

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MARMARA HAVZASI AKARSU VE DENİZ
SEDİMENTLERİNİN KARAKTERİZASYONU VE
MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

SELİNAY ÇETİN

KOCAELİ 2024

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MARMARA HAVZASI AKARSU VE DENİZ
SEDİMENTLERİNİN KARAKTERİZASYONU VE
MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

SELİNAY ÇETİN

Prof. Dr. Halim Aytekin ERGÜL
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Önder KILIÇ
Jüri Üyesi, İstanbul Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Cem ERKEBAY
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 12.06.2024

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☐ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☒ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Kocaeli Üniversitesi Hidrobiyoloji Laboratuvarı ve ÇEVİSİS-ARGE imkanlarından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
(İmza)

.....
Selinay ÇETİN

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☒ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☐ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....
(İmza)

.....
Selinay ÇETİN

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Türkiye'nin en fazla nüfusa sahip ve sanayileşmenin en yoğun olduğu Marmara Bölgesi'nde, yoğun sanayi desajları, deniz ulaşımının yoğunluğuna bağlı olarak gerçekleşen atıklar ve kentsel deşarjlar sayesinde Marmara Bölgesi'nde kirlilik kaçınılmaz bir hale gelmiştir. Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nde yer alan Akarsu ve Deniz kıyı istasyonlarından alınan yüzey sediment örneklerinde CaCO_3 , BSi, TOM, LM miktarı ve mikropplastik kirliliği araştırılmıştır.

Çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve sonuçlanması evrelerinde benden yardımını esirgemeyen, lisans ve yüksek lisans dönemlerimde sabırla beni akademik anlamda destekleyen, gelişimimde katkıda bulunan danışmanım Sayın Prof. Dr. Halim Aytekin ERGÜL'e içtenlikle teşekkür ederim.

Labovatuvar çalışmalarında, tez sürecimde yardım ve desteklerini karşılıksız olarak benden esirgemeyen Kocaeli Üniversitesi Biyoloji Bölümü Araştırma Görevlisi Serdar AKSAN'a teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmalarında ve tez yazım sürecimde karşılaştığım problemlerde her zaman yardımcı olan Mert KAYA'ya ve diğer labovatuvar arkadaşlarıma teşekkürlerimi iletirim.

Aldığım tüm kararlarda beni destekleyen, başarılarımın en büyük destekçileri olan başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme minnettarlıkla teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada Kocaeli Üniversitesi Hidrobiyoloji Labovatuvarı imkanlarından yararlanılmıştır.

Haziran - 2024

Selinay ÇETİN

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ.....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Marmara Bölgesi'nin Önemi	3
2.2. Sediment Karakterizasyonunun Önemi	4
2.2.1. Sedimentte Biyojenik Silika (BSi).....	4
2.2.2. Sedimentte Kalsiyum Karbonat (CaCO ₃)	5
2.2.3. Sedimentte Toplam Organik Madde (TOM).....	7
2.2.4. Sedimentte Litojenik Madde (LM)	8
2.3. Mikroplastik Kirliliği.....	8
2.4. Mikroplastikler ve Sınıflandırılması.....	10
2.4.1. Mikroplastiklerin Renk Bakımından Sınıflandırılması	12
2.4.2. Mikroplastiklerin Şekil Bakımından Sınıflandırılması	13
2.4.3. Mikroplastiklerin Tür Bakımından Sınıflandırılması.....	14
2.5. Akarsularda Mikroplastik Kirliliği	16
2.6. Denizlerde Mikroplastik Kirliliği	17
2.7. Mikroplastiklerin Çevresel Etkileri	18
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	20
3.1. Örnekleme Yapılan İstasyonlar	20
3.1.1. Akarsu Örnekleme Noktaları	20
3.1.2. Deniz Örnekleme Noktaları	21
3.2. Sediment Örnekleme.....	32
3.2.1. Sediment Örneklemede Dikkat Edilen Hususlar.....	32
3.2.2. Deniz İstasyonlarında Sediment Örneği Alırken Arazide Yapılan İşlemler.....	34
3.2.3. Nehir İstasyonlarında Sediment Örneği Alırken Yapılan İşlemler	35
3.2.4. Sediment Karakterizasyonu ve Sedimentte Mikroplastik İncelemesi.....	35
3.3. Sediment Karakterizasyonu İşlemleri	39
3.3.1. Sediment Karakterizasyonunda Yapılan Ön İşlemler	39
3.3.2. Sedimentte CaCO ₃ , BSi(Opal), TOM Analizleri.....	40
4 .BULGULAR	41
4.1. Marmara Bölgesinde Sediment Karakterizasyonu Sonuçları	41
4.2. Marmara Bölgesinde Mikroplastik Kirliliğin Araştırma Sonuçları.....	56
4.2.1. Akarsu İstasyonlarında Mikroplastik Kirliliğinin Araştırma Sonuçları	56
4.2.2. Deniz İstasyonlarında Mikroplastik Kirliliğinin Araştırma .Sonuçları.....	57
5. TARTIŞMA.....	66

5.1. Marmara Bölgesi Sedimentlerinde TOM, BSi, CaCO ₃ , LM Miktar ve Dağılımları.....	66
5.2. Marmara Bölgesi Yüzey Sedimentlerinde Mikroplastik Dağılımı ve Sınıflandırılması.....	76
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR.....	93
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	104
ÖZGEÇMİŞ.....	105



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Marmara Denizi'ndeki noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları.....	4
Şekil 2.2.	Hücre duvarı biyogenik silikadan oluşan diatom	5
Şekil 2.3.	Deniz salyangozunun kabuğunun suda çözünmesi ile CaCO_3 oluşumu	6
Şekil 2.4.	Deniz ekosisteminde CaCO_3 oluşumuna katkıda bulunan canlılara örnekler.....	7
Şekil 2.5.	Dünyada plastiklerin kullanım alanları	9
Şekil 2.6.	Türkiye'de plastiklerin kullanım alanları	10
Şekil 2.7.	Birincil mikroplastik kaynaklarının dağılımı	11
Şekil 2.8.	İkincil (Sekonder) Mikroplastik Kaynakları	12
Şekil 2.9.	Mikroplastik renkleri	13
Şekil 2.10.	Mikroplastiklerin şekil bakımından sınıflandırılması	14
Şekil 2.11.	Nehirlerde mikroplastik kaynakları.....	16
Şekil 2.12.	Sucul canlılardan ve işleme proseslerinden kaynaklı insan tüketimine kadar ulaşan mikroplastik riski	18
Şekil 2.13.	Balıkların midesindeki mikroplastik örnekleri	19
Şekil 3.1.	Marmara bölgesinden örnek alınan istasyonların tamamı.....	20
Şekil 3.2.	Marmara Bölgesi'nde akarsu örnekleme noktaları.....	21
Şekil 3.3.	Marmara Bölgesi'nde deniz örnekleme noktaları	21
Şekil 3.4.	SC-1 örnekleme noktası.....	22
Şekil 3.5.	SC-2 örnekleme noktası.....	22
Şekil 3.6.	SC-3 örnekleme noktası.....	23
Şekil 3.7.	SC-4 örnekleme noktası.....	23
Şekil 3.8.	SC-5 örnekleme noktası.....	24
Şekil 3.9.	SC-6 örnekleme noktası.....	24
Şekil 3.10.	SC-7 örnekleme noktası.....	25
Şekil 3.11.	SC-8 örnekleme noktası.....	25
Şekil 3.12.	SC-9 örnekleme noktası.....	26
Şekil 3.13.	SC-10 örnekleme noktası.....	26
Şekil 3.14.	SC-11 örnekleme noktası.....	27
Şekil 3.15.	SC-12 örnekleme noktası.....	27
Şekil 3.16.	SC-13 ve SC-14 örnekleme noktaları	28
Şekil 3.17.	SC-15 örnekleme noktası.....	28
Şekil 3.18.	SC-16 örnekleme noktası.....	29
Şekil 3.19.	SC-17 örnekleme noktası.....	29
Şekil 3.20.	SC-18 örnekleme noktası.....	30
Şekil 3.21.	SC-19 örnekleme noktası.....	30
Şekil 3.22.	SC-20, SC-21, SC-22, SC-23, SC-24, SC-25, SC-26, SC-27 örnekleme noktaları	31
Şekil 3.23.	SC-28 ve SC-29 örnekleme noktaları.....	32
Şekil 3.24.	SC-30 örnekleme noktası	32
Şekil 3.25.	Arazi çalışmasında kullanılan malzemeler.....	33
Şekil 3.26.	Yüzey sediment örneği almada kullanılan Lenz Bottom Sampler tip sediment kepçesi.....	33
Şekil 3.27.	Sediment kepçesi ile yüzey sediment örneği alımı	34
Şekil 3.28.	Deniz istasyonundan alınan sediment örneği	34

Şekil 3.29. Örnek alınan nehirlerle ait görüntüler.....	35
Şekil 3.30. Mikroplastik incelemek için sediment örneğinin elekten geçirilmesi.....	36
Şekil 3.31. Mikroplastik incelemek için elekten geçirilen örneklerin etüvde kurutulması	36
Şekil 3.32. Mikroplastik incelemek için H ₂ O ₂ eklenen örneklerin etüvde bekletilmesi.....	37
Şekil 3.33. ZnCl ₂ ile hazırlanan çözeltide mikroplastiklerin yüzeye çıkması.....	38
Şekil 3.34. Mikroplastikleri Nil kırmızısına boyama işlemi.....	39
Şekil 4.1. İstasyonlarda mikroplastik dağılım grafiği (adet/m ²)	61
Şekil 4.2. Marmara denizinde tespit edilen mikroplastiklerin polimer türüne göre dağılım grafiği	61
Şekil 4.3. Marmara denizinde tespit edilen mikroplastiklerin şekillerine göre dağılım grafiği	62
Şekil 4.4. Marmara denizinde tespit edilen mikroplastiklerin renklerine göre dağılım grafiği	62
Şekil 4.5. Farklı renkte mikroplastik örneklerine ait fotoğraflar	63
Şekil 4.6. Farklı şekillere göre mikroplastik örnekleri	64
Şekil 4.7. Farklı polimer türlerine ait FT-IR spektrum grafikleri	65
Şekil 5.1. CaCO ₃ , BSi, TOM, LM miktarlarına göre istasyonların benzerlik durumları (Bray-Curtis).....	75

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Plastik türleri ve kullanım alanları.....	15
Tablo 4.1. SC-1 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	41
Tablo 4.2. SC-2 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	42
Tablo 4.3. SC-3 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	42
Tablo 4.4. SC-4 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	43
Tablo 4.5. SC-5 numaralı istasyonunun sediment karakterizasyon sonuçları	43
Tablo 4.6. SC-6 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	44
Tablo 4.7. SC-7 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	44
Tablo 4.8. SC-8 istasyonunun sediment karakterizasyon sonuçları	45
Tablo 4.9. SC-9 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	45
Tablo 4.10. SC-10 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları.....	46
Tablo 4.11. SC-11 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	46
Tablo 4.12. SC-12 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	47
Tablo 4.13. SC-13 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	47
Tablo 4.14. SC-14 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	48
Tablo 4.15. SC-15 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	48
Tablo 4.16. SC-16 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	49
Tablo 4.17. SC-17 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	49
Tablo 4.18. SC-18 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	50
Tablo 4.19. SC-19 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	50
Tablo 4.20. SC-20 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	51
Tablo 4.21. SC-21 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	51
Tablo 4.22. SC-22 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	52
Tablo 4.23. SC-23 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	52
Tablo 4.24. SC-24 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	53
Tablo 4.25. SC-25 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	53
Tablo 4.26. SC-26 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	54
Tablo 4.27. SC-27 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	54
Tablo 4.28. SC-28 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	55
Tablo 4.29. SC-29 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	55
Tablo 4.30. SC-30 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları	56
Tablo 4.31. Akarsu istasyonlarında mikroplastik analiz sonuçları	57
Tablo 4.32. Akarsu istasyonlarında saatte geçmesi beklenen mikroplastik sayısı.....	57
Tablo 4.33. SC-1,SC-2,SC-3,SC-4,SC-5,SC-6,SC-7,SC-8,SC-9,SC-10 numaralı istasyonlarda belirlenen mikroplastik sayıları	58
Tablo 4.34. SC-11, SC-12 ,SC-13, SC-14, SC-15, SC-16, SC-17, SC-18, SC-19, SC-20 numaralı istasyonlarda belirlenen mikroplastik sayıları.....	59
Tablo 4.35. SC-21, SC-22, SC-23, SC-24, SC-25, SC-26, SC-27, SC-28, SC-29, SC-30 numaralı istasyonlarda belirlenen mikroplastik sayıları.....	60
Tablo 5.1. Deniz sediment örneklerinde mikroplastik dağılımının derinlik ve kıyı uzaklığı arasındaki korelasyon analizi ($r=-77$, $n=30$, $p=0,01$)	85
Tablo 5.2. Deniz sediment örneklerinde mikroplastik dağılımı ve sediment karakterizasyonu parametrelerinin derinlik ve kıyı uzaklığı arasındaki korelasyon analizi.....	86

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
<	: Küçük
>	: Büyük
β	: Beta

Kısaltmalar

μm	: Mikrometre
AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
BSi	: Biyogenik Silika
CaCO_3	: Kalsiyum Karbonat
cm	: Santimetre
FTIR	: Fourier Transform Infrared (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi)
g	: Gram
Ha	: Hektar
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
KOK	: Kalıcı Organik Kirletici
LM	: Litojenik Madde
m	: Metre
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
Mp	: Mikroplastik
PAH	: Polikislik Aromatik Hidrokarbonlar
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen teraftalat
PP	: Propilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polyvinyl Chloride (Polivinil Klorür)
TOM	: Toplam Organik Madde

MARMARA HAVZASI AKARSU VE DENİZ SEDİMENTLERİNİN KARAKTERİZASYONU VE MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışma Türkiye'nin en kalabalık ve sanayi bakımından gelişmiş olan Marmara Bölgesi'nde gerçekleşmiştir. Çalışmada, 30 adet deniz istasyonu ve 12 adet nehir istasyonu olmak üzere toplamda 42 farklı noktadan alınan yüzey sedimenti örneklerinde sediment karakterizasyonu ve mikroplastik kirliliği araştırılmıştır. Sediment örnekleri sanayi ve tersanelerin yoğun olduğu, kıyı bölgelerinden alınmıştır. Sediment örneklerinde toplam organik madde (TOM), kalsiyum karbonat (CaCO_3), biyogenik silika (BSi), litojenik madde (LM) miktarları ve mikroplastik parçacık sayısı araştırılmıştır. Sediment karakterizasyonu için sediment örnekleri $>250 \mu\text{m}$, $>125 \mu\text{m}$, $>63 \mu\text{m}$ ve $<63 \mu\text{m}$ olmak üzere dört farklı partikül boyutuna ayrılmıştır. Toplamda 30 farklı istasyon kıyısından alınan yüzey sediment örneklerinin karakterizasyonu sonucunda, istasyonlardaki TOM oranları %1,23-%16,11 aralığında, BSi oranları %0,93-%6,89 aralığında, CaCO_3 oranları %6,78-%18,33 aralığında, LM oranları %62,28-%94,92 aralığında tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde mikroplastik tespiti H_2O_2 ile muamele edildikten sonra Nil Kırmızısı ile boyanmış ve floresan mikroskop altında diğer partiküllerden ayrılmıştır. Mikroplastik parçacıklar sayılmış, polimer türleri FTIR yardımıyla belirlenmiş, şekillerine ve renklerine göre sınıflandırılmıştır. Akarsu su örnekleme yapılan 12 farklı istasyonda en fazla mikroplastik parçacık Istanca Nehri'nde bulunurken en az mikroplastik parçacık Bulanıkdere ve Bahçivandere istasyonlarında rastlanmıştır. Toplamda 30 farklı deniz yüzey sediment örneklerinde mikroplastik parçacık sayısı 299 adet/ m^2 - 1175 adet/ m^2 aralığında değişmektedir. Deniz yüzey sediment örneğinde mikroplastik dağılımında en çok tespit edilen polimer türü %56 oranında yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), %22 oranında propilen (PP), %13 oranında polistiren (PS), %6 Polietilen tereftalat (PET) ve %3 diğer polimer türleridir. En fazla gözlenen mikroplastik şekli fragman (%42)'dir. Bunu sırasıyla film %(35), lif (%19), diğer türler (%3) izlemektedir. Gözlenen mikroplastik renkleri çoktan aza sırasıyla beyaz (%29), siyah (%28), mavi (%12), yeşil (%7), turuncu (%5), pembe (%4), kahverengi (%4), gri (%4), diğer (%3), sarı (%2) ve mor (%2) olarak tespit edildi.

Sonuç olarak, sediment karakterizasyonunda elde edilen veriler Marmara Denizi'nde yüksek canlı aktivitesi olduğunu ve kıyı kesimlerin yoğun antropojenik baskı altında olduğunu göstermektedir. Evsel ve endüstriyel deşarjlardan kaynaklanan mikroplastik parçacıklar benzer şekilde kıyılarda yüksek sayıdadır ve özellikle tersane yakınında artmaktadır. Kıyıya yakın ve sığ istasyonlarda daha fazla mikroplastik parçacığa rastlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akarsular, Marmara Bölgesi, Marmara Denizi, Mikroplastik, Sediment Karakterizasyonu.

CHARACTERIZATION OF RIVER AND MARINE SEDIMENTS IN THE MARMARA BASIN AND INVESTIGATION OF MICROPLASTIC POLLUTION

ABSTRACT

This study was performed in the Marmara Region, which is the most populated and industrialized region of Türkiye. In the present study, sediment characterization and microplastic pollution were investigated in surface sediments at a total of 42 different points which were taken from 30 marine stations and 12 river stations. Sediment samples were collected from coastal areas where are dense in terms of industries and shipyards. Total organic matter (TOM), calcium carbonate (CaCO_3), biogenic silica (BSi), lithogenic matter (LM) quantities, and microplastic particle counts were investigated in sediment samples. For sediment characterization, the samples were divided into four different particle size fractions: $>250\text{ }\mu\text{m}$, $>125\text{ }\mu\text{m}$, $>63\text{ }\mu\text{m}$, and $<63\text{ }\mu\text{m}$. As a result of the sediment characterization, the TOM amounts were determined in the range of 1.23%-16.11%, BSi amounts in the range of 0.93%-6.89%, CaCO_3 amounts in the range of 6.78%-18.33%, and LM amounts in the range of 62.28%-94.92%. Microplastic detection in sediment samples was treated with H_2O_2 , stained with Nile Red, and separated from other particles under a fluorescent microscope. Polymer types of counted microplastic particles were identified using FTIR, and they were classified according to their shapes and colors. While the highest number of microplastic particles in river sampling was encountered in Istanca River, the lowest number of microplastic particles was encountered in Bulanıkdere and Bahçıvandere stations. The number of microplastic particles varies between 299 particles/ m^2 and 1175 particles/ m^2 in a total of 30 different sea surface sediment samples. The most commonly observed polymer type in marine sediment samples is high-density polyethylene (HDPE) with a ratio of 56%, followed by propylene (PP) with 22%, polystyrene (PS) with 13%, PET with 6%, and other polymer types with 3%. The most observed microplastic shape is fragment (42%), followed by film (35%), fiber (19%), and other (3%) types. The observed microplastic colors are detected in descending order as white (29%), black (28%), blue (12%), green (7%), orange (5%), pink (4%), brown (4%), gray (4%), other (3%), yellow (2%), and purple (2%).

In conclusion, the data obtained in sediment characterization indicated high biological activity in the Sea of Marmara and intense anthropogenic pressure on the coastal areas. Microplastic particles originating from domestic and industrial discharges are similarly high in number on the coasts and especially increase near the shipyard. More microplastic particles were found in stations close to the coastal and shallow waters.

Keywords: Rivers, Marmara Region, Sea of Marmara, Microplastic, Sediment Characterization.

1.GİRİŞ

Türkiye'nin sanayi bakımından en gelişmiş bölgesi Marmara bölgesidir. Sanayi, turizm, tarım ve ticaret sektörleri açısından oldukça önemli bir konuma sahiptir. Marmara Bölgesi'nde oluşan nüfus yoğunluğu ve endüstriyel gelişme deniz ekosistemindeki sürekli artmakta olan kirliliğin kökenini oluşturmaktadır (Ergül ve diğ., 2011). Marmara Bölgesi'nde yer alan kirleticeler, İstanbul ve Kocaeli'de kurulu bulunan yoğun sanayi tesislerinden kaynaklanan atıksular, Kocaeli'nin Gebze ilçesinde bulunan ve atıksu arıtma tesisine sahip olmayan endüstrilerden kaynaklanan atıksular, katı atığın düzensiz depolama sahalarından kaynaklanan sular, tarım alanlarından kaynaklanan kirleticeler olduğu söylenebilir (DSİ, 2020).

İzmit Körfezi yoğun sanayileşme ve nüfus yoğunluğuna sahip Kocaeli ilinin çevrelediği, üzerindeki kirlitici yükünün artmakta olduğu, kendi kendini yenileme kapasitesi düşük yarı kapalı bir basendir. Marmara Denizi'nde önemli sanayi bölgelerinin çoğu, atık sularını bir işleminden geçirmeden denize veya denizlere dökülen akarsulara deşarj ederek deniz kirliliğine sebep olmaktadır (Ergül ve diğ., 2011).

Sediment oluşumuna katkıda bulunan faktörlerin başında akarsular yer almaktadır. Sedimentteki toplam organik madde, toplam organik organik azot, toplam organik karbon ve CaCO_3 miktarının belirlenmesi, ekosistemde biyokimyasal işleyişler ve ekosistemi etkileyen genel unsurlar hakkında bilgi verir. (Fowler ve Knauer, 1986; DelValls ve diğ., 1998; Langone ve diğ., 2000; Burton ve diğ., 2003). Aynı zamanda litojenik ve biyojenik (opal) taneciklerin düzeylerinin bilinmesi hem bilgilerin bütünleşmesini sağlamada hem de atmosferik etkilere göre karasal taşınım durumu hakkında bilgi verecektir (Ergül ve diğ., 2013)

Sedimentteki toplam organik madde miktarı, sedimentin oluşum süreci, çevresel koşulları ve diğer faktörler hakkında bilgiler sağlar (Tyson, 1995). Toplam organik madde analizi, çevresel değişimlerin ve insan etkisinin tortul kayıtlarındaki izlerini belirlemede önemli bir göstergedir.

Biyojenik silika, diatomlar, radiolarianlar, silisli süngerler ve karasal bitkilerin fitolitlerinden kaynaklanmaktadır. Bu organizma kalıntıları su kolonundaki biyolojik

süreçler ve çevresel koşullar hakkında bilgi sağlayan sedimentlerde önemli bileşiklerdir (Ragueneau ve diğ., 2000).

Litojenik madde, sedimentte inorganik bileşenleri temsil eder. Mineral ve kayalar içerir. Bu maddeler, erozyon ve taşınım süreçleriyle nehir, deniz ve göllere taşınarak çevresel koşulları anlamada yardımcı olur (Turker,2001).

Mikroplastikler; birincil ve ikincil kaynaklı, boyutları 1µm ile 5 mm arasında olan, düzgün şekilli veya şekilsiz, suda çözünmeyen polimerik parçacıklardır (Frias ve Nash, 2019). Evsel veya endüstriyel atıklardan meydana gelen birincil ve ikincil mikroplastikler deniz tabanında birikmekte veya su yüzeyinde asılı kalmaktadır (Naji ve diğ., 2017; Naji ve diğ., 2018). Mikroplastiklerin boyutları, renkleri ve sayıca fazla bulunmaları gibi nedenlerden dolayı deniz canlıları tarafından besin sanılarak tüketilmektedir (Kirstein ve diğ., 2016; Egbeocha ve diğ., 2018). Mikroplastikler sahip oldukları yoğunluk sebebiyle suyun ışık geçirgenliği gibi fiziksel parametrelerini olumsuz etkilerken, plastiklerin üzerinden suya geçebilecek toksik bileşenler de kimyasal parametreleri olumsuz etkilemektedir (Koelmans ve diğ., 2016). Mikroplastikler, zararlı patojenleri ve mikroorganizmaları besin zinciri ile diğer canlılara aktarmaktadır (Vandermeersch ve diğ., 2015). Mikroplastikler, deniz canlılarının hücrelerinde ve dokularında birikim göstererek olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Sharma ve Chatterjee, 2017). Mikroplastik kirliliği deniz ekosisteminde yeni keşfedilen ve tüm deniz canlılarının yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkileyen ciddi bir sorundur. Deniz ekosisteminde plastik dağılımı heterojen olmakla birlikte plastikler büyük kent merkezlerden uzak noktalarda da görülmektedir (Koelmans ve diğ., 2014). Kuzey kutbunun deniz tabanında ve suyunda mikroplastığa rastlanmıştır (Ross ve diğ., 2021).

Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli sanayi bölgesi olan ve buna bağlı olarak devamlı olarak nüfus artışına maruz kalan Marmara Bölgesi'nin endüstriyel bölgelerinde 30 farklı kıyı ekosisteminden alınan deniz yüzey sediment örneklerinde TOM, BSi (Opal), CaCO₃, LM derişimleri ölçüldü ve mikroplastiklerin polimer yapıları, sayı, şekil ve renkleri belirlendi. Ayrıca, Marmara Denizi Havzası'nda bulunan 12 farklı noktadan alınan nehir su örneklerinde mikroplastik varlığı incelendi.

2.GENEL BİLGİLER

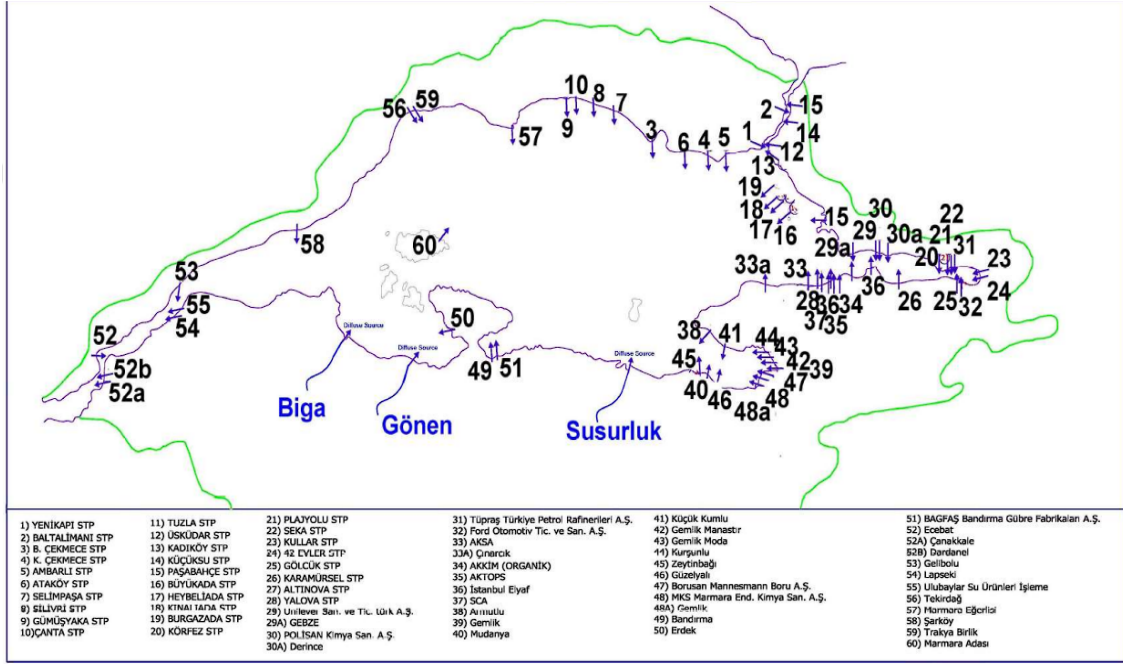
Türkiye, nüfusu 85 milyonun üzerinde ve hızlı nüfus artışı ile gelişmekte olan bir ülkedir (TÜİK,2022). Mevcut nüfusun yarısından fazlası kıyı bölgelerinde yaşamlarını sürdürmektedir. Balıkçılık ve kültür balıkçılığı potansiyeli yönünden zengin iç sulara ve nehirlerle sahiptir. Bunlardan bir tanesi ticari öneme de sahip Marmara Denizi'dir. Marmara Denizi kıtasal bir kabuk üzerinde oluşmuş bir iç denizdir (Yümün ve Kam, 2021).

2.1. Marmara Bölgesi'nin Önemi

Marmara Bölgesi, Türkiye'nin en yoğun nüfuslu, ekolojik çeşitliliğe sahip ve ekonomik olarak en gelişmiş bölgesidir (Kaya ve Dökmeci, 2017). Marmara Bölgesinde yer alan illere bakıldığında; Balıkesir'de deri ve tarım, Bursa'da tarıma dayalı sanayi, Çanakkale'de tarım ve küçük sanayi, İstanbul'da yoğun sanayi, Kocaeli'de dağınık yoğun sanayi, Yalova'da ise yazlık yerleşim ile kimya sanayisinin hakim olduğu görülmektedir (DSİ, 2020).

Marmara Denizi'nin kirlenmesinde endüstriyel atıklar, tarımsal faaliyetler, evsel atıklar ve gemi trafiği gibi faktörlerin büyük bir etkisi vardır (Karademir ve Ergül., 2022). Denize ulaşan katı kirleticiler karasal veya denizel kökenli olmaktadır. Deniz kökenli kirleticiler; teknelerden, gemilerden, sondaj kuyularından, yetiştiricilik tesislerinden meydana gelmektedir. Kara kökenli kirleticiler; sahiller, limanlar, iskeleler, marinalar ve nehirlerden kaynaklanmaktadır (Vişne ve Bat, 2015).

Marmara Denizi, Karadeniz ve Akdeniz arasında bağlantı sağlamaktadır. Marmara Denizi'nin Asya ve Avrupa kıtaları arasında yer alması ekonomik ve sosyal açıdan oşinografik yapısının ve değişken oluşunun en önemli sebeplerindendir (Özsoy ve diğ., 2000). Marmara Denizi, bir iç deniz olması ve tabakalı yapısı nedeniyle farklı oşinografik özelliklere sahiptir. Çevresinde İstanbul, Bursa, Kocaeli ve Tekirdağ gibi ülkemizde sanayi ve nüfusun en yoğun olduğu yerleşim alanları bulunmaktadır (Karademir ve Ergül,2022) Marmara Denizi, sadece deniz olarak değil, Karadeniz ve Akdeniz aradaki bağlantı noktası olarak düşünülmelidir (Artüz, 2011). Marmara Denizi'ndeki noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Marmara Denizi'ndeki noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları (MEMPIS Projesi, 2008).

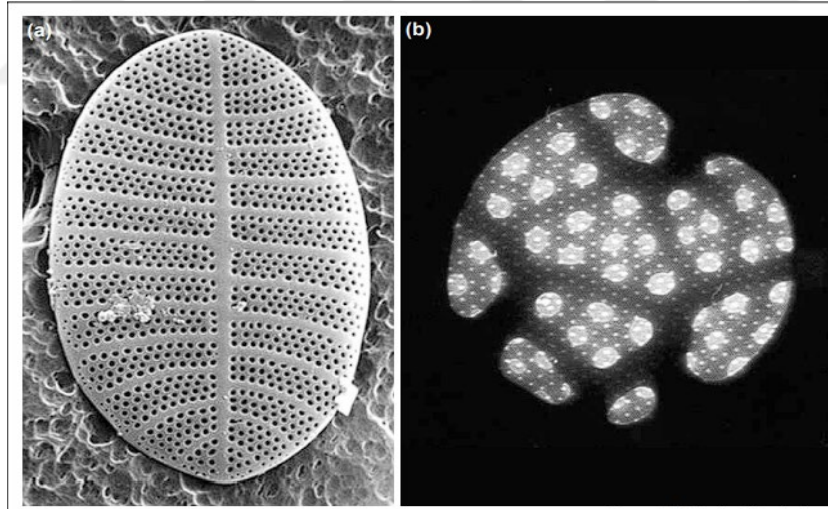
2.2. Sediment Karakterizasyonunun Önemi

Sediment kalitesi canlılık için oldukça önemlidir. Nehir yataklarında birikim gösteren sedimentlerdeki zararlı elementler doğrudan canlıyı etkilemektedir (Fu ve diğ., 2014; Liao ve diğ., 2017). Akarsuların yüksek kesimden taşınım ile aktardıkları malzemeler birikim göstererek dere yatağı çökellerini oluştururlar. Sediment, çamur, taş ve diğer küçük parçacıkların birleşmesi ile oluşur. Sedimette birikimin başlıca nedenleri antropojenik ve jeolojik etkiler olmaktadır (Fu ve diğ., 2014; Liao ve diğ., 2017). Antropojenik etkiler atmosferik kirlilik (Demirak ve diğ., 2006), tarımsal aktiviteler (Iqbal ve Shah, 2014), endüstriyel atıklar ve hızlı şehirleşmeden (Park ve Presley, 1997; Suthar ve diğ., 2009; Xio ve diğ., 2013; Hanif ve diğ., 2016) meydana gelmektedir. Doğal sularda, çözünmemiş askıda bulunan organik maddeler ile sediment arasında doğrudan bir ilişki vardır. Organik maddeler, dip sedimentlerde birikerek sedimentin karakterizasyonunu belirlemede rol oynamaktadır (Lin ve Chen, 1997).

2.2.1. Sedimentte Biyojenik Silika (BSi)

Biyojenik silika (BSi), çeşitli organizmalar tarafından oluşturulan amorf bir silikon(Si) formudur. Öncelikli olarak suda yaşayan diatomlar (Bacillariophyceae) (Hecky ve

diğ.,1973), bazı krisofitler (Chrysophyceae), silikoflagellatlar (Dictyochales) (Adjou ve diğ.,2011), süngerler (Porifera:Demospongiae ve Hexactinellida) (Maldonado ve diğ.,2005) veya BSi'nin fitolit olarak amorf formda çökeltildiği birçok kara bitkisi kaynakları olarak söylenebilir (Epstein, 2001). BSi kalıntıları toprakta ve çökeltilerde iyi korunum gösterdiğinden dolayı sucul ve karasal ortamda yaygın olarak kullanılan sediment karakterizasyonu için göstergelerdir (Piperno, 2006). Aynı zamanda BSi analizi sucul ortamdaki canlı verimliliğinin göstergesi olarak da kullanılabilir (Fortin ve Gajewski, 2009). Çökellerdeki BSi miktarının belirlenmesi sedimentte depolanan diyatomeler ve genel fitoplankton verimliliği ile ilgili önemli bilgiler sunmaktadır (Sha ve diğ.,2020). BSi, diyatomeler başta olmak üzere silikaya sahip türler tarafından fotosentez sırasında suda çözünmüş halde bulunan silikatın alınması ile üretilir. Sedimentte depolanan diyatomeler ve genel fitoplanktonların verimliliği hakkında bilgi sahibi olmamızda BSi miktarının ölçülmesi oldukça önemlidir (Ran ve diğ., 2017; Sha ve diğ., 2020). Hücre duvarı biyojenik silikadan oluşan diatom örneği Şekil 2.2' de gösterilmiştir.



a) Diatom (*Cocconeis*) b) nanometre ölçeğinde silika biyodesenleme

Şekil 2.2. Hücre duvarı biyojenik silikadan oluşan diatom (Lopez, 2005)

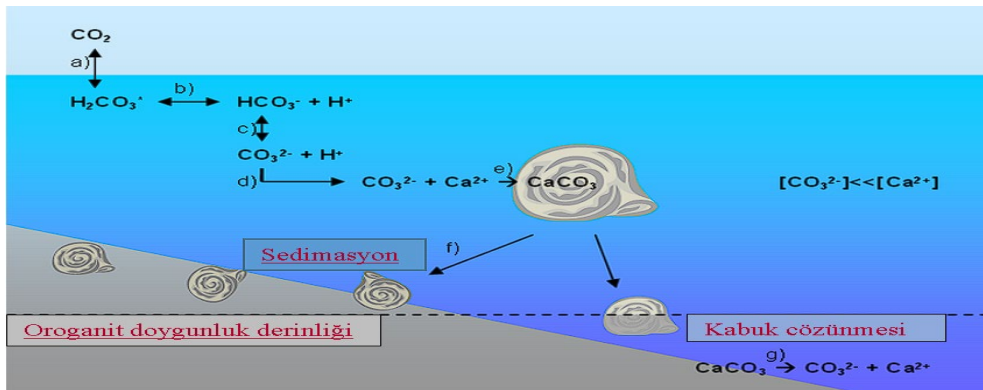
2.2.2. Sedimentte Kalsiyum Karbonat (CaCO_3)

CaCO_3 minerallerinin önemli bir alt grubu, magnezyumlu kalsitlerdir. Yüksek magnezyumlu kalsit (HMC), kristal kafesinde oldukça düzensiz bir şekilde yerleştirilen %11 ile %19 mol MgCO_3 içerir. Sedimentlerde CaCO_3 genellikle kalsit, aragonit ve dolomit gibi mineraller şeklinde bulunur. CaCO_3 , deniz ve okyanus tabanında yaygın

olarak bulunan bir bileşiktir ve biyolojik süreçler sonucu oluşur. Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), yüzey ortamlarındaki oluşum şekli hâlâ tam olarak anlaşılamamış bir mineraldir. Bunun nedeni biyolojik ve kimyasal aracılık olmadan, yeryüzü yüzeyi koşullarında iyi düzenlenmiş stokiometrik dolomit sentezlenmemiştir (Tribble ve diğ., 1995; Sherman ve Barak, 2000). Toprak ortamlarında, bazı kalkerlerde ve kireçli topraklarda yüksek konsantrasyonlarda dolomit ve HMC gözlemlenmiştir (Watts, 1980; Bui ve diğ., 1990; El-Sayed ve diğ., 1991). Yine de, pedojenik karbonatların büyük bir çoğunluğu, dolomitik tortularda oluşanlar bile kalsitten oluşmaktadır (Kraimer ve diğ., 2005).

