

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
VETERİNERLİK BİYOKİMYASI ANA BİLİM DALI



**KARADENİZ'DEKİ YÜZEY VE DİP BALIKLARINDA BAZI
MİKROPLASTİK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Çiğdem KIRSÜLEYMANOĞLU YANAK

Danışman
Prof. Dr. Dilek ÇELİKLER

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.VET.1904.22.030 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2025

TEZ KABUL VE ONAYI

Çiğdem KIRSÜLEYMANOĞLU YANAK tarafından, **Prof. Dr. Dilek ÇELİKLER** danışmanlığında hazırlanan “**KARADENİZ’DEKİ YÜZEY VE DİP BALIKLARINDA BAZI MİKROPLASTİK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 4.2.2025 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Sena ÇENESİZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyokimya Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Dilek ÇELİKLER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Semra GÜMÜŞOVA Ondokuz Mayıs Üniversitesi Viroloji Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Oğuz MERHAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veterinerlik Biyokimyası Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Evrim SÖNMEZ Sinop Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

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

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

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

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

25.12.2024

Öğrenci Adı SOYADI

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: KARADENİZ'DEKİ YÜZEY VE DİP BALIKLARINDA BAZI MİKROPLASTİK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 25.12.2024 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 7

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

25/12/2024

Prof. Dr. Dilek ÇELİKLER

ÖZET

KARADENİZ'DEKİ YÜZEY VE DİP BALIKLARINDA BAZI MİKROPLASTİK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Çiğdem KIRSÜLEYMANOĞLU YANAK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Veterinerlik Biyokimyası Ana Bilim Dalı

Doktora, Şubat/2025

Danışman: Prof. Dr. Dilek ÇELİKLER

Bu araştırmada Karadeniz'deki palamut (*Sarda sarda*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*) yüzey balıkları ve barbunya (*Mullus barbatus*), mezgıt (*Merlangius merlangus*) dip balıklarının mide bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada kullanılan balıkların her birinden 30 adet olmak üzere toplam 150 balık, sezon mevsimi eylül-şubat aylarında hasat edilen balıkçılardan Karadeniz'in Sancaklı bölgesinden (41°17.9550'N ve 37°00.2988'E) temin edilmiştir. Balıklar soğuk zincir ile laboratuvar ortamına getirilerek balıkların mide, bağırsak ve solungaç dokuları ölçüm için hazırlanmıştır. Hazırlanan mide, bağırsak ve solungaç dokularının üzerine %10'luk 1000 mL KOH çözeltisi eklenip 60°C'de etüvde bekletilmiştir. Çözünen dokuların filtre kağıdında kurutma işlemi tamamlandıktan sonra mikroplastik ölçümleri Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (KİTAM)'nde Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ile yapılmıştır.

Araştırmada palamut (*Sarda sarda*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), barbunya (*Mullus barbatus*) ve mezgıt (*Merlangius merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeylerinin dalga sayısı ve absorbanlarına ait % grafikler çizilmiştir. Araştırma sonucunda palamut (*Sarda sarda*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*) ve hamsi (*Engraulis encrasicolus*) yüzey balıklarının en yüksek oranda mikroplastik türleri sırasıyla %29 PE, %29 PVC (mide dokularında), % 35 PP, %27 PE (bağırsak dokularında) ve %24 PP, %22 PE (solungaç dokularında) tespit edilmiştir. Barbunya (*Mullus barbatus*) ve mezgıt (*Merlangius merlangus*) dip balıklarında ise en yüksek oranda mikroplastik türleri %22 PP, %17 PE (mide dokularında), %25 PP, %21 PE (bağırsak dokularında) ve %23 PP, %21 PP (solungaç dokularında) olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Palamut, İstavrit, Hamsi, Barbun, Mezgit, Mikroplastik

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOME MICROPLASTIC LEVELS IN SURFACE AND BOTTOM FISHES IN THE BLACK SEA

Çiğdem KIRSÜLEYMANOĞLU YANAK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Veterinary Biochemistry

Ph.D., February/2025

Supervisor: Prof. Dr. Dilek ÇELİKLER

This study aimed to determine the microplastic levels in the gastrointestinal and gill tissues of bonito (*Sarda sarda*), horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) surface fish and red mullet (*Mullus barbatus*), whiting (*Merlangius merlangus*) bottom fish in the Black Sea.

A total of 150 fish, 30 from each of the fish used in the study, were obtained from fishermen harvested in the September-February season from the Sancaklı region of the Black Sea (41°17.9550'N and 37°00.2988'E). The fish were brought to the laboratory environment with a cold chain and the stomach, intestinal and gill tissues of the fish were prepared for measurement. 10% 1000 mL of KOH solution was added to the prepared stomach, intestinal and gill tissues and kept in the oven at 60°C. After the drying process of the dissolved tissues on the filter paper was completed, microplastic measurements were made with Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) at the Black Sea Advanced Technology Research and Application Center (KİTAM).

In the research, wave number and absorbance percentage graphs of microplastic levels in the stomach, intestine and gill tissues of bonito (*Sarda sarda*), horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*), red mullet (*Mullus barbatus*) and whiting (*Merlangius merlangus*) were drawn. As a result of the research, the highest rates of microplastic types in bonito (*Sarda sarda*), horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) surface fish were detected as 29% PE, 29% PVC (stomach tissues), 35% PP, 27% PE (intestinal tissues) and 24% PP, 22% PE (gill tissues), respectively. In red mullet (*Mullus barbatus*) and whiting (*Merlangius merlangus*) bottom fish, the highest rates of microplastic species were determined as 22% PP, 17% PE (in stomach tissues), 25% PP, 21% PE (in intestinal tissues) and 23% PP, 21% PP (in gill tissues).

Keywords: Bonito, Horse Mackerel, Anchovy, Red Mullet, Whiting, Microplastic

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora tez eğitimim boyunca, benden ilgisini ve zamanını esirgemeyen, bana inanan, bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren ve beni her zaman motive eden saygıdeğer hocam ve danışmanım Prof. Dr. Dilek ÇELİKLER'e teşekkür ederim.

Tez araştırmalarım boyunca olumlu eleştirileriyle katkı sağlayan, akademik bilgi birikimlerini benimle paylaşan, görüş ve düşüncelerinden yararlandığım Biyokimya Anabilim Dalı Sayın Prof. Dr. Ali ERTEKİN, Prof. Dr. Sena ÇENESİZ ve Prof. Dr. Semra GÜMÜŞOVA hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım boyunca desteğini ve güvenini benden esirgemeyen saygıdeğer kıymetli hocam Prof. Dr. İhsan YILMAZ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, bilgilerinden ve görüşlerinden yararlandığım değerli arkadaşım Büşra ŞAHİN'e teşekkür ederim.

Ayrıca, bugünlere gelmemi sağlayan, tüm hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve benim bugünlere başarılı bir şekilde gelmemi sağlayan, en değerli varlıklarım anne ve babama özellikle kardeşim Hakan KIRSÜLEYMANOĞLU'na sonsuz teşekkürler.

Tez araştırmalarım boyunca desteğini benden esirgemeyen her zaman yanımda olan ve araştırmalarımın katkı sağlayan kıymetli eşim FATİH YANAK'a sonsuz teşekkür ederim.

Adı SOYADI

Çiğdem KIRSÜLEYMANOĞLU YANAK

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI.....	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORUBEYANI	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Plastikler	4
2.1.1. Termoset Plastikler	5
2.1.2. Termoplastikler	6
2.2. Mikroplastikler ve Sınıflandırılması	10
2.2.1. Mikroplastik Renkleri	11
2.2.2. Mikroplastik Şekilleri	12
2.2.3. Mikroplastik Boyutları.....	13
2.3.4. Mikroplastik Türleri.....	13
2.3. Mikroplastik Kaynakları.....	14
2.3.1. Birincil Kaynaklı Mikroplastikler.....	15
2.3.2. İkincil Kaynaklı Mikroplastikler	16
2.4. Mikroplastik Kirliliği ve Çevresel Ortama Taşınımı	16
2.5. Mikroplastiklerin Canlılar Tarafından Yutulması	18
2.6. Balıkların Biyolojik Özellikleri.....	20
2.6.1. Palamut Balığı (<i>Sarda sarda</i> Bloch, 1793).....	21
2.6.2. İstavrit (<i>Trachurus mediterraneus</i> Steindachner, 1868)	22
2.6.3. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i> Linnaeus, 1758).....	22
2.6.4. Barbunya (<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758)	23
2.6.5. Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i> Linnaeus, 1758)	24
2.7. Literatürlerde Konu ile İlgili Yapılan Araştırmalar.....	25
2.7.1. Sucul Ekosistemlerdeki Bazı Balık Türlerinde Mikroplastik Araştırmaları	25
2.7.2. Sucul Ortamda Farklı Canlılarda Yapılan Mikroplastik Araştırmaları	31
3. MATERYAL VE METOT	34
3.1. Materyal.....	34

3.1.1. Çalışma Alanı	34
3.1.2. Hayvan Materyali	35
3.1.3. Kullanılan Kimyasallar ve Cihazlar.....	36
3.1.4. Potasyum Hidroksit Çözeltisinin Hazırlanması.....	36
3.2. Metot	36
3.2.1. Balık Dokularının Hazırlanması	36
3.2.2. Filtreleme	37
3.2.3. Fourier Dönüştümlü Kızılötesi (FTIR) Analizi ile Mikroplastik Tayini ...	37
3.2.4.İstatistiksel Analiz	38
4. BULGULAR	39
4.1. Araştırmanın Birinci Alt Problemine Ait Bulgular	39
4.1.1. Palamut (<i>S. sarda</i>) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç	39
4.1.2. İstavrit (<i>T. mediterraneus</i>) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları	41
4.1.3. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları	44
4.2. Araştırmanın İkinci Alt Problemine Ait Bulgular	48
4.2.1. Barbunya (<i>M. barbatus</i>) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları	48
4.2.2. Mezgit (<i>M. merlangus</i>) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları	50
5. TARTIŞMA	54
5.1.Araştırmanın Birinci Alt Problemine Ait Tartışma.....	54
5.2.Araştırmanın İkinci Alt Problemine Ait Tartışma.....	59
6. SONUÇ	65
ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	66
ÖZ GEÇMİŞ	84

SİMGELER VE KISALTMALAR

FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
IR	: Infrared
KİTAM	: Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
PA	: Poliamid
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen Tetraflatat
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinil Klorür

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Mikroplastiklerin meydana gelme aşamaları	5
Şekil 2.2. Polietilen	7
Şekil 2.3. Polipropilen.....	8
Şekil 2.4. Polietilen tetraflatat.....	8
Şekil 2.5. Polistrien	9
Şekil 2.6. Polivinil klorür.....	10
Şekil 2.7. Mikroplastik parçacıklar	11
Şekil 2.8. Mikroplastik renkleri	12
Şekil 2.9. Mikroplastik şekilleri.....	12
Şekil 2.10. Sucul canlılardan ve işleme proseslerinden kaynaklı insan tüketimine bulaşan mikroplastik ve nanoplastik riski.....	15
Şekil 2.11. A, B Birincil; C, D İkincil mikroplastik örnekleri	16
Şekil 2.12. Denizel ortamda rastlanılan ikincil mikroplastik tiplerinin bazıları 1-4 filmler (nylon parçacıklar) 5-8 sert plastik parçacıklar	18
Şekil 2.13. Mikroplastiklerin balık üzerindeki başlıca etkileri	20
Şekil 2.14. Balığın anatomik yapısı	21
Şekil 2.15. Palamut (<i>Sarda sarda</i> Bloch, 1793) balığı genel görünüşü	21
Şekil 2.16. İstavrit (<i>Trachurus mediterraneus</i> Steindachner, 1868) balığının genel görünüşü	22
Şekil 2.17. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i> Linnaeus, 1758) balığının genel görünüşü	23
Şekil 2.18. Barbunya (<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758) balığının genel görünüşü.....	24
Şekil 2.19. Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i> Linnaeus, 1758) balığının genel görünüşü	25
Şekil 3.20. Karadeniz Bölgesi	34
Şekil 3.21. Samsun Sancaklı.....	35
Şekil 4.22. Palamut (<i>S. sarda</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları	39
Şekil 4.23. Palamut (<i>S. sarda</i>) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı	40
Şekil 4.24. Palamut (<i>S. sarda</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı.....	40
Şekil 4.25. İstavrit (<i>T. mediterraneus</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları.....	42
Şekil 4.26. İstavrit (<i>T. mediterraneus</i>) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı	43
Şekil 4.27. İstavrit (<i>T. mediterraneus</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı.....	43
Şekil 4.28. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları	45

Şekil 4.29. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı.....	46
Şekil 4.30. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı.....	46
Şekil 4.31. Yüzey balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı	47
Şekil 4.32. Barbunya (<i>M. barbatus</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları	48
Şekil 4.33. Barbunya (<i>M. barbatus</i>) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı.....	49
Şekil 4.34. Barbunya (<i>M. barbatus</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı.....	49
Şekil 4.35. Mezgıt (<i>M. merlangus</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları	51
Şekil 4.36. Mezgıt (<i>M. merlangus</i>) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı.....	52
Şekil 4.37. Mezgıt (<i>M. merlangus</i>) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı.....	52
Şekil 4.38. Dip balıklarının (barbunya (<i>M. barbatus</i>) ve mezgıt (<i>M. merlangus</i>)) mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı	53

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Plastik parçacıkların boyut sınıflandırması.....	13
Tablo 3.2. Karadeniz’den toplanan balık örneklerine ait boy ve ağırlık tablosu	35
Tablo 3.3. Balık dokularına ait Shapiro-Wilk değerleri.....	38
Tablo 4.4. Palamut (<i>S. sarda</i>) balığı dokular arası ki-kare testi.....	41
Tablo 4.5. İstavrit (<i>T. mediterraneus</i>) balığı dokular arası ki- kare testi	44
Tablo 4.6. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) balığı dokular arası ki-kare testi.....	47
Tablo 4.7. Barbunya (<i>M. barbatus</i>) balığı dokular arası ki- kare testi.....	50
Tablo 4.8. Mezgit (<i>M. merlangus</i>) balığı dokular arası ki- kare testi	53



1. GİRİŞ

Deniz kirliliği, ekosisteme doğrudan veya dolaylı olarak giren madde veya kirleticilerin, canlı kaynaklara ve insan sağlığına zarar vermesi, denizel kalitenin bozulması nedeniyle; denizel kaynakların kullanımının sınırlandırılması ve balıkçılığı da içeren tüm aktivitelerin engellenmesi olarak tanımlanmaktadır (GESAMP, 1969). Deniz kirliliği uzun yıllardır en önemli çevresel problemlerin başında gelmektedir. Göllere, nehirlerle, karaya ve atmosfere bırakılan her türlü kirleticinin doğrudan veya dolaylı yollardan denizlere ulaşması kirliliğin hızla artmasına neden olmaktadır (Samsunlu, 1995). Bu kirleticilerin temelini sular, endüstriyel ve tarımsal atıklar oluşturmaktadır. Doğal atık bölgeleri gibi kabul edilen sucul ortamlara kontrolsüzce yapılan atık su deşarjları bu bölgeler için ciddi bir tehlike haline gelmektedir (Liu et al., 2019; Nour et al., 2019). Besin maddelerinin alıcı ortamın dengesini bozacak şekilde aşırı boşaltımı, radyoaktif atıklar, katı atıklar, organik, kimyasal atıklar, deniz dibinden taranan malzeme, gemi ile diğer deniz araçlarından kaynaklanan petrol türevli katı ve sıvı atıklar kirliliğin diğer kaynaklarını oluşturmaktadır. Deniz suyu niteliğinin bu şekilde bozulması canlı yapıların zarar görmesine, insan sağlığının tehlikeye girmesine ve balıkçılık dâhil denizcilik faaliyetlerinin engellenmesine neden olmaktadır (Alpay, 2015). Su kirliliğinin yeni fark edilen bir boyutu da plastik kirliliğidir. Plastik, ucuz ve kolay ulaşılabilir bir madde olması nedeniyle 20.yy'dan sonra hemen her alanda kullanılmaya başlanmıştır (Kayan ve Küçük, 2020). Hayatı birçok alanda kolaylaştıran ve ekonomik olan plastiğin üretimi ile tüketiminin hızla artması ve kullanılan plastik atıkların bilinçsizce çevreye atılması plastik kirliliğinin katlanarak artmasına sebep olmaktadır (Yenigün, 2018). Bu durum dünya çapında plastik kirliliğiyle ilgili endişeleri artırmaktadır (Foekema et al., 2013). Çevreye düşünmeden dökülen ya da bırakılan plastik atıklar, doğadaki yağışlarla sürüklenerek derin okyanus yüzeylerine ve diplerine kadar taşınmaktadır (Peng et al., 2018). Denizdeki plastik atıklar, çevrede her yerde bulunabilmelerinin yanı sıra uzun ömürlü olmaları nedeniyle denizdeki vahşi yaşam, ekosistemler, turizm endüstrisi, balıkçılık, denizcilik ekipmanlarına zarar verme ve seyir güvenliği üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (Van-Cauwenberghe et al., 2015). Doğaya bırakılan plastik atıklar zamanla fiziksel ve kimyasal etkiler nedeniyle daha küçük parçacıklara parçalanarak bozulmaktadır. Bu etkiler sonucunda yapıları değişen polimerlerde, parçalanma, yüzey çatlaması ve renk bozulması gibi etkiler meydana gelmektedir (UNEP, 2015). Plastik

