde su ve sediment'te tespit edilen mikroplastiklerin FTIR spektrumları Şekil 4. 36'da verilmiştir. Batlama Deresi

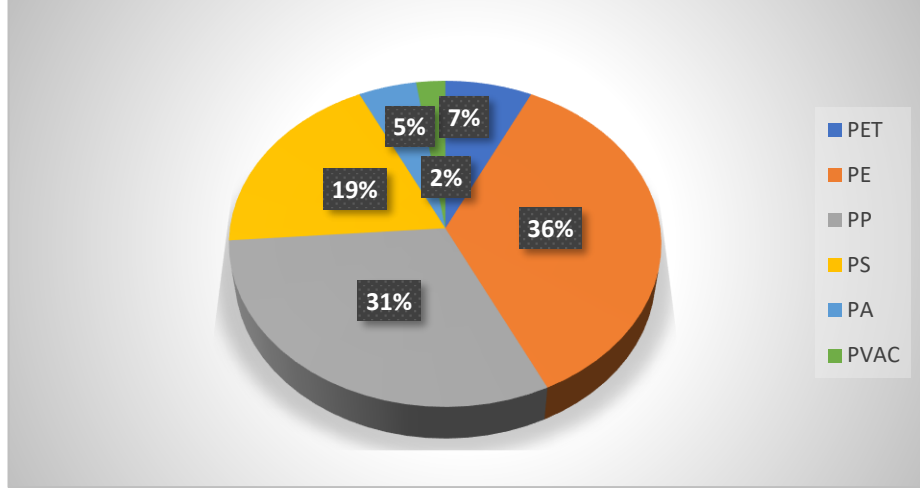
sediman ve su numunelerinde görülen tüm polimerlerin FTIR-ATR sonuçları Şekil 4.37. ve Şekil 4.38’de verilmiştir.



Şekil 4.36. Batlama deresi mikroplastiklerinin FTIR spektrumları. Parantez içindeki değerler, her bir polimer için standart spektrum ile ortalama eşleşme oranını göstermektedir: PET (polietilen tereftalat), PP (polipropilen), PE (polietilen), PVAc (polivinil asetat), PS (polistiren) ve PA (poliamid)

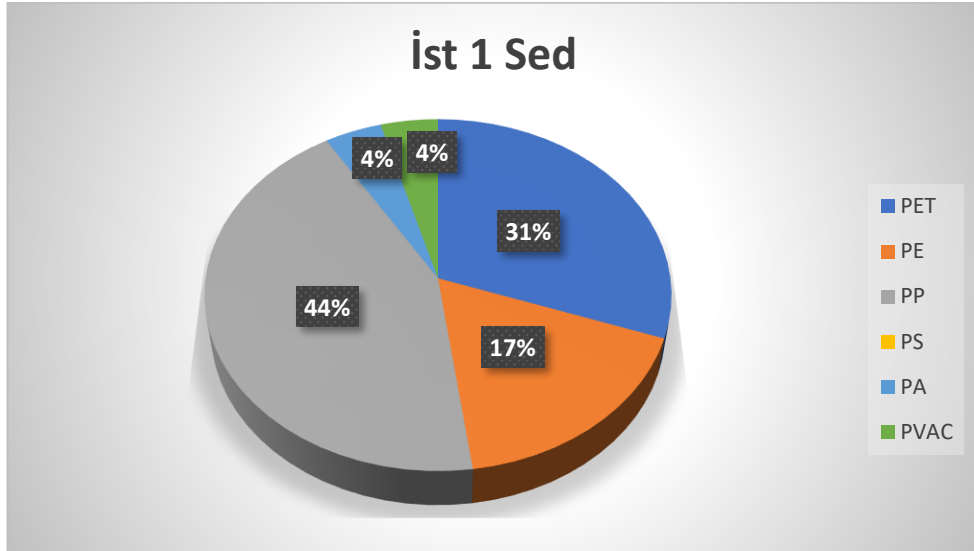


Şekil 4.37. Tüm istasyonlardaki mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment)

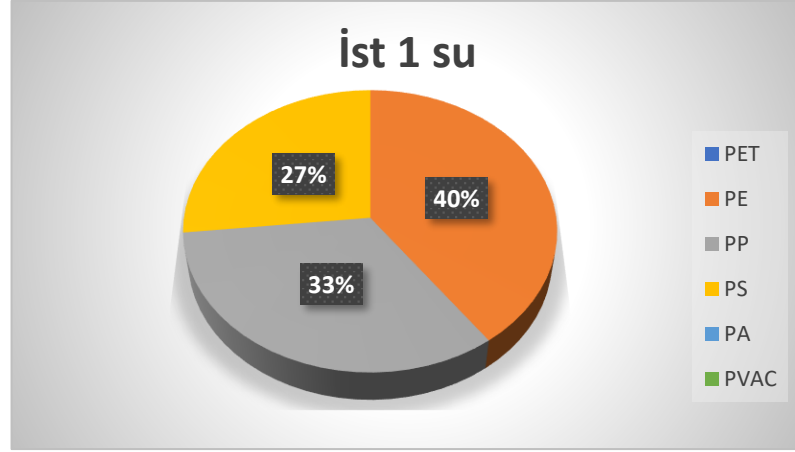


Şekil 4.38. Tüm istasyonlardaki mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su)

İstasyon 1’de sedimentten alınan numunelerde en fazla 10 adet (%44) ile Polipropilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları sırasıyla 7 adet (%31) ile Polietilen Tereftalat, 4 adet (%17) ile Polietilen, 1 adet (%4) ile Polyamid ve 1 adet (%4) Polivinil Asetat takip etmektedir. İstasyon 1’de sudan alınan numunelerde ise en fazla 6 adet (%40) ile Polietilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları 5 adet (%33) ile Polipropilen ve 4 adet (%27) Polistiren takip etmektedir. İstasyon 1’de sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının polimer çeşidine göre yüzdesi Şekil 4.39. ve 4.40’da verilmiştir.

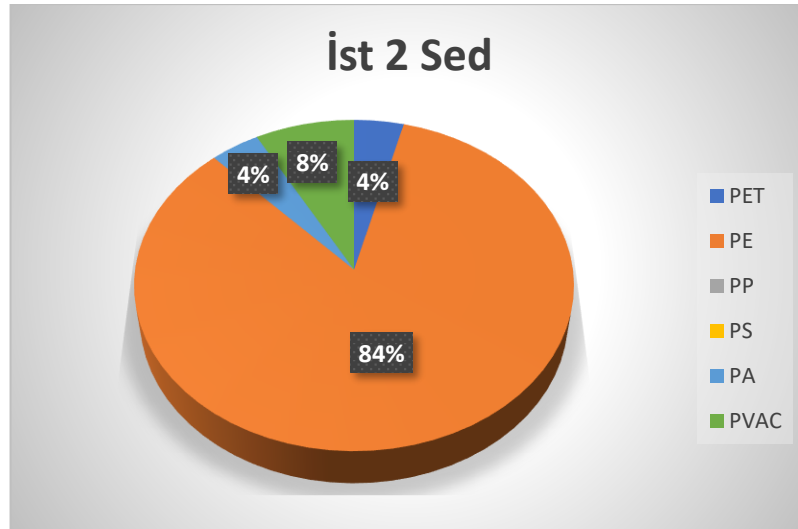


Şekil 4.39. İstasyon 1’de mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment)

