

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



KIYI SEDİMANI NUMUNELERİNDE MİKROPLASTİK
KİRLİLİĞİN ARAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

Mehmet AK

Danışman

Prof. Dr. Gülfem BAKAN

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet AK tarafından, Prof. Dr. Gülfem BAKAN danışmanlığında hazırlanan “Kıyı Sedimanı Numunelerinde Mikroplastik Kirliliğın Araştırılması” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 18.2.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliğı ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Ayşe KULEYİN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliğı Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Gülfem BAKAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliğı Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin CÜCE Giresun Üniversitesi Harita Mühendisliğı Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

18 /02/ 2022

Mehmet AK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Kıyı Sedimanı Numunelerinde Mikroplastik Kirliliğinin Araştırılması

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 12.01.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 12

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

İmza

18 /02 / 2022

Prof. Dr. Gülfem BAKAN

ÖZET

KIYI SEDİMANI NUMUNELERİNDE MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet AK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Şubat/2022

Danışman: Prof. Dr. Gülfem BAKAN

Özellikle son 50 yılda, plastiklerin yaşamımızın her alanında bulunmasından dolayı son yüzyıl neredeyse “plastik çağı” olarak adlandırılabilir. Plastikler, modern toplumda vazgeçilmez rol oynayan organik polimerlerdir. Plastik kullanımı arttıkça su ve sediman ortamlarında rastlanan mikroplastik miktarı da giderek büyümeye başlamıştır. Mikroplastikler (MP) ise, boyutu 5 mm'den küçük olan plastik döküntüleri ifade eder. Mevcut araştırmaların çoğunun odak noktası deniz ortamındaki mikroplastikler olmuştur. Ancak çalışmaların kapsamının artırılması hem atmosfer, hem su, hem de sediman ortamlarında araştırmaların geliştirilmesi ve etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölgesi Samsun kıyı şeridinde su ve sediman numuneleri Atakent, Kurupelit ve Çatalçam örnekleme noktalarından Ekim 2020 ve Haziran 2021 tarihlerinde alınmıştır. Alınan numunelerde kirliliğin belirlenmesi için fizikokimyasal analizler ve mikroplastik belirleme çalışması yürütülmüştür. Optik mikroskop kullanılarak mikroplastiklerin sayısı ve renklere göre dağılımı yapılmıştır. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile mikroplastiklerin resimlerinin çekimleri gerçekleştirilmiştir. Mikroplastikleri belirlemek için iki farklı yöntem kullanılmış olup, su numuneleri için 988 partikül / 100 ml mikroplastiklerin varlığı gözlemlenmiştir. Sediman numuneleri için 1. yöntemde yapılan analizler sonucunda 478 partikül / 1 kg mikroplastik, 2. yöntemde ise toplamda 2014 partikül / 10 gr mikroplastiklerin varlığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada gözlemlenen mikroplastik renkleri kırmızı, mavi, yeşil, turuncu ve siyah renklerde mikroplastik renklerinin varlığı tespit edilmiştir. Mikroplastiklerin polimer türünü belirlemek için FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) spektroskopisi kullanılmıştır. FTIR analizleri sonrasında belirlenen noktalardan alınan numunelerin hepsinde PP, PE, PS, PVC ve PET polimer türlerinin varlığı tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre mikroplastiklerin Samsun kıyı şeridinde ki mevcut durumu belirlenmiş, ekosisteme etkilerinin değerlendirilerek olası olumsuz etkilerin en aza indirilmesi için öneriler sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Deniz kirliliği, Mikroplastik, Mikroplastik kirliliği, Sediman

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MICROPLASTIC POLLUTION IN COASTAL SEDIMENT SAMPLES

Mehmet AK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Environmental Engineering Programme

Master, February/2022

Supervisor: Prof. Dr. Gülfem BAKAN

Especially in the last 50 years, the last century can almost be called the "plastic age", since plastics are found in all areas of our lives. Plastics are organic polymers that play an indispensable role in modern society. As the use of plastic increases, the amount of microplastics found in water and sediment environments has also started to grow. Microplastics (MP) refers to plastic debris smaller than 5 mm in size. The focus of most current research has been on microplastics in the marine environment. However, it is necessary to increase the scope of the studies, develop researches in both atmosphere, water and sediment environments and determine their effects. In this study, water and sediment samples were taken from Atakent, Kurupelit and Çatalçam sampling points in the Central Black Sea Region Samsun coastline in October 2020 and June 2021. Physicochemical analyzes and microplastic determination studies were carried out to determine the pollution in the samples taken. The distribution of microplastics according to the number and colors was made using an optical microscope. Pictures of microplastics were taken with Scanning Electron Microscope (SEM). Two different methods were used to determine the microplastics, and the presence of 988 particles / 100 ml microplastics was observed for the water samples. As a result of the analyzes made for the sediment samples in the 1st method, the presence of 478 particles / 1 kg of microplastics, and in the 2nd method a total of 2014 particles / 10 g of microplastics were detected. The microplastic colors observed in this study were red, blue, green, orange and black. FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) spectroscopy was used to determine the polymer type of microplastics. The presence of PP, PE, PS, PVC and PET polymer types were detected in all of the samples taken from the points determined after the FTIR analysis. According to the results obtained in the study, the current situation of microplastics on the Samsun coastline was determined, and suggestions were presented to minimize the possible negative effects by evaluating their effects on the ecosystem.

Keywords: Marine pollution, Microplastic, Microplastic pollution, Sediment.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, emeğini hiç esirgemeyen Prof. Dr. Gülfem BAKAN'a teşekkür ederim. Aynı zamanda laboratuvara başladığım süreden şu ana kadar yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen Dr. Arife ŞİMŞEK'e teşekkür ediyorum. Çalışmamın bir bölümünü beraber yürüttüğüm Dr. Şenay Süngü ŞEKER'e teşekkür ederim. Çalışmamın bir diğer bölümünü birlikte yürüttüğüm Arş. Gör. Taşkın BASILI'ya teşekkür ederim.

Okul hayatım boyunca bana güvenen, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme başta annem Nermin AK'a ve babam İdris AK'a sonsuz teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımda bana yardımcı olan Hüseyin Burak ÖZPOLAT'a teşekkür ederim.

Mehmet AK

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii-ix
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİ.....	3
2.1. Plastik ve Mikroplastikler.....	3
2.2. Plastik ve Mikroplastiklerin Sınıflandırılması	5
2.2.1. Tiplerine Göre Sınıflandırılması	5
2.2.2. Renklerine Göre Sınıflandırılma.....	6
2.2.3. Şekillerine Göre Sınıflandırılma	6
2.3. Polimer Türleri	6
2.4. Plastiklerin Kullanım Alanları	7
2.5. Mikroplastiklerin Zararları	7
3. MİKROPLASTİKLER İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	10
4. MATERYAL VE METOT	16
4.1. Çalışma Alanı.....	16
4.2. Sediman ve Su Numunelerinin Alınması	17
4.3. Örnekleme ve Analiz	18
4.3.1. Mikroplastik Belirleme Analizleri	19
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
5.1. Su Numuneleri İçin Analiz Sonuçları	24
5.2. Sediman Numuneleri için Analiz Sonuçları	26
5.3. Su Numuneleri İçin Mikroplastik Dağılımı	27
5.4. Sediman Numuneleri İçin Mikroplastik Sayımı.....	29
5.5. Mikroplastiklerin FTIR Görünümü	42
5.5.1. Su Numuneleri FTIR Görünümü	43
5.5.2. Sediman Numuneleri FTIR Görünümleri	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKÇA	61
ÖZ GEÇMİŞ.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

AKM	:Askıda Katı Madde
Ç.O.	:Çözünmüş Oksijen
DSGKK	:Deniz Suyu Genel Kalite Kriterleri
FTIR	:Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
H ₂ O ₂	:Hidrojen Peroksit
KSKS	:Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflara Göre Kalite Kriterleri
MP	:Mikroplastik
NaCl	:Sodyum Klorür
NOAA	:National Oceanic and Atmospheric Administration
PE	:Polietilen
PET	:Polietilen Tereftalat
PP	:Polipropilen
S10-B	:Çatalçam Sahil
S1-B	:Atakent Deniz içi
S2-B	:Atakent Dalgalı Kısım
S3-B	:Atakent Sahil
S4-B	:Atakent İskele
S5-B	:Kurupelit Deniz İçi
S6-B	:Kurupelit Dalgalı Kısım
S7-B	:Kurupelit Sahil
S8-B	:Çatalçam Deniz İçi
S9-B	:Çatalçam Dalgalı Kısım
TÇM	:Toplam Çözünmüş Madde
TOK	:Toplam Organik Karbon
W1-B	:Atakent Su
W2-B	:Atakent İskele Su
W3-B	:Kurupelit Su

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Mikroplastiklerin döngüsü.....	5
Şekil 2.2. Denizlerde yaşanan organizmalar ve mikroplastiklerin etkileşimi ve besin zincirindeki buluşmaları	8
Şekil 4.1 Numune alım istasyonları uydu görünümleri	16
Şekil 4.2. Sediman numunesi dalgalı kısım ve sahil arasındaki mesafe	18
Şekil 4.3. Bridge-Erkman grab sediman örnekleyicisi.....	18
Şekil 4.4. Yerinde ölçüm.....	19
Şekil 4.5. Askıda katı madde deneyi.....	19
Şekil 5.1. Yöntem 1 sonuçlarının görüntülenmesi	22
Şekil 5.2. Yöntem 2 sonuçlarının görüntülenmesi	23
Şekil 5.3. Ekim 2020’de alınan numunelerde 2.yöntem ile mikroplastik sayımı diyagramı .	28
Şekil 5.4. Haziran 2021’de alınan su numunelerde 2.yöntem ile mikroplastik sayımı diyagramı	29
Şekil 5.5. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 5mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagram	30
Şekil 5.6. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 4mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı	31
Şekil 5.7. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 3mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı	31
Şekil 5.8. 1. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 2mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı	32
Şekil 5.9. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 0,5mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı	33
Şekil 5.10. 2.yöntem ile Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde mikroplastik sayımı diyagramı	34
Şekil 5.11. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 5mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı	35
Şekil 5.12. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin uygulanması sonucu 4mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı	36
Şekil 5.13. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 3mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı	37
Şekil 5.14. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 2mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı	38
Şekil 5.15. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 0,5mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları diyagramı	39
Şekil 5.16. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 2. yöntemin uygulanması sonucu numunelere yapılan mikroplastik sayımı diyagramı.....	40
Şekil 5.17. Atakent ilk numune için FTIR pik seviyeleri	43
Şekil 5.18. Kurupelit ilk numune FTIR pik seviyeleri.....	43
Şekil 5.19. Çatalçam ilk numune FTIR pik seviyeleri	44

Şekil 5.20. Atakent ikinci numune FTIR pik seviyeleri.....	44
Şekil 5.21. Atakent iskele ikinci numune FTIR pik seviyeleri	45
Şekil 5.22. Atakent iskele ikinci numune 2.tekrar FTIR pik seviyeleri	45
Şekil 5.23. Kurupelit ikinci numune FTIR pik seviyeleri.....	46
Şekil 5.24. Çatalçam ikinci numune FTIR pik seviyeleri	46
Şekil 5.25. Atakent deniz içi için FTIR pik seviyeleri.....	47
Şekil 5.26. Atakent dalgalı kısım için FTIR pik seviyeleri.....	48
Şekil 5.27. Atakent sahil için FTIR pik seviyeleri.....	48
Şekil 5.28. Atakent iskele sonu için FTIR pik seviyeleri.....	49
Şekil 5.29. Atakent için FTIR pik seviyeleri karma görünümü	49
Şekil 5.30. Kurupelit deniz içi sediman için FTIR pik seviyeleri.....	50
Şekil 5.31. Kurupelit dalgalı kısım için FTIR pik seviyeleri	50
Şekil 5.32. Kurupelit sahil için FTIR pik seviyeleri	51
Şekil 5.33. Kurupelit için FTIR pik seviyeleri karma görünümü	51
Şekil 5.34. Çatalçam deniz içi için FTIR pik seviyeleri	52
Şekil 5.35. Çatalçam deniz içi 2.tekrar için FTIR pik seviyeleri	52
Şekil 5.36. Çatalçam dalgalı kısım için FTIR pik seviyeleri	53
Şekil 5.37. Çatalçam sahil için FTIR pik seviyeleri.....	53
Şekil 5.38. Çatalçam için FTIR pik seviyeleri karma görünümü.....	54
Şekil 5.39. Kurupelit ilk numuneler için FTIR pik seviyeleri.....	54
Şekil 5.40. İlk numune kurupelit 2.tekrar FTIR pik seviyeleri	55
Şekil 5.41. Çatalçam ilk numune için FTIR pik seviyeleri.....	55

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1 Plastik adları, reçine tanımlama-geri dönüşüm kodları ve kullanım alanı.....	3
Tablo 4.1. Sediman numuneleri aralarındaki mesafe.....	17
Tablo 5.1. Ekim 2020’de alınan su numunelerin fizikokimyasal analiz sonuçları	24
Tablo 5.2. Ekim 2020’de alınan su numunelerinde TOK ölçüm sonuçları	24
Tablo 5.3. Haziran 2021’de alınan su numunelerinde fizikokimyasal analiz sonuçları	25
Tablo 5.4. Haziran 2021’de alınan su numunelerinde TOK ölçüm sonuçları.....	25
Tablo 5.5 Deniz suyunun genel parametre kalite kriterleri.....	25
Tablo 5.6 Karadeniz kıyı suları için ötrofikasyon kriterleri.....	26
Tablo 5.7. Ekim 2020’de alınan sediman numuneleri fizikokimyasal analiz sonuçları	26
Tablo 5.8. Haziran 2021’de alınan sediman numuneleri fizikokimyasal analiz sonuçları	27
Tablo 5.9. Ekim 2020’de alınan su numunelerinde 2.yöntem ile mikroplastik sayımı.....	28
Tablo 5.10. Haziran 2021’de alınan su numunelerinde 2.yöntem ile mikroplastik sayımı....	28
Tablo 5.11. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 5mm MP sayımı sonuçları	30
Tablo 5.12. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 4mm MP sayımı sonuçları	30
Tablo 5.13. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 3mm MP sayımı sonuçları	31
Tablo 5.14. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 2mm MP sayımı sonuçları	32
Tablo 5.15. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 0,5mm MP sayımı sonuçları	33
Tablo 5.16. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 2. yöntemin uygulanması sonucu elde edilen MP sayım sonuçları.....	33
Tablo 5.17. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 5mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları	34
Tablo 5.18. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 4mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları	35
Tablo 5.19. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 3mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları	36
Tablo 5.20. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 2mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları	37
Tablo 5.21. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 0,5mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları	38
Tablo 5.22. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 2. yöntemin uygulanması sonucu mikroplastik sayımı sonuçları.....	39
Tablo 5.23 Polimer türlerinin renkler bazında değerlendirilmesi	40
Tablo 5.24. FTIR sonuçları referans pik değerleri.....	42
Tablo 5.25. Su numuneleri FTIR kütüphane sonuçları	47
Tablo 5.26. Sediman numuneleri için FTIR kütüphanesi sonuçları.....	56

1. GİRİŞ

Plastik üretim ve kullanımı sanayi devrimine dayanmaktadır. Plastikler tam manasıyla kullanılmaya 1950'lerde başlanmıştır (Xu et al., 2020). Plastikler oldukça hafif, elastik, işlenebilir, korozyona dayanıklı, çok yüksek elektrik ve ısı yalıtkanlığı olmasının yanında ekonomik olmaları dolayısıyla çok sayıda kullanım alanları bulunmaktadır. Günlük yaşantımızda mutfak eşyası, plastik kutu, boru, oyuncak, kaplama, çanta, poşet ve torbaların yapımı gibi birçok alanda kullandığımız plastiklerin uzun yıllar boyunca doğada kalıp ve herhangi bir tahribata uğramaması ve bu kapsamda oluşturduğu kirlilik insan ve çevre sağlığını da etkilemektedir (Esmeray ve Armutçu, 2020). Plastiklerin bu gibi temel özellikleri, bu malzemelerin çok sayıda ürünün yerini almasına neden olmuştur (Rasta et al., 2020). Şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalarda, plastik kirliliğin, makro boyuttaki plastik parçaların geri dönüşümü ya da geri kazanımı olarak değerlendirilmiştir (Yurtsever, 2019).

Plastik atıklarla, özellikle mikroplastiklerden kaynaklı çevre kirliliği, çeşitli karasal ve sucul ekosistemlerin yaşayabilirliği ve sürdürülebilirliği için ortaya çıkan bir tehdit haline gelmiş ve dünya çapında nehir, kıyı ve deniz sularında varlığı kanıtlanmıştır (Sarkar et al., 2019). Her yıl 2.41 milyon tona kadar plastik atığın nehirler yoluyla okyanuslarda sona erdiği tahmin edilmektedir ve gelecekte miktarının istikrarlı bir şekilde artması beklenmektedir. Kimyasal inertlik ve yavaş bozunma oranları gibi özelliklerinden dolayı çoğu plastik döküntü, çevrede birikimle sonuçlanır. Kıyılarda ve plajlarda ağlar, sargılar veya çantalar gibi daha büyük plastik kalıntılar bulunmakta ve manzarayı görsel olarak etkileyebilmektedir. Yüzen döküntüler endüstriyel ekipmana zarar verebilir veya daha büyük suda yaşayan organizmaları dolaştırarak ölümlerine neden olabilir (Adomat and Grischek, 2021). Etkili plastik kullanımı ve atık yönetimi olmazsa, çevrede plastik kirliliği artacaktır. (Firdaus et al., 2020).

Fabrikalar; plastik atıklarını üretim atıkları ve tüketim atıkları olarak ikiye ayırmaktadır. (Yurtsever, 2015). Fabrikalarda üretim sırasında oluşan kırpıntılar, parçalar, döküntüler ve hatalı ürünleri üretim artıkları grubunda; evsel, endüstriyel, ulaşım, tarımsal faaliyetler amacıyla kullanım sonrası oluşan plastik atıkları da tüketim atıkları olarak söylenebilir. Günümüzde yıllık plastik üretimi yaklaşık 330 milyon ton iken bunun yalnızca yüzde 10'u geri dönüştürülmektedir. Oysaki








doğadaki yaşamı tehdit eden unsurların daha detaylı bir şekilde araştırılmaya başlanmasıyla birlikte mikroplastiklerin oluşturmuş olduğu kirlilik son dönemde gündem meselesi haline gelmiştir (Bektaş, 2021).

2. GENEL BİLGİ

2.1. Plastik ve Mikroplastikler

Plastik; karbon, hidrojen, oksijen, azot atomları ve diğer organik ya da inorganik elementlerden oluşan, yağ veya gazlardan çıkarılan monomer adlı basit yapıdaki molekül gruplarındaki bağın kopmasıyla, polimer olarak bilinen uzun ve zincirli bir yapıya dönüşmesiyle elde edilen bir tür sentetik organik polimerdir (Şener, İstanbul'un Karadeniz Kıyılarında Mikroplastik Kirliliğın Araştırılması, 2019). Plastikler günlük yaşantımızın hemen hemen her yerinde kullanılan ve insan yaşamını kolaylaştıran malzemelerdir. Plastiklerin yaygın olarak kullanımı plastik kökenli kirlenmelere de yol açmıştır. Deniz çöpleri arasında çok önemli bir yeri olan plastikler, son yıllarda mikroplastikler diye nitelendirilen yeni bir formu ile karşımıza gelmiştir (Aydın, 2020). Plastiklerin kullanım alanları ve atık kodları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Plastik adları, reçine tanımlama-geri dönüşüm kodları ve kullanım alanı (Yurtsever, 2019)

Plastik kodu, Adı	Kullanımı
 PET, PETE (Polietilen tereftalat)	Su ve Meşrubat şişeleri
 PE-HD, HDPE (Polietilen-yüksek yoğunluklu)	Temizlik Malzemeleri, çamaşır deterjanı, şampuan şişeleri ve süt şişeleri
 PVC (Polivinil klorür)	Boru, profil vb. imalatı, plastik film, şişeler, bardaklar
 PE-LD, LDPE (Polietilen-düşük yoğunluklu)	Poşetler, şişeler
 PP (Polipropilen)	Otomobil yan sanayinde, bahçe mobilyalarında
 Diğer Çeşitli plastikler veya karışımları (Polikarbonat, Akrilik, vb.)	Kapaklar, tıbbi saklama kapları, su damacaneleri, bardak, çatal, mutfak gereçleri, otomotiv vs.
 Kompozit (Kağıt ve karton plastik)	Ambalajlar

	Kompozit (Kağıt ve elyaf levha Plastik Alüminyum)	Ambalajlar
	Kompozit (Kağıt ve karton Plastik)	Ambalajlar
	Kompozit (Kağıt ve elyaf, levha, Plastik, Alüminyum, Kalay)	Ambalajlar
	Kompozit (LDPE plastik Alüminyum)	Ambalajlar

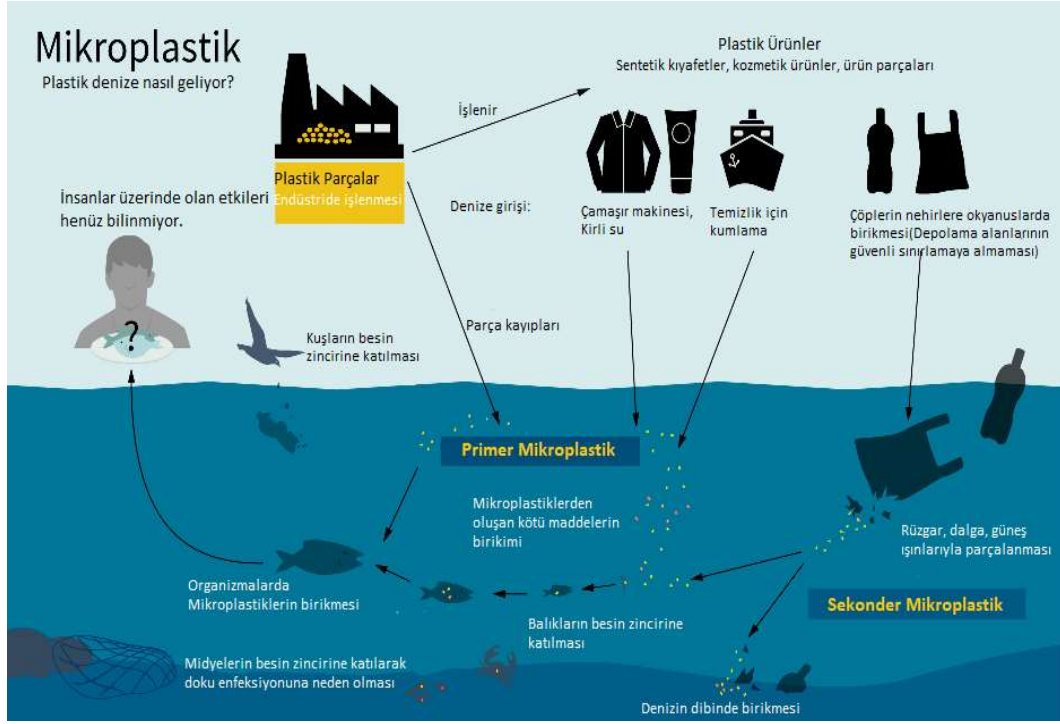
Deniz ortamındaki plastik kirliliği küresel bir endişe kaynağı haline olmuştur. Bu plastikler, su ortamlarında her yerde bulunan 5 mm'nin altındaki boyutlarda mevcut olan mikroplastikler (MP'ler) olarak bilinen tehlikeli küçük parçacıklara dönüşebilir (Kazour et al., 2019). Mikroplastikler, boyu 5 mm küçük olan plastik parçacıklarına verilen isimdir. Mikroplastik terimi çeşitli araştırmacılar tarafından farklı olarak tanımlanmıştır. Gregory ve Andrady 2003 yılında mikroplastikleri 500 µm luk bir elekten geçen 67 µm luk elekte tutunan ve görülebilen parçacıklar olarak tanımlamıştır. Daha sonra mikroplastik terimi, yaklaşık 20 mm çapındaki plastik parçacıklara atıfta bulunmak için kullanılmıştır. Mikroplastik tanımı son olarak tüm plastik parçacıkları boyutu 5mm den küçük parçacıklar olarak değiştirmiştir.