materyaller UV ışınları, sıcaklık, asidite ve mikrobiyal ayrışma gibi mekanizmalarla daha küçük boyutlara parçalanabilmektedir (Andrady, 2011). Plastik atıklar parçalandıklarında büyüklüklerine göre megaplastik (>100 mm), makroplastik (>20 mm), mezoplastik (5-20 mm) ve mikroplastik (>5 mm) olarak isimlendirilmektedir (Arthur et al., 2009). Sulardaki plastik atıkların %92'sinin ise mikroplastik formunun oluşturduğu rapor edilmiştir (Greenpeace, 2018). En yaygın kullanılan plastik atıkları da polietilen (PE), polipropilen (PP), polietilentereftalat (PET), polyamid (naylon), polyester, polistiren (PS) ve polivinilklorür (PVC) gibi maddeler oluşturmaktadır (Jambeck et al., 2015). Bu maddeler deniz ve tatlı su ekosistemlerinde bol miktarda bulunmaktadır (Lattin et al., 2004). Mikroplastiklerin kimyası polimerin doğal bileşimi ve herhangi bir katkı maddesinin varlığından etkilenebileceği gibi, ortamdaki deniz suyundan hidrofobik plastik yüzeye toksik maddelerin adsorpsiyonu (Lusher et al., 2018) ve yüzeyi kaplayan hidrofilik, hidrojenli veya biyojenik fazlar ile değişebilmektedir. Okyanuslarda ve deniz organizmalarında mikroplastiklerin varlığı, biyolojik çeşitlilik için büyük bir endişe kaynağıdır ve deniz ürünleri tüketicileri için potansiyel bir tehlikedir (Alomar et al., 2016). Denizlere ulaşan plastik atıkların dağılımı ve bölgesel birikimleri rüzgârlar, gelgit döngüler, akıntılar ve deniz haritasını da etkilemektedir. Bu etkiler sonucunda atıklar sahillerde birikerek, su kolonu boyunca yüzme, deniz dibine çökerek birikme ve denizde yaşayan birçok canlı tarafından yutulma, özellikleri göstermektedir (Galgani et al., 2015). Plastik kirliliğinden etkilenen sucul ekosistemde yaşayan zooplanktonlar, balık yiyen kuşlar, eklembacaklılar, balıklar, deniz memelileri, derisi dikenliler, kabuklu ve omurgasız canlılar, mikroskobik sucul omurgasızlar, midye ve planktonik canlılar ile besin zincirinin altında yer alan balık larvaları tarafından makro, mikro ve nanoplastiklerin yutulduğu belirtilmiştir. Bunun sonucunda denizde yaşayan yaklaşık 800 canlı türünün deniz atıklarından etkilendiği tespit edilmiştir (Bouwmeester et al., 2015; Rist et al., 2018; Smith et al., 2018). Birçok araştırma, mikroplastiklerin farklı trofik seviyelerden çeşitli organizmalar tarafından alındığını ve organizmaların kimyasal kirleticilere maruz kaldığını göstermiştir (Kor and Mehdinia, 2020). Bu nedenle balıklar, mikroplastik araştırmalarında kullanılan en yaygın canlı grubunu oluşturmaktadır (Romeo et al., 2015). Çevre bilimi ve ekolojisinde model türler olan balıklar, su ekosistemlerinin sağlığını değerlendirmek için biyomonitör olarak kullanılmaktadır (Anastasopoulou et al., 2013). Yapılan araştırmalarda her türlü habitattan 150'den fazla

balık türünün mikroplastik içerdiği rapor edilmiştir (Burt, 2014). Mikroplastik parçacıkların küçük boyutlu, renkli ve yüzebilme özelliğinde olması balıklar tarafından kolay yutma eğilimi sağlamaktadır. Balıklar, mikroplastikleri doğal avları zannederek, avlarına yapışmış ya da avlarının içindeki mikroplastikleri bilinçli olarak yutabilirler (Welden and Cowie, 2016). 32 ülkede 250'den fazla tatlı su balığı ile yapılan araştırma sonucunda tatlı su balıklarının deniz organizmalarıyla birlikte su altındaki mikroplastikleri yuttukları belirlenmiştir. Analiz edilen balık örneklerinin %50'sinden fazlasının sindirim sisteminde mikroplastik varlığı tespit edilmiştir (Galafassi et al., 2021; Tekman et al., 2021). Sucul ekosistemlerde yaşayan canlıların midelerinin plastikle dolması tokluk hissi nedeniyle genellikle hayvanların aç kalarak ölmesine neden olmaktadır (Kershaw, 2016; Rist et al., 2018). Bu konuda yapılan araştırmalar ile mikroplastik parçalarının canlı vücudundaki hareketi, dokularında birikip birikmediği ve vücuda alınması sonucunda neden olabileceği olası sağlık sorunları hakkında daha net bilgiler ortaya konulmaktadır.

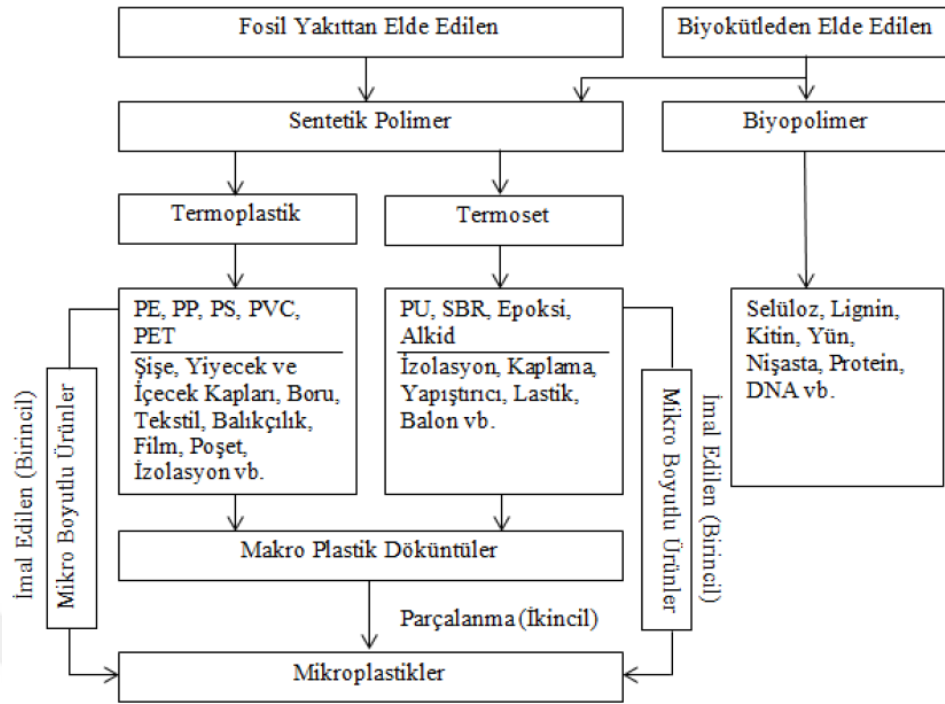
Mikroplastikler, sudaki besinleri dışarıdan canlılara taşıyarak zarar vermekte ve balıkların iç organlarına, üreme sistemlerine, sindirim enzim sistemi, hormon bozuklukları gibi birçok olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu durum balık kalitesinin ve neslinin korunması için önem arz etmektedir. Mikroplastiklerin yutulması sonucu, balıkların bünyelerinde biriken mikroplastikler balıkları tehlikeye atabilmektedir. Balıkların tüketilmesiyle mikroplastik bulaşma riski de insan sağlığı açısından göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda yapılan bu çalışmada yüzey balıklarından palamut (*Sarda sarda*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve dip balıklarından barbunya (*Mullus barbatus*), mezigit (*Merlangius merlangus*) türlerinin mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeyleri arasındaki ilişkinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı beslenme ve yaşam alanlarına sahip bu balıkların mikroplastik maruziyetlerinin karşılaştırılması daha kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Plastikler

Plastikler, normal şartlarda katı halde bulunan, ısı ve basınç altında şekillenebilen veya kalıplanabilen, uzun zincirli organik polimerlerden oluşan sentetik veya yarı sentetik malzeme grubu olarak tanımlanmaktadır (Yaşar, 2001). Plastik, istenilen şekli alabilen anlamına gelen yunanca “plastikos” kelimesinden gelir (Sevencan ve Vaizoğlu, 2007). Sanayi, otomotiv, kozmetik, sağlık, yapı sektörleri tekstil ve ambalaj gibi birçok alanda plastik materyallerden yararlanılmaktadır. Korozyon ve suya dayanıklı olmaları, kolay şekil alabilmeleri gibi avantajları olan plastik malzemelerin üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanılmaması, geri dönüşümündeki bozulmaya karşı yüksek dirençli ve maliyetli olması gibi birçok dezavantajı da bulunmaktadır (Phuong et al., 2016). Bütün plastikler polimerizasyon sonucu oluşan ürünlerdir. Plastiklerin büyük bir çoğunluğu kömür, doğal gaz, petrol ve fosil yakıttan oluşmaktadır. Plastik yapımının ön işlemi bunların monomerlere dönüşmesidir. Bu monomerler etilen, propilen, benzen, para ksilen ve toluen gibi maddelerdir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Plastiklerin; yoğunlukları düşüktür ve bu nedenle hafiftirler. Plastiklerin çoğu renksizdir ve renk verici maddeler ile istenilen renkte kullanılabilirler. Plastik maddelerinin yumuşak ve çizilmeye karşı az dirençli olmaları, kendileri için bir dezavantajdır (Aydın, 2004). Plastikler genelde çok küçük ısı iletkenlik katsayısına ve ısı genleşmesi katsayısına sahiptirler (Ekşi, 2007).

Plastikler, doğal ve yapay olarak sınıflandırılabilir. İpek ve kauçuk doğal plastiklere örnektir ve doğada çözünebilmektedir (Ocak, 2021). Yapay plastikler ise sentetiktir ve antropojenik etkilere neden olmaktadır (Andrady and Neal, 2009; Ocak, 2021). Plastikler türlerine göre ise; ısıl sertleşir plastikler (termoset) ve ısıl yumuşar plastikler (termoplastik) olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Mikroplastiklerin meydana gelme aşamaları Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Mikroplastiklerin meydana gelme aşamaları (GESAMP, 2015)

2.1.1. Termoset Plastikler

Termoset terimi hem oda sıcaklığında hem de daha yüksek sıcaklıkta çapraz bağlı yapıya dönüşebilen anlamına gelmektedir (Kılıç ve Yüce, 2014). Termosetler; katalizör, ısı ve mor ötesi ışımayla muamele edildiğinde genellikle çapraz bağlı bir yapı meydana getirerek, sertleşen ve tekrar ısıtıldığında yumuşamayan plastiklerdir (Ünal, 2006). Termoset plastiklerde polimer zincirleri arasında çapraz bağlar olması nedeniyle bu malzemeler her sıcaklıkta katı olarak bulunurlar (Kılıç ve Yüce, 2014). Bu ağ yapısı basınç ve sıcaklık altında sertleşerek oluşur ve tekrar çözülmez. Bu nedenle bir daha şekillendirildikten sonra kimyasal yapı bozulana kadar, tekrar kaynatmak, yumuşatmak ve şekillendirmek mümkün değildir. Kimyasal yapıları bozulana kadar sıcak ortamda önemli oranda yumuşamadıkları için sıcaklığa karşı daha dayanıklılık göstermektedirler (Ünal, 2006). Termoset plastikler; fenolik reçineler, furan reçineleri, aminoasitler, alkitler, doymamış asit poliestерleri, epoksi reçineler, poliüretanlar ve silikonlardır (Kılıç ve Yüce, 2014). Termoset polimerlere ise; poliüretan, fenol-formaldehit, epoksi reçineleri, vinil ester, silikon, melamin reçinesi, doymamış polyester ve akrilik reçineler örnek verilebilir (Plastics Europe, 2018).

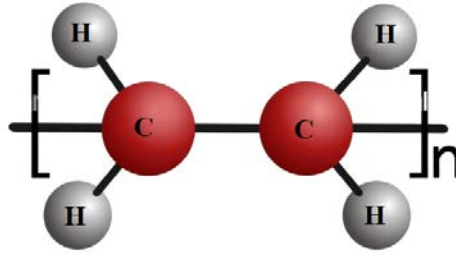
2.1.2. Termoplastikler

Polimer olarak adlandırılan termoplastikler ısıtıldığında eriyebilen maddeler olarak adlandırılmaktadır. Soğutma ve ısıtma işlemleri ve uygulama işleme teknikleri ile herhangi bir şekle dönüşebilirler. Bu sebeple termoplastik ya da ısıl yumuşarlar olarak tanımlanmaktadırlar. Isıl yumuşar maddelerin aralarında çapraz bağlar olmaması nedeniyle ısıtıldığında polimer zincirler arasındaki kuvvetli bağlar kalkar ve akışkan bir hal alır. İstenilen şekildeki kalıplara konulan malzeme soğulduğunda eski haline geri dönebilmektedir. Basınç ve sıcaklık uygulanmasıyla kullanılmış termoplastikler geri dönüştürülüp yeniden üretimde kullanılabilirler. Termoplastiklerin bu döngüsü polimerin kimyasal özelliklerini çok değiştirmez. Bu nedenle geri dönüşüm işleminin tekrarlanmasında herhangi bir sınırlama yoktur. Yalnız polimerin küçük moleküller haline gelmemesine ve termal parçalanmamasına dikkat edilmelidir. Termoplastikler genellikle her bir tür için kendisine özel sıcaklıklar olan erime sıcaklığı ve camsı geçiş sıcaklığı arasında kullanışlıdır ve tam bir sıvı özelliği göstermezler. Değişik işleme teknikleri ile istenilen ürün elde etmek için özellik bakımından bu iki hal arasında yer alırlar (Kıralp vd., 2007). PP, PE, PS, PET ve PVC termoplastiklere örnektir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

2.1.2.1. Polietilen (PE)

Polietilenin ilk sentezi 1898 yılında Alman kimyager Hons Von Pechmann tarafından tesadüfen gerçekleşmiştir. Endüstriyel anlamda kullanılması 1933 yılında Reginald Gibson ve Eric Fawcett sayesinde gerçekleştirilmiştir (Kıralp vd., 2007). PE, yarı şeffaf bir termoplastik maddedir. Yüksek basınç ve sıcaklıkla etilenin polimerizasyonu sonucunda elde edilir. PE'in mekanik özellikleri polimer zincirinin uzunluğuna, kristal yapıya ve molekül ağırlığına göre değişkenlik gösterir. Kısa zincirli olanları daha kırılğan yapıya sahipken, uzun zincirli olanları ise daha sert yapıya sahiptir. PE, fiziksel ve kimyasal tepkilere karşı dayanıklı bir malzemedir. Bu özelliğine bağlı olarak oyuncaklarda, kaplamalarda, bazı mutfak eşyalarında ve boru sistemlerinde kullanılmaktadır (Kurnaz, 2019). Paketleme, mutfak gereçleri, otomotiv ve tekstil sanayi gibi birçok sektörde yüksek darbe ve kimyasal dayanımı, bakteri üretmeme özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır (Halden, 2010; Andrady, 2011). Petrol kimyasalların en önemlilerinden olan etilen molekülleri çeşitli tekniklerle birbirlerine eklenerek polimerleştirilebilir ve bunun sonucunda düşük molekül ağırlıklı mumlardan molekül ağırlığı çok yüksek olan kristal yapıya yüksek yoğunluklu

polietilene (HDPE) kadar çok çeşitli ürünler elde edilebilir. Bu malzeme düşük yoğunluklu ve yüksek yoğunluklu olmak üzere iki farklı formda geliştirilmiştir. Düşük yoğunluklu polietilenler (LDPE) esnek, yarı ışık geçirgenliğine sahip, mumsu yapıda, düşük sıcaklıklara dayanıklı ve ucuzdurlar. Genel olarak gaz ve su boruları, plastik poşet ve diğer paketleme ürünleri, çok çeşitli numune ve saklama kapları yapımında kullanılırlar. HDPE ise yarı sert, yarı ışık geçirgenliğine sahip, mukavemeti yüksek, kimyasallara dayanıklı, düşük su absorplama özelliklerine sahip olup aynı zamanda ucuzdurlar. Genellikle mutfak aletleri, yiyecek kaplama malzemeleri, benzin depoları, süt ve sıvı deterjan kapları yapımında kullanılırlar (Kıralp vd., 2007). PE'nin kimyasal yapısı Şekil 2.2'de verilmiştir.

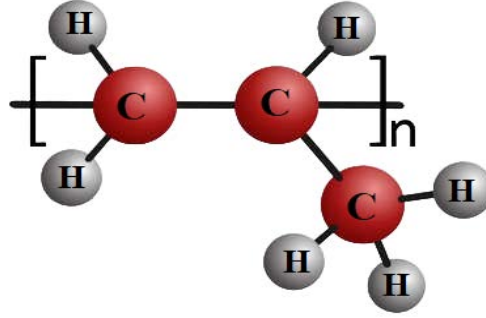


Şekil 2.2. Polietilen (URL1)

2.1.2.2. Polipropilen (PP)

Polipropilen, propilen gazının yüksek güvenlikte olması ve Ziegler-Natta'nın odaların basınç altında polimerleşmesiyle üretilir. Bu termoplastik polimerler arasında en hafif olanlardan biridir. Kristal yapı ve 0,902 ile 0,904 g/cm³ yoğunluğa sahiptir ve erime sıcaklığı 160 °C ile 168 °C arasındadır. PP, yüksek bir dielektrik ve ısı soğutma özelliğine sahip olmasının sebebi polar olmamasıdır. Ayrıca sülfürik asit, bikarbonat, kerosen, nitrik asit ve karbon tetraklorür kimyasallarına karşı oldukça dayanıklıdır. PP nemli bir depolama alanında altı ay boyunca saklanabilmekte ve ağırlığı yaklaşık %0,1 oranında artmaktadır. PP, termoplastik malzemeler üzerinde kullanılan tüm tekniklerle şekillendirilebilir (Kurnaz, 2019). Sıvılaşma noktası yaklaşık olarak 175°C seviyesindedir. Oksidasyonunun ve kırılmanın önlenmesi için ısıtmanın sürdürülmesi ve en az düzeyde tutulması gereklidir. Ayrıca propilen ve etilenin bir arada polimerleşmesiyle kırılma engellenebilmektedir (Yaşar, 2001). Plastik, halılardan plastik mobilyalara ve ambalajlara kadar geniş bir şekilde

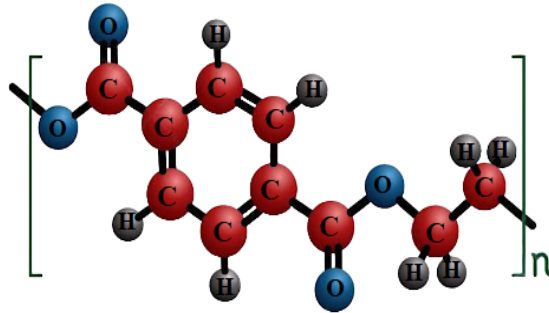
kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründe de sıklıkla kullanılır. Günlük yaşamda yaygın olarak kullanılmasının temel nedenleri arasında hafif olması, suyu itmemesi, baskılara ve çatlaklara karşı yüksek dayanıklılığa sahip olması, baz ve organik çözücülere karşı dirençli olması, susuz olması, leke tutmaması, kolay ve ekonomik üretiminin devam etmesi olmuştur (Kıralp vd., 2007). PP'nin kimyasal yapısı Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Polipropilen (URL2)

2.1.2.3. Polietilen Teraftalat (PET)

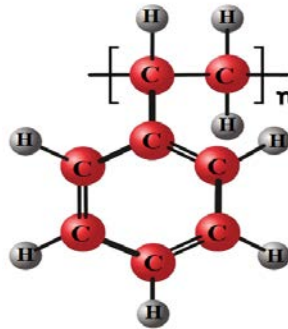
Polietilen tereftalat orta sıcaklık derecelerinde en sık kullanılan plastik türlerinden biridir. Suya batabilen ve 250 °C'de eriyen açık veya hafif yarı saydam bir malzemedir. Yoğunluğu 1,33 ile 1,37 g/cm³ arasında ve sıcaklığı en fazla 60°C'dir. Kristal yapısına sahip olması nedeniyle zayıf asitlere, bazlara ve birçok çözünmeye karşı dirençlidir. Bunun yanı sıra sağlamlık, kırılma, parçalanma ve yüksek darbeye dayanıklı gibi özellikleri ile diğer termoplastiklerden daha üstündür. Diğer plastiklere kıyasla PET'in gaz geçirgenliği de daha düşüktür (DPT, 2001). Yanması alevlidir ve sönerken beyaz duman çıkarır. Su, meyve suyu, soda ve bitkisel yağ şişeleri, yağ kavanozu, gıda ambalaj filmleri ve elyafların yapımında kullanılmaktadır (Sevencan ve Vaizoğlu, 2007). PET'in kimyasal yapısı Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Polietilen tetraflatat (URL3)

2.1.2.4. Polistiren (PS)

Polistiren ilk kez 1839 yılında Almanya'da eczanede Eduard Simon tarafından sentezlenmiştir. Alman kimyager Hermann Staudinger, PS moleküllerinin uzun zincirli plastik oluşturduğunu keşfetmiştir. Staudinger, 1922'de doğal kauçukların esnekliklerini sağlayan uzun zincirlerin tekrarlayan küçük birimlerden oluşan teorisini ortaya çıkarmıştır. PS, sıvı stirenin polimerizasyonu ile üretilen bir termoplastiktir. Sert bir malzemedir ve yüksek sıcaklıkta parçaları eritilerek kalıplama gibi işlemler yapılabilir. Strafor, PS'nin en bilinen şekli olup, normal PS'den 30 kat daha hafiftir. PS, termoplastikler arasında dördüncü sırada yer alan üretim hacmi kapsamına sahiptir. Yumurta karton kutularında, hayvan eti tezgâhlarında, sıcak veya soğuk hava koşullarındaki gıda paketlerinde kullanılmaktadırlar. Ayrıca paketlenme, elektrikli cihazlar, inşaat malzemeleri, mobilya, mekanik ürünler ve taşımacılık sektöründe de kullanım alanı mevcuttur (Kıralp vd., 2007). PS'nin kimyasal yapısı Şekil 2.5'te verilmiştir.