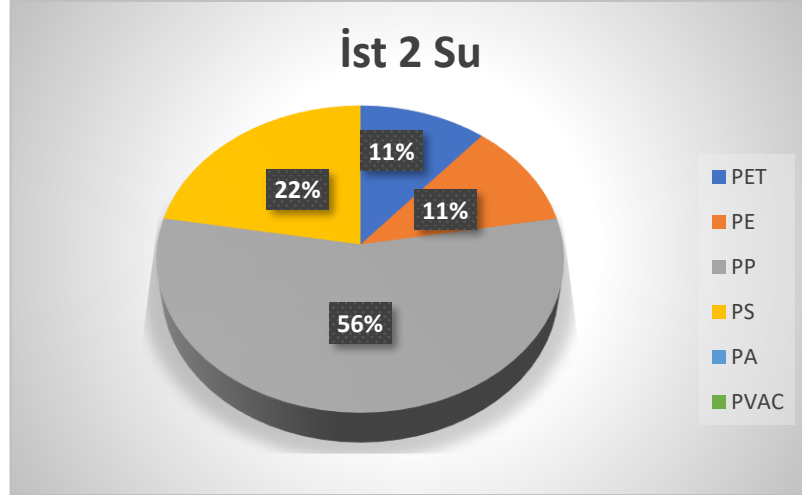


Şekil 4.40. İstasyon 1’de mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su)

İstasyon 2’de sedimentten alınan numunelerde en fazla 21 adet (%84) ile Polietilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları sırasıyla 2 adet (%8) ile Polivinil Asetat, 1 adet (%4) ile Polyamid ve 1 adet (%4) Polietilen Tereftalat takip etmektedir. İstasyon 2’de sudan alınan numunelerde ise en fazla 5 adet (%56) ile Polipropilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları 2 adet (%22) ile Polistiren, 1 adet (%11) ile Polietilen ve 1 adet (%11) ile Polietilen Tereftalat takip etmektedir. İstasyon 2’de sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının polimer çeşidine göre yüzdesi Şekil 4.41. ve 4.42’de verilmiştir.

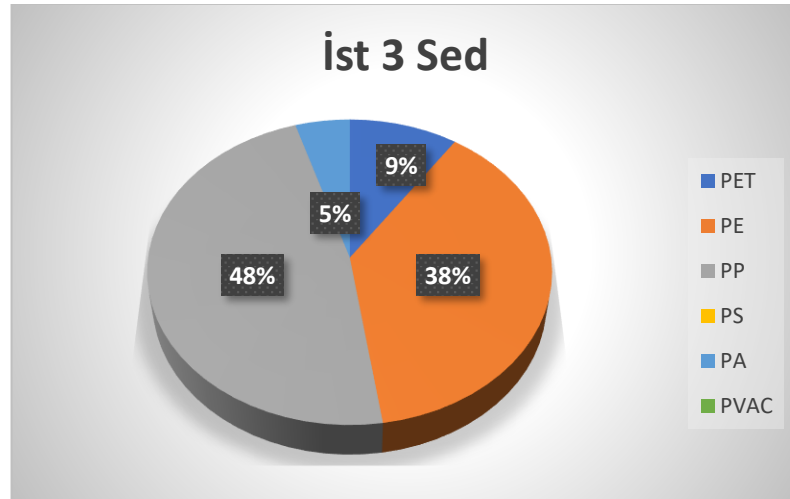


Şekil 4.41. İstasyon 2’de mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment)

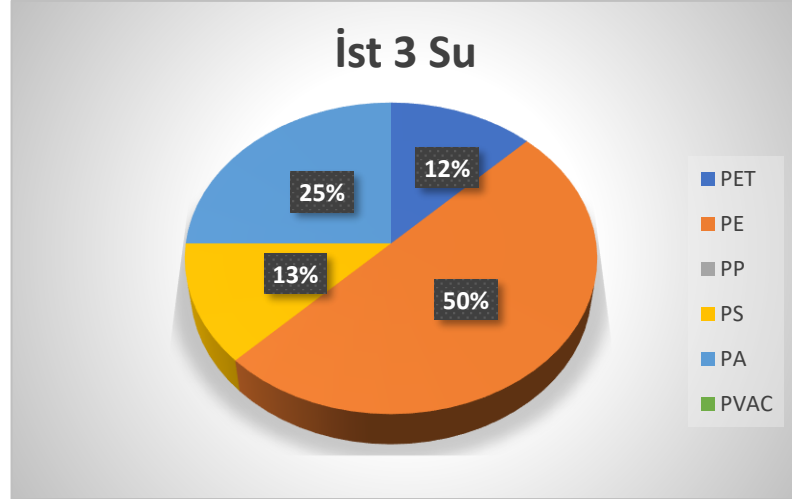


Şekil 4.42. İstasyon 2’de mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su)

İstasyon 3’te sedimentten alınan numunelerde en fazla 10 adet (%48) ile Polipropilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları sırasıyla 8 adet (%38) ile Polietilen, 2 adet (%9) ile Polietilen Tereftalat ve 1 adet (%5) Polyamid takip etmektedir. İstasyon 3’te sudan alınan numunelerde ise en fazla 4 adet (%50) ile Polietilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları 2 adet (%25) ile Polyamid, 1 adet (%12,50) ile Polistiren ve 1 adet (%12,50) Polietilen Tereftalat takip etmektedir. İstasyon 3’te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının polimer çeşidine göre yüzdesi Şekil 4.43. ve 4.44’te verilmiştir.

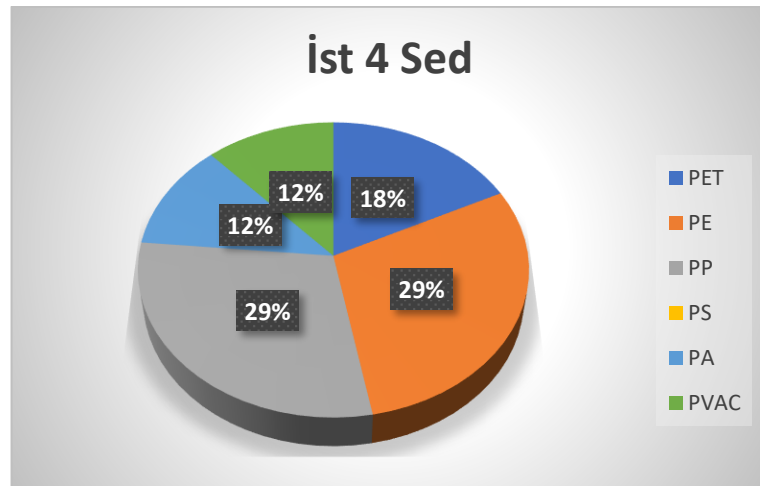


Şekil 4.43. İstasyon 3’te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment)

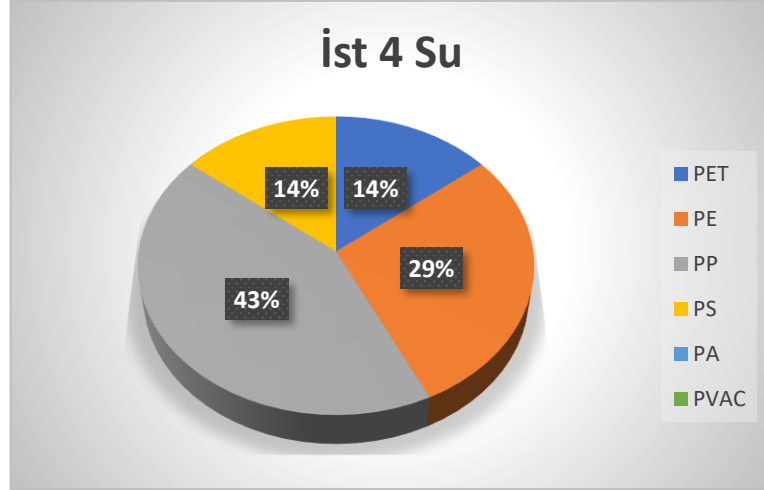


Şekil 4.44. İstasyon 3'te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su)

İstasyon 4'te sedimentten alınan numunelerde en fazla 5 adet (%29) ile Polipropilen ve yine 5 adet (%29) Polietilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları sırasıyla 3 adet (%18) ile Polietilen Tereftalat, 2 adet (%12) ile Polivinil Asetat ve 2 adet (%12) Polyamid takip etmektedir. İstasyon 4'te sudan alınan numunelerde ise en fazla 3 adet (%43) ile Polipropilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları 2 adet (%29) ile Polietilen, 1 adet (%14) ile Polistiren ve 1 adet ile (%14) Polietilen Tereftalat takip etmektedir. İstasyon 4'te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının polimer çeşidine göre yüzdesi Şekil 4.45. ve 4.46'te verilmiştir.