Genel olarak plastik parçacıkları boyutlarına göre,

- Mezo Plastikler (Boyu 5 mm den büyük olan parçacıklar)
- Mikro Plastikler (Boyu 0.2mm< MP< 5mm olan plastik parçacıklar)
- Nano Plastikler (Boyu 1 µm büyük olan plastik parçacıklar) olarak tanımlanır.

Mikroplastikler, kökenlerine göre üç farklı gruba ayrılabilir: aşındırıcı nitelikleri nedeniyle özellikle 5 mm'den daha küçük boyutta oluşturulanlar olan birincil mikroplastikler (Mikro boncuklar); ikincil mikroplastikler, UV ışınlarının (lifler, parçalar, filmler, köpükler) etkisiyle makro ve mezoplastiklerin parçalanmasından kaynaklanır ve üçüncül olarak plastiklerin ön üretimi için kullanılan ve üretildikleri durumda çevreye ulaşan üçüncül mikroplastikler olmak üzere üç grupta toplanır (Ugwu et al., 2021).

Buna bağlı olarak mikroplastiklerin döngüsü Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Mikroplastiklerin döngüsü (Gülsün, 2020)

2.2. Plastik ve Mikroplastiklerin Sınıflandırılması

Plastik ve mikroplastik gibi polimer türleri tip, şekil, boyut, renk ve aşınma özellikleri gibi değişik fiziksel özelliklerine göre gruplandırılmaktadır. Bu sınıflandırma plastiklerin ne tür yapıda olduğunun belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Sınıflandırma sonucu en uygun kullanım alanı belirlenir. Kullanılacak plastiğin hangi amaçla kullanılacağı hangi alana hizmet edeceği belirlenir ve plastik seçimi yapılabilir. Sınıflandırma ile kullanılacak plastik seçimi doğru yapılmış olur (Şener, 2019).

2.2.1. Tiplerine Göre Sınıflandırılması

Plastik tipleri, plastiklerin bir parçası olup, film şeklinde, köpük halinde, palet şeklinde ve lifler halinde olarak dört sınıfta toplayabiliriz. Örneğin pet şişe kapakları, saklama kapları parçacıkları bunlara örnek verilmektedir (Doğruyol, 2019).

2.2.2. Renklerine Göre Sınıflandırılma

Kullanım açısından mikroplastikler renkleri değişik renk tonlarında üretim yapıldığından günlük yaşam alanlarında farklı renklerde görülmektedir. Bunlar siyah, sarı, şeffaf, mor, pempe, mavi, kırmızı, yeşil, turuncu, lacivert, kahverengi ve beyaz gibi bir çok renk türüne sahiplerdir (Doğruyol, 2019).

2.2.3. Şekillerine Göre Sınıflandırılma

Plastiklerin aşınıp bozunması durumundan farklı şekillerde plastik parçalarına rastlamak mümkündür. Aşınma sonucunda plastikleri 4 grupta toplamak mümkündür. Bunlar bozunmuş, aşırı bozunmuş, kırılmış ve parçalanmış olarak gruplandırılmıştır (Şener, 2019).

2.3. Polimer Türleri

Plastikler polimer türleri olarak fenol-formaldehit, poliüretan, politetrafloroetilen, polyester reçineleri ısı ile eriyip soğuduğuda tekrar sertleşirler. Birçok farklı türü olan plastikler termosetler ve termoplastikler olmak üzere iki ana polimer serisi altında toplanabilirler. Akrilonitril bütadien stiren, polikarbonat, polietilen, polietilen tereftalat, polivinilklorür, polimetilmetakrilat, polipropilen, polistiren, genişletilmiş polistiren bu tür polimerler şekilleri oluştuktan sonra ısı gördüklerinde erimezler ve günlük yaşantımızda %70 oranında bu polimer türlerini kullanırız. Polietilenler çarpmalara ve kimyasallara karşı gösterdikleri dirençten dolayı basit bir şekilde temizlenebilme, işleme açısından kolaylık sağlaması ve bakteri üretme özelliğinin olamamasından dolayı birçok sektörde kullanılırlar. Yüksek Yoğunluklu Polietilen çok fazla darbe dayanımına sahip olduklarından dolayı sterilizasyonları çok kolay yapıldığından çok fazla basınçta üretilirler ve genel manada plastiklerin %15'ini oluştururlar. Günümüzde maliyetinin düşük olması, bakım gerektirmemesi gibi sebeplerden dolayı içme suyu hatlarında kullanılmaktadır. Düşük Yoğunluklu Polietilen kimyasallara karşı direnci düşüktür. Maliyet açısından veya bozulma hızlığı sebebi ile çöp poşetlerinde tercih edilmektedir. Polietilen tereftalat doğalgaz sıvıları ve rafine yağlarından üretilir. Bu yüzden gaz geçişlerine dayanıklı, sağlam ve şeffaf bir polimer türüdür. Polipropilen molekül ağırlığına göre özellikleri değişebilen molekül ağırlığı yüksek olan yumuşaktır molekül ağırlığı az olanı ise kırılğan ve sert bit polimerdir. Günümüzde araç parçalarından besin saklama kaplarına kadar hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. Polistiren sert,

saydam, kırılması kolay ve dielektrik dayanıklılığı fazla olan bir polimer türüdür. İzolasyon, kozmetik kutuları, oyuncak, duvar kaplamaları gibi birçok alanda kullanımı mevcuttur. Polivinil klorür dayanımı yüksek olan bir polimer türü olup günümüzde yalıtımı iyi sağlaması sebebi ve dayanıklı olması sebebi ile ev ve iş yeri pencereleri yapımında kullanılmaktadır (Doğruyol, 2019).

2.4. Plastiklerin Kullanım Alanları

Günümüzde plastikler, kauçuk, kağıt, cam, metal, yün, pamuk ve ipek gibi çok farklı alanlarda kullanılıp yaşantımızın olmazsa olmazı haline gelmiş olup az maliyetli işlenebilirlik özelliği olmaları nedeni ile tercih sebebi olmuştur. Bundan dolayı plastikler mutfak, büro eşyaları, elektronik ürünler, ev eşyaları, kişisel kullanım ürünleri gibi birçok alandan yaşantımıza dahil olmuştur. (Doğruyol, 2019).

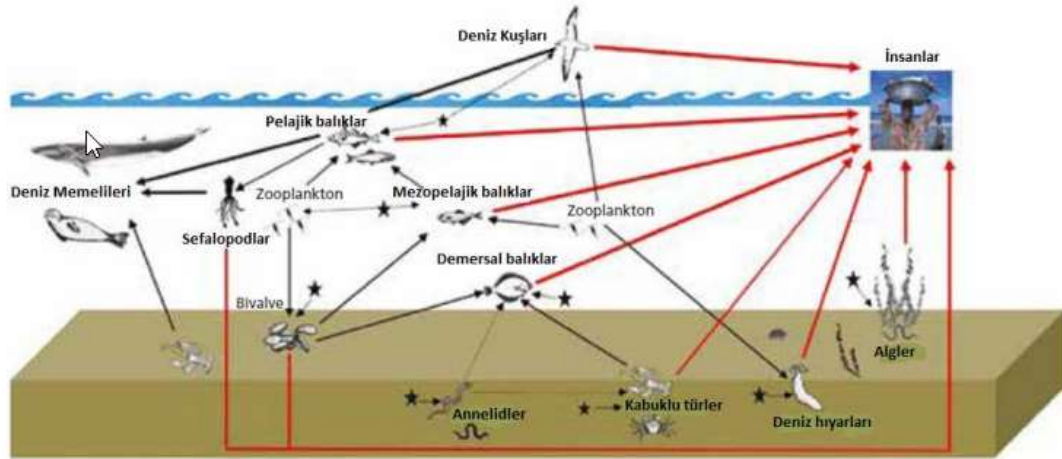
2.5. Mikroplastiklerin Zararları

Denize atılan çöpler, denizde yaşayan canlılar için tehdit oluşturan ve gün geçtikçe artan küresel bir sorun oluşturmaya başlamıştır. Denizlerde yaygın olan plastikler, denize atılan çöplerin % 60-80'i ve deniz ortamında yüzen parçacıkların da % 90'ını oluşturur. Deniz atıkları üzerine yapılan çalışmalar çoğunlukla balıklar, kuşlar veya deniz memelileri için yapılan büyük miktardaki atık çöpler için yapılmış olsa da son yıllarda yapılan araştırmalar, denizlerdeki mikroplastikler üzerine yoğunlaşmıştır. Mikroplastiklerin deniz canlılarına toksikolojik etkileri hakkında çok az sayıda yayınlanmış bir rapor bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar mikroplastiklerin denizlerde yaşayan canlılar tarafından gıda ile karıştırılarak bünyelerine alınabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte canlıların bünyesinde biriken mikroplastikler canlılarda tokluk hissi yaratarak yeterli besini sağlayamamasına sebep olmaktadır. Yeterli besini bünyelerine alamayan canlılar plastik kirliliğinden ölüme kadar giden bir sürece ulaşmış olmaktadır. Canlıların plastik ve besini ayırt edememesi sonucu vücutlarında birikmesi ve hatta besin zinciri halkasında daha büyük canlıların küçük canlıları yemesi ile birlikte büyük canlılarda daha fazla birikime sebep olmaktadır (Aydın, 2020).

MP'lerin yutulma, besin ağlarına transfer edilme ve son olarak hem organizma fizyolojisini hem de ekosistem işleyişini etkileme potansiyeli daha yüksek bir kapasiteye sahiptir. Küçük boyutları ve yüksek yüzey alanı nedeniyle. Ham MP peletlerinin yanı sıra kozmetikte kullanılan öğeleri içeren birincil MP'ler dahil olmak

üzere iki MP kaynağı tanımlanmıştır. Çevredeki MP'lerin varlığı, kutuptan kutba ve tüm kıtalarda, havadan, karasal sulardan, okyanuslardan, sedimanlarda ve biyotada varlığı ispat edilmiştir. Bu durum tüm yüzey bölümlerinin zaten mikroplastiklerin enjeksiyonundan etkilenir. Son zamanlarda polimerlerin kendisinden veya salınan katkı maddelerinden veya adsorbe edilen kirleticilerden kaynaklanan mikroplastik toksisitesi ve parçalanma mekanizmaları üzerine yapılan çok sayıda çalışma, bilim camiası şuanda mikroplastiklerin oluşturduğu çevre sorunlarına gösterilen ilginin kanıtıdır (Phuong et al., 2021).

Mikroplastiklerin buldukları ortamlardaki çevresel etkileri ise; farklı parçacık boyutlarında olup birbirine dönüştürülmezler ve küçük parçacıklar büyük parçacıklara göre daha fazla sayıda bulunurlar ve denizlerde yaşayan canlı organizmalar üzerindeki etkileri ise doğal besinler ile aynı boyutta olduğu için denizlerde yaşayan canlıların mikroplastik parçalarını yedikleri takdirde canlı bünyesinde tokluk hissi oluşturup canlıların yaşamlarını sonlandırıldığı görülmüştür (Denizli ve Yavuz, 2017). Denizlerde yaşayan organizmalar ve etkileşimleri Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Denizlerde yaşayan organizmalar ve mikroplastiklerin etkileşimi ve besin zincirindeki buluşmaları (Kayhan, 2019)

Mikroplastiklerin insanlara geçiş yolları içme suyu, deniz ürünleri, gıda maddeleri, dermal maruz kalma (su ve kozmetik) ve solunum yolu ile mikroplastikler insan vücuduna geçişi sağlanıyor ve insanlar üzerindeki etkileri ise mikroplastikler biyolojik olarak dirençlidir ve insanlarda iltihaplanma, genotoksisite, oksidatif stres, hücre apoptozisi ve doku nekrozu gibi negatif biyolojik tepkilerden ve dolayısıyla

lokalize hücre ve doku hasarı, fibroz ve potansiyel olarak kanserojenlikten sorumlu olabilmektedirler. Mikroplastikler, küçük boyutlarından dolayı translokasyondan (kromozom mutasyonu) sonra organlarda tıkanmaya, iltihaplanmaya ve birikmeye neden olan çok çeşitli organizmalar ile etkileşime girebilmektedirler. Mikroplastik parçacıklar ciltte veya gıda maddelerinde birikmekte, bu durum insan sağlığına etkisinin net olarak bilinmeyen dermal ve besinsel maruz kalma ile sonuçlanabilmektedir. Mikroplastikler çocuklarda astım, kronik akciğer hastalıkları gibi hastalıklara neden olmaktadır. Yetişkin insanda ise aynı şekilde astım, kalp hastalığı, alerji, otoimmün hastalıklara ve ölüme neden olurlar (Esmeray ve Armutçu, 2020).

3. MİKROPLASTİKLER İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Mikroplastik çalışmaları buldukları ortamlardaki etkilerinden dolayı son yıllarda araştırılmaya başlanmış olup konumuz ile bağlantılı olan çalışmalar:

(Gündoğdu, vd., 2017), Akdeniz Bölgesinde mikroplastik kirliliğinin olumsuz etkileri nedeniyle Akdeniz Bölgesinde plastik kirlilik yönünden çok etkilenen noktalardan bir tanesi Mersin Körfezi olmuştur. ATR-FTIR analizi yapılarak Mersin Körfezinde toplamda 9 çeşit mikroplastik tespit etmişlerdir.

(Patricio et al., 2021), COVID 19 Salgını nedeniyle tek kullanımlık olan maske eldivenlerin tüketimi plastik kirlilik üzerindeki potansiyel etkileri hakkında bir araştırmaya yapmışlar ve COVID-19 sebebi ile hastalık atıkları ve mikroplastiklerin %20'si çevre ve halk sağlığına zararlı olduğunu kanıtlamışlardır.

(Dubaiş and Liebezeit), Güney Kuzey Denizindeki Jade sisteminin yüzey sularında asılı kalan mikroplastik parçalarını belirleme çalışması yapmışlar ve ortalama 64 ± 194 granüler partikül 88 ± 82 fiber kalıntı parçalarına rastlamışlardır.

(Collignon et al., 2012), Kuzey Batı 22-25 Temmuz 2012 tarihinde nötronik zooplankton ve mikroplastik bolluğunu belirlemek için yapılan çalışmada toplamda 40 istasyondan 90 çeşit mikroplastik parçacıklara rastlamışlardır.

(Zou et al., 2021), Çin'in Guangzhou Bölgesindeki 6 farklı Atıksu Arıtma Tesisleri, tatlı su ve nehir ağızlarından aldıkları numunelerde mikroplastiklere rastlamışlardır. 6 adet atıksu arıtma tesisi tüm atık sularında ortalama 1719 ± 1035 MP/L olduğunu tespit etmişlerdir. FTIR cihazı kullanarak mikroplastiklerin polimer türünü belirlemişler ve bunların %31.9'u polietilen tereftalat, %26'sı polipropilen, %9.7'si polietilen olduğunu doğrulamışlardır.

(Adomat and Grischeck, 2021), Deniz ortamlarındaki mikroplastikler ve bunların ekosistem üzerindeki potansiyel etkileri ve ekolojik risklerini araştırmışlar ve bu işlemi birkaç farklı yolla yapıp değerlendirmişlerdir. Bu yollar tarama, örnek yakalama ve karotlar ile gerçekleştirmişler. Tarama işlemini nehir yatağı boyunca sürüklenen ve bir tekmeden sedimanı kazan cihaz ile gerçekleştirmişlerdir. Örneklemeye yakalamayı ise otomatik olarak, mekanik olarak yada elektrik sinyali göndererek kapanan iki metal cenesi olan cihaz ile gerçekleştirmişler. Karotlar ise

silindirik bir numune toplamak için sedimana yerleştirilen tüp sayesinde gerçekleştirmişler. Mikroplastikleri belirlemek amacıyla numunelere kurutma, eleme ve sindirim işlemi yapmışlardır.

(Phuong et al., 2021) Deniz sedimanları mikroplastiklerin tespiti ve kullanılan tekniklerin avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırılması hakkında bir araştırma çalışması yapmışlar. Literatür analiz çalışması sonucu 70 çalışmanın çoğunun Avrupa ve Asya kıyı ortamlarında gerçekleştirildiğini ortaya koymuşlardır ve NaCl ile doymuş çözelti, hidrojen peroksit (H_2O_2) ve Fourier transform kızılötesi spektroskopisinin kullanımı(FTIR) sırasıyla ayırma, sindirme ve tanımlamanın farklı adımları için açık ara en çok kullanılan teknik olduğunu ortaya koymuşlardır.

(Cheng et al., 2021), Su ve sedimanda mikroplastiklerin çeşitli formları, polimer türleri, renkleri ve boyutları hakkında bilgi verip boyutlarındaki heterojenlik numune alma ve numune işleme metodlarını bir araya getiren bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında su ve sedimandaki mikroplastik konsantrasyonlarını belirlemek için farklı birimlerin olduğunu ve bu birimleri nasıl kullandıklarını açıklamışlar ve su için raporlama birimlerinin parçacıklar/ m^3 , parçacıklar/L, parçacıklar/ km^2 , parçacıklar/ $100m^3$ ve parçacıklar/ 1000^3 olduğunu bildirmişler sediman için ise raporlama birimi olarak parçacıklar/kg, parçacıklar/ m^2 , parçacıklar/100 gr, parçacıklar/gr, parçacıklar/10 gr, parçacıklar/ml, parçacıklar/ dm^3 ve parçacıklar/ $100 m^2$ olduğunu ortaya koymuşlardır.

(Ma et al., 2020), Sucul ekosistemlerde mikropalstik kirliliğinin yaygınlığından kaynaklı ekolojik sistemdeki olumsuz etkilerin araştırılmasına dair bir çalışma gerçekleştirmişler. Mikroplastiklerin hangi polimer türlerini içerdiğini ve bu polimer türlerinin toksik etkilerini incelemişler ve incelenen sonuçlarda inorganik mikroplastik olarak polisitren, floresan kırmızı polimer mikroküreler, polietilen ve polivinil klorür polimer çeşitlerini incelemişler ve toksik etkileri olarak polisitren dokuda birikim, bağırsakta birikim ve karaciğerde toksik etki yaptığını gözlemlemişler. Polietilende toksik etki olarak ise; Mukus tabakasının dört bağırsak bölmesi, mukozal epitel, kas tabakası ve seroza arasında birikir, biyoakümülyasyon ve etki besleme aktivitesi yaptığını görmüşler. Polivinil klorür ise, dokular ve karaciğer hücrelerinde birikim yaptığını görmüşlerdir. Organik polimer türleri olarak ise polietilen mikro boncuklar (MP), polietilen (PE), polistiren (PS), polivinil klorür (PVC), kırmızı floresan, floresan mikroplastik parçacıklar ve polistiren plastik

parçacıklara rastlamışlardır bunların toksik etkileri ise, poletilen mikro boncukların, biyoakümülyasyon metabolik aktivitesi olduğu görülmüştür. Polietilen (PE), polistiren (PS) ve polivinil klorür (PVC) toksik etkileri mikroplastiklerin mikroalgler üzerindeki toksisitesi esas olarak fiziksel hasardan kaynaklanmıştır ve triklosan, mikroalglerin büyümesi üzerinde inhibisyon etkisi göstermiştir.

(Falahudin et al., 2020), Endonezya'nın Banten Körfezi'ndeki 25 istasyonundan alınan numunelerde mikroplastiklerin sedimanlardaki mekansal dağılımı, potansiyel etkileri ve ekolojik açıdan önemini incelemişlerdir. MP'ler flotasyon yöntemleriyle ekstrakte edilmiş, stereomikroskop altında gözlenmiş ve FTIR görüntüleme ile polimerler tanımlanmıştır. Bu çalışma, tüm çökeltilerin ortalama 267 ± 98 partikül / kgdw^{-1} sediman konsantrasyonuna sahip MP'ler içerdiği Banten Körfezi'nde MP kirliliğinin yaygın olduğunu göstermiştir. En yaygın şekil, boyut, ve polimer tipi sırasıyla köpük (gözlenen MP'lerin % 38'i), sırasıyla 500 ve 1000 um (>% 50) arasında yayılmış ve yaygın olarak ortaya çıkan polimer türü polistirendir. Parçacıkların ince sediman tane büyüklüğüne sahip istasyonlarda ve adanın nehir ağzına yakın yerlerde, kıyıdaki alanlara göre daha yüksek oranda dağıldığı gözlemlenmişler, bu da şu anda sedimanlardaki mikroplastiklerin etkisinin bentik bölge için zararlı olabileceğini ortaya çıkarmışlar ve potansiyel olarak pelajik bölge topluluğun büyüklüğünü arttırdığını ayrıca, nehir çıkış suyu Banten Körfezi'ne plastik kirliliğin varlığını ortaya yapılan analizler sonucunda ortaya koymuşlardır.

(Wang et al., 2019), Güney Sarı Deniz'den gelen sediman ve bentik organizmalardaki mikroplastiklerin FTIR analizi sonucu polimer türlerini incelemişler. Mikroplastik analizleri için sediman örneklemesini optimize ettik ve üst katmanın (0-5 cm) en yüksek bolluğa sahip olduğunu ve sediman derinliğindeki artışla mikroplastik bollukların önemli ölçüde azaldığını görmüşler. Mikroplastiklerin bolluğu, 14 bölgenin yüzey sedimanlarında (en üstteki 3 cm) 560-4205 n / kg kuru ağırlık ve bentik organizmaların dokularında 1.7-47.0 n / g ıslak ağırlık idi. Ayrıca, sedimanlarda ve bentik organizmalarda mikroplastik bollukların her ikisi de su derinliği ile pozitif korelasyon göstermiş olduğunu ortaya koymuşlardır. Elyaf, şeffaf mikroplastikler ve küçük mikroplastikler (<0,5 mm) sediman ve organizmalarda en baskın türler olduğunu öne çıkardılar. FTIR analizi sonucunda rastlanan polimer türleri ise polipropilenin (PP, %31), polyester (PE, %24), naylon (%19) ve polistiren (PS, %15) sedimanlarda en bol bulunan polimer

türleri olduğunu kanıtlamışlardır. SEM analiz sonuçları ise, sedimanlardan izole edilen mikroplastikler üzerinde pürüzlü yüzeyler ve belirgin çatlaklar var olduğunu gözlemlemişlerdir. Sedimanlar ve bentik topluluklardaki mikroplastiklerin kapsamlı bir incelemesinin, mikroplastik kirliliğin ekolojik riskini tam olarak anlamaya yardımcı olacağını kanıtlamışlardır.

(Guo and Wang, 2019), Mikroplastiklerin denizve kıyı ortamlarındaki mikroplastiklerin türü özellikleri ve dağılımını inceleyen bir çalışma yapmışlar ve bu derleme makale çalışmasında mikroplastiklerin polimer çeşitleri özellikleri, mikroplastiklerin parçalanması sonucu oluşan özellikleri, mikroplastiklerin renk değişiklikleri, küresel deniz ve kıyı ortamlarındaki mikroplastik türü değişiklikleri, mikroplastiklerin deniz ortamlarındaki etkilerini anlatan bir derleme makale çalışması yapmışlar ve toksik etkisi fazla olan polimer türlerinde bahsetmişlerdir.