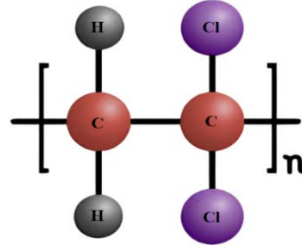


Şekil 2.5. Polistiren (URL4)

2.1.2.5. Polivinil Klorür (PVC)

Polivinil klorür, dünyada bulunan termoplastikler arasında ilk keşfedilenlerden biridir. Genellikle sert ve yumuşak olmak üzere iki temel kategoriye ayrılır. Sert PVC'lerin çoğu boru ve pencere profil üretiminde, yumuşak PVC'ler ise film ve folyo oluşturmak için tercih edilmektedir (DPT, 2001). PVC'nin en büyük yararı çeşitli katkı maddeleri ile uyum sağlamasıdır. Kuvvetli olması ve hava şartlarına karşı koruyuculuk özelliğiyle mükemmel bir inşaat malzemesidir. Yüksek performans ve düşük maliyet nedeniyle otomobil sektöründe de tercih edilmektedir. PVC, pencere profillerinde, kanalizasyon ve su borularında, medikal ürünlerde, döşemelerde, ambalajlarda, kredi

kartlarında, suni derilerde ve kaplamalı kumaşlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Kıralp vd., 2007). PVC'nin kimyasal yapısı Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Polivinil klorür (URL5)

2.2. Mikroplastikler ve Sınıflandırılması

Mikroplastikler çeşitli işlemlerden kaynaklanan ve boyutları genellikle 5 mm'den küçük olarak sınıflandırılan plastik parçalardır (Sulistyowati et al., 2022). Andrady (2017) ise mikroplastikleri 500 µm'lik bir elekten geçen ancak 67 µm'lik elekte tutulan (0,06-0,5 mm çapında) ve zar zor görülen partiküller olarak tanımlamış ve bundan daha büyük boyuttaki partikülleri mezoplastik olarak adlandırmıştır (Ta and Babel, 2019). Mikroplastiklerin özellikleri fizikokimyasal, biyolojik bozunma ve ayırma gibi çeşitli dönüşümlere maruz kaldıklarından birçok boyutlarda değişiklik göstermektedir (Ahmed et al., 2022). Plastik parçaların %46'sı genellikle suda batmamaktadır. Mikroplastikler ise suya batma veya dayanıklılık gösterme özelliklerine sahiptirler (Lattin et al., 2004). Ancak plastiklerin oluşturduğu mikrobiyal kolonizasyon ve biyofilm oluşumu gibi belirtiler, bu parçaların su kolonu boyunca daha da derinlere batmasına sebep olmaktadır (Rummel et al., 2017). Denizden alınan sedimente kadar olan su kolonunun her seviyesinde, çeşitli biyotik ve abiyotiklerin saklandığı mikroplastikler mevcuttur (Vianello et al., 2013; Cózar et al., 2015). Mikroplastiklerin hidrofobik yüzeyleri sayesinde yüzebilme ve parçaları taşıma gibi özellikleri de bulunmaktadır (Hidalgo-Ruz et al., 2012; Wright et al., 2013). Denizlerdeki atık plastiklerin incelenmesi sırasında, mikroplastiklerin kalıcı organik kirleticileri absorplamalarının yanı sıra plastikleştiriciler, antioksidanlar, anti-statik ajanlar ve alev geciktiriciler gibi katkı gruplarının da bulunduğu tespit edilmiştir (Yurtsever, 2015). Mikroplastiklerin yarattığı olumsuz biyolojik etkilerin yanı sıra, kalıcı organik kirleticileri deniz besin zincirine dağıtılmasında da rol oynadıkları bilinmektedir. Mikroplastikler, kalıcı organik kirleticileri yakalayarak yüzey su

kaynaklarından tortulara taşıyarak bentik organizmaların kalıcı organik kirleticilere maruz kalma riskini artırır (Besseling et al., 2012).

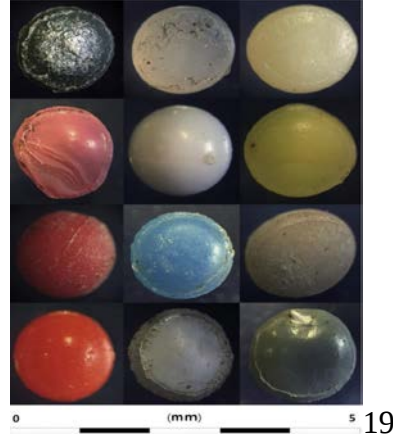
Mikroplastikler renk, şekil, boyut ve türlerine göre sınıflandırılabilir (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Mikroplastik parçacıkları Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7. Mikroplastik parçacıklar (Oladejo, 2017)

2.2.1. Mikroplastik Renkleri

Mikroplastikler genellikle ürettikleri plastik üründen renk özelliklerini almaktadırlar. Ancak mikroplastığın rengi atmosferik koşullara ve çevresel faktörlere bağlı olarak da değişebilir (Tutoğlu, 2019). Çoğu plastik genellikle renksizdir. Bu nedenle, plastik üretiminde istenilen renk elde edilmesi için renk verici katkı maddeleri kullanılmaktadır. Özellikle şeffaf ve renksiz plastikler ya da mikro boyutlardaki parçaların su görünümünde görünmeyen plastik atıklar oluşur (Yurtsever, 2015). Ancak bazı plastik türlerinde renklendiriciler %10'a kadar var olabilirler (Sevencan ve Vaizoğlu, 2019). Yapılan bazı araştırmalar, renk parametresinin yanı sıra mikroplastiklerin kimyasal içeriği ve türler hakkında da bilgi vermektedir (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Mikroplastikler, deniz organizmaları için çekici olabilir çünkü avlarının rengine benzeyebilir ve deniz canlıları tarafından yutulabilir (Bakkaloğlu, 2019). Bu nedenle sucul organizmaların mikroplastik tüketim potansiyellerini belirlemek için renk bilgisi ve parametreler kullanılır (Tutoğlu, 2019). Renk sınıflandırması bazen mikroplastığın kaynağı hakkında da bilgi vermektedir. Örneğin Tapi Phumduang Nehri sistemi ve Bandon Körfezi su ve tortu örneklerinde nehirde körfeze oranla daha fazla mikroplastik bulunduğu en sık görülen renklerin ise mavi ve beyaz parçacıklar olduğu saptanmıştır (Chinfak et al., 2021). Mikroplastik renkleri Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.8. Mikroplastik renkleri (Crawford and Quinn, 2017)

2.2.2. Mikroplastik Şekilleri

Mikroplastiklerin şekilleri maruz kaldıkları parçalanma sürelerine ve sıcaklık ortamlarına bağlı olarak değişebilir (Esmeray ve Armutçu, 2020). Numunenin diğer bileşenlerden ayrılması için, şekil, renk, yüzey dokusu gibi özellikler ve mikroplastikleri diğer parçalardan ayırmaya yardımcı başka özellikler kullanılmaktadır (Silva et al, 2018). Mikroplastikler farklı şekillerde olabilir, örneğin silindirik, düz, oval, yuvarlak, uzun, düzenli, pürüzlü, kırık kenarlı, levha, kırıntı, çubuk ve köpük şeklinde olabilirler. Mikroplastik parçacıklar, genellikle makro boyuttaki plastiklerin parçalanmasıyla ortaya çıkar ve bu nedenle belirli bir biçim veya renge sahip değildir (Bakkaloğlu, 2019). Örneğin Amazon Nehri'nde 189 balık örneğinde yapılan araştırma sonucunda plastik parçacıklarının çaplarının 0,38 ila 4,16 mm arasında olan peletler (%97,4), levhalar (%1,3), parçalar (%0,4) ve iplikler (%0,9) olduğu saptanmıştır (Schmid et al., 2018). Mikroplastik şekilleri Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Mikroplastik şekilleri (Tutoğlu, 2019)

2.2.3. Mikroplastik Boyutları

Çevredeki plastik atıklar ve küçük plastik parçalar fiziksel, kimyasal ve diğer etkilerle parçalara ayrılmaktadır. Farklı alt ve üst boyut sınırları sayesinde mikroplastik literatüründe, dünya genelindeki mikroplastik oluşum ve mevcutla ilgili birçok veri kaydedilmiştir (Cauwenberghe et al, 2015). Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi, deniz atıklarının büyüklüklerine bağlı olarak 5 mm'nin üzerinde veya altında tutulmasına göre makro ve mikro olarak sınıflandırma yapmışlardır (Tutoğlu, 2019). Plastikler boyutlarına göre 5'e ayrılmaktadır (Tablo 2.1). Mikroplastikler de kendi içerisinde çeşitli boyutlarda sınıflandırılmıştır. Yapılan çalışmalarda mikroplastikler boyutlarına göre farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Örneğin; mikroplastikler 6 farklı boyut aralığında sınıflara ayrılmıştır: <50, 50-100, 100-200, 200-500, 500-1000 ve > 1000 µm (Song et al., 2015); farklı bir çalışmada ise mikroplastikler boyutlarına göre 2 kategoriye ayrılmıştır: 125-355 µm, > 355 µm (Mason et al., 2016).

Tablo 2.1. Plastik parçacıkların boyut sınıflandırması (Crawford and Quinn, 2017)

Kategori	Boyut
Makroplastik	≥25 mm
Mezoplastik	<25 mm-5 mm
Mikroplastik	<5 mm
Mini-Mikroplastik	<1 mm-1 µm
Nanoplastik	<1 µm

2.3.4. Mikroplastik Türleri

Plastikler arasında en yaygın olarak kullanılan plastik türleri; PE, PVC, PP, PS ve PET gibi polimerlerdir. Bu plastikler küresel plastik üretiminin yaklaşık %90'ını oluştururlar (Venghaus and Barjenbruch, 2017). Sıklıkla bulunan mikroplastik polimer türleri genellikle denizel alanlarda bulunur. Mikroplastiklerin su kolonunda yüzerken veya batarken nasıl davrandıkları hakkında bilgi verir. PS, PA, PET ve PVC polimerleri, su yüzeyinde rüzgârlar veya akıntılar yoluyla uzun mesafelere taşınabilen PP ve PE aksine, sudan daha yüksek yoğunluğa sahip oldukları için bentik bölgede batma ve birikme eğilimindedir. Ancak mikroplastiklerin özgül ağırlıkları ve yapısal özellikleri yoğunluğuna bağlı olarak değişebilir (Çağlayan ve Kopuz, 2020). Çin'de Zhangjiang Nehri su örneklerinde yapılan bir araştırmada toplu örnekleme yöntemi kullanılmış ve aralarında PP, PS, PET ve PE'nin de bulunduğu mikroplastik polimerler

olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda PE ve PP polimerlerinin yaygın mikroplastik türleri olduğu gösterilmiştir (Pan et al., 2020).

2.3. Mikroplastik Kaynakları

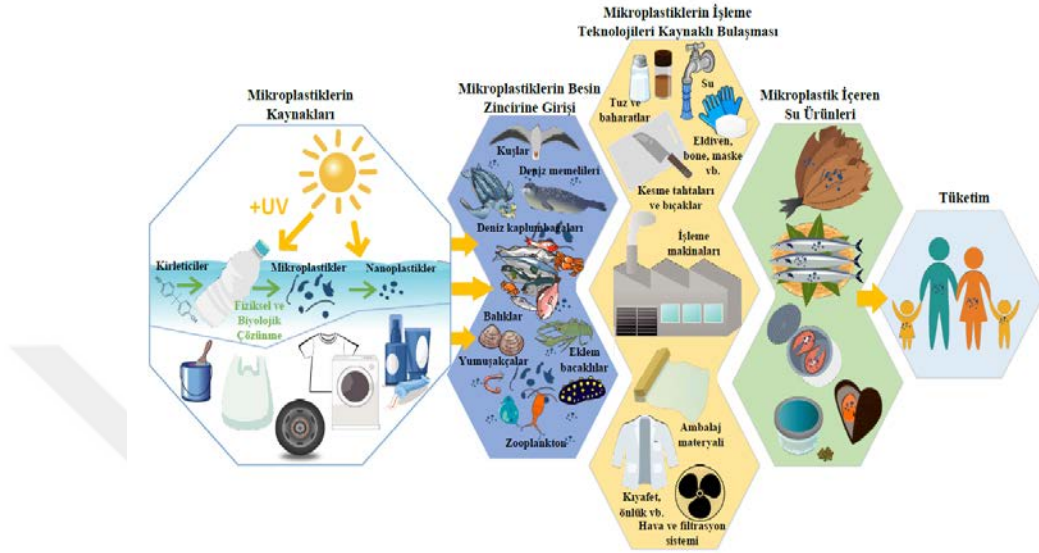
Mikroplastikler, farklı üretimler veya sektörlerden doğal ve insan kaynaklı faaliyetler ile uzak mesafelere taşınarak ortamlarda bulunabilmektedir. Mikroplastikler karasal, sucul ve hava-atmosfer kaynaklı oluşabilmektedir. Karasal kaynaklar, tarımsal faaliyetler, kıyılardaki plastik atıkların bozulması, karasal ulaşım ve inşaat faaliyetleridir (Kershaw, 2015). Plastik kirliliğinin %80'inin kaynağının karasal ortamlar olduğu belirlenmiştir (Çağlayan ve Kopuz, 2020).

Sucul kaynaklar, denizcilik, balıkçılık, su ürünleri ve atık yönetimi gibi alanlarda kullanılan kaynaklardır (Kershaw, 2015). Dünyada üretilen plastik atıkların yaklaşık %2'si bir yılda denizlere ulaşmaktadır (TÜDAV, 2017). Atıkların denize ulaşması iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. İlki, deniz ticareti ve atıkların yasa dışı çöp dökme gibi denizcilik faaliyetleri gibi nedenlerle denizlere ulaşmasıdır. İkincisi ise karada zarar gören plastikler ve kıyılardaki atıkların nehirler, yağmur suları, fırtınalar ve atık sularıyla denizlere sürüklenmesiyle gerçekleşmektedir. Yoğun nüfuslu alanlarda, suyun içine biriken plastiklerin büyük çoğunluğunun karadan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Thomas, 2014). Su habitatlarında, plajlardan açık okyanusa kadar mikroplastikler birçok ortamda tespit edilmiştir (Lusher et al., 2017). Giysilerin yıkanması sırasında mikroplastik ve lif tipi mikroplastik parçaların dökülmesi sucul ortamlarda birikerek kirlilik kaynaklarını oluşturmaktadır (Çelebi vd., 2021). Evsel atıksu arıtma tesislerinin çıkış sularındaki lifler ve kozmetik bozulmaları içeren mikroplastikler, sucul ekosistemdeki mikroplastik kirliliğinin ana nedeni olarak kabul edilmektedir (Akarsu et al., 2017). Plastik borular da içme suyu sistemlerinde önemli bir mikroplastik kaynağı olabilmektedir (Tong et al., 2020).

Mikroplastiklerin havadaki durumu hakkında çok az araştırma yapılsa da bazı araştırmalarda mikroplastiklerin atmosferde de var olduğu görülmektedir. Bahçecilik uygulamalarında kullanılan sentetikler, binalardaki malzemeler, atık depolama alanları, atıkların yakılması ve gübre olarak kullanılan arıtma çamuru gibi durumlar atmosferdeki mikroplastik kirliliğine sebep olmaktadır (Esmeray ve Armutcu, 2020). Plastik ürünlerin ve ambalajların yapımında kullanılan kalıplama ve kırma işlemleri

sırasında geriye kalan küçük plastik parçacıklar atmosferde toz olarak bulunmaktadır (Kershaw and Rochman, 2015).

Sucul canlılardan ve işleme proseslerinden kaynaklı insan tüketimine bulaşan mikroplastik ve nanoplastik riski Şekil 2.10’da verilmiştir.



Şekil 2.10. Sucul canlılardan ve işleme proseslerinden kaynaklı insan tüketimine bulaşan mikroplastik ve nanoplastik riski (Tunçelli ve Erkan, 2021).

Mikroplastikler, üretim yöntemlerine bağlı olarak birincil ve ikincil mikroplastikler olarak sınıflandırılabilirler (Tutoğlu, 2019).