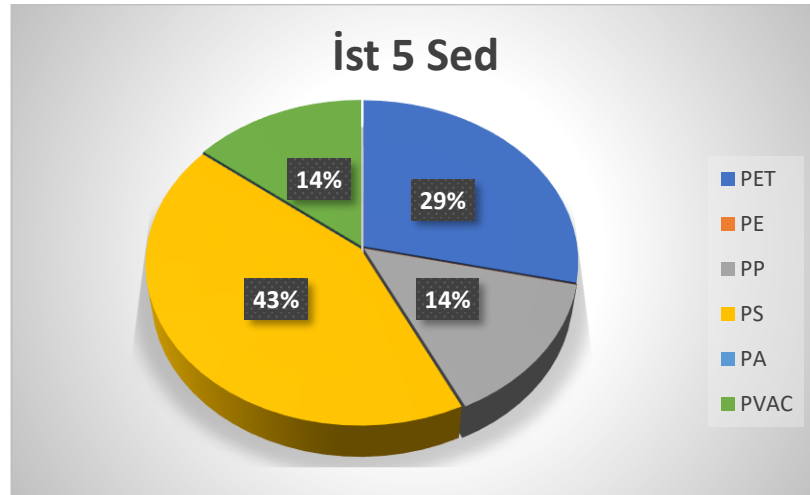


Şekil 4.45. İstasyon 4'te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment)

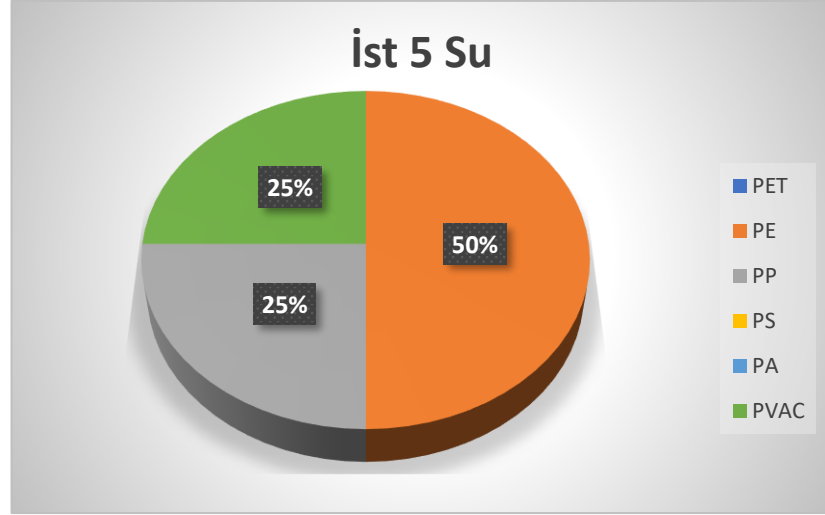


Şekil 4.46. İstasyon 4'te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su)

İstasyon 5'te sedimentten alınan numunelerde en fazla 3 adet (%43) ile Polistiren polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları sırasıyla 2 adet (%29) ile Polietilen Tereftalat, 1 adet (%14) ile Polipropilen ve 1 adet (%14) Polivinil Asetat takip etmektedir. İstasyon 5'te sudan alınan numunelerde ise en fazla 2 adet (%50) ile Polietilen polimer çeşidine rastlanmıştır. Bunları 1 adet (%25) ile Polipropilen ve 1 adet (%25) Polivinil Asetat takip etmektedir. İstasyon 5'te sediment ve sudaki mikroplastik dağılımının polimer çeşidine göre yüzdesi Şekil 4.47. ve 4.48'de verilmiştir.

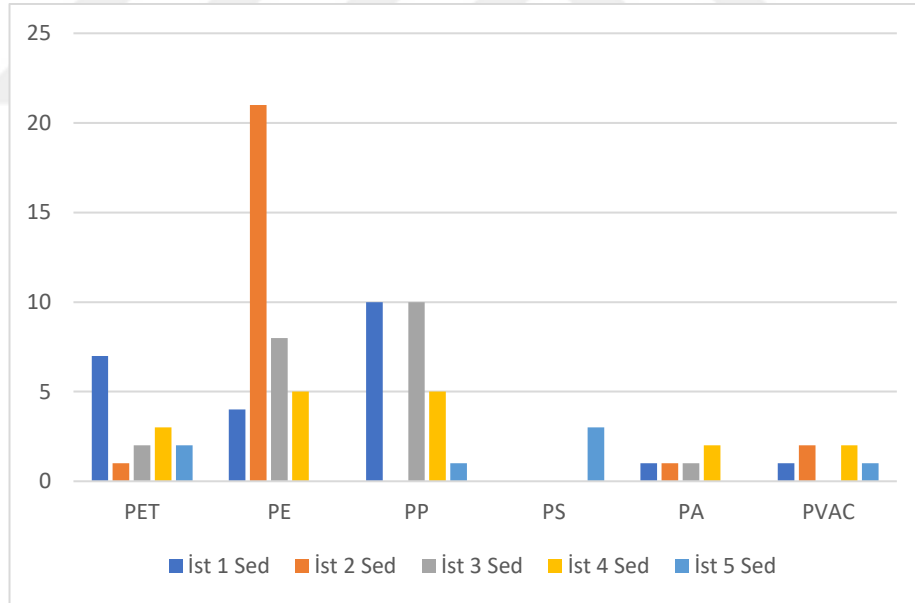


Şekil 4.47. İstasyon 5'te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (sediment)

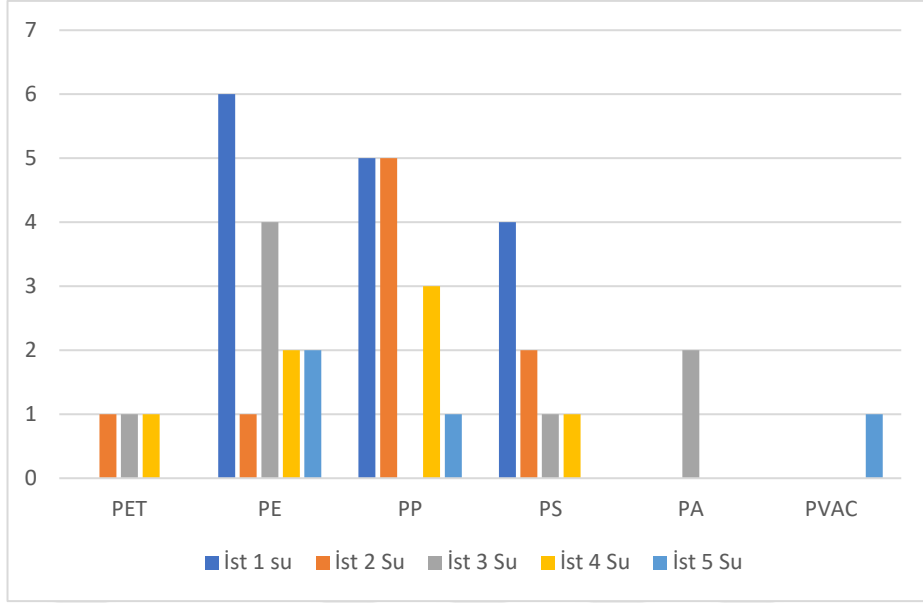


Şekil 4.48. İstasyon 5'te mikroplastiklerin polimer çeşidine göre dağılımı (su)