CaCO_3 , kireç taşı olarak da bilinen ve endüstriyel mineral olarak geniş kullanım alanına sahip bir kimyasal bileşiktir. Çelik tesislerinde, toz kömürden kükürt uzaklaştırma işlemlerinde, cam sanayisinde baca gazı arıtımında, petrokimya endüstrisinde CaCO_3 oldukça değerlidir. (Çiçek, 1999) Kalsiyum karbonat aynı zamanda doğarada aragonit, kalsit, valerit, tebeşir, mermer ve manyezit gibi kayaçların içinde bulunur (Yüçetürk, 2010).

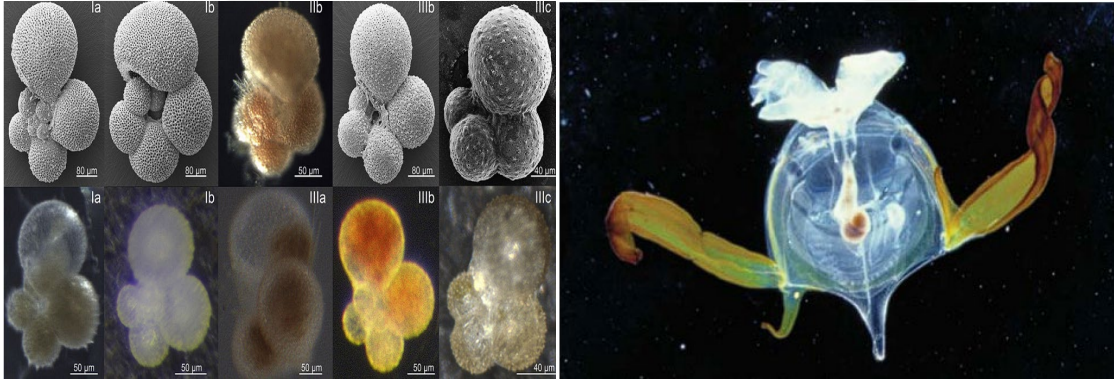
Kalsiyum karbonat, deniz organizmalarının biyolojik faaliyetleri sonucu oluşum gösterir. Plankton, kabuklu deniz hayvanları ve mercanlar gibi organizmalar kalsiyum karbonat kabuklara sahiptir ve iskeletlerinde kalsiyum karbonat bulunur. Bu organizmalar öldüğünde, kabuk ve iskeletleri deniz tabanına çöker ve zamanla birikerek kalsiyum karbonat bakımından zengin sedimentler oluştururlar. Deniz organizmaları tarafından salgılanan iki form kalsiyum karbonat (CaCO_3) vardır. Bunlar; aragonit ve kalsittir. Aragonitin yapısı, deniz suyunda kalsite göre %50 fazla çözünürlüğe sahiptir (Feely ve diğ., 2004).



Şekil 2.3. Deniz salyangozunun kabuğunun suda çözünmesi ile CaCO_3 oluşumu (Gruber, 2007)

Deniz salyangozu gibi kalsifikasyon yapan organizmalar kabuklarını aragonitten oluşturur. Hayvanın ölümünden sonra, ya sediment oluşturmak üzere dibe çöker ya da aragonit doygunluk horizonu altına düşer ve çözünür (Gruber, 2007).

Globigerin'ler sıcak sularda yaşayan kabukları CaCO_3 'tan meydana gelen tek hücreli organizmalardır. Isıya karşı en duyarlı planktonik foraminifer türlerinden olan *Globigerina bulloides*, genellikle yarı-kutup ve geçiş ortamlarının en önemli formudur (Parker ve Berger, 1971; Kipp, 1976; Hutson ve Prell, 1980; Thompson, 1981). Pteropodlar kabuklu pelajik salyangozlardır ve zooplankton grubuna aittirler. Pteropodlar, deniz ekosisteminde CaCO_3 oluşumunda katkısı olan canlılardır (Orr ve diğ., 2005).



Globigerinella sp. (Weiner ve diğ., 2015)

Pteropod (Kleypas ve diğ., 2006.)

Şekil 2.4. Deniz ekosisteminde CaCO_3 oluşumuna katkıda bulunan canlılara örnekler

2.2.3. Sedimentte Toplam Organik Madde (TOM)

Sediment içerisindeki toplam organik bileşikler dış ortamlardan gelmekte ya da sucul ortamın içerisinde oluşabilmektedir. Organik madde fitoplankton, zooplankton, bakteri gibi mikroorganizmalardan, makrofitlerden, diğer büyük boyutlu organizma atıklarından, çürümüş metaryellerden çıkan moloz gibi birikimler sonucu oluşmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu oluşan organik maddeler de sediment içerisinde birikim gösterebilir (Golterman ve diğ., 1983). Karasal bitkilerden dökülen yapraklar, dallar, kökler ve diğer bitki parçaları sedimentlerdeki toplam organik madde miktarına katkıda bulunur. Özellikle bitki metaryelleri nehir ve göl sedimentlerinde daha yaygındır (Hedges ve Oades, 1997). Suda yaşayan fitoplankton ve zooplanktonlar öldüklerinde dibe çökerek sedimentlerdeki organik madde miktarına katkı sağlarlar (Meyers ve Ishiwatari, 1993). Bakteri, mantar ve diğer mikroorganizmalar hem su ortamında hem sediment içerisinde

biyokimyasal süreçler yoluyla organik madde üretir ve biriktirirler (Arndt ve diğ.,2013).Deniz yosunları ve su bitkileri, kıyı veya bentik ortamlarda öldüklerinde sedimentlerde birikim gösterebilirler (Duarte, 1995). Karasal toprak erozyonuyla taşınan organik maddeler, nehir ve akarsular ile sedimanlara taşınım göstermektedir (Smith ve Hollibaugh, 1993). İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan organik kirlilik, endüstriyel atıklar, tarımsal akış ve şehirselleşen atıklar gibi kaynaklardan gelen organik maddeler deniz sedimentine karışmaktadır (Meybeck, 1982). Doğal petrol sızıntıları veya insan kaynaklı petrol kirliliği sonucu sedimentlerde birikim göstererek organik bileşiklerin eklenmesine neden olabilir (Peters ve diğ., 2005).

2.2.4. Sedimentte Litojenik Madde (LM)

Sedimentte litojenik madde, karasal kaynaklı inorganik partikülleri ifade etmektedir. Bu maddeler, kayaçların fiziksel ve kimyasal olarak parçalanması sonucunda oluşarak akarsu, rüzgar, dalga hareketleri ile deniz, göl veya nehir yataklarında birikim gösterirler. Karasal kayaçların fiziksel veya kimyasal ayrışması sonucu oluşan partiküllerdir (Milliman ve Meade, 1983). Volkanik patlamalar sonucu oluşan volkanik kül ve diğer volkanik materyaller de litojenik sedimanlar arasında yer almaktadır (Fisher ve Schmincke, 1984). Litojenik sedimentler, kayaç döngüsü ve sediment taşınımı hakkında bilgi verir. Sediment örneğindeki litojenik madde, geçmiş iklim koşulları, tektonik aktiviteler ve erozyon süreçleri hakkında önemli ipuçları taşır (Blatt ve diğ.,2006).

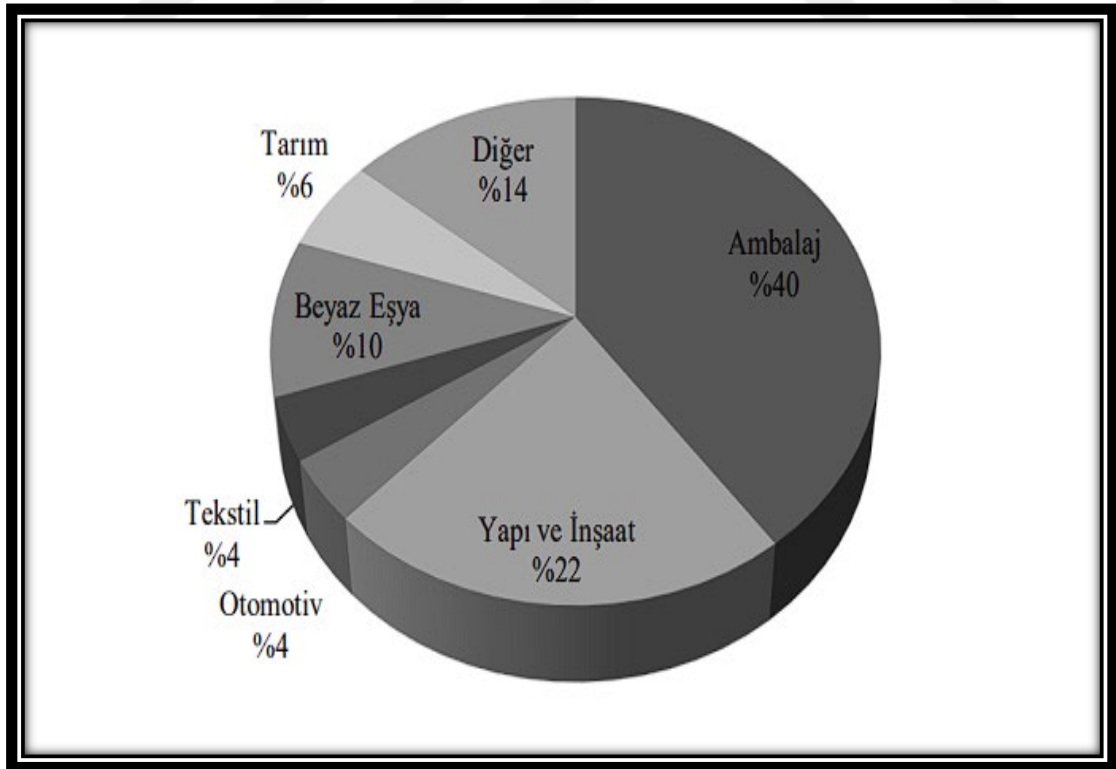
2.3. Mikroplastik Kirliliği

Dünyada deniz kirliliğini oluşturan etmenler arasında olan plastikler, günümüzde artan üretimi ve kullanımı ile deniz kirliliğinde çok önemli bir paya sahiptir. (UNEP, 2016). Plastik atıklar; çevreyi kirletici maddeler olarak kabul edilmektedir ve canlı çeşitliliği açısından büyük bir risk oluşturmaktadır (Guzzetti ve diğ., 2018). Plastikler, petrol ve türevlerinden elde edilen sentetik organik polimerler olarak tanımlanabilir. (Rios ve diğ., 2007). Plastikler, kolay işlenebilir olmaları, düşük maliyetli olmaları, her alanda kullanılabilir olmaları ve dayanıklı olmalarından dolayı günlük yaşamın her noktasında kullanılmaya başlanmıştır (Derraik, 2002). Plastikler, çok fazla üretilmekle birlikte, doğal yollarla yok olmamaları, tek kullanımlık olmaları gibi nedenler ile akarsu, toprak, deniz,

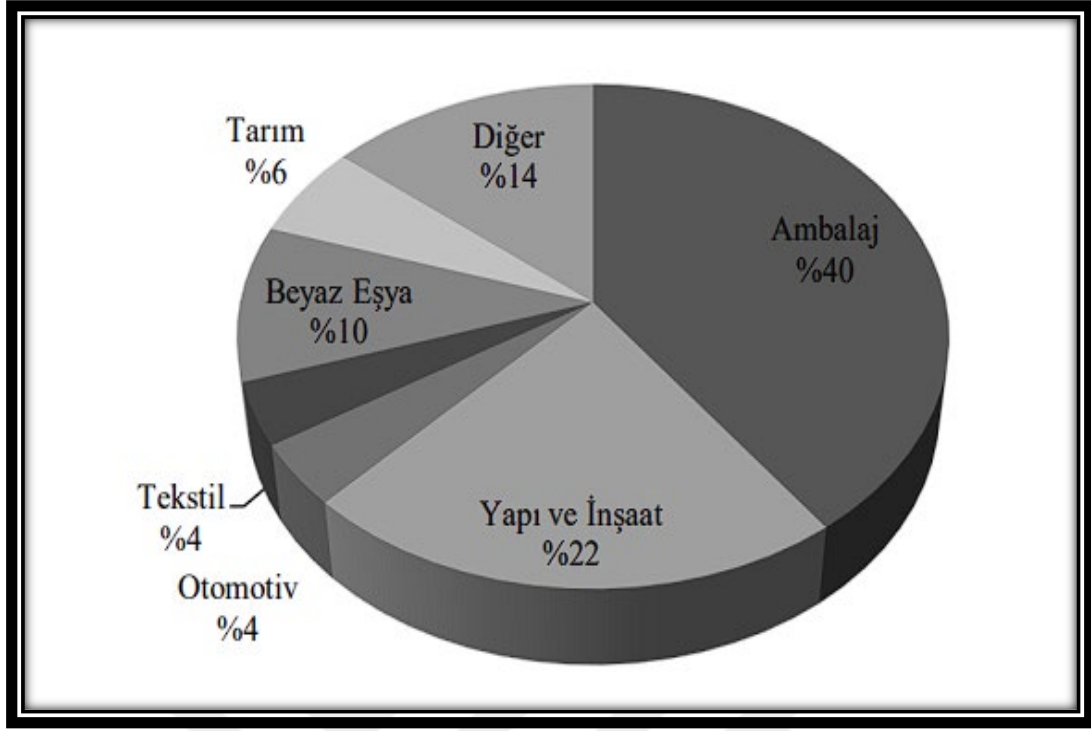
göl ve nehirler gibi doğal yaşam alanlarında birikim göstererek çevresel bakımdan büyük zarar vermektedir (Bordos ve diğ.. 2019; Yuan ve diğ., 2019).

Su ekosistemindeki plastik kirliliği doğrudan veya dolaylı bir şekilde farklı kaynaklardan birikmektedir. Kara kaynaklı olan plastik kirlilik; tatlı su girdileri, turizm ve liman faaliyetleri, konut ve evlerin atıkları ve diğer ekonomik nedenlerden ileri gelmektedir. Denizdeki plastik kirliliğinin %75'ten fazlasını kara kökenli nedenler oluşturmaktadır (Andrady, 2011).

Deniz ortamındaki mikroplastiklerin varlıkları her yıl hızlı bir şekilde artarak ilerlemektedir (Barnes ve diğ., 2009; Cole ve diğ., 2011). Deniz ortamındaki mikroplastik malzemelerin bozulması birkaç yüzyıl gerektirir (Arthur ve diğ., 2009). Mikroplastik kirliliği, yoğun kentleşmiş alanlarda daha fazla bulunmaktadır (Derraik, 2002). Plastik miktarı ve dağılımı çevresel faktörlerden oldukça etkilenir. Açık okyanus ile kıyı bölgelerindeki plastik miktarı değişkenlik gösterir (Barnes ve diğ., 2009; Browne ve diğ., 2011). Türkiye'de plastiklerin kullanım alanları Şekil 2.5' de ve dünyada plastiklerin kullanım alanları Şekil 2.6' da gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Dünyada plastiklerin kullanım alanları (PlasticsEurope, 2017)



Şekil 2.6. Türkiye’de plastiklerin kullanım alanları (PAGEV, 2017)

2.4. Mikroplastikler ve Sınıflandırılması

Mikroplastikler, boyutları 5mm’den küçük olan plastik parçalardır (Arthur ve diğ., 2009). Çevre için oldukça tehlikeli olan $<5\mu\text{m}$ boyutundaki plastik parçalar; şekil, renk, boyut, polimer yapısı ve özgül ağırlığı gibi özellikler bakımından değişkenlik gösteren parçacıklardır (Jambeck J.R. ve Geyer R., 2015). Oluşum kaynaklarına göre mikroplastikler, birincil ve ikincil mikroplastikler olarak ikiye ayrılır (Thompson ve De Falco, 2020).

Birincil mikroplastikler; çoğunlukla kozmetik ve bakım ürünlerinde kullanılan, doğaya direkt olarak mikro boyutta salınan mikroplastiklerdir (Yurtsever, 2019). Deodorantlar, makyaj ürünleri, losyonlar, ojeler, cilt soyucular (peelingler), bebek ürünleri, temizlik ürünleri şeklinde çok çeşitli tüketim ürünlerinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda birincil mikroplastikler, lastiklerin veya yıkama esnasında sentetik tekstillerin aşınma durumları gibi de oluşabilir. Okyanus ve denizlerdeki birincil mikroplastik kirliliğinin ana kaynağı olarak tekstil malzemelerinin yıkama işleminden kaynaklanan mikroplastikler olduğu değerlendirilmektedir (De Falco ve diğ., 2019). Tekstil malzemelerinin yıkanması sonucunda oluşan mikroplastikler, kanalizasyon yoluyla atık su arıtma tesislerine

ulaşmaktadır (Auta ve diğ., 2017). Atık su arıtma tesislerinde, mikroplastik salınımı için birçok filtreleme çalışmaları yapıldığı ortaya konmuştur fakat alıcı ortama salınan suyun miktarı düşüldüğünde sulara karışan mikroplastik miktarının fazlalığından bahsedilebilir (Horton ve diğ., 2017). Birincil mikroplastiklerin kaynakları Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Birincil mikroplastik kaynaklarının dağılımı (Boucher ve Friot, 2017)

İkincil mikroplastikler; büyük boyuttaki plastiklerin fiziksel, kimyasal veya biyolojik sebeplerden dolayı parçalanması ile oluşan mikroplastiklerdir (Ryan ve diğ., 2009; Thompson ve diğ., 2004). Deniz ortamındaki plastiklerin parçalanmasının birincil nedeni güneş ışığına ve dalgalara maruz kalmasıdır. Plastikler, yüksek sıcaklıklarda ve UV radyasyonunda kimyasal değişikliğe uğrar ve parçalanma işlemi başlar (Horton ve diğ., 2017). Degradasyon ile parçalanmış plastikler, ufak ikincil mikroplastikleri meydana getirmektedir (Lu ve diğ., 2018; Guo ve diğ., 2020; Liu ve Wang, 2020). Birincil ve ikincil mikroplastik kirliliği farklı yollardan denize ulaştığında, deniz tabanında birikim gösterebilmekte veya su yüzeyinde askıda durabilmektedir (Naji ve diğ., 2017; Naji ve diğ., 2018). Mikroplastiklerde sınıflandırma yapmak, kaynak belirlemede ve çözüm önerisi bulmada etki sağlamaktadır (Talvitie ve diğ., 2017). Mikroplastikler şekil, renk, polimer yapısı, boyut gibi kategorilere göre sınıflandırılabilir. İkincil mikroplastikler, plastik şişelerin veya gıda ambalajlarının zamanla parçalanması, otomotiv lastiklerinin aşınması, deniz ve balıkçılık ekipmanlarının parçalanması, plastik poşetlerin parçalanması, tarımda kullanılan malçların zamanla parçalanması, polyester, naylon ve akrilik gibi sentetik malzemelerden yapılmış giysilerin yıkanması sonucunda mikroplastik lifler doğaya salınabilir (Browne ve diğ., 2011). İkincil mikroplastiklerin kaynakları Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. İkincil (Sekonder) Mikroplastik Kaynakları (Yurtsever, 2017)

.2.4.1. Mikroplastiklerin Renk Bakımından Sınıflandırılması

Mikroplastikler, renklerini genel olarak üretildikleri plastik türünden almaktadır. Fakat, çevresel koşullar veya atmosfer etkilerinden dolayı mikroplastiklerin rengi değişime uğramaktadır (Tutoğlu, 2019). Plastik ürünler genel olarak renksiz üretilmektedir. Bu nedenle plastik ürünlere renk katabilmek için renk verici katkı maddeleri kullanılmaktadır. Şeffaf veya renksiz özellikte olan mikroplastikler su kaynaklarında görünmesi zor plastik kirliliğini oluşturmaktadır (Yurtsever, 2015). Plastiklerin %1'ini katkı maddeleri oluşturmaktadır. Ancak, katkı maddeleri bazı plastik türlerinde %10'a kadar çıkmaktadır (Sevencan, 2007). Ayrıca, atıksu arıtma tesislerinde tespit edilen mikroplastiklerin renklerinin; yüzey aktif maddeler, kimyasal boyalar veya deterjanlar gibi farklı etkenler ile farklılık gösterebileceği düşünülmektedir (Prinz ve Korez, 2020).

Mikroplastikler, çeşitli renklere sahip olması ve farklılık göstermesi nedeniyle sınıflandırma yaparken renklerine göre gruplandırılır (Crawford, 2017). Renk özelliklerine bakılarak, mikroplastiklerin kökenleri veya bozulma süreleri gibi çeşitli verilere ulaşmak mümkündür (Andrady, 2017). Mikroplastiklerin renklerine örnekler Şekil 2.9’ da gösterilmiştir.

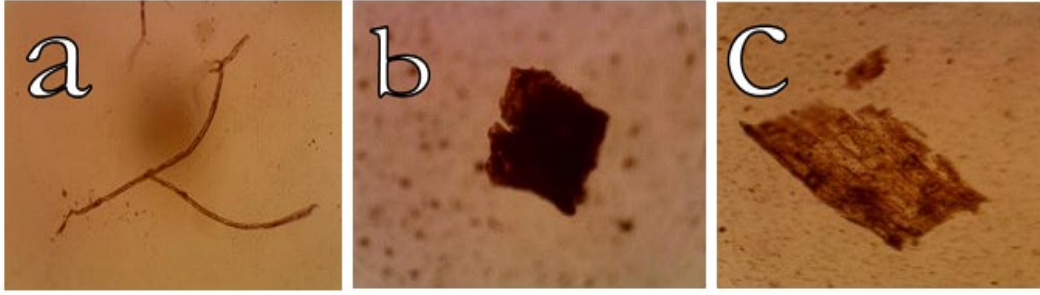


Şekil 2.9. Mikroplastik renkleri (0.5 µm ölekte) (Crawford ve Quinn, 2017)

Farklı ve cezbedici renklerde olan mikroplastikler, deniz organizmaları tarafından besin zannedilerek yutulmaktadır (Bakkaloğlu, 2019). Bilimsel çalışmalarda, deniz canlılarının mikroplastik tüketim potansiyelinin tespiti için renk bilgisi ve parametresi kullanılmaktadır (Tutoğlu, 2019).

2.4.2. Mikroplastiklerin Şekil Bakımından Sınıflandırılması

Mikroplastikler, şekilleri bakımından bir ortamda maruz kaldığı çevresel etkenlere göre farklılık göstermektedir (Esmeray, 2020). Mikroplastikler farklı birçok şekillere sahiptir. Bunlar film, lif, fragman, köpük olabilmektedir. Mikroplastik parçacıklar, makro boyuttaki plastiklerin bozulması ile oluşan plastik parçacıkları olduğu için belirli bir şekilde dağılım göstermemektedir. Gelgit ile oluşan veya haliç sedimentlerinde çoğunlukla lif parçacıklar görülmektedir (Browne ve diğ., 2011). Mikroplastik parçacıklarının sahip oldukları şekiller maruz kaldığı parçalanma şekline göre farklılık göstermektedir (Doyle ve diğ., 2011). Mikroplastiklerin şekil bakımından sınıflandırılmasına örnekler Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



a) filament b) fragment c) film örnekleri (Dewi,2015)



Fiber (Huang ve diğ., 2019) Fragman(Syakti ve diğ., 2018) Film (Viršek ve diğ., 2016)

Şekil 2.10. Mikroplastiklerin şekil bakımından sınıflandırılması

2.4.3. Mikroplastiklerin Tür Bakımından Sınıflandırılması

Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan plastiklerin kökeni kauçuk teknolojinin gelişmesi ile 1800'lere kadar dayanmaktadır. 1800'li yıllarda polistiren (PS) ve polivinil klorür (PVC) başta olmak üzere seri üretime girebilmesi için çalışmalar yapılmış olsa da kırılgan ve şekillerinin bozulmasından ötürü ticari önem kazanamamıştır. İlk sentetik polimer 1909 yılında seri üretime girmiştir (Vlachopoulos ve Strutt, 2003). 1930 yıllarıyla birlikte PVC'nin modern biçimleri, polietilen tereftalat (PET), poliüretan (PUR) ve sonrasında işlenebilir polistiren üretilmeye başlanmıştır (Brandsch ve Piringner, 2008). 1950 yıllarıyla beraber yüksek yoğunluklu (HDPE) ve polipropilen geliştirilmeye başlanmıştır. Plastik üretimi ve kullanımı günümüzde her alanda kullanılmaya başlanmış ve çevresel açıdan büyük bir tehlike arz etmeye başlamıştır.

Plastik malzemeler, polimer yapılarına göre işlenebilir malzemelerdir (Baner ve Piringner, 2007). Farklı polimer yapılarına sahip plastikleri amacına uygun bir şekilde işleyebilmek için katkı maddeleri eklenir. Bu bileşikler, malzemelerin amacına uygun kullanılması için kullanılır. Bu nedenle, plastik malzemeler birleştikleri katkı maddelerinin miktarına ve

türüne bağlı olarak performans ve yapı bakımından farklılık gösterir (Lambert ve Wagner, 2018).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan plastiklerin yaklaşık %90'nını polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polivinil klorür (PVC) ve polietilenentereftalat (PET) oluşturmaktadır (Venghaus ve Barjenbruch, 2017). Deniz ortamında görülen mikroplastiklerin polimer tipleri de genel olarak HDPE, PE, PP, PS, PVC ve PET olmaktadır.

Mikroplastiklerin, suda yüzmeleri veya batmaları yoğunlukları hakkında bilgi vermektedir. Polipropilen ve polietilen gibi polimer yapısına sahip mikroplastikler su yüzeyinde uzun zaman kalarak rüzgar ve akıntılar ile taşınırken, PS, PET, PVS, PA gibi polimer yapısına sahip mikroplastikler suyun yoğunluğundan daha fazla yoğunluğa sahip olduklarından dolayı suda batma eylemi gösterirler. Mikroplastiklerin yapısal özellikleri ve özgül ağırlıkları çevresel şartlara göre değişiklik gösterebilmektedir (Çağlayan ve Kopuz, 2020). Plastik türleri ve kullanım alanları Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Plastik türleri ve kullanım alanları (Yurtsever, 2015; Venghaus ve Barjenbruch, 2017; Bakkaloğlu, 2019)

Plastik Adı	Simge	Kullanım Alanları	Geri Dönüşüm	Sağlık
Polietilen-yüksek yoğunluklu Polietilen	PE, HDPE	Kutu, Boru	Çok iyi	Herhangi bir zararı bildirilmemiştir.
Polipropilen (Propilen CH₃CH=CH₂)	PP	Taşıma Çantası, Pipet, Şişe	Kolayca dönüştürülemez.	Herhangi bir zarar bildirilmemiştir.
Polistiren (Stiren C₆H₅CH=CH₂)	PS	Elektronik Kasa, Isı Yalıtım Malzemesi , Ambalaj	Mümkün fakat ekonomik değildir.	Zararlıdır. Stiren' in nörotoksin etkileri ve yağ dokuda depolanabilme özelliği vardır. Kırmızı kan hücreleri üzerinde, karaciğer, böbrek ve mide organlarına zararları bulunmaktadır.
Polietilen tereftalat	PET	Şişeler	Çok iyi	Herhangi bir zarar bildirilmemiştir.
Polivinil klorid (Vinil klorür CH₂ = CHCl)	PVC	Folyo Boru	İçindeki katkı maddeler (Kurşun, DEHA (di (2-etilheksil) adipat), dioksinler, Etilen diklorür, Vinil klorür) yüzünden çok az dönüştürülebilir.	Zararlıdır; Öğrenme güçlüğü, bağışıklık ve hormon bozukluğu, doğum kusurları, genetik değişiklikler.

2.5. Akarsularda Mikroplastik Kirliliği

Akarsular, mikroplastiklerin denize taşınımında görev almaktadır (Mani ve diğ., 2019). Yapılan çalışmalar, mikroplastik kirliliğinin deniz ortamındaki yoğunluğu kadar tatlı sularda ve karasal bölgelerde de yaygın olduğunu göstermektedir (Kershaw ve kok, 2015). Mikroplastik parçacıklar denizlerde, nehirlerde, göllerde, sedimentlerde, haliçlerde ve birçok biyotada gözlemlenmiştir (Rochman, 2018). Denizlerdeki mikroplastik kirliliğin oluşmasında arıtma tesislerinin ve yağmur sularının akarsulara deşarjının mikroplastik yoğunluğunu önemli miktarda etkilediği ortaya konuştur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

Mikroplastiklerin deniz ortamına girişi taşımacılık faaliyetleri, plastik atıkların bertarafı olarak düşünülürken, yapılan son çalışmalarda nehirlerin etkisinin fazla olduğu gözlenmiştir (Halfar ve diğ., 2021). Mikroplastiklerin denize taşınımında rol oynayan başlıca nedenler nehirlerde kaçak ve kontrolsüz boşaltım, kanalizasyon, sanayi ve kentsel atıksu tesisleri ve limanlardaki faaliyetlerdir (Çağlayan ve Kopuz, 2020). Karasal kaynaklardan ve atıksu arıtma tesislerinden çevreye bırakılan mikroplastikler nehirlere ve göllere boşaltılmaktadır. Yoğunluğu düşük ve hafif olan mikroplastik parçacıklar su yüzeyinde asılı kalırken, yoğunluğu yüksek ve ağır olan mikroplastik parçacıklar suyun dibine çökmektedir (Lu ve diğ., 2019). Çeşitli nedenlerden dolayı parçalanma gösteren plastik parçacıklar aynı zamanda nehir ve deniz sedimentlerinde birikim göstermektedir (He ve diğ., 2021). Nehirlerde birikim gösteren mikroplastik kaynakları Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Nehirlerde mikroplastik kaynakları (Kumar ve diğ.,2023)

2.6. Denizlerde Mikroplastik Kirliliği

Denizlerdeki mikroplastik kirliliği ve dağılımı ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda, denize ulaşan mikroplastik parçacıkların %75-%90 oranla karasal akış kaynaklarından ötürü artış göstermekte olduğu düşünülmektedir (Li, 2018). Nehirden, denizlere taşınan mikroplastik parçacıklar, evsel ve endüstriyel deşarjlar mikroplastik kirliliğinin diğer sebepleri olarak sayılabilmektedir (Horton ve Dixon 2017). Mikroplastik parçacıklar, deniz ortamına girişinden sonra uzun süre varlığını sürdürmektedir (Li, 2018).

Denizlerde mikroplastik kirliliği ile ilgili yapılan çalışma sayısı arttıkça, bilim dünyasının dikkatini mikroplastiklerin deniz canlıları üzerindeki etkisine çekmiştir. Mikroplastikler denizdeki her boyuttan canlı için tehlikeli bir hal almaya başlamıştır (Frias ve diğ., 2014) Mikroplastik parçacıklar canlılar tarafında tüketildiğinde beslenme davranışlarında farklılaşma, bağırsaklarda yaralanma, vücut ağırlıklarında farklılaşma, gelişim ve üreme bozuklukları gibi birçok olumsuz durum gözlenmiştir (Maes ve diğ., 2020).

Plastik parçacıklar deniz ortamına girdikten sonra mikroalgler, bakteriler ve mantarlardan oluşan biyofilm tabakası ile kaplanarak omurgasız canlıların üzerinde kolonize olması bakımından uygun hale gelir. Mikroplastikler yüzeyinde oluşan biyofilm tabakasında hastalık bulunduran kolonileri barındırabilmekte ve bu plastiklere maruz kalan canlıları olumsuz etkilemektedir. Mikroplastiklerin üzerinde omurgasızların kolonize olma durumu parçacıkların daha hızlı çökmesini ve buna bağlı ekolojik süreçleri etkileyebilir (Khalid ve diğ., 2021).

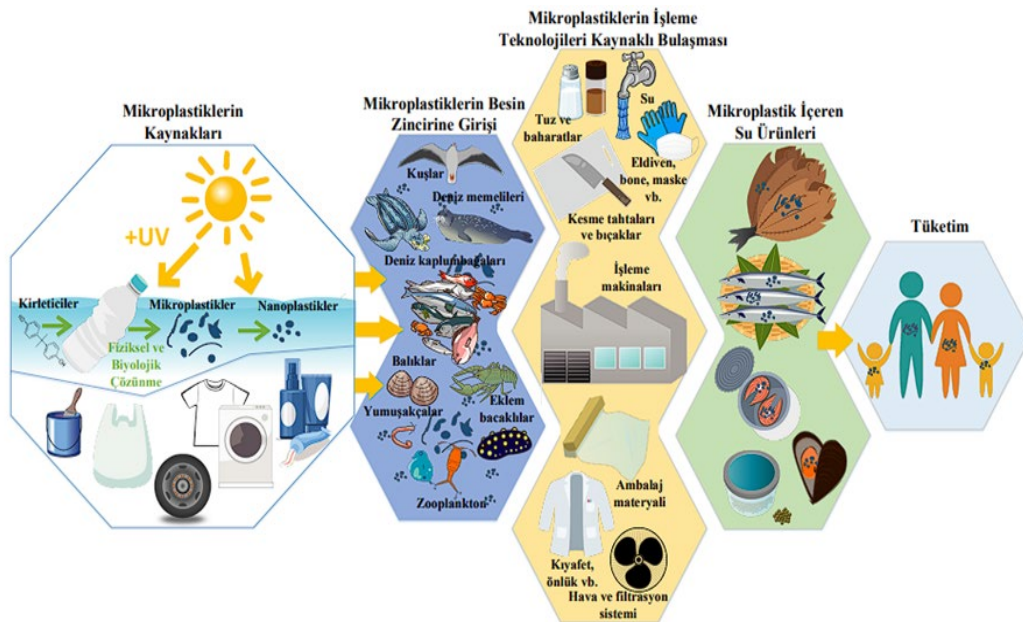
Mikroplastik parçacıkların üzerine tutunup taşıdığı kalıcı organik kirleticiler (KOK), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve ağır metaller besin zinciri boyunca canlılar arasında aktarılabilmektedir (Mercogliano ve diğ., 2020). KOK'lar insan yapımı ve çevrede bozunmaya yüksek dirençli tehlikeli kimyasallardır (Yurtsever, 2015). Mikroplastikler, yüzey alanlarının genişliği ve kimyasal özellikleri nedeniyle KOK'ları yüzeylerine adsorbe edebilirler Böylece, KOK'ların su kolonunda veya toprakta daha yaygın hale gelmesine neden olabilir (Rochman, 2013). Sonuç olarak, mikroplastiklerin biyolojik olarak birikim göstererek besin zincirinde aktarılması, canlılar ve gıda güvenliği bakımından oldukça ciddi bir sorun taşımaktadır (Setälä ve diğ.,2014).