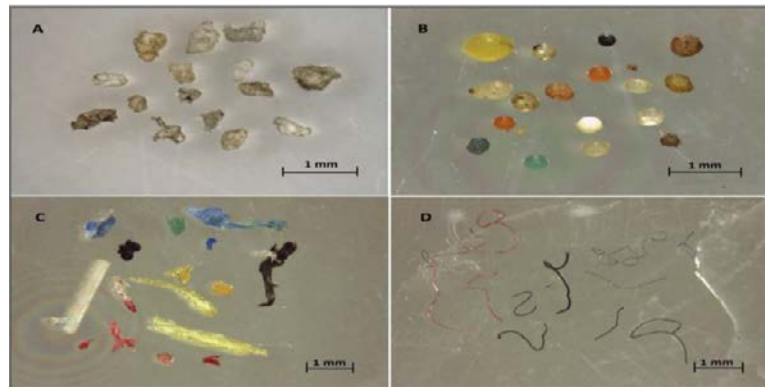
2.3.1. Birincil Kaynaklı Mikroplastikler

Birincil mikroplastikler, endüstrilerde işlenen ve günlük hayatta kullanılan ürünlerde bulunan küçük plastik parçalardır (GESAMP, 2016; Auta et al., 2017). Birincil mikroplastiklerin endüstriyel üretim ve plastikten kaynaklanan toz emisyonlarının yan ürünleri olduğu tespit edilmiştir (Laskar and Kumar, 2019). Ana mikroplastikler genellikle fiberler, peletler, mikro boncuklar ve plastik parçaları içermektedir (Çağlayan ve Kopuz, 2020). Plastik parçalar 2-5 mm boyutundaki birincil mikroplastik olan plastik peletlerden oluşur (Germanov et al., 2018). Peletler üretim, taşıma veya kullanım aşamalarında sızıntı yoluyla çevreye girmektedirler (Andrady, 2017). Peletler kalıcı organik kirleticileri soğurabildikleri ve dayanıklı oldukları için mikroplastiklerin besin zincirine girmesinde taşıyıcı görev almaktadır (Coley and Verbel, 2015). Birincil mikroplastiklerin kaynakları birkaç kategoride sınıflandırılabilir: işlenmemiş plastik üretim peletleri, hava yoluyla oluşan aşındırıcılar, ilaçlar için kullanılan vektörler, yüz temizleyicileri ve kozmetiklerdir

(Venghaus and Barjenbruch, 2017). Diş macunları, yüz temizleme ve duş jelleri, temizlik malzemeleri, saç boyaları, allık, rimel, oje gibi makyaj ürünleri, tıraş kremleri, bebek ürünleri, nemlendirici kremler, böcek kovucu spreylere ve sentetik giysiler birincil mikroplastikleri içerirler (GESAMP, 2016; Auta et al., 2017).

2.3.2. İkincil Kaynaklı Mikroplastikler

İkincil mikroplastikler, ultraviyole, radyasyon, kimyasal etkiler, biyolojik etkiler ve mekanik etkiler nedeniyle büyük plastik parçaların parçalanması sonucunda oluşmaktadır (Germanov et al., 2018). Plastiklerin parçalanma ve bozulma süreci, sıcaklık ve güneş ışığı gibi faktörlere bağlı olarak değişirken, yapısındaki özellikler de önemli bir rol oynamaktadır (GESAMP, 2015; Auta et al., 2017). Denizel organizmaların plastikleri enzimler yoluyla biyolojik parçalanması daha yavaş bir şekilde gerçekleşir (GESAMP, 2016). Sentetik kumaşların yıkanması sırasında salınan tekstil lifi içeriği ve tarlada kullanıldıktan sonra bırakılan tarımsal malç film içerikleri ikincil mikroplastikleri oluşturmaktadır (Andrady, 2017). İkincil mikroplastikler, atık su arıtma tesislerinden kaynaklanan ve doğaya doğrudan salınan emisyonların neden olduğu bir tür kirliliğe sebep olmaktadır (Venghaus and Barjenbruch, 2017). Deniz ekosistemlerinde hem birincil hem de ikincil mikroplastiklerin yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir. Birincil ve ikincil mikroplastikler Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11. A, B Birincil; C, D İkincil mikroplastik örnekleri (Tutoğlu, 2019)

2.4. Mikroplastik Kirliliği ve Çevresel Ortama Taşınımı

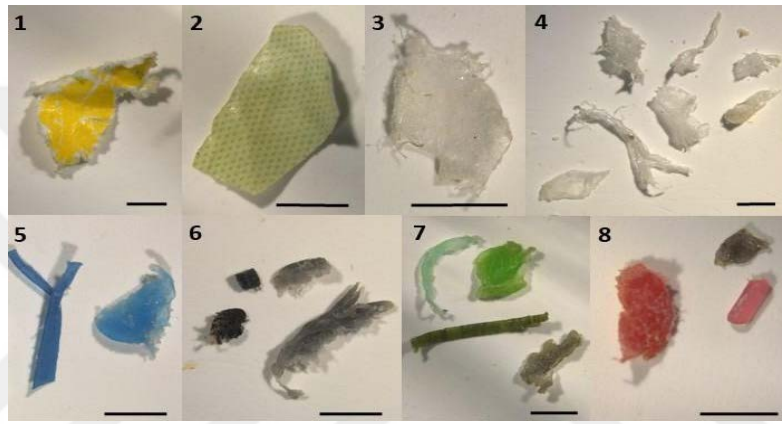
Okyanuslardan nehirlere, denizlerden sucul ekosistemlere, kutup bölgelerinden göllere kadar birçok alanda mikroplastik kirliliği önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Claessens et al., 2011; Obbard et al., 2014; Peng et al., 2018; Sighicelli et al., 2018).

Plastik malzemeler ekosistem içerisinde hareket ederek, karadan denize ulaşabilmektedirler. Akarsular ve rüzgarlar, mikroplastiklerin sucul ve hava ortamlarına yayılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Yurtsever vd., 2017). Plastikler, endüstriyel atıklar, lastik parçaları gibi atılan eşyalar, denizlere rüzgâr, hava ve akarsular yoluyla taşınmaktadır (Koelmans, 2015; Waite et al., 2018). Denizdeki plastik kirliliğinin nedenleri arasında balıkçılık, su ürünleri üretimleri ve denizcilik faaliyetleri bulunmaktadır (Andrady, 2011). Denizlerde, özellikle olta takımları büyük miktarda plastik kirliliğine sebep olmaktadır (Kanlı ve Kurt, 2019).

Kara ekosistemlerinde ise kompost gübre, doğal gübre elde etmek için atıkların parçalanması ve çürüme süreciyle elde edilen bir türdür. Endüstriyel kompost gübrede kullanılan atıkların çapı 5 mm'den küçük olup, gübrenin içine mikroplastik karışma riskini artırmaktadır (Awasthi et al., 2016). Toprağa serilen kompostun içinde bulunan mikroplastikler toprağa karışmaktadır (Nizzetto et al., 2016). Tarım da kullanılan kompost gübre ve arıtma çamurlarının, toprakta önemli miktarda mikroplastik kaynağı olduğu belirtilmiştir (Verschoor et al., 2014). Toprağın içindeki mikroplastiklerin çözünmesi çok yavaş bir şekilde meydana gelir. Toprakta bulunan PE sadece %0,1-0,4 kayıpla 800 gün sonra, PP bir yılda %0,4 ağırlıkla kayba uğrarken, PVC 35 yıl boyunca bozulmadan kalabilmektedir (Ali vd., 2014). Toprağa karışan plastik atıklar, çeşitli değişkenlerle parçalanarak yer altı sularına sızabilir ya da yer altında yaşayan canlılara geçebilmektedir (Hurley and Nizzetto, 2018).

Mikroplastiklerle ilgili yapılan bazı araştırmalarda, sadece tatlı su ekosistemlerinde mikroplastiklerin mevcut olmadığını, aynı zamanda okyanuslardaki plastik kirliliğinin de yoğun olduğunu göstermektedir. Mikroplastiklerin denizlere girişi eskiden nakliyat faaliyetleri, deniz kazaları ve plastik atıklarla ilişkilendirilirken, genellikle nehirler aracılığıyla olduğu bilinmektedir (Halfar et al., 2021). Nehirler, mikroplastiklerin denizlere ana taşınma vektörleridir (Mani et al., 2019). Kaçak veya kontrolsüz atık boşaltma, atık yönetimi, kanalizasyon, sanayi ve atıksu tesisleri, limanlar ve sızıntı suları gibi faaliyetler de önemli kaynaklardır (Çağlayan ve Kopuz, 2020). Yapılan bir araştırma, nehirlerdeki mikroplastik kirliliğinin daha düşük su kalitesine sahip nehirlerde arttığını ve diğer kirleticilerle benzer kaynaklar ve oluşum süreçlerini takip ettiğini göstermektedir. Özetle, akarsular mikroplastiklerin deniz ekosistemlerine yayılmasında önemli bir rol oynamada ve nehirlerde bulunan mikroplastikler su kalitesi için kritik bir faktör olarak belirlenmektedir. Kara

kaynaklarından gelen mikroplastikler ve atıksu arıtma tesislerinden çıkan mikroplastik içeren atıklar da doğrudan nehirlere ve göllere boşaltılmaktadır. Küçük ve hafif plastik parçalar suyun üzerinde yüzerken, büyük ve ağır olanlar suyun altında toplanmaktadır (Lu et al., 2019). Okyanuslarda biriken mikroplastikler, yağmur bulutlarını oluşturan buharlaşmada bulunabilecek kadar küçüktür, yağışlar ile mikroplastikler dağlık bölgelerde ve diğer yerlerde birikmektedir. Göller ve nehirler, mikroplastikleri okyanusa geri taşıyarak plastik döngüyü oluşturmaktadır (Blackburn and Green, 2021). Denizel ortamda rastlanılan ikincil mikroplastik tiplerinin bazıları, filmler (naylon parçacıklar), sert plastik parçacıklar Şekil 2.12’de verilmiştir.



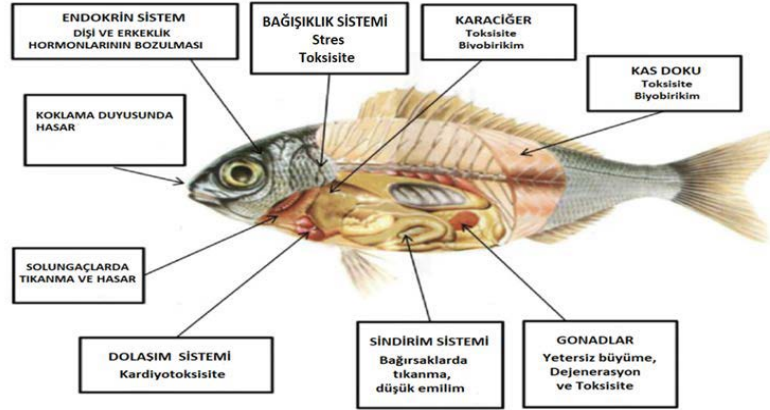
Şekil 2.12. Denizel ortamda rastlanılan ikincil mikroplastik tiplerinin bazıları 1-4 filmler (naylon parçacıklar) 5-8 sert plastik parçacıklar (Esensoy ve Aytan 2020b).

2.5. Mikroplastiklerin Canlılar Tarafından Yutulması

Denizlerdeki mikroplastik kirliliği üzerine yapılan araştırmalarda, bilim dünyasının dikkati plastiklerin canlılar tarafından yutulması ve olası etkilerinin araştırılmasına yönelmiştir (Frias et al., 2014, Tanaka et al., 2015; Beckwith et al., 2018; Ross et al., 2021). Son zamanlarda sularda yaşayan pek çok canlının plastik atıklara maruz kalarak boğulabileceği, dış yaralanmalar alabileceği, mikroplastikleri yuttuklarında dolu mide nedeniyle zayıflayarak hayatlarını kaybedebileceği ortaya konulmuştur (Mato et al., 2001; Thiel et al., 2018; Jepsen et al., 2019). Bu nedenle, sucul ekosistemlerde zooplanktondan deniz kaplumbağalarına, pelajik ve dip balıklarından deniz memelilerine kadar birçok tür, plastik kirliliğinden etkilenmektedir (Van Franeker et al., 2011; Li et al., 2015; Lusher et al., 2015; Santos et al., 2015; Güven et al., 2017).

2016 Birleşmiş Milletler Raporu'na göre, 800'den fazla hayvanın plastik maddelerle etkileşime girdiği ve bu 800 türün 220'sinin vücudundaki mikroplastiklerin doğal ortamlardan dokularına girdiği belirtilmiştir (UNEP, 2016). Deniz canlıları genellikle büyük plastik parçalara dolanarak ve daha küçük plastikleri yutarak zarar görmektedir (Foekema et al., 2013; Katija et al., 2017). Son yıllarda balıkçılıkta kullanılan doğal materyaller yerini sentetik materyallere bırakmıştır. Deniz ortamındaki canlılar azımsanmayacak miktardaki suda unutulmuş, bırakılan ya da kopan ağlara dolanmakta ve bu yüzden de canlılıklarını sürdürememektedir (Kühn et al., 2015). Dolandıkları maddeler, balıkların yüzmelerini etkileyerek ya da avlanmalarını değiştirerek besin bulmalarını engeller (Santos et al., 2016). Canlıların plastikleri yutma/bünyelerine alma yöntemleri çeşitlilik gösterse de bir kısım yiyecekleri avlar yoluyla plastiklere maruz kalırken, diğerleri avları ile karıştırıp yutmaktadır. Plastik malzemeden sucul ortamda yaşayan yüzey balıklar ve filtrasyonla yetiştirilen canlılar için özellikle tehlikeli olabilir (Güven vd., 2017; Brate et al., 2018a). Yutulan plastik sindirim sistemlerini parçalayabilir ve boşaltım sistemlerini engelleyip tıkayabilir. Plastik sindirilemez ve midede uzun süre kalabilir, bu nedenle canlılar yetersiz beslenme nedeniyle ölebilirler (de Stephanis et al., 2013). Plastik tüketilmesi üreme verimini de negatif yönde değiştirebilir (Plot and Georges, 2010). Canlıların plastikleri tüketimlerinde beslenme sisteminin yanında miktarı, rengi ve şekli gibi faktörler de etkilidir. Hayvanlar genellikle su ortamlarındaki avlarıyla benzerliklerinden dolayı sık sık parçalarla besinini karıştırarak bünyelerine alırlar. Örneğin deniz kuşları, balıklara benzemelerinden dolayı, koyu renkli plastikler yerine açık renkli plastikleri tercih ederler ve daha fazla yutarlar (Verlis et al., 2013). Mikroplastiklerin boyutları, benzer boyutlardaki parçaların yutulması muhtemel avlarla aynı değildir. Yapılan bir araştırmada, filtre ederek beslenen canlılar daha büyük olanlara kıyasla planktona benzer boyutlardaki parçalara daha fazla maruz kalırlar. Balık ve deniz kabukluları içeren gıdaların insanlara geçebileceği endişesi, plastikten türetilen kimyasallarla ilgili insan sağlığı sorunlarını da ortaya koymaktadır (Cole et al., 2015). Üretimleri sırasında kullanılan zararlı kimyasal bileşikler veya toksik maddeler, bulundukları çevredeki kalıcı mikro kirleticileri tutabilme gibi özellikleriyle mikro boyuttaki plastikler, canlı tarafından sindirimi gerçekleşmeden atılsa bile enzimler yardımıyla parçalanarak bu bileşikler canlıya geçebilmektedir. Toksik etkilere neden olan bu birikimler besin

zinciri içinde artarak insan vücuduna kadar ilerleyebilmektedir (Çağlayan ve Kopuz, 2020). Mikroplastiklerin balık üzerindeki etkileri Şekil 2.13'te verilmiştir.



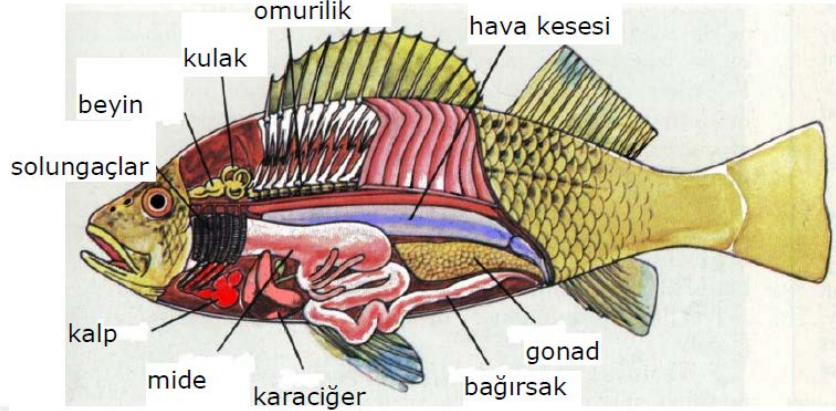
Şekil 2.13. Mikroplastiklerin balık üzerindeki başlıca etkileri (Kayhan, 2019)

2.6. Balıkların Biyolojik Özellikleri

Balıklar suda yaşayan ve solungaçları ile solunum yapan, soğuk kanlı, kapleri çift gözlü, çoğunun vücudu pullu, genellikle yumurta ile üreyen omurgalı hayvanlardır. Bazı türler canlı doğurarak ürer (lepistes, kılıçkuyruk, moli vs.). Örneğin tatlı su balıklarından Lepistes'in yumurtaları anne karnında çatlar ve canlı doğum gerçekleşir. Çiklitgillerde ise kuluçka süresi dişinin ağzında gerçekleşir. Ağzında yumurtaları çeviren, mantarlaşmasını engelleyen dişi yumurtalar çatlayana hatta yavrular serbestçe yüzmeye başlayana kadar onları ağzındaki kesesinde korur. Balıklar su yaşamındaki en önemli varlıklardan bir tanesidir. Nehir, göl, akarsu, okyanus ve denizlerde bulunmaktadır.

Bulunmuş olan en eski balık fosilleri 500 milyon yaşındadır. Günümüzün balıkları kıkırdaklı balıklar ve kemikli balıklar olarak ikiye ayrılırlar. Bunlar gibi diğer iki grubu oluşturmuş olan zırhlı balıklar ve dikenli köpek balıkları nesilleri 300-400 milyon yıl evvel tamamen tükenmiştir. Balık anatomisi farklılıklara sahiptir. Bir kulakçık ve karıncıktan meydana gelen kalplerinde daima kirli kan bulunur. Kalpten çıkan kirli kan solungaçlarda temizlendiğinden, vücutta temiz kan dolaşır. Ağzından alınan su, solungaçlardan dışarı atılırken suda çözölmüş oksijen, osmozla kana verilir. Bu arada suda bulunan besinler ise yutulur. Köpek balıklarında su hem ağzından hem de ilk solungaç yarığında alınır. Tuzlu su balıkları su içtikleri halde, tatlı su balıkları su içmezler. Gerekli su ihtiyaçlarını solungaç zarlarından osmozla alırlar. Deniz balıkları içtikleri suyun tuzunu böbrekle değil, solungaçları ile ayırır. Balıklarda göğüs

ve karın yüzgeçleri çift, sırt, kuyruk ve anal yüzgeçleri tektir. Tek yüzgeçler nadiren birden fazla olsalar da simetrik çiftler meydana getirmezler (URL6). Balığın anatomik yapısı Şekil 2.14’te verilmiştir.