(Wang et al., 2019), Mikroplastiklerin sucul biyota üzerindeki etkileri ve suda yaşayan organizmalar üzerindeki etkilerini anlatan bir çalışma yapmışlar ve bu incelemeler sonucunda yosun bünyesinde fotosentezi etkileme, yosun büyümesi ve klorofil floresansı üzerindeki etkisinin yok olduğunu, alg büyümesinde gecikmelere neden olduğunu, şeker biyosentezindeki azalmalar ve genlerin gelişmesinin azaldığını kanıtlamışlar mikroplastiklerin sucul ortamdaki organizmalara karşı toksik etkilerinin buna benzer etkiler olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

(Alimba and Faggio, 2019), Bu çalışmada denizel ortamdaki mikroplastik kirliliğindeki mevcut toksikolojik sonuçlarını anlatan bir derleme makale çalışması yapmışlar ve yapılan incelemeler sonucunda mikroplastikler ve nanoplastikler, plastik parçalanma ürünleri, ortaya çıkan deniz kirleticileridir. Organik kontaminantları ve metalleri ve sorb patojenlerini emebilirler ve küçük boyutları ile endositoz benzeri mekanizmalar yoluyla gastro-intestinal membranlar boyunca dokulara ve organlara translokasyondurlar. Deniz omurgalılarında ve omurgasızlarda oksidatif stresin kontrolü için gerekli gen ekspresyonunun düzensizliğini ortaya çıkarmışlardır. Bu değişiklikler, mikroplastiklerin neden olduğu oksidatif stres, immünolojik tepkiler, genomik dengesizlik, endokrin sistemin bozulması, nörotoksisite, üreme anormallikleri, embriyotoksisite ve nesiller arası toksisiteden sorumlu olduğunu bu derleme makale çalışmasında kanıtlamış oldular.

(Martin et al., 2018), Bu çalışmada yüzeydeki mikroplastik örnekleme sediman ve su yada su altında kalmış mikroplastik parçacıklarını filtrasyon yaparak ayırmışlar ve Mikro ATR-FTIR kullanılarak mikroplastikleri belirlemişler.

(Zhang et al., 2020), Bu çalışmada, derinliği 4601 m ile 5732 m arasında değişen Batı Pasifik Okyanusu'nun derin deniz bölgelerinden sediman ve organizma örnekleri almışlar ve mikroplastikleri Mikro-FTIR kullanılarak mikroplastiklerin polimer türlerini incelemişler ve düşük yoğunluklu polietilen (PE), mavi PE parçacıklar ve yeşil naylon liflerinin varlığını kanıtlamış oldular.

(Firdaus et al., 2020), Bu çalışma, Endonezya, Surabaya, Jagir Halici ve Wonorejo sahilindeki sedimanlarda mikroplastiklerin (MP) bolluğunu ve özelliklerini araştırmışlardır. Ekman tarama örnekleyicisini kullanarak numuneleri aldılar polimer tanımlamasını FTIR ile gerçekleştirdiler. MP şekilleri lif (% 57), film (% 36) ve parçadan (% 7) oluştuğunu gözlemlediler. En yüksek MP bolluğu, Wonorejo sahil sedimanında en yüksektir (590 partikül / kg kuru ağırlık). MP parçacıkları % 68 büyük ve % 25 küçük boyutlardan oluşuyordu ve % 56.7 polyester, % 24.6 düşük yoğunluklu polietilen içerdiğini ve % 18.8 polipropilen polimer türlerine rastladılar. MP renkleri bakımından incelediklerinde ise % 43 şeffaf, % 21 siyah, % 14 mavi, % 10 beyaz, % 8 kırmızı ve % 4 sarı renkte mikroplastik parçacıklarını bulduklarını kanıtladılar.

(Vieira et al., 2021), Bu çalışmada su ortamında mikroplastiklerin halk sağlığına yönelik bir çalışma yapmışlar ve modelleme ve simülasyonlar gibi matematiksel araçlar, bilgilerin nasıl yorumlandığını iyileştirmeyi amaçlayan ayrıntılı bir makale çıkarmışlardır. PE, PS, PP, PA ve PVC üzerine adsorpsiyonu araştırdılar ve izotermiler , PA gözenekli yapısı ve hidrojen bağına atfedilen, tatlı su kaynaklarında $7,36 \pm 0,257$ ila $756 \pm 48,0$ L kg^{-1} arasında değişen Kd değerleri sunarak PA için daha yüksek adsorpsiyon göstermiştir . Genel olarak, antibiyotiklerin PS, PE, PP ve PVC üzerine adsorbe edilen miktarları siprofloksasin, amoksisilin, trimetoprim, sülfadiazin ve tetrasiklin sırasıyla azaldığını gözlemlemişler ve kinetik çalışma, sorpsiyon sürecinin yavaş olduğu ve amoksisilinin dengeye ulaşması için yaklaşık 28 güne ihtiyaç duyduğu sonucuna varmışlardır.

(Ivar do Sul, 2021), Bu çalışma mikroplastiklerin araştırılmasının üç temel nedeni anlatan bir çalışma gerçekleştirmişler ve yapılan incelemeler sonucunda bu üç

maddenin birincisi mikroplastik kirliliği araştırmalarının ötesinde geçerli olan bilimsel bir ilke olan doğru terminolojiyi uygulamanın çok önemli olgunu, ikinci olarak ise, plastik araştırmaları esas olarak genellikle diğer antropojenik parçacıklar için geçerli olmayan çevrede kalıcılık gibi plastik bileşen polimerlerinin içsel özelliklerinden dolayı önemli olduğunu, Üçüncü olarak ise, mikroplastik kontaminasyon konularındaki mevcut bilimsel araştırmaların, bunların çerçevesinde nispeten uzun süre kalıcı olmalarına odaklanmak olduğunu kanıtlamış oldular.

(Phuong et al., 2021), Bu çalışmada deniz sedimanından numuneler olarak yöntem kıyaslaması gerçekleştirmişler ve en yaygın kullanılan yönteminde NaCl ile doymuş çözelti, H₂O₂ ve FTIR kullanmışlardır bunun en önemli nedeni ise maliyet açısından ve kolay ulaşılabilirlik açısından bu yöntemin en makul yöntem olduğunu yapılan incelemeler sonucunda kanıtlamış oldular.

(Kumar et al.,2021) Bu çalışma nehir ekosisteminde mikroplastik kirliliğin oluşumu ve dağılımına ilişkin su ve sediman örnekleri almışlardır ve polimer türü belirlemesi yapmışlardır. FTIR kullanılarak nehirlerdeki mikroplastik polimer türlerinin PS, PE, PP, PA, PET, PVC, PDPE, LPDE, naylon, akrilik vb. kullanılarak farklı polimerik mikroplastik türleri gözlemlenmiştir. Ağır metaller, organik kirleticiler, besinler, antibiyotikler vb. gibi toksik kirleticilerin mikroplastik yüzeyine adsorpsiyon mekanizmaları ve suda yaşayan organizmalara maruz kalmaları ile birlikte mikroplastiklerin yutulması ve ekolojik kaygıları da incelemişler ve yapılan incelemeler sonucunda nehir ekosistemlerindeki mikroplastik kirlilik, ekotoksikolojik ve jeokimyasal sonuçlar nedeniyle küresel değişim stresine maruz kaldıkları ortaya çıkartıp ispat etmişlerdir.

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Çalışma Alanı

Samsun, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde merkezî bir noktada yer almaktadır. Orta Karadeniz Bölgesinde yer alan Samsun'un Karadeniz sahilinin toplam uzunluğu 120 km'dir. Yakakent'ten Terme Milîç'e kadar uzanan bu sahil, derinliği kimi yerlerde 200 metreye ulaşan kumsalı içermektedir. Samsun merkezden ve özellikle Atakum bölgesinden başlayarak plaj sayısı çoğalmaktadır. Yine Atakum ve Ondokuzmayıs bölgelerinden başlayarak sahil otelleri, restoran ve eğlence mekanlarının artmasıyla kıyı faaliyetleri nedeniyle kirlilik potansiyeli de artış göstermektedir. Kıyı yerleşimlerinden kaynaklanan atıksuların deşarjı ve sahil şeridini kirlüten katı atıkların bertarafı kaçınılmaz sorunlar arasındadır.

Bu çalışmada su analizleri için; Atakent (W1-B), Atakent iskele sonu (W2-B), Kurupelit (W3-B), ve Çatalçamdan(W4-B), sediman numuneleri ise Tablo 4.1'de verilen noktalardan alınmıştır. Numune alım istasyonları Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Numune alım istasyonları uydu görünümüleri

Tablo 4.1. Sediman numuneleri aralarındaki mesafe

Numunenin adı		Deniz içi karaya olan uzaklık (m)	Deniz suyunun vurduğu mesafe (m)	Sahil şeridi (m)
Atakent deniz	S1-B	8	-	-
Atakent dalgalı kısım	S2-B	-	3	-
Atakent sahil	S3-B	-	-	1,5
Atakent iskele	S4-B	200	-	-
Kurupelit deniz	S5-B	10	-	-
Kurupelit dalgalı kısım	S6-B	-	3	-
Kurupelit sahil	S7-B	-	-	2,5
Çatalçam deniz	S8-B	15	-	-
Çatalçam dalgalı kısım	S9-B	-	1	-
Çatalçam sahil	S10-B	-	-	2,5

Atakent, Kurupelit ve Çatalçam bölgelerinde plaj ve balıkçılık faaliyetlerinden dolayı oluşan kirlilik yaz aylarında oldukça yüksektir (Özpolat vd., 2021). Bu nedenle bu bölgelerde ki kirlilik yoğunluğunun mikroplastiklerin etkisi olduğu düşünülerek mevcut örnekleme noktaları ele alınmıştır.

4.2. Sediman ve Su Numunelerinin Alınması

Ekim 2020 ve Haziran 2021 tarihlerinde su numuneleri için numune Nansen şişesi, sediman örnekleri için ise Bridge-Erkman grab sediman örnekleme cihazı kullanılmıştır. Sediman örnekleri Ekim 2020’de numune alımı gerçekleştirilmiştir. Ekim 2020’de alınan sediman örnekleri sadece yüzeyden (0-30 cm) steril kaplarda alınarak laboratuvara getirilmiş ve yaş olarak 1-2 gün içerisinde analiz edilmesine başlanmıştır. Haziran 2021’de gerçekleştirilen numune alımında ise su numuneleri Nansen şişesine alınmıştır. Sediman numuneleri için ise bir nokta için üç farklı yerden numuneler alınmıştır bunlar; deniz içi, dalgalı kısım ve sahil olarak sediman numuneleri alınmıştır. Sediman numuneleri alınırken aralarındaki mesafe gösterimi Tablo 4.1’te verilmiştir.



Şekil 4.2. Sediman numunesi dalgalı kısım ve sahil arasındaki mesafe



Şekil 4.3. Bridge-Erkman grab sediman örnekleyicisi

4.3. Örneklemeye ve Analiz

Bu çalışmada, su için belirlenen 4 noktadan sediman için ise belirlenen 10 noktadan alınan numunelere, pH, iletkenlik, direnç, tuzluluk, toplam çözümlü katı madde (TÇM), sıcaklık parametreleri CONSORT C535 Model çoklu parametre ölçer ile yerinde ölçülmüştür. Klorofil-a konsantrasyonları Turner-Design Aquafluor taşınabilir cihazı ile yerinde ölçülmüştür. Su numuneleri için, vakum filtrasyonu ile askıda katı madde (AKM), kitler kullanılarak da sülfat, fosfat, nitrat ve nitrat azotu analizleri T70 UV/VIS spektrofotometre yardımıyla okunmuştur. Su numuneleri için TOK analizleri Apollo 9000 Combustion TOC Analyzer yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.4. Yerinde ölçüm



Şekil 4.5. Askıda katı madde deneyi

Sediman numuneleri için ise; laboratuvara geldikten sonra 1/5 katı/sıvı oranında sediman ve saf su eklenerek 1 saat sonrasında pH, iletkenlik, direnç, tuzluluk, sıcaklık parametreleri CONSORT C535 Model çoklu parametre ölçer ile ölçülmüştür. Etüvde 103-105 °C'de sediman numuneleri kurutulup % su içeriği bulunmuştur ve kül fırını 550 °C sediman numuneleri yakıldıktan sonra % organik içerik hesaplanmıştır. Aynı zamanda sediman örnekleri etüvde kurutulduktan sonra (Fritsh - Analysette 3) otomatik titreşimli lek yardımı ile numunelerin tanecik boyutları belirlenmiştir (<500µm,<250µm,<125µm,<90µm,<63µm). % Nem içeriği ve % organik içerik hesaplama denklemleri Denklem 1 ve Denklem 2'de verilmiştir.

Denklem 1: % Nem içeriği hesaplama

% Nem içeriği Denklemi;

$$\frac{\text{ıslak sediman ağırlığı} - \text{etüv sonrası kuru sediman ağırlığı}}{\text{etüv sonrası kuru sediman ağırlığı}} \times 100$$

Denklem 2: % Organik içerik hesaplama

% Organik içerik denklemi

$$\frac{\text{etüv sonrası sediman ağırlığı} - \text{kül fırını sonrası sediman ağırlığı}}{\text{kül fırını sonrası sediman ağırlığı}} \times 100$$

4.3.1. Mikroplastik Belirleme Analizleri

Bu çalışmada, su numuneleri için sadece tek bir yöntem kullanılmıştır. Sediman numuneleri için iki farklı mikroplastik inceleme yöntemi kullanılmıştır çünkü iki farklı yöntemde ölçülen mikroplastiklerin aynı polimer türüne bağlı olup

olmadığı görmek istenilmiştir ve bu iki yöntemin kıyaslanması yapılmıştır. Kıyaslama yapabilmek için iki farklı yöntem kullanılmıştır.

4.3.1.1. Yöntem 1

(Pritzker et al., 2015)'na göre mikroplastikleri belirlemek için kullandığı yöntem sadece sediman numunelerinde kullanılmıştır. Mikroplastikleri incelemek için yoğunluk ayırımı yapılmıştır. Yoğunluk ayırımı yapılırken 1 kg ıslak sediman numunesine 140 g/L NaCl çözeltisi eklenip 5 dakika karıştırılıp ve 1 saat çökmesi beklenmiştir. Numunelerde mikroplastik belirlemek için 5, 4, 3, 2, 0,5 mm çaplarındaki elekten süzme ve vakum filtrasyonu yapılmıştır. Sonra ZEISS AX10 Mikroskop Axiocam 105 color marka mikroskop ile mikroplastik resimleri çekilmiştir. Olympus CX31 marka mikroskop ile mikroplastiklerin sayımı yapılmıştır.

4.3.1.2. Yöntem 2

(Pritzker et al., 2015). Su ve sediman ortamındaki mikroplastikleri belirleyebilmek için referans olarak kullanılmıştır.

Su İçin;

Su numunelerinde (NOAA 2015) föyü rehber alınarak mikroplastiklerin tayini yapılmıştır. Mikroplastik analizi; alınan 100 mL su numunesinin içerisine 20 mL Demir Çözeltisi (Fe (II) sulu çözeltisi), 20 mL %30 Hidrojen Peroksit (H₂O₂) ve yoğunluğu artırmak için 6 gr NaCl eklenmiştir. Behere alınan numuneler 75 °C'de 30 dakika karıştırılmıştır. Numuneler içerisinde plastik türevleri varsa işlem sonrasında beher içerisinde mikroplastikler belirmeye başlamaktadır. ZEISS AX10 Mikroskop Axiocam 105 color marka mikroskop ile mikroplastik resimleri çekilmiştir. Olympus CX31 marka mikroskop ile mikroplastiklerin sayımı yapılmıştır. Mikroplastiklerin polimer türü PerkinElmer UATR Two marka Atr-FTIR yardımıyla belirlenmiştir.

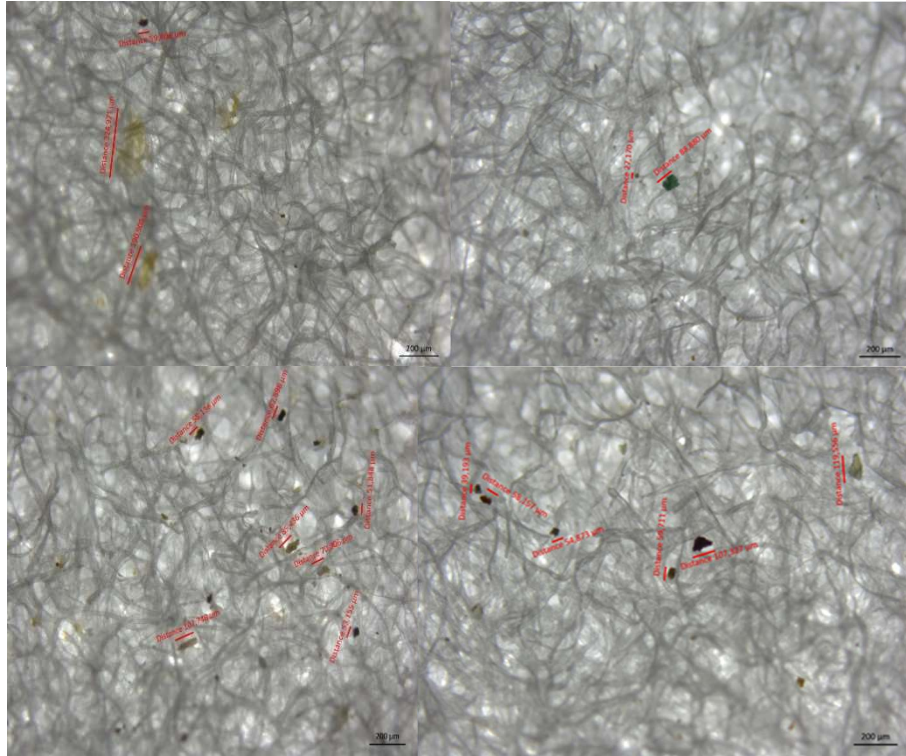
Sediman numuneleri için;

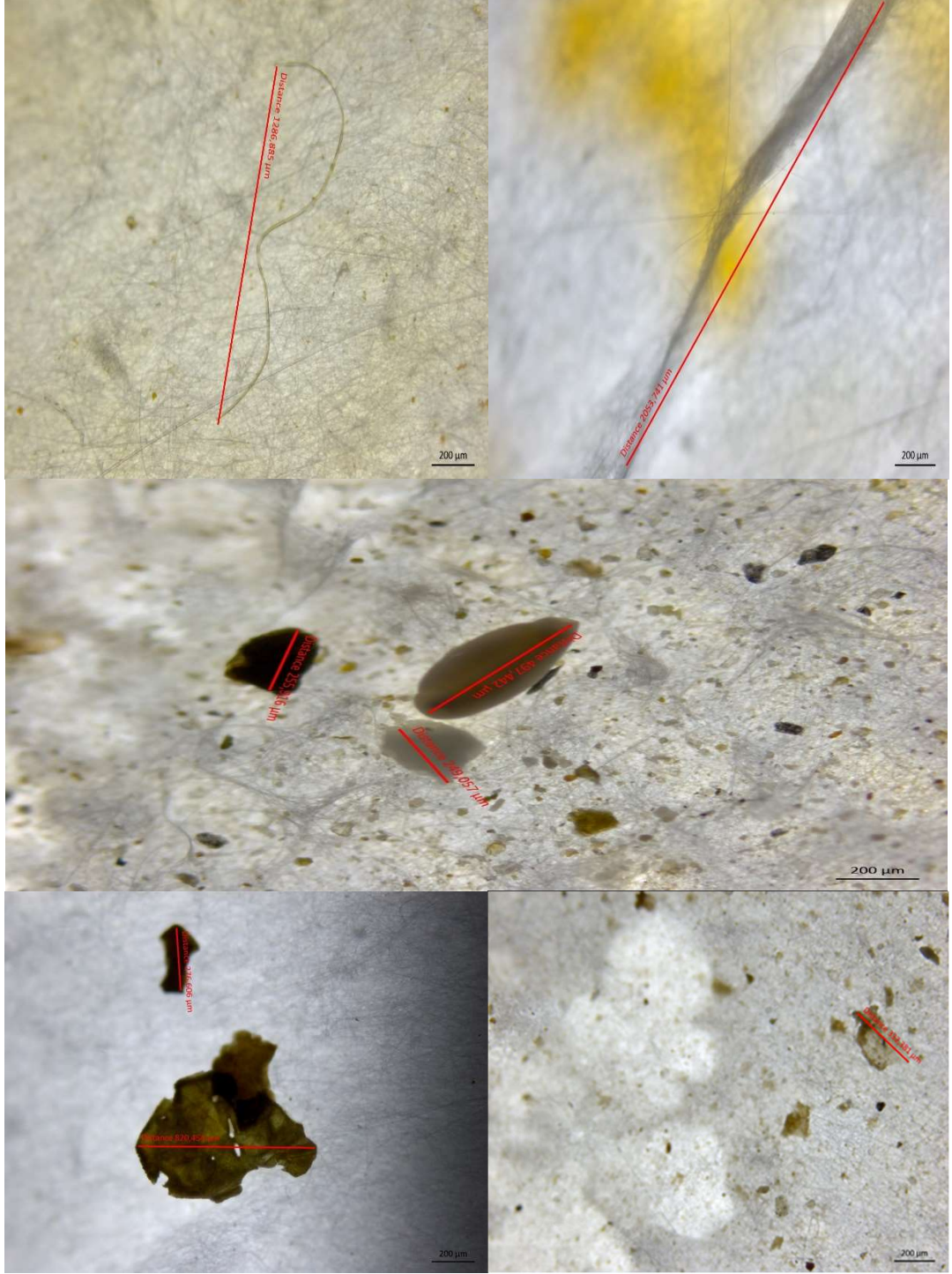
Sediman numunelerinde mikroplastikleri incelemek için; her kuru sediman numunesinden 10g, 250 mL'lik behere aktarılmış ve 150 mL konsantre NaCl solüsyonu (yoğunluk: 1.2 g/ mL) üç adımda (yani her adımda 50 mL) ilave edilerek manyetik karıştırıcı yardımıyla 1dakika karıştırılmış ve 5 dakika çökmesi sağlanmıştır. Daha sonra organik maddeyi sindirmek için 5 mL %30 w/w H₂O₂ ilave edilmiş, beher kontaminasyonunu önlemek için alüminyum folyo ile kaplanmış ve 24

saat bekletilmiştir. Numuneler selüloz filtre kağıdından vakum filtrasyonu düzeneğiyle süzölmüş ve filtre kağıtları petri kabına yerleştirilmiştir. Sonra ZEISS AX10 Mikroskop Axiocam 105 color marka mikroskop ile mikroplastik resimleri çekilmiştir. Olympus CX31 marka mikroskop ile mikroplastiklerin sayımı yapılmıştır. Son olarak mikroplastiklerin polimer türünü belirlemek için PerkinElmer UATR Two marka Atr-FTIR cihazı kullanılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Belirlenen noktalardan alınan su ve sediman numunelerinden yoğunluk ayrımı yapıldıktan sonra optik mikroskop ile mikroplastik sayımı yapılmış olup su numuneleri için 2. yöntem kullanılmıştır ve Ekim 2020’de alınan numunede 605 partikül / 100 ml mikroplastik sayılmıştır. Haziran 2021’de alınan numunelerde ise 383 partikül / 100 ml mikroplastik sayılmıştır. Sediman numuneleri için ise iki farklı yöntem kullanılmıştır. Ekim 2020’ de alınan numunelerde 1. Yöntemin uygulanması ile; 214 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmıştır. Ekim 2020’de alınan numunelere 2. Yöntemin uygulanması ile; 391 partikül / 10 gr mikroplastik sayılmıştır. Haziran 2021’de alınan numunelere 1. Yöntemin uygulanması ile, 264 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmıştır. Haziran 2021’de alınan numunelere 2. Yöntemin uygulanması ile, 1623 partikül / 10 gr mikroplastik sayılmıştır. Optik mikroskopta sayım yapılırken siyah, kırmızı, mavi, yeşil, turuncu, sarı, kahverengi, mor ve gri renkte mikroplastikler belirlenmiştir. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de optik mikroskop ile çekilen mikroplastik görüntüleri verilmiştir.