2.7. Mikroplastiklerin Çevresel Etkileri

Plastik atıklar, dayanıklı ve uzun ömürlü gibi özelliklere sahip olduklarından dolayı uzun yıllar çevrede bozulmadan kalabilirler. Mikroplastikler, toksik maddeleri ve ağır metalleri adsorbe ederek bünyesinde tutabilir (Rochman ve diğ.,2013). Mikroplastikler, ağır ve toksik maddeleri yüzeylerine biriktirerek canlılara taşınmasını sağlar (Brennecke ve diğ.,2016). Su ekosisteminde toksik etki yaratan mikroplastikler, canlılık için tehlike yaratmaktadır (Koelmans ve diğ.,2019).

Mikroplastikler çevreye insanlar yoluyla taşınabilmektedir. Aynı zamanda mikroplastiklerin tatlı sularda, toprakta, buzullarda, dağlık bölgelerde, okyanusun derinliklerinde görülmüş olarak gözlenmesi, doğal süreçler ile mikroplastiklerin taşınabileceğinin bir göstergesidir (Yurtsever, 2019).

Farklı yollarla besin zincirine giren plastikler ve zararları son yıllarda hem su canlılarında hem de insanlarda tehlike haline gelmiştir. Plastikler, su ekosistemindeki canlıların vücutlarına dolanabilir veya mikroplastik boyutuna ulaştınca canlılar tarafından besin sanılarak tüketilebilir (Kühn ve diğ., 2015). Su ekosistemindeki canlılar, mikroplastikleri sahip olduğu renkleri ve şekilleri bakımından gıda zannederek tüketmektedir (Kühn ve diğ., 2015).Mikroplastiklerin doğada insana kadar taşınımı Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Sucul canlılardan ve işleme proseslerinden kaynaklı insan tüketimine kadar ulaşan mikroplastik riski (Can Tunçelli İ. ve Erkan, N.,2021)

Balinalar, kabuklu deniz canlıları ve bazı balıklar suyu filtre ederek besinleri tükettiği için mikroplastikleri yutmaya oldukça yatkındır. Mikroplastiklerin besin zincirindeki yolculuğu sudan zooplankterlere, zooplankterlerden balıklara ve balıklardan insanlara geçmektedir (GESAMP, 2015; Hantoro ve diğ., 2019). İnsanlar tarafından bütün olarak tüketilen su ürünleri sağlık açısından oldukça risk taşımaktadır (Hantoro ve diğ., 2019). Mikroplastığe maruz kalan deniz canlılarında üreme, büyüme ve hayati fonksiyonları açısından zarar gördükleri yapılan çalışmalarda bildirilmektedir (He ve diğ., 2018). Balıkların midesinden çıkarılan mikroplastik örnekleri Şekil 2.13’ de gösterilmiştir.

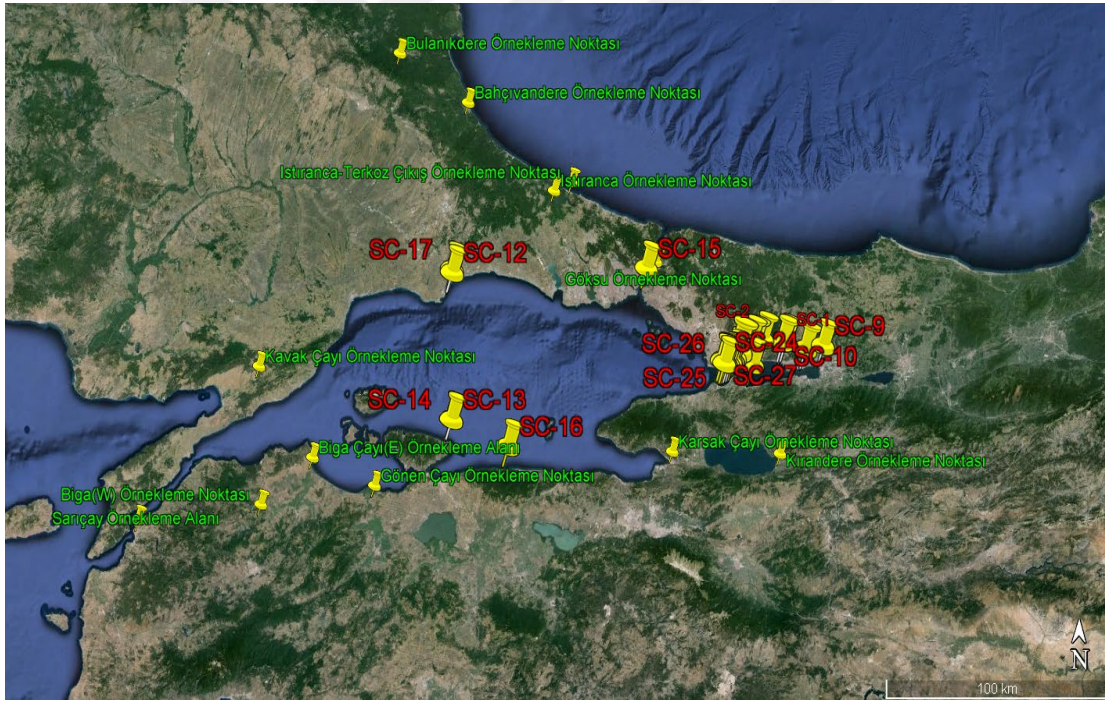


Şekil 2.13. Balıkların midesindeki mikroplastik örnekleri (Kershaw, 2016)

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Örneklemeye Yapılan İstasyonlar

Marmara bölgesinden, 30 farklı deniz istasyonundan ve 12 farklı nehir istasyonundan örneklemeye yapıldı. Tüm örneklemeye noktaları Şekil 3.1’ de gösterildi. Organize sanayi bölgelerine ve endüstri kuruluşlarına yakın noktalarda örneklemeye yapıldı. 20 adet örneklemeye yapılan istasyonların yakın noktalarında tersane ve limanlar bulunmaktadır. Atıksu arıtma tesislerine yakın bölgelerden numuneler alındı. Marmara bölgesinin 30 farklı deniz noktasından kıyı yüzey sediment örneği ve 12 farklı akarsu noktasından su örneği alındı. Yüzey sediment örneklerinde kimyasal analiz yapılarak, TOM, BSi, CaCO₃, LM derişimleri ölçüldü ve mikroplastik miktarına tespit edildi. İstasyonlar ile ilgili detaylı bilgiler aşağıda verildi.

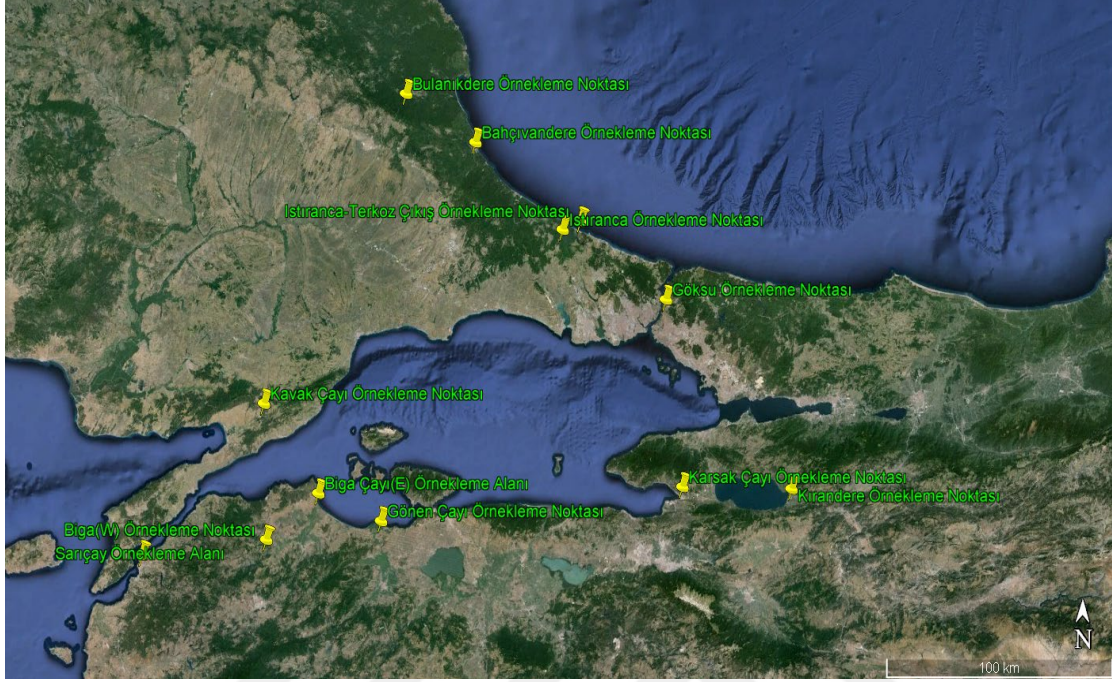


Şekil 3.1. Marmara bölgesinden örnek alınan istasyonların tamamı

3.1.1. Akarsu Örneklemeye Noktaları

Marmara havzasından toplam 12 farklı nehir istasyonundan örnek alındı. Bunlar; Biga çayı (Doğu), Kırandere (Bursa),Karsak çayı (Bursa), Bahçivan dere (Kırklareli), Iştranca-Terkos çıkışı, Sarıçay (Çanakkale), Kavak çayı (Çanakkale), Göksü deresi (İstanbul),

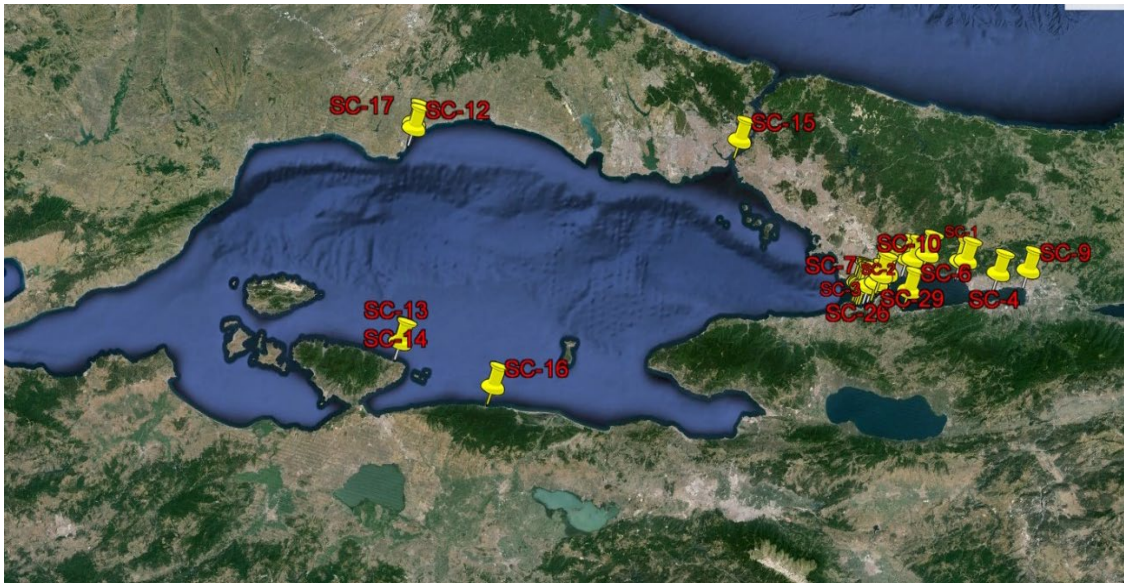
Istranca Dere (Kırklareli), Gönen Çayı (Çanakkale-Balıkesir), Biga Çayı (Batı) , Bulanık Dere (Kırklareli) akarsularıdır. Akarsu örnekleme noktaları Şekil 3.2’de gösterildi.



Şekil 3.2. Marmara Bölgesi’nde akarsu örnekleme noktaları

3.1.2. Deniz Örnekleme Noktaları

Marmara Denizi’nini kıyı bölgelerinden alınan yüzey sediment örneklerine ait istasyonlar Şekil 3.3’ de gösterildi. İstasyonlara ait ayrıntılı bilgiler aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.3. Marmara Bölgesi’nde deniz örnekleme noktaları

SC-1 örnekleme noktası Kocaeli ili, Tütünciftlik sahili (Körfez ilçesi)'nde yer almaktadır. 14.05.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Yüzey sediment örneği, sediment kepçesi ile 16 metre derinlikten alındı. Örnekleme sırasında suyun rengi bulanık ve koyu yeşilimsi olarak gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 155 metredir. 450 metre batısında bir liman ve 170 metre kuzey-doğusunda balıkçı barınağı ve park alanı bulunmaktadır. Örnekleme noktasının yakınlarında gübre fabrikası ve tersaneler vardır. SC-1 örnekleme noktası Şekil 3.4' de gösterildi.



Şekil 3.4. SC-1 örnekleme noktası

SC-2 örnekleme noktası Yalova ili, Altınova (Hersek) bölgesinde yer almaktadır. 20.05.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 7 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve yeşilimsi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 450 metredir. Kıyı boyunca tersaneler yer almaktadır. 998 metre batısında Yalakdereden denize dökülen bir su girdisi bulunmaktadır. SC-2 örnekleme noktası Şekil 3.5' de gösterildi.



Şekil 3.5. SC-2 örnekleme noktası

SC-3 örnekleme noktası Yalova ilinin, Altınova ilçesine bağlı liman bölgesinde yer almaktadır. 27.05.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 13 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya uzaklığı 950 metredir. Örnekleme noktasının güneyinde kıyı boyunca tersaneler yer almaktadır. Örnekleme noktasının güneydoğusunda Hersek gölü yer almaktadır. SC-3 örnekleme noktası Şekil 3.6’ da gösterildi.



Şekil 3.6. SC-3 örnekleme noktası

SC-4 örnekleme noktası Kocaeli ili, Derince (Liman) bölgesinde yer almaktadır. 22.06.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 12 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu yeşil renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya uzaklığı 300 metredir ve kıyı bölgesinde liman bulunmaktadır. Örnekleme noktasına 4 kilometre batısında Fener gölü ve 8 kilometre doğusunda denize dökülen Kumla Deresi yer almaktadır. SC-4 örnekleme noktası Şekil 3.7’ de gösterildi.



Şekil 3.7. SC-4 örnekleme noktası

SC-5 örnekleme noktası Yalova ili, Altınova (Hersek) bölgesinde yer almaktadır. 24.06.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 10 metre derinden alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu mavi renkte olduğu gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 600 metredir. Kıyı boyunca tersaneler yer almaktadır. Örnekleme noktasının 800 metre kuzey-doğusunda Yalacdere bulunmaktadır. SC-5 örnekleme noktası Şekil 3.8’ de gösterildi.



Şekil 3.8. SC-5 örnekleme noktası

SC-6 örnekleme noktası Yalova ilinin, Tokmak köyünün kıyısından 450 metre uzaklıkta yer almaktadır. 24.06.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 10 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya uzaklığı 550 metredir. Kıyı noktasında çimento fabrikası, kağıt ve ambalaj üretim tesisleri yer almaktadır. Örnekleme noktası sanayi bakımından oldukça yoğun bir bölgededir. 900 metre kuzey-doğusunda halk plajı yer almaktadır. SC-6 örnekleme noktası Şekil 3.9’ da gösterildi.



Şekil 3.9. SC-6 örnekleme noktası

SC-7 örnekleme noktası Yalova ili, Altınova (Tavşanlı) bölgesinde yer almaktadır. 09.08.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 7 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu yeşil renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya uzaklığı 830 metredir. Örnekleme noktasına 4 kilometre kuzey-doğusunda arıtma tesisi vardır. 2 kilometre doğusunda feribot terminali ve kıyı kesimi boyunca tersaneler yer almaktadır. Örnekleme noktasının kıyı kesimlerinde kalıp ve ambalaj sanayi ve kimya sanayi bulunmaktadır. SC-7 örnekleme noktası Şekil 3.10’da gösterildi.



Şekil 3.10. SC-7 örnekleme noktası

SC-8 örnekleme noktası Kocaeli ili, Körfez bölgesinde yer almaktadır. 08.09.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 9 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve yeşilimsi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 100 metredir. Örnekleme noktasının kuzey- batısında çimento fabrikası yer almaktadır. Ayrıca, 300 metre uzaklığında liman işletmesi bulunmaktadır. SC-8 örnekleme noktası Şekil 3.11’de gösterildi.



Şekil 3.11. SC-8 örnekleme noktası

SC-9 örnekleme noktası Kocaeli ili, İzmit (Sahil) bölgesinde yer almaktadır. 20.09.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 16 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 200 metredir. Örnekleme noktasının 400 metre kuzey-doğusunda Kumla Deresi yer almaktadır. Örnekleme noktası konutlaşmanın fazla olduğu ve kıyı kesiminde insanlar tarafından yoğun kullanılan sahilin olduğu noktada yer almaktadır. SC-9 örnekleme noktası Şekil 3.12’ de gösterildi.



Şekil 3.12. SC-9 örnekleme noktası

SC-10 örnekleme noktası Kocaeli ili, Kirazyalı sahil bölgesinde yer almaktadır. 14.10.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 14 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve yeşilimsi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 230 metredir. Örnekleme noktasının kıyısında gübre fabrikası vardır. 400 metre kuzey-doğusunda liman ve tersaneler bulunmaktadır. Sanayileşmenin yoğun olduğu bir alandır. 800 metre kuzey-batısında konutlar vardır. SC-10 örnekleme noktası Şekil 3.13’de gösterildi.



Şekil 3.13. SC-10 örnekleme noktası

SC-11 örnekleme noktası Kocaeli ili, Tavşancıl bölgesinde yer almaktadır. 21.10.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 8 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 40 metredir. Kıyı bölgesinde yerleşim vardır ve kıyı boyunca sahil yer almaktadır. SC-11 örnekleme noktası Şekil 3.14’ te gösterildi.



Şekil 3.14. SC-11 örnekleme noktası

SC-12 örnekleme noktası Tekirdağ ili, Sultanköy bölgesinde yer almaktadır. 13.11.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 9 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı >250 metredir. Kıyı noktasında doğalgaz tesisi bulunmaktadır. Tesisin belirli noktalarında denize boşaltım yapılmaktadır. Örnekleme noktasının 800 metre uzaklığında kentleşme başlamaktadır. SC-12 örnekleme noktası Şekil 3.15’ te gösterildi.



Şekil 3.15. SC-12 örnekleme noktası

SC-13 ve SC-14 örnekleme noktaları Kapıdağı Yarımadası, Kestanelik bölgesinde yer almaktadır. 20.11.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile SC-13 istasyonunda 12 metre derinlikten, SC-14 istasyonunda 15 metre derinlikten alındı. Örnekleme noktalarının kıyıya olan uzaklığı, SC-13 istasyonun >250 metre, SC-14 istasyonun ise 400 metredir. Örnekleme noktalarının kıyı bölgesinde sahil yer almaktadır ve 800 metre kuzey-doğusunda kentleşme vardır. Kentleşmenin yoğun olduğu bölmenin kıyı kesiminde liman bulunmaktadır. SC-13 ve SC-14 örnekleme noktaları 3.16’da gösterildi.



Şekil 3.16. SC-13 ve SC-14 örnekleme noktaları

SC-15 örnekleme İstanbul ili, Üsküdar bölgesinde yer almaktadır. 29.12.2022 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 21 metre derinlikten yapıldı. Suyun rengi hafif bulanık ve mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 200 metredir. Örnekleme noktasının doğusunda Kız Kulesi bulunmaktadır ve turizm amaçlı çok ziyaret almaktadır. Kıyı kesiminde yoğun olarak kullanılan sahil bulunmaktadır. Kentleşmenin çok fazla yoğun olduğu bölgede, sahile yakın su arıtma tesisi vardır. SC-15 örnekleme noktası Şekil 3.17’ de gösterildi.



Şekil 3.17. SC-15 örnekleme noktası

SC-16 örnekleme noktası Bursa ili, Gemlik (Kurşunlu) bölgesinde yer almaktadır. 13.01.2023 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 16 metre derinlikten yapıldı. Suyun rengi hafif bulanık ve koyu mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya uzaklığı 500 metredir. Örnekleme noktasının kuzey-doğusunda halk plajı bulunmaktadır. 15 kilometre uzaklıkta denize Çaprazçay ırmağı denize dökülmektedir. 12 kilometre kuzey-batısında Dalyan Gölü bulunmaktadır. Örnekleme noktası kıyısında kentleşme az, ormanlık alan fazladır. SC-16 örnekleme noktası Şekil 3.18’ de gösterildi.



Şekil 3.18. SC-16 örnekleme noktası

SC-17 örnekleme noktası Tekirdağ ili, Sultanköy bölgesinde yer almaktadır. 12.02.2024 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 16 metre derinlikten alındı. Suyun rengi hafif bulanık ve mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 400 metredir. Kıyı noktasında halk plajları bulunmaktadır. Örnekleme noktasına 500 metre kuzey-doğusunda Kınıklı Deresi denize dökülmektedir. 750 metre kuzey-batısında doğalgaz tesisi vardır. Kentleşme, kıyı bölgesine yakın bir şekilde dağılım göstermiştir. SC-17 örnekleme noktası 3.19’ da gösterildi.



Şekil 3.19. SC-17 örnekleme noktası

SC-18 örnekleme noktası Yalova ili, Altınova (Çavuşçiftliği) bölgesinde yer almaktadır. 15.03.2023 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 13 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya olan uzaklığı 450 metredir. Kıyı boyunca tersaneler yer almaktadır. Gemi trafiği oldukça fazlaydı. Örnekleme noktasına 900 metre kuzey-batısında denize Yalakdere dökülmektedir. SC-18 örnekleme noktası Şekil 3.20’de gösterildi.



Şekil 3.20. SC-18 örnekleme noktası

SC-19 örnekleme noktası Kocaeli ili, Dilovası bölgesinde yer almaktadır. 20.04.2023 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile 17 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu yeşilimsi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya uzaklığı 280 metredir. Kıyı bölgesine yakın su arıtma tesisi vardır. İstasyonun 1 kilometre kuzey-batısında Dilderesi vardır. Örnekleme noktasının kıyısında aktifliği yüksek limanlar yer almaktadır. SC-19 örnekleme noktası Şekil 3.21’de gösterildi.



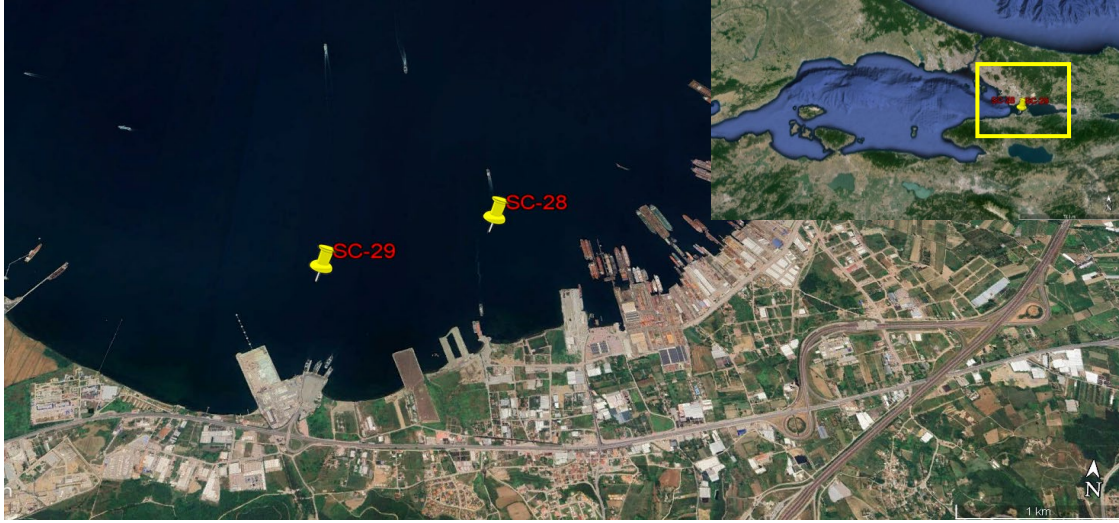
Şekil 3.21. SC-19 örnekleme noktası

Yalova ili, Taşköprü bölgesinden SC-20, SC-21, SC-22, SC-23 istasyonları 10.05.2023 tarihinde örnekleme yapıldı. SC-24, SC-25, SC-26, SC-27 istasyonları 14.07.2023 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile SC-20, SC-21, SC-22, SC-23 istasyonlarından 30 metre, SC-24, SC-25, SC-26, SC-27 istasyonlarından 7 metre derinlikten alındı. Suyun rengi bulanık ve koyu mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya uzaklığı SC-20, SC-21, SC-22, SC-23 istasyonları 750-900 metre, SC-24, SC-25, SC-26, SC-27 istasyonları >250-300 metre aralığındadır. Örnekleme noktasının 900 metre kuzeyinde akrilik kimya sanayi bulunmaktadır. Kıyı bölgesinde arıtma tesisi vardır. Örnekler, Eskişehir-Topçular Feribot Terminali'ne 1 kilometre uzaklıkta alınmıştır. SC-20, SC-21, SC-22, SC-23, SC-24, SC-25, SC-26, SC-27 örnekleme noktaları Şekil 3.22'da gösterildi.

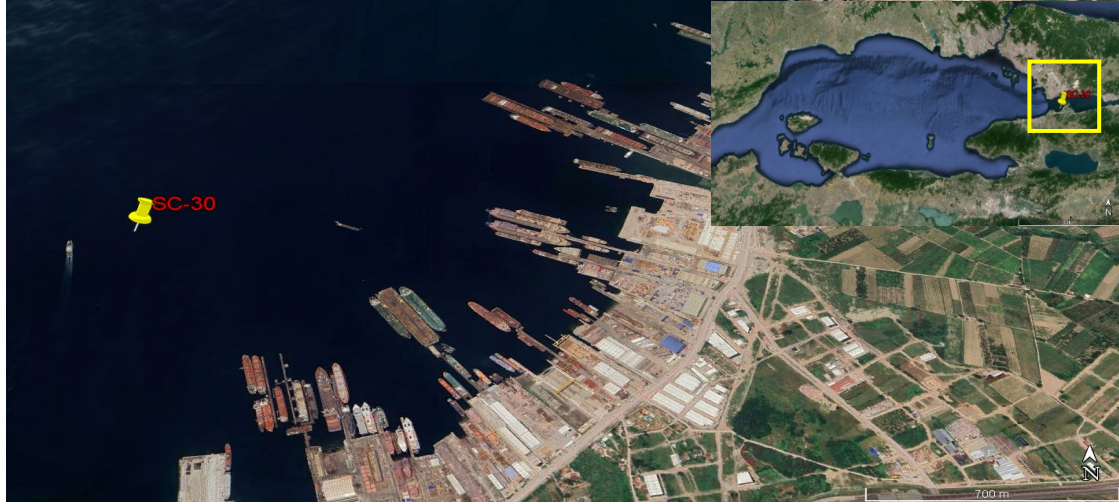


Şekil 3.22. SC-20, SC-21, SC-22, SC-23, SC-24, SC-25, SC-26, SC-27 örnekleme noktaları

Yalova ili, Tavşanlı bölgesinden SC-28 istasyonu 08.06.2023 tarihinde, SC-29 istasyonu 11.09.2023 tarihinde örnekleme yapıldı. Sediment yüzey örneği, sediment kepçesi ile SC-28 istasyonunda 17 metre, SC-29 istasyonunda 16 metre derinlikten yapıldı. Suyun rengi bulanık ve koyu mavi renkte gözlemlendi. Örnekleme noktasının kıyıya uzaklığı, SC-28 istasyonu 850 metre, SC-29 istasyonu 800 metredir. Kıyı boyunca tersaneler yer almaktadır. SC-28 örnekleme noktası Negmar Narlı Feribot limanı, SC-29 örnekleme noktası Topçular Feribot Limanı güzergahı üzerinde yer almaktadır. SC-28 ve SC-29 örnekleme noktaları Şekil 3.23' de gösterildi. SC-30 örnekleme noktası SC-29 örnekleme noktasına yakın noktadır. SC-30 istasyonu Şekil 3.24' de gösterildi.



Şekil 3.23. SC-28 ve SC-29 örnekleme noktaları



Şekil 3.24. SC-30 örnekleme noktası

3.2. Sediment Örneklemesi

3.2.1. Sediment Örneklemesinde Dikkat Edilen Hususlar

Arazi çalışmasında örnekleme yaparken, plastik olmayan (cam, teflon, metal vb.) ekipmanlar kullanıldı. Örnek alırken kullanılan materyaller her türlü partiküler maddeden arındırıldı. Sediment örneği muhafaza etmek için kullanılan kavanozlar, araziye götürülmeden laboratuvarında steril edildi. Mikroplastik incelemek için alınan sediment örnekleri özellikle cam kavanozlara konulmaya özen gösterildi. Alınan örneklerin üzerine örnekleme tarihi, istasyon adı, istasyon koordinatları yazıldı. Arazi çalışmasında kullanılan malzemeler Şekil 3.25’de gösterilmiştir.



Şekil 3.25. Arazi çalışmasında kullanılan malzemeler (24.06.2022)

Örnekleme işlemlerinde Lenz (Lenz Bottom Sampler) ya da Van veen (Van-veen Grab Sampler) tip sediment kepçesi kullanıldı. Şekil 3.26’da gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Yüzey sediment örneği almada kullanılan Lenz Bottom Sampler tip sediment kepçesi (08.09.2022)

3.2.2. Deniz İstasyonlarında Sediment Örneği Alırken Arazide Yapılan İşlemler

İstasyon isimleri, koordinatları ve tarih etiketlere yazıldı. Önceden steril edilmiş cam kavanozlara yapıştırıldı. Sediment örneği alabilmek için 20x20cm sediment kepçesi kullanıldı. Denizden alınan örnekler steril edilmiş kovaya aktarılarak, cam kavanozlara konuldu. Lenz Bottom Sampler tip sediment kepçesi ile örnek alımı Şekil 3.27’de gösterilmiştir.



Şekil 3.27. Sediment kepçesi ile yüzey sediment örneği alımı (14.07.2023)

Kavanozlara aktarılan sediment örneği detaylı inceleme için laboratuvara götürüldü. Deniz istasyonundan alınan sediment örneği Şekil 3.28’de gösterilmiştir.



Şekil 3.28. Deniz istasyonundan alınan sediment örneği (20.01.2023)

3.2.3. Nehir İstasyonlarında Sediment Örneği Alırken Yapılan İşlemler

Marmara Bölgesi'nin farklı noktalarından alınan örneklerde 300 µm göz açıklığı olan kepçe kullanıldı. Toplam numune alma süresi 15-25 dakika aralığında, su akış yönünün tersine kepçe yerleştirilerek yapıldı. Örnek alınırken plastik olmayan ekipmanlar kullanıldı.



(Göksü Deresi, 2022)

(İstıranca Nehri, 2022)

Şekil 3.29. Örnek alınan nehlere ait görüntüler

3.2.4. Sediment Karakterizasyonu ve Sedimentte Mikroplastik İncelemesi

3.2.4.1. Mikroplastik İncelemesi İçin Sedimentte Ön İşlemler

Laboratuvarda inceleme yaparken kullanılan ekipmanlarda ve giysilerde plastik, lif, poliester vb. maddeler bulunmamasına özen gösterildi. Laboratuvar ortamında ve çalışma yapılacak tezgahlar dezenfekte edilerek her türlü toz ve partikülden arındırıldı. Kontrol için içi nemli geniş bir ya da birkaç petri kabı çevresel kontaminasyonun kontrolü amacıyla laboratuvarda yakın makul yerlere yerleştirildi. Örnekler analitik elekte uygun göz açıklığı 500 µm, >250 µm, >125 µm, >63 µm ve <63µm boyutundaki eleklerden geçirilerek partikül boyutlarına göre sediment örneği ayrıldı. Elekte kalan örnekler önceden distile su ile temizlenmiş ve 105 oC sıcaklıkta kurutulmuş cam petri kabına aktarıldı. Kontaminasyonu önlemek için örneklerin üzeri folyo veya başka bir petri kabı ile kapatıldı. Sediment örneğinin mikroplastik incelemesi için 500 µm boyutundaki elekten geçirilmesi Şekil 3.30'da gösterilmiştir.



Şekil 3.30. Mikroplastik incelemek için sediment örneğinin elekten geçirilmesi

Örnekler 55 °C sıcaklığa ayarlı etüvde, içlerindeki suyun tamamı buharlaşana kadar bekletildi. Mikroplastik incelemesi için elekten geçirilen örneklerin etüvde kurutulması Şekil 3.31’de gösterilmiştir.



Şekil 3.31. Mikroplastik incelemesi için elekten geçirilen örneklerin etüvde kurutulması

Kurutulan örnekler, miktarına göre (her 50 g kuru ağırlık için 1 L'lik) beherlere aktarıldı. Çeker ocakta her behere, en az sediment örneğini örtecek miktarda %10'luk H_2O_2 ilave edildi. Beherlerin üzeri alüminyum folyo ile kapatıldı ve 24 saat (olası buharlaşma ve taşmaların zarar vermemesi için) çeker ocakta bekletildi. 24 saat sonra örnekler reaksiyonun hızlanması için 55 °C ayarlı etüve yerleştirildi. Örneklerdeki gözle görülür biyolojik materyaller tamamen yok olana kadar ya da az miktara inene kadar (yaklaşık 120 saat) H_2O_2 ilavesi 48 saat arayla tekrarlandı. Beherlerdeki kalıntı distile su ile önceden steril edilmiş cam petrilere aktarıldı ve kuru tartım yapıldı. Etüvde kurutulan örneklerle 48 saat arayla H_2O_2 ilavesi yapılarak gözle görülür partikülleri uzaklaştırma işlemi Şekil 3.32'de gösterilmiştir.