Şekil 2.14. Balığın anatomik yapısı (URL7)

2.6.1. Palamut Balığı (*Sarda sarda* Bloch, 1793)

Palamut balığı (*Sarda sarda*) Scombridae familyasının üyesi olan epipelajik bir türdür (Collette ve Nauen, 1983). Boyları 1 m, ağırlıkları 12 kg kadar olabilmektedir. Genellikle büyük sürüler halinde çok uzun mesafelere göç ederler. Çok hızlı şekilde yüzerler. Vücutları tipik olarak fusiform şekildedir. Vücutları çıplaktır ve iki yaşından sonra eşeyssel olgunluğa erişir. İlkbaharda Karadeniz’e yumurta bırakırlar ve ağustos sonunda tekrar Marmara Denizine dönerler. Yumurta verimi 450.000-1.000.000 civarında olmaktadır (Kuru, 1994). Karadeniz ve Marmara’nın en meşhur balığıdır. Bahar aylarında, Karadeniz’e giriş yapar ve yumurtalarını olgunlaştırıp 18-20°C’de açık deniz sularında birkaç milyona kadar yumurtlamaktadırlar. Ekonomik açıdan ülkemizde önemli olan bu tür Çanakkale ve İstanbul Boğazları aracılığıyla Ege Denizi ve Karadeniz arasında üreme ve beslenme amaçlı göç ederler (Nümann, 1955). Araştırmada kullanılan palamut balığının genel görünüşü Şekil 2.15’ te verilmiştir.



Şekil 2.15. Palamut (*Sarda sarda* Bloch, 1793) balığı genel görünüşü (URL8)

2.6.2. İstavrit (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868)

Denizlerimizde sıklıkla rastlanan istavrit, Carangidae familyasına ait bir balık türüdür. Yapısal özellikleri ile birbirinden ayrılamayan iki farklı tür vardır; biri küçük, diğeri büyüktür. 22 cm'ye kadar olan balıklar küçük boylu uç olarak sınıflandırılırken, diğerkleri büyük boylu uç olarak sınıflandırılır. Karadeniz'de *Trachurus mediterraneus* Steindacher, 1968 ve *Trachurus trachurus* L., 1758 olmak üzere iki farklı alt türün bulunduğu belirtilmektedir. İstavrit, genellikle avlanan ve ekonomik değeri yüksek olan, amatör balıkçılar tarafından çaparilerle avcılığı ile yoğun olarak avlanmaktadır (Polat ve Ergün, 2008). İstavrit yanlardan hafifçe basık ve uzun bir balıktır. Rengi genelde gümüştür. Sırt tarafı siyah lacivert renktedir. Yüzgeçler sarı ve saydamsıdır, üzerlerinde çok küçük siyah benekler bulunur. Kuyruk yüzgeci daha belirgin sarı renktedir. Gözler iridir ve başın ön tarafında yer alırlar. Ekonomik değeri yüksektir. Gırgır ağıları, trol, uzatma ağıları ve olta ile avcılığı yapılmaktadır (URL9). Yüzeysel bir tür olan istavrit yüzey veya yüzeye yakın sularda, genellikle 100 ile 200 m arasında dağılım gösteren, sürü oluşturarak yüzen bir balık türüdür. Besinlerinin temelini kabuklular ve balıklar oluşturur. Üreme dönemleri nisan ayında başlayıp mayıs ayına kadar devam etmektedir (Froese and Raully, 2021; FAO, 2021). İstavritler, hayatlarının tamamını Karadeniz'de geçirir ve mayıstan ağustosa kadar sahillerden birkaç mil açıkta sürüler halinde yumurta bırakırlar. Bir dişi genellikle 100.000 ila 140.000 yumurta bırakabilirler. Yumurtalar denizsel özellikler gösterir ve yumurtadan çıkan larvalar genellikle 2,5-3 mm uzunluğundadır. İstavrit balığının gençleri planktonla beslenirken, yetişkinleri hamsi, çaça, gümüş, sardalya, kaya balığı gibi balıkların yavruları, omurgasızlarla ve deniz analarının yumurtalarını yiyerek beslenmektedirler (Polat ve Ergün, 2008). Araştırmada kullanılan istavrit balığının genel görünüşü Şekil 2.16' da verilmiştir.



Şekil 2.16. İstavrit (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) balığının genel görünüşü (URL10)

2.6.3. Hamsi (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758)

Karadeniz'deki yüzey balık çeşitleri arasında en dikkat çekici tür hamsidir. Sonbahar ve kış mevsimlerinde büyük gruplar halinde sahillerde bir araya gelirler ve

Doğu Karadeniz bölgesinde avlanmaktadırlar (Çelikkale vd., 1993). Hamsi Marmara ve Karadeniz’de büyük sürüler halinde göçü olan bir pelajik türdür. Vücut kolay dökülebilen küçük pullar ile örtülüdür. Ağız büyüktür üst çenede çok küçük bir sıra diş mevcuttur. Gözler başın ön tarafında yer alır ve büyüktürler. Vücut sırtta siyah kahve veya lacivert olup yanlar ve karın gümüş renktedir. Ekonomik değeri çok yüksektir (URL9). Deniz suyu sıcaklığı 12-13 °C'ye gerilediğinde gruplar halinde dolaşan hamsiler, balık bulucu aletlerle tespit edilir ve avlanmaya başlar (Çelikkale vd., 1993). Karadeniz’de sınırlı hamsi balığı, Türkiye’nin avlanan su depolarında önemli bir bölüm oluşturur. Karadeniz hamsinin uzunluğu 18 ile 20 cm arasında değişmektedir. Hamsi bireyleri genellikle 20-60 m derinlikte bulunur, ancak bazen 400 m derinliğe kadar açıklık görünüşleri bulunur. Yumurtlama periyodu nisan ile kasım arasında devam eder. Özellikle yumurtlama zamanlarında körfezlere veya lagünlere girebilirler (Froese and Pauly, 2021; FAO, 2021). Hamsi aynı beslenme basamağında olan çaça, tirsi, sardalya, taraklılar ve medüzler gibi diğer organizma ve organizma grupları ile besin rekabeti yapmaktadırlar (Mutlu, 2000). Araştırmada kullanılan hamsi balığının genel görünüşü Şekil 2.17’ de verilmiştir.



Şekil 2.17. Hamsi (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) balığının genel görünüşü (URL11)

2.6.4. Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)

Barbunya demersal bir balık türüdür. 10-328 m arasında yaşadıkları bilinmekle birlikte genellikle 100-300 m arasında dağılım gösterirler. Karnivor bir balıktır. Alt çenede kadifemsi dişler mevcutken üst çenede diş yoktur. Alt çenede bulunan 2 adet bıyık vasıtası ile zeminden beslenir. Vücudunda kırmızı kahverengi arası tonlarda hatlar ve benekler mevcuttur. Yüzgeçler sarı ve kahverenginin açık tonlarındadır. Sırt yüzgeçlerinde kahverengi ve siyaha yakın benekler mevcuttur. Yan hat üzerinde 31-35 adet pul bulunur. Barbunya balığı dip trolü ve uzatma ağları ile yakalanan ekonomik değeri yüksek bir balık türüdür (URL9). Barbunya türünde üreme nisan ile ağustos aylarında gözlemlenir. Kıta sahanlığının çakıl, kum ve çamurlu zeminlerini üremek için tercih ederler (Froese and Raully, 2021). Karadeniz’de barbunya balığı, yılda 1500

ile 3000 ton arasında toplam av miktarıyla kıyı balıkçılığı ve dip trol ağlarıyla avlanmanın ana hedefi olan dip bir balık türüdür. Genellikle barbunya balığı, tüm denizlerimizde yaşayan bir türdür, ancak Karadeniz'de bulunanlar bir alt türdür (Turan, 2006; Keskin ve Can 2009; Vasiljeva, 2012). Beslenmesinin temelini kabuklular, yumuşakçalar ve poliketler oluşturur (Froese and Raully, 2021). Araştırmada kullanılan barbunya balığının genel görünüşü Şekil 2.18' da verilmiştir.



Şekil 2.18. Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) balığının genel görünüşü (URL12)

2.6.5. Mezgit (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758)

Mezgit balığının fusiform yapıda bir vücudu vardır. Demarsal bir türdür. Vücut rengi sırtta açık kahverengi yanlarda beyazımsı ve karın kısmında beyazdır. Üç adet sırt yüzgeci vardır. Yan hat koyu kahve renkte ince bir sıra pul ile örtülüdür. Kuyruk yüzgeci yeşilimsi renktedir. Üzerinde siyah küçük benekler vardır. Karın yüzgeci ve birinci anal yüzgeç beyaz renkli iken pektoral yüzgeç ile ikinci anal yüzgeç yine sarı renktedir. Baş ince uzun bir yapıdadır. Gözler burun bölgesinin gerisinde yan taraflar üzerine yerleşmiştir. Her iki çene üzerinde seyrek fakat ince uzun dişler mevcuttur. Beslenmesini küçük balıklar, omurgasızlar ve larvalar oluşturur. Trol, dip uzatmaları ve olta ile avcılığı yapılmaktadır (URL9). Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz'de mezgit balıkları yaygın olarak bulunmaktadır (Cohen et al., 1990). Karadeniz'de bulunan mezgit balığının alt türü *Merlangius merlangus euxinus* balığının erginleri 5-16 °C suda yaşamaya uyum göstermişlerdir. Genellikle 30-200 m derinliklerdeki su kesimlerinde bulunurlar. Bahar aylarında 15-30 m derinliğe kadar çıkabilen mezgit sonbaharda üremek için 120 m'ye kadar derinlere göç etmektedir olmasıdır (Ungaro et al., 1995; Milic and Kraljevic, 2011). Dip ve dibe yakın bölgelerde yaşayabilen mezgit balıkları sürü oluşturan türlerdendir (Akşiray, 1987). Balığın üreme göçü sığdan derine doğru, beslenme göçü ise bunun tersine olmaktadır. Karadeniz'deki mezgit türlerini Kuzey Denizi ve Atlantik okyanusunda bulunan mezgitlerden ayıran en önemli özellik boyunun daha küçük olmasıdır (Ungaro et al., 1995; Milic and Kraljevic, 2011). Mezgit balığının balıkçılığımızdaki önemli yeri nedeniyle tüm denizlerimizde tür üzerine birçok araştırmalar yapılmıştır. Karadeniz'de yapılan

araştırmalar genellikle türün avcılığı, ölüm oranları, beslenme rejimi, boy seçiciliği, biyolojisi, populasyon özellikleri, büyüme parametreleri, biyokütle ve av miktarı çalışmalarıdır (Erkoyuncu vd., 1995, Aydın vd., 1997; Erdem, 2000; Özdemir vd., 2006; Erdem vd., 2007; Samsun, 2010; Samsun vd., 2011; Özdemir vd., 2012; Gönener ve Özdemir, 2013). Mezgit karnivor bir balık türüdür ve hamsi, çaça, istavrit, sardalya ve uskumru gibi küçük balıklar yanında, çamurlu kısımlarda bulunan yengeç, karides türleri ve dip balık yumurtaları ile de beslenirler (Akşiray, 1987). Araştırmada kullanılan mezgit balığının genel görünüşü Şekil 2.19' da verilmiştir.



Şekil 2.19. Mezgit (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) balığının genel görünüşü (URL13)

2.7. Literatürlerde Konu ile İlgili Yapılan Araştırmalar

2.7.1. Sucul Ekosistemlerdeki Bazı Balık Türlerinde Mikroplastik Araştırmaları

Edwards vd. (2011) uskumrular ile yaptıkları araştırmada Syngnathidae yavrularına benzeyen renkli iplikleri daha sık tükettiklerini belirtmişlerdir.

Wright vd. (2012) birçok balık türünün plastik parçaların (beyaz, krem, sarı) rengini ve şeklini zooplanktona benzeterек algıladığını ve bunları yuttuğunu ortaya koymuşlardır.

Manş Denizi'ndeki beş açık denizde yaşayan tür (*mezgıt, mavi mezgit, Atlantik istavrit, zavallı morina balığı ve dülger balığı*) ve beş derinlerde yaşayan tür (*kırmızı kırlangıç otu, Ejderha, kırmızı banthı balık, Solenette Buglossisium luteum ve kalın geri tek Microchirus*) olmak üzere toplam 10 balık türünden oluşan 504 balık incelenmiştir. FTIR Spektroskopisi analizi sonucunda tüm balıkların mide ve bağırsak sisteminde %36,5 oranında plastik bulunmuştur. Yüzeye yakın yerlerde yaşayan türlerin %38'i ve derinlerde yaşayan türlerin %35'inin mikroplastik tükettiği belirlenmiştir. Bunların dağılımı dokularda %35,6 PA, %57,8 yarı sentetik selülozik ve en yaygın olarak suni ipek tespit edilmiştir (Lusher et al., 2013).

Kuzey Pasifik Okyanusu'ndaki Hawaii merkezli bölgede 192 adet uzun burunlu lanset balıklarının (*Alepisaurus ferox*) mide dokularında plastikler incelenmiştir. 47 mide dokusunda %51,9 oranında plastik parça belirlenmiştir (Jantz et al., 2013).

Portekiz kıyılarında yapılan bir araştırmada 26 ticari balık türünden 263 balığın sindirim sistemindeki mikroplastikler FTIR Spektroskopisi ile tespit edilmiştir. Tespit edilen 73 mikroplastığın 48'inin elyaf, 25'inin parça olduğu, bunların en çok PP, PE, alkid reçinesi, suni ipek, polyester, naylon ve akrilikten oluştuğu saptanmıştır (Neves et al., 2015).

Kuzey Adriyatik Denizi'nde 125 balığın (*Sardina pilchardus*, *Squalus acanthias*, *Merluccius merluccius*, *barbatus*, *Chelidonichthys lucernus*) mide ve bağırsakları FTIR Spektroskopisi ile incelenerek en çok %65 oranla PE polimeri olduğu belirtilmiştir (Avio et al., 2015).

Orta Akdeniz'de (Eolian Adaları, Messina Boğazı) toplamda 56 kılıç balığı, 36 mavi yüzgeçli orkinos ve 31 albakor balığında mikroplastik varlığı incelenmiş ve balıkların midelerinde toplam 29 plastik parça tespit edilmiştir (Romeo et al., 2015).

Kuzey Denizi ve Baltık Denizi'nde derinde (*morina*, *dab* ve *pisi balığı*) ve yüzeye yakın yerlerde yaşayan balık türlerinin (*ringa balığı* ve *uskumru*) mide ve bağırsak sistemleri FTIR Spektroskopisi cihazı ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda derinde yaşayan balıkların %3,40'ı, yüzeye yakın yerlerde yaşayan balıkların %10,70 'inde plastik tespit edilmiş ve yutulan plastiklerin %40'ını PE parçalarının oluşturduğu rapor edilmiştir (Rummel et al., 2016).

İspanya'nın Balear Adaları'nda yapılan bir araştırmada 337 adet *Boops boops* balığının mide ve bağırsaklarındaki mikroplastik parçacık oranları incelenmiştir. Örneklenen tüm *Boops boops*'ların mide ve bağırsaklarında mikroplastikler tespit edilmiştir (Nadal et al., 2016).

Akdeniz kıyılarında yapılan örnekleme çalışmasında ekonomik öneme sahip ve aralarında *Dentex dentex*, *Liza aurata*, *Mullus barbatus*, *Sardina pilchardus*, *Scomber japonicus*, *Trachurus mediterraneus*, *Trigla lucerna* gibi türlerin yer aldığı 28 türe ait toplam 1137 balığın sindirim sisteminin %34'ünde ve bağırsaklarında %41'inde mikroplastik bulunduğu belirtilmiştir. Bu parçacıkların %70'inin lif, %20,8'inin sert plastik, diğer grupların ise %2,7 naylon ve %0,8 kauçuktan oluşmaktadır (Güven vd., 2017).

Akdeniz’de ipura balıklarının karaciğer ve kas dokularındaki mikroplastik birikimi laboratuvar deneyleri ile araştırılmıştır. Analizler sonucunda dokularda %43 PE, %26 PP, %20 selülozik plastikler ve %5 PS polimerler olduğu tespit edilmiştir (Kıdeyş et al., 2017).

İngiltere’de Batı İngiliz Kanalında yabancı balık larvalarının sindirim sisteminde mikroplastikler FTIR Spektroskopisi ile tespit edilmiştir. Belirlenen mikroplastik türlerinin ise naylon, polyester, PA kompozit ve sentetik biyoplastik olduğu rapor edilmiştir (Steer et al., 2017).

Basra Körfezi’ndeki Musa Halici’nde demarsal ve pelajik balıkların (*Platycephalus indicus*, *Saurida tumbil*, *Sillago sihama*, *Cynoglossus abbreviatus*) bağırsaklarında, derilerinde, kaslarında, solungaçlarında ve karaciğerlerinde yapılan analizlerde mikroplastikler tespit edilmiştir (Abbasi et al., 2018).

Kuzey ve Orta Adriyatik Denizi’nde *Solea solea* balıklarının sindirim sistemlerinde mikroplastik atıkların varlığı, miktarı, tipolojisi ve yayılımı incelendiğinde balıkların %95’inde mikroplastikler tespit edilmiştir (Pellini et al., 2018).

Akdeniz’deki üç farklı yaşam alanında bulunan iki dip balığı türünün (*Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius*) sindirim sistemlerinde %23.3 oranında mikroplastik tespit edilmiştir (Giani et al., 2019).

Portekiz Mondego Halici’ndeki levrek (*Dicentrarchus labrax*), ipura (*Diplodus vulgaris*), pisi balığının (*Platichthys flesus*) mide ve bağırsak dokuları FTIR Spektroskopisi ile incelendiğinde baskın polimerlerin polyester, PP ve suni ipek olduğu belirlenmiştir (Bessa et al., 2018).

Kuzeydoğu Grönland yüzey altı balıklarında (*Triglops nybelini*, *Boreogadus saida*) FTIR Spektroskopisi ile mikroplastikler analiz edildiğinde balıkların %34 polyester ana plastik polimer olarak belirlenmiştir (Morgana, 2018).