Şekil 5.2. Yöntem 2 sonuçlarının görüntülenmesi

Bu çalışma esnasında yapılan analizlerde elde edilen su numunesi sonuçlarını deniz suyunun genel kalite kriterleri (DSGKK) referans alınarak değerlendirme yapılmıştır.

5.1. Su Numuneleri İçin Analiz Sonuçları

Ekim 2020’de alınan su numuneleri analiz sonuçları Tablo 5.1 ve Tablo 5.2’de verilmiştir. Haziran 2021’de alınan su numuneleri analiz sonuçları Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’te verilmiştir.

Tablo 5.1. Ekim 2020’de alınan su numunelerin fizikokimyasal analiz sonuçları

Parametre	Birim	Numune Noktaları		
		W1-B	W2-B	W3-B
pH	pH	7,92	7,94	7,92
Redoks	mV	-56,7	-57,8	-57
İletkenlik	µs/cm	36,2	35,3	36,4
Direnç	k.Ω.cm	27,6	28,2	27,3
Tuzluluk	g/L	21,5	21,1	21,8
TÇM	mg/L	27	26,6	27,5
Sıcaklık	°C	23,9	23,9	23
Klorofil –a	mg/L	0,178	0,245	0,184
ÇO	mg/L	8,77	8,67	8,58
Sülfat	mg/L	1455	1400	1520
Alüminyum	mg/L	0,271	0	0,433
Nitrat	mg/L	<0,4	0,039	9,899
Nitrat-N	mg/L	<0,10	0,009	2,236
Demir	mg/L	0,798	<0,005	2,205
Mn	mg/L	<0,010	<0,010	0,424
Nitrit	mg/L	0,457	<0,007	0,396
Nitrit-N	mg/L	0,14	<0,002	0,121
Askıda katı madde	mg/L	894	824	634

Tablo 5.2. Ekim 2020’de alınan su numunelerinde TOK ölçüm sonuçları

Noktalar	1.Tekrar (mg/L)	2.Tekrar (mg/L)	3.Tekrar (mg/L)	Ortalamaları (mg/L)
W1-B	2,35	2,56	2,46	2,46
W2-B	2,49	2,53	2,54	2,52
W3-B	2,45	2,58	2,58	2,54

Tablo 5.3. Haziran 2021’de alınan su numunelerinde fizikokimyasal analiz sonuçları

Parametre	Birim	Numune Noktaları			
		W1-B	W2-B	W3-B	W4-B
pH	pH	7,99	7,89	7,81	7,88
Redoks	mV	-61,7	-56,1	-51,8	-56,5
İletkenlik	µs/cm	30	34,2	29,2	31,9
Direnç	k.Ω.cm	32,7	29,3	33,6	31,7
Tuzluluk	g/L	18,4	18,8	17,6	18,4
TÇM	mg/L	23,1	25	22,2	23,4
Sıcaklık	°C	24,5	22,9	26	23,9
Klorofil –a	mg/L	0,093	0,078	0,033	0,075
ÇO	mg/L	9,88	9,08	8,40	8,91
Sülfat	mg/L	1455	1515	1480	1515
Krom	mg/L	<0,010	0,086	0,06	<0,010
Alüminyum	mg/L	0,059	<0,020	<0,020	<0,020
Nitrat	mg/L	0,826	6,649	<0,4	<0,4
Nitrat-N	mg/L	0,186	1,532	<0,10	<0,10
Askıda katı madde	mg/L	110	76	30	106

Tablo 5.4. Haziran 2021’de alınan su numunelerinde TOK ölçüm sonuçları

Noktalar	1.Tekrar (mg/L)	2.Tekrar (mg/L)	3.Tekrar (mg/L)	Ortalamaları (mg/L)
W1-B	2,79	2,90	2,94	2,88
W2-B	2,87	2,94	2,96	2,93
W3-B	3,79	3,90	3,72	3,80
W4-B	2,25	2,24	2,29	2,26

Tablo 5.5 Deniz suyunun genel parametre kalite kriterleri

Parametre	Birim	Kriter
pH		6-9
Askıda katı madde	mg/L	30
Çözünmüş oksijen	mg/L	Doyguluğun % 90’undan fazla

Yapılan analiz sonuçları deniz suyunun genel kalite kriterleri (DSGKK) gereğince; pH 6-9 arasında olmalıdır. Yapılan tüm analiz sonuçları sonrasında pH değeri kalite kriterlerini sağlamaktadır. Askıda katı madde değerlerine bakıldığı zaman DSGKK’ya göre askıda katı madde değeri 30 mg/L olmalıdır. Yapılan deney sonrası sadece ikinci numune alımındaki kurupelit istasyonu bu değeri sağlamaktadır. Diğer deney sonuçları >30 mg/L olduğu görülmüştür. Çözünmüş oksijen değerleri ise DSGKK’ya göre derinlik boyunca izlenmelidir ve doygunluğun %90’ından fazla olmamalıdır. (Resmi Gazete, 2008).

Tablo 5.6 Karadeniz kıyı suları için ötrofikasyon kriterleri (TÜBİTAK MAM, 2015)

Su kalitesi sınıfı	Krolofil-a (mg/L)
İyi - I	<1
Orta - II	1-1,5
Zayıf - III	1,6-3
Kötü - IV	>3

Krolofil-a ölçüm sonuçları karadeniz kıyı suları için ötrifikasyon değerleri gereğince < 1 mg/L olduğundan krolofil-a parametre ölçüm sonuçları alınan numunelerde <1 mg/L olduğundan 1. sınıf iyi su kalitesi sınıfına girmektedir (TÜBİTAK MAM, 2015).

5.2. Sediman Numuneleri için Analiz Sonuçları

Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinin fizikokimyasal analiz sonuçları Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7. Ekim 2020’de alınan sediman numuneleri fizikokimyasal analiz sonuçları

Parametre	Birim	Numune Noktaları		
		S1-B	S2-B	S3-B
pH	pH	7,82	7,83	7,71
Redoks	mV	-50	-44,2	-46,2
İletkenlik	µs/cm	4,42	5,77	6,84
Direnç	k.Ω.cm	226	173,6	145,7
Tuzluluk	g/L	2,4	3,2	3,9
TÇM	mg/L	2,67	3,51	4,2
Sıcaklık	°C	23,8	23,8	23,8
500µm	gr	0,55	6,65	6,63
250µm	gr	2,75	13,61	12,26
125µm	gr	36,62	24,87	40,55
90µm	gr	4,22	0,77	2,22
63µm	gr	0,74	0,29	0,71
%Nem İçeriği	%	10,26	10,67	10,28
%Organik İçerik	%	0,4	0,61	0,4

Haziran 2021 tarihinde alınan sediman numuneleri fizikokimyasal analiz sonuçları Tablo 5.8’de verilmiştir.

Tablo 5.8. Haziran 2021’de alınan sediman numuneleri fizikokimyasal analiz sonuçları

Parametre	Birim	Numune Noktaları									
		S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	S5-B	S6-B	S7-B	S8-B	S9-B	S10-B
pH	pH	8,3	8,22	8,47	7,84	7,91	8,13	8,33	8,07	8,13	8,42
Redoks	mV	-79,2	-75	-92,2	-52,3	-63	-67,8	-83,5	-66	-68	-88,7
İletkenlik	$\mu\text{s/cm}$	1802	1724	1329	2,76	1760	2,1	1595	1688	1607	665
Direnç	k. Ω .cm	554	581	747	363	567	476	625	594	620	1529
Tuzluluk	g/L	1	0,9	0,7	1,5	0,91	1,1	0,9	0,9	0,9	0,3
TÇM	mg/L	1,08	1028	804	1,65	1058	1,26	960	1008	968	387
Sıcaklık	$^{\circ}\text{C}$	22,6	22,5	22,5	22,5	22,4	22,3	22,2	22,2	22,1	22,1
Nem İçeriği	%	22,99	19,29	30,04	29,54	18,80	27,52	11,96	19,71	13,39	4,12
Organik İçerik	%	1,45	1,19	0,97	2,10	1,49	1,92	1,25	1,33	1,16	0,96
500 μm	gr	11,38	201,88	10,74	42,69	0,54	13,04	1,54	3,94	30,47	0,52
250 μm	gr	34,55	77,65	117,64	8,02	9,11	48,89	21,46	14,71	85,07	79,64
125 μm	gr	224,53	30,35	81,10	204,49	156,27	139,03	171,65	171,03	77,30	159,08
90 μm	gr	10,63	1,61	1,64	21,86	9,55	7,88	5,28	15,52	4,65	11,56
63 μm	gr	3,46	0,48	0,38	8,34	0,74	1,70	0,73	3,38	1,07	3,34
45 μm	gr	2,82	0,89	0,41	2,81	0,47	0,87	0,23	0,33	0,15	0,13
20 μm	gr	2,08	0,186	0,02	1,36	0,58	1,02	0,31	0,30	0,10	0,09
<20 μm	gr	0,25	0,69	0,04	0,09	0,33	0,23	0,03	0,12	0,07	0,08

Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde yapılan fizikokimyasal analizler sonucunda pH değerleri ortalama 7,8 olduğu tespit edilmiştir. Redoks potansiyelleri ortalama -46,8 mV olduğu tespit edilmiştir. İletkenlik ortalama 5,68 $\mu\text{s/cm}$ olduğu tespit edilmiştir. Toplam çözünmüş madde 3,46 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Tanecik boyutu 125 μm ’de daha yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. % Nem içeriği ortalama % 10,4 olduğu tespit edilmiştir. % Organik içerik ortalama % 0,47 olduğu tespit edilmiştir.

Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde yapılan fizikokimyasal analizler sonucunda pH değerleri ortalama 8,18 olduğu tespit edilmiştir. Redoks potansiyelleri ortalama -73,57 mV olduğu tespit edilmiştir. İletkenlik ortalama 1217,49 $\mu\text{s/cm}$ olduğu tespit edilmiştir. Tanecik boyutu 500-125 μm arasında daha yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. % Nem içeriği ortalama % 19,73 olduğu tespit edilmiştir. % Organik içerik ortalama % 1,38 olduğu tespit edilmiştir.

5.3. Su Numuneleri İçin Mikroplastik Dağılımı

Su numuneleri için mikroplastik sayılarına bakıldığı zaman ilk numunelerde 2. Yöntem ile bakılan mikroplastik sonuçları Tablo 5.9 ve Tablo 5.10’da verilmiştir.

Tablo 5.9. Ekim 2020’de alınan su numunelerinde 2.yöntem ile mikroplastik sayımı

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/100ml)
	W1-B	W2-B	W3-B	
Yeşil	9	50	48	107
Turuncu	24	76	92	192
Siyah	22	48	66	136
Mavi	3	12	16	41
Kırmızı	17	58	54	129

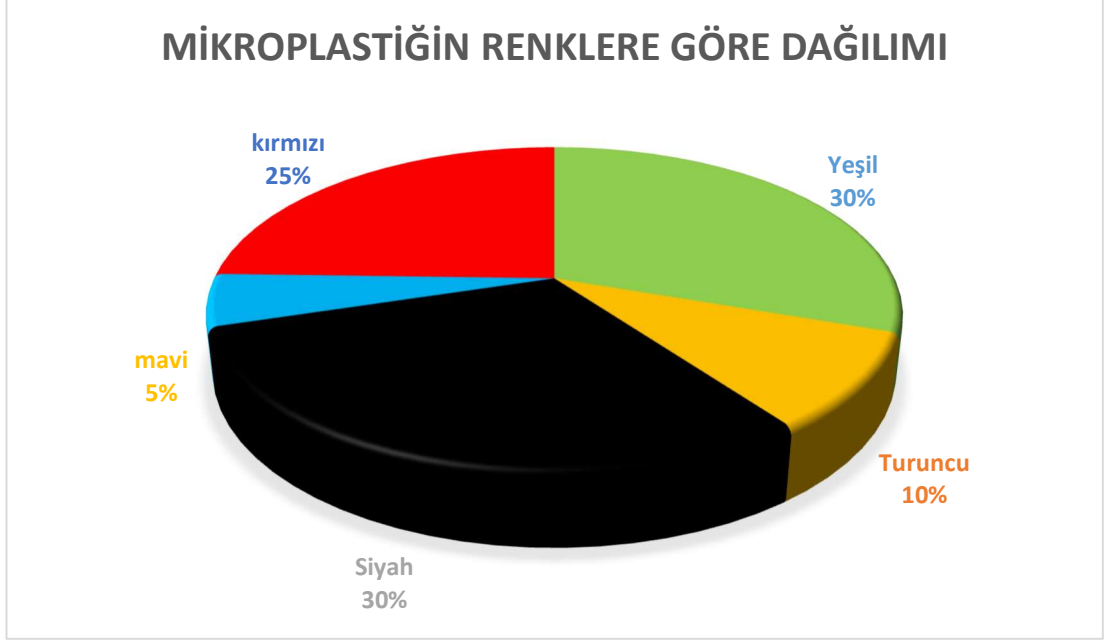


Şekil 5.3. Ekim 2020’de alınan numunelerde 2.yöntem ile mikroplastik sayımı diyagramı

Ekim 2020 tarihinde alınan su numunelerinde toplamda 605 partikül / 100 ml MP olduğu görülmüştür ve renk bakımından en fazla mikroplastiklerin 192 partikül / 100 ml ile turuncu renkte olduğu görülmüştür.

Tablo 5.10. Haziran 2021’de alınan su numunelerinde 2.yöntem ile mikroplastik sayımı

MP Renkleri	Numune Noktaları					Toplam (partikül/100ml)
	W1-B	W2-B	W3-B	W4-B	W5-B	
Yeşil	12	9	45	38	12	116
Turuncu	7	0	6	9	15	37
Siyah	13	6	31	37	29	116
Mavi	4	0	13	3	0	20
Kırmızı	15	0	50	21	8	94



Şekil 5.4. Haziran 2021’de alınan su numunelerde 2.yöntem ile mikroplastik sayımı diyagramı

Haziran 2021 yılında alınan su numunelerinde 383 partikül / 100 ml MP olduğu görülmektedir. Renk bakımından ise 116 partikül / 100 ml ile yeşil ve siyah renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

5.4. Sediman Numuneleri İçin Mikroplastik Sayımı

Ekim 2020 ve Haziran 2021 tarihinde alınan sediman numunelerinde iki farklı yöntem ile mikroplastik incelemesi yapılmıştır. Mikroplastikleri 1. yöntemde 0,5 mm – 5 mm arasındaki mikroplastiklerin boyut ve renk bakımından incelenmesi gerçekleştirilmiştir. 2. Yöntemde ise sadece renk sınıflandırılması incelenmiştir. Ekim 2020’de alınan numunelere 1. Yöntemin uygulanması sonucu (5, 4, 3, 2, ve 0,5 mm) mikroplastiklerin sayımları sonuçları sırası ile Tablo 5.11 - Tablo 5.15 arasında verilmiştir. Renklerin % dağılımları Şekil 5.5 – Şekil 5.9 arasında verilmiştir. 2. Yöntemin uygulanması sonucu mikroplastiklerin sayımı Tablo 5.16’da ve renklerin % dağılımları ise Şekil 5.10’da verilmiştir.

Tablo 5.11. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 5mm MP sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S1-B	S2-B	S3-B	
Kırmızı	0	1	3	4
Yeşil	0	2	0	2
Mavi	0	9	1	10
Siyah	13	9	17	39
Sarı	0	3	0	3



Şekil 5.5. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 5mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagram

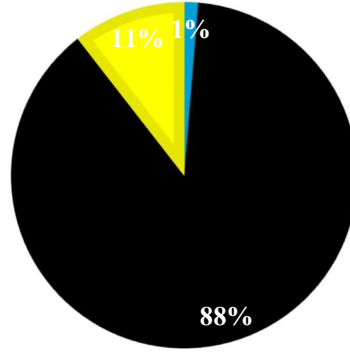
Ekim 2020 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 5mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 5mm için 58 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup 5 mm için en fazla 39 partikül / 1 kg ile siyah renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.12. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 4mm MP sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S1-B	S2-B	S3-B	
Mavi	0	1	0	1
Siyah	13	9	35	67
Sarı	0	1	7	8

MİKROPLASTİK RENK SKALASI

■ mavi ■ siyah ■ sarı



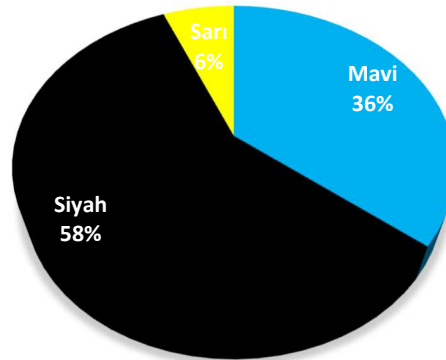
Şekil 5.6. Ekim 2020'de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 4mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı

Ekim 2020 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 4mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 4mm için toplamda 76 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup en fazla 67 partikül / 1 kg ile siyah renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.13. Ekim 2020'de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 3mm MP sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S1-B	S2-B	S3-B	
Mavi	2	6	0	8
Siyah	4	5	4	13
Sarı	0	0	4	4

mikroplastik renk skalası



Şekil 5.7. Ekim 2020'de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 3mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı

Ekim 2020 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 3mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 3mm için toplamda 25 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup en fazla 13 partikül / 1 kg ile siyah renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.14. Ekim 2020'de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 2mm MP sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S1-B	S2-B	S3-B	
Kırmızı	0	1	0	1
Yeşil	3	0	0	3
Mavi	1	1	0	2
Siyah	9	3	4	16
Sarı	3	5	0	8

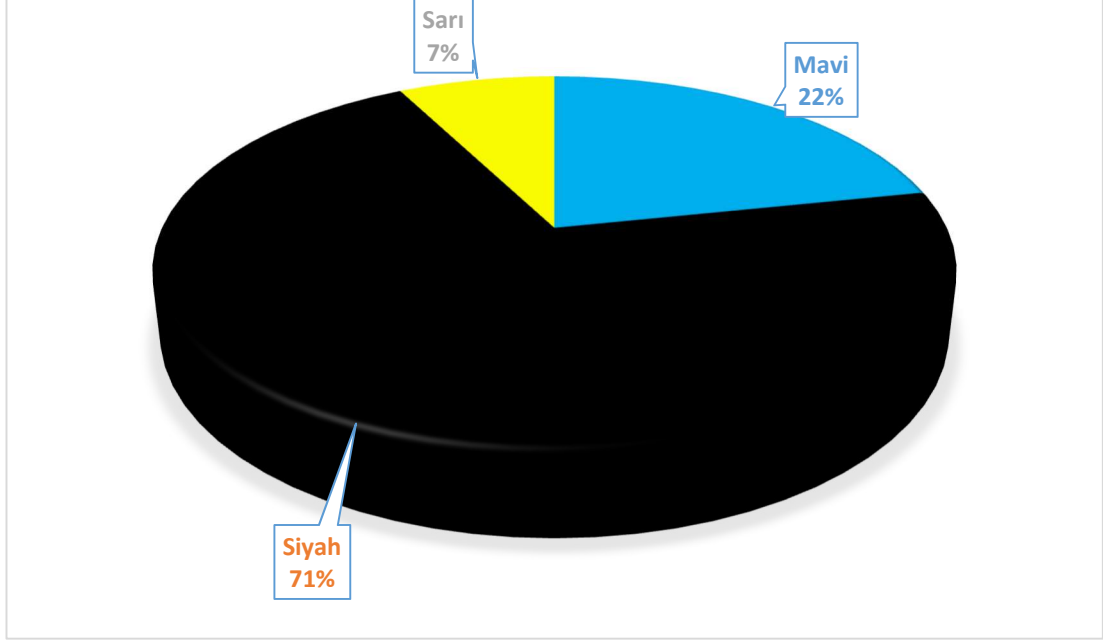


Şekil 5.8. 1. Ekim 2020'de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 2mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı

Ekim 2020 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 2mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 2mm için toplamda 30 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup en fazla 16 partikül / 1 kg ile siyah renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta görülmüştür.

Tablo 5.15. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması ile elde edilen 0,5mm MP sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S1-B	S2-B	S3-B	
Mavi	0	4	0	4
Siyah	5	6	2	13
Sarı	2	4	2	8



Şekil 5.9. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin elde edilen 0,5mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı

Ekim 2020 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 0,5 mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 0,5 mm için toplamda 25 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup en fazla 13 partikül / 1 kg ile siyah renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.16. Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde 2. yöntemin uygulanması sonucu elde edilen MP sayım sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları				Toplam (partikül/10gr)
	S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	
Yeşil	13	16	18	9	56
Turuncu	15	19	29	15	78
Siyah	30	32	25	22	109
Gri	2	0	0	0	2
Kahverengi	12	8	9	20	49
Kırmızı	26	25	23	23	97



Şekil 5.10. 2.yöntem ile Ekim 2020’de alınan sediman numunelerinde mikroplastik sayımı diyagramı

Ekim 2020 tarihinde alınan sediman numunelerine 2.yöntem uygulandığında mikroplastik sayımı yapılmış olup yeşil, turuncu, siyah, gri, kahverengi ve kırmızı renkte mikroplastikler sayılmış olup 391 partikül / 10 gr mikroplastik sayılmıştır ve 109 partikül / 10 gr ile en fazla siyah renkte mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Haziran 2021’de alınan numunelerde 1. Yöntemin uygulanması sonucu mikroplastik sayımı sonuçları (5, 4, 3, 2, ve 0,5 mm) mikroplastiklerin sayımları sonuçları sırası ile Tablo 5.17 - Tablo 5.21 arasında verilmiştir. Renklerin % dağılımları ise Şekil 5.11 - Şekil 5.15 arasında verilmiştir. 2. Yöntemin uygulanması sonucu mikroplastiklerin sayımı sonuçları Tablo 5.22’de verilmiştir. Renklerin % dağılımları ise Şekil 5.16’ta verilmiştir.