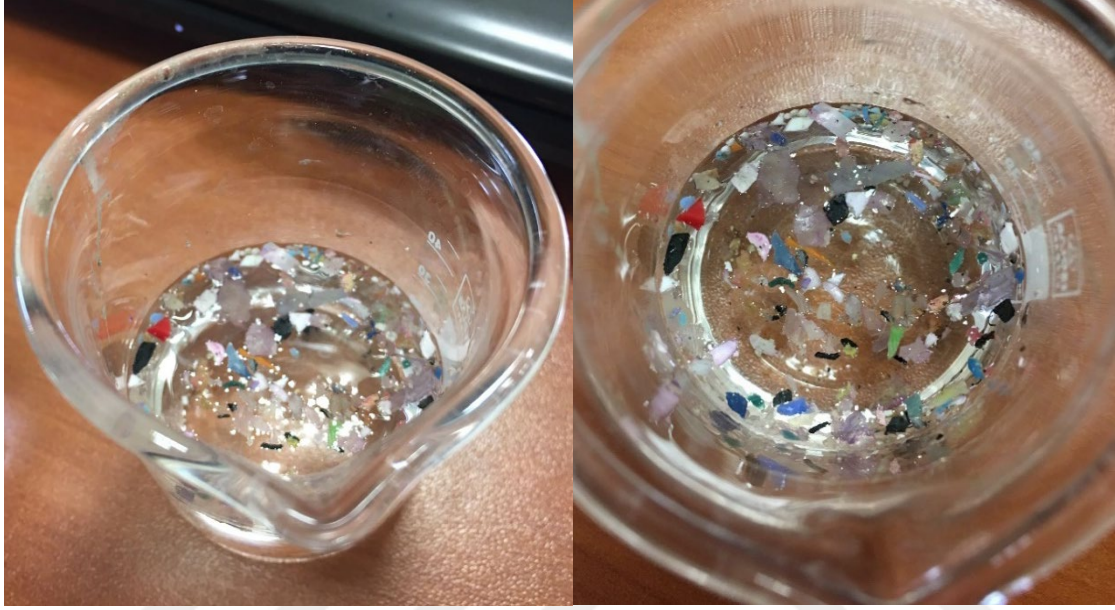


Şekil 3.32. Mikroplastik incelemek için H_2O_2 eklenen örneklerin etüvde bekletilmesi

3.2.4.2. Yoğunluk Farkına Göre Ayırma

Uygun bir kapta (1 L kapaklı cam) $ZnCl_2$ ve distile su kullanılarak yaklaşık $1,6g/cm^3$ olan çözelti hazırlandı. 2,91 g/cm yoğunluğa sahip olan $ZnCl_2$ 'den 550 g alındı ve üzerine 1000 mL'ye tamamlayacak şekilde distile su ilavesi yapıldıktan sonra manyetik karıştırıcıda 20 dakika süreyle karıştırıldı. Su ilavesi işlemi ısınmayı kontrol altına alabilmek için azar azar yapıldı. H_2O_2 muamelesi tamamlanan sediment kalıntısı, bir

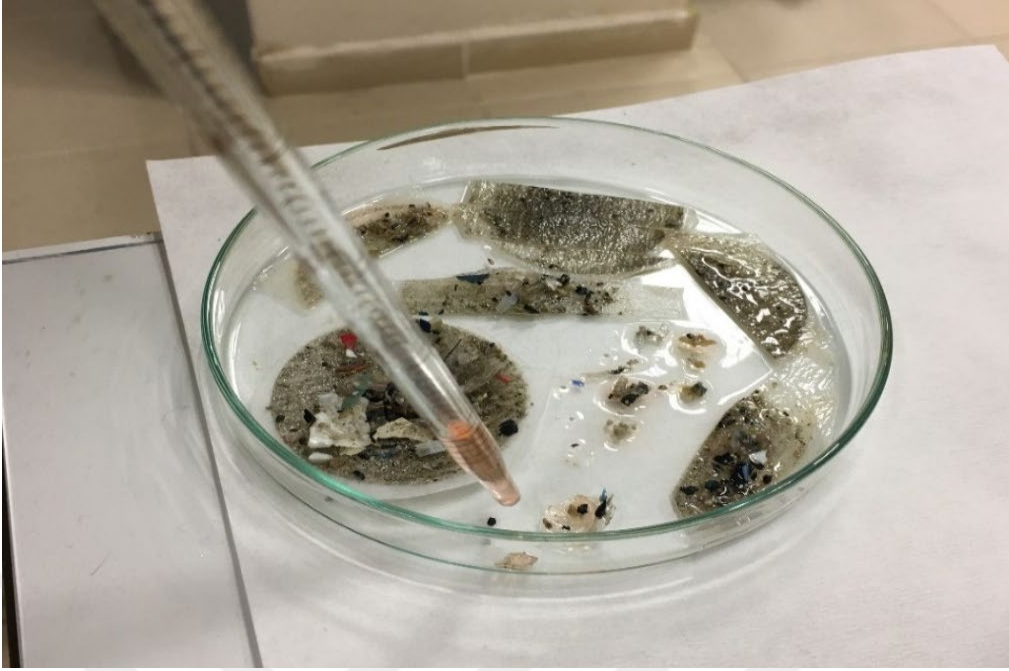
behere alındı ve üzerine yoğunluğu ayarlanmış $ZnCl_2$ eklendi. Karıştırdıktan sonra 30-60 dakika süreyle ağır partiküllerin çökmesi ve mikroplastik partiküllerinin yüzeye çıkması beklendi. Yüzeye çıkan mikroplastikler ayırma hunisi ile alındı ve sınıflandırma için farklı bir kaba aktarıldı. Beher içerisine alınan mikroplastik örneklerine $ZnCl_2$ eklemesi sonrasında yüzeye çıkması Şekil 3.33’de gösterilmiştir.



Şekil 3.33. $ZnCl_2$ ile hazırlanan çözeltide mikroplastiklerin yüzeye çıkması

3.2.4.3. Boyama İşlemi

Nil kırmızısı (NR) 0,05 g/L olacak (2 mg Nil kırmızısı yüksek saflıkta Aseton ile 40 mL’ye tamamlanarak) şekilde stok çözelti hazırlandı. Çözelti amber vial içerisinde 4 °C sıcaklıkta muhafaza edildi. Hazırlanan stok çözeltiden boyama işlemi yapılacağı zaman yeterli miktarda alınarak n-hekzan ile 10 kat seyreltilti. Boyanan örnekler florasana atamaçlı mikroskopta mavi filtre altında incelendi. Mavi filtre altında yeşil görünen partiküller mikroplastik parçacık olarak değerlendirildi. Mavi filtre altında yeşil görünen mikroplastik parçacıkların fotoğrafları çekildi ve pens yardımı ile temiz bir cam kaba aktarıldı. Boyama işlemi sırasında kullanılan ekipmanların ve boyama yapılan ortamın steril olmasına özen gösterildi. Florasan atamaçlı mikroskopta mavi filtre altında inceleme öncesi Nil kırmızısı ile boyama işlemi yapılan mikroplastik parçacıklar Şekil 3.34’de gösterilmiştir.



Şekil 3.34. Mikroplastikleri Nil kırmızısına boyama işlemi (20.07.2023)

3.2.4.4. Mikroplastiklerde Karakterizasyon

Cam kaplara aktarılan mikroplastikler partikül karakterizasyonu için mikroskoplu FT-IR cihazına gönderildi. FT-IR katı, sıvı gaz numunelerden kızılötesi spektrumu elde edilen bir tekniktir. FT-IR cihazı kızılötesi spektroskopi spektrumları ile polimer türü bilinmeyen mikroplastik parçacıklarına dizi yaklaşımı kullanılarak tanımlamaktadır.

3.3. Sediment Karakterizasyonu İşlemleri

3.3.1. Sediment Karakterizasyonunda Yapılan Ön İşlemler

İstasyonlardan alınan örnekler laboratuvara getirildi. Sırasıyla >250 μm , >125 μm , >63 μm , <63 μm boyutlarındaki eleklerden geçirilerek partikül boyutlarına ayrıldı. Her bir partikül boyutu için ayrı önceden steril edilmiş cam petrilere istasyon adı, tarih, numunenin alındığı derinlik not edilerek eleğin üzerinde kalan tortu petri kabına aktarıldı. Üzeri alüminyum folyo ile kapatılarak 24 saat 50 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde kurutulmaya bırakıldı. Kurutulan her partikül boyutundan 1 gr örnek tartıldı. Örnekler filtrasyon cihazında 3'er kez distile sudan geçirilerek tuzdan arındırıldı. Tuzdan arınan örnekler kuruması için 8 saat Freeze Dryer içinde bekletildi. Tuzdan arınmış ve kurutulmuş sediment örnekleri TOM, BSi, CaCO_3 analizleri için kullanıldı.

3.3.2. Sedimentte CaCO₃, BSi(Opal), TOM Analizleri

3.3.2.1. Sedimentte CaCO₃ Analizi

Kurutulmuş sediment örneklerinden ve 1 g tartıldı. Tartımdan sonra 0,5 N HCl ile oda sıcaklığında 20 dakika muamele edildi. Bu işlem ile CaCO₃ uzaklaştırıldı. Geriye kalan örnekler 0,45 µm'lik filtre kağıdından 3'er kez distile sudan geçirilerek filtre edildi. Filtrasyon işlemi biten örnekler 50 °C sıcaklığa ayarlı etüvde 24 saat kurumaya bırakıldı. Kuruma işlemi tamamlandıktan sonra tartım yapıldı. Son tartım sonucu, ilk tartım sonucundan çıkarılarak aradaki fark tespit edildi. Aynı işlemler farklı sediment örnekleri ile 3'er kez tekrarlandı. Sonuçların, n=3 için, standart sapması hesaplandı. 3 paralel sonucun ortalaması CaCO₃ miktarı olarak tespit edildi.

3.3.2.2. Sedimentte BSi(Opal) Analizi

Kurutulmuş sediment örneklerinden 0,05 g tartıldı. Tartılan numune 50 mL'lik PE tüplere aktarıldı. %1'lik Na₂CO₃ hazırlandı ve tartılan sedimentin üzerine ilave edildi. PE tüpleri 85°C'ye ayarlanmış su banyosunda çalkalama işlemi yapılarak 5 saate kadar bekletildi. İşlem sonunda tüplerin üst kısmında kalan su pipetle alınarak falcon tüplerine aktarıldı. Tüplerden alınan numuneler 3000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüj edildi. Falcon tüplerinin üst kısmında kalan su alındı ve spektrofotometrik yöntemle belirlenen SiO₂ miktarı BSi olarak tespit edildi. 3. saatte ölçülen BSi değerleri sedimentteki opal değişim olarak kaydedildi.

3.3.2.3. Sedimentte TOM Analizi

Kurutulmuş sediment örneklerinden her bir partikül boyutundan (>250 µm, >125 µm, >63 µm, <63 µm) 1'er gr tartıldı. Tartımı yapılan sediment örnekleri önceden yakılarak sabit tartıma getirilmiş krozelere konuldu. Krozelere konulan örnekler, 550 °C ayarlı kül fırınında 6 saat bekletildi. Yakma işleminden sonra krozeler desikatör içerisine konuldu ve soğumaya bırakıldı. Soğuma işleminden sonra tartım yapıldı. Bu işlem her partikül boyutu için 3 kez tekrarlandı. Sonuçların, n=3 için, standart sapması hesaplandı. Hesaplanan 3 paralelin ortalaması TOM olarak tespit edildi.

4.BULGULAR

4.1. Marmara Bölgesinde Sediment Karakterizasyonu Sonuçları

Marmara bölgesinden alınan örneklerde yapılan sediment karakterizasyonunda her partikül boyutu için deneyler 3 tekrar olarak yapıldı ve aritmetik ortalamaları hesaplandı. Elde edilen bulgular aşağıda verildi. Sonuçlar kuru ağırlıkta % olarak verilmiştir.

SC-1 istasyonunda yapılan sediment karakterizasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda % 13,78 oranında CaCO₃, %1,47 oranında BSi, %11,51 oranında TOM, %73,24 oranında LM miktarı bulundu. <63 µm partikül boyutunda %12,46 oranında CaCO₃, %1,3 oranında BSi, %11,35 oranında TOM, %74,82 oranında LM bulundu. En yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm sediment partikül boyutunda, en düşük CaCO₃ miktarı <63 µm partikül boyutunda olduğu gözlemlendi. En yüksek BSi miktarı <63 µm partikül boyutunda, en düşük BSi miktarı >125 µm sediment partikül boyutunda bulundu. En yüksek TOM miktarı >250 µm sediment partikül boyutunda, en düşük <63 µm partikül boyutunda olduğu bulundu. SC-1 numaralı istasyonun sediment karakterizasyonu Tablo 4.1' de gösterildi.

Tablo 4.1. SC-1 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-1 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	13,78 ± 0,12	1,47 ± 0,23	11,51 ± 2,01	73,24 ± 0,90
	>125	12,46 ± 0,44	1,37 ± 0,42	11,35 ± 0,96	74,82 ± 0,45
	>63	11,04 ± 0,66	1,53 ± 0,34	11,42 ± 1,34	76,01 ± 0,67
	<63	10,48 ± 0,74	1,66 ± 0,56	10,69 ± 0,43	77,17 ± 0,85

SC-2 istasyonunda >250 µm partikül boyutunda %13,45 oranında CaCO₃, %1,63 oranında BSi, %14,39 oranında TOM ve %70,53 oranında LM bulundu. >125 µm partikül boyutunda %12,30 oranında CaCO₃, %1,52 oranında BSi, %16,11 oranında TOM, %70,07 oranında LM bulundu. >63 µm partikül boyutunda %11,49 oranında CaCO₃, %1,23 oranında BSi, %14,88 oranında TOM, %72,4 oranında LM bulundu. <63 µm

partikül boyutunda %10,23 oranında CaCO_3 , %1,12 oranında BSi, %13,42 oranında LM bulundu. SC-2 numaralı istasyon sonuçları Tablo 4.2’ de verilmiştir.

Tablo 4.2. SC-2 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-2 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	13,45 $\pm$ 0,83	1,63 $\pm$ 0,89	14,39 $\pm$ 1,74	70,53 $\pm$ 0,85
	>125	12,30 $\pm$ 0,40	1,52 $\pm$ 0,92	16,11 $\pm$ 1,14	70,07 $\pm$ 0,98
	>63	11,49 $\pm$ 0,87	1,23 $\pm$ 0,76	14,88 $\pm$ 2,08	72,4 $\pm$ 0,48
	<63	10,23 $\pm$ 0,91	1,12 $\pm$ 0,67	13,42 $\pm$ 0,86	75,23 $\pm$ 0,56

SC-3 istasyonunda >250 μm partikül boyutunda %10,21 oranında CaCO_3 , %1,46 oranında BSi, %4,42 oranında TOM, %83,91 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %9,49 oranında CaCO_3 , %1,34 oranında BSi, %3,75 oranında TOM, %85,42 oranında LM bulundu. >63 μm sediment partikül boyutunda %8,20 oranında CaCO_3 , %1,30 oranında BSi, %6,04 oranında TOM, %84,46 oranında LM miktarı bulundu. <63 μm partikül boyutunda %7,62 oranında CaCO_3 , %1,25 oranında BSi, %7,40 oranında TOM, %84,74 oranında LM bulundu. SC-3 numaralı istasyonu sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.3’de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. SC-3 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-3 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	10,21 $\pm$ 0,36	1,46 $\pm$ 1,68	4,42 $\pm$ 1,68	83,91 $\pm$ 1,25
	>125	9,49 $\pm$ 0,27	1,34 $\pm$ 0,26	3,75 $\pm$ 0,26	85,42 $\pm$ 1,83
	>63	8,20 $\pm$ 0,25	1,30 $\pm$ 0,58	6,04 $\pm$ 0,58	84,46 $\pm$ 1,62
	<63	7,62 $\pm$ 0,73	1,25 $\pm$ 0,09	7,40 $\pm$ 0,55	83,74 $\pm$ 1,35

SC-4 istasyonunda >250 μm partikül boyutunda %16,12 oranında CaCO_3 , %2,42 oranında BSi, %14,52 oranında TOM, %66,94 oranında LM tespit edildi. >125 μm partikül boyutunda %16,03 oranında CaCO_3 , %2,56 oranında BSi, %14,32 oranında

TOM, %67,09 oranında LM bulundu. >63 µm partikül boyutunda %14,44 oranında CaCO₃, %2,78 oranında BSi, %14,13 oranında TOM, %68,65 oranında LM bulundu. <63 µm partikül boyutunda %14,04 oranında CaCO₃, %2,90 oranında BSi, %13,22 oranında TOM, %69,84 oranında LM tespit edildi. SC-3 numaralı istasyonunun sediment karakterizasyon analiz sonuçları Tablo 4.4' de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. SC-4 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-4 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	16,12 ± 0,66	2,42 ± 0,43	14,52 ± 2,15	66,94± 1,23
	>125	16,03 ± 0,54	2,56 ± 0,55	14,32 ± 1,11	67,09 ± 1,31
	>63	14,44 ± 0,67	2,78 ± 0,60	14,13 ± 1,45	68,65 ± 0,89
	<63	14,04 ± 0,57	2,90 ± 0,38	13,22 ± 1,55	69,84 ± 0,98

SC-5 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %14,91 oranında CaCO₃, %2,81 oranında BSi, %9,87 oranında TOM, %72,41 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %13,78 oranında CaCO₃, %2,87 oranında BSi, %8,02 oranında TOM, %75,33 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %12,41 oranında CaCO₃, %2,93 oranında BSi, %8,97 oranında TOM, %75,69 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %12,09 oranında CaCO₃, %2,99 oranında BSi, %7,62 oranında TOM, %77,3 oranında LM tespit edildi. SC-5 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.5'de gösterildi.

Tablo 4.5. SC-5 numaralı istasyonunun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-5 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	14,91 ± 0,24	2,81 ± 1,21	9,87 ± 0,97	72,41 ± 0,84
	>125	13,78 ± 0,11	2,87 ± 0,89	8,02 ± 0,39	75,33 ± 0,77
	>63	12,41 ± 0,50	2,93 ± 0,78	8,97 ± 1,20	75,69 ± 0,79
	<63	12,09 ± 0,61	2,99 ± 0,96	7,62 ± 0,14	77,3 ± 0,85

SC-6 istasyonunda >250 μm sediment partikül boyutunda %17,83 oranında CaCO_3 , %1,53 oranında BSi, %11,38 oranında TOM, %69,26 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %16,91 oranında CaCO_3 , %1,45 oranında BSi, %11,18 oranında TOM, %70,46 oranında LM tespit edildi. >63 μm partikül boyutunda %16,04 oranında CaCO_3 , %1,40 oranında BSi, %10,01 oranında TOM, %72,55 oranında LM bulundu. <63 μm sediment partikül boyutunda %15,63 oranında CaCO_3 , %1,34 oranında BSi, %8,79 oranında TOM, %74,24 oranında LM tespit edildi. SC-6 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.6'da gösterildi.

Tablo 4.6. SC-6 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-6 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	$17,83 \pm 0,92$	$1,53 \pm 0,88$	$11,38 \pm 0,21$	$69,26 \pm 1,2$
	>125	$16,91 \pm 0,85$	$1,45 \pm 0,75$	$11,18 \pm 1,13$	$70,46 \pm 0,85$
	>63	$16,04 \pm 0,60$	$1,40 \pm 0,43$	$10,01 \pm 1,40$	$72,55 \pm 0,77$
	<63	$15,63 \pm 0,58$	$1,34 \pm 0,32$	$8,79 \pm 1,26$	$74,24 \pm 1,03$

SC-7 istasyonunda >250 μm sediment partikül boyutunda %8,16 oranında CaCO_3 , %1,72 oranında BSi, %2,03 oranında TOM, %88,09 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %7,71 oranında CaCO_3 , %1,87 oranında BSi, %3,96 oranında TOM, %86,43 oranında LM tespit edildi. >63 μm partikül boyutunda %7,97 oranında CaCO_3 , %1,90 oranında BSi, %1,23 oranında TOM, %94,9 oranında LM bulundu. <63 μm sediment partikül boyutunda %6,51 oranında CaCO_3 , %1,98 oranında BSi, %2,57 oranında TOM, %88,94 oranında LM tespit edildi. SC-7 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.7'de gösterildi.

Tablo 4.7. SC-7 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-7 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	$8,16 \pm 0,55$	$1,72 \pm 0,65$	$2,03 \pm 1,13$	$88,09 \pm 0,89$
	>125	$7,71 \pm 0,05$	$1,87 \pm 0,77$	$3,96 \pm 1,73$	$86,43 \pm 0,78$
	>63	$7,97 \pm 0,48$	$1,90 \pm 0,83$	$1,23 \pm 1,00$	$94,92 \pm 0,83$
	<63	$6,51 \pm 0,72$	$1,98 \pm 0,69$	$2,57 \pm 1,68$	$88,94 \pm 0,80$

SC-8 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %18,54 oranında CaCO₃, %3,32 oranında BSi, %15,85 oranında TOM, %62,28 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %17,34 oranında CaCO₃, %3,40 oranında BSi, %14,36 oranında TOM, %64,9 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %16,10 oranında CaCO₃, %3,65 oranında BSi, %14,63 oranında TOM, %65,62 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %16,42 oranında CaCO₃, %3,70 oranında BSi, %14,95 oranında TOM, %64,93 oranında LM tespit edildi. SC-8 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.8’ de gösterildi.

Tablo 4.8. SC-8 istasyonunun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-8 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	18,54 ± 0,74	3,32 ± 0,88	15,85 ± 1,82	62,28 ± 1,21
	>125	17,34 ± 0,75	3,40 ± 0,90	14,36 ± 1,57	64,9 ± 1,35
	>63	16,10 ± 0,24	3,65 ± 0,65	14,63 ± 1,86	65,62 ± 0,99
	<63	16,42 ± 0,46	3,70 ± 0,80	14,95 ± 0,76	64,93 ± 0,55

SC-9 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %18,67 oranında CaCO₃, %3,32 oranında BSi, %15,23 oranında TOM, %62,78 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %17,61 oranında CaCO₃, %3,49 oranında BSi, %15,60 oranında TOM, %63,3 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %15,95 oranında CaCO₃, %3,58 oranında BSi, %14,92 oranında TOM, %65,55 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %14,69 oranında CaCO₃, %3,70 oranında BSi, %15,60 oranında TOM, %66,01 oranında LM tespit edildi. SC-9 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.9’ da gösterildi.

Tablo 4.9. SC-9 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-9 İstasyonu	Partikül boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	18,67 ± 0,82	3,32 ± 0,68	15,23 ± 0,35	62,78 ± 0,66
	>125	17,61 ± 0,67	3,49 ± 0,77	15,60 ± 0,87	63,3 ± 0,73
	>63	15,95 ± 0,36	3,58 ± 0,83	14,92 ± 0,49	65,55 ± 0,45
	<63	14,69 ± 0,68	3,70 ± 0,65	15,60 ± 0,66	66,01 ± 0,78

SC-10 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %11,92 oranında CaCO₃, %2,12 oranında BSi, %12,21 oranında TOM, %73,75 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %10,76 oranında CaCO₃, %2,18 oranında BSi, %11,13 oranında TOM, %75,93 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %10,63 oranında CaCO₃, %2,29 oranında BSi, %12,99 oranında TOM, %74,09 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %9,59 oranında CaCO₃, %2,35 oranında BSi, %10,55 oranında TOM, %77,51 oranında LM tespit edildi. SC-10 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.10' da gösterildi.

Tablo 4.10. SC-10 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-10 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250 µm	11,92 ± 0,37	2,12 ± 0,35	12,21 ± 1,08	73,75 ± 0,85
	>125 µm	10,76 ± 0,24	2,18 ± 0,87	11,13 ± 0,95	75,93 ± 0,90
	>63 µm	10,63 ± 0,25	2,29 ± 0,68	12,99 ± 2,44	74,09 ± 0,65
	<63 µm	9,59 ± 0,47	2,35 ± 0,70	10,55 ± 0,32	77,51 ± 0,98

SC-11 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %19,33 oranında CaCO₃, %1,02 oranında BSi, %10,71 oranında TOM, %68,94 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %18,09 oranında CaCO₃, %1,18 oranında BSi, %11,29 oranında TOM, %69,44 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %16,07 oranında CaCO₃, %1,30 oranında BSi, %10,59 oranında TOM, %72,04 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %15,79 oranında CaCO₃, %1,45 oranında BSi, %11,60 oranında TOM, %76,16 oranında LM tespit edildi. SC-11 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.11' de gösterildi.

Tablo 4.11. SC-11 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-11 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	19,33 ± 0,63	1,02 ± 0,57	10,71 ± 1,22	68,94 ± 1,02
	>125	18,09 ± 0,39	1,18 ± 0,34	11,29 ± 1,09	69,44 ± 0,89
	>63	16,07 ± 0,49	1,30 ± 0,68	10,59 ± 0,33	72,04 ± 0,75
	<63	15,79 ± 0,59	1,45 ± 0,45	11,60 ± 1,20	76,16 ± 0,82

SC-12 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %17,38 oranında CaCO₃, %1,44 oranında BSi, %8,01 oranında TOM, %73,17 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %16,87 oranında CaCO₃, %1,58 oranında BSi, %7,45 oranında TOM, %74,1 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %16,04 oranında CaCO₃, %1,69 oranında BSi, %8,01 oranında TOM, %74,26 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %14,97 oranında CaCO₃, %1,78 oranında BSi, %9,14 oranında TOM, %74,11 oranında LM tespit edildi. SC-12 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.12’ de gösterildi.

Tablo 4.12. SC-12 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-12 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	17,38 ± 0,74	1,44 ± 0,44	8,01 ± 1,84	73,17 ± 0,89
	>125	16,87 ± 0,71	1,58 ± 0,60	7,45 ± 1,27	74,1 ± 0,76
	>63	16,04 ± 0,89	1,69 ± 0,88	8,01 ± 0,28	74,26 ± 0,65
	<63	14,97 ± 0,71	1,78 ± 0,65	9,14 ± 2,49	74,11 ± 0,45

SC-13 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %11,03 oranında CaCO₃, %1,0 oranında BSi, %3,04 oranında TOM, %84,57 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %10,33 oranında CaCO₃, %1,23 oranında BSi, %3,41 oranında TOM, %85,03 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %9,02 oranında CaCO₃, %1,31 oranında BSi, %2,74 oranında TOM, %86,93 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %8,44 oranında CaCO₃, %1,42 oranında BSi, %5,6 oranında TOM, %84,88 oranında LM tespit edildi. SC-13 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.13’ de gösterildi.

Tablo 4.13. SC-13 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-13 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	11,03 ± 0,85	1,0 ± 0,44	3,04 ± 1,83	84,57 ± 0,88
	>125	10,33 ± 0,44	1,23 ± 0,60	3,41 ± 1,08	85,03 ± 0,90
	>63	9,02 ± 0,46	1,31 ± 0,54	2,74 ± 0,52	86,93 ± 1,26
	<63	8,44 ± 0,52	1,42 ± 0,35	5,26 ± 1,55	84,88 ± 0,56

SC-14 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %13,68 oranında CaCO₃, %1,32 oranında BSi, %7,08 oranında TOM, %77,92 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %12,80 oranında CaCO₃, %1,45 oranında BSi, %6,16 oranında TOM, %79,59 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %11,47 oranında CaCO₃, %1,52 oranında BSi, %8,07 oranında TOM, %78,67 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %10,47 oranında CaCO₃, %1,52 oranında BSi, %8,07 oranında TOM, %79,79 oranında LM tespit edildi. SC-14 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon Tablo 4.14' de gösterildi.

Tablo 4.14. SC-14 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-14 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	13,68 ± 0,85	1,32 ± 0,98	7,08 ± 0,85	77,92 ± 0,32
	>125	12,80 ± 0,30	1,45 ± 0,44	6,16 ± 0,30	79,59 ± 0,45
	>63	11,47 ± 0,48	1,52 ± 0,53	8,07 ± 0,48	78,67 ± 0,56
	<63	10,31 ± 0,04	1,66 ± 0,23	8,24 ± 0,04	79,79 ± 0,17

SC-15 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %9,47 oranında CaCO₃, %2,48 oranında BSi, %14,36 oranında TOM, %75,7 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %7,97 oranında CaCO₃, % 2,55 oranında BSi, %13,36 oranında TOM, %75,7 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %7,97 oranında CaCO₃, %2,61 oranında BSi, %13,32 oranında TOM, %76,1 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %7,14 oranında CaCO₃, %2,79 oranında BSi, %14,53 oranında TOM, %75,54 oranında LM tespit edildi. SC-15 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.15' de gösterildi.

Tablo 4.15. SC-15 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-15 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	9,47 ± 0,55	2,48 ± 0,81	14,36 ± 2,06	73,69 ± 0,44
	>125	8,39 ± 0,58	2,55 ± 0,76	13,36 ± 1,61	75,7 ± 0,38
	>63	7,97 ± 0,87	2,61 ± 0,68	13,32 ± 1,43	76,1 ± 0,82
	<63	7,14 ± 0,96	2,79 ± 0,56	14,53 ± 1,33	75,54 ± 1,02

SC-16 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %12,01 oranında CaCO₃, %1,98 oranında BSi, %11,88 oranında TOM, %74,13 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %11,44 oranında CaCO₃, % 1,87 oranında BSi, %11,01 oranında TOM, %75,68 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %9,34 oranında CaCO₃, %1,75 oranında BSi, %9,61 oranında TOM, %79,3 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %8,84 oranında CaCO₃, %1,60 oranında BSi, %9,23 oranında TOM, %80,33 oranında LM tespit edildi. SC-16 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.16’ da gösterildi.

Tablo 4.16. SC-16 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-16 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	12,01 ± 0,54	1,98 ± 0,65	11,88 ± 1,41	74,13 ± 0,89
	>125	11,44 ± 0,80	1,87 ± 0,88	11,01 ± 0,73	75,68 ± 0,77
	>63	9,34 ± 0,86	1,75 ± 0,90	9,61 ± 1,43	79,3 ± 0,56
	<63	8,84 ± 0,96	1,60 ± 0,35	9,23 ± 1,36	80,33 ± 0,78

SC-17 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %10,27 oranında CaCO₃, %1,53 oranında BSi, %2,47 oranında TOM, %85,73 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %7,99 oranında CaCO₃, % 1,66 oranında BSi, %2,14 oranında TOM, %88,21 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %8,24 oranında CaCO₃, %1,78 oranında BSi, %3,48 oranında TOM, %86,5 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %8,07 oranında CaCO₃, %1,90 oranında BSi, %3,10 oranında TOM, %13,07 oranında LM tespit edildi. SC-17 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.17’ de gösterildi.

Tablo 4.17. SC-17 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-17 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	10,27 ± 0,61	1,53 ± 0,87	2,47 ± 0,70	85,73 ± 0,86
	>125	7,99 ± 0,16	1,66 ± 0,66	2,14 ± 0,61	88,21 ± 0,66
	>63	8,24 ± 0,51	1,78 ± 0,52	3,48 ± 1,16	86,5 ± 0,75
	<63	8,07 ± 0,18	1,90 ± 0,45	3,10 ± 0,66	86,93 ± 0,54

SC-18 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %17,44 oranında CaCO₃, %1,2 oranında BSi, %8,74 oranında TOM, %72,62 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %12,02 oranında CaCO₃, % 1,1 oranında BSi, %8,63 oranında TOM, %78,25 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %10,94 oranında CaCO₃, %0,99 oranında BSi, %8,02 oranında TOM, %80,05 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %9,23 oranında CaCO₃, %0,93 oranında BSi, %7,89 oranında TOM, %81,95 oranında LM tespit edildi. SC-18 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.18’ de gösterildi.

Tablo 4.18. SC-18 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-18 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	17,44 ± 0,97	1,2 ± 1,2	8,74 ± 1,16	72,62 ± 1,81
	>125	12,02 ± 0,29	1,1 ± 0,89	8,63 ± 0,97	78,25 ± 0,62
	>63	10,94 ± 0,92	0,99 ± 1,1	8,02 ± 0,61	80,05 ± 2,12
	<63	9,23 ± 0,74	0,93 ± 0,75	7,89 ± 0,79	81,95 ± 0,80

SC-19 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %15,73 oranında CaCO₃, %6,89 oranında BSi, %9,22 oranında TOM, %68,16 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %12,34 oranında CaCO₃, %6,78 oranında BSi, %9,98 oranında TOM, %70,9 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %11,9 oranında CaCO₃, %6,65 oranında BSi, %11,49 oranında TOM, %69,96 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %10,02 oranında CaCO₃, %6,44 oranında BSi, %10,02 oranında TOM, %73,34 oranında LM tespit edildi. SC-19 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.19’ da gösterildi.

Tablo 4.19. SC-19 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-19 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	15,73 ± 0,47	6,89 ± 0,88	9,22 ± 0,72	68,16 ± 0,55
	>125	12,34 ± 0,27	6,78 ± 0,76	9,98 ± 0,81	70,9 ± 0,76
	>63	11,9 ± 0,41	6,65 ± 0,65	11,49 ± 0,66	69,96 ± 0,60
	<63	10,02 ± 0,78	6,44 ± 0,56	10,02 ± 0,12	73,34 ± 0,52

SC-20 istasyonunda >250 μm sediment partikül boyutunda %12,44 oranında CaCO_3 , %1,10 oranında BSi, %7,06 oranında TOM, %89,4 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %12,20 oranında CaCO_3 , %1,38 oranında BSi, %7,55 oranında TOM, %78,87 oranında LM tespit edildi. >63 μm partikül boyutunda %11,57 oranında CaCO_3 , %1,65 oranında BSi, %8,15 oranında TOM, %78,66 oranında LM bulundu. <63 μm sediment partikül boyutunda %10,23 oranında CaCO_3 , %1,74 oranında BSi, %8,15 oranında TOM, %79,47 oranında LM tespit edildi. SC-20 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.20’ de gösterildi.

Tablo 4.20. SC-20 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-20 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	12,44 $\pm$ 1,02	1,10 $\pm$ 0,38	7,06 $\pm$ 0,61	79,4 $\pm$ 0,75
	>125	12,20 $\pm$ 0,70	1,38 $\pm$ 0,74	7,55 $\pm$ 1,20	78,87 $\pm$ 0,58
	>63	11,57 $\pm$ 0,63	1,65 $\pm$ 0,65	8,15 $\pm$ 1,90	78,66 $\pm$ 0,90
	<63	10,23 $\pm$ 0,72	1,74 $\pm$ 0,56	8,56 $\pm$ 1,34	79,47 $\pm$ 0,89

SC-21 istasyonunda >250 μm sediment partikül boyutunda %13,32 oranında CaCO_3 , %1,36 oranında BSi, %7,63 oranında TOM, %77,69 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %12,34 oranında CaCO_3 , %1,23 oranında BSi, %7,54 oranında TOM, %78,89 oranında LM tespit edildi. >63 μm partikül boyutunda %11,25 oranında CaCO_3 , %1,12 oranında BSi, %7,14 oranında TOM, %80,49 oranında LM bulundu. <63 μm sediment partikül boyutunda %10,11 oranında CaCO_3 , %1,10 oranında BSi, %6,79 oranında TOM, %82 oranında LM tespit edildi. SC-21 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.21’de gösterildi.

Tablo 4.21. SC-21 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-21 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	13,32 $\pm$ 2,38	1,36 $\pm$ 0,68	7,63 $\pm$ 0,93	77,69 $\pm$ 1,41
	>125	12,34 $\pm$ 0,97	1,23 $\pm$ 0,60	7,54 $\pm$ 1,31	78,89 $\pm$ 1,22
	>63	11,25 $\pm$ 3,8	1,12 $\pm$ 0,45	7,14 $\pm$ 0,21	80,49 $\pm$ 1,14
	<63	10,11 $\pm$ 1,3	1,10 $\pm$ 0,74	6,79 $\pm$ 0,52	82 $\pm$ 0,85

SC-22 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %14,32 oranında CaCO₃, %1,26 oranında BSi, %8,23 oranında TOM, %76,19 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %14,27 oranında CaCO₃, %1,28 oranında BSi, %9,87 oranında TOM, %76,22 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %12,50 oranında CaCO₃, %1,32 oranında BSi, %8,80 oranında TOM, %77,38 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %11,28 oranında CaCO₃, %1,44 oranında BSi, %8,81 oranında TOM, %78,47 oranında LM tespit edildi. SC-22 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.22’ de gösterildi.

Tablo 4.22. SC-22 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-22 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	14,32 ± 0,75	1,26 ± 0,64	8,23 ± 0,90	76,19 ± 0,88
	>125	14,27 ± 1,08	1,28 ± 0,55	9,87 ± 1,65	76,22 ± 1,25
	>63	12,50 ± 0,84	1,32 ± 0,61	8,80 ± 2,94	77,38 ± 1,05
	<63	11,28 ± 0,84	1,44 ± 0,34	8,81 ± 1,25	78,47 ± 1,65

SC-23 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %13,41 oranında CaCO₃, %1,44 oranında BSi, %12,79 oranında TOM, %72,36 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %8,69 oranında CaCO₃, %1,29 oranında BSi, %11,33 oranında TOM, %78,72 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %8,36 oranında CaCO₃, %1,27 oranında BSi, %10,91 oranında TOM, %79,46 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %8,53 oranında CaCO₃, %1,10 oranında BSi, %9,39 oranında TOM, %80,98 oranında LM tespit edildi. SC-23 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.23’ de gösterildi.