İspanya’da 210 balığın (*Sardina pilchardus* ve *Engraulis encrasicolus*) mide ve bağırsak dokularını FTIR Spektroskopisi ile incelendiğinde en yaygın mikroplastığın PE ve PET olduğu tespit edilmiştir (Compa et al., 2018).

Suudi Arabistan Kızıldeniz kıyısında 9 balık türünün (*Lethrinus nebulosus*, *Gerres acinaces*, *Siganus canaliculatus*, *Rastrelliger kanagurta*, *Lizaparsia*,

Scomberomorus commerson, *Euthynnus affinis*, *Epinephelus coioides*, *Carangoides malabaricus*) mide ve bağırsakları incelendiğinde en çok belirlenen mikroplastiklerin lifler, balıkçı iplikleri, PP ve PE olduğu tespit edilmiştir (Baalkhuyur et al., 2018).

Dikburun karkaryas köpekbalıklarının mide ve bağırsakları incelendiğinde analizler sonucunda %65,9 parça, %32,9 lif, %0,9 küre ve %0,5 film şeklinde 878 adet mikroplastik varlığı belirlenmiştir (Beckwith et al., 2018).

Kuzey İyonya Denizi'ndeki (Akdeniz) Yunan sularında 3 balık türünün (*Sardinapil chardus*, *Pagellus erythrinus*, *Mullus barbatus*) mide ve bağırsaklarındaki en yüksek mikroplastik tüketiminin %47,2 oranla *Sardinapil chardus* balık türünde görüldüğü rapor edilmiştir. Analizler sonucunda PE'nin en yaygın mikroplastik polimer türü olduğu kaydedilmiştir (Digka et al., 2018).

Hong Kong'un doğu kıyılarında 30 adet çiftlik kefali ile 30 adet doğal deniz kefal balığının sindirim sistemlerindeki mikroplastik oranları araştırılmıştır. Balıklarda en çok tespit edilen mikroplastik PP, %42 polimer, %25 PE olarak belirlenmiştir (Cheung et al., 2018).

Şili'de 6 ekonomik balık türünün (*Mytilus galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus*, *Crassostrea gigas*, *Hexaplex trunculus*, *Bolinus brandaris*, *Sepia officinalis*) mide ve bağırsak dokuları incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda %71 kıyı türlerinde, %29 okyanus türlerinde mikrofiber özellikle mikroplastik parçacık bulunduğunu rapor etmişlerdir (Pozo et al., 2019).

Güney Afrika kıyı şeridinde 4 yavru balık türü (*Oreochromis mossambicus*, *Terapon jarbua*, *Ambassis dussumieri* ve *Mugil sp.*) FTIR Spektroskopisi ile incelendiğinde balıkların %52'sinin mikroplastik parçacık içerdiği belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda tanımlanan ana plastik türleri %70 suni ipek, %10,4 polyester, %5,2 naylon ve %3,0 PVC olduğu tespit edilmiştir (Naidoo et al., 2020).

Malezya'da deniz balıklarına ait 11 türün (*Megalaspis cordyla*, *Epinephelus coioides*, *Rastrelliger kanagurta*, *Euthynnus affinis*, *Thunnus tonggol*, *Eleutheronema tridactylum*, *Clarias gariepinus*, *Colossoma macropomum*, *Nemipterus bipunctatus*, *Ctenopharyngodon idella*, *Selar boops*) iç organları ve solungaçları Raman Spektroskopisi incelenmiş ve dokularda mikroplastiklerin %76,8'inin plastik polimer, %5,4'ünün pigment ve %17,8'inin tanımlanamayan parçacıklar olduğu belirtilmiştir (Kerbela et al., 2019).

Güney Beibu Körfezi'ndeki balıklar incelendiğinde mikroplastiklerin 266'sının midede, %34,6'sının ise bağırsak ve solungaçlarda olduğu belirlenmiştir. Dokulardaki mikroplastiklerin %96'sını lifler, %44'ünü polyesterler, %38'ini naylonlar ve bunun yanı sıra PP, PE, akrilikler oluşturmaktadır (Koongolla et al., 2019).

Basra Körfezi'nde mikroplastiklerle ilgili turuncu benekli orfoz (*Epinephelus coioides/Serranidae*), deniz yayın balığı (*Plicofollislayardi/Ariidae*), sarı yüzgeçli çipura (*Acanthopagrus latus/Sparidae*), dört parmaklı çipura (*Eleutheronemaa tetradactylum/Polynemidae*), gümüş pomfret (*Pampus argenteus/Stromateidae*), kefal (*Liza klunzingeri/Mugilidae*), cirit homurdanan (*Pomadasys kaakan/Haemulidae*), beş çizgili balığı (*Lutjanusquin quelineatus/Lutjanidae*) türlerinin mide ve bağırsak dokuları FTIR Spektroskopisi ile incelendiğinde dokularda PP gibi çeşitli parçacıkların varlığı kaydedilmiştir (Al-Salem et al., 2020).

Kuzeydoğu Atlantik Azor takım adalarında üç yüzeye yakın yerlerde yaşayan tür (mavi istarvit, kolyoz, skipjack ton balığı) ve iki derin deniz türünden (derin su iskorpiti ve siyah karınlı iskopit) toplam 390 balığın mide ve bağırsak dokuları incelenmiştir. Analizler sonucunda kıyıya yakın yerlerde yaşayan balıklarda tespit edilen baskın polimer türü PE iken derin deniz balıklarındaki polimerlerin PP olduğu belirlenmiştir (Pereira et al., 2020).

Tayland'ın güney kıyısında yaşayan dört balık türü (*Scombridae Clupeidae*, *Caesionida*, *carangidae*), derin denizde yaşayan beş balık türü (*Leiognathidae*, *Synodontidae*, *Platycephalidae*, *Mulidae*, *Terapontidae*, *Nemipteridae*) ve *Siganidae* ailesine ait toplam 492 balık örneğinin dokuları FTIR Spektroskopisi ile analiz edilmiştir. Analizler sonucunda balık dokularında belirlenen polimer türlerinin PA, PE ve PP olduğu belirlenmiştir (Klangnurak et al., 2020).

Arap Körfezi'ndeki kıyı balık türlerinden olan *Acanthopagrus latus*, *Eleutheronemaa* balıklarının bağırsak ve *Tetradactylum* ve *Lutjanus quinquelineatus* balıklarının ise mide ve bağırsak sistemleri FTIR Spektroskopisi ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda balıkların dokularında %58,58'i lif ve %5,71'i balık misinası parçacıklardan oluşan mikroplastiklerin bulunduğu saptanmıştır. Balıkların dokularında en çok PE ve PP polimerleri olduğu tespit edilmiştir (Baalkhuyur et al., 2020).

Akdeniz (Adana), Ege (İzmir) ve Marmara Denizi'ndeki (İstanbul) barbun (*Mullus barbatus barbatus*), tekir (*Mullus surmuletus*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), kefal (*Chelon saliens*) ve mırmır (*Lithognathus mormyrus*) balıklarının mide ve bağırsak sistemleri FTIR Spektroskopisi ile incelenmiştir. Ege Denizi'nden örneklenen balıkların %61,6'sında, Marmara Denizi'ndeki balıkların %40,5'inde ve Kuzeydoğu Akdeniz'deki balıkların %39,2'sinde mikroplastikler belirlenmiştir. Bu mikroplastiklerin %50,6'sının lif ve geri kalan %49,4'ünün ise parçacıklardan oluştuğu saptanmıştır. Rastgele seçilen parçacıkların analizi sonucunda %26 PP, %21,9 PE ve %8,2 selülozun en çok olduğu belirtilmiştir (Gündoğdu vd., 2020).

İtalya'da 100 adet küçük benekli kedi köpek balığının (*Scyliorhinus canicula*) mide ve bağırsak sistemi görsel olarak incelenmiştir. Analizler sonucunda, örneklerin yaklaşık %80'inde PET (%51), PA (%25), polialüminyum klorür (%13), PP (%6) ve poliakrilonitril (%4), lif ve parça şeklinde 118 adet mikroplastik bulunmuştur (Mancia et al., 2020).

İngiltere'de küçük benekli kedi köpek balığı (*Scyliorhinus canicula*), dikenli köpek balığı (*Squalus acanthias*), yıldızlı düz tazı (*Mustelus asterias*) ve boz lekeli kedi balığı (*Scyliorhinus stellaris*) olmak üzere toplam 46 köpek balığının mide ve sindirim sistemleri FTIR Spektroskopisi ile analiz edilmiştir. Köpek balıklarının %67'sinde en az bir adet mikroplastik saptanmıştır ve bunların %33,3 sentetik selüloz, %25 PP, %10 poliakrilamidler ve %8,3 polyester olduğu belirlenmiştir (Parton et al., 2020).

Karadeniz'de kırmızı kefal (*Mullus barbatus*) ve pontik tirsi balıklarının (*Alosa*) beyin, solungaç, kas, mide ve bağırsak sistemlerindeki mikroplastik varlığı araştırılmıştır. Dokulardaki mikroplastiklerin en yüksek mide ve bağırsak dokularında (%40), ardından solungaçlarda, en düşük ise %7 ile beyin dokusunda olduğu analiz edilmiştir. Balık türünden bağımsız olarak, mikroplastiklerin %51 oranda lifli yapıda olduğu, en sık rastlanan polimerlerin ise polikloropren (%18,8) ve PA (%15) olduğu belirlenmiştir (Atamanalp et al., 2021).

Doğu Pasifik su yüzeyine yakın yerlerde yaşayan mürekkep balığı türünün (*Dosidicus gigas*) solungaç, bağırsak ve mide dokularında mikroplastikler tespit edilmiştir. Belirlenen parçacıkların %83,33'ü mide, %79,17'si bağırsak ve %66,67'si

solungaçta bulunmaktadır. Bu mikroplastiklerin %79,33'ünü selofan ve %10,6'sını akrilik ağırlıklı lifler oluşturmaktadır (Gong et al., 2021).

İran'da 9 balık (*Esox lucius*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*, *Carassius gibelio*, *Cyprinus carpio*, *Tinca tinca*, *Abramis brama*, *Vimba vimba*, *Scardinius erythrophthalmus*) türünün mide ve bağırsak dokuları FTIR Spektroskopisi ile incelenmiştir. Analizler sonucunda dokularda selofan, PS, naylon, alkid reçinesi, polimerler, PP, PE, HDPE ve PET olduğu belirlenmiştir (Rasta et al., 2021).

Nizhnyaya Tunguska Nehri'ndeki (Sibirya, Rusya) balıkların (*Leuciscus leuciscus* subsp. *baicalensis*) mide ve bağırsak sistemlerindeki mikroplastik bulunma oranı FTIR Spektroskopisi ile analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, balıkların %60'ının plastik mikropartikül içerdiği ve en yaygın mikroplastik türü olarak fiberler olduğu belirtilmiştir (Frank et al., 2022).

Erzurum Karasu Nehri'nde yaşayan sazan familyasına ait üç türden kefal (*Squalius cephalus*), sazan (*Cyprinus carpio*) ve mossul kasvetli (*Alburnus mossulensis*) balıklarının mide ve bağırsak sistemlerinde mikroplastikler FTIR Spektroskopisi ile analiz edilmiştir. Balıkların sindirim sistemlerinde en çok belirlenen mikroplastiklerin polivinilstearat, PET, PP ve selüloz olduğu belirlenmiştir (Atamanalp et al., 2022).

Samsun'un Mert Irmağı'nda iki balık türünün (*Squalius cephalus*, *Carassius gibelio*) sindirim sistemlerindeki mikroplastikler mikroskop ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda balıkların %92'sinde 727 mikroplastik tespit edilmiştir ve mikroplastiklerin 353 tanesinin lif, 204 tanesinin parçacık, 100 tanesinin küresel, 61 tanesinin film şeklinde olduğu belirlenmiştir (Barutçu, 2022).

Türkiye'nin Karadeniz kıyı sularında 3 farklı türe ait (*Avrupa hamsisi*, *mezzit* ve *barbunya*) 371 balıkta mikroplastikler FTIR Spektroskopisi ile incelendiğinde balık türlerinde en çok PE ve PP polimerlerin olduğu tespit edilmiştir (Eryaşar et al., 2022).

2.7.2. Sucul Ortamda Farklı Canlılarda Yapılan Mikroplastik Araştırmaları

Denizel ortamda mikroplastikler ile ilgili yapılan bir araştırmada, 1972 yılında Sargasso Denizi'nin yüzey suyunda, çoğu beyaz renkte ve küçük boyutlu plastik parçacıkların (0,25- 0,5 cm) olduğu saptanmıştır (Carpenter and Smith, 1972).

Planktonlar, besin zincirinde ikincil tüketiciler için besin kaynağıdır ve bu canlıların mikroplastikleri yutması, besin zincirinin diğer seviyeleri için gereklidir (Cole et al., 2013). Kuzey Pasifik'te iki önemli zooplankton türü (*Calanoid copepod Neocalanus cristatus* ve *Euphausiid euphausia pacifica*) incelendiğinde siyah, kırmızı ve mavi renkte mikroplastiklerin baskın olduğu, *Euphausiids* örneklerinin yaklaşık %68'inin ve *Copepod* örneklerinin yaklaşık %50'sinin mikroplastik lifler içerdiği belirlenmiştir (Cole et al., 2013).

Portekiz kıyılarında yapılan bir araştırmada 152 zooplankton örneğinin 93'ünde toplamda 684 olmak üzere mikroplastik bulunduğu tespit edilmiştir. Analizler sonucunda zooplanktonlarda LDPE, PE, PP ve poliakrilat gibi mikroplastik türleri belirlenmiştir (Frias et al., 2014).

Hindistan'da, dört farklı kabuklu deniz canlısının (*Metapenaeus dobsoni*, *Fenneropenaeus indicus*, *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii*, *Portunus pelagicus*) dokuları incelendiğinde her biri için ortalama olarak 0,07 adet parçacık bulunmuştur. Analizler sonucunda dokularda en çok beyaz-şeffaf, mavi ve siyah renklerin yer aldığı belirlenmiştir (Cauwenberghe and Janssen, 2014).

Orpheus Adası'ndaki *Dipsastrea pallida* türü mercanlar laboratuvar ortamında mikroplastiklere maruz bırakılarak beslenme hızı deneyleri yapılmıştır. FTIR analizi sonucunda mercanlarda poliollerin %21'inin mikroplastik parçalar içerdiği belirlenmiştir (Hall et al., 2015).

Paranaguá şehrinde yaşayan *Crassostrea gasar* adlı istiridye türü ile yapılan bir araştırmada 10 farklı noktadan alınan örneklerden 100 istiridye incelenmiş ve analizler sonucunda mikroplastiklerin %78'inin lifli yapıda olduğu saptanmıştır (Akarsu et al., 2017).

İspanya'da karaya vurmuş, 35 adet *Delphinus delphis* yunus türüne ait mide içeriği incelendiğinde %96,59 lif, %3,16 parça (levha) ve %0,24 küresel şekilde olmak üzere toplam 411 adet mikroplastik bulunmuştur (Hernandez et al., 2019).

İngiltere'de 10 vahşi deniz memeli türünün gastrointestinal sistemleri incelendiğinde mikroplastiklerin %84'ünün liflerden ve %16'sının ise parçacıklardan oluştuğu belirlenmiştir. İncelenen midelerin bağırsaklara kıyasla daha çok mikroplastik içerdiği, bu mikroplastiklerin naylon, PET, polyester, PE, PP, suni ipek, PA içeren reçine ve LDPE'den oluştuğu belirtilmiştir (Nelms et al., 2019).

Marmara, Karadeniz ve Ege Denizi'ndeki 342 adet midyeden alınan örnekte %28,4 lif ve %4,05 filmlerden oluşan 222 adet mikroplastik belirlenmiştir. Belirlenen mikroplastiklerin çoğunun %32,9 PET, %28,4 PP ve %18,4 PE olduğu tespit edilmiştir (Tong et al., 2020).

Garonne Nehri'ndeki 210 deniz kestanesinde yapılan bir araştırmada 1038 adet mikroplastik tespit edilmiştir. Belirlenen polimer türleri selofan (%36), PET (%16,29), PE (%14,03), PP-PE (%7,69), PA (%4,07), suni ipek (%3,17), poliakrilonitril (%2,71), poliüretan (%1,36) ve polivinil alkol-PE'den (%0,90) oluşmaktadır (Feng et al., 2020).

Bohai Denizi'nde zooplanktonlarda yapılan bir araştırmada mikroplastik dağılımının %8'inin fiber parçacıkları içerdiği ve en yaygın türün %53 oranla selüloz olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mikroplastiklerin %51'inin mavi, %19'unun siyah ve %13'ünün kırmızı renk olduğu tespit edilmiştir (Zheng et al., 2020).

Yunanistan'ın Lipsi adasında yaşayan mor deniz kestanesi (*Paracentrotus lividus*) incelendiğinde mikroplastiklerde en çok gözlenen renkler %45,43'ü mavi, %22,60 renksiz ve %21,63 siyah olarak belirlenmiştir. Mikroplastikler lif (%84), parçacık (%16) ve naylondan (%60) oluşmaktadır (Hennicke et al., 2021).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

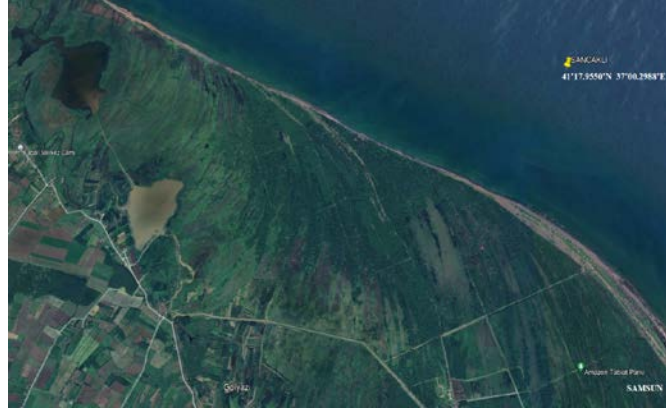
Karadeniz Asya kıtası ile Avrupa kıtasının birleştiği alanın güneyinde, 40° 55' – 46° 32' kuzey enlemleri ile 27°27'- 41°42' doğu boylamları arasında kalan dünyanın en büyük iç denizidir. Kuzeyde Kerç boğazı ile Azak denizine, güneyinde İstanbul boğazı ile Marmara denizine bağlanır. En uç uzaklıkları kuzey güney yönünde 611 km, batı doğu yönünde 1149 km'dir. Türkiye sınırları içinde kalan kıyı uzunluğu 1695 km'dir (URL14). Karadeniz Bölgesi Şekil 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.20. Karadeniz Bölgesi (Erbay, 2013)

Karadeniz'in en derin kesimi 2212 m'dir ve genel olarak derinliği 1300 m'dir. Toplam alanı 423.000 km²'dir. Alanın %27'si, 200 m'den daha az olan derinliklere sahiptir (Balkas et al., 1990). Karadeniz'de 150 m derinliğin altında balık tutmak mümkün değildir. Yüzey tabakasında 15,4 °C olan ortalama sıcaklık, 50-75 m arasında bulunan termoklin tabakasında 7,0 °C'ye düşmektedir (Boguslavski et al., 1982).