Tüm istasyonlarda su ve sediment numunelerinde bulunan mikroplastiklerin polimer çeşidine göre istasyonlardaki yoğunluğunu gösteren grafikler Şekil 4.49. ve 4.50'da verilmiştir.



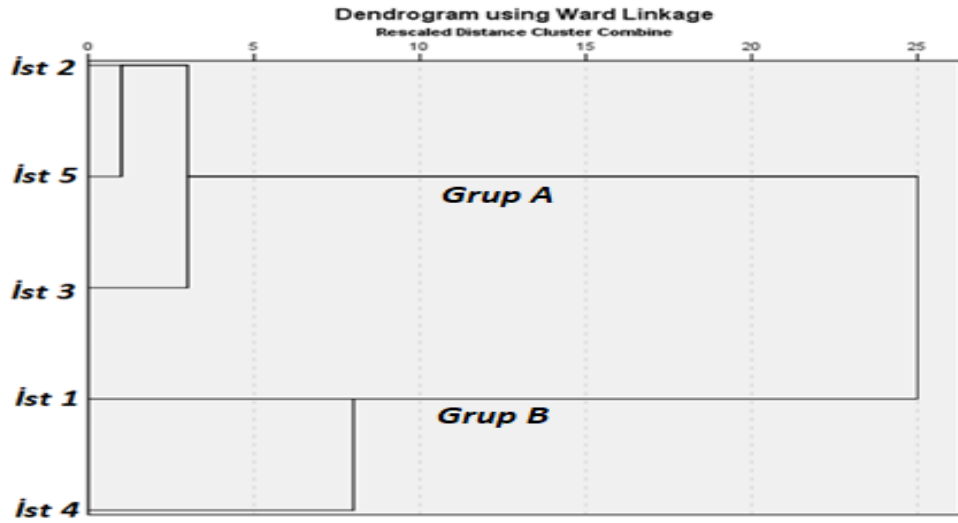
Şekil 4.49. Tüm istasyonlarda mikroplastiklerin polimer çeşidi yoğunluğuna göre dağılımı (sediment)



Şekil 4.50. Tüm istasyonlarda mikroplastiklerin polimer çeşidi yoğunluğuna göre dağılımı (su)

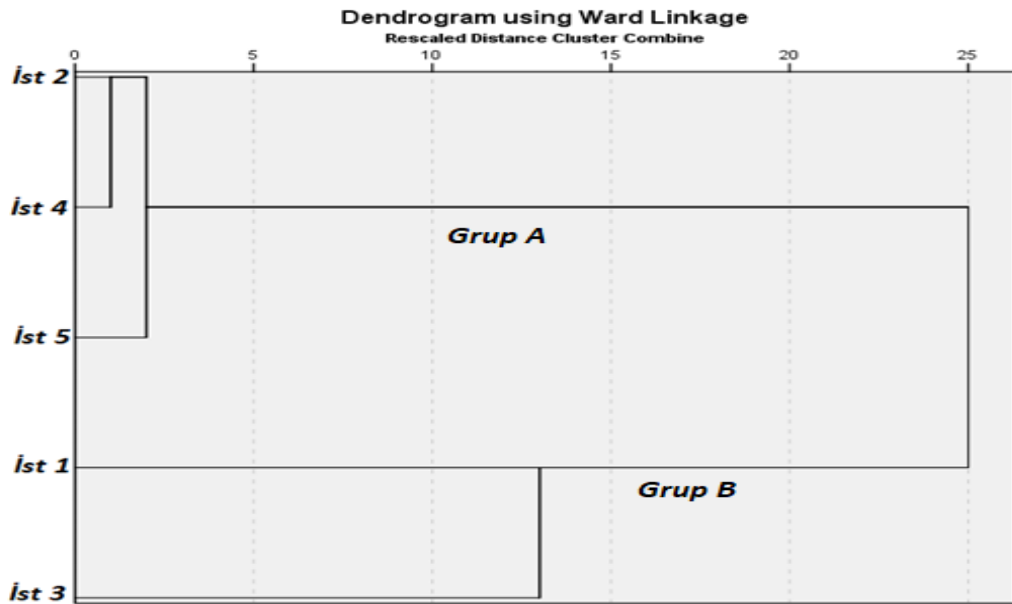
#### 4.1.5. Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA)

İstasyonların mikroplastik yoğunluklarına göre benzerlik veya farklılığını şekil olarak ortaya çok net bir şekilde koyan HCA testi bu çalışma verilerine uygulanmıştır. Batlama Deresi sedimentlerinde mikroplastik araştırması sonucunda elde edilen verilerde yapılan HCA testinde oluşan iki gruptan birincisi olan Grup A, istasyon 2,5,3'den oluşup istasyon 2 ve 5 birbirine daha benzer bulunmuştur. Bunu sebebinin her iki bölgede bulunan restoran kaynaklı kirlilikten olduğu düşünülmektedir. Grup B ise İstasyon 1 ve 4 'den oluşmaktadır. Genel değerlendirdiğimizde Grup B istasyonları benzerlik oranları daha yüksek tespit edilmiş olup bu benzerliğin bölgedeki yerleşim şekli ve fabrikaların olduğu yoğunluktan kaynaklandığı düşünülmektedir. İlgili analiz grafiği Şekil 4.51'de verilmiştir.



Şekil 4.51. Sedimentte mikroplastik HCA Analizi

Batlama Deresi sularında yapılan HCA analizi sonucunda İki temel grup oluşmuştur, bunlardan Grup A istasyon 2,4 ve 5'den oluşmaktadır. İstasyonlar 2 ve 4 bu grupta birbirine daha benzer bulunmuştur. İstasyonlardaki yerleşim yoğunluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Grup B'yi oluşturan istasyon 1 ve 3'ün çok benzer olduğu görülmüş ve bunun sebebinin yoğun nüfuslu bölgeler olması aynı zamanda bölgedeki işletmelerin benzerliğinden olduğu düşünülmüştür. İlgili grafik Şekil 4.52'de verilmiştir.



Şekil 4.52. Suda mikroplastik HCA Analizi

## BÖLÜM 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Okyanus ve denizlerde yapılan çalışmalardan sonra son zamanlarda göl, nehir ve nehir ağzı gibi tatlı su ekosistemlerinde yapılan araştırmalarda da mikroplastik kirliliğinin oldukça fazla olduğu görülmüştür (Li ve ark., 2019; Ding ve ark., 2019; Bessa, 2019; Erdoğan, 2020; Zhang, 2020; Çullu, Sönmez ve Sivri, 2021). Araştırmalar neticesinde sularda en sık rastlanan mikroplastiklerin; polipropilen (PP), polietilen (PE), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET), polivinil klorür (PVC) olduğu sonucuna varılmıştır (Li ve ark., 2019). Akarsuyun yüzey alanı, diğer akarsularla bağlantıları, akıntı hızı, akarsu civarındaki yerleşim alanları mikroplastik yoğunluğunda etkili rol oynamaktadır.