Tablo 4.23. SC-23 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-23 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	13,41 ± 0,78	1,44 ± 1,22	12,79 ± 1,59	72,36 ± 1,32
	>125	8,69 ± 0,68	1,29 ± 0,62	11,33 ± 2,78	78,72 ± 0,59
	>63	8,36 ± 1,22	1,27 ± 1,07	10,91 ± 0,57	79,46 ± 0,89
	<63	8,53 ± 0,78	1,10 ± 0,88	9,39 ± 0,90	80,98 ± 0,87

SC-24 istasyonunda >250 μm sediment partikül boyutunda %9,69 oranında CaCO_3 , %1,54 oranında BSi, %8,06 oranında TOM, %80,71 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %9,49 oranında CaCO_3 , %1,43 oranında BSi, %7,04 oranında TOM, %82,04 oranında LM tespit edildi. >63 μm partikül boyutunda %8,78 oranında CaCO_3 , %1,52 oranında BSi, %6,03 oranında TOM, %83,67 oranında LM bulundu. <63 μm sediment partikül boyutunda %9,05 oranında CaCO_3 , %1,40 oranında BSi, %6,20 oranında TOM, %83,35 oranında LM tespit edildi. SC-24 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.24’ de gösterildi.

Tablo 4.24. SC-24 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-24 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	$9,69 \pm 0,30$	$1,54 \pm 0,89$	$8,06 \pm 0,63$	$80,71 \pm 0,84$
	>125	$9,49 \pm 1,41$	$1,43 \pm 0,77$	$7,04 \pm 1,22$	$82,04 \pm 0,66$
	>63	$8,78 \pm 0,64$	$1,52 \pm 0,71$	$6,03 \pm 2,98$	$83,67 \pm 0,71$
	<63	$9,05 \pm 0,54$	$1,40 \pm 0,63$	$6,20 \pm 1,43$	$83,35 \pm 0,98$

SC-25 istasyonunda >250 μm sediment partikül boyutunda %14,34 oranında CaCO_3 , %1,59 oranında BSi, %9,71 oranında TOM, %74,36 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %13,87 oranında CaCO_3 , %1,55 oranında BSi, %9,94 oranında TOM, %74,64 oranında LM tespit edildi. >63 μm partikül boyutunda %12,53 oranında CaCO_3 , %1,48 oranında BSi, %7,13 oranında TOM, %78,86 oranında LM bulundu. <63 μm sediment partikül boyutunda %10,41 oranında CaCO_3 , %1,33 oranında BSi, %8,07 oranında TOM, %80,19 oranında LM tespit edildi. SC-25 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.25’ de gösterildi.

Tablo 4.25. SC-25 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-25 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	$14,34 \pm 1,40$	$1,59 \pm 0,88$	$9,71 \pm 1,21$	$74,36 \pm 1,22$
	>125	$13,87 \pm 0,52$	$1,55 \pm 0,76$	$9,94 \pm 1,71$	$74,64 \pm 1,15$
	>63	$12,53 \pm 0,35$	$1,48 \pm 0,54$	$7,13 \pm 2,17$	$78,86 \pm 1,89$
	<63	$10,41 \pm 0,59$	$1,33 \pm 0,48$	$8,07 \pm 0,78$	$80,19 \pm 1,20$

SC-26 istasyonunda >250 μm sediment partikül boyutunda %18,67 oranında CaCO_3 , %1,76 oranında BSi, %8,33 oranında TOM, %71,24 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %17,72 oranında CaCO_3 , %1,72 oranında BSi, %7,38 oranında TOM, %73,18 oranında LM tespit edildi. >63 μm partikül boyutunda %15,47 oranında CaCO_3 , %1,67 oranında BSi, %9,94 oranında TOM, %72,92 oranında LM bulundu. <63 μm sediment partikül boyutunda %13,97 oranında CaCO_3 , %1,45 oranında BSi, %9,44 oranında TOM, %75,14 oranında LM tespit edildi. SC-26 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.26’ da gösterildi.

Tablo 4.26. SC-26 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-26 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	18,67 $\pm$ 0,60	1,76 $\pm$ 0,63	8,33 $\pm$ 1,24	71,24 $\pm$ 0,80
	>125	17,72 $\pm$ 0,72	1,72 $\pm$ 0,45	7,38 $\pm$ 0,83	73,18 $\pm$ 0,77
	>63	15,47 $\pm$ 0,33	1,67 $\pm$ 0,87	9,94 $\pm$ 1,54	72,92 $\pm$ 1,02
	<63	13,97 $\pm$ 0,18	1,45 $\pm$ 0,65	9,44 $\pm$ 1,96	75,14 $\pm$ 1,12

SC-27 istasyonunda >250 μm sediment partikül boyutunda %16,07 oranında CaCO_3 , %1,87 oranında BSi, %7,15 oranında TOM, %74,91 oranında LM bulundu. >125 μm sediment partikül boyutunda %13,77 oranında CaCO_3 , %1,67 oranında BSi, %8,52 oranında TOM, %76,04 oranında LM tespit edildi. >63 μm partikül boyutunda %11,46 oranında CaCO_3 , %1,89 oranında BSi, %6,06 oranında TOM, %80,59 oranında LM bulundu. <63 μm sediment partikül boyutunda %9,10 oranında CaCO_3 , %1,90 oranında BSi, %5,16 oranında TOM, %83,84 oranında LM tespit edildi. SC-27 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.27’ de gösterildi.

Tablo 4.27. SC-27 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-27 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO_3	BSi	TOM	LM
	μm	%			
	>250	16,07 $\pm$ 0,55	1,87 $\pm$ 0,56	7,15 $\pm$ 1,21	74,91 $\pm$ 0,88
	>125	13,77 $\pm$ 0,75	1,67 $\pm$ 0,77	8,52 $\pm$ 0,19	76,04 $\pm$ 0,63
	>63	11,46 $\pm$ 1,00	1,89 $\pm$ 0,34	6,06 $\pm$ 0,37	80,59 $\pm$ 0,92
	<63	9,10 $\pm$ 0,74	1,90 $\pm$ 0,98	5,16 $\pm$ 1,53	83,84 $\pm$ 0,71

SC-28 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %9,41 oranında CaCO₃, %2,38 oranında BSi, %8,71 oranında TOM, %79,5 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %8,51 oranında CaCO₃, %2,41 oranında BSi, %8,34 oranında TOM, %80,74 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %7,93 oranında CaCO₃, %2,46 oranında BSi, %9,70 oranında TOM, %79,91 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %6,78 oranında CaCO₃, %2,58 oranında BSi, %11,74 oranında TOM, %78,9 oranında LM tespit edildi. SC-28 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.28’ de gösterildi.

Tablo 4.28. SC-28 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-28 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	9,41 ± 0,80	2,38 ± 0,50	8,71 ± 1,65	79,5 ± 1,2
	>125	8,51 ± 0,48	2,41 ± 0,65	8,34 ± 2,51	80,74 ± 1,85
	>63	7,93 ± 0,92	2,46 ± 0,48	9,70 ± 1,48	79,91 ± 1,25
	<63	6,78 ± 0,71	2,58 ± 0,71	11,74 ± 1,54	78,9 ± 1,10

SC-29 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %10,82 oranında CaCO₃, %1,23 oranında BSi, %10,50 oranında TOM, %77,45 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %9,61 oranında CaCO₃, %1,18 oranında BSi, %7,27 oranında TOM, %81,94 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %8,20 oranında CaCO₃, %1,07 oranında BSi, %6,63 oranında TOM, %84,1 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %7,57 oranında CaCO₃, %1,02 oranında BSi, %7,42 oranında TOM, %83,99 oranında LM tespit edildi. SC-29 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.29’da gösterildi.

Tablo 4.29. SC-29 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

SC-29 İstasyonu	Partikül Boyutu	CaCO ₃	BSi	TOM	LM
	µm	%			
	>250	10,82 ± 0,65	1,23 ± 0,73	10,50 ± 0,83	77,45 ± 0,78
	>125	9,61 ± 0,82	1,18 ± 0,66	7,27 ± 0,45	81,94 ± 0,57
	>63	8,20 ± 0,70	1,07 ± 0,78	6,63 ± 0,85	84,1 ± 0,79
	<63	7,57 ± 0,43	1,02 ± 0,89	7,42 ± 1,17	83,99 ± 0,99

SC-30 istasyonunda >250 µm sediment partikül boyutunda %12,34 oranında CaCO₃, %1,02 oranında BSi, %12,00 oranında TOM, %74,92 oranında LM bulundu. >125 µm sediment partikül boyutunda %11,02 oranında CaCO₃, %1,34 oranında BSi, %11,72 oranında TOM, %75,92 oranında LM tespit edildi. >63 µm partikül boyutunda %10,96 oranında CaCO₃, %1,46 oranında BSi, %11,61 oranında TOM, %75,97 oranında LM bulundu. <63 µm sediment partikül boyutunda %9,05 oranında CaCO₃, %1,25 oranında BSi, %11,78 oranında TOM, %77,92 oranında LM tespit edildi. SC-30 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları Tablo 4.30' de gösterildi.

Tablo 4.30. SC-30 numaralı istasyonun sediment karakterizasyon sonuçları

	Partikül Boyutu	CaCO₃	BSi	TOM	LM
SC-30 İstasyonu	>250 µm	12,34 ± 0,68	1,02 ± 0,78	12,00 ± 1,68	74,64 ± 0,90
	>125 µm	11,02 ± 0,96	1,34 ± 0,73	11,72 ± 0,73	75,92 ± 0,89
	>63 µm	10,96 ± 0,87	1,46 ± 0,61	11,61 ± 0,56	75,97 ± 1,82
	<63 µm	9,05 ± 0,44	1,25 ± 0,35	11,78 ± 0,56	77,92 ± 0,47

4.2. Marmara Bölgesinde Mikroplastik Kirliliğin Araştırma Sonuçları

4.2.1. Akarsu İstasyonlarında Mikroplastik Kirliliğinin Araştırma Sonuçları

Örnekleme yapılan 12 istasyonun toplam 10 tanesinde mikroplastik parçacığa rastlandı. Gönen Nehri'nde 1 adet PS polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Sarıçay Nehri'nde 3 adet HDPE polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Biga Nehri'nde (Doğu) 1 adet PS polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Kırandere Nehri'nde 2 adet HDPE polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Istranca-terkos çıkışında noktasında bulunan istasyonda 2 adet HDPE ve 1 adet PS polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Kavak Nehri'nde 1 adet HDPE ve 1 adet PP polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Biga Nehri'nde (Batı) 2 adet HDPE ve 1 adet PP polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Göksü Nehri'nde 4 adet HDPE polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Karsak çayınca 2 adet HDPE, 1 adet PP ve 1 adet PET polimer türüne ait mikroplastik parçacık, Istranca nehrinde 2 adet HDPE, 2 adet PP ve 1 adet PS polimer türüne ait mikroplastik parçacık tespit edildi. Bulanıkdere ve Bahçivandere nehirlerinde ise mikroplastik parçacığa rastlanmadı.

Toplam 12 istasyonda 28 mikroplastik parçacık tespit edildi. Bunlardan 18 adet ile %64'ü HDPE, 5 adet ile %18'i PP, 4 adet ile %14'ü PS, 1 adet ile %4'ü PET'tir (Tablo 4.31).

Tablo 4.31. Akarsu istasyonlarında mikroplastik analiz sonuçları

İstasyon adı	HDPE	PP	PS	PET	Toplam
Bahçivandere Nehri	-	-	-	-	0
Biga Nehri (Doğu)	-	-	1	-	1
Biga Nehri (Batı)	2	1	-	-	3
Bulanıkdere Nehri	-	-	-	-	0
Göksu Nehri	4	-	-	-	4
Gönen Nehri	-	-	1	-	1
Istıranca Nehri	2	2	1	-	5
Istıranca-Terkos Çıkış	2	-	1	-	3
Karsak Nehri	2	1	-	1	4
Kavak Nehri	1	1	-	-	2
Kırandere Nehri	2	-	-	-	2
Sarıçay Nehri	3	-	-	-	3
Toplam	18	5	4	1	28

Tablo 4.32. Akarsu istasyonlarında saatte geçmesi beklenen mikroplastik sayısı

İstasyon adı	Akış hızı(m ³ /s)	Örnekleme süresi (dakika)	Mikroplastik adedi	Tahmini saatte geçen mikroplastik adedi (1 saat)
Bahçivandere Nehri	0,001	15	0	0
Biga Nehri (Doğu)	2,62	20	1	1.080
Biga Nehri (Batı)	15,2	20	3	41.400
Bulanıkdere Nehri	0,039	20	0	0
Göksu Nehri	0,159	20	4	828
Gönen Nehri	5,33	20	1	1.740
Istıranca Nehir	0,04	20	5	456
Istıranca-Terkos Çıkış	0,002	20	3	12.900
Karsak Nehri	0,449	20	4	660
Kavak Nehri	1,57	20	2	660
Kırandere Nehri	0,327	20	2	60
Sarıçay Nehri	0,002	20	3	2.115

4.2.2. Deniz İstasyonlarında Mikroplastik Kirliliğinin Araştırma Sonuçları

Marmara havzasında 30 farklı istasyondan alınan sediment yüzey örneklerinde toplamda 27585 adet/ m² mikroplastik parçacık tespit edildi. İstasyonlarda mikroplastiklerin polimer türü, şekli ve renk bakımından sınıflandırılması Tablo 4.33, Tablo 4.34, Tablo 4.35' de gösterildi. Elde edilen bulgulara göre en fazla bulunan mikroplastik türü HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli fragman ve en çok bulunan mikroplastik rengi beyazdır. En fazla mikroplastik parçacık SC-27 istasyonunda 1175 adet/ m², en az mikroplastik parçacık SC-20 istasyonunda 229 adet/ m² tespit edildi. İstasyonların mikroplastik sayıları Tablo 4.33, Tablo 4.34 ve Tablo 4.35'de gösterdi.

Tablo 4.33. SC-1, SC-2, SC-3, SC-4, SC-5, SC-6, SC-7, SC-8, SC-9, SC-10 numaralı istasyonlarda belirlenen mikroplastik sayıları

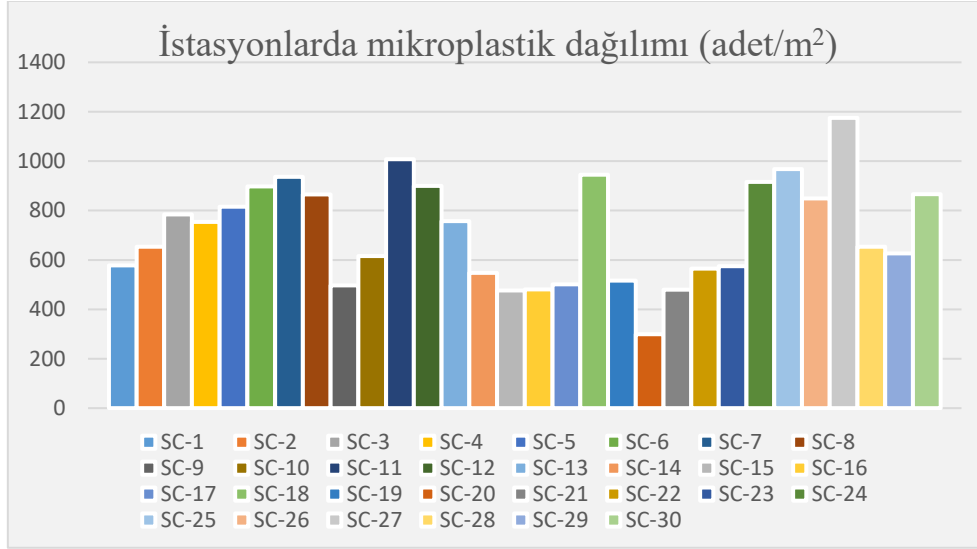
		SC-1	SC-2	SC-3	SC-4	SC-5	SC-6	SC-7	SC-8	SC-9	SC-10
Örnek alınan tarih		14.05 2022	20.05 2022	27.05 2022	22.06 2022	24.06 2022	24.06 2022	09.08 2022	08.09 2022	20.09 2022	14.10 2022
Örnek alınan derinlik		16m	7m	13m	12m	10m	10m	7m	9m	16m	14m
Örnek miktarı		500m	500m	500m	500m	500m	500m	500m	500m	500m	500m
Partikül sayısı (m²)											
Polimer türü bakımından sınıflandırma	HDPE	250	302	375	324	355	411	444	387	220	280
	PP	176	188	210	244	256	288	221	260	155	188
	PS	90	95	117	128	134	125	187	144	75	90
	PET	42	44	50	38	45	44	60	54	25	33
	Diğer	20	25	32	20	25	30	25	20	22	25
Şekil bakımından sınıflandırma	Film	136	163	257	220	255	288	395	328	162	179
	Lif	105	148	133	124	130	115	160	157	90	100
	Fragman	312	315	359	367	395	455	337	350	225	312
	Diğer	25	28	35	43	35	40	45	30	20	25
Renk bakımından sınıflandırma	Beyaz	135	162	211	235	248	312	344	314	182	265
	Siyah	180	230	302	266	285	215	275	270	155	176
	Mavi	75	90	82	60	72	98	92	85	55	45
	Yeşil	29	40	44	36	48	50	45	43	22	25
	Kahverengi	34	28	33	39	42	44	40	38	20	22
	Pembe	40	32	21	28	25	30	30	24	12	15
	Turuncu	34	18	29	17	24	25	22	11	6	12
	Gri	25	20	18	28	30	44	32	28	15	18
	Mor	5	10	14	20	18	34	14	12	5	11
	Sarı	6	12	10	5	8	22	18	20	10	7
	Diğer	15	12	20	20	15	24	25	20	15	20
Toplam(adet)		578	654	784	754	815	898	937	865	497	616

Tablo 4.34. SC-11, SC-12 ,SC-13, SC-14, SC-15, SC-16, SC-17, SC-18, SC-19, SC-20 numaralı istasyonlarda belirlenen mikropplastik sayıları

		SC-11	SC-12	SC-13	SC-14	SC-15	SC-16	SC-17	SC-18	SC-19	SC-20
Örnek alınan tarih		21.10 2022	13.11 2022	20.11 2022	20.11 2022	29.12 2022	13.01 2023	12.01 2023	15.03 2023	20.04 2023	10.05 2023
Örnek alınan derinlik		8m	9m	12m	15m	21m	16m	16m	9m	16m	30m
Örnek miktarı		500m	500m	500m	500m	500m	500m	500m	500m	500m	500m
Partikül sayısı (m²)											
Polimer türü bakımından sınıflandırma	HDPE	460	440	396	219	180	176	184	490	198	132
	PP	280	255	211	184	146	170	182	220	175	90
	PS	150	130	85	87	90	80	78	125	83	45
	PET	88	50	45	43	50	40	42	85	45	22
	Diğer	30	25	20	15	10	15	15	25	15	10
Şekil bakımından sınıflandırma	Film	390	377	312	255	198	212	233	335	198	94
	Lif	170	190	142	90	82	79	88	195	95	65
	Fragman	423	313	288	193	186	175	160	390	208	130
	Diğer	25	20	15	10	10	15	20	25	15	10
Renk bakımından sınıflandırma	Beyaz	378	355	250	200	110	168	146	264	114	74
	Siyah	360	286	268	151	167	118	112	350	124	70
	Mavi	90	80	65	52	58	60	77	98	85	41
	Yeşil	45	48	52	35	44	34	41	60	50	35
	Kahverengi	28	25	30	15	20	22	12	35	34	20
	Pembe	23	20	12	21	15	8	22	25	22	16
	Turuncu	17	13	15	14	12	11	15	23	10	11
	Gri	12	10	18	20	14	23	26	29	30	12
	Mor	10	20	12	8	5	13	20	18	19	7
	Sarı	15	18	20	12	16	14	15	23	13	8
	Diğer	30	25	15	20	15	10	15	20	15	5
Toplam(adet)		1008	900	757	548	476	481	501	945	516	299

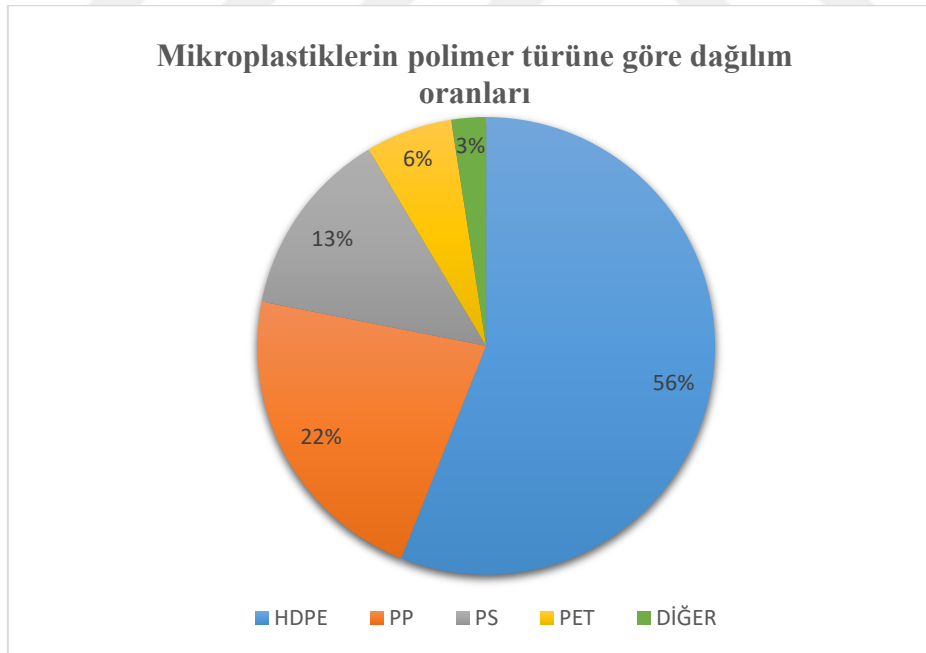
Tablo 4.35. SC-21, SC-22, SC-23, SC-24, SC-25, SC-26, SC-27, SC-28, SC-29, SC-30 numaralı istasyonlarda belirlenen mikropplastik sayıları

		SC-21	SC-22	SC-23	SC-24	SC-25	SC-26	SC-27	SC-28	SC-29	SC-30
Örnek alınan tarih		10.05 2023	10.05 2023	10.05 2023	14.07 2023	14.07 2023	14.07 2023	14.07 2023	08.06 2023	11.09 2023	18.12 2023
Örnek alınan derinlik		30m	30m	30m	7m	7m	7m	7m	17m	19m	12m
Örnek miktarı		500m	500m	500m	300m	300m	300m	300m	500m	500m	500m
Partikül sayısı (m ²)											
Polimer türü bakımından sınıflandırma	HDPE	220	264	240	440	396	308	484	250	235	321
	PP	110	132	145	221	264	230	350	184	162	185
	PS	90	98	110	135	176	190	210	150	135	240
	PET	45	56	60	95	110	88	95	44	70	85
	Diğer	15	15	20	25	22	33	36	25	25	35
Şekil bakımından sınıflandırma	Film	158	264	179	337	366	321	385	218	203	321
	Lif	60	77	86	121	138	176	342	155	133	232
	Fragman	250	210	288	433	464	330	415	260	276	288
	Diğer	12	14	22	25	18	22	33	20	15	25
Renk bakımından sınıflandırma	Beyaz	126	130	90	222	191	198	191	198	249	162
	Siyah	122	138	156	210	221	108	244	131	125	183
	Mavi	78	90	83	134	145	164	235	74	51	168
	Yeşil	44	80	77	90	88	95	111	48	33	132
	Kahverengi	25	33	32	35	54	52	68	54	24	43
	Pembe	18	12	29	44	48	36	41	38	42	37
	Turuncu	22	26	12	49	64	69	86	37	33	48
	Gri	15	21	35	41	52	45	78	32	30	32
	Mor	8	13	23	29	36	28	39	18	7	15
	Sarı	12	7	18	32	44	34	52	8	13	21
	Diğer	10	15	20	30	25	20	30	15	20	25
Toplam(adet)		480	565	575	916	968	849	1175	653	627	866



Şekil 4.1. İstasyonlarda mikroplastik dağılım grafiği (adet/m²)

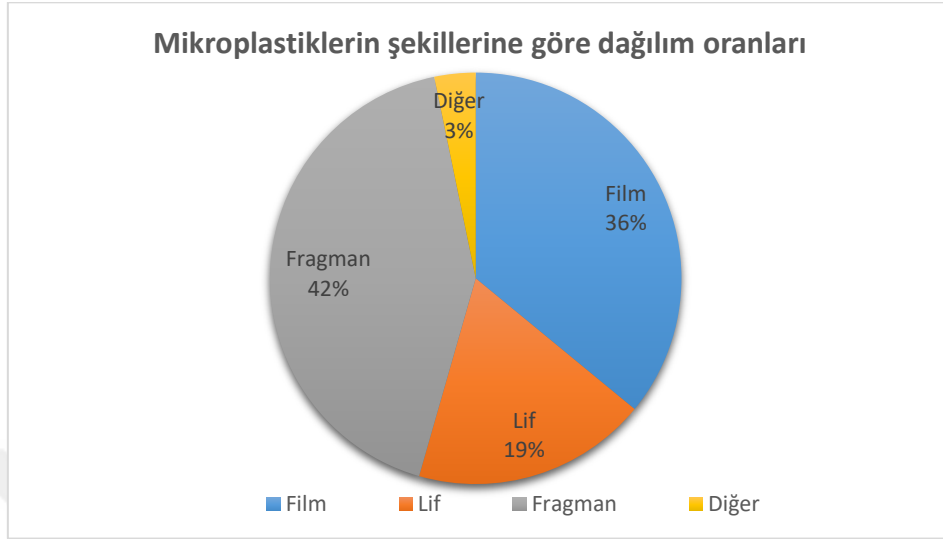
30 adet istasyonda yapılan mikroplastik analizleri sonuçları toplamda 15463 adet/m² HDPE, 6082 adet/m² PP, 3678 adet/m² PS 1693 adet/m² PET 675 adet/m² diğer polimer türlerinden tespit edildi. Marmara havzasında mikroplastik analizleri sonucunda elde edilen mikroplastiklerin polimer türlerine göre dağılım oranları Şekil 4.2' de gösterildi.



Şekil 4.2. Marmara denizinde tespit edilen mikroplastiklerin polimer türüne göre dağılım grafiği

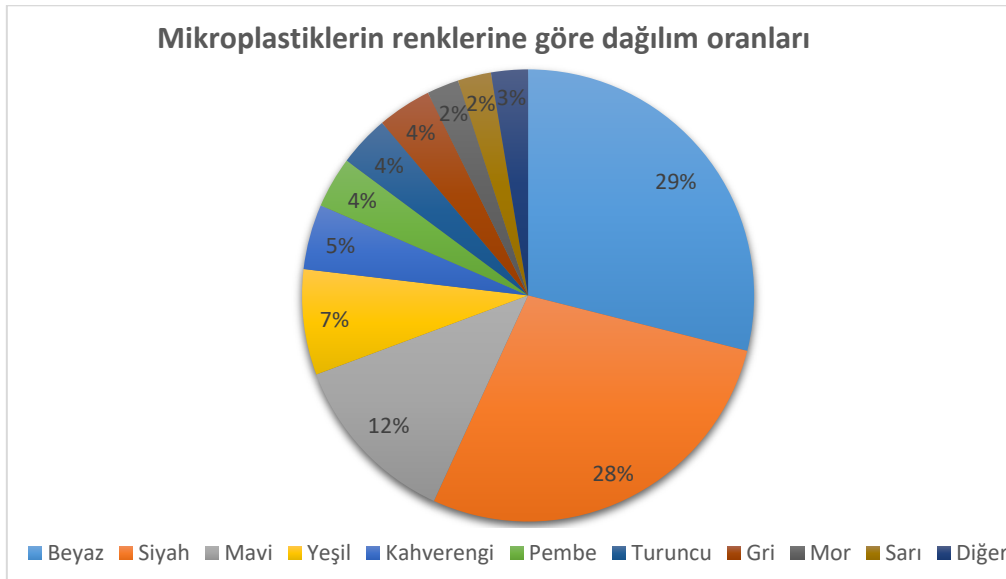
Marmara havzasında yapılan çalışmalarda mikroplastiklerin şekillerine göre incelenmesi sonucunda 7739 adet/m² film, 3978 adet/m² lif, 9107 adet/m² fragman ve 637 adet/m²

diğer şekiller tespit edildi. Mikroplastiklerin şekil bakımından dağılım oranları Şekil 4.3 ' de gösterildi.



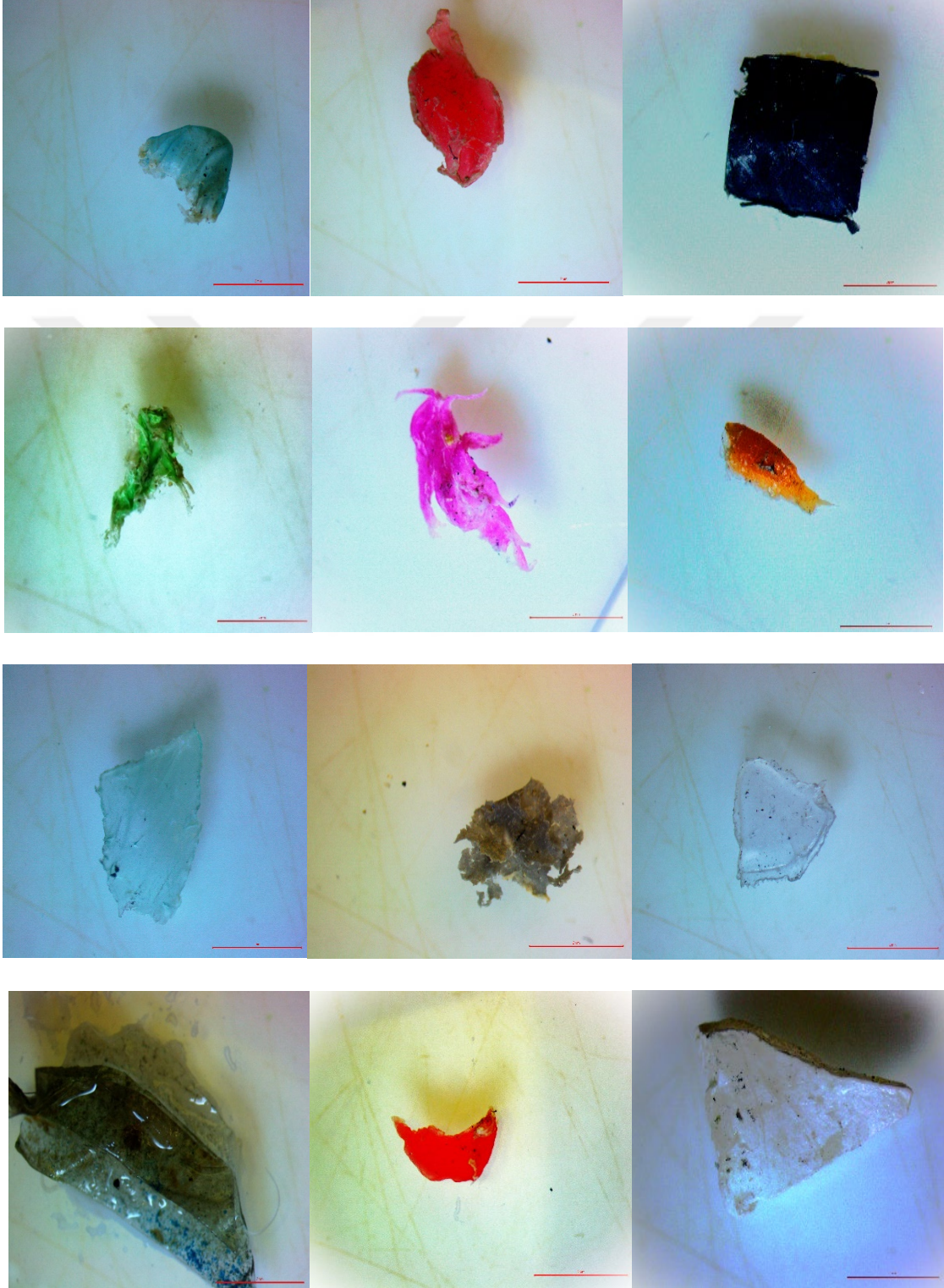
Şekil 4.3. Marmara denizinde tespit edilen mikroplastiklerin şekillerine göre dağılım grafiği

Marmara havzasında yapılan çalışmalarda mikroplastiklerin renklerine göre incelenmesi sonucunda toplam 6224 adet/m² beyaz, 5998 adet/m² siyah, 2682 adet/m² mavi, 1624 adet/m² yeşil, 1001 adet/m² kahverengi, 786 adet/m² pembe, 785 adet/m² turuncu, 883 adet/m² gri, 491 adet/m² mor, 513 adet/m² sarı, 566 adet/m² diğer renkler tespit edildi. Marmara havzasındaki mikroplastiklerin renklerine göre dağılım oranları Şekil 4.4' de gösterildi.



Şekil 4.4. Marmara denizinde tespit edilen mikroplastiklerin renklerine göre dağılım grafiği

Toplamda 27.585 parçacık arasında sırasıyla en fazla bulunan renk beyaz (%29), siyah(%28), mavi (%12), yeşil (%7), turuncu (%5), pembe (%4), kahverengi (%4), gri (%4), diğer (%3), sarı (%2), mor (%2) olduğu tespit edildi.