Tablo 5.17. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 5mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S8-B	S9-B	S10-B	
Kırmızı	6	5	3	14
Kahverengi	2	1	0	3
Yeşil	2	3	0	5
Mavi	1	0	0	1
Turuncu	0	1	0	1
Siyah	6	6	6	18



Şekil 5.11. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 5mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı

Haziran 2021 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 5 mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 5 mm için 42 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup 5 mm için en fazla 18 partikül / 1 kg ile siyah renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.18. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 4mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S8-B	S9-B	S10-B	
Kırmızı	2	6	4	12
Yeşil	4	2	5	11
Turuncu	0	1	0	1
Siyah	1	0	9	10
Gri	0	0	1	1



Şekil 5.12. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1.yöntemin uygulanması sonucu 4mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı

Haziran 2021 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 4 mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 4 mm için toplamda 35 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup en fazla 12 partikül / 1 kg ile kırmızı renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.19. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 3mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S8-B	S9-B	S10-B	
Kırmızı	8	15	5	28
Kahverengi	0	3	0	3
Yeşil	8	2	4	14
Mavi	0	1	0	1
Turuncu	0	6	0	6
Siyah	12	9	3	24
Gri	0	0	1	1



Şekil 5.13. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 3mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı

Haziran 2021 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 3 mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 3 mm için toplamda 77 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup en fazla 28 partikül / 1 kg ile kırmızı renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.20. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 2mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S8-B	S9-B	S10-B	
Kırmızı	2	1	3	6
Kahverengi	0	1	0	1
Yeşil	4	3	8	15
Turuncu	1	1	0	2
Siyah	6	10	4	20
Gri	0	0	1	1

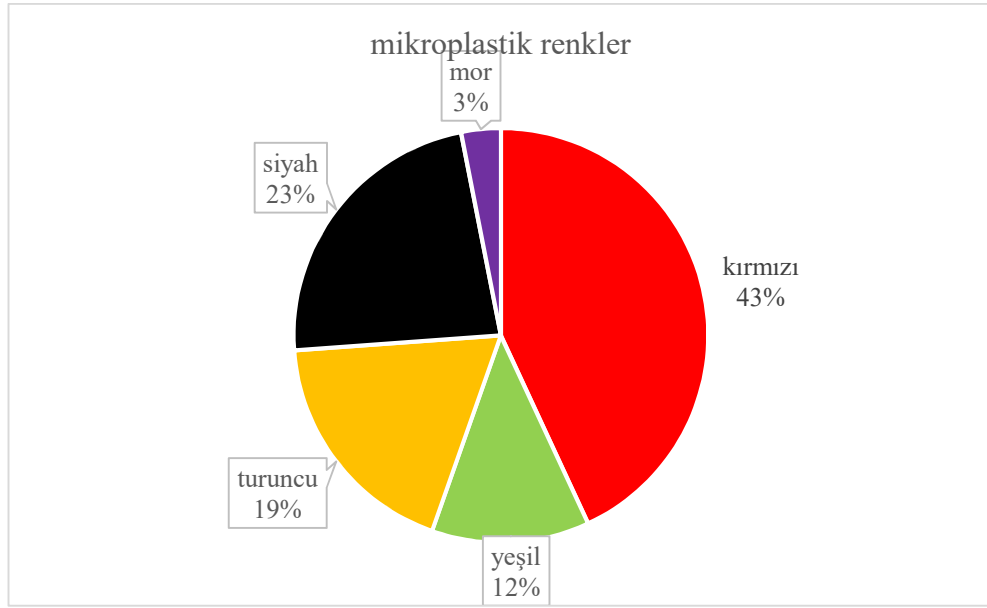


Şekil 5.14. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 2mm boyutundaki mikroplastik sayımı diyagramı

Haziran 2021 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 2 mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 2 mm için toplamda 46 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup en fazla 20 partikül / 1 kg ile siyah renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.21. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 0,5mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları			Toplam (partikül/1kg)
	S8-B	S9-B	S10-B	
Kırmızı	14	11	3	28
Yeşil	4	0	4	8
Turuncu	11	0	1	12
Siyah	3	4	8	15
Mor	1	1	0	2

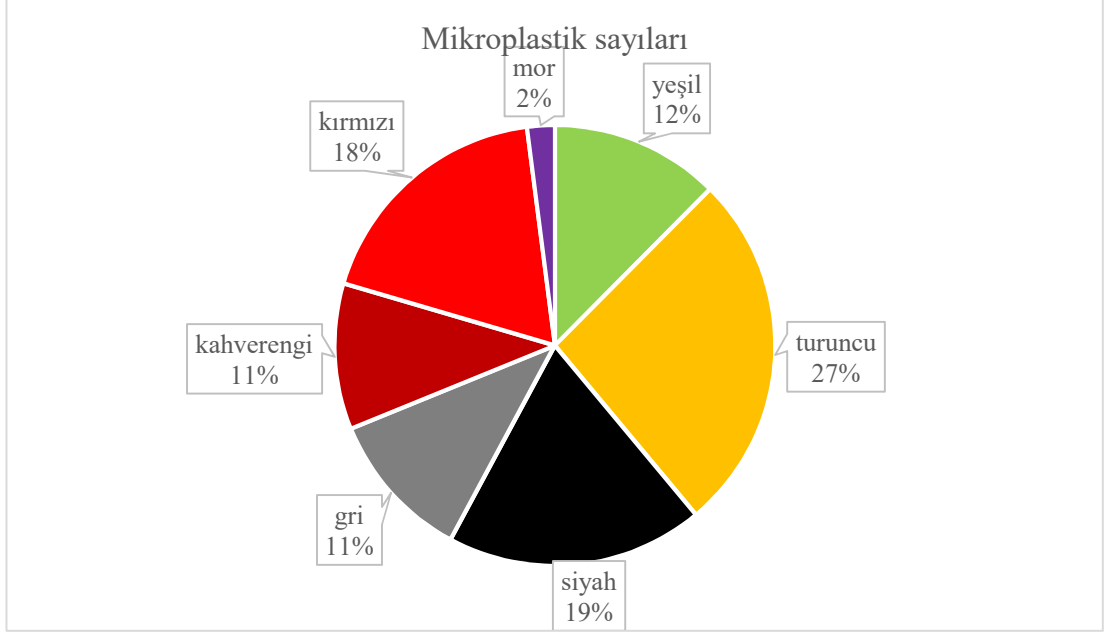


Şekil 5.15. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 1. yöntemin uygulanması sonucu 0,5mm boyutundaki mikroplastik sayımı sonuçları diyagramı

Haziran 2021 tarihinde alınan sediman numunelerine 1.yöntem uygulandığında 0,5 mm boyutundaki mikroplastikler için renk sayımı ve boyut analizi yapıldığında 0,5 mm için 65 partikül / 1 kg mikroplastik sayılmış olup 0,5 mm için en fazla 28 partikül / 1 kg ile kırmızı renkteki mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 5.22. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 2. yöntemin uygulanması sonucu mikroplastik sayımı sonuçları

MP Renkleri	Numune Noktaları											Toplamı (partikül/10gr)
	S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	S5-B	S6-B	S7-B	S8-B	S9-B	S10-B	S11-B	
Yeşil	19	3	30	41	17	32	20	9	10	17	4	202
Turuncu	22	25	35	50	65	78	67	14	32	19	23	430
Siyah	31	22	23	51	33	54	22	8	23	29	11	307
Gri	12	22	20	8	24	33	0	12	2	33	12	178
Kahverengi	31	12	13	36	16	32	58	13	7	0	9	174
Kırmızı	31	34	33	38	26	39	23	1	26	22	26	299
Mor	0	0	0	0	0	0	1	8	4	17	3	33



Şekil 5.16. Haziran 2021’de alınan sediman numunelerinde 2. yöntemin uygulanması sonucu numunelere yapılan mikroplastik sayımı diyagramı

Haziran 2021 tarihinde alınan sediman numunelerine 2. yöntem uygulandığında mikroplastik sayımı yapılmış olup yeşil, turuncu, siyah, gri, kahverengi, kırmızı ve mor renkte mikroplastikler sayılmış olup 1623 partikül / 10 gr mikroplastik sayılmıştır ve 430 partikül / 10 gr ile turuncu renkte mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

İki yöntemde kıyaslayacak olursak eğer çıkan renk grupları hepsinde aynı olduğu görülmüş olup boyut açısından incelendiğinde boyutlar değişikçe renkler arasındaki mikroplastik bolluğunda değişiklik gösterdiğini görülmüştür.

Su ve sediman numuneleri için polimer türleri renklere göre sınıflandırılması Tablo 5.23’de verilmiştir.

Tablo 5.23 Polimer türlerinin renkler bazında değerlendirilmesi (Nuelle et al., 2014)

Polimer Türü	Renk
PE	Kırmızı
PP	Mavi
PVC	Turuncu – Kahverengi
PET	Yeşil
PS	Sarı

Tablo 5.23’ye göre polimer türlerinin renklere göre kıyaslanması yapılmıştır. Su ve sediman numuneleri için yapılmış olan renk diyagramlarında ağırlıklı olarak

kırmızı, turuncu, sarı, mavi, kahverengi, yeşil ve siyah renkte mikroplastikler tespit edilmiştir. Tablo 5.23'ye göre PE, PP, PVC, PET ve PS polimer türlerinin yapılan çalışmada çoğunlukta olduğunu tespit edilmiştir.

Bu çalışma esnasında belirlenen noktalardan Ekim 2020 ve Haziran 2021 tarihlerinde alınan numunelerde, su numuneleri için toplamda 988 partikül / 100 ml mikroplastiklerin varlığı kanıtlanmıştır. Sediman numuneleri için Ekim 2020 ve Haziran 2021 tarihlerinde alınan numunelerde 1. yöntemin uygulanması sonucunda Ekim 2020'de 214 partikül / 1 kg mikroplastik varlığı kanıtlanmıştır. Haziran 2021'de ise 264 partikül / 1 kg mikroplastik varlığı kanıtlanmıştır. Sediman numunelerine 2. yöntemin uygulanması sonucunda Ekim 2020'de alınan sediman numunesinde toplamda 391 partikül / 10 gr mikroplastiklerin varlığı kanıtlanmıştır. Haziran 2021'de alınan sediman numunelerinde 1623 partikül / 10 gr mikroplastik varlığı kanıtlanmıştır.

5.5. Mikroplastiklerin FTIR Görünümü

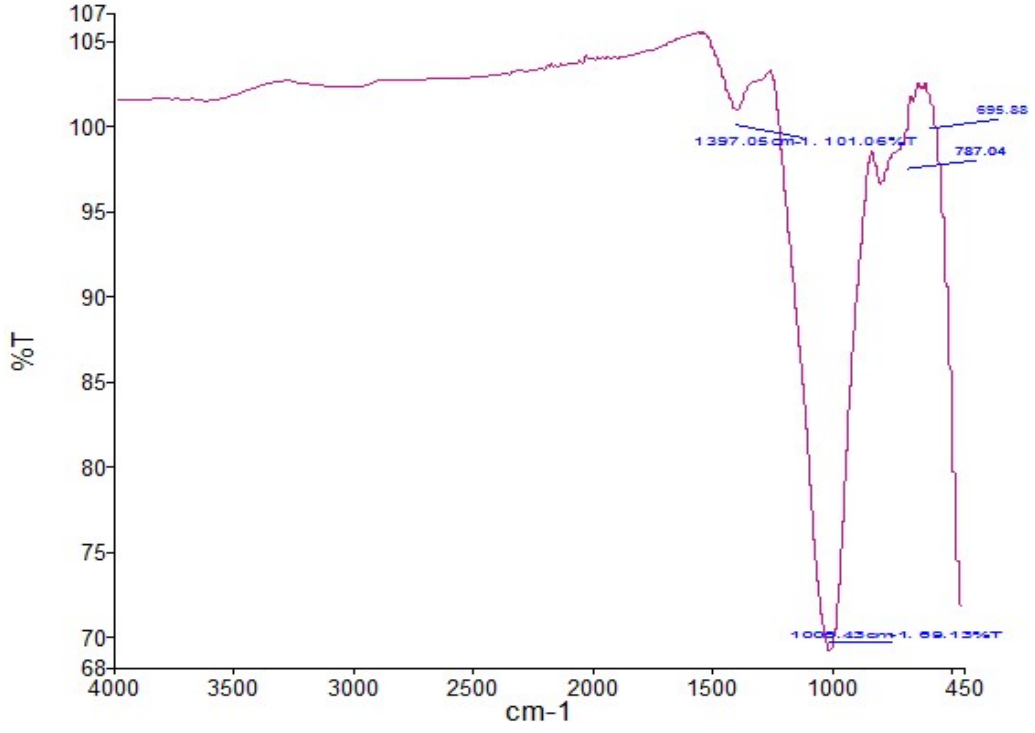
Su ve Sediman numuneleri FTIR analizi için pik seviyeleri bu değerler referans alınarak (Dilshad et al., 2021) ve FTIR cihazı kütüphanesi referans alınarak incelenip yorumlanmıştır. FTIR sonuçları referans pik seviyeleri Tablo 5.24'te verilmiştir.

Tablo 5.24. FTIR sonuçları referans pik değerleri (Dilshad et al., 2021)

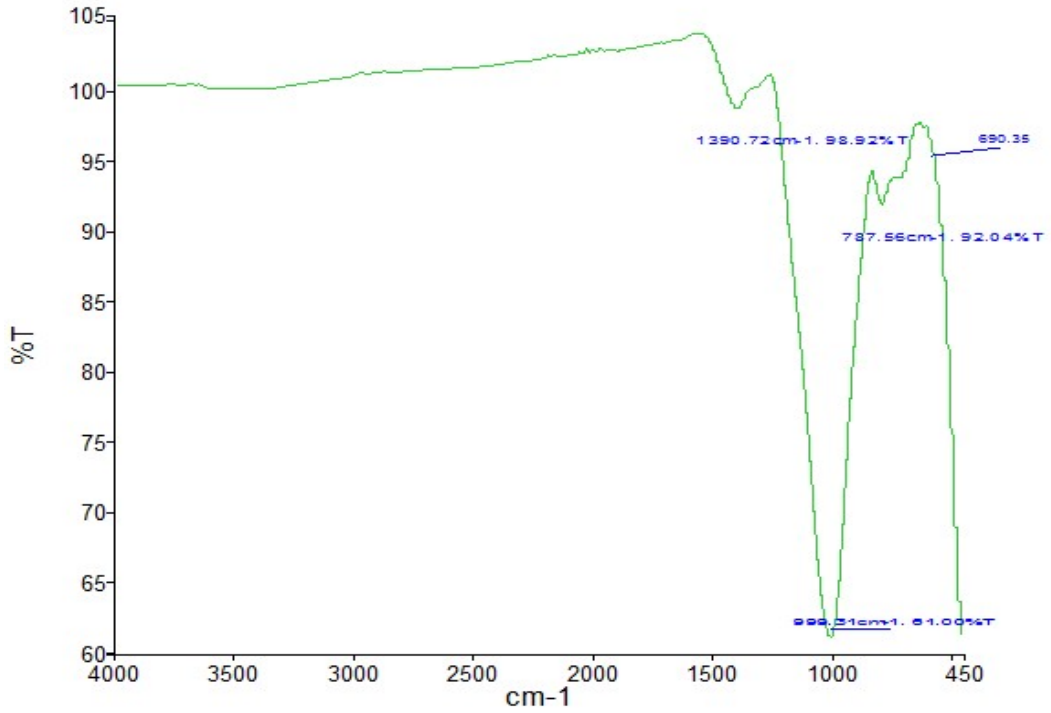
Polimer Türü	Pik Seviyeleri cm⁻¹							
Polipropilen (PP)	2950	2915	2838	1454	1379	1166	839	808
Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE)	2915	2847	1472	1464	730	717	-	-
Etilen Vinil Asetat (EVA)	2917	2848	1740	1468	1245	1022	720	-
Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE)	2915	2850	1466	1462	1375	730	717	-
Nitril	2917	2851	2236	1605	1437	1362	1197	967
Lateks	2960	2920	2855	1667	1439	1378	-	-
Polietilen Tereftalat (PETE)	1713	1241	1094	720	-	-	-	-

5.5.1. Su Numuneleri FTIR Görünümü

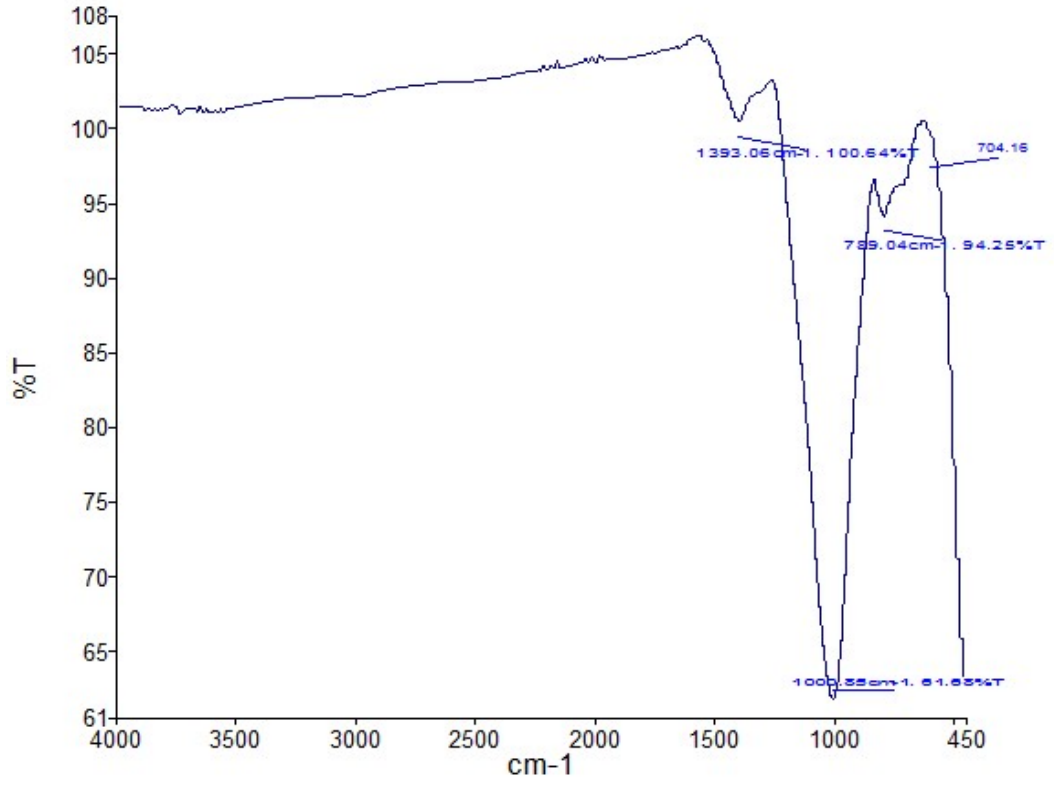
Atakent, Kurupelit, Çatalçam noktalarının su numuneleri için FTIR pik seviyeleri Şekil 5.17 – Şekil 5.24 arasında gösterilmektedir.



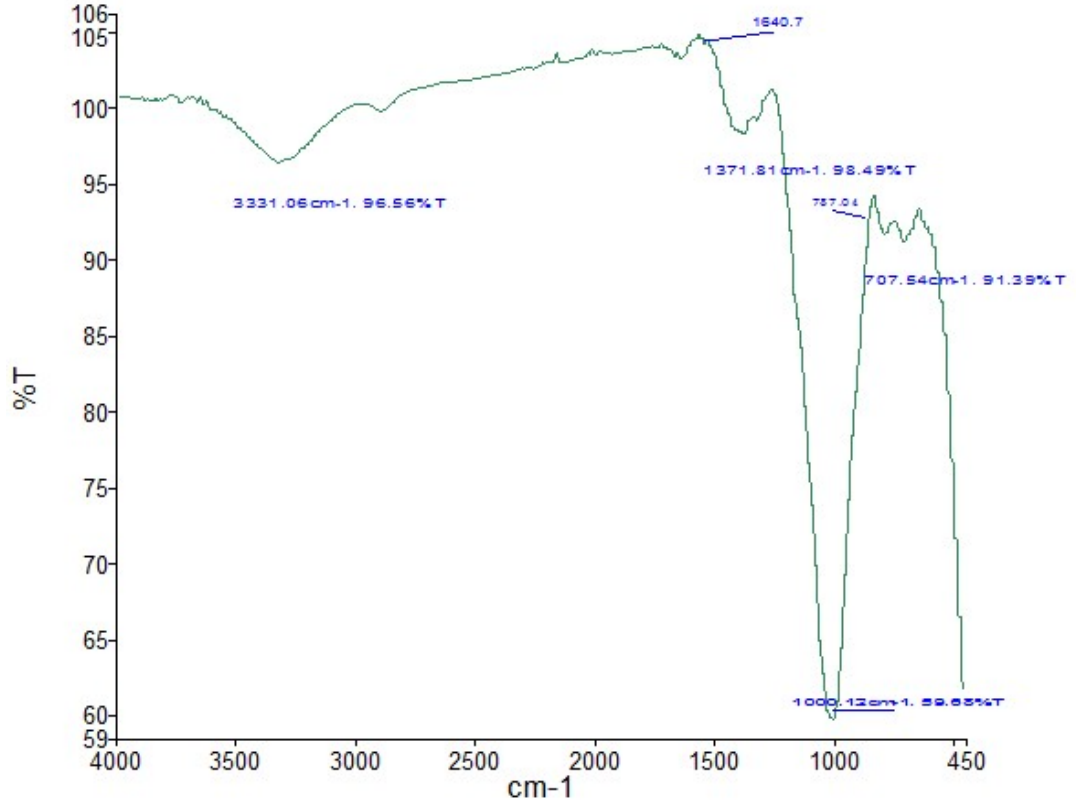
Şekil 5.17. Atakent ilk numune için FTIR pik seviyeleri



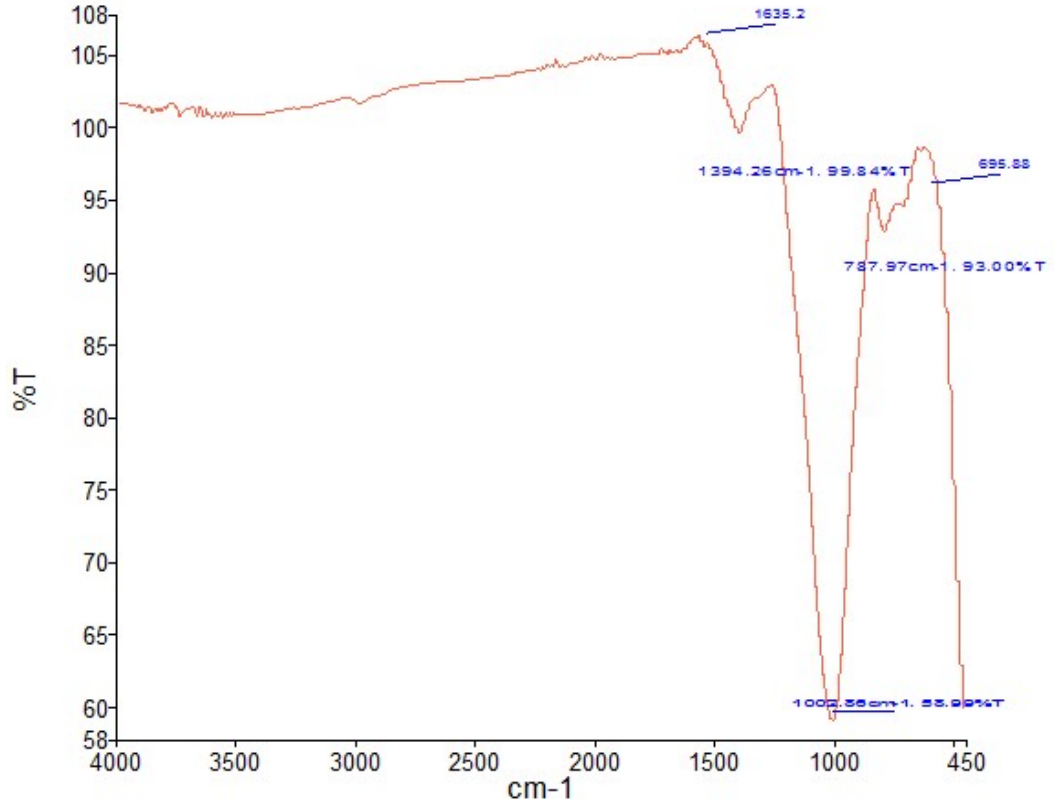
Şekil 5.18. Kurupelit ilk numune FTIR pik seviyeleri



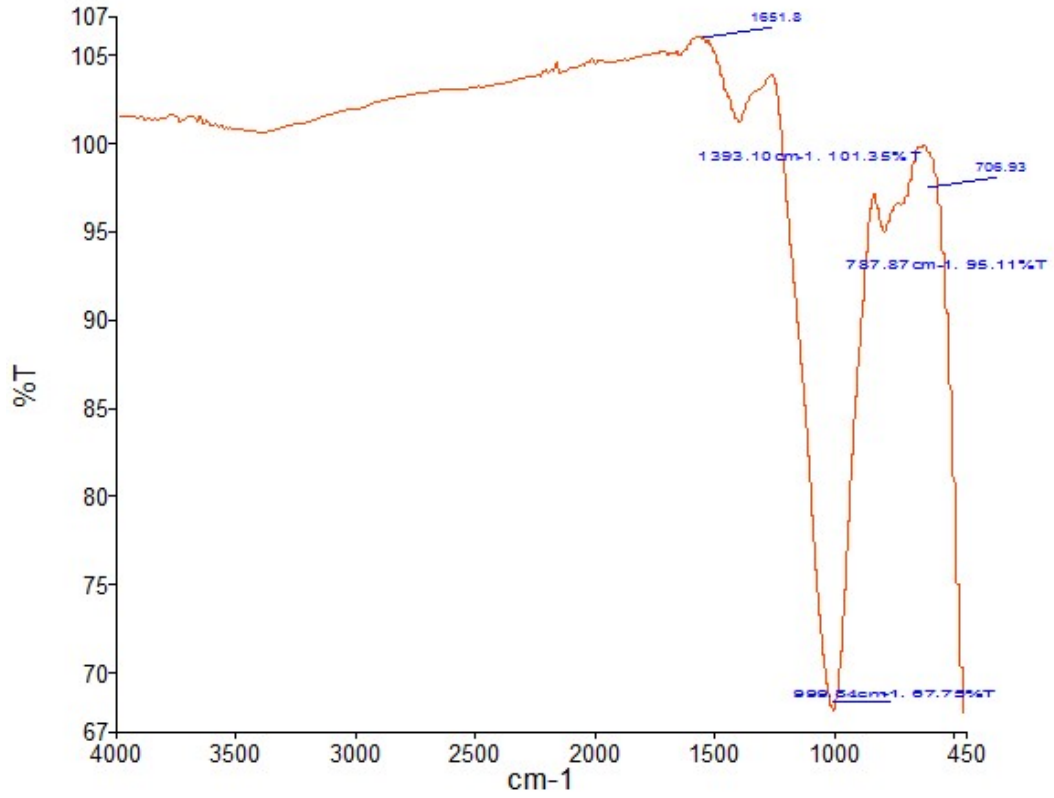
Şekil 5.19. Çatalçam ilk numune FTIR pik seviyeleri