Yapılan bu çalışmada, Giresun ilinde bulunan Batlama deresinden seçilen beş istasyondan 31 Temmuz 2021 tarihinde sediment ve su numuneleri alınarak mikroplastik varlığı araştırılmış ve bulunan mikroplastiklerin karakterizasyonları yapılmış, polimer yapıları belirlenmiştir. Bu çalışmada ulaşılan verilerin bölgedeki mikroplastik kirliliği alanında yapılacak olan çalışmalara yardımcı olması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında, boyut analizi yapılan mikroplastikler incelendiğinde, en çok rastlanılan mikroplastik boyutunun sedimentte %66,6'sının 0-50 µm aralığı olduğu görülmüştür. Bunları sırası ile %19,13 oranı 50-100 µm, %9,8 ile 100-200 µm, %3,6 ile 200-300 µm ve %0,83 oranı ile 300-400 µm aralığında olan mikroplastik parçacıkları tespit edilmiştir. Suda bulunan mikroplastiklerin boyutları incelendiğinde ise, en çok rastlanılan mikroplastik boyutu %75,5 ile 0-50 µm aralığındakiler olmuştur. Bunları sırasıyla %12,0 ile 50-100 µm, %10,0 100-200 µm, %1,5 ile 200-300 µm ve %1,5 oranı 300-400 µm aralığındaki mikroplastik parçacık boyutları takip etmektedir. Wang ve ark. (2017) Hanjiang Nehri ve Yangtze Nehrinde yapmış oldukları çalışmalar

sonucunda, mikroplastiklerin %80'den fazlasının boyutunun >2mm olduğunu ve yine Wang ve ark. (2020) Manas Nehrinde yaptığı çalışmada baskın boyut 0.1-1.0 mm aralığında tespit etmişlerdir. Zhou ve ark., (2020) Çin'in Tuojiang nehrinde yapmış oldukları çalışmada baskın boyun 0.5-1 mm aralığında olduğunu söylemişlerdir. Öztekin (2021) Karadeniz'in Türkiye kıyılarından belirlediği göl ve nehirlerde yapmış olduğu araştırmasında mikroplastiklerin boy gruplarını <0,25 mm: %29,9; 0,25-0,5 mm: %30,3; 0,5-1 mm: %19,8; 1-2 mm: %12,4; 2-5 mm: %7,6 şeklinde vermiştir. Fan ve ark., (2022) Çin'in doğusundaki kentsel bir nehir ağından yapmış oldukları çalışmada mikroplastiklerin %78,2'sinin <330 µm olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan bu çalışmanın dominant boyut sonuçları Hanjiang, Yangtze, Manas Nehirlerindeki daha küçük oranda Karadeniz'in Türkiye kıyılarından göl ve nehirlerinde ve Çin'in doğusundaki kentsel bir nehir ağında yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

Yapılan bu çalışmada sedimentte mikroplastiklerin renk bakımından yoğunlukları da incelenmiş olup, sediment numunelerinde en çok görülen renk %50,4 ile şeffaf olmuştur. Bunları sırasıyla %18,9 kırmızı, %14,9 siyah ve mavi renklerinin ardından %1 yeşil renk mikroplastığe rastlanmış ve beyaz renge rastlanmamıştır. Suda bulunan mikroplastiklerin renklerinin dominantlığı incelendiğinde ise en çok görülen %23,8 yine şeffaf olmuştur. Bunları sırası ile %23,7 mavi, %20,3 yeşil, %20,2 siyah, %11,9 ile kırmızı renk takip etmektedir. Wang ve ark., (2020) tarafından Manas Nehrinde yapılan çalışmada yoğun olarak görülen renklerin beyaz ve siyah renkleri olduğu belirtilmiştir. Zhou ve ark., (2020) güneybatı Çin'deki Tuojiang Nehri havzasında yapmış oldukları araştırmalar sonucunda buldukları mikroplastiklerde baskın olan rengin beyaz olduğunu belirtmişlerdir. Batlama deresinde yaptığımız bu çalışmada hiç beyaz renk tespit edilmemiş olması ile Wang ve ark., (2020) ve Zhou ve ark., (2020) yapmış olduğu çalışmalardan farklı bir özellik göstermiştir. Çullu (2020) Küçükçekmece bağlantı alanında yaptığı çalışmada en baskın görülen mikroplastik renginin %79,64 ile mavi renk olduğu sonucuna ulaşmıştır. Wu ve ark., (2020) Maozhou Nehrinde yaptığı mikroplastik araştırmaları sonucunda baskın rengin şeffaf olduğu sonucuna ulaşmıştır. Öztekin (2021) yaptığı çalışmada ise Karadeniz'in Türkiye

kıyılarından belirlediği göl ve nehirlerde ulaştığı mikroplastiklerin baskın renginin şeffaf olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmanın dominant rengi Maozhou Nehri ve Karadenizin Türkiye kıyılarından belirlediği göl ve nehirlerdeki çalışmalar ile benzerlik göstermiştir (Wu ve ark., 2020; Öztekin, 2021). Fan ve ark., (2022) Çin’de kentsel bir nehirde yapmış olduğu araştırmada baskın renklerin mavi ve siyah olduğunu belirtmişlerdir. Şahutoğlu (2022) Asi Nehri yüzey sularında yapmış olduğu araştırma sonucunda mikroplastiklerde baskın renklerin mavi, şeffaf ve siyah olduğunu belirtmiştir.

Çalışma kapsamında, elde edilen mikroplastiklerde polimer analizi yapıldığında sediment numunelerinde en baskın görülen mikroplastik tipi %44,9 ile lif ve %44,5 ile film olmuştur. %10,6 oranında plastik parçasına rastlanmıştır. Suda bulunan mikroplastiklerin tipleri değerlendirildiğinde ise %41,6 lif, %33,6 plastik parçası ve %23,5 oranında film olduğu görülmüştür. %1,3 oranında da pelete rastlanmıştır. Wang ve ark., (2017) Hanjiang Nehri ve Yangtze Nehrinde yaptıkları çalışmada en sık görülen mikroplastik tipinin bu çalışma ile paralellik gösterip lif olduğunu belirtmişlerdir. Rodrigues ve ark., (2018) Antuã Nehri’nde ve São João da Madeira ve Aguincheira’da yapmış olduğu çalışmada bulduğu mikroplastiklerin tiplerini belirlemişlerdir. Köpükler ve lifler São João da Madeira’da en bol bulunan türken, lifler ve parçalar sırasıyla Aguincheira ve Estarreja’da su ve sediment örneklerinde en bol olanlar olmuştur. Doğruyol (2019) Haliç üzerinde yaptığı araştırma sonucunda bulduğu mikroplastiklerin en çok film ve lif tipinde olduğu görülmüştür. Wang ve ark., (2020) Manas nehrinde yapmış oldukları çalışmada baskın mikroplastik tipinin lif olduğunu belirtmişlerdir. Çullu (2020) Küçükçekmece bağlantı alanında yaptığı araştırmasında elde ettiği mikroplastiklerde baskın olan tipin plastik parçacıklar olduğunu belirtmiştir. Wu ve ark. (2020) Maozhou Nehrinde yaptığı çalışmada rastlanılan mikroplastiklerdeki baskın tipin plastik parçalar olduğunu belirtmiştir. Öztekin (2021) Karadenizin Türkiye kıyılarından belirlediği göl ve nehir geçişlerinde yapmış olduğu çalışmasında elde ettiği mikroplastiklerin baskın tipinin plastik parçalar olduğunu söylemiştir. Fan ve ark. (2022) Çin’in kentsel bir nehir ağında yaptığı çalışmada bulduğu mikroplastiklerde en çok görülen tiplerin plastik parçalar ve lifler olduğunu belirtmiştir. Şahutoğlu (2022) Asi Nehri Yüzey sularında yapmış olduğu

araştırmalar neticesinde elde ettiği mikroplastiklerde baskın tipin filmler olduğunu belirtmiştir. Özgüler (2022) Akdenizdeki Mersin Körfezine nehirlerden yüklenen mikroplastik bileşimini belirlemek için yaptığı analizde ulaştığı sonuçlara göre en yoğun görülen mikroplastik tipi bu çalışma gibi lif olmuştur.