Bu araştırma Karadeniz bölgesindeki Samsun ilinin Sancaklı Adası'nda (41°17.9550'N ve 37°00.2988'E) gerçekleştirildi. Samsun il merkezine 60 km, Terme ilçesine kara yoluyla 40 km uzaklıktadır. Samsun Sancaklı lokasyonu Şekil 3.21'de verildi.



Şekil 3.21. Samsun Sancaklı (URL14)

3.1.2. Hayvan Materyali

Araştırmada kullanılan palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*), hamsi (*E. encrasicolus*), barbunya (*M. barbatus*) ve mezgıt (*M. merlangus*)’den oluşan 5 ayrı balık türünün her birinden 30’ar adet olmak üzere toplam 150 adet balık, denizin belirlenen lokasyonunda hasat edilen balıkçılardan satın alma yoluyla temin edildi. Örneklem Ekim 2022 ve Şubat 2023 tarihleri arasında aylık olarak yapıldı. Balık örnekleri buzlu saklama kaplarında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya Ana Bilim Dalı Araştırma Laboratuvarı’na getirildi. Balıklar disekte edilmeden önce örneklerin total boyları ölçüldü ve tartıldı. Tüm örneklere ait boy ve ağırlıklar Tablo 3.2’ de verildi.

Tablo 3.2. Karadeniz’den toplanan balık örneklerine ait boy ve ağırlık tablosu

Türler	Birey Sayısı (n)	Minimum Boy (cm)	Maksimum Boy (cm)	Ortalama Boy (cm)	Minimum Ağırlık (g)	Maksimum Ağırlık (g)	Ortalama Ağırlık (g)
<i>Palamut (S.sarda)</i>	30	25	32	28,23	250	290	265,23
<i>Barbun (M.barbatus)</i>	30	9	15	11,60	20	40	27,96
<i>İstavrit (T.mediterraneus)</i>	30	8	13	10,73	21	38	29,8
<i>Mezgıt (M.merlangus)</i>	30	9	14	11,1	24	62	43,7
<i>Hamsi (E.encrasicolus)</i>	30	7	12	9,3	14	31	24,5

3.1.3. Kullanılan Kimyasallar ve Cihazlar

Araştırmada kullanılan alet ve cihazlar; %10'luk KOH Çözeltisi, 20 °C derin dondurucu (Nüve DF 290/490/590), Etüv (Memmert UN 55), Whatman filtre kağıdı no.1 11 cm, Distile su cihazı (Nüve NS 112), Hassas terazi (Explorer EP214C), Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezin'de bulunan Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi

3.1.4. Potasyum Hidroksit Çözeltisinin Hazırlanması

Araştırmada kullanılan çözelti aşağıda belirtildiği gibi hazırlandı.

%10'luk KOH çözeltisi: 10 g potasyum hidroksit katısı distile suda çözdürülerek hacmi 100 mL'ye tamamlandı.

3.2. Metot

3.2.1. Balık Dokularının Hazırlanması

Araştırmada kullanılan palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. Mediterraneus*), hamsi (*E. encrasicolus*), barbunya (*M. barbatus*) ve mezgıt (*M. merlangus*) balıklarının her biri önceden temizliği yapılan metal tepsi üzerinde yutaktan anüse kadar açıldı, pens ve makas kullanılarak sindirim kanalı yemek borusunun yutak kısmından kesilerek çıkartıldı, mide, bağırsak ve solungaç kısımları ayrıldı. Her bir balık türünün mide, bağırsak ve solungaç dokuları -20 °C derin dondurucuda işlemler yapılana kadar muhafaza edildi. Daha sonra palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*), hamsi (*E. encrasicolus*), barbunya (*M. barbatus*) ve mezgıt (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki organikleri uzaklaştırmak ve sindirme işlemi için 100 mL %10'luk KOH çözeltisi hazırlandı. Balık örneklerinin mide, bağırsak ve solungaç dokuları ayrı ayrı cam deney tüplerine yerleştirildi ve dokuların üzerine 1000 µL %10'luk KOH çözeltisi ilave edildi. Çevreden mikropplastik bulaşmaması için tüpteki KOH çözeltisinin çözelti oranının buharlaşma ile değişmemesi için deney tüplerinin üzeri cam kapaklar ile kapatıldı. Örneğin türü ve örneğe verilen numara etiket üzerine yazılarak cam tüplere yapıştırıldı. 60 °C'ye ayarlanmış etüve yerleştirilen örneklerden mide ve bağırsak dokuları 24 saat, solungaç dokusu 72 saat etüvde bekletildi (Bessa et al., 2018). Tüplerdeki dokuların çözülüp çözülmediği günde bir sefer kontrol edildi (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

3.2.2. Filtreleme

Araştırmada 60 °C etüvde %10'luk KOH çözeltisi içinde sıvılaştıran palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*), hamsi (*E. encrasicolus*), barbunya (*M. barbatus*) ve mezigit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak dokuları 24 saat, solungaç dokuları 72 saat sonra etüvden çıkarıldı. Çözeltiler 1.2 µm Whatman filtre kâğıtları üzerine dökülerek kuruması sağlandı (Wang and Wang, 2018). Filtre kâğıtları örneğe ait etiketin yapıştırıldığı kapaklı cam petri kaplarına yerleştirildi ve FTIR ile ölçüm yapılabildiği kadar +4 °C buzdolabında muhafaza edildi (Bessa et al., 2018).

3.2.3. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Analizi ile Mikroplastik Tayini

Palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*), hamsi (*E. encrasicolus*), barbunya (*M. barbatus*) ve mezigit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeyleri Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezin'de (KİTAM) FTIR Spektroskopisi ile ölçüldü.

FTIR Spektroskopisi 500 µm'den büyük plastik parçacıkların kimyasal özelliklerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Cihaz polimer parçacık analizini 400-4000 nm dalga boyunda yapmaktadır. Cihazın elmas kristal zemini inert bir temizleyici olan aseton ile temizlendikten sonra numune bu kısma yerleştirilmektedir. Cihazın numune parçacığı üzerine temasıyla gönderilen ışınlar sayesinde malzemenin sahip olduğu kimyasal bağ enerjisi özelliğine göre kızılötesi ışınları soğurması ile parçacık spektrumları belirlenmektedir. Her bir plastik polimerlerin kendine özgü spektrumları bulunmaktadır. Belirlenen mikroplastik Infrared (IR) spektrumları ile veri tabanından önceden kayıtlı olan FTIR spektrumları karşılaştırılarak tek bir ölçümle polimerlerin kimyasal yapısına ilişkin özellikler yüzdelik yaklaşım bilgisi olarak tespit edilmektedir (Kıdeyş, 2017; Li ve et al., 2018). FTIR kullanılarak yapılan ölçümler sonucunda elde edilen ve polimer tipleri saptanmaktadır (Hidalgo-Ruz et al., 2012). FTIR spektrumu, maddeyi oluşturan atomlar arasındaki bağların titreşimiyle oluşan frekanslarına karşılık gelen absorpsiyon pikleri ile numunenin parmak izini göstermektedir. Her maddenin kendine has bir spektrumu vardır. Organik madde spektrumlarının özellikle 2000 cm⁻¹'den sonra gelen kısmı daha ayrıntılıdır. Bu bölgeye parmak izi bölgesi denilmekte ve spektrumu iki kat genişleterek alınmaktadır. Böylece madde hakkında daha detaylı bilgi elde edilebilmektedir (Büyüksırt ve Kuleaşan, 2014).

3.2.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için SPSS paket programı kullanıldı. Araştırmadan elde edilen palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*), hamsi (*E. encrasicolus*), barbunya (*M. barbatus*) ve mezgit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularına ait PE, PP, PS, PET ve PVC mikroplastik düzeyleri yüzde ve frekans olarak analiz edildi.

Grupların normal dağılım göstermesi için p değerlerinin 0,05'ten büyük olması gerekmektedir. Gruplardaki dağılımlar normal dağılım gösterdiği durumlarda parametrik, normal dağılım göstermediği durumlarda ise parametrik olmayan testler kullanılmaktadır (Büyüköztürk, 2004; Çepni, 2007). Bu araştırmada anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edilmiş olup analizlerde kullanılacak testlerin belirlenmesi için değişkenlerin normalliğine bakılmıştır. Örneklem büyüklüğü kullanılacak testin belirlenmesinde bir kriter oluşturmaktadır. Shapiro-Wilk testi örneklemin 3 ile 50 arasında olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Shapiro and Wilk, 1965). Bu araştırmada grupların normal dağılım gösterip göstermediğini saptamak amacıyla grupların Shapiro-Wilk değerlerine bakıldı. Balıkların dokularına ait mikroplastik verilerinin Shapiro-Wilk değerleri 0,05'ten büyük olduğu durumlarda grupların normal dağılım gösterdiği kabul edildi.

Tablo 3.3. Balık dokularına ait Shapiro-Wilk değerleri

Balık türü	Dokular	P değeri
Palamut (<i>S. sarda</i>)	Mide	.097
	Bağırsak	.102
	Solungaç	.134
İstavrit (<i>T. Mediterraneus</i>)	Mide	.099
	Bağırsak	.123
	Solungaç	.185
Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>)	Mide	.129
	Bağırsak	.195
	Solungaç	.234
Barbunya (<i>M. barbatus</i>)	Mide	.343
	Bağırsak	.385
	Solungaç	.240
Mezgit (<i>M. merlangus</i>)	Mide	.253
	Bağırsak	.241
	Solungaç	.192

Gruplar normal dağılım gösterdiği için kategorik değişkenlerin karşılaştırmasında ki-kare testi kullanıldı ve 0,05'in altındaki p değerleri, istatistiksel açıdan anlamlı olarak kabul edildi.

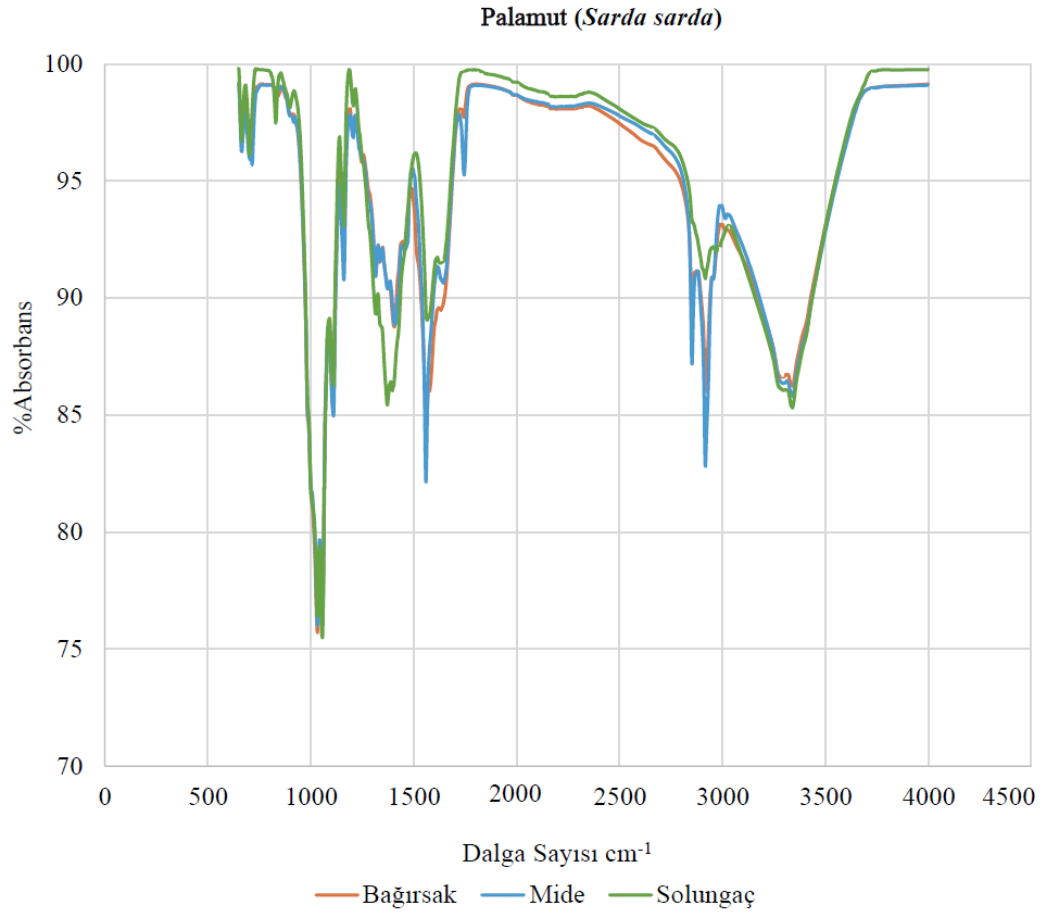
4. BULGULAR

4.1. Araştırmanın Birinci Alt Problemine Ait Bulgular

4.1.1. Palamut (*S. sarda*) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç

Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları

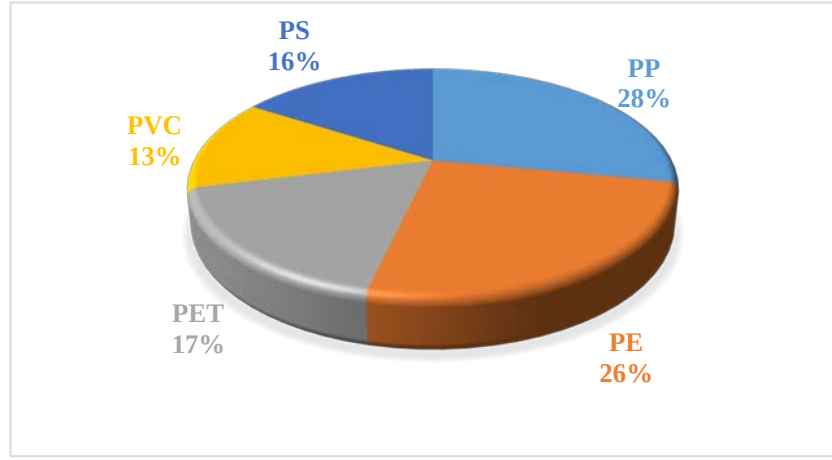
Araştırmada elde edilen palamut (*S. sarda*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeylerinin ortalama FTIR spektrumlarına ait dalga sayısı ve absorbands grafiği Şekil 4.22’de verildi.



Şekil 4.22. Palamut (*S. sarda*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları

Şekil 4.22’de FTIR analizi sonucunda balıkların mide, bağırsak ve solungaçlarında belirlenen mikroplastiklerin polimer türleri verildi. 1400-1480 nm PE, 1670-1760 nm PP, 2780-2980 nm PET, 1740-1800 nm PVC ve 2900-3000 nm PS türlerinin değerlerini temsil etmektedir (Al-Salem et al., 2020).

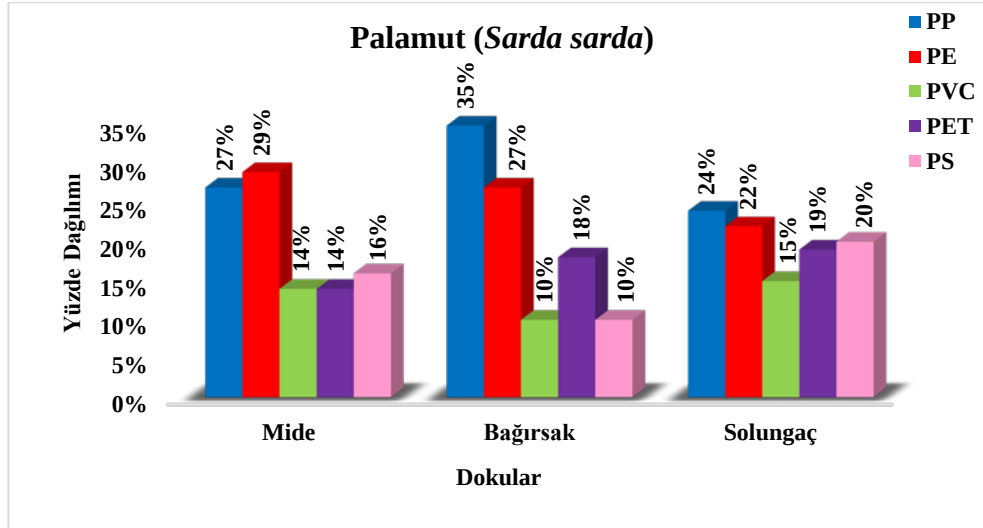
Palamut (*S. sarda*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen toplam mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.23'te verildi.



Şekil 4.23. Palamut (*S. sarda*) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı

Araştırma sonunda palamut (*S. sarda*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında en sık görülen mikroplastik türünün PP (%28) ve PE (%26) olduğu belirlendi. Palamut balığının mide ve bağırsak dokularında solungaçlara göre daha fazla mikroplastik parçacık varlığı tespit edildi.

Palamut (*S. sarda*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.24'te verildi.



Şekil 4.24. Palamut (*S. sarda*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı

Şekil 4.24 incelendiğinde palamut (*S. sarda*) balıklarının mide dokularında en sık görülen mikroplastik türü PE (%29), bağırsak dokularında PP (%35) ve solungaç

dokularında (PP) %24 olarak belirlendi. Bunların yanı sıra dokularda PS, PET ve PVC gibi mikroplastik türleri de tespit edildi.

Palamut (*S. sarda*) balıklarının dokular arası mikroplastik türlerine ait ki-kare testi Tablo 4.3'te verildi.