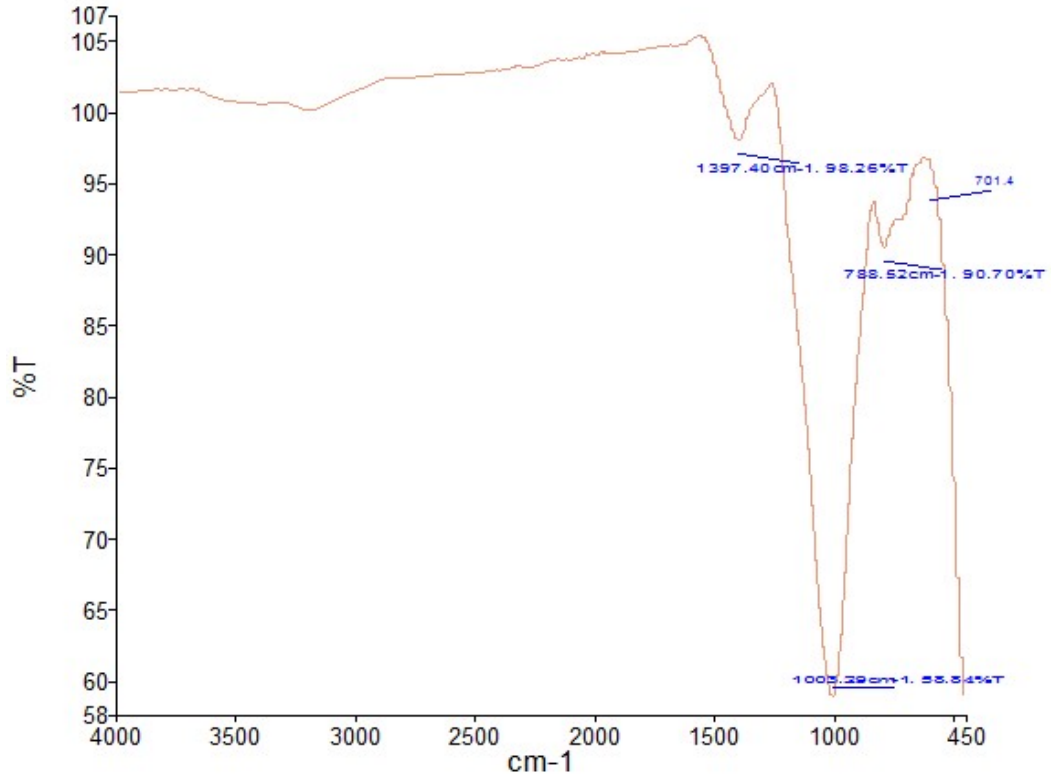
Şekil 5.20. Atakent ikinci numune FTIR pik seviyeleri



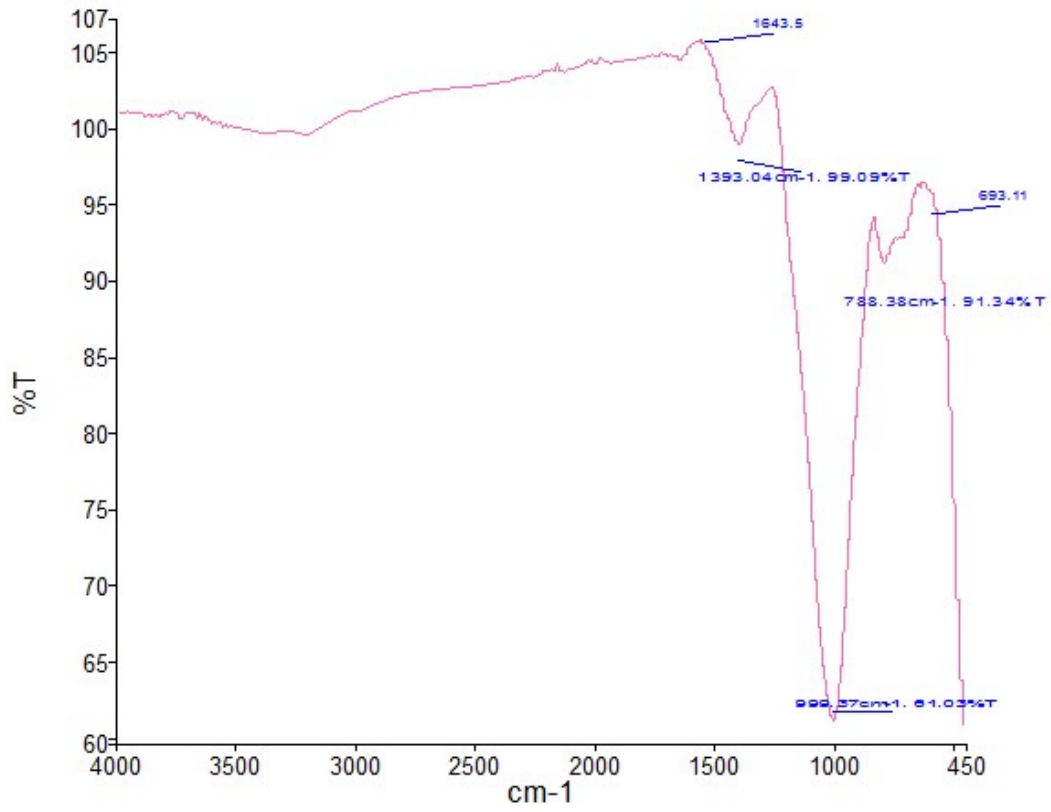
Şekil 5.21. Atakent iskele ikinci numune FTIR pik seviyeleri



Şekil 5.22. Atakent iskele ikinci numune 2.tekrar FTIR pik seviyeleri



Şekil 5.23. Kurupelit ikinci numune FTIR pik seviyeleri



Şekil 5.24. Çatalçam ikinci numune FTIR pik seviyeleri

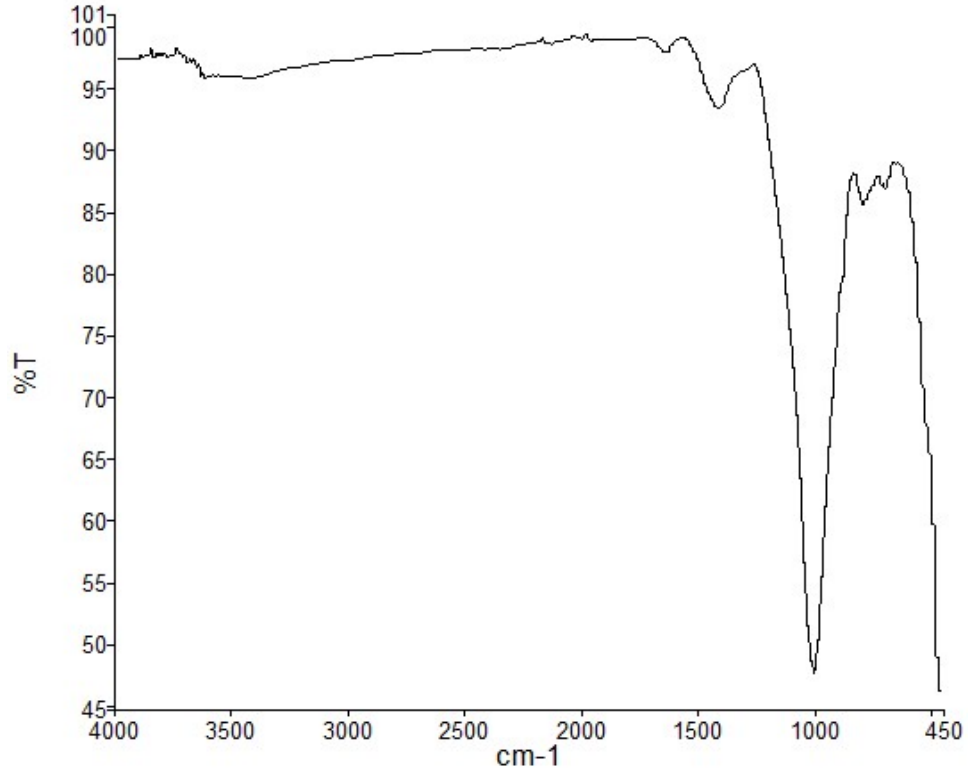
FTIR kütüphanesi su numunesi için FTIR pik seviyeleri benzerlik oranları Tablo 5.25'te verilmiştir.

Tablo 5.25. Su numuneleri FTIR kütüphane sonuçları

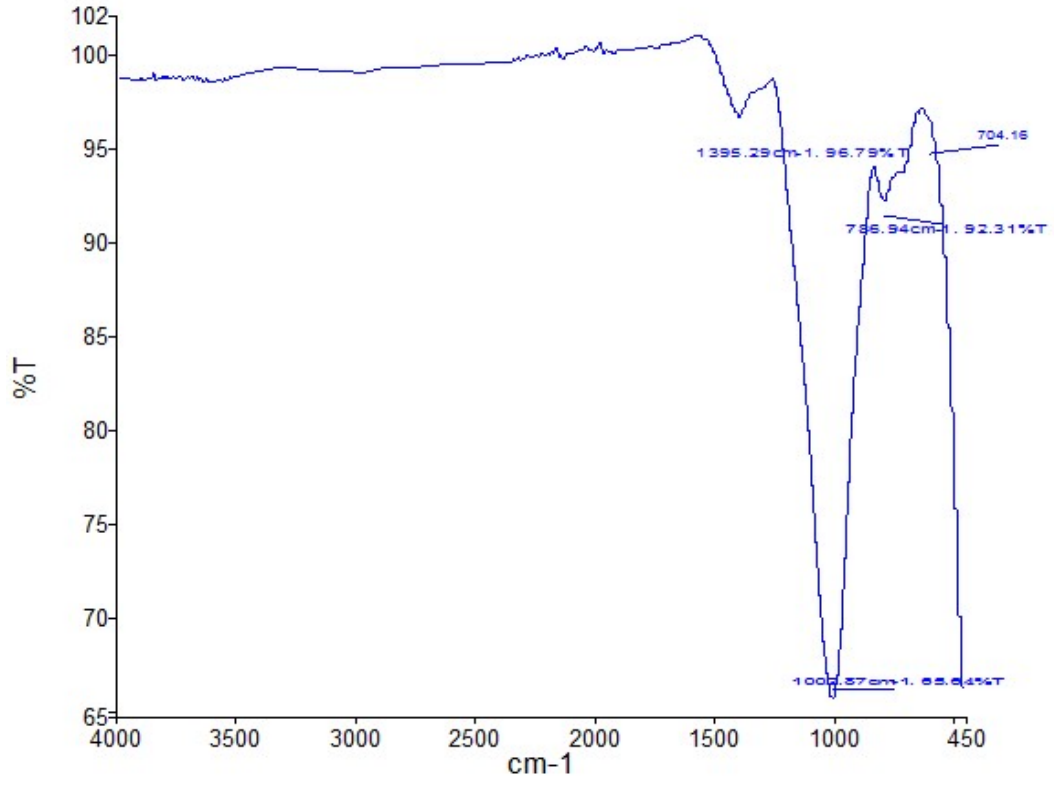
Benzerlik Oranı	Referans Madde Adı
%38	Propilen
%38	Polietilenglikol
%39	Polikloropren, Klor
%40	Polietilenglikol
%40	Polivinilpirolidon
%40	Polietilenglikol
%41	Polietilen
%43	Poliasetal

5.5.2. Sediman Numuneleri FTIR Görünümleri

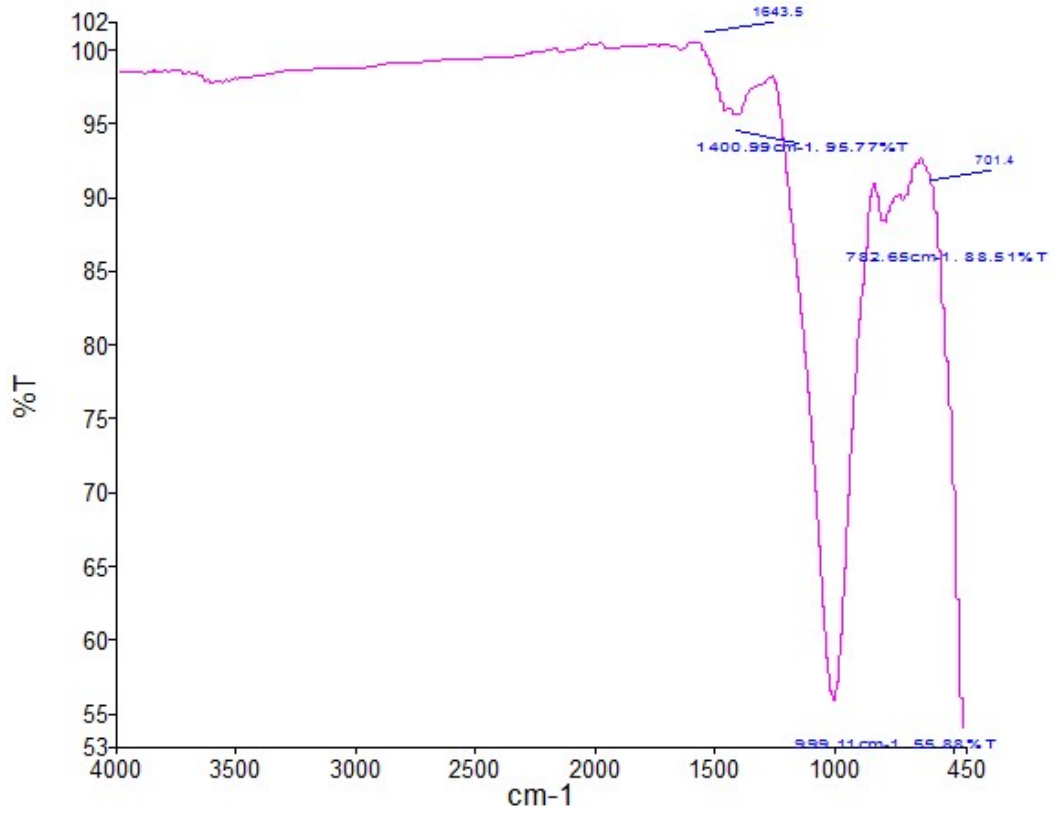
Atakent, Kurupelit ve Çatalçam noktalarının sediman numuneleri için FTIR pik seviyeleri Şekil 5.25 - Şekil 5.41 arasında gösterilmektedir.



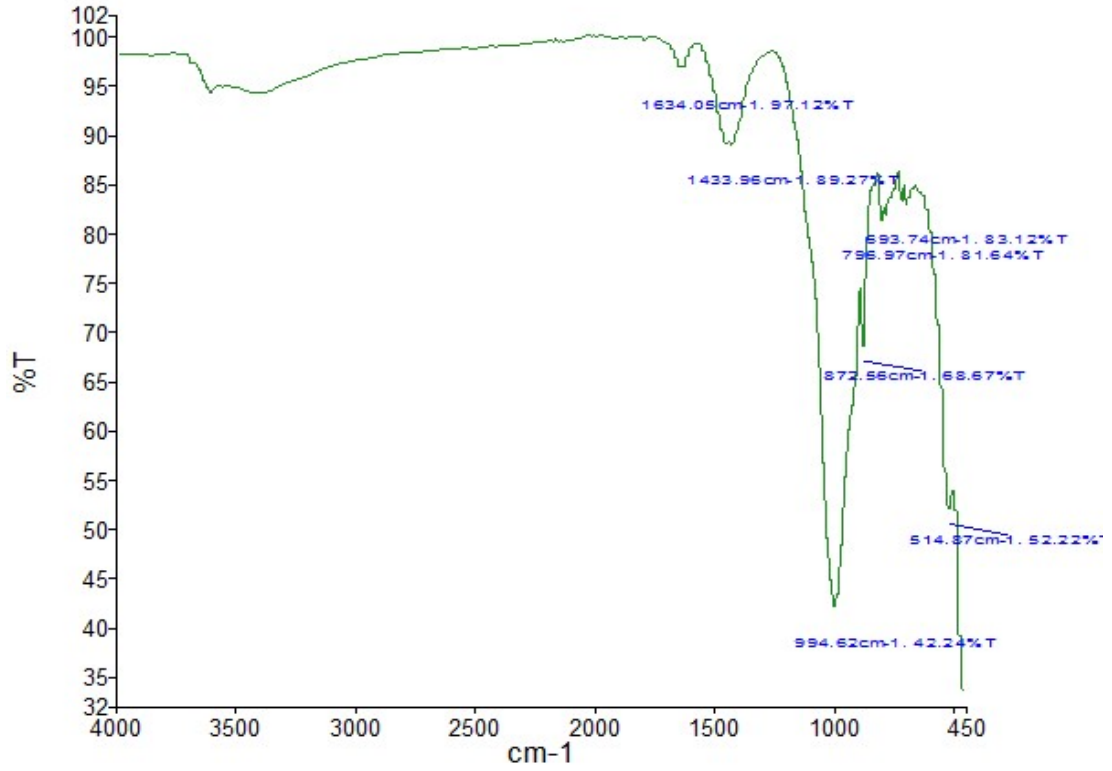
Şekil 5.25. Atakent deniz içi için FTIR pik seviyeleri



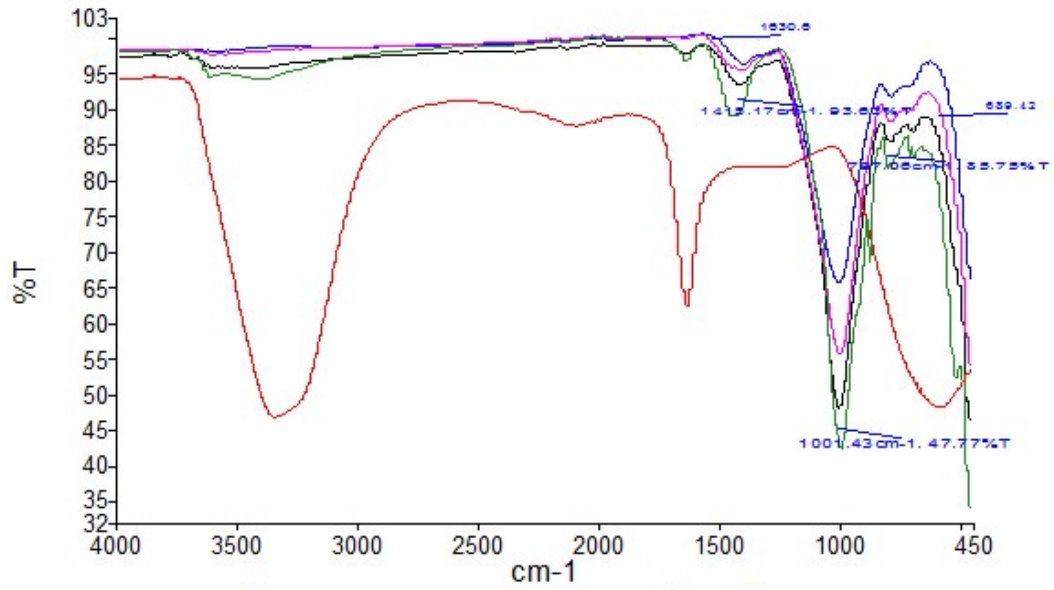
Şekil 5.26. Atakent dalgali kısmı için FTIR pik seviyeleri



Şekil 5.27. Atakent sahil için FTIR pik seviyeleri

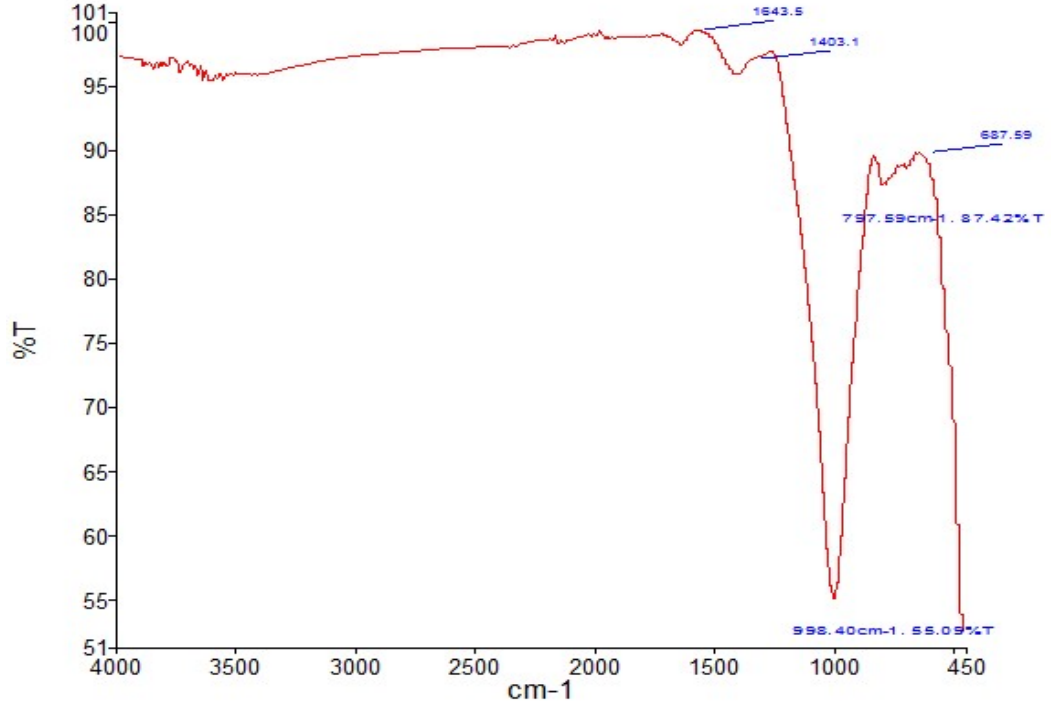


Şekil 5.28. Atakent iskele sonu için FTIR pik seviyeleri

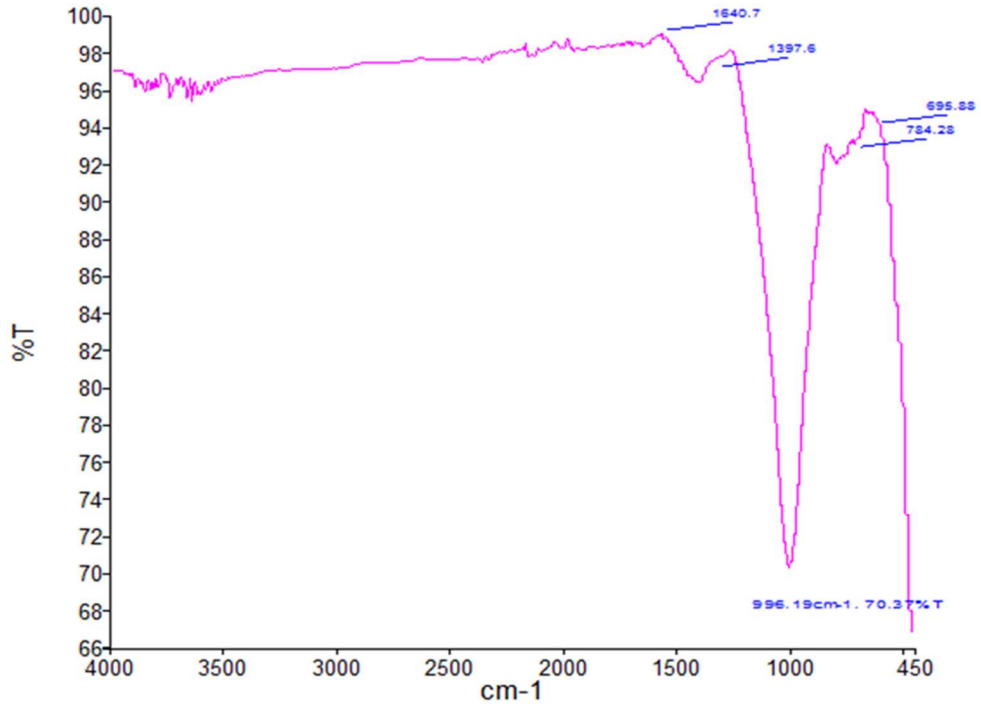


Name	Description
— atakent-di-sediman	Sample 283 By kimya Date Monday, August 16 2021
— kimya 284	Sample 284 By kimya Date Monday, August 16 2021
— atakent-dv-sediman	Sample 285 By kimya Date Monday, August 16 2021
— atakent-sahil-sediman	Sample 286 By kimya Date Monday, August 16 2021
— atakent-iskele-son-sediman	Sample 287 By kimya Date Monday, August 16 2021