şekil 4.5. Farklı renkte mikroplastik örneklerine ait fotoğraflar (Selinay etin)



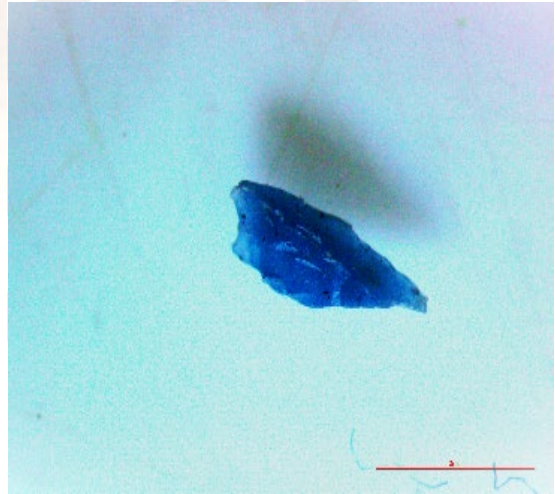
Film



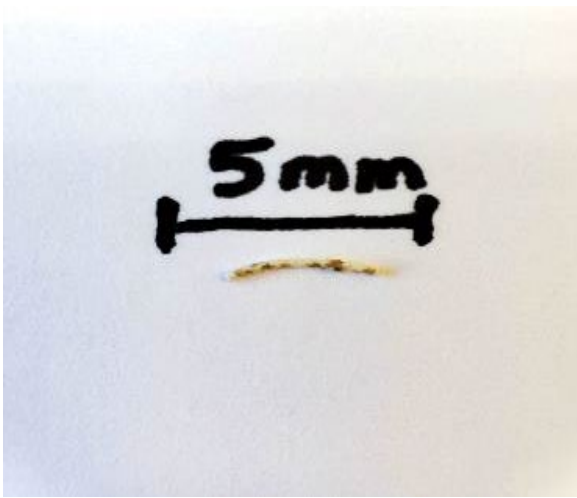
Fragman



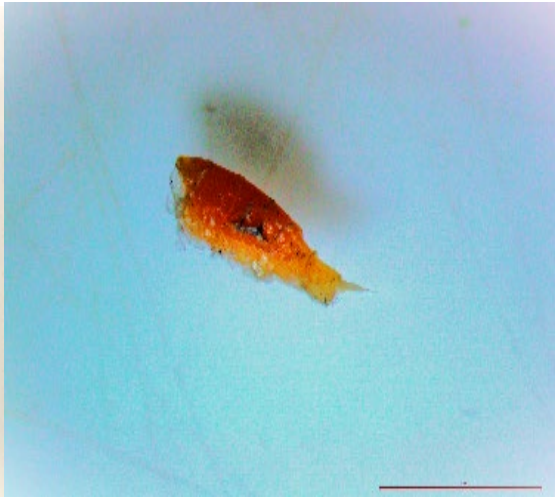
Film



Fragman

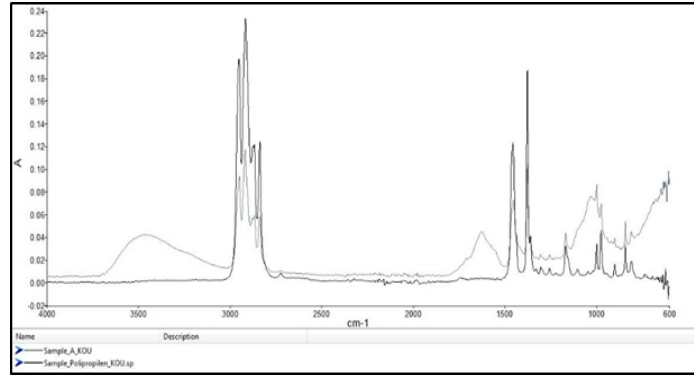


Filament

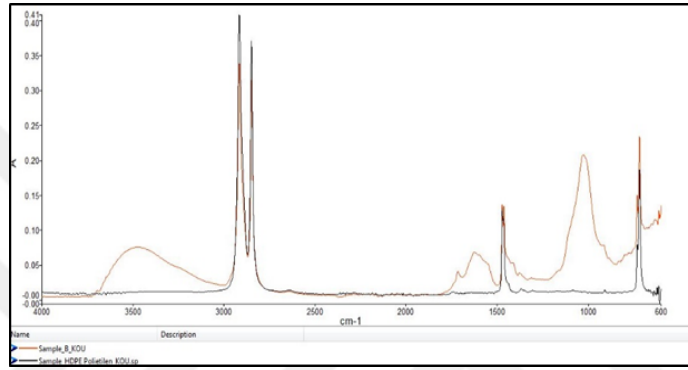


Fragman

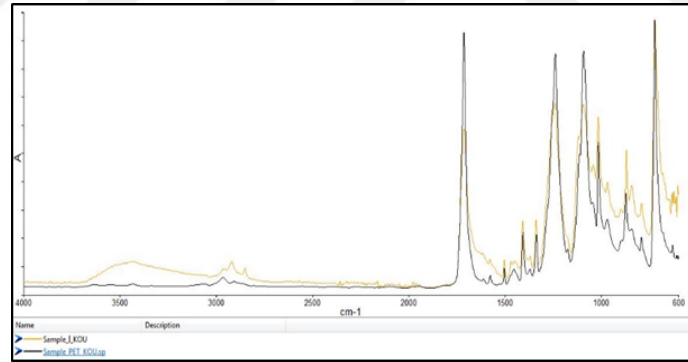
Şekil 4.6. Farklı şekillere göre mikroplastik örnekleri (Selinay Çetin)



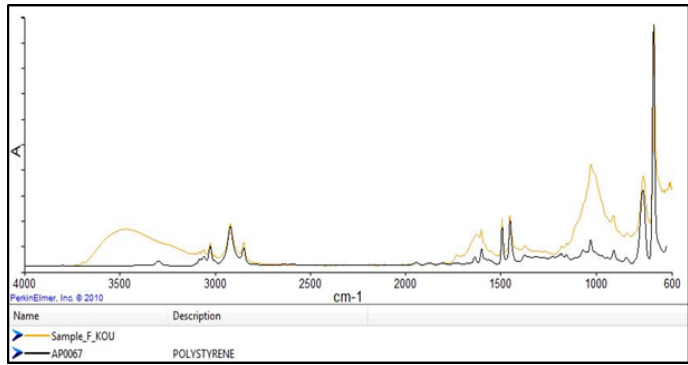
Polipropilen polimer türüne ait FT-IR spektrum grafiği



Yüksek yoğunluklu polietilen polimer türüne ait FT-IR spektrum grafiği



Polietilen tereftalat polimer türüne ait FT-IR spektrum grafiği



Polistiren polimer türüne ait FT-IR spektrum grafiği

Şekil 4.7. Farklı polimer türlerine ait FT-IR spektrum grafikleri

5. TARTIŞMA

Marmara bölgesinde çalışma kapsamında toplanan yüzey sediment örneklerinde toplam organik madde (TOM), biyogenik silika (BSi), kalsiyum karbonat (CaCO_3), LM miktarı ve mikroplastik sayıları incelendi. Elde edilen veriler literatür ile karşılaştırıldı ve istasyonların özellikleri doğrultusunda tartışıldı. Marmara bölgesindeki yüzey sedimentlerinin karakterizasyonu ve mikroplastik kirliliğinin araştırılması sonucunda elde edilen bulgular aşağıda irdelenmiştir.

5.1. Marmara Bölgesi Sedimentlerinde TOM, BSi, CaCO_3 , LM Miktar ve Dağılımları

Bu çalışma kapsamında Marmara Denizi'nden toplamda 30 farklı kıyı noktasından alınan yüzey sedimenti örneklerinde TOM,BSi, CaCO_3 ,LM miktarları araştırılmıştır. Sedimet, su ortamında çökelen partiküllerin oluşturduğu birikimdir. Sucul ekosistemlerde sedimentler coğrafi veya doğal nedenlerden dolayı oluşan erozyonla, su içerisinde yer alan ölü oragnizmaların, organik ve inorganik partiküllerin dibe çökerek birikim göstermesiyle oluşur (Hakanson ve Jansson, 1983) Tüm istasyonlardaki TOM miktarı %1,23-%16,11 aralığında, BSi miktarı %0,93-%6,89 aralığında, CaCO_3 miktarı %6,78-%18,33 aralığında ve LM miktarı %62,28-%94,92 aralığında tespit edilmiştir. Sedimetteki organik ve inorganik bileşikler, dış kaynaklardan veya göl, nehir ortamında oluşarak taşınmaktadır (Golterman ve diğ., 1983). Bu çalışmada Marmara bölgesi sanayi bakımından gelişmiş bir bölge olduğundan dolayı, istasyonlar arasında oluşan TOM, CaCO_3 , BSi, LM miktarlarının farklılıkları dış etkenlerden etkilendiği düşünülmektedir. En yüksek CaCO_3 miktarına sahip istasyon %19,33 oranla SC-11 istasyonudur ve numune Kocaeli ilinin Tavşancıl sahilinden alınmıştır. En düşük CaCO_3 miktarına sahip istasyon ise %6,78 oranla SC-28 istasyonudur ve numune Yalova ilinin Tavşanlı bölgesinde tersanelere yakın noktadan alınmıştır. Tersane bölgelerine yakın istasyonlarda CaCO_3 miktarının, diğer istasyonlara göre az miktarda çıkması dikkat çekmektedir. Sedimentte CaCO_3 miktarını deniz organizmaları, mikroorganizmalar, kimyasal çökeltme veya kayaçların parçalanması gibi etmenler etkilemektedir. SC-11 istasyonuna bakıldığında, 21.10.2022 tarihinde 8 metre derinlikten örnekleme yapıldı. SC-28 istasyonunda ise 08.06.2023 tarihinde 17 metre derinlikten örnekleme yapıldı. Örnekleme yapılan mevsimler ve derinlikler arasındaki farkın sonuçları etkilediği düşünülmektedir.

SC-11 istasyonu sahil bölgesinde bulunurken, SC-28 istasyonu tersanelerin olduğu bölgede yer almaktadır. Bu durumda tersane bölgesindeki canlı aktivitesinin, sahil bölgesine göre daha düşük olduğu söylenebilir. Ayrıca CaCO_3 miktarının değişiminde, derelerden taşınan kum vb. metaryallerin etkisi olduğu düşünülmektedir. En yüksek BSi miktarına sahip istasyon %6,89 oranla SC-19 istasyonudur ve kıyı bölgesinde limanlar bulunmaktadır. Elde edilen verilerin kıyı bölgesinden kaynaklanan kirlilik ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. En düşük BSi miktarına sahip istasyon ise %0,93 oranla SC-18 istasyonudur ve Yalova ilinden Yalakdere' ye yakın bir noktada bulunmaktadır. En yüksek TOM miktarına sahip istasyon %16,11 oranla SC-2 istasyonudur ve numune Kocaeli ilinin Körfez bölgesinden alınmıştır. 150 metre uzaklığında gübre fabrikası ve tersaneler bulunmaktadır. En düşük TOM miktarı %1,23 oranla SC-7 istasyonudur ve numune Yalova ilinin Tavşanlı bölgesinden kıyıya 850 metre uzaklıkta alınmıştır. Kanalizasyon deşarjları, tarımsal uygulamalar, yol ve bina yapımı gibi insan faaliyetleri sonucunda oluşan maddeler su yapısı içerisine girer ve çökerek, dip sedimentlerinde birikim gösterirler (Golterman ve diğ.,1983). Birçok etkenlere bağlı olarak oluşum gösteren sedimentler, çevre etkilerinin belirlenebilmesi için indikatör olarak kullanılabilirler (Soares,1999).

İncelenen numunelerde sedimentleri farklı partikül boyutlarına ayırmak için kullanılan eleme işlemi sonucunda, sedimentlerin farklı partikül boyutlarından birbirinden bağımsız morfolojik özellikler sergilediği gözlenmiştir. SC-1 istasyonunda CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %13,78 gözlenirken, $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %10,48 olduğu gözlenmiştir. Partikül boyutunun küçülmesi ile CaCO_3 miktarının azalması, SC-1 istasyonundan alınan yüzey sediment örneğinin yoğun çamur kıvamında olması ve eleme işlemi sırasında partikül boyutlarının küçülmesiyle CaCO_3 miktarını etkileyecek etkenlerin daha büyük partikül boyutlarında fazla olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. SC-1 istasyonunda en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,66, en düşük $>125 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,37 olduğu gözlenmiştir. Biyojenik silika, organizmaların çeşitli biyomineralizasyon süreçleriyle ürettiği veya biriktirdiği önemli bir mineraldir. SC-1 istasyonunda yapılan yüzey sediment karakterizasyonu sonucunda verilerin beklenen oranların altında çıkmasının sebebi, istasyonun Kocaeli ilinin Körfez sahilinde olması ve canlı çeşitliliği bakımından zayıf olduğu düşünülmektedir. SC-1 istasyonunda partikül boyutlarına göre BSi miktarı dağılım

göstermektedir. SC-1 istasyonunda TOM miktarı %11-51, %10,69 aralığında olduğu gözlenmiştir. En yüksek TOM miktarı >250 µm partikül boyutunda, en düşük TOM miktarı <63 µm partikül boyutunda tespit edilmiştir. SC-1 istasyonunda LM miktarı en yüksek %77,17 oranla <63, %73,24 oranla >250 µm partikül boyutunda gözlenmiştir. SC-1 istasyonunda ortalama CaCO₃ miktarının TOM miktarından daha yüksek olduğu söylenebilir. SC-1 istasyonun kıyıya olan uzaklığı 155 metre ve örnekleme derinliği 16 metredir. Daha önce İzmit Körfezi'nde yapılan bir çalışmada 16 metreden alınan sediment örneklerinde CaCO₃ miktarının %8,17- %11,3, TOM miktarının %9,53-%8,58 olduğu raporlanmıştır (Küçük,2012). Çalışmamızdaki bulguları değerlendirdiğimizde CaCO₃ ve TOM miktarlarında artış gözlemlendiği söylenebilir. SC-2 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %13,45, en düşük CaCO₃ miktarı partikül boyutunda %10,23 oranda olduğu gözlenmiştir. Partikül boyutunun küçülmesi ise CaCO₃ miktarının azalması sediment örneğinin kumsu formda olmasından dolayı beklenen bir durumdur. SC-2 istasyonunda BSi miktarı en yüksek <63 µm partikül boyutunda %1,63 oranında, en düşük >125 µm partikül boyutunda %1,12 olduğu gözlenmiştir. Partikül boyutu küçüldükçe biyogenik silika oranı düşmektedir. SC-2 istasyonu Yalova ilinde tersanelere 450 metre uzaklıkta bulunmaktadır. Biyogenik silika miktarının düşük çıkmasının sebebi, tersanelerden kaynaklı oluşabilecek çevre kirliliği ile canlılık sayısının az olması arasında bağlantı olduğu düşünülmektedir. SC-2 istasyonunda en yüksek TOM miktarı >125 µm partikül boyutunda %16,11 oranında, en düşük %13,42 oranında <63 µm partikül boyutunda gözlenmektedir. SC-2 istasyonunda toplam organik madde miktarının, toplam kalsiyum karbonat miktarından daha yüksek olduğu söylenebilir. SC-2 istasyonunda LM miktarı en yüksek <63 µm partikül boyutunda %75,23, en düşük >125 µm partikül boyutunda %70,07 olduğu gözlenmiştir. SC-2 istasyonundan alınan örnekte partikül boyutunun azalması ile LM miktarının artması, sediment örneğinin yapısının ince taneli olduğunu göstermektedir. SC-3 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %10,21 oranında, en düşük CaCO₃ miktarı <63 µm partikül boyutunda gözlenmiştir. SC-3 istasyonu Yalova ilinde SC-2 örnekleme noktasının yakınında bulunmaktadır. SC-3 istasyonunda CaCO₃ miktarı SC-2 istasyonuna göre daha düşük çıkmıştır. Bu farklılığın nedeni olarak, SC-3 istasyonun örnekleme derinliği 13 metre olması gösterilebilir. SC-3 istasyonunda en yüksek BSi miktarı >250 µm partikül boyutunda %1,46 oranında, en düşük <63 µm

partikül boyutunda %1,25 oranında olduğu gözlenmiştir. Yakın koordinatlarda bulunan SC-2 istasyonu ile ortalama aynı değerleri vermektedir. SC-3 istasyonunda en yüksek TOM miktarı <63 µm partikül boyutunda ve en düşük >125 µm partikül boyutunda %3,75 olduğu gözlenmiştir. SC-2 istasyonuna göre toplam organik madde miktarının daha az çıkması dikkat çekicidir. SC-3 istasyonunda LM miktarı en yüksek >125 µm partikül boyutunda %85,42 oranında, en düşük <63 µm partikül boyutunda %83,74 oranında gözlenmiştir. SC-2 istasyonuna göre LM miktarı daha yüksek bulunmuştur. Yakın koordinatlarda bulunan iki istasyon arasındaki LM miktarı sahile yaklaştıkça daha az olmasının sebebi sediment yapısının morfolojik özelliklerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. SC-4 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %16,12, en düşük <63 µm partikül boyutunda %14,04 ve en yüksek TOM miktarı >250 µm partikül boyutunda %14,52 oranında, en düşük <63 µm partikül boyutunda %13,22 olduğu gözlenmiştir. SC-4 istasyonunda partikül boyutunun azalması ile hem CaCO₃ miktarı hem de TOM miktarı azalmaktadır. En yüksek BSi miktarı %2,90 oranında <63 µm partikül boyutunda, en yüksek LM miktarı %69,84 oranında <63 µm partikül boyutunda gözlenmiştir. SC-4 örnekleme noktası Kocaeli ilinde liman bölgesinde bulunmaktadır. Diğer Kocaeli sahil bölgesinden alınan SC-1 örneğine göre CaCO₃, TOM, BSi miktarı daha yüksek, LM miktarı daha az olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak örnekleme noktalarının Kocaeli'nin iki farklı noktasından yapılması ve SC-4 örnekleme noktasının sanayi bölgesine daha yakın olmasından kaynaklanabilir. SC-5 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %14,91 oranında, en yüksek BSi <63 µm partikül boyutunda %2,99 oranında, en yüksek TOM miktarı >250 µm partikül boyutunda %9,87 oranında, en yüksek LM miktarı >63 µm partikül boyutunda 75,69 oranında olduğu gözlenmiştir. SC-5 örnekleme noktası Yalova ilinde yer almaktadır ve SC-2 örnekleme noktasına yakın koordinatlardadır. SC-5 örnekleme noktası ve SC-2 örnekleme noktasının CaCO₃ ve LM oranları birbirine yakın değerlerde, BSi ve TOM oranları daha fazladır. Örnekleme noktalarının sahil kenarında tersaneler bulunmakta ve 800 metre uzaklığında Yalakdere yer almaktadır. Çıkan sonuçların farklılığına SC-5 noktasının, SC-2 noktasına göre Yalakdere'ye ve kıyı noktasına daha yakın olması sebep olarak gösterilebilir. SC-6 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %17,83 oranında, en yüksek BSi miktarı >250 µm partikül boyutunda %1,53 oranında, en yüksek TOM miktarı >250 µm partikül boyutunda %11,38 oranında, en

yüksek LM miktarının $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %72,24 olduğu gözlenmiştir. SC-6 örnekleme noktası Yalova ilinde çimento fabrikasının yakınında yer almaktadır. Bulunan değerlerin diğer istasyonların ortalamasından yüksek olmasında etkisi olduğu düşünülmektedir. SC-7 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %8,16 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,98 oranında, en yüksek TOM miktarı $>125 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %3,96 oranında, en yüksek LM miktarının $>63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %94,92 olduğu gözlenmiştir. SC-7 örnekleme noktası Yalova ilinde Yalakdere'nin batısında yer almaktadır. İstasyonun kıyısında ambalaj ve kimya sanayi bulunmaktadır. SC-7 istasyonun TOM miktarının diğer istasyonlara göre daha az bulunmasının sebebi olarak bu parametreler gösterilebilir. SC-8 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %18,54 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %3,70 oranında, en yüksek TOM miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %15,85 oranında, en yüksek LM miktarının $>63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %65,62 olduğu gözlenmiştir. SC-8 örnekleme noktası Kocaeli ilinin Körfez bölgesinde yer almaktadır. SC-1 istasyonuna göre CaCO_3 , BSi, TOM değerleri daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SC-8 örnekleme noktasının kıyısında çimento fabrikası bulunmaktadır. Değerlerin yüksek çıkmasında etkisi olduğu düşünülmektedir. SC-9 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %18,67 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %3,70 oranında, en yüksek TOM miktarı $>125 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %15,60 oranında, en yüksek LM miktarının $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %66,01 olduğu gözlenmiştir. SC-9 örnekleme noktası Kocaeli ilinde İzmit sahil bölgesinden 16 metre uzaklıktan yapılmıştır. İstasyondan elde edilen veriler SC-8 istasyonu ile kıyaslandığında birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir. SC-9 istasyonun diğer istasyonlara göre daha yüksek BSi ve TOM miktarına sahip olmasının nedeni sahile yakınlığı ve 400 metre uzaklığındaki Kumla Deresi'nin etkisi olduğu düşünülmektedir. SC-10 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %11,92 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %0,70 oranında, en yüksek TOM miktarı $>63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %12,99 oranında, en yüksek LM miktarının $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %77,51 olduğu gözlenmiştir. SC-10 örnekleme noktası Kocaeli ilinin Kirazyalı sahil bölgesinde bulunmaktadır. Yakın koordinatlarda yer alan SC-1 örnekleme noktası ile kıyaslandığında CaCO_3 , BSi oranlarının daha az TOM miktarının daha fazla olduğu

gözlenmektedir. Bunun nedeni olarak SC-10 istasyonunda daha derin noktadan örnek alınması, kıyısında gübre fabrikası olması ve yakın noktalarında tersaneler yer alması sayılabilir. SC-11 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %19,33 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,45 oranında, en yüksek TOM miktarı $>125 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %11,60 oranında, en yüksek LM miktarının $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %76,16 olduğu gözlenmiştir. SC-11 istasyonu Kocaeli ilinin Tavşancıl bölgesinde bulunmaktadır. SC-1, SC-4, SC-9 ve SC-10 örnekleme noktaları ile karşılaştırıldığı zaman CaCO_3 miktarının daha fazla olduğu görülmektedir. Diğer istasyonların kıyı kesiminde sanayileşme görüşürken, SC-11 örnekleme noktasında insan etkisi altında olan sahil bulunmaktadır. SC-12 örnekleme noktasında en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %17,38 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,78 oranında, en yüksek TOM miktarı $>125 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %9,14 oranında, en yüksek LM miktarının $>63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %74,26 olduğu gözlenmiştir. SC-12 istasyonu Tekirdağ ilinin Sultanköy bölgesinde bulunmaktadır. Diğer istasyonlar ile kıyaslandığı zaman TOM miktarı ortalamanın altında bulunmuştur. Örnekleme noktasının kıyısında doğalgaz tesisi bulunmaktadır ve denizin belirli noktalarında denize boşaltım yapılmaktadır. Değerlerin ortalama altında olmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. SC-13 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %11,03 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,42 oranında, en yüksek TOM miktarı $>125 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %3,41 oranında, en yüksek LM miktarının $>63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %86,93 olduğu gözlenmiştir. SC-13 istasyonunda partikül boyutunun küçülmesi ile CaCO_3 miktarında azalma gerçekleşmiştir. Numune alınan yüzey sediment kumsu yapıdadır ve sonuçlarda etkili olduğu düşünülmektedir. SC-14 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %13,68 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,66 oranında, en yüksek TOM miktarı $>125 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %6,16 oranında, en yüksek LM miktarının $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %79,79 olduğu gözlenmiştir. SC-13 ve SC-14 örnekleme noktaları Kapıdağı Yarımadası Kestanelik bölgesinde bulunmaktadır. SC-14 istasyonlarının sedimentindeki değerler arası farklılıkları kıyı uzaklıkları ve derinlik ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. SC-15 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %9,47 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %2,79 oranında, en yüksek TOM miktarı

>125 µm partikül boyutunda %14,53 oranında, en yüksek LM miktarının >63 µm partikül boyutunda %73,69 olduğu gözlenmiştir. SC-15 örnekleme noktası İstanbul ilinde Kız kulesine yakın koordinatlarda bulunmaktadır. İstasyonda TOM miktarı ortalamanın üzerinde olduğu görülmektedir. Örnekleme noktası yoğun insan etkisinde olduğundan çıkan sonuçları etkilediği düşünülmektedir. SC-16 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %12,01 oranında, en yüksek BSi miktarı >250 µm partikül boyutunda %1,98 oranında, en yüksek TOM miktarı >125 µm partikül boyutunda %11,88 oranında, en yüksek LM miktarının <63 µm partikül boyutunda %80,33 oranında olduğu gözlenmiştir. SC-16 örnekleme noktası Bursa ilinin Gemlik bölgesinde bulunmaktadır. SC-16 noktası İzmit Körfezi'nde bulunan istasyonlar ile kıyaslandığı zaman canlı aktivitesi sonucunda oluşan değerlerin daha düşük olduğu görülmektedir. SC-17 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %10,27 oranında, en yüksek BSi miktarı <63 µm partikül boyutunda %1,90 oranında, en yüksek TOM miktarı >63 µm partikül boyutunda %3,48 oranında, en yüksek LM miktarının >125 µm partikül boyutunda %88,21 olduğu gözlenmiştir. SC-17 istasyonu Tekirdağ ilinde SC-12 istasyonun yakın noktasında yer almaktadır. SC-12 istasyonu ile kıyaslandığında CaCO₃, BSi ve TOM değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlendi. LM bakımından daha zengindir. Bunun sebebi olarak SC-17 noktasının SC-12 noktasına göre daha fazla kıyıya az mesafede olması ve SC-17 noktasının doğalgaz tesisine, SC-12 noktasının halk plajına yakın olması gibi sebepler sayılabilir. SC-18 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %17,44 oranında, en yüksek BSi miktarı >250 µm partikül boyutunda %1,2 oranında, en yüksek TOM miktarı >250 µm partikül boyutunda %1,16 oranında, en yüksek LM miktarının <63 µm partikül boyutunda %81,95 olduğu gözlenmiştir. SC-18 istasyonun örnekleme noktası Yalova ilinin Altınova bölgesinde yapılmıştır. SC-7 örnekleme noktası ile yakın koordinatlara sahiptir. SC-18 istasyonunda SC-7 istasyonuna göre daha fazla CaCO₃, TOM, BSi değerleri gözlenmiştir. SC-7 istasyonun, SC-18 istasyonuna göre kıyaya daha yakın olması ve tersane bölgesinde yer almasından dolayı aralarında canlı kökenli parametrelerde fark olduğu düşünülmektedir. SC-19 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %15,73 oranında, en yüksek BSi miktarı >250 µm partikül boyutunda %6,89 oranında, en yüksek TOM miktarı <63 µm partikül boyutunda %10,02 oranında, en yüksek LM miktarının <63 µm partikül boyutunda %73,34 olduğu gözlenmiştir. En

yüksek BSi miktarı SC-19 istasyonunda tespit edilmiştir. İstasyonun özelliklerine bakıldığında Kocaeli ili Dilovası bölgesinden 17 metre derinlikten alındığı gözlemlenmiştir. İstasyondan alınan numune çok yoğun partikül yapısına sahip ve filtrasyon işlemi sırasında zorluk yaşandığı söylenebilir. SC-20, SC-21, SC-22, SC-23, SC-24, SC-25, SC-26, SC-27 istasyonları Yalova ilinin Taşköprü bölgesindedir. 30 metre derinlikten alınan numunelerin CaCO_3 değerlerine bakıldığında, SC-20 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %12,44 oranında, SC-21 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %13,31 oranında, SC-22 numaralı istasyonda $>125 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %9,87 oranında, SC-23 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %13,41 oranında olduğu gözlemlenmiştir. 7 metre derinlikten alınan numunelerin CaCO_3 miktarlarına baktığımızda, SC-24 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %9,69 oranında, SC-25 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %14,34 oranında, SC-26 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %18,67 oranında, SC-27 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %16,07 oranında olduğu gözlemlenmiştir. Aynı bölgeden alınan örneklerdeki CaCO_3 miktarının değişmesinde öncelik eden nedenler arasında, istasyonun tersanelerin olduğu yerde olması, farklı derinlikler, farklı tarihlerde alınması söylenebilir. 30 metre derinlikten alınan numunelerin BSi değerlerine bakıldığında, SC-20 numaralı istasyonda $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,74 oranında, SC-21 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,23 oranında, SC-22 numaralı istasyonda $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,44 oranında, SC-23 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,44 oranında olduğu gözlemlenmiştir. 7 metre derinlikten alınan numunelerin BSi miktarlarına baktığımızda, SC-24 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,54 oranında, SC-25 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,59 oranında, SC-26 numaralı istasyonda $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,76 oranında, SC-27 numaralı istasyonda $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %1,90 oranında olduğu gözlemlenmiştir. Aynı bölgeden farklı tarihlerde alınan numunelerin BSi oranlarında küçük farklar tespit edilmiştir. BSi miktarının derinlik veya kıyı uzaklığıyla bir bağlantısı gözlemlenmemiştir. TOM miktarlarına ve LM miktarına bakıldığında yaklaşık değerler göstermekte olduğu gözlemlenmiştir. SC-28, SC-29 ve SC-30 istasyonları Yalova ilinin Tavşanlı bölgesinde bulunmaktadır. SC-28 istasyonunda en yüksek CaCO_3 miktarı $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %7,93 oranında, en yüksek BSi miktarı $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutunda %2,58 oranında, en yüksek TOM miktarı $<63 \mu\text{m}$

partikül boyutunda %11,74 oranında, en yüksek LM miktarının >125 µm partikül boyutunda %80,74 olduğu gözlenmiştir. SC-29 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %10,82 oranında, en yüksek BSi miktarı >250 µm partikül boyutunda %1,23 oranında, en yüksek TOM miktarı >250 µm partikül boyutunda %10,50 oranında, en yüksek LM miktarının >63 µm partikül boyutunda %84,1 olduğu gözlenmiştir. SC-30 istasyonunda en yüksek CaCO₃ miktarı >250 µm partikül boyutunda %12,34 oranında, en yüksek BSi miktarı >63 µm partikül boyutunda %1,46 oranında, en yüksek TOM miktarı >250 µm partikül boyutunda %12,00 oranında, en yüksek LM miktarının <63 µm partikül boyutunda %77,92 olduğu gözlenmiştir. Tavşanlı bölgesinde bulunan bu üç istasyonda en yüksek CaCO₃, BSi, TOM değerleri SC-30 istasyonunda yer almaktadır. SC-28 ve SC-29 istasyonları benzer kıyı uzaklığına ve derinliğe sahip, SC-30 istasyonu daha fazla derinliğe sahip olduğu söylenebilir. İstasyonların kıyısında bulunan tersanelerin sonuçları etkilediği düşünülmektedir.

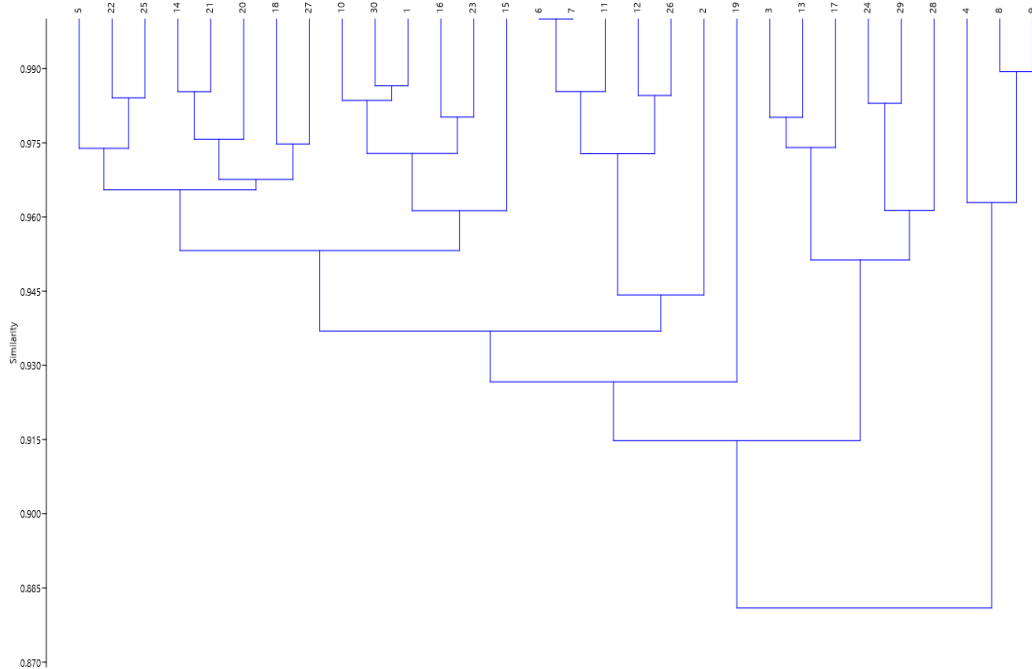
Karadeniz deşarjlarından alınan yüzey sedimentlerinde yapılan bir araştırmada ortalama% 5,61 organik madde miktarı ile evsel ve/veya tarımsal kirlilik yük bulgusuna varılmıştır.(Bakan ve Şenel, 2000). Marmara Bölgesi'nde yapılan bu çalışmada istasyonlardaki verilerin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

İzmit Körfezi'nde 2008 yılında yapılan bir çalışmada %8,58-%9,53 oranlarında TOM miktarı tespit edilmiş ve bu çalışmada İzmit Körfezi'ne yakın istasyonlardaki sonuçlar ile karşılaştırıldığında, TOM miktarında artış olduğu gözlenmiştir. Aynı çalışmada BSi miktarı %16,92-%21,5 oranlarında tespit edilmiş ve bu çalışma ile karşılaştırıldığında, BSi miktarında düşme olduğu gözlenmiştir (Küçük,2012).

Tallberg ve diğ., (2015) tarafından, Kuutsjärvi Gölü'nden yapılan örneklemede sedimentlerde biyojenik silika araştırılmıştır. Sonuç olarak, yaprak döken bitki örtüsünün ve trofik durumun payının daha yüksek olduğu yerlerde ve bataklık benzeri, kıyıya yakın sulak alanlarda BSi'nin nispeten biraz daha yüksek konsantrasyonları bulunmuştur. Bu çalışmada, Marmara Denizi'nden alınan yüzey sedimentlerdeki biyolojik silika oranlarına bakıldığında kıyı uzaklığı ile biyojenik silika miktarı arasında bir bağlantı bulunamamıştır.

Aykır D.,(2023) tarafından, Putka Gölü’nden alınan sedimentlerde yapılan çalışmada BSi miktarlarına bakılmış ve istasyonlar arasındaki değişimin %0,31- %0,90 aralığında olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada, Marmara Denizi’nden alınan yüzey sediment örneklerinde BSi miktarı %0,93-%6,89 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Dan ve diğ,. (2021), Daya Körfezi’nden alınan sediment örneklerinde yaptığı bir çalışmada %0,94- %1,76 aralığında BSi miktarı bulunmuş ve bu çalışma ile kıyaslandığında tersane bölgelerinden alınan sediment örneklerindeki BSi miktarı ile paralellik göstermektedir.