Yapılan bu çalışmada, elde edilen mikroplastiklerin polimer türleri tespit edilmiş olup, sedimentte en çok rastlanılan polimer türü % 40,9 oranı ile polietilen olmuştur. Bunları sırasıyla %28 polipropilen, % 16,1 ile polietilen tereftalat, %6,5 polivinil asetat, %5,4 polyamid ve %3,2 polistiren takip etmektedir. Suda rastlanılan mikroplastiklerin polimer türleri incelendiğinde ise en çok rastlanan polimer türünün %34,1 ile polietilen olduğu görülmüştür. Bunları sırası ile % 32,6 ile polipropilen, %18,6 polistiren, %7 ile polietilen tereftalat, %4,7 polyamid ve %2,3 polivinil asetat takip etmektedir. Wang ve ark. (2017) Çin'in Hanjiang Nehri ve Yangtze Nehrindeki yaptığı çalışmada en baskın polimer türlerinin, polietilen tereftalat ve polipropilen olduğunu belirtmişlerdir. Wang ve ark. (2020) Manas Nehrinde yaptığı çalışmada baskın polimer türlerinin polipropilen ve Polietilen tereftalat olduğunu belirtmişlerdir. Zhou ve ark., (2020) Çin'deki Tuojiang Nehri havzasında yaptığı incelemelerde baskın polimer türünün Polipropilen olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Wu ve ark. (2020) Maozhou Nehrinde yapmış olduğu çalışmada bulduğu mikroplastiklerde baskın polimer türünün polietilen olduğunu belirtmişlerdir. Zou ve ark. (2021) Çin'in Guangzhou Bölgesindeki atıksu arıtma tesisleri, tatlı su ve nehir ağızlarından aldıkları numunelerle yaptıkları çalışmalar neticesinde elde edilen mikroplastiklerde baskın polimer türünün polietilen tereftalat olduğunu söylemişlerdir. Ceylan (2022) Yamula barajında yaptığı çalışmada elde ettiği mikroplastiklerde baskın polimer türünün polipropilen olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Batlama deresi sedimenti'nde en bol lif, film çeşidinde olan mikroplastik parçalarında transparan ve kırmızı renklerin baskın olduğu sonucuna varılmıştır. Mikroplastiklerin polimer çeşidi olarak da en dominant Polietilen (PE) ve Polipropilen (PP)'nin tespit edilmiştir. Mikroplastiklerin boyutu olarak en küçük gruba en fazla miktarda karşılaşılmıştır.

Son derece yanıcı gaz olabilen Polietilen (PE) uyuşukluk veya baş dönmesine neden olabilir. Paketleme, plastik mutfak ürünleri, otomotiv sanayi, inşaat altyapı malzemeleri, beyaz eşya ve makina parçaları, oyuncak ve tekstil alanlardan kaynaklanıp doğaya çoğunlukla insan faktörüyle doğaya ulaşmaktadır. Yine son derece yanıcı bir gaz olabilen Propipilen (PP) Tekstil başta olmak üzere otomotiv yan sanayi, bahçe mobilyaları, yiyecek kabı, yoğurt ve margarin kapları, çocuk bezleri, biberon, yapay halı kaplamalarında kullanılmaktadır., Diğer zararlı dominant grup olan ve yutulduğunda zararlı olan PET'dir. Su, Meşrubat ve yemeklik yağı korumak için kullanılan Pet şişeler kaynağını oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, gerek sucul ekosistem gerekse insan sağlığı için tehdit oluşturan ve dereden denize ulaşan atıkların oluşturduğu riskin azaltılması için öncelikle atıkların en aza indirilmesi, gerekli tedbirlerin alınarak ve monitoring izleme çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Kentlerde uygulanan veya uygulanması hedeflenen ileri arıtma teknikleri, nokta kaynaklı kirliliğin azaltılması, geri dönüşümü ve azaltılmış tüketim sayesinde 2050 yılına kadar denizlerdeki mikroplastiklerin daha az miktarda riskli olacağı kanısındayız.

## KAYNAKLAR

- Adomat, Y., Grischek, T. 2021. Sampling and processing methods of microplastics in river sediments-a review. *Science of the Total Environment*, 758, 143691.
- Ak, M. 2022. Kıyı Sedimanı Numunelerinde Mikroplastik Kirliliğinin Araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Alpay, C.G. 2015. Büyükşehir Belediyeleri Deniz Kirliliği Önleme Çalışmaları ve Öneriler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Amaral-Zettler, L. A., Zettler, E. R., Slikas, B., Boyd, G. D., Melvin, D. W., Morrall, C. E., Mincer, T. J. 2015. The biogeography of the Plastisphere: implications for policy. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(10), 541-546.
- Anderson, J. C., Park, B. J., Palace, V. P. 2016. Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution*, 218, 269-280.
- Andrady, A. L., Neal, M. A. 2009. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1977-1984.
- Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605.
- Auta, H. S., Emenike, C. U., Fauziah, S. H. 2017. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165-176.
- Avio, C. G., Gorbi, S., Regoli, F. 2017. Plastics and microplastics in the oceans: from emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, 128, 2-11.
- Aydemir, E. 2020. Liman İçi Mikroplastik Kirliliğinin Araştırılması: Kilimli/Zonguldak Örneği. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Aydın, A., Sunlu, U. 2004. Güney Ege Denizi sedimentlerinde karbon ve yanabilen madde düzeylerinin araştırılması, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21(3-4), 229-234.
- Aydın, E. 2020. Yüzey Sularında Mikroplastik Kirliliğinin İncelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Barcelo, D. 2020. Microplastics analysis. *MethodsX* 7.