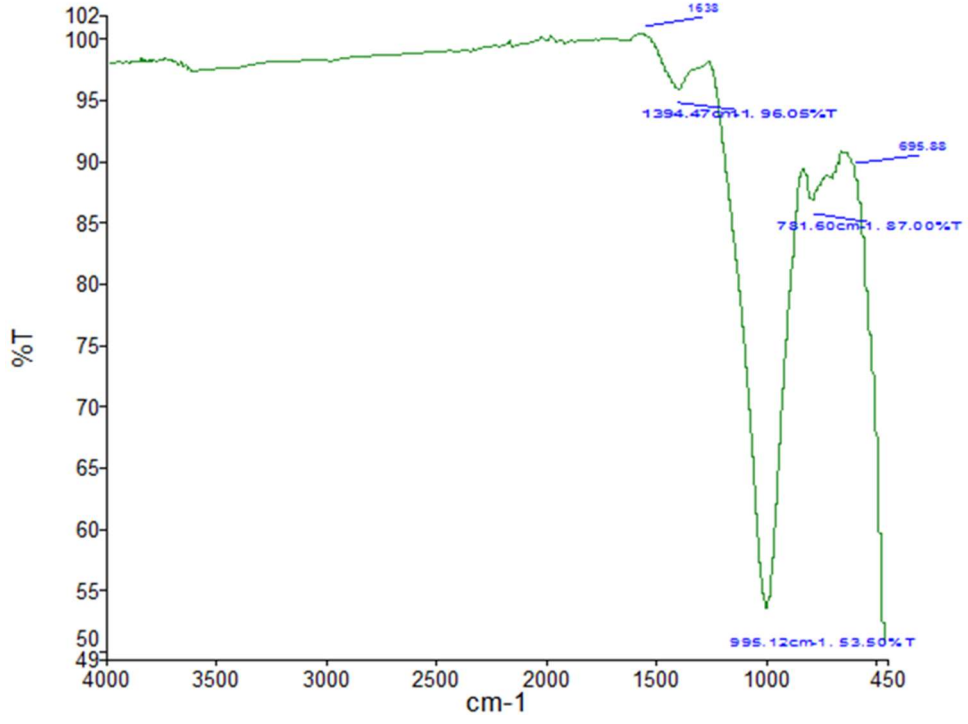
Şekil 5.29. Atakent için FTIR pik seviyeleri karma görünümü



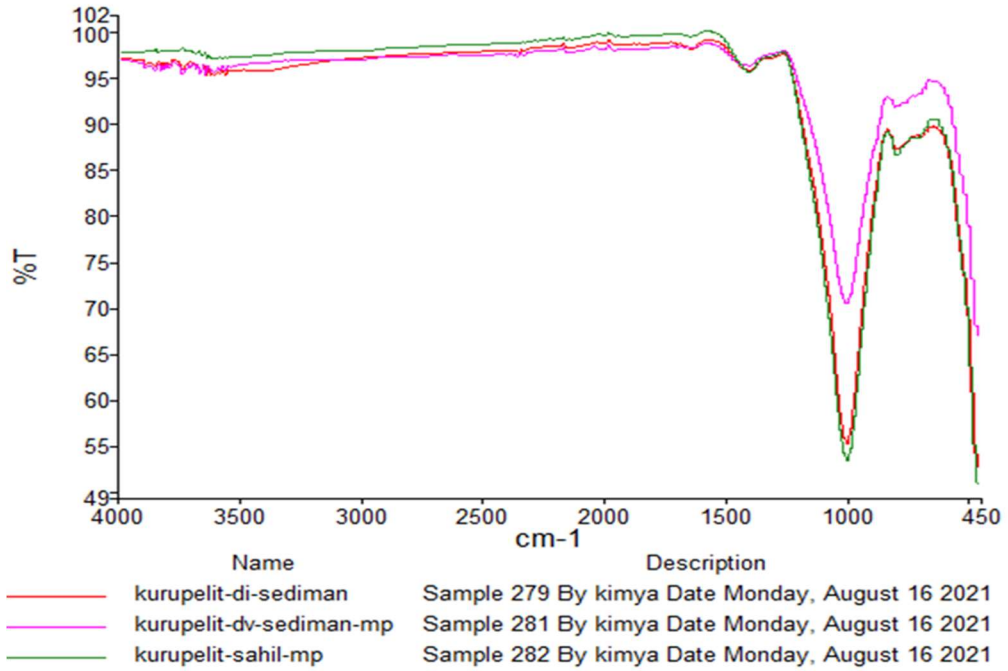
Şekil 5.30. Kurupelit deniz içi sediman için TFIR pik seviyeleri



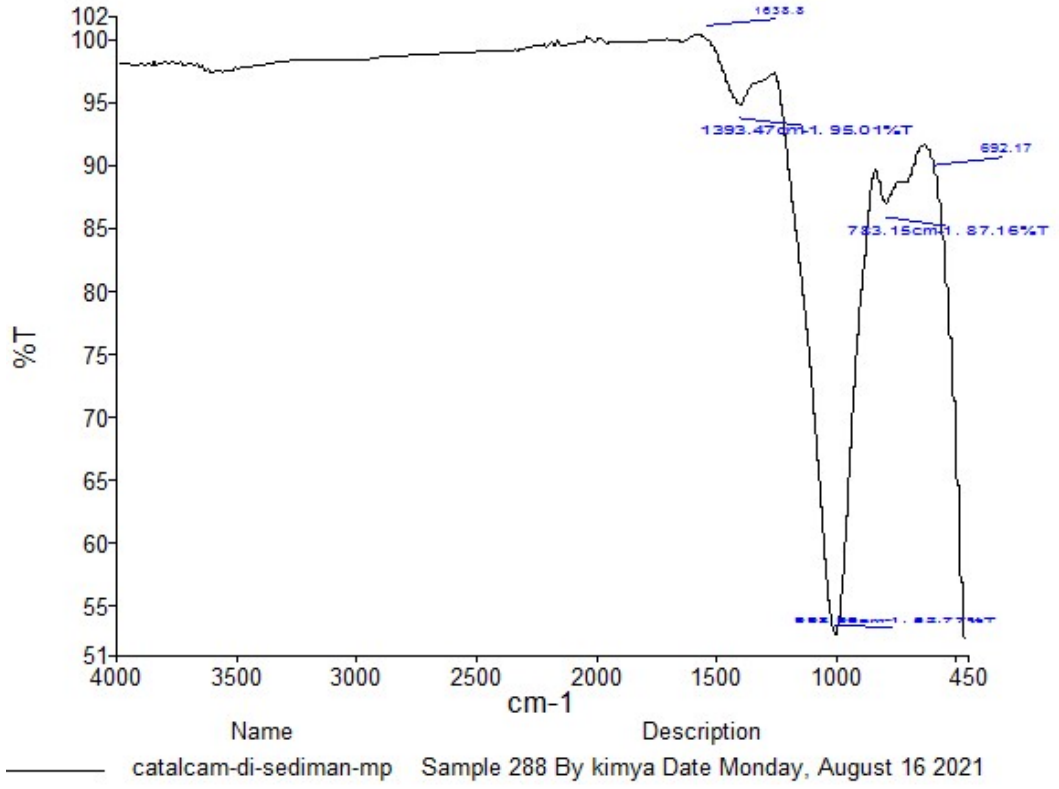
Şekil 5.31. Kurupelit dalgalı kısım için FTIR pik seviyeleri



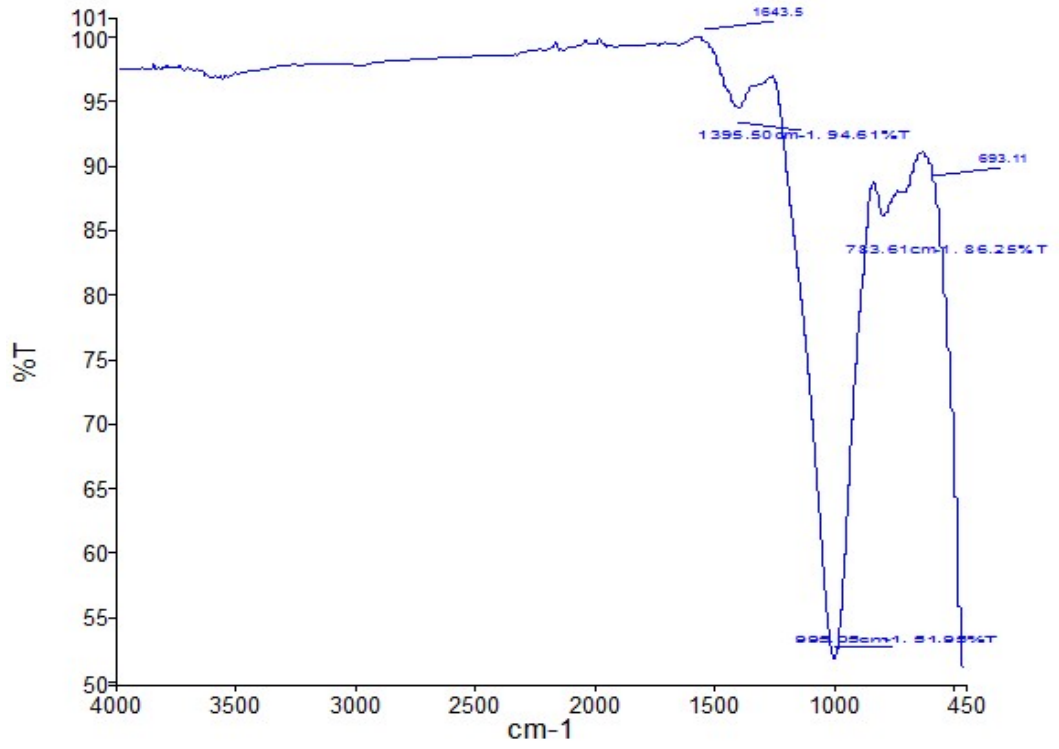
Şekil 5.32. Kurupelit sahil için FTIR pik seviyeleri



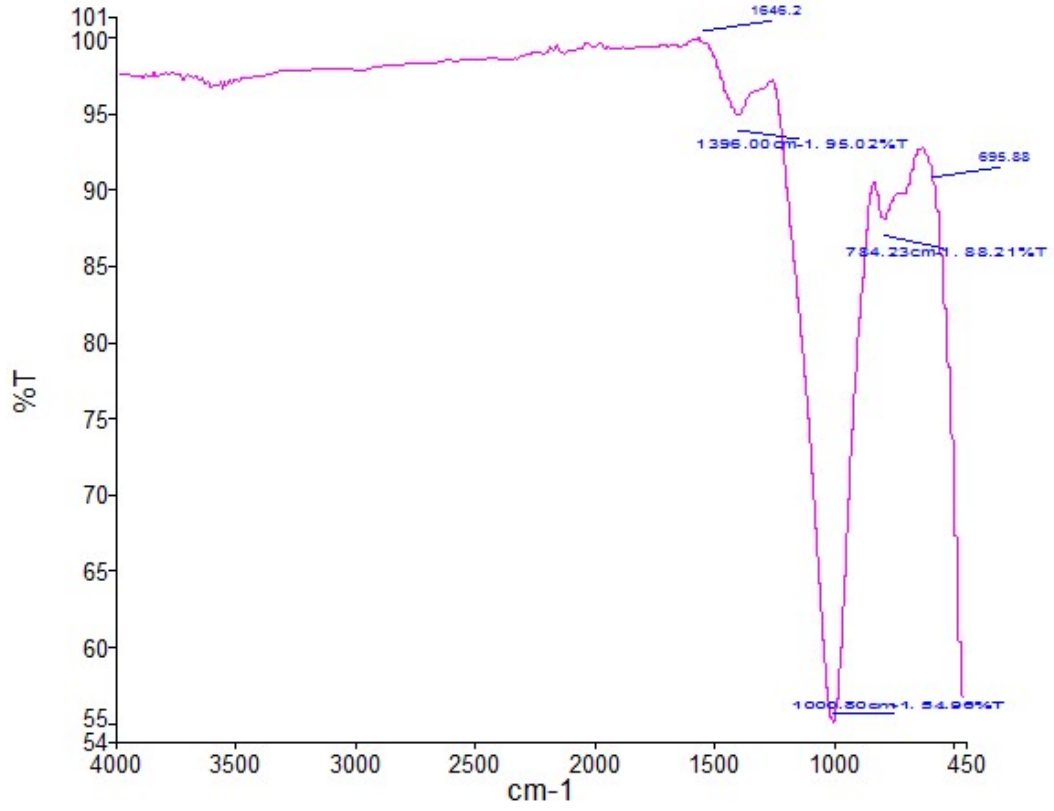
Şekil 5.33. Kurupelit için FTIR pik seviyeleri karma görünümü



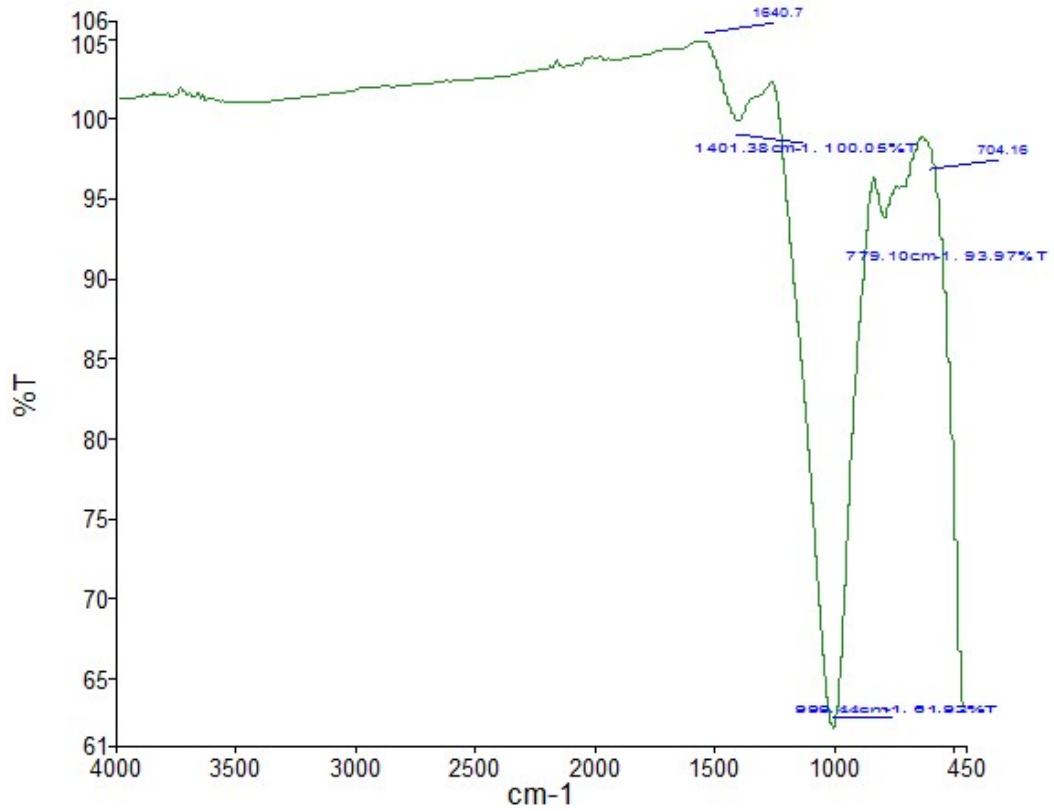
Şekil 5.34. Çatalçam deniz içi için FTIR pik seviyeleri



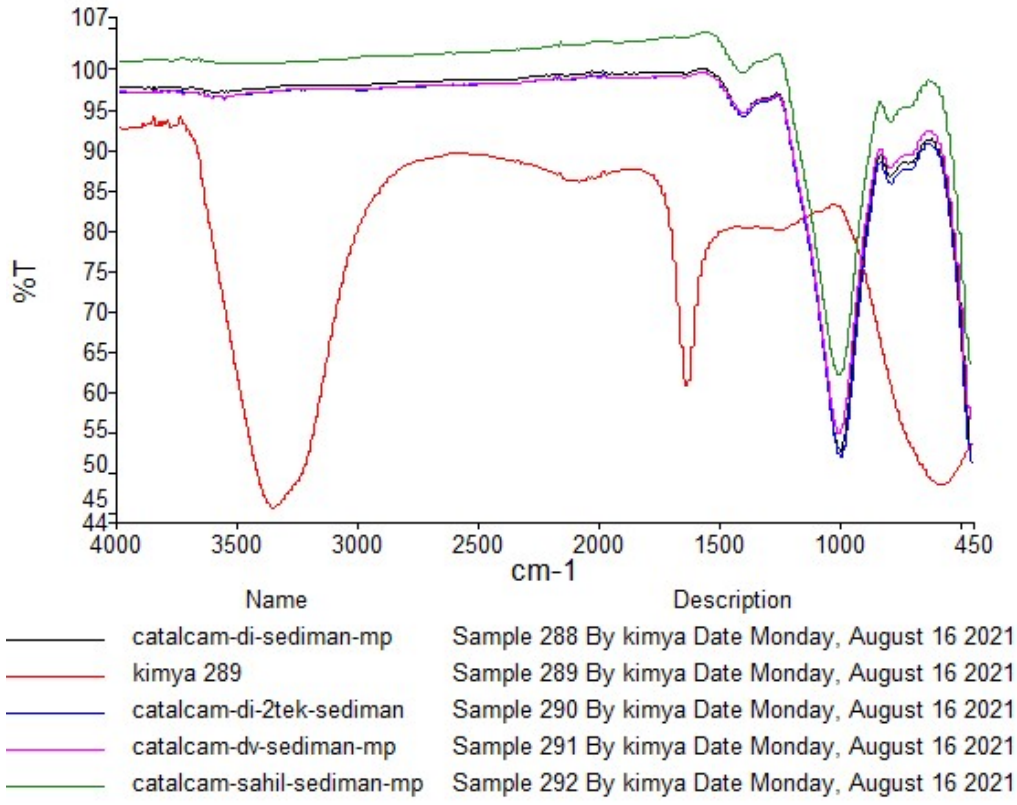
Şekil 5.35. Çatalçam deniz içi 2.tekrar için FTIR pik seviyeleri



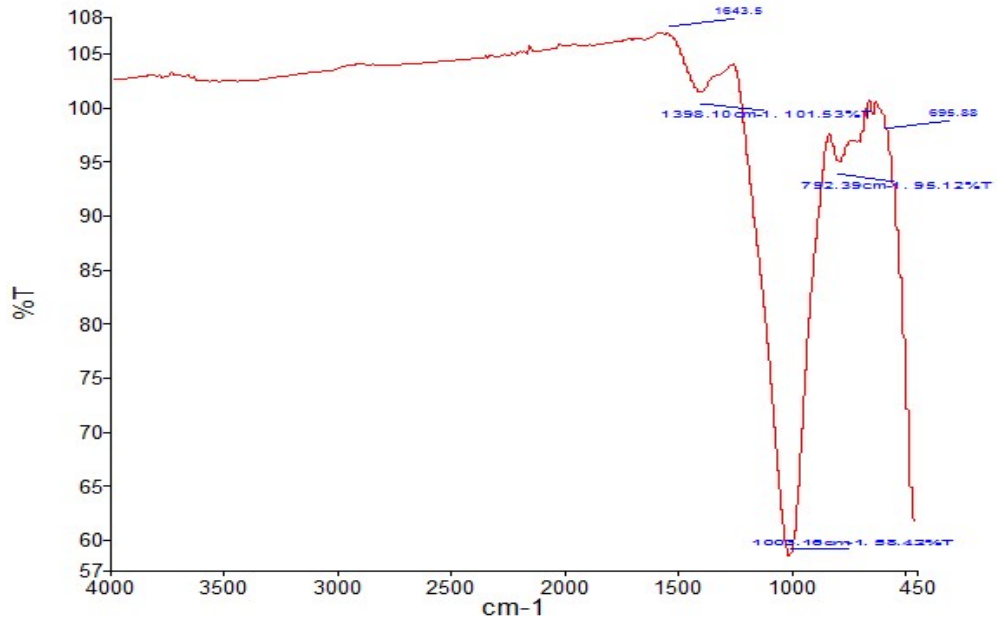
Şekil 5.36. Çatalçam dalgı için FTIR pik seviyeleri



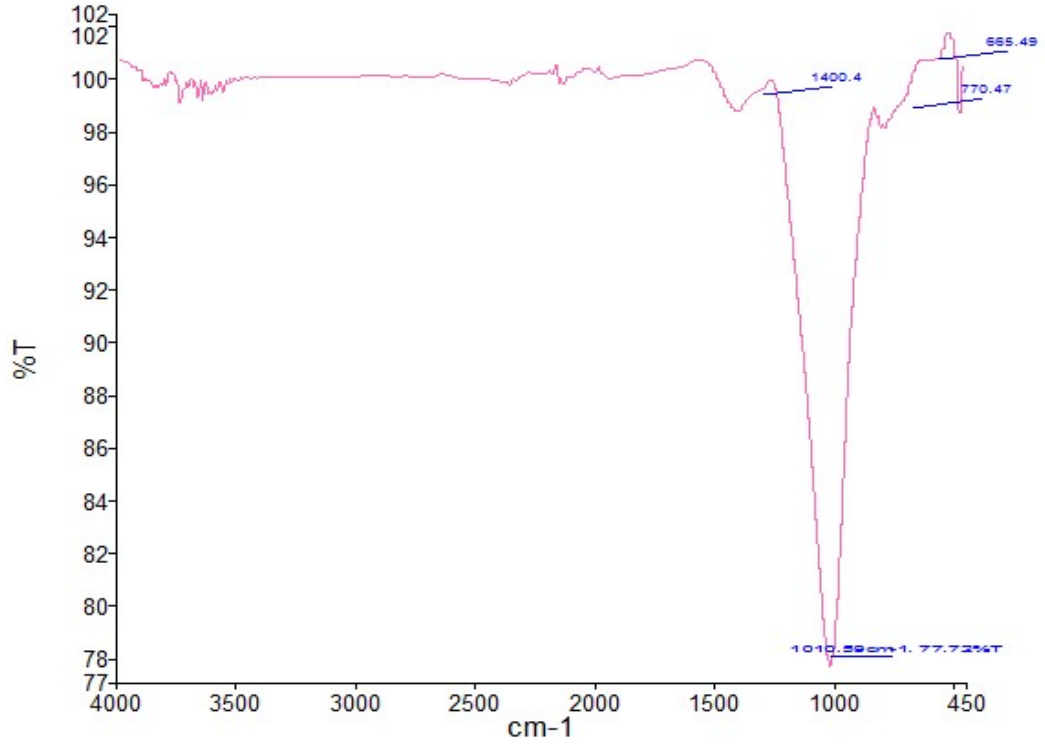
Şekil 5.37. Çatalçam sahil için FTIR pik seviyeleri