Şekil 5.1. CaCO_3 , BSi, TOM, LM miktarlarına göre istasyonların benzerlik durumları (Bray-Curtis)

Bray-Curtis kümeleme analizine göre, Marmara Bölgesi’nden alınan yüzey sediment örneklerinde yapılan sediment karakterizasyonu bulgularında SC-6 ve SC-7 istasyonları birbirlerine en yakın değerlerde çıkmıştır. SC-8 ve SC-9 istasyonları, SC-12 ve SC-26 istasyonları, SC-30 ve SC-1 istasyonları SC-22 ve SC-25 istasyonları, SC-14 ve SC-21 istasyonları, SC-24 ve SC-29 istasyonları birbirlerine yakın değerlerde çıkmıştır. SC-4 ve SC-9 istasyonları, SC-8 ve SC-2 istasyonları, SC-9 ve SC-29 istasyonları, SC-4 ve SC-24 istasyonları SC-13 ve SC-9 istasyonları, SC-3 ve SC-4 istasyonları birbirlerine en uzak

sonuçlara sahip istasyonlar çıkmıştır. İstasyonları konumlarına göre değerlendirdiğimizde birbirine yakın istasyonların değerlerinin benzer olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, istasyon konumları göz önünde bulundurulduğunda elde edilen sonuçların beklenen seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Marmara Bölgesi Yüzey Sedimentlerinde Mikroplastik Dağılımı ve Sınıflandırılması

SC-1 istasyonunda yapılan mikroplastik analizlerinde >250 adet/m² HDPE, 176 adet/m² PP, 90 adet/m² PS ve 42 adet PET gözlenmiştir. Mikroplastik kirliliğinin yaklaşık %90'nını polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polivinil klorür (PVC) ve polietilenentereftalat (PET) oluşturmaktadır (Venghaus ve Barjenbruch, 2017). Elde edilen bulgular sonucundan en çok miktarda bulunan mikroplastik polimer türü HDPE olduğu sonucuna varılmıştır. HDPE, yüksek yoğunluklu polietilen anlamına gelmektedir ve kutu, boru gibi malzemelerin yapımında kullanılır (Barjenbruch, 2017). SC-1 istasyonunda en fazla miktarda tespit edilen mikroplastik türü 312 adet/m² ile fragman, 136 adet/m² lif ve 105 adet/m² film olduğu gözlenmiştir. Mikroplastiklerin film, lif, fragman şeklinde görünmesinin sebebi üretimi dışında doğal aşınma, dalga ve güneş ışığı gibi faktörlere maruz kalması olabilir. SC-1 istasyonunda en az 6 adet/m² sarı renk mikroplastik parçacığa, en fazla 180 adet/m² renk mikroplastik parçacığa rastlanmıştır. Mikroplastikler üretildikleri plastik türlerine göre farklı renkler almaktadır ancak çevresel etkilere mazuriyeti sonucunda renk pigmentlerinde değişimler meydana gelebilir (Tutoğlu,2019) . SC-1 istasyonundan sediment yüzey örneği alınan derinlik 16 metredir. 16 metre derinlikte toplam 578 adet/m² mikroplastik miktarına rastlanmıştır. SC-1 istasyonun örnekleme Kocaeli ilinin Körfez ilçesinden yapıldı ve örnekleme yapılan sahilde insan kaynaklı atık kirliliği gözlemlendi. Bu sebepten dolayı SC-1 istasyonundaki mikroplastik kirliliğinin birincil mikroplastiklerin doğrudan doğaya salınımından daha çok çevrede biriken mikroplastiklerin parçalanması sonucunda oluşan ikincil mikroplastikler olduğu düşünülmektedir. Deniz ortamında bulunan mikroplastik parçacıklarının %75-%90 oranda karasal kaynaklardan denize ulaşan plastik kirliliğinden olduğu ön görülmektedir (Li, 2018). SC-2 istasyonunda mikroplastik analizinde 578 adet/m² mikroplastik parçacığa rastlandı. Bunlardan 302 adet/m² HDPE polimer türü olduğu gözlemlendi ve SC-2 istasyonunda SC-1 istasyonunda olduğu gibi en fazla

gözlemlenen polimer türü HDPE oldu. SC-2 istasyonundan alınan yüzey sediment örnekleme 7 metreden yapıldı. Elde edilen bulgular sonucunda SC-2 istasyonundaki mikroplastik kirlilik miktarı SC-1 istasyonuna göre fazla olduğu için, mikroplastik kirliliğinde alınan örnekleme derinliğinin de etkili olduğu düşünülmektedir. SC-3 istasyonunda 784 adet/m² mikroplastik parçacığına rastalandı. En fazla bulunan polimer türü 375 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 359 adet/m² fragman, en fazla bulunan renk 302 adet/m² siyahtır. Örnekleme yapılan bölgenin kıyı şeridinde tersaneler yer almaktadır. Örnekleme alanı kıyıya 950 metre uzaklıktadır. Bu sebepten dolayı, SC-3 istasyonundaki mikroplastik kirliliğinde tersanelerden doğaya bırakılan atıkların etkisi olduğu düşünülmektedir. Mikroplastik parçacıklar, özellikle kirlenmenin daha yoğun olduğu bölgelerde miktarca fazla gözlenmektedir (Morét-Ferguson ve dig., 2010). SC-4 örnekleme noktasında toplam 754 adet/m² mikroplastik parçacığına rastlandı. Kocaeli ilinin Derince ilçesinde yapılan örnekleme 12 metre derinden yapıldı ve SC-1 örnekleme noktasında göre daha fazla mikroplastik parçacığına rastlanmıştır. SC-1 örnekleme noktası sahil bölgesinde, SC-4 örnekleme noktası liman bölgesindedir. Sonuç olarak, liman bölgesinden alınan yüzey sediment örneğindeki mikroplastik kirlilik miktarı daha fazla olduğu söylenebilir. SC-5 istasyonunda 10 metre derinlikten yüzey sediment örneği alınmış ve 815 adet/m² mikroplastik parçacığına rastlanmıştır. En fazla bulunan mikroplastik polimer türü 355 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 395 adet/m² fragman olduğu tespit edildi. SC-5 istasyonunda en fazla bulunan renk 285 adet/m² siyah olduğu gözlemlendi. SC-6 istasyonundan alınan örneğin kıyı uzaklığı 450 metredir ve 898 adet/m² parçacık bulundu. İstasyonlar arasında kıyıya yaklaşan mesafe azaldıkça mikroplastik parçacık sayısında artış gözlemlendi. SC-6 istasyonunda en fazla bulunan renk 312 adet/m² ile siyah oldu. Endüstriyel kaynaklı atıkların çoğunluğunun siyah, beyaz ve mavi olduğundan dolayı bulgularda en fazla mikroplastik parçacık miktarında bu renklerin daha fazla olduğu düşünülmektedir. SC-7 istasyonun kıyıya uzaklığı 830 metredir ve örnekleme 7 metre derinlikten yapıldı. Mikroplastik analiz sonuçlarına bakıldığında 937 adet/m² parçacık tespit edilmiştir. SC-7 istasyonunda en fazla görülen mikroplastik polimer türü HDPE ve 444 adet/m² bulunurken, en fazla rastlanan mikroplastik türü 395 adet/m² filmidir. Liman alanına 300 metre uzaklıkta olan SC-8 istasyonunda 865 adet/m² adet mikroplastik parçacığına rastlanmıştır. En fazla bulunan polimer türü 387 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 350 adet/m²

fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 314 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. Örnekleme noktasının derinliği 9 metredir ve 7 metre derinlikten örnek alınan SC-7 istasyonuna göre daha az mikroplastik parçacığa rastalanmıştır. SC-9 istasyonunda en fazla bulunan polimer türü 220 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 225 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 182 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. SC-9 istasyonun örnekleme derinliği 16 metre ve kıyı uzaklığı 400 metredir. Bulunan bulgular sonucunda SC-9 istasyonunda derinliği daha az olan istasyonlardan alınan örneklerle göre daha az mikroplastik parçacık gözlemlendi. SC-9 istasyonun 400 metre uzaklığında Kumla Deresi bulunmaktadır ve denize mikroplastik parçacık taşınımında etkili olduğu düşünülmektedir. Denize mikroplastik taşınımında akarsular, nehirler ve dereler önemli rol oynamaktadır (Mani ve diğ., 2019). SC-10 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 280 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 321 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 265 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. Sanayileşmenin yoğun olduğu noktada yer alan ve 14 metre derinlikten örnekleme yapılan SC-10 istasyonunda toplam 616 adet/m² mikroplastik parçacık bulunmuştur. İstasyonun 400 metre uzaklığında bunun gübre fabrikasının bulgular sonucunda elde edilen mikroplastik dağılımını etkilediği düşünülmektedir. SC-11 istasyonunda 1008 adet/m² mikroplastik parçacığa rastlandı. En fazla bulunan mikroplastik polimer türü 460 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 423 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 378 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. İstasyon özelliklerine bakıldığında, Kocaeli ilinin Tavşancıl bölgesinden kıyıya 40 metre uzaklıkta ve 8 metre derinlikte yüzey sedimenti alınmıştır. En yüksek mikroplastik parçacık sayısına SC-11 istasyonun sahip olmasının nedenleri olarak kıyıya yakınlığı, bölgenin sanayi bakımından zengin olması, örnekleme az derinlikten yapılması, gibi nedenler sayılabilir. SC-12 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 440 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 312 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 268 adet/m² ile siyah olduğu tespit edildi. SC-12 istasyonu Tekirdağ ili, Sultanköy bölgesinde bulunmaktadır. Örnekleme kıyı noktasından >250 metre uzaklıkta ve 9 metre derinlikte yapıldı. İstasyonun kıyı şeridinde doğalgaz tesisi bulunmaktadır. Tesisin belirli noktalarında denize atık boşaltım noktaları vardır. Bulgular sonucunda SC-12 istasyonunda çıkan mikroplastik kirlilik miktarına etkisi olabileceği düşünülmektedir. SC-13 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer

türü 396 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 312 adet/m² film ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 268 adet/m² ile siyah olduğu tespit edildi. SC-14 istasyonunda en fazla bulunan polimer türü 219 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 255 adet/m² film ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 200 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. SC-13 ve SC-14 istasyonları birbirine 150 metre uzaklıkta Kapıdağı Yarımadası bölgesinde bulunmaktadır. SC-13 numaralı istasyonun örnekleme derinliği 12 metre, SC-14 numaralı istasyonun örnekleme derinliği 15 metredir. SC-13 istasyonunda toplam 757 adet/m² mikroplastik parçacık, SC-14 istasyonunda ise toplam 548 adet/m² mikroplastik parçacığa rastlandı. Örnekleme noktaların derinlik farkları ele alındığı zaman elde edilen mikroplastik parçacık sayısında beklenenden daha fazla farklılık dikkat çekmektedir. Örnekleme noktasına yakın mesafede kentleşmenin olması mikroplastik sayısındaki artış üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. SC-14 istasyonunda yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre yakın koordinatta bulunan SC-13 istasyonuna göre daha az mikroplastik parçacığa rastlanmıştır. SC-15 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 180 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 198 adet/m² film ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 267 adet/m² ile siyah olduğu gözlemlendi. SC-15 istasyonun örnekleme noktası İstanbul ili, Üsküdar ilçesinin kız kulesine yakın noktadadır. Örnekleme 21 metreden yapıldı ve 476 adet/m² parçacık bulunmuştur. SC-15 istasyonunda mikroplastik kirliliği örnekleme noktasının turistik amaçlı kullanılması, kentleşmenin çok yoğun olması gibi etkenlerden dolayı dağılım gösterdiği düşünülmektedir. SC-16 istasyonunda istasyonun da en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 176 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 212 adet/m² film ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 168 adet/m² ile siyah olduğu tespit edildi. SC-16 istasyonun örnekleme noktası Bursa ilinin Gemlik ilçesinde bulunmaktadır. Kıyıya uzaklığı 500 metre olan ve 16 metreden örnek alınan istasyonda 481 adet/m² mikroplastik parçacığa rastlanmıştır. Örnekleme noktasının 15 kilometre uzaklığında denize dökülen nehir bulunmaktadır. SC-16 istasyonundaki mikroplastik parçacık sayısının miktarında nehirden, deniz sedimentine mikroplastik aktarımının katkısı olduğu düşünülmektedir. SC-17 istasyonun örnekleme noktası Tekirdağ ilinin Sultanköy bölgesinde yapıldı. Örnekleme kıyıya 400 metre uzaklıkta ve 16 metre derinlikte yapıldı. Elde edilen bulgulara bakıldığında, diğer istasyonlarda da olduğu gibi mikroplastik parçacık miktarının derinlik ile ilişkili olduğu gözlemlendi. Örnekleme yapılan istasyona yakın koordinatlarda yer

alan halk plajı ve doğalgaz tesisinin sonuçları etkilediği düşünülmektedir. SC-18 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 490 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 335 adet/m² film ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 264 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. SC-18 istasyonun örnekleme noktası 18 metreden ve kıyıya 450 metre uzaklıkta yapıldı. Elde edilen bulgular sonucunda toplamda 945 adet/m² mikroplastik parçacık bulundu. Örnekleme noktasının kıyı şeridinde tersaneler yer almaktadır. 900 metre uzaklığındaki Yalak derenin denize dökülmesi, kıyı şeridinin tersanelerden oluşması gibi etmenler mikroplastik sonucunu doğrudan etkilediği düşünülmektedir. SC-19 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 198 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 208 adet/m² film ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 350 adet/m² ile siyah olduğu tespit edildi. SC-19 istasyonun örnekleme noktası 17 metre derinlikten ve kıyıya 280 metre uzaklıkta yapıldı. Mikroplastik analizi sonucunda, toplamda 516 adet/m² mikroplastik parçacığı bulundu. Örnekleme noktasının 1 kilometre uzaklığında Dilderesi olmasına rağmen, yakın noktalarından alınan diğer istasyonlar ile kıyaslandığı zaman daha az mikroplastik parçacık bulunduğu gözlemlendi. Bunun nedeni olarak derinliğin diğer istasyonlara göre fazla olması düşünülebilir. SC-20 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 132 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 130 adet/m² film ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 74 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. Toplamda 299 adet/m² mikroplastik parçacık bulundu. Diğer istasyonlara göre mikroplastik parçacık sayısı düşük çıkmıştır. Bunun sebebi örneklemenin 30 metre derinlikten yapılması olabilir. SC-21 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 220 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli >250 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 126 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. SC-21 örnekleme noktasının derinliği 30 metredir ve SC-20 noktasına yakın koordinatlarda yer almaktadır. SC-21 istasyonunda toplamda 480 adet/m² mikroplastik parçacık tespit edildi. SC-20 istasyonuna göre daha fazla mikroplastik parçacık barındırmaktadır. Bu durum SC-21 istasyonun kıyı bölgesine daha yakın olmasıyla alakalı olabilir. SC-22 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 440 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 433 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 222 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. SC-22 istasyonundan alınan örnek 30 metre derinliktedir. Toplamda 565 adet/m² mikroplastik parçacık bulundu. SC-20 ve SC-21 istasyonları ile kıyaslandığında daha yüksek

mikroplastik parçacık çıktığı gözlemdi. Yüzey sedimenti alınan örnekleme noktalarına yakın arıtma tesisi bulunmaktadır. Bölgede oluşan mikroplastik kirliliğinde arıtma tesisinde katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Arıtma tesislerinde mikroplastik salınımı en aza indirmek için çalışmalar yapılmış olsa da , denizlerdeki mikroplastik kirliliğinde büyük bir katkısı olduğu söylenebilir (Horton ve diğ., 2017). SC-23 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 240 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 288 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 156 adet/m² ile siyah olduğu tespit edildi. SC-23 istasyonunun örnekleme derinliği 30 metredir. Toplamda 575 adet/m² mikroplastik parçacık bulundu. Aynı derinlikten alınan yüzey sedimentine sahip istasyonlarla karşılaştırıldığı zaman en fazla mikroplastik parçacık miktarına sahip olduğu söylenebilir. SC-24 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 446 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 433 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 222 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. Toplamda 916 adet/m² mikroplastik bulunan istasyonun SC-21 istasyonu ile yakın koordinatlarda olmasına rağmen neredeyse 2 katı mikroplastik parçacık çıkması dikkat çekicidir. SC-24 istasyonunun örnekleme derinliği 7 metre ve kıyıya 300 metre yakınlığındadır. SC-24 istasyonunda elde edilen bulguların kıyı ekseninde akrilik kimya sanayisinin bulunması ve kıyıya yakın koordinatta bulunmasından dolayı şekillendiği düşünülmektedir. SC-25 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 308 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 464 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 221 adet/m² ile siyah olduğu tespit edildi. Toplam mikroplastik parçacık miktarı 968 adet/m² bulundu. SC-25 istasyonunun örnekleme derinliği 7 metredir. SC-22 ve SC-23 istasyonları ile yakın konumda olmasına rağmen toplam mikroplastik parçacık miktarı daha fazladır. Örnekleme noktasının 1 kilometre uzaklığında Eskişehir-Topçular feribot terminali vardır. Örnekleme noktaları organize sanayi bölgesinde bulunmaktadır. Elde edilen sonuçların miktarında sanayi bölgesine yakın konumları etkendir denebilir. SC-26 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 484 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 330 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 198 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. Örnekleme noktasının derinliği 7 metredir ve SC-25 örnekleme noktası ile yakın mesafede bulunmaktadır. SC-26 istasyonunda toplamda 849 adet/m² mikroplastik parçacık bulunarak SC-25 istasyonuna yakın değerde olduğu görüldü. SC-25 istasyonundaa siyah renkte mikroplastik parçacık miktarı

fazlayken, SC-26 istasyonunda beyaz renkte mikroplastik parçacık miktarının fazla olduğu görüldü. Bu veriler aynı noktalardaki mikroplastik dağılımındaki farklılıklar hakkında fikir vermektedir. SC-27 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 484 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 415 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 244 adet/m² ile siyah olduğu tespit edildi. SC-27 istasyonunda toplam 1175 adet/m² mikroplastik parçacık vardır ve analiz yapılan istasyonlar arasında en fazla mikroplastik parçacık bulunan istasyondur. Örneklemme noktasının derinliği 7 metredir. SC-25 ve SC-26 istasyonunun verilerine yakın fakat daha fazla miktarda parçacık sonucu çıkmıştır. SC-27 numaralı istasyon diğer örneklemme noktalarına göre kıyıya daha yakın ve batı yönünde bulunmaktadır. Kıyı bölgesine yakın bir noktada su arıtma tesisi bulunmaktadır. SC-27 istasyonundaki mikroplastik parçacık sayısının diğer istasyonlara göre fazla çıkmasındaki neden olarak su arıtma tesisinin yakın konumda olması gösterilebilir. SC-28 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü >250 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 260 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 198 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. SC-28 istasyonunun örneklemme derinliği 17 metredir ve toplamda 653 adet/m² mikroplastik parçacık bulundu. İstasyonun kıyısında tersaneler bulunmaktadır. Sonuçlar örneklemme noktasının derinliğine göre kıyasladığında fazla olmasının sebebi, örnek alınan noktanın kıyısında yerleşim miktarının çok fazla olması verilebilir. SC-29 istasyonunda en fazla bulunan mikroplastik polimer türü 235 adet/m² HDPE, en fazla bulunan mikroplastik şekli 276 adet/m² fragman ve en fazla bulunan mikroplastik rengi 249 adet/m² ile beyaz olduğu tespit edildi. Örneklemme derinliği 16 metredir. SC-28 istasyonu ile kıyaslandığında benzer derinliklere ve sonuçlara sahip oldukları görülür. SC-29 istasyonunun üzerinden Negmar Narlı feribot hattı geçmektedir. Bu durum bizlere mikroplastik kirliliğinin sadece kıyıdan taşınım ile kaynaklanmayıp, insan kaynaklı doğrudan olabileceğini de düşündürmektedir. SC-30 istasyonunda toplamda 866 adet/m² mikroplastik parçacık bulundu. SC-30 istasyonunun kıyı şeridinde tersaneler ve 800 metre uzaklığında Yalak deresi yer almaktadır. Mikroplastik kirliliğinin kıyıdan kaynaklı ve nehirdeki taşınım ile birikim yaptığı düşünülmektedir. SC-30 istasyonunda en fazla görülen mikroplastik polimer türü 321 adet/m² HDPE olmuştur. Diğer istasyonlarında bulguları ele alındığında Marmara bölgesinde en çok görülen mikroplastik polimer türü HDPE olduğu söylenebilir.

Doğruyol (2019), İstanbul Haliç'i sedimentlerinde yaptığı çalışmada 566 partikül/kg mikro ve makroplastik miktarını rapor etmiştir fakat bir sınıflandırma yapmamıştır.

Turhan(2022), Sürgü Baraj Gölü'nden aldığı su, sediment ve balıklarda mikroplastik parçacık varlığını raporlamıştır. Sedimentte mikroplastik varlığını 1440 parçacık/m² olarak belirtmiştir. Bu çalışmada en yüksek mikroplastik miktarı SC-27 istasyonunda 1175 adet/m² olduğu gözlemlendi. Sürgü Baraj Gölü'nde bulunan parçacık sayısından daha az olmasının sebebi örnekleme nin göl ortamından değil deniz ortamından yapılması olabilir.

Tunçer ve diğ. (2018) Marmara Denizi'nde yaptığı bir çalışmada on dört farklı noktadan numune alınmış ve mikroplastik analizi gerçekleştirilmiştir. Çıkan sonuçlara göre yüzeyde bulunan mikroplastik miktarı 1263 adet/m³'tür. Bu çalışma ile kıyaslandığında yaklaşık aynı miktarda mikroplastik parçacık sayısına sahip istasyonlar bulunmakla birlikte, çoğunlukla daha az mikroplastik parçacık gözlenmiştir.

Berber(2016), Sakarya Karaman Atıksu Arıtma Tesisi'ne yakın 4 farklı bölümden alınan örneklerde yapılan mikroplastik analizinde bulunan mikroplastik polimer türleri en çok polietilen, polyester, poliamid ve polipropilen türevi mikroplastik olduğunu gözlemlemiştir. Renk olarak en çok beyaz, şeffaf, siyah, bordo, sarı oldukları ve şekil bakımından en fazla liflerin bulunduğunu tespit etmiştir. Ayrıca parçacık ve film olarak da mikroplastikler tespit edilmiştir. Bu çalışma ile kıyaslandığında en çok gözlenen polimer türü yüksek yoğunluklu polietilendir ve en çok tespit edilen renk beyazdır. Bulgular benzerlik göstermektedir.

Gürbüz (2017), Marmara Denizi'nde bulunan mikroplastiklerin karakterizasyonu için yaptığı bir çalışmada mikroplastik varlığının en çok deniz yüzeyinde bulunduğunu, en az sedimentte olduğunu gözlemlemiştir. Bu çalışmada yüzey sediment örnekleri alınmıştır ve mikroplastik parçacık miktarında kıyıda uzaklaştıkça azalma olduğu gözlenmiştir.

Gül ve diğ. (2023), Muğla kıyılarındaki kumsal sedimanlarında mikroplastik içeriklerinin ve sediman tanelerinin karakterizasyonu tespit edilmiştir. Çalışma, mikroplastiklerin kıyı ekosistemleri üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur Düşük yoğunluklu mikroplastiklerin FTIR spektroskopisi analizi, bileşimlerinde doğal polimer olan selülöz (selofan) ile, sentetik polimerlerden polietilen ve polipropilen olduğunu ortaya koymuştur. Marmara Denizi'nde yapılan bu çalışmadaki mikroplastik polimer yapılarına bakıldığında benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Mikroplastik dağılımı ve sediment karakterizasyonu parametreleri arasında normalite testi uygulandı. Normalite testi sonucunda elde edilen veriler Tablo 5.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Kıyı uzaklığı, derinlik, mikroplastik dağılımı ve sediment karakterizasyonu parametrelerinin Normalite analizi

Parametreler	Kolmogorov-Smirnova ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kıyı Uzaklığı(m)	,153	30	,072	,936	30	,073
Derinlik (m)	,181	30	,014	,835	30	,000
Mp sayısı (m2)	,119	30	,200*	,962	30	,354
Toplam CaCO ₃ µm	,124	30	,200*	,930	30	,048
CaCO ₃ >250 µm	,098	30	,200*	,961	30	,335
CaCO ₃ >125 µm	,112	30	,200*	,938	30	,080
CaCO ₃ >63 µm	,122	30	,200*	,891	30	,005
CaCO ₃ <63 µm	,208	30	,002	,906	30	,012
Toplam BSi µm	,261	30	,000	,668	30	,000
BSi >250 µm	,218	30	,001	,657	30	,000
BSi >125 µm	,255	30	,000	,645	30	,000
BSi >63 µm	,258	30	,000	,696	30	,000
BSi <63 µm	,232	30	,000	,743	30	,000
Toplam TOM	,086	30	,200*	,968	30	,493
TOM >250 µm	,113	30	,200*	,965	30	,412
TOM >125 µm	,093	30	,200*	,973	30	,633
TOM >63 µm	,083	30	,200*	,973	30	,613
TOM <63 µm	,109	30	,200*	,979	30	,803
Toplam LM	,099	30	,200*	,977	30	,746
LM >250 µm	,119	30	,200*	,977	30	,728
LM >125 µm	,103	30	,200*	,980	30	,825
LM >63 µm	,092	30	,200*	,977	30	,731
LM <63 µm	,092	30	,200*	,969	30	,502

*. Bu, gerçek anlamlılığın alt sınırıdır.

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

Analizler sonucunda; Derinlik, kıyı uzaklığı, mikroplastik dağılımı ve sediment karakterizasyonu parametreleri arasında normal dağılım görülmediği için veriler üzerinde parametrik olmayan (non-parametrik) testler tercih edilmiştir. Bu nedenden dolayı, Spearman korelasyon uygulanmıştır. Spearman korelasyon katsayısı, değişkenler arasında güçlü bir monoton ilişki olup olmadığını anlamak için kullanışlı bir yöntemdir ve parametrik varsayımlara ihtiyaç duymadığı için geniş bir veri türü üzerinde uygulanabilir.

Sperman korelasyon sonuçları Tablo 5.2 ve Tablo 5.3’ de gösterilmiştir. Sedimentteki mikroplastik miktarının kıyı ve derinliğe göre değişiminin belirlenmesinde Sperman korelasyon ile uygulandı. Mikroplastik miktarının istasyonlardaki derinlik ve kıyıya uzaklığı ile arasındaki korelasyon değerleri Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Deniz sediment örneklerinde mikroplastik dağılımının derinlik ve kıyı uzaklığı arasındaki korelasyon ($r=-77$, $n=30$, $p=0,01$)

	Kıyı Uzaklığı	Derinlik	Mikroplastik Sayısı (m^2)
Kıyı Uzaklığı	1	0,370*	-0,187
Derinlik		1	-0,776**
Mikroplastik sayısı (m^2)			1

* $p<0,05$ (2 kuyruklu), ** $p< 0,01$ (2 kuyruklu).

Mikroplastik sayısı ve derinlik arasında belirgin olmakta birlikte ($p<0,01$) bir korelasyon vardır ve negatif yönlüdür. Korelasyon katsayısı 0,77’dir ve mikroplastik sayısı ile derinlik arasında %99 güven seviyesi olduğu belirlenmiştir ($r=-77$, $n=30$).

Mikroplastik sayısı ve kıyıya olan uzaklık arasında belirgin olmamakla birlikte ($p>0,05$) bir korelasyon yoktur ve negatif yönlüdür ($r=-19$, $n=30$). Kıyı uzaklığı ile mikroplastik sayısı arasındaki negatif ilişki anlamlı olmadığı için, kıyı uzaklığının mikroplastik yoğunluğunu doğrudan etkilemediği söylenebilir.

Kıyı uzaklığı ile derinlik arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır. Bu nedenle, kıyıdan uzaklaştıkça derinliğin arttığını söyleyebiliriz. Kıyı uzaklığı ve derinlik arasında pozitif bir ilişki vardır. Fakat, derinlik arttıkça mikroplastik sayısının azaldığı görülmektedir. Bu, kıyıya yakın bölgelerde daha fazla mikroplastik bulunduğunu ve derin sularda bu miktarın azaldığını gösterebilir.

Marmara Bölgesi’nden alınan 30 farklı noktadan Deniz sediment örneklerinde mikroplastik dağılımı ve sediment karakterizasyonu parametrelerinin derinlik ve kıyı uzaklığı arasındaki korelasyon sonuçları Tablo 5.3’de gösterilmiştir.

Tablo 5.3 Deniz sediment örneklerinde mikroplastik dağılımı ve sediment karakterizasyonu parametrelerinin derinlik ve kıyı uzaklığı arasındaki korelasyon

	Kıyı U. (m)	Derinlik (m)	M.P. (m2)	T. CaCO3	CaCO3 >250	CaCO3 >125	CaCO3 >63	CaCO3 <63	T. BSi	BSi >250	BSi >125	BSi >63	BSi <63	T. TOM	TOM >250	TOM >125	TOM >63	TOM <63	T. LM	LM >250	LM >125	LM >63	LM <63
Kıyı U. (m)	1	0,275	-0,106	<u>-0,368</u>	<u>-0,382</u>	-0,355	-0,338	-0,350	-0,226	-0,220	-0,181	-0,231	-0,258	<u>-0,410</u>	<u>-0,386</u>	<u>-0,427</u>	<u>-0,398</u>	<u>-0,377</u>	<u>0,462</u>	<u>0,440</u>	0,486	<u>0,424</u>	<u>0,369</u>
Derinlik (m)	1	-0,853	-0,315	-0,297	-0,298	-0,312	-0,262	-0,065	-0,118	-0,113	-0,025	0,03	0,103	0,055	0,04	0,142	0,133	0,168	0,161	0,256	0,102	0,062	
M P. (m2)	1	0,288	0,285	0,247	0,231	0,188	-0,166	-0,12	-0,153	-0,159	-0,195	-0,172	-0,103	-0,081	-0,260	-0,217	-0,047	-0,083	-0,117	0,043	0,069		
T. CaCO3	1	0,965	0,978	0,967	0,949	0,132	0,123	0,142	0,131	0,179	0,402	0,350	0,422	0,417	0,364	-0,780	-0,758	-0,811	-0,749	-0,692			
CaCO3 >250	1	0,920	0,897	0,872	0,097	0,106	0,106	0,085	0,132	<u>0,400</u>	0,351	<u>0,432</u>	<u>0,425</u>	<u>0,367</u>	-0,762	-0,798	-0,792	-0,707	-0,653				
CaCO3 >125	1	0,959	0,946	0,121	0,103	0,128	0,117	0,168	<u>0,363</u>	0,2933	<u>0,365</u>	<u>0,376</u>	0,353	-0,736	-0,680	-0,785	-0,719	-0,672					
CaCO3 >63	1	0,968	0,146	0,102	0,170	0,155	0,203	<u>0,377</u>	0,2971	<u>0,391</u>	<u>0,400</u>	<u>0,362</u>	-0,762	-0,696	-0,800	-0,767	-0,711						
CaCO3 <63	1	0,135	0,094	0,1366	0,132	0,193	<u>0,423</u>	0,349	<u>0,415</u>	<u>0,444</u>	<u>0,398</u>	-0,762	-0,702	-0,785	-0,778	-0,733							
T. BSi	1	0,909	0,978	0,974	0,926	0,303	0,257	0,245	<u>0,371</u>	0,345	<u>-0,415</u>	-0,301	<u>-0,366</u>	<u>-0,411</u>	-0,464								
BSi >250	1	0,932	0,819	0,730	<u>0,396</u>	<u>0,414</u>	0,357	<u>0,436</u>	<u>0,370</u>	<u>-0,461</u>	<u>-0,414</u>	<u>-0,426</u>	<u>-0,411</u>	-0,461									
BSi >125	1	0,937	0,865	0,351	0,314	0,285	<u>0,418</u>	<u>0,383</u>	<u>-0,459</u>	-0,348	<u>-0,415</u>	<u>-0,454</u>	-0,502										
BSi >63	1	0,963	0,264	0,202	0,203	0,336	0,324	<u>-0,380</u>	-0,248	-0,324	<u>-0,395</u>	<u>-0,443</u>											
BSi <63	1	0,241	0,149	0,184	0,333	0,329	<u>-0,385</u>	-0,249	-0,321	<u>-0,420</u>	<u>-0,458</u>												
T. TOM	1	0,951	0,946	0,965	0,945	-0,817	-0,786	-0,783	-0,811	-0,793													
TOM >250	1	0,915	0,882	0,829	-0,752	-0,780	-0,730	-0,708	-0,677														
TOM >125	1	0,901	0,847	-0,782	-0,774	-0,782	-0,745	-0,709															
TOM >63	1	0,946	-0,837	-0,798	-0,775	-0,863	-0,844																
TOM <63	1	-0,784	-0,712	-0,738	-0,815	-0,832																	
T. LM	1	0,946	0,975	0,968	0,952																		
LM >250	1	0,928	0,883	0,850																			
LM >125	1	0,927	0,898																				
LM >63	1	0,968																					
LM <63	1																						

*P < 00,5 (Kalın),**P<00,1 (Altı çizili)

Kıyı uzaklığı, derinlik, mikropplastik sayısı ve sediment karakterizasyonunda kullanılan parametreler arasında Sperman korelasyon uygulandı. Toplam CaCO_3 ($r = -0.368$) miktarı ile kıyı uzaklığı arasında zayıf negatif ilişki vardır. Kıyıdan uzaklaştıkça toplam CaCO_3 azalmaktadır. Toplam TOM ($r = -0.410$) miktarı ile kıyı uzaklığı arasında orta düzeyde negatif ilişki vardır. Kıyıdan uzaklaştıkça toplam TOM miktarı azalmaktadır. Toplam LM ($r = 0.462$) miktarı ile kıyı uzaklığı arasında orta düzeyde pozitif ilişki vardır. Toplam CaCO_3 ve Toplam LM ($r = -0.780$) miktarı arasında güçlü negatif ilişki vardır. Toplam CaCO_3 miktarı arttıkça toplam LM miktarı azalmaktadır. Toplam TOM ve Toplam LM ($r = -0.817$) miktarı arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Toplam TOM miktarı arttıkça toplam LM miktarı azalmaktadır. $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki CaCO_3 ile toplam CaCO_3 ($r = 0.965$) miktarı arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. toplam CaCO_3 miktarı arttıkça $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki CaCO_3 miktarı da artmaktadır. $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki CaCO_3 ile toplam CaCO_3 ($r = 0.949$) miktarı arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Toplam CaCO_3 miktarı arttıkça $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki CaCO_3 miktarı da artmaktadır. $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki BSi ile toplam BSi ($r = 0.909$) arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Toplam BSi miktarı arttıkça $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki BSi miktarı da artmaktadır. $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki BSi ile toplam BSi ($r = 0.926$) arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Toplam BSi miktarı arttıkça $<63 \mu\text{m}$ BSi miktarı da artmaktadır. $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki TOM ile toplam TOM ($r = 0.951$) miktarı arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Toplam TOM miktarı arttıkça $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki TOM miktarı da artmaktadır. $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki TOM ile toplam TOM ($r = 0.945$) miktarı arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Toplam TOM miktarı arttıkça $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki TOM miktarı da artmaktadır. $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki LM ile toplam LM ($r = 0.946$) miktarı arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Toplam LM miktarı arttıkça $>250 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki LM miktarı da artmaktadır. $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki LM ile toplam LM ($r = 0.952$) miktarı arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Toplam LM miktarı arttıkça $<63 \mu\text{m}$ partikül boyutundaki LM miktarı da artmaktadır. Mikropplastik sayısı ($r = -0.853$) ile derinlik arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Derinlik arttıkça mikropplastik sayısı azalmaktadır. Aynı zamanda kıyıdan uzaklaştıkça toplam LM miktarı artmaktadır (Tablo 5.3).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çevre problemlerinin belirlenebilmesi ve çözüm yollarının bulunabilmesi için bütünleştirici yaklaşımlara gerek vardır (Burton ve diğ.,1992). Bu tezde, Marmara Bölgesi'nde toplam 42 farklı örnekleme noktasından alınan yüzey sediment örneklerinde CaCO_3 , BSi, TOM, LM oranları ve mikroplastik kirliliği incelendi ve literatüre Marmara Bölgesi'nde yer alan mikroplastik parçacık dağılımı ve sediment karakterizasyonu hakkında katkı sağlandı. Marmara Bölgesi'nde 12 adet Akarsu örnekleme noktalarından ve 30 adet deniz örnekleme noktalarından alınan yüzey sediment örneklerinde TOM, CaCO_3 , BSi, LM oranlarına ve mikroplastiklerin miktar, polimer türü, şekli, rengi bakımından sınıflandırılmasına bakıldı. Mikroplastikler polimer türü bakımından yüksek yoğunluklu polietilen, polipropilen, polistiren, polietilen tereftalat ve diğer olmak üzere 5 kategoriye ayrıldı. Şekil bakımından fragman, film, lif ve diğer olmak üzere 4 kategoriye ayrıldı. Renk bakımından beyaz, siyah, mavi, yeşil, kahverengi, pembe, turuncu, gri, mor, sarı ve diğer olmak üzere 11 kategoriye ayrıldı.