- Bergmann, M., Lutz, B., Tekman, M. B., Gutow, L. 2017. Citizen scientists reveal: Marine litter pollutes Arctic beaches and affects wild life, *Marine Pollution Bulletin*, 125, 535-540.
- Bessa, F., Barría, P., Neto, J. M., Frias, J. P., Otero, V., Sobral, P., Marques, J. C. 2018. Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 575-584.
- Betts, K. 2008. Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans.
- Bonanno, G., Orlando-Bonaca, M. 2020. Marine plastics: what risks and policies exist for seagrass ecosystems in the Plasticene? *Marine Pollution Bulletin*, 158, 111425.
- Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P., Peck, B. B. 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science*, 178(4062), 749-750.
- Ceylan, L. 2022. Yamula Barajı Mikroplastik Kirliliğinin Belirlenmesi. Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T. S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597.
- Corcoran, P. L., Biesinger, M. C., Grifi, M. 2009. Plastics and beaches: a degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, 58(1), 80-84.
- Cordova, M. R., Nurhati, I. S., Shiimoto, A., Hatanaka, K., Saville, R., Riani, E. 2022. Spatiotemporal macro debris and microplastic variations linked to domestic waste and textile industry in the supercritical Citarum River, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113338.
- Crawford, C. B., Quinn, B. 2017. Microplastics, standardisation and spatial distribution. *Microplastic Pollutants*, 5, 115-122.
- Çatalbaş, F. 2017. Tuz Gölü tuzlarında mikroplastik varlığının incelenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Çullu, A. F. 2020. Küçükçekmece Lagünü Bağlantı Alanı Yüzey Sularındaki Mikroplastiklerin Mevsimsel ve Alansal Değişimlerinin Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Çullu, A. F., Sönmez, V. Z., Sivri, N. 2021. Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution. *Environmental Pollution*, 268, 115801.
- Derraik, J. G. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842-852.
- Devereux, R., Westhead, E. K., Jayaratne, R., Newport, D. 2022. Microplastic abundance in the Thames River during the New Year period. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113534.

- Ding, L., fan Mao, R., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., Yang, C. 2019. Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest of China. *Science of the Total Environment*, 667, 427-434.
- Doğruyol, P. 2019. Haliç sedimanlarında mikroplastik kirliliğinin araştırılması. İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Ekşi, O. 2007. Plastik Esaslı Malzemelerin Isıl Şekil Verme Özelliklerinin İncelenmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Erdoğan, Ş. 2020. Microplastic pollution in freshwater ecosystems: A case study from Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 213-221.
- Fan, Y., Zheng, J., Deng, L., Rao, W., Zhang, Q., Liu, T., Qian, X. 2022. Spatiotemporal dynamics of microplastics in an urban river network area. *Water Research*, 212, 118116.
- Gedik, K., Gozler, A. M. 2022. Hallmarking microplastics of sediments and *Chamelea gallina* inhabiting Southwestern Black Sea: A hypothetical look at consumption risks. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113252.
- GESAMP (The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). 2015. Sources, Fate and Effects of Microplastics In The Marine Environment: A Global Assessment, International Maritime Organization, Reports and Studies No 90, 98.
- GESAMP (The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). 2016. Sources, Fate and Effects of Microplastics In The Marine Environment: Part Two of A Global Assessment, International Maritime Organization, Reports and Studies No 93, 221.
- GESAMP. 2019. Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean, <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean.>, Erişim Tarihi: 21.11.2022.
- Gregory, M. R. 1978. Accumulation and distribution of virgin plastic granules on New Zealand beaches. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 12(4), 399-414.
- Gregory, M. R. 1996. Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32(12), 867-871.
- Gregory, M. R., Andrady, A. L. 2003. Plastics in the marine environment. *Plastics and the Environment*, 379-401.
- Güler, Ş. 2022. Yüzeysel Sularda Mikroplastikler ve Mikroplastiklere İlişkili Poliklorlu Bifeniller. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Gündoğdu, S., Çevik, C., Karaca, S. 2017. Fouling assemblage of benthic plastic debris collected from Mersin Bay, NE Levantine coast of Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 147-154.

- Gürbüz, Ö. 2017. Marmara Denizi mikroplastik karakterizasyonu ve dağılımı. İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, 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*, 223, 286-294.
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., Svendsen, C. 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of The Total Environment*, 586, 127-141.
- Hsu, P., Matthäi, A., Heise, S., Ahlf, W. 2007. Seasonal variation of sediment toxicity in the Rivers Dommel and Elbe. *Environmental Pollution*, 148(3), 817-823.
- Huang, W., Chen, M., Song, B., Deng, J., Shen, M., Chen, Q., Liang, J. 2021. Microplastics in the coral reefs and their potential impacts on corals: a mini-review. *Science of The Total Environment*, 762, 143112.
- Zhdanov, I., Lokhov, A., Belesov, A., Kozhevnikov, A., Pakhomova, S., Berezina, A., Yakushev, E. 2022. Assessment of seasonal variability of input of microplastics from the Northern Dvina River to the Arctic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113370.
- İnan, S. 2005. Boğaziçi Kıyı Alanlarının Rekreatiyonel Açısından Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Kılıç, M., Yüce, E.A. 2014. PVC ve PET atıkların seçimli flotasyonu Bölüm 1: Plastikler; çevresel etkileri; geri dönüşümü, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(2),79-93.
- Konya, M. Y. 2019. Marmara Denizi Büyükçekmece ve Tuzla istasyonları mikroplastik miktarları ve dağılımı. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Köksal, E. Y., Kocataş, A., Büyükkışık, B. 2005. Kıyısal Bölgenin Jeolojik ve Oşinografik Kriterlere Göre Bilimsel ve Yasal Tanımlarının Karşılaştırılması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(1), 241-249.
- 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, 146695.
- Laist, D. W. 1987. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 18(6), 319-326.
- Lampman, S., Bonnie Sanders, B., Hrivnak, N., Kinson, J., Polakowski, C. 2003. Characterization and failure analysis of plastics: ASM International. Materials Park, OH, USA.
- Lechner, A., Keckeis, H., Lumesberger-Loisl, F., Zens, B., Krusch, R., Tritthart, M., Schludermann, E. 2014. The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter

- outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. *Environmental Pollution*, 188, 177-181.
- Li, H. X., Ma, L. S., Lin, L., Ni, Z. X., Xu, X. R., Shi, H. H., Rittschof, D. 2018. Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River estuary, China. *Environmental Pollution*, 236, 619-625.
- Liu, M., Cao, X., Liu, Z. 2023. Occurrence of microplastics pollution in the Yangtze River: Distinct characteristics of spatial distribution and basin-wide ecological risk assessment. *Water Research*, 229, 119431.
- Liu, L., Tang, Z., Kong, M., Chen, X., Zhou, C., Huang, K., Wang, Z. 2019. Tracing the potential pollution sources of the coastal water in Hong Kong with statistical models combining APCS-MLR. *Journal Of Environmental Management*, 245, 143-150.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., Arthur, C. 2015. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.
- Martins, J., Sobral, P. 2011. Plastic marine debris on the Portuguese coastline: a matter of size? *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2649-2653.
- 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*, 35(2), 318-324.
- Moncheva, S., Stefanova, K., Krastev, A., Apostolov, A., Bat, L., Sezgin, M., Timofte, F. 2016. Marine litter quantification in the black sea: a pilot assessment. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(1), 213-218.
- Moore, C. J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2), 131-139.
- Mutlu, T., Gedik, K., Eryaşar, A. R. 2022. Investigation of microplastic accumulation in horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) caught in the black sea. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7(4), 561-567.
- Nour, H. E., El-Sorogy, A. S., Abd El-Wahab, M., Mohamaden, M., Al-Kahtany, K. 2019. Contamination and ecological risk assessment of heavy metals pollution from the Shalateen coastal sediments, Red Sea, Egypt. *Marine Pollution Bulletin*, 144, 167-172.
- Olguner, B. 2021. İstanbul Boğazı Sedimentinde Mikroplastik Kirliliğinin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Özaslan, A. 2009. Adana İçme Suyunda Fekal Koliform Düzeyinin Belirlenmesi ve Antibiyotik Dirençlilik Frekansı. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Özgüler, Ü. 2022. Mersin Körfezine Dökülen Bazı Nehirlerden Kaynaklı Mikroplastik Bolluğunun Yağışlı Dönemdeki Etkisinin Belirlenmesi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.