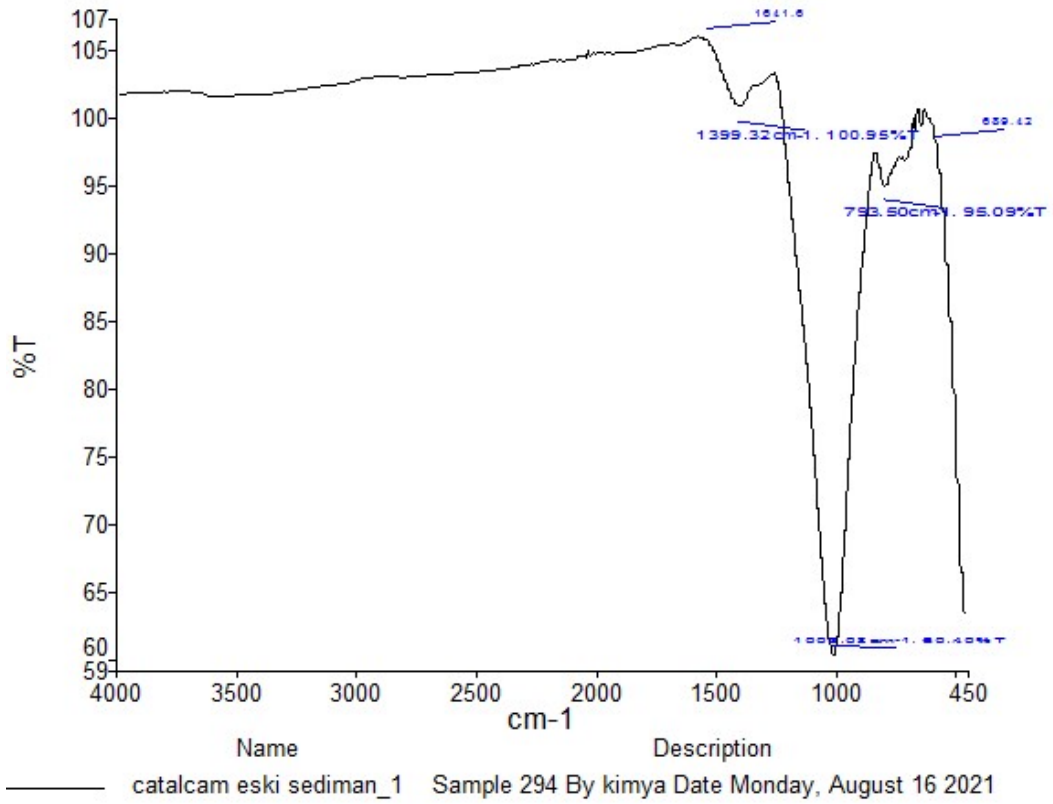
Şekil 5.38. Çatalçam için FTIR pik seviyeleri karma görünümü



Şekil 5.39. Kurupelit ilk numuneler için FTIR pik seviyeleri



Şekil 5.40. İlk numune kurupelit 2.tekrar FTIR pik seviyeleri



Şekil 5.41. Çatalçam ilk numune için FTIR pik seviyeleri

FTIR kütüphanesi sediman numunesi için FTIR pik seviyeleri benzerlik oranları Tablo 5.26'te verilmiştir.

Tablo 5.26. Sediman numuneleri için FTIR kütüphanesi sonuçları

Benzerlik Oranı	Referans Madde Adı
%41	Polietilenglikol
%41	Etilen, Propilen, Dien Terpolimer,Etilen
%43	Çözünür Nişasta
%43	Krotil Alkol
%43	Polietilenglikol
%44	Piperonilamin
%45	Polivinilpirolidon
%46	Polietilenglikol
%47	Polietilen
%48	Polikloropren, Klor

FTIR spektroskopisi, Raman gibi, tahribatsız bir tekniktir. Otomatiktir ve kısa bir analiz süresi ile yansıtma ve iletim olmak üzere iki ilkeye dayanır. FTIR'ın bakımı oldukça kolaydır ve bu nedenle, MP'lerin incelenmesi için tercih edilen tekniktir ve aslında kullanılan tüm tekniklerin %77'sini temsil eder (Phuong et al.,2021).

FTIR sonucunda çıkan pik değerleri litarütür araştırılması yapıldığında (Dilshad et al., 2021) oluşan piklerin aynı olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, önceki çalışmalara göre, araştırmacılar genellikle bir şeridi veya filmi mikroskoplarla filtre kağıtları üzerinde mikroplastik olarak tanımlarlar. Mikroplastikleri FTIR ile incelendiğinde polimer türü olarak PP, PS, PE olarak da kanıtlanabilmektedir. Ortaya çıkardıkları önemli bilgiler potansiyel kaynaklarla ilgili ipuçları sağlayabileceğinden, nitel sonuçlar MP çalışmalarında önemli bir rol oynar. MP raporları için en çok kullanılan dört özellik şunlardır; doğa (polimer kimyasal bileşimi ve yoğunluk), biçim, boyut ve renk. MP doğasını oluşturmak için, kimyasal bileşimi referans verilen bir plastik malzemeye karşılık geldiğinde bir parçacığın plastikten yapıldığı kabul edilir. Literatür, çökeltelerde bulunan başlıca MP'lerin, PE (oyuncaklar, süt şişeleri), PP (torbalar), PS (gıda ambalajı) ve PET (su şişeleri) dahil olmak üzere dört polimer türünü içerdiğini göstermektedir.

Ayrıca, Polietilen Tereftalat (PET), Polivinil Alkol (PVA), PS ve Polivinil Klorür (PVC) gibi diğer polimer türlerinin, endüstriyel önemi ve günlük kullanımdaki oldukça yüksek miktarlarda PE ve PP kullanılması nedeniyle oluşan pik seviyeleri ile kanıtlanmıştır.. Ambalaj endüstrisi küresel olarak açık ara en büyük PE tüketen sektördür (Hong et al., 2000). PP ve PE elyafların kullanımı tekstil

endüstrisinde çok popülerdir. Bununla birlikte, diğer maddeler, plastik torbalar, filmler ve şişeler dahil olmak üzere bu polimerlerin parçalarından oluşabilir. Balık ağları, naylonun deniz ortamında temel uygulamalarından biridir, çünkü kimyasal morfolojileri bakımından güçlüdür ve uzun süre tuzlu suya maruz kaldığında bozulmaz. Deniz çökeltilerindeki ana mikroplastik türleri olarak PE, PP ve naylonun yaygınlığı daha önce bildirilmiştir (Klein et al., 2015 ; Naji et al., 2017).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, Samsun kıyı sedimanı mikroplastik kirliliğinin araştırılmasıdır. Çalışma neticesinde Samsun Kıyı sedimanlarından belirlenen 3 noktadan toplamda 16 numune Ekim 2020 ve Haziran 2021 tarihleri arasında alınmış olup boyutu <5 mm mikroplastiklerin boyut ve renklere göre dağılımları incelenmiştir.

Bu araştırma, Ekim 2020 ve Haziran 2021'te Karadenizi'nin farklı fiziksel koşullara sahip 3 noktasında gerçekleştirilmiştir. İstasyon seçimlerin de; yerleşim, akıntı sistemi, karasal girdiler ve baskın rüzgâr yönleri dikkate alınmıştır. Her istasyonda su yüzeyinden ve sediman yüzeyinden olmak üzere, toplam 14 örnekleme yapılmış ve değerlendirmeler sonucunda bölgelerdeki mikroplastik karakterizasyonu ile ilgili bilgiler toplanmıştır. 14 örnekleme noktasından alınan numunelerde iki farklı yöntem kullanılmış olup 1.yöntemde mikroplastikleri renk, polimer türü ve boyut açısından incelenmiş olup, 2.yöntemde sadece renk ve polimer türü olarak incelenmesi gerçekleştirilmiştir. İncelenen numunelerde renk ve polimer türü arasında bir fark görülmemiş olup sadece mikroplastik sayılarındaki değişimler görülmüştür sayı farklılıklarının sebebi ise numuneler farklı mevsimlerde alımı gerçekleştiği için mikroplastik sayıları değişimi görülmüştür.

Mikroplastikleri belirlemek için iki farklı yöntem kullanılmış olup, su numuneleri için 988 partikül / 100 ml mikroplastiklerin varlığı kanıtlanmıştır. Sediman numuneleri için 1. yöntemde yapılan analizler sonucunda 478 partikül / 1 kg mikroplastiklerin varlığı kanıtlanmıştır. Sediman numunelerinde 2. Yöntem kullanılarak toplamda 2014 partikül / 10 gr mikroplastiklerin varlığı kanıtlanmıştır. Mikroplastik sayımı yapılırken karşılaştığımız renkler ise kırmızı, sarı, turuncu, kahverengi, mor, siyah, gri ve yeşil renkte mikroplastik atık olarak çıkan polyster ve polietilen polimer ve polimer türevleri etrafında mikroplastik türleri belirlenmiştir. Mikroplastikleri FTIR ile incelendiğinde polimer türü olarak PP, PS, PE olarak da kanıtlanabilmektedir. Bu polimer türleri birincil ve ikincil mikroplastik kaynaklarıdır. Mikroplastikler, iki ana kaynak yoluyla deniz ortamına giren çok küçük plastik parçacıklarıdır; kozmetik ürünler ve genellikle daha büyük plastik döküntüler daha küçük parçalara ayrılır. Genellikle, bu plastik türü nehirler, atıksu arıtma tesislerinden gelen akış, rüzgar ve dalgaların etkisiyle deniz ekosistemine girer.

Ayrıca, deniz mikroplastiklerini bozabilecek özelliklere sahip deniz kaynaklı bakteriler üzerinde araştırma yolları da test edilmektedir. Bu tür bakteriler daha sonra kontamine olmuş ortamların iyileştirilmesinde uygulanabilir. PET ve PP polimerler, balık ağları ve plastik şişeler üretmek için kullanılır. PE, plastik poşet ve saklama kaplarının imalatında kullanılmaktadır. İnsan faaliyetleri ve etkin atık bertaraf önlemlerinin alınmaması nedeniyle tüm dünya mikroplastik kirliliği baskısı altındadır.

Mikroplastik kirliliğinin çevre ve insan sağlığına etkilerinin araştırılmasının daha sık bir şekilde yapılmasına ihtiyaç vardır. Şimdiye kadar yapılan araştırmalarda tehlike görülmüş ancak tam olarak tehlikenin boyutu kestirilememiştir. Bu yüzden mikroplastiklerin çevre ve insan sağlığına etkileri daha fazla araştırılması gerekmektedir.

Çevreye ve okyanuslara dökülen plastiklerin hepsini toplamak ve mikroplastikleri normal arıtma yöntemi ile uzaklaştırmak imkansızdır. Bu plastiklerin hepsinin toplandığı varsayılsa bile zararsız olarak geri dönüştürülmesi imkansızdır. Dolayısıyla bu konuda izlenecek politika olarak; aşırı plastik kullanımının önüne geçilmesi ve plastik üretimini geri dönüştürülebilir malzemeden yapılması, plastik kirliliğini kaynağında azaltma olabilir. Tabii bu konudaki etkili çözüm yöntemlerinin başında, mikroplastik kirliliği konusunda bilinçlendirme ve farkındalık oluşturma gelmektedir.

Türkiyede Karadeniz kıyılarında yapılan çalışmalarda Karadenizde kıyısındaki mikroplastik bakımından yapılan çalışmalar ile kıyaslanması sonucunda İstanbul Andolu yakasının Karadeniz kıyısındaki ortalama mikroplastik bolluğunu 20,7 partikül / kg tespit etmişler (Şener vd., 2019). Konu ile benzer başka bir çalışmada Güney Karadeniz sahil sedimanı ve deniz yüzey suyunda mikroplastikleri incelemişler ve ortalama mikroplastik bolluğunu sediman için 64.06 ± 8.95 parçacık / kg ve su için 18.68 ± 3.01 parçacık / m³ olarak tespit etmişlerdir (Terzi vd., 2022). Bu çalışmada ortalama su numuneleri için ortalama mikroplastik yoğunluğu 141 partikül / 100 ml olduğu tespit edilmiştir. Sediman numuneleri için iki farklı yöntem kullanılmıştır. 1. yöntemde ortalama mikroplastik yoğunluğu 159,33 partikül / 1 kg olduğu tespit edilmiştir. 2. yöntemde ise ortalama mikroplastik yoğunluğu 154 partikül / 10 gr olduğu tespit edilmiştir. Türkiyede Karadeniz kıyılarında yapılan

mikroplastik çalışmalarında ortalama mikroplastik yoğunluğu olarak Samsundaki mikroplastik bolluğunun daha fazla olduğu görülmüştür.

Mikroplastik kirliliğinin azaltılabilmesi / önlenebilmesi amacıyla bazı önlemler alınmalıdır;

- Günlük kullanılan plastiklerin geri dönüşüm oranı artırılmalı,
- Plastik üretiminde ham madde olarak biyo-bozunur malzemeler kullanılmalı,
- Esneklik, basınca, sıcak ya da soğuğa dayanım amacıyla üretiminde kullanılan toksik kimyasallar yasal düzenlemelerle kısıtlanmalı ve gıda maddelerinde özellikle dikkat edilmelidir,
- Çamaşır makinelerinden kaynaklı mikro fiber salınımını önlemek için filtre kullanılmalı,
- Tek kullanımlık plastik kaşık, atal, bıçak, pipetler yerine tekrar kullanılabilen malzemelerin kullanımı yaygınlaşmalı,
- Yasal düzenleme/kısıtlamalarla plastik üretimi, tüketimi, geri dönüşümü, bertarafı kontrol altına alınmalıdır.

KAYNAKÇA

- Adomat, Y., and Grischek, T. (2021). Sampling and processing methods of microplastics in river sediments - A review.
- Ak, M., Özpolat, H., Bağ, A., Şimşek, A., ve Bakan, G. (2019). Orta Karadeniz Bölgesi Samsun Kıyı Şeridi Deniz Suyu ve Sediman Ortamında Mikroplastik Kirliliğın Araştırılması. *Intenotiional black sea coastline countries symposium-5*, (s. 252-259). Samsun.
- Alimba, C. G., and Faggio, C. (2019). Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile.
- Auta, H. S., Emenike, C. U., and Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: Distribution and importance of microplastics in the marine environment.
- Auta, H., Emenike, C., and Fauziah, S. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions.
- Aydın, E. (2020, Mayıs). *Yüzey Sularında Mikroplastik Kirliliğın İncelenmesi*. Kayseri.
- Bektaş, E. (2021). Eysel Çamaşır Yıkama Sonucu Oluşan Mikroplastik Ve Mikrolif Oluşumunun Değerlendirilmesi. Tekirdağ: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cheng Lu, H., Ziajahromi, S., Neale, P. A., and Leusch, F. D. (2021). A systematic review of freshwater microplastics in water and sediments: Recommendations for harmonisation to enhance future study comparisons.
- Collignon, A., Hecq, J.-H., Glagani, F., Voisin, V., Collard, F., and Goffart, A. (2012). Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea.
- Denzili, A., ve Yavuz, H. (2017). Mikroplastikler ve Düyamız. *TÜBA GÜNCE*, 64-66.
- Dilshad, A., Taneez, M., Younas, F., Jabeen, A., Rafiq, M., and Fatimah, H. (2021). *Microplastic Pollution in the Surface Water and Sediment from Kallar Kahar Wetland, Pakistan: Occurrence, Distribution and Characterization by FTIR*.
- Doğruyol, P. (2019). *Haliç Sedimanlarında Mikroplastik Kirliliğın Araştırılması*. İstanbul, Türkiye.
- Dubaish, F., and Liebezeit, G. (2013). *Suspended Microplastics and Black Carbon Particles in the Jade System, Southern North Sea*.
- Esmeray, E., ve Armutçu, C. (2020). Mikroplastikler, Çevre-İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 839-868.
- Falahudin, D., Cordova, M. R., Sun, X., Yogaswara, D., Wulandari, I., Hindarti, D., and Arifin, Z. (2020). The first occurrence, spatial distribution and characteristics of microplastic particles in sediments from Banten Bay, Indonesia.
- Firdaus, M., Trihadiningrum, Y., and Lestari, P. (2020). Microplastic pollution in the sediment of Jagir Estuary, Surabaya City Indonesia.
- Guo, X., and Wang, J. (2019). *The chemical behaviors of microplastics in marine environment: A review*.
- Gülsün, S. (2020, Nisan 15). Mikroplastikler Üzerine Kısa Bir İnceleme.
- Gündoğdu, S., Çevik, C., ve Karaca, S. (2017). Fouling assemblage of benthic plastic debris collected from Mersin Bay, NE Levantine coast of Turkey.

- Gürbüz, Ö. (2017, Aralık). *Marmara Denizi Mikroplastik Karakterizasyonu ve Dağılımı*. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.
- Hong, Y., Coombs, S., Cooper-White, J., Mackay, M., Hawker, C., Malmstöm, E., and Rehnberg, N. (2000). *Film blowing of linear low-density polyethylene blended with a novel hyperbranched polymer processing aid*.
- Kayhan, F. E. (2019). Mikroplastiklerin (MP) Sucul Organizmalar Üzerindeki Risk Profillerinin. *S.Ü. Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 126-135.
- Kazour, M., Jemaa, S., Issa, C., Khalaf, G., and Amara, R. (2019). Microplastics pollution along the Lebanese coast (Eastern Mediterranean Basin): Occurrence in surface water, sediments and biota samples.
- Klein, S., Worch, E., and Knepper, T. (2015). *Occurrence and Spatial Distribution of Microplastics in River Shore Sediments of the Rhine-Main Area in Germany*. *Environ.*
- Kumar, R., Sharma, P., Manna, C., and Jain, M. (2021). *Abundance, interaction, ingestion, ecological concerns, and mitigation policies of microplastic pollution in riverine ecosystem: A review*.
- Ma, H., Pu, S., Liu, S., Bai, Y., Mandal, S., and Xing, B. (2020). Microplastics in aquatic environments: Toxicity to trigger ecological consequences.
- Martin, K. M., Hasenmuelle, E. A., White, J. R., Chambers, L. G., and Conkle, J. L. (2018). *Sampling, Sorting, and Characterizing Microplastics in Aquatic Environments with High Suspended Sediment Loads and Large Floating Debris*.
- Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S. A., and Vethaak, A. D. (2017). *The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran*. *Environ.*
- Nuelle, M. T., Dekiff, J. H., Remy, D., and Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental Pollution*, 161-169.
- Irfan, T., Khalid, S., Taneez, M., and Hashmi, M. Z. (2020). *Plastic driven pollution in Pakistan: the first evidence of environmental exposure to microplastic in sediments and water of Rawal Lake*.
- Ivar do Sul, J. A. (2021). Why it is important to analyze the chemical composition of microplastics in environmental samples.
- Özpolat, H., Ak, M., Şimşek, A., ve Bakan, G. (2021). Su ve Sediman Ortamlarındaki Mikroplastiklerin Akıbeti ve Etkilerinde ve Etkileri: Samsun Kıyı Şeridi Örneği. *14.Ulusal 2.Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi*, (s. 501-508).
- Patricio Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., Ouyang, W., Barcelo, D., and Rocha-Santos, T. (2021). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations.
- Phuong, N. N., Fauvelle, V., Grenz, C., Ourgaud, M., Natascha, S., Strady, E., and Sempéré, R. (2021). *Highlights from a review of microplastics in marine sediments*.
- Pritzker, P., Sullivan, K., and Callender, R. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment. 1-39.
- Rasta, M., Sattari, M., Taleshi, M., and Namin, J. I. (2020). Identification and distribution of microplastics in the sediments and surface waters of Anzali Wetland in the Southwest Caspian Sea, Northern Iran.
- Resmi Gazete. (2008, 2 13). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tabloları*. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTip=5> adresinden alındı.

- Sarkar, D. J., Sarkar, S. D., Das, B. K., Manna, R. K., Behera, B. K., and Samanta, S. (2019). Spatial distribution of meso and microplastics in the sediments of river.
- Şener, M. (2019). *İstanbul'un Karadeniz Kıyılarında Mikroplastik Kirliliğın Araştırılması*. istanbul.
- Şener, M., Doğruyol, P., ve Balkaya, N. (2019). Microplastic pollution in the Black Sea Coast of the Anatolian side of Istanbul, Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 351-358.
- Terzi, Y., Gedik, K., Eryaşar, A. R., Öztürk, R. Ç., Şahin, A., ve Yılmaz, F. (2022). Microplastic contamination and characteristics spatially vary in the southern Black Sea beach sediment and sea surface water. *Marine Pollution Bulletin*.
- TÜBİTAK MAM. (2015). Kıyı ve geçiş suyu kütleleri "Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılması".
- Tziourrou, P., Kordella, S., Ardali, Y., Papatheodorou, G., and Karapanagioti, H. (2021). Microplastics formation based on degradation characteristics of beached.
- Ugwu, K., Herrera, A., & Gomez, M. (2021). Microplastics in marine biota: A review.
- Vieira, Y., C. Lima, E., Foletto, E. L., and Dotto, G. L. (2021). Microplastics physicochemical properties, specific adsorption modeling and their interaction with pharmaceuticals and other emerging contaminants.
- Vikipedi*. <https://tr.wikipedia.org/wiki/OXO-biyobozunma> adresinden alındı.
- Wang, W., Gao, H., Jin, S., Li, R., and Na, G. (2019). *The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review*.
- Xu, C., Zhang, B., Gu, C., Shen, C., Yin, S., Aamir, M., and Li, F. (2020). Are we underestimating the sources of microplastic pollution in terrestrial environment?
- Yurtsever, M. (2015). Mikroplastiklere Genel Bir Bakış. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 68-83.
- Yurtsever, M. (2019). Küresel Plastik Kirliliği, Nano-mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik. *Çevre Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 171-197.
- Zhang, D., Liu, X., Huang, W., Li, J., Wang, C., Zhang, D., and Zhang, C. (2020). *Microplastic pollution in deep-sea sediments and organisms of the Western Pacific Ocean*.
- Zou, Y., Ye, C., and Pan, Y. (2021). *Abundance and characteristics of microplastics in municipal wastewater treatment plant effluent: a case study of Guangzhou, China*.

ÖZ GEÇMİŞ

Mehmet AK, Samsun Terme Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2019 yılında mezun oldum. 2019 yılında OMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Yüksek Lisansa başladım.

İletişim Bilgileri

ORCID ID: 0000-0002-7417-8114

Yayınlar:

1. Ak, M., Özpolat , H., Bağ, A., Şimşek, A., & Bakan , G. (2019). Orta Karadeniz Bölgesi Samsun Kıyı Şeridi Deniz Suyu ve Sediman Ortamında Mikroplastik Kirliliğın Araştırılması. *International Black Sea Coastline Countries Symposium-5*. Samsun. 252-259.
2. Özpolat, H., AK, M., Şimşek, A., & Bakan, G. (2021). Su ve Sediman Ortamlarındaki Mikroplastiklerin Akıbeti ve Etkilerinde ve Etkileri: Samsun Kıyı Şeridi Örneği. *14.Ulusal 2.Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi*. 501-508.