Marmara Bölgesi'nde 30 farklı örnekleme noktasından alınan deniz yüzey sediment örneklerinde tüm istasyonlardaki TOM miktarı %1,23-%16,11 aralığında, BSi miktarı %0,93-%6,89 aralığında, CaCO_3 miktarı %6,78-%18,33 aralığında ve LM miktarı %62,28-%94,92 aralığında tespit edilmiştir. İstasyonlar kendi aralarında değerlendirildiğinde en yüksek CaCO_3 miktarına sahip istasyon %19,33 oranla SC-11 istasyonudur. SC-11 istasyonunda örnekleme Kocaeli ilinin Tavşancıl sahilinden yapıldı. En düşük CaCO_3 miktarına sahip istasyon %6,78 oranla SC-28 istasyonudur. SC-28 istasyonunda örnekleme Yalova ilinin Tavşanlı bölgesinde tersanelere yakın noktadan yapıldı. Tersane bölgelerine yakın istasyonlarda CaCO_3 miktarında azalma gözlemlendi. En yüksek BSi miktarına sahip istasyon %6,89 oranla SC-19 istasyonudur. SC-19 istasyonunda örnekleme Kocaeli ilinin Dilovası bölgesinden yapıldı ve kıyı bölgesinde limanlar bulunmaktadır. Elde edilen verilerin kıyı bölgesinden kaynaklanan kirlilik ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. En düşük BSi miktarına sahip istasyon %0,93 oranla SC-18 istasyonudur. SC-18 istasyonunda örnekleme Yalova ilinden Yalakdere' ye yakın bir noktada bulunmaktadır. En yüksek TOM miktarına sahip istasyon %16,11 oranla SC-2 istasyonudur. SC-2 örnekleme noktası Kocaeli ilinin Körfez bölgesinden alınmıştır. 150 metre uzaklığında gübre fabrikası ve tersaneler bulunmaktadır. En düşük TOM miktarı

%1,23 oranla SC-7 istasyonudur. SC-7 istasyonunda örnekleme Yalova ilinin Tavşanlı bölgesinden kıyıya 850 metre uzaklıkta alınmıştır. Birbirine yakın olan istasyonlarda bulunan sonuçlar arasında paralellik gözlenmiştir. Birbirine en yakın sonuçlar SC-6 ve SC-7 istasyonlarında gözlenmiştir. İstasyonlar aynı bölgede bulunmaktadır ve kıyı bölgesinde tersaneler yer almaktadır. Çeşitli çevresel etkenlerden dolayı oluşum gösteren sedimentler, çevre etkilerinin belirlenebilmesi için indikatör olarak kullanılabilirler (Soares,1999). İnsan faaliyetleri sonucu oluşan kanalizasyon deşajları, tarımsal uygulamalar, yol ve bina yapımı gibi etkenlerden dolayı meydana gelen maddeler su yapısı içerisine girer ve çökerek, dip sedimentlerinde birikim gösterirler (Golterman ve diğ., 1983). Marmara Bölgesi'nde 30 farklı kıyı noktasından alınan yüzey sediment örneklerindeki sonuçlar doğrultusunda canlı aktivitesinin yoğun olduğu söylenebilir. TOM değerleri liman bölgelerine yakın noktalardan alınan yüzey sediment örneklerinde göreceli olarak yüksek bulunmuştur. İstasyonlar arasındaki farklılık aynı zamanda başta evsel atıklar olmak üzere, atık deşajları veya limanlardan kaynaklı olabilecek kirlilikler ile ilişkilendirilebilir. Ancak canlı aktivitesi sonucunda oluştuğu bilinen CaCO_3 TOM, BSi miktarlarının belirlenmesinde önemli ölçüde canlı aktivitesi olduğu düşünülmektedir. BSi konsantrasyonları Kuzey Marmara basenindeki istasyonlarda diğer istasyonlara oranla daha yüksektir. Bu durum başta plankton olmak üzere, canlı organizmaların yönelim durumları ile ve kendileri için su içi fizikokimyasal koşullarından dolayı gerçekleştiği düşünülmektedir. Bütün örnekleme istasyonlarında baskın olarak görülen LM değerleri, kıyı bölgelerindeki sedimantasyonda kara kökenli faaliyetlerin etkin olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler, Marmara Bölgesi'nde örnekleme yapılan istasyonlardaki canlı aktivitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Marmara Bölgesi'nde 30 farklı örnekleme noktasından alınan deniz yüzey sediment örneklerinde toplamda 27.585 adet/m² mikroplastik parçacık tespit edildi. İstasyonlardaki mikroplastik parçacık sayısı 299 adet/m²- 1175 adet/m² aralığında değişmektedir. Deniz yüzey sediment örneklerinde mikroplastik dağılımında en çok tespit edilen polimer türü %56 oranında yüksek yoğunluklu polietilen, en çok görülen şekil %42 oranında fragman ve en çok gözlenen renk %29 oranında beyazdır. Marmara denizlerinden alınan yüzey sediment örneklerinde en çok gözlenen HDPE, çoğunlukla boru, kutu yapımında kullanılır ve geri dönüşüm oranı yüksektir (Venghaus ve Barjenbruch, 2017). Marmara Bölgesi'nden alınan yüzey sediment örneklerindeki mikroplastik parçacık sayısı 299 ile

1175 adet/m² arasında değişmektedir. Genel olarak istasyonlara bakıldığında en çok mikroplastik bulunan istasyon SC-27'dir ve Yalova ilinin Taşköprü bölgesinde tersanelere >250 metre uzaklıkta örnekleme yapılmıştır. Tersaneler, mikroplastik kirliliğinin artışında önemli bir faktör olarak görev almaktadır. Tersane bölgelerindeki mikroplastik bolluğuna ilişkin elde edilen veriler, plastik parçacıkların tesislerdeki birçok işlemlerden sonra deniz sedimentine ulaşarak kirlenmeye neden olduğunu göstermektedir. Mikroplastik parçacıklarının istasyonların derinliklerine ve kıyıya uzaklığındaki değişimlerine bakıldığında derinlik ve mikroplastik sayısı arasında belirgin ($p>0,01$) negatif korelasyon bulundu. Korelasyon katsayısı negatif yönde 0,77 olduğu ve güven seviyesinin %99 olduğu gözlemlendi. Yapılan çalışmalar ışığında, mikroplastik sayısının deniz havzasında derine gidildikçe mikroplastik sayısında azalma olduğu söylenebilir. Yüzey sedimentlerdeki mikroplastik sayısı örnek alınan bölgeye, derinliğe ve kıyıya mesafeye bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. En az mikroplastik parçacık sayısına sahip istasyon 30 metre derinlikte örnekleme noktasından, en fazla mikroplastik parçacık sayısına sahip olan istasyon 7 metre derinlikte örnekleme noktasından yapılmıştır. Örnekleme yapılan akarsularda, deniz istasyonlarından daha az mikroplastik parçacığa rastlanmıştır. Son yapılan çalışmalarda Deniz havzasına mikroplastik taşınımında akarsuların büyük bir etkisi olduğu düşünülmektedir (Halfar ve diğ., 2021). 12 farklı Akarsu örnekleme noktalarından yüzey sediment örnekleri alındı ve mikroplastik miktarına bakıldı. En fazla mikroplastik parçacık, Istranca Nehri'nde rastlanmıştır. Bahçivandere ve Bulanıkdere istasyonlarında mikroplastik parçacığa rastlanmamıştır. Marmara Denizi'ne yakın noktalarda mikroplastik parçacık sayısında artış olurken, insan faaliyetlerinden uzaklaşılan örnekleme noktalarında mikroplastik parçacık gözlenemedi. Mikroplastiklerin deniz ortamına girişinde büyük bir etkisi olan nehirlerde kaçak ve kontrolsüz boşaltım, kanalizasyon atıkları, sanayi ve kentsel atıksu tesislerinin kontrolsüz boşaltımı, limanlar başlıca mikroplastik kirliliğinin nedenleridir (Çağlayan ve Kopuz, 2020). İnsan faaliyetleri çevresel ortamda bulunan mikroplastik kirliliğinin temel nedenidir (Aydın ve diğ., 2019). Son yapılan çalışmalarda mikroplastiklerin kişisel bakım ürünlerinden ortaya çıkan organik kimyasalları adsorbe edebileceğini de göstermektedir (Li ve diğ., 2019; Arvaniti ve diğ., 2022). Mikroplastikler, doğada uzun süre kalıcı olduklarından ötürü ekosistemde birikim yaptıkları gözlenmiştir (Esmeray ve Armutçu, 2020). Mikroplastiklerin adsorbe

yeteneklerinin yüksek olmasından ötürü bünyelerinde ağır metal, ftalat gibi kirleticileri bulundurabilmektedir. Canlılar tarafından besin zannedilerek yutulması sonucunda bu kirleticiler canlılara mikroplastikler yoluyla aktarılmaktadır (Yurtsever, 2018). Mikroplastik parçacıkların en olumsuz etkileri sucul ekosistemler üzerinde olmaktadır. Yoğunluklarından dolayı sucul ortamda farklı noktalara taşınabilmekte veya su yüzeyinde birikim yaparak, canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir (Eriksen ve diğ., 2013). Mikroplastik parçacıklar, yutma, fiziksel yaralanma, fizyolojik stres gibi olumsuz durumlara sebep verebilir ve sonucunda canlılarda beslenmeyi ve ekolojik işlevlerini azaltabilir (Free ve diğ., 2014).

Marmara Bölgesi'nin farklı noktalarında benzer çalışmalar yapılması sediment karakterizasyonu ve mikroplastik kirliliğinin araştırılması açısından oldukça yararlı olacaktır. Atmosferdeki ya da kara ortamındaki kirleticiler, meteorolojik olaylar ve akarsuların etkileriyle taşınarak Deniz sedimentinde birikim göstermektedir. Bu nedenle, deniz sedimentinde yapılan çalışmalar geniş bölgeye ait verileri sunacaktır. Daha derin noktalardan alınan örneklemeler bizlere canlı aktivitesi hakkında ayrıntılı bilgiler sunabilir. Benzer çalışmaların kentsel atık arıtma tesislerine, kimya kuruluşlarına, yükleme boşaltma iskelelerine yakın noktalarda yapılmasında, su içi yatay ve dikey taşınımların etkilerini gözlemleyebilmek için bu istasyonların uzak noktalarında da çalışmaların sürdürülmesinde yarar vardır. Elde edilen veriler doğrultusunda tersanelere yakın bölgelerde yapılan örneklemelerde, diğer bölgelere göre daha fazla mikroplastik parçacık gözlenmiştir. Mikroplastik kirliliğinde etkili olan kara kaynaklı sebeplerin daha detaylı bir şekilde incelenmesi ve bu problemlerin sayısının azalması için çalışmalar yapılması canlılık için oldukça önemlidir. Deniz ortamına ulaşan mikroplastik kirliliğinde atıksu arıtma tesislerinin payı oldukça yüksektir. Atıksu arıtma tesislerinde membran reaktörler gibi ileri derece arıtım teknolojilerin uygulamaya geçirilmesi önerilmektedir. Akarsulardaki mikroplastiklerin taşınımını engelleyecek çözüm yollarına başvurarak Deniz ortamındaki mikroplastik kirlilik miktarında azalma amaçlanabilir. Akarsulardaki mikroplastik kirliliğinin artışına neden olan sebepleri araştıran çalışmaların arttırılması, mikroplastik kirliliğinin azalmasına yönelik yapılan çalışmalar için oldukça önemlidir. Mikroplastik kirliliğinin artışını belirli periyodlar ile izlemek için özel istasyonlar kurulabilir ve böylece mikroplastik kirliliğinin kontrol altına alınması önerilmektedir. Endüstriyel, evsel ve kentsel faaliyetler mikroplastik ve organik kirliliğinin başlıca

nedenlerindendir. Geri dönüşüm miktarlarının fazlalaştırılması, plastik kullanımının azaltılması, plastikler yerine alternatif seçeneklerin araştırılması ve atık yönetiminde etkili stratejilerin uygulanması önemli adımlardır. Tek kullanımlık plastiklerin kullanımında kısıtlama getirmek mikroplastik kirliliğinin azalmasında etkili olabilir. İşletmeler, limanlar, fabrikalar ve benzeri kuruluşlar plastik kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapabilir. Tek kullanımlık plastikler yerine, doğada çözünebilen çevre dostu malzemeler tercih edilebilir. Sanayi bölgelerinde çevresel kirliliği denetleyici yönetim sistemleri kurulmalı ve düzenli olarak takip edilmelidir. Aynı zamanda okullarda, işyerlerinde veya sosyal platformlarda plastik kirliliği hakkında daha fazla bilgilendirme yapılmalı ve çevre kirliliği üzerindeki olumsuz etkileri yönünden insanlar farkındalık kazandırılmalıdır.

Bu tez çalışması kapsamında Marmara Bölgesi'nde 42 farklı noktadan yüzey sediment örneklerinde sediment karakterizasyonuna ve mikroplastik kirliliğine bakılarak, elde edilen veriler doğrultusunda çalışmaların fikir verdiği düşünülmektedir ve daha fazla noktada ayrıntılı araştırmalara devam edilmesi gerektiği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adjou M, Tréguer P, Dumousseaud C, Corvaisier R, Nelson D.M., (2011) Particulate silica and Si recycling in the surface waters of the Eastern Equatorial Pacific. *Deep-Sea Res II* 58, 449–461. DOI: 10.1016/j.dsr2.2010.08.002.
- Arndt, S., Jørgensen, B. B., LaRowe, D. E., Middelburg, J. J., Pancost, R. D., Regnier, P., (2013). Quantifying the degradation of organic matter in marine sediments: A review and synthesis. *Earth-Science Reviews*, 123, 53-86. DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.02.008.
- Arvaniti, O. S., Antonopoulou, G., Gatidou, G., Frontistis, Z., Mantzavinos, D., Stasinakis, A. S., (2022). Sorption of two Common Antihypertensive Drugs onto Polystyrene Microplastics in Water Matrices. *Science of the Total Environment*, 837,1-7.
- Aydın, S., Ulvi, A., Aydın, M, A., Ulvi, A., (2019). Mikroplastikler ve çevresel etkileri. *4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*. Ankara, 14-17 Şubat. Doğan Yayıncılık, 17-26. DOI: 10.29130/dubited.757698.
- Berber, A. A., Yurtsever M., (2016). Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinde ve Besin Zincirinde Mikroplastikler'in İncelenmesi ve Karakterizasyonu. *Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye*, 115Y112,68.
- Blatt, H., Tracy, R. J., Owens, B. E. (2006). *Petrology: igneous, sedimentary, and metamorphic*. New York, ABD: W.H. Freeman.
- Bui, E.N., Loeppert, R.H., Wilding, L.P., (1990). Carbonate phases in calcareous soils of the Western United States. *Soil Science Society of America Journal*, 54, 39-45. DOI: 10.2136/sssaj1990.03615995005400010006x.
- Çiçek, T., (1999). Kireç ve Kullanımı, *3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 14-15 Ekim.
- Dan , SF., Li S., Yang B., Cui D., Ning Z., Huang H., Zhou J., Yang J., (2021). Influence of sedimentary organic matter sources on the distribution characteristics and preservation status of organic carbon, nitrogen, phosphorus, and biogenic silica in the Daya Bay, northern South China Sea. *Science of the Total Environment*, 783, 1-17.
- Doğruyol, P., (2019). Haliç Sedimanlarında Mikroplastik Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, İstanbul, 587789.
- Duarte, C. M., (1995). "Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes." *Ophelia*, 41(1), 87-112. DOI: 10.1080/00785236.1995.10422039

- El-Sayed, M.J., Fairchild, I.J., Spiro, B., (1991). Kuwaiti dolomite: petrology, geochemistry and groundwater origin. *Sedimentary Geology*, 73, 59-75. DOI: 10.1016/0037-0738(91)90023-7.
- Epstein E., (2001). Silicon in plants: facts vs. concepts. In: Datnoff L, Snyder GH, Korndörfer GH (ed.) *Silicon in agriculture* (1-15). The Netherlands: Elsevier.
- Ergül, H. A., B. Pekey, U. Ay, A. Karademir, S. Topcuoğlu, B. Telli and M. Terzi (2011). İzmit Körfezi Sediment ve Biyota Örneklerinde Çevresel Kirlenmelerin Belirlenmesi, İzlenmesi ve Alıcı Ortam Kaynak Belirleme Modelinin Uygulanması. *TÜBİTAK*, 107Y261, 273.
- Ergül, H. A., Küçük, A, Çelebi, G., Terzi, M., Aksan, S., (2013). Lithogenic And Biogenic Flux Changes In D1 Creek Estuarine (The Marmara Sea), *40th CIESM CONGRESS PROCEEDINGS*, Marseille (France), 29 Ekim 2013.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, X., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S., (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 177-182. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.10.007.
- Esmeray, E., Armutçu, C., (2020). Mikroplastikler, Çevre-İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz Yöntemleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 839-868. DOI: 10.29130/dubited.586453.
- Fisher, R. V., Schmincke, H. U. (1984). *Pyroclastic Rocks* (339). Santa Barbara, CA 93106, USA: Springer-Verlag.
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williams, N. J., Boldgiv, B., (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85, 156-163. DOI:10.1016/j.marpolbul.2014.06.001.
- Gruber N., (2007). Impacts of Ocean Acidification on Shelled Pteropods in the Southern Ocean, *Departement of Environmental Sciences (D-UWIS) at the ETH Zurich*, 49, 1-20.
- Gürbüz, Ö., (2017). Marmara Denizi mikroplastik karakterizasyonu ve dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, 496299.
- Hecky R, Mopper K, Kilham P, Degens E (1973). The amino acid and sugar composition of diatom cell walls. *Mar Biol* 19, 323–331. DOI: 10.1007/BF00348902.
- Hedges, J. I., Oades, J. M. (1997). Comparative organic geochemistries of soils and marine sediments. *Organic Geochemistry*, 27(7-8), 319-361. DOI: 10.1016/S0146-6380(97)00056-9.

- Horton, A. A. and Dixon, S. J., (2017). "Microplastics: An introduction to environmental transport processes". *WIREs Water*, 5(2), 1–10.
- Hutson, W.H., and Prell, W.L., (1980). A paleoecological transfer function, F1-2, for Indian Ocean planktonic foraminifera. *Journal of Paleontology*, 54, 381-399.
- Intan Sari Dewi , A. A. B. R. Ritonga, (2015). Distribution of microplastic at sediment in the Muara Badak Subdistrict, Kutai Kartanegara Regency. *Jurnal Depik*, 4(1), 121-131. DOI: 10.13170/depik.4.3.2888.
- Iqbal, J. ve Shah, M.H., (2014). Occurrences, risk assessment, and source apportionment of harmful elements in surface sediments from Khanpur Lake, Pakistan. *J. Anal. Sci. Technol.* 5 (1), 1- 12.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L., (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768-771. DOI: 10.1126/science.1260352.
- Karademir, Ergül H. A., (2022). Estimation and Future Scenarios of Nutrient Inflows from Municipal Wastewater to The Marmara Sea, *Marmara Denizi 2022 Sempozyumu*, 8-9 Ocak 2022.
- Kaya, A. T., Yurtsever, M., Bayraktar, S. Ç. (2018). Ubiquitous exposure to microfiber pollution in the air. *The European Physical Journal Plus*, 133(11), 488. DOI:10.1140/epjp/i2018-12372-7.
- Kaya, H.; Dökmeci, (2017). V. Development of Urban Hierarchies at the Country and Regional Levels in Turkey. *AZ ITU J. Fac. Archit.*, 14, 131–149. DOI: 10.5505/itujfa.2017.16878.
- Kayan, A., Küçük, A. (2020). Plastik kirliliğin çevresel zararları ve çözüm önerileri. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 403-427.
- Kershaw, D., (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. Technical Report. *United Nations Environment Programme (UNEP)*. DOI: 10.13140/RG.2.2.30493.51687
- Kershaw, P. J., Rochman, C. M., (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment, *Reports and Studies IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP)*, 93, 100-125.
- Khalid N, Aqeel M, Noman A, et al, (2021). Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments. *Chemosphere.*, 264(2). DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.128541.

- Kipp, N.G., (1976). New transfer function for estimating past conditions from sea-bed distribution of planktonic foraminiferal assemblages in the North Atlantic. R.N. Cline, and J.D., Hays (eds.), Investigation of Late Quaternary Paleooceanography and Paleoclimatology. *Geological Society of America Memoir*, 145, 3-42.
- Kirstein, I.V., Kirmizi, S., Wichels, A., GarinFernandez, A., Erler, R., Löder, M., Gerdts, G. (2016). Dangerous hitchhikers Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. *Marine Environmental Research*, 120, 1-8.
- Kleypas, J.A., Feely, R.A., Fabry, V.J., Langdon, C., Sabine, C.L., Robbins, L.L., (2006). Impact of ocean acidification on coral reefs and other marine calcifiers. *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, 129,1-88.
- Koelmans, A. A., Nor, N. H. M., Hermesen, E., Kooi, M., and Mintenig, S. M.,De France,J.,(2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: critical review and assessment of data quality. *Water Research*, 155,410-422. DOI: 10.1016/j.watres.2019.02.054.
- Koelmans, A., Gouin, T., Thompson, R., Wallace, N., Arthur, C. (2014). Plastics in the marine environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33, 5-10. DOI: 10.1002/etc.2426.
- Koldemir, B., (2008). Region Economics in Marmara Region Port Area Choice, the Importance of Shore Geology and Geomorphology: Silivri Port, *Uygulamalı Yerbilimleri(1)*, 32-45.
- Koldemir, Birsen (2003). Kombine Taşımacılıkta Ulaştırma Sistemlerimizin Durumu, Limanlarımızın Sorunları ve Çözüm Önerileri. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar I. Kongresi, İstanbul, 57-69.
- Kraimer, R.A., Monger, H.C., Steiner, R.L., (2005). Mineralogical distinctions of carbonates in desert soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 1773-1781. DOI: 10.2136/sssaj2004.0275.
- Küçük,A., (2012). İzmit Körfezi Plankton Kompozisyonunun Mevsimler Olarak İncelenmesi Ve Sediment Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli,315735.
- Kühn, S., Bravo Rebolledo, E.L., van Franeker, J.A. (2015). Deleterious Effects of Litter on Marine Life. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (ed.) *Marine Anthropogenic Litter* (75-116).Cham: Springer.
- Lambert, S., Wagner, M. (2018). Microplastics Are Contaminants of Emerging Concern in Freshwater Environments: An Overview. In: Wagner, M., Lambert, S. (ed.) *Freshwater Microplastics* (1-23). Cham, Springer.
- Li, W. C., (2018) The Occurrence, Fate, and Effects of Microplastics in the Marine Environment, *Marine Anthropogenic Litter* (133-173).Cham, Springer.

- Li, Y., Li, M., Li, Z., Yang, L., Liu, X. (2019). Effects of Particle Size and Solution Chemistry on Triclosan Sorption on Polystyrene Microplastic. *Chemosphere* (231), 308-314. DOI:10.1016/j.chemosphere.2019.05.116.
- Liao, J.B., Chen, J., Ru, X., Chen J., Wu, H., Wei, C., (2017). Heavy metals in river surface sediments affected with multiple pollution sources, South China: Distribution, enrichment and source apportionment. *J. Geochem. Explor.*, 176, 9-19.
- Lin, J.G., Chen, S.Y., (1997). The Relationship Between Adsorption of Heavy Metal and Organic Matter in River Sediments. *Environment International*, 24, 345-352.
- Lopez P.J., Descle'J. , Allen A.E.,Bowler C.,(2005). Prospects in diatom research. *Current Opinion in Biotechnology*, 16,180–186. DOI: 10.1016/j.copbio.2005.02.002.
- Lu, L., Luo, T., Zhao, Y., Cai, C., Fu, Z., Jin, Y., (2019). Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health, *Science of the Total Environment*, 667, 94-100. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.380.
- Lu, L., Wan, Z., Luo, T., Fu, Z., Jin, Y., (2018). Polystyrene microplastics induce gut microbiota dysbiosis and hepatic lipid metabolism disorder in mice. *Science of the Total Environment*, 631, 449– 458. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.051.
- M, Yurtsever and U. Yurtsever, (2019). Use of a convolutional neural network for the classification of microbeads in urban wastewater, *Chemosphere*, 216, 271-280. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.10.084.
- M. Browne, P. Crump, S. Niven, E. Teuten , A. Tonkin, T. Galloway ve R. Thompson, (2011). Accumulations of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks, *Environmental Science&Technology*, 45, 9175–9179. DOI: 10.1021/es201811s.
- M. J. Doyle MJ, W. Watson , N. M. Bowlin ve S. B. Sheavly , (2011). Plastic Particles in Coastal Pelagic Ecosystems of the Northeast Pacific Ocean, *Marine Environment Research*, 71, 41-52. DOI: 10.1016/j.marenvres.2010.10.001.
- M. Gül, C. Küçükuysal, ve A. Masud, (2023). Kumsal Sedimanlarının Mikroplastik İçeriklerinin ve Sediman Tanelerinin Karakterizasyonu: Muğla Kıyılarından (GB Türkiye) Örnek Çalışma. *DÜMF MD*, 14(1), 123–134. DOI: 10.24012/dumf.1212109.
- Maes, T. de Jel, J. v. D. A. Vethaak, D. Desender, M. Bendall, V. A. van Velzen, M. ve Leslie, H. A., (2020). You Are What You Eat, Microplastics in Porbeagle Sharks From the North East Atlantic: Method Development and Analysis in Spiral Valve Content and Tissue, *Frontiers in Marine Science*, 7, 273.

- Maldonado M, Carmona MC, Velasquez Z, Puig A, Cruzado A, Lopez A, Young CM (2005) Siliceous sponges as a silicon sink: an overlooked aspect of the benthopelagic coupling in the marine silicon cycle. *Limnol Oceanogr* 50, 799–809. DOI: 10.4319/lo.2005.50.3.0799.
- Mani, T., Primpke, S., Lorenz, C., Gerdt, G., Burkhardt-Holm, P., (2019). Microplastic pollution in benthic midstream sediments of the Rhine River, *Environmental Science & Technology*, 53(10), 6053-6062. DOI: 10.1021/acs.est.9b01363.
- Marmara Denizi Çevre Master Planı ve Yatırım Stratejileri Projesi (MEMPIS) projesi (2008).
- Mercogliano, R., Avio, C. G., Regoli, F., Anastasio, A., Colavita, G., Santonicola, S., (2020). Occurrence of microplastics in commercial seafood under the 67 perspective of the human food chain. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 68(19), 5296-5301. DOI:10.1021/acs.jafc.0c01209.
- Meybeck, M. (1982). Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science*, 282(4), 1-50.
- Meyers, P. A., Ishiwatari, R. (1993). Lacustrine organic geochemistry—an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *Organic Geochemistry*, 20(7), 867-900. DOI: 10.1016/0146-6380(93)90100-P.
- Milliman, J. D., Meade, R. H. (1983). World-wide delivery of river sediment to the oceans. *The Journal of Geology*, 91(1), 1-21. DOI: 10.1086/628741.
- Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S.A., Vethaak, D.A. (2017). The occurrence of microplastics contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 24(25), 20459-20468. DOI:10.1007/s11356-017-9587-z.
- Naji, A., Nuri, M., Vethaak, D.A. (2018). Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*, 235, 113-120. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.12.046.
- Orr, J.C., Fabry, V.J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S.C., Feely, R.A., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Ishida, A., Joos, F., Key, R.M., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Matear, R., Monfray, P., Mouchet, A., Najjar, R.G., Plattner, G.K., Rodgers, K.B., Sabine, C.L., Sarmiento, J.L., Schlitzer, R., Slater, R.D., Totterdell, I.J., Weirig, M.F., Yamanaka, Y. and Yool, A., (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437, 681-686.
- Özsoy, E., Beşiktepe, Ş. ve Latif, M. A. (2000). Türk Boğazlar Sistemi'nin Oşinografisi. *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu*, Ataköy Marina, İstanbul, 1-12 Kasım.

- Park, J. ve Presley, B.J., (1997). Trace metal contamination of sediments and organisms from the Swan Lake area of Galveston Bay. *Environ. Pollut.*, 98, (2), 209-221. DOI: 10.1016/S0269-7491(97)00137-1
- Parker, F.L., and Berger W.H., (1971). Faunal and solution patterns of planktonic foraminifera in surface sediments of the South Pacific. *Deep-Sea Research.*, 18, 73-107. DOI: 10.1016/0011-7471(71)90017-9.
- Peters, K. E., Walters, C. C., Moldowan, J. M. (2005). The Biomarker Guide: Biomarkers and isotopes in the environment and human history. Cambridge University Press.
- Piperno D., (2006). Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists. *AltaMira Press* 144(05), 238.
DOI: 10.1017/S0016756807003159
- Prinz, N., Korez, Š. (2020). Understanding How Microplastics Affect Marine Biota on the Cellular Level Is Important for Assessing Ecosystem Function: A Review. In: Jungblut, S., Liebich, V., Bode-Dalby, M. (ed.) *YOUMARES 9 - The Oceans: Our Research, Our Future (101-120)*. Cham: Springer.
- Puskaric, S., Fowler, S., and W., Miquel, J.-C., (1992). Temporal Changes in Particulate Flux in the Northern Adriatic Sea, Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, 35, 267-287. DOI: 10.1016/S0272-7714(05)80048-4.
- Ragueneau, O., Dittert, N., Pondaven, P., Tréguer, P., Corrin, L. (2000). Si/C decoupling in the world ocean: is the Southern Ocean different?. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 47(15-16), 3755-3777.
DOI:10.1038/nature04883.
- Ran, X., Xu, B., Liu, J., Zhao, C., Liu, S., Zang, J.,(2017). Biogenic silica composition and $\delta^{13}\text{C}$ abundance in the Changjiang (Yangtze) and Huanghe (Yellow) Rivers with implications for the silicon cycle. *Science of The Total Environment*, 579, 1541–1549. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.161.
- Rios, L.M., Moore, C., Jones, P.R., (2007). Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Mar. Pollut. Bull.* 54(1), 230-237. DOI:10.1016/j.marpolbul.2007.03.022.
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., and Teh, S.J., (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress, *Scientific Reports*, 3, 3263. DOI:10.1038/srep03263.
- Rochman, C.M., (2018). Microplastics research – from sink to source, *Science*, 360 (6384), 28–29. DOI:10.1126/science.aar7734.

- Ross, P.S., Chastain, S., Vassilenko, E., Etemadifar, A., Zimmermann, S., Quesnel, S., Eert, J., Solomon, E., Patankar, S., Posacka, A.M., Williams, B. (2021). Pervasive distribution of polyester fibres in the Arctic Ocean is driven by Atlantic inputs. *Nature Communications*, 12(1), 106.
- Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A., Moloney, C.L., (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 1999–2012. DOI: 10.1098/rstb.2008.0207.
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., Lehtiniemi, M.,(2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web, *Environmental Pollution*, 185, 77-83. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.10.013.
- Sevencan, F. ve Vaizoğlu, S.A.,(2007). Pet ve geri dönüşümü, *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6 (4), 307-312.
- Sha L, Li D, Liu Y, Wu B, Wu Y, Knudsen LK, Li Z, Xu H., (2020). Biogenic silica concentration as a marine primary productivity proxy in the Holsteinsborg Dyb, West Greenland, during the last millennium. *Acta Oceanol. Sin.*, 39(9), 78–85. DOI: 10.1007/s13131-020-1648-3.
- Sharma, S., Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 21530-21547. DOI:10.1007/s11356-017-9910-8.
- Sherman, L.A., Barak, P., (2000). Solubility and dissolution kinetics of dolomite in Ca-Mg-HCO₃/CO₃ solutions at 25C and 0.1 Mpa carbon dioxide. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 1959-1968. DOI: 10.2136/sssaj2000.6461959x.
- Smith, S. V., Hollibaugh, J. T. (1993). Coastal metabolism and the oceanic organic carbon balance. *Reviews of Geophysics*, 31(1), 75-89.
- Tallberg P., Opfergelt S., Cornelis J. T., Liljendahl A. Ve Weckström J.,(2015). High concentrations of amorphous, biogenic Si (BSi) in the sediment of a small high-latitude lake: implications for biogeochemical Si cycling and for the use of BSi as a paleoproxy. *Journal of Paleolimnology*, 53,293–305. DOI 10.1007/s00027-014-0387-y.
- Talvitie, J. Mikola, A. Koistinen, A., Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution – removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment Technologies. *Water Research*, 123, 401-407. DOI:10.1016/j.watres.2017.07.005.
- Taşdemir, Y., (2002). Marmara Denizi: kirleticiler ve çevre açısından alınabilecek tedbirler, *Uludağ üniversitesi mühendislik-mimarlık fakültesi dergisi*, 7(1), 39-45. DOI:10.17482/uujfe.37301.

- Thompson R.C., De Falco F. (2020). "Marine litter: Are there solutions to this environmental challenge?". In Proceedings of the 2nd International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea. *Springer*. 39-43. DOI: 10.1007/978-3-030-45909-3_8.
- Thompson, P.R., (1981). Planktonic foraminifera in the western North Pacific during the last 150.000 years: comparison of modern and fossil assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 35, 241-279. DOI: 10.1016/0031-0182(81)90099-7
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D., Russell, A.E., (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304(5672), 838. DOI:10.1126/science.1094559.
- Tribble, J.S., Arvidson, R.S., Lane III, M., Mackenzie, F.T., (1995). Crystal chemistry, and thermodynamic and kinetic properties of calcite, dolomite, apatite, and biogenic silica: applications to petrologic problems. *Sedimentary Geology*, 95, 11-37.
- Tucker, M. E. (2001). *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. Blackwell Science.
- Tunçer, S., Artüz, O., B., Demirkol, M., Artüz , M., L., (2018). First repoort of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 283-289. DOI:10.1016/j.marpolbul.2018.06.054.
- Turhan, D. (2022). Evaluation of Microplastics in the Surface Water, Sediment and Fish of Sürğü Dam Reservoir (Malatya) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22,1-12.
- Tutoğlu N., (2019). Sucul ortamdaki mikroplastiklerin insan sağlığına etkisi ve arıtma yöntemlerinin araştırılması, Tarım Ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- UNEP, (2016). *Marine Plastic Debris and Microplastics – Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change*. United Nations Environment Prograıme, Nairobi.
- URL-1:(DSİ,2020)<https://avesis.istanbul.edu.tr/proje/01f1dd08-160b-4ac3-a9a1-2915044b6c00/marmara-havzasinda-su-kalitesi-izleme-projesi> (Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2024)
- URL-2: <https://plasticseurope.org/knowledgehub/plasticsthefacts2017> ,(Ziyaret tarihi: 20. Mayıs.2024).

URL-3:

[https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685#:~:text=T%C3%BCrkiye%20n%C3%BCfusu%2085%20milyon%20279%20bin%20553%20ki%C5%9Fi%20oldu&text=Di%C4%9Fer%20bir%20ifadeyle%20toplamlam%20n%C3%BCfusun,9'unu%20ise%20kad%C4%B1nlar%20olu%C5%9Fturdu,\(Ziyaret tarihi: 27 Mayıs 2024\).](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685#:~:text=T%C3%BCrkiye%20n%C3%BCfusu%2085%20milyon%20279%20bin%20553%20ki%C5%9Fi%20oldu&text=Di%C4%9Fer%20bir%20ifadeyle%20toplamlam%20n%C3%BCfusun,9'unu%20ise%20kad%C4%B1nlar%20olu%C5%9Fturdu,(Ziyaret+tarihi:+27+Mayıs+2024).)

Vandermeersch, G., Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R., Marques, A., Granby, K., Fait, G., Kotterman, M.J.J., Diogene, J., Bekaert, K., Robbens, J., Devriese, L. (2015). A critical review on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environ. Res.*, 143, 46-55. DOI: 10.1016/j.envres.2015.07.016.

Venghaus, D., Barjenbruch, M., (2017). Microplastics in urban water management. *Technical Transactions*, 114(1), 137-146. DOI:10.4467/2353737XCT.17.011.6108.

Vişne, A. ve Bat, L. (2015): Deniz Çöplerinin Değerlendirilmesi Üzerine Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 1(3): 104-115. DOI: 10.3153/JAEFR15011.

Vlachopoulos J., Strutt D. (2003). Polymer processing. *Mater Sci Technol* 19(9):1161–1169. DOI:10.1179/026708303225004738.

Watts, N.L., (1980). Quaternary pedogenic calcretes from the Kalahari (southern Africa): mineralogy, genesis and diagenesis. *Sedimentology*, 27, 661-686. DOI: 10.1111/j.1365-3091.1980.tb01654.x.

Weiner A.K.M, Weinkauf M.F.G , Kurasawa A., Darling K.F., Kucera M., (2015). Genetic and morphometric evidence for parallel evolution of the *Globigerinella calida* morphotype, *Elsevier*, 114, 19-35.

Yavuz E., (2017). Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporu, Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı,37.

Yurtsever M, (2015). Mikroplastikler'e Genel Bir Bakış, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, 17, 68-83.

Yurtsever, M. (2019). Nano- ve mikroplastik' lerin insan sağlığı ve ekosistem üzerindeki olası etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 5(2), 17-24.

Yurtsever, M. (2017). Mikroplastikler ve Çevresel Etkileri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (2021), 864-877. DOI: 10.29130/dubited.757698.

Yücetürk G., (2010). Yapay Mermerde Kullanılan Kuvars Ve Kalsit Minerallerinin Fiziko-Meknik Özellikleri, *SDU International Journal of Technologic Sciences*, 2(3); 72-80.

Yümün, Z. Ü., Kam, E., Dinçer, A., Önce, M., Yümün, S. (2021). The Investigation Of Toxic Element Pollution And Radioactivity Analyses Of Marine Sediments In The Gulf Of Gemlik (Bursa, Turkey). *Applied Ecology And Environmental Research*,16, 14751-14765. DOI:10.15666/aeer/1902_881900.



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Çetin S., Kaya M., Aksan S., Ergül H.A., (2022). A Preliminary Study on Microplastic Pollution in Freshwater Streams of the Marmara Basin, *4th International Environmental Chemistry (EnviroChem) Congress*, Antalya, 30 October- 02 November 2022.

Ergul H.A., **Çetin S.**, Aksan S., (2023). Preliminary Study on Microplastic Pollution in an Organized Industrial Zone Offshore Sediment from South East Coast of the Marmara Sea, *5th International Environmental Chemistry Congress*, Antalya, 30 October-2 November 2023.



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğretimini Kocaeli’de tamamladı. 2017 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nden 2021 yılında mezun oldu. Aynı sene Kocaeli Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitime başladı. İngilizce bilmektedir.