- Özkor, B. 2022. Kızılırmak Nehri Sularında Mikroplastik Kirliliğinin Araştırılması. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD. Yüksek Lisans Tezi.
- Öztekin, A. 2021. Karadeniz'in Türkiye Kıyılarının Mikroplastik Kirliliği. Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler ABD, Doktora Tezi.
- PAGEV (Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı). 2021. <https://pagev.org>, Erişim Tarihi: 07.12.2022.
- PAGEV. 2020. Türkiye Plastik İzleme Sektör Raporu, <https://pagev.org/turkiye-plastik-sektor-izleme-raporu-2020-601b95c394d04>, Erişim Tarihi: 07.12.2022.
- Plastics Europe, 2019. Plastics - the Facts 2019; an Analysis of European Plastics Production, Demand, and Waste Data (Brussels, Belgium).
- Reed, S., Clark, M., Thompson, R., Hughes, K. A. 2018. Microplastics in marine sediments near Rothera research station, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 460-463.
- Rodrigues, M. O., Abrantes, N., Gonçalves, F. J. M., Nogueira, H., Marques, J. C., Gonçalves, A. M. M. 2018. Spatial and temporal distribution of microplastics in water and sediments of a freshwater system (Antuã River, Portugal). *Science Of The Total Environment*, 633, 1549-1559.
- Sadri, S. S., Thompson, R. C. 2014. On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 55-60.
- Sagawa, N., Kawaai, K., Hinata, H. 2018. Abundance and size of microplastics in a coastal sea: comparison among bottom sediment, beach sediment, and surface water. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 532-542.
- Sağlık, A., Erduran, F., Çelik, A. 2012. Kent içi akarsuların rekreasyonel yönden kullanımı: Çanakkale Sarıçay örneği. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 43-48.
- Samsunlu, A. 1995. Deniz Kirliliği ve Kontrolü, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, 1555, 192
- Sevencan, F., Vaizoğlu, S. A. 2007. Pet ve geri dönüşümü. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6(4), 307-312.
- Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., Ahmed, S. 2008. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 26(3), 246-265.
- Frias, J. P., Gago, J., Otero, V., Sobral, P. 2016. Microplastics in coastal sediments from Southern Portuguese shelf waters. *Marine Environmental Research*, 114, 24-30.
- Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J., Shim, W. J. 2015. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93(1-2), 202-209.

- Strokal, V., Kuiper, E. J., Bak, M. P., Vriend, P., Wang, M., van Wijnen, J., Strokal, M. 2022. Future microplastics in the Black Sea: River exports and reduction options for zero pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113633.
- Şahutoğlu, S. M. 2022. Asi Nehri Yüzey Sularında Mikroplastik Kirliliğinin Belirlenmesi. İskenderun Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Şener, M. 2019. İstanbul'un Karadeniz Kıyılarında Mikroplastik Kirliliğinin Araştırılması. İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Takada, S. 2013. International pellet watch: Studies of the magnitude and spatial variation of chemical risks associated with environmental plastics, Accumulation: The Material Politics of Plastic, 184-207.
- Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., Setälä, O. 2017. Solutions to microplastic pollution—Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Research*, 123, 401-407.
- Thomas, K., Nerland, I. L., Halsband, C., Allan, I. 2014. Microplastics in marine environments: Occurrence, distribution and effects report, Norwegian Institute for Water Research, Akvaplan Niva, 6754-2014.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., Russell, A. E. 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304, 838.
- Troost, T. A., Desclaux, T., Leslie, H. A., van Der Meulen, M. D., Vethaak, A. D. 2018. Do microplastics affect marine ecosystem productivity? *Marine Pollution Bulletin*, 135, 17-29.
- Valavanidis, A., Vlachogianni, T. 2012. Marine litter: man-made solid waste pollution in the Mediterranean Sea and coastline. Abundance, composition and sources identification. *Science Advances on Environmental Chemistry, Toxicology and Ecotoxicology*, 1, 1-18.
- Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbins, J., Janssen, C. R. 2015. Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*, 111, 5-17.
- Veiga, J. M., Fleet, D., Kinsey, S., Nilsson, P., Vlachogianni, T., Werner, S., Cronin, R. 2016. Identifying sources of marine litter.
- Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., Da Ros, L. 2013. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 54-61.
- Wang, W., Ndungu, A. W., Li, Z., Wang, J. 2017. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Science of the Total Environment*, 575, 1369-1374.
- Wu, P., Tang, Y., Dang, M., Wang, S., Jin, H., Liu, Y., Cai, Z. 2020. Spatial-temporal distribution of microplastics in surface water and sediments of Maozhou River within Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Science Of The Total Environment*, 717, 135187.

- Xiong, X., Wu, C., Elser, J. J., Mei, Z., Hao, Y. 2019. Occurrence and fate of microplastic debris in middle and lower reaches of the Yangtze River—from inland to the sea. *Science of the Total Environment*, 659, 66-73.
- Yurtsever, M. 2015. Mikroplastiklere genel bir bakış, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 17(50), 68-83.
- Yurtsever, M., Kirkan, E. O., Sevindik, T. O., Tunca, H. 2017. The impact of PS Microplastics on green algae *Chlorella vulgaris* Growth. In 15th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Greece.
- Yücedağ, E. 2021. Gemlik Körfezi Sedimenti ve Ticari Balık Türlerinde Mikroplastik Kirliliğinin Mikroskopik ve Spektroskopik Yöntemlerle İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- 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 Environment*, 708, 135176.
- Zhou, G., Wang, Q., Zhang, J., Li, Q., Wang, Y., Wang, M., Huang, X. 2020. Distribution and characteristics of microplastics in urban waters of seven cities in the Tuojiang River basin, China. *Environmental Research*, 189, 109893.
- Zhou, Z., Zhang, P., Zhang, G., Wang, S., Cai, Y., Wang, H. 2021. Vertical microplastic distribution in sediments of Fuhe River estuary to Baiyangdian Wetland in Northern China. *Chemosphere*, 280, 130800.
- Zhao, X., Liu, Z., Cai, L., Han, J. 2023. Occurrence and distribution of microplastics in surface sediments of a typical river with a highly eroded catchment, a case of the Yan River, a tributary of the Yellow River. *Science of The Total Environment*, 863, 160932.
- Zilifli, A. 2020. Dalyan İztuzu Plajının Yüzey Sularında Mikro-plastiklerin Nitel Araştırılması ve Bölgede Farkındalık Çalışması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Zobkov, M., Esiukova, E. 2017. Microplastics in Baltic bottom sediments: quantification procedures and first results. *Marine Pollution Bulletin*, 114(2), 724-732.
- Zou, Y., Ye, C., Pan, Y. 2021. Abundance and characteristics of microplastics in municipal wastewater treatment plant effluent: a case study of Guangzhou, China.

## ÖZGEÇMİŞ

Hakan ÇEBİ, İlkokulu İstanbul ve Artvin, orta ve lise eğitimini Giresun'da tamamladı. 2003 yılında Giresun Lisesinden mezun oldu. 2004 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Su ürünleri Mühendisliği Bölümü'nü 2009 yılında tamamladı. 2010-2013 yılları arasında Bulancak Kaptan Ahmet Fatoğlu Denizcilik Anadolu Meslek Lisesinde Gemi Yönetimi ve Kaptanlığı öğretmenliği yaptı. 2015 yılında Giresun Belediyesi Mali Hizmetler Müdürlüğünde işe başlamış olup şu anda İklim Değişikliği ve Sıfır Atık Müdürlüğünde Su Ürünleri Mühendisi olarak görevini sürdürmektedir. 2019 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosüreç Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Halen daha devam etmektedir.