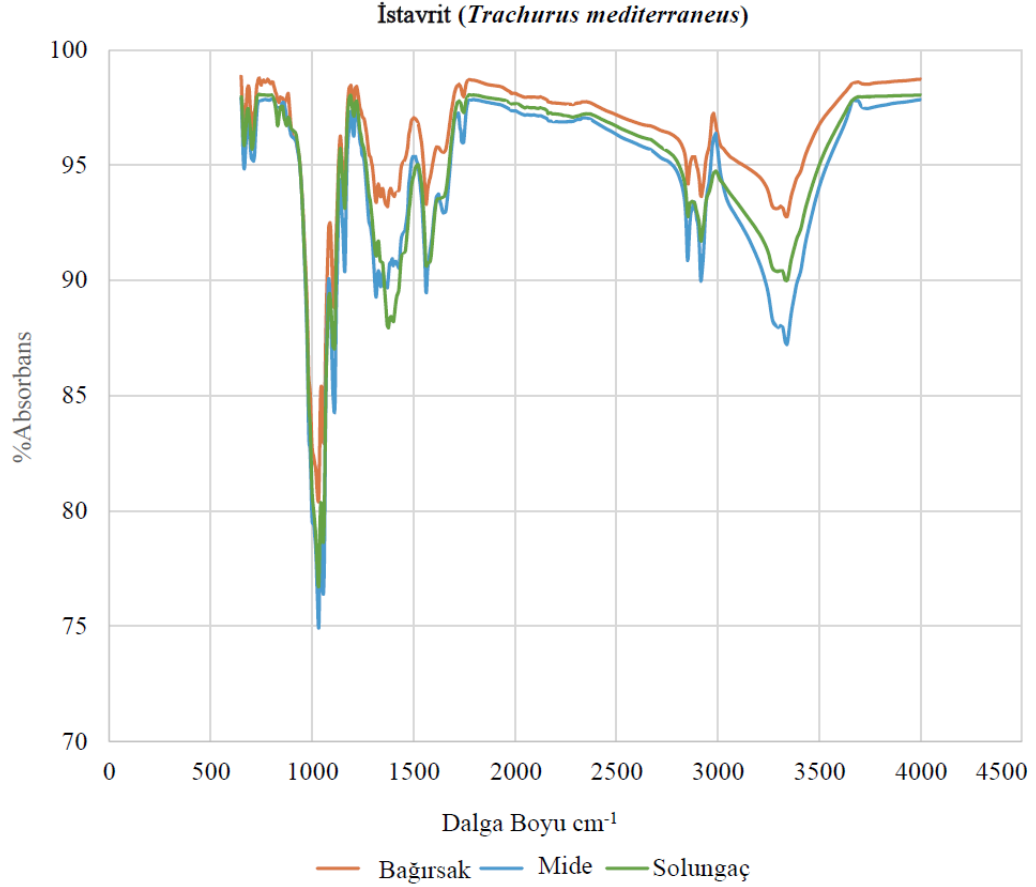
Tablo 4.4. Palamut (*S. sarda*) balığı dokular arası ki-kare testi

Balık türü	Mikroplastik türü		Doku n (%)			X ²	DF	P
			Mide	Bağırsak	Solungaç			
Palamut (<i>S. sarda</i>)	PP	Var	23 (76,7)	24 (80,0)	22 (73,3)	0,373	2	0,830
		Yok	7 (23,3)	6 (20,0)	8 (26,7)			
	PE	Var	23 (76,7)	18 (60,0)	21 (70,0)	1,970	2	0,373
		Yok	7 (23,3)	12 (40,0)	9 (30,0)			
	PET	Var	12 (40,0)	12 (40,0)	17 (56,7)	2,240	2	0,326
		Yok	18 (60,0)	18 (60,0)	13 (43,3)			
	PVC	Var	12 (40,0)	8 (26,7)	14 (46,7)	2,267	2	0,266
		Yok	18 (60,0)	22 (73,3)	16 (53,3)			
	PS	Var	14 (46,7)	7 (23,3)	19 (63,3)	9,810	2	0,007*
		Yok	16 (53,3)	23 (76,7)	11 (36,7)			

Tablo 4. incelendiğinde palamut (*S. sarda*) balığı PS değerleri açısından mide, bağırsak ve solungaç dokuları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlendi ($p<0,05$). Ancak diğer mikroplastik türleri açısından anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0,05$).

4.1.2. İstavrit (*T. mediterraneus*) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları

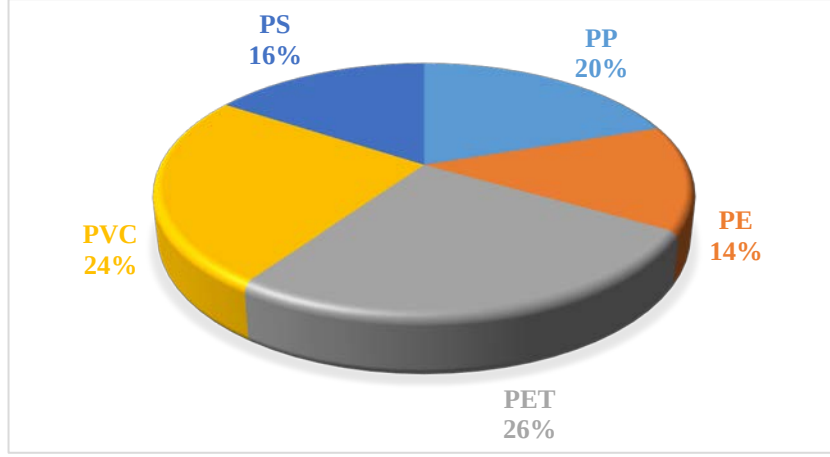
Araştırmada elde edilen istavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeylerinin ortalama FTIR spektrumlarına ait dalga sayısı ve absorbands grafiği Şekil 4.25'de verildi.



Şekil 4.25. İstavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları

Şekil 4.25'te Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopi analizi sonucunda balıkların mide, bağırsak ve solungaçlarında belirlenen mikroplastiklerin mikroplastik türü verildi. 1400-1480 nm PE, 1670-1760 nm PP, 2780-2980 nm PET, 1740-1800 nm PVC ve 2900-3000 nm PS türlerinin değerlerini temsil etmektedir (Al-Salem et al., 2020).

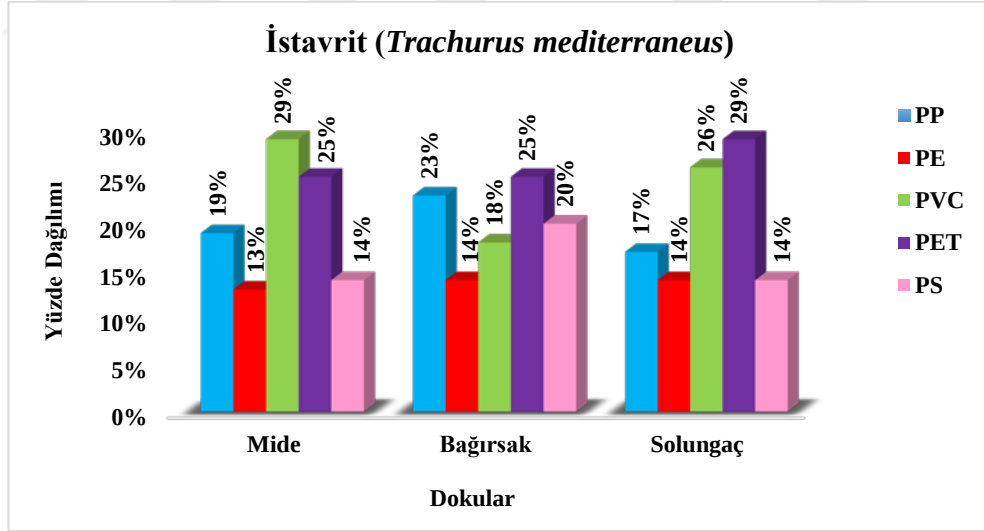
İstavrit (*T. mediterraneus*) mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen toplam mikroplastiklerin türlerine göre dağılımı Şekil 4.26'da verildi.



Şekil 4.26. İstavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı

Araştırma sonunda istavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında en sık görülen mikroplastik türün PET (%26) olduğu belirlendi. İstavrit (*T. mediterraneus*) balığının mide ve bağırsak dokularında solungaçlara göre daha fazla mikroplastik parçacık tespit edildi.

İstavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.27’de verildi.



Şekil 4.27. İstavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı

Şekil 4.27 incelendiğinde istavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının mide dokularında en sık görülen mikroplastik türü PVC (%29), bağırsak dokularında PET (%25) ve solungaç dokularında PET (%29) olarak belirlenmiştir. Bunların yanı sıra dokularda PS, PET ve PVC gibi mikroplastik türleri de tespit edildi.

İstavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının dokular arası mikroplastik türlerine ait ki- kare testi Tablo 4.4'te verilmektedir.

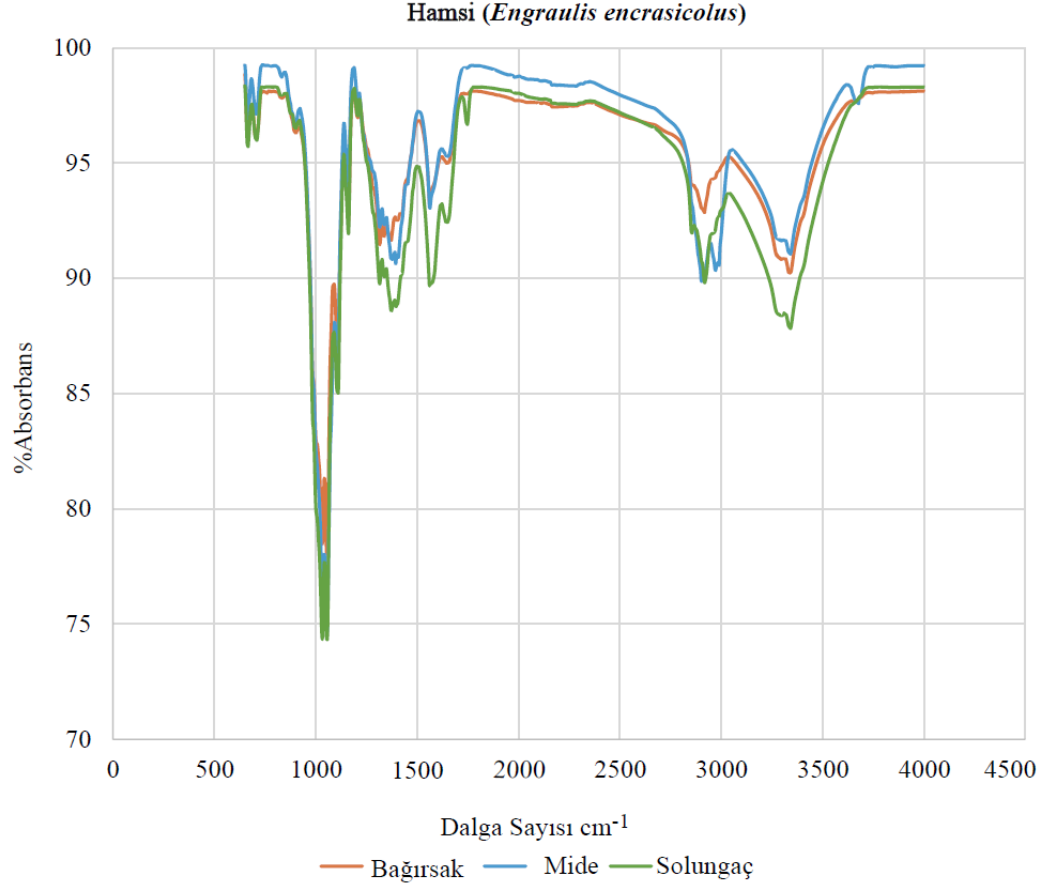
Tablo 4.5. İstavrit (*T. mediterraneus*) balığı dokular arası ki- kare testi

Balık türü	Mikroplastik türü		Doku n (%)			χ^2	DF	P
			Mide	Bağırsak	Solungaç			
İstavrit (<i>T. mediterraneus</i>)	PP	Var	19 (63,3)	20 (66,7)	15 (50,0)	1,944	2	0,378
		Yok	11 (36,7)	10 (33,3)	15 (50,0)			
	PE	Var	13 (43,3)	12 (40,0)	12 (40,0)	0,092	2	0,955
		Yok	17 (56,7)	18 (60,0)	18 (60,0)			
	PET	Var	25 (83,3)	22 (73,3)	25 (83,3)	1,250	2	0,535
		Yok	5 (16,7)	8 (26,7)	5 (16,7)			
	PVC	Var	25 (83,3)	16 (53,3)	25 (83,3)	9,205	2	0,010*
		Yok	5 (16,7)	14 (46,7)	5 (16,7)			
	PS	Var	14 (46,7)	20 (66,7)	12 (40,0)	4,625	2	0,099
		Yok	16 (53,3)	10 (33,3)	18 (60,0)			

Tablo 4. incelendiğinde istavrit (*T. mediterraneus*) balığı PS değerleri açısından mide, bağırsak ve solungaç dokuları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlendi ($p < 0,05$). Ancak diğer mikroplastik türleri açısından anlamlı bir fark saptanmadı ($p > 0,05$).

4.1.3. Hamsi (*E. encrasicolus*) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları

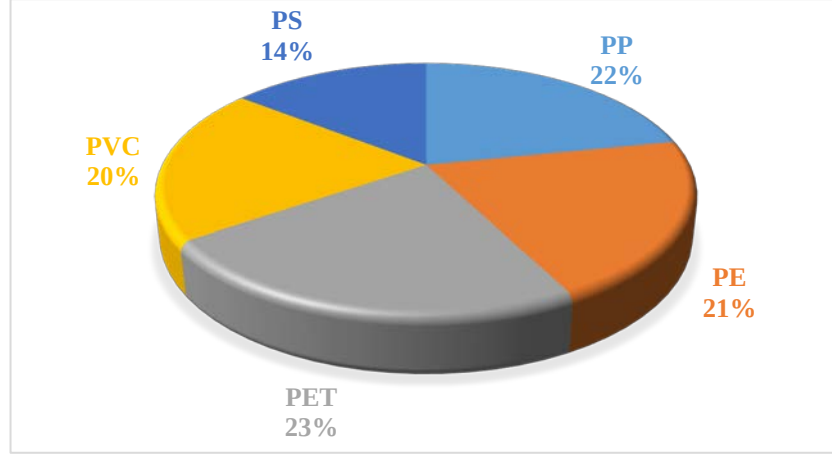
Araştırmada elde edilen hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeylerinin ortalama FTIR spektrumlarına ait dalga sayısı ve absorbans grafiği Şekil 4.28'de verildi.



Şekil 4.28. Hamsi (*E. encrasicolus*) mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları

Şekil 4.28’de Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopi analizi sonucunda balıkların mide, bağırsak ve solungaçlarında belirlenen mikroplastiklerin polimer türleri verildi. 1400-1480 nm PE, 1670-1760 nm PP, 2780-2980 nm PET, 1740-1800 nm PVC ve 2900-3000 nm PS türlerinin değerlerini temsil etmektedir (Al-Salem et al., 2020).

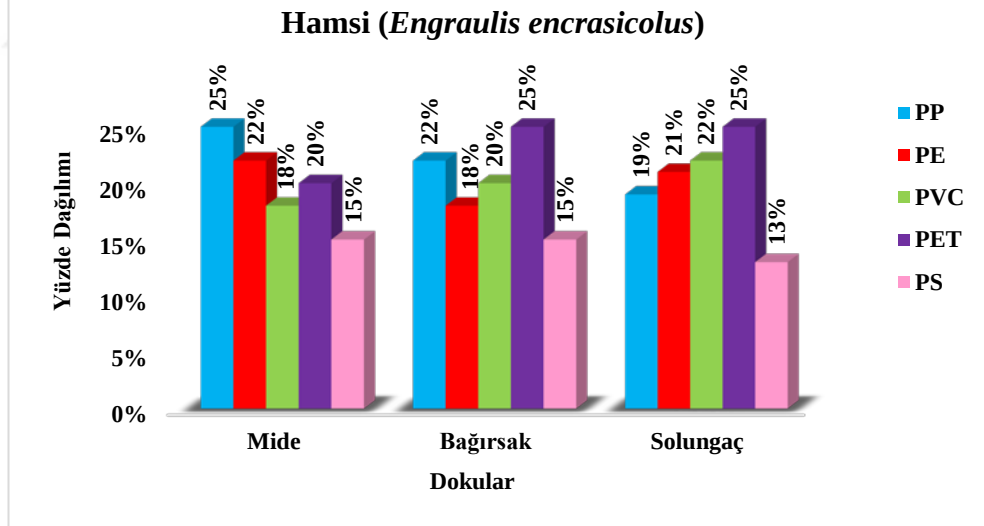
Hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen toplam mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.29’da verildi.



Şekil 4.29. Hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı

Araştırma sonucunda hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında en sık görülen mikroplastik türünün PET (%23) ve PP (%22) olduğu belirlendi. Hamsi (*E. encrasicolus*) balığının mide ve bağırsak dokularında solungaçlara göre daha fazla mikroplastik parçacık tespit edildi.

Hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.30’da verildi.



Şekil 4.30. Hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı

Şekil 4.30 incelendiğinde hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının mide dokularında en sık görülen mikroplastik türü PP (%25), bağırsak dokularında PET (%25) ve solungaç dokularında PET (%25) olarak belirlendi. Bunların yanı sıra dokularda PS, PET ve PVC gibi mikroplastik türleri de tespit edildi.

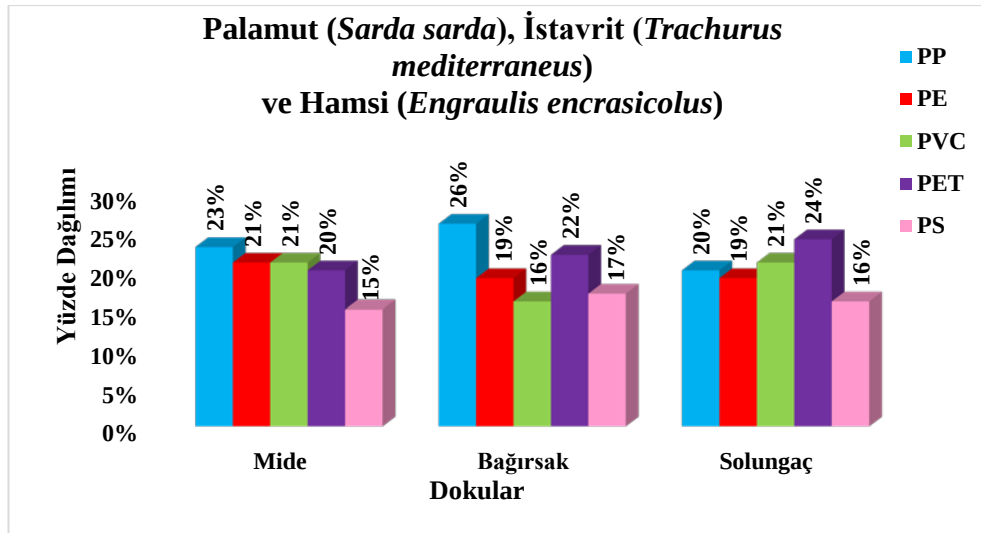
Hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının dokular arası mikroplastik türlerine ait ki-kare testi Tablo 4.5'te verildi.

Tablo 4.6. Hamsi (*E. encrasicolus*) balığı dokular arası ki-kare testi

Balık türü	Mikroplastik türü		Doku n (%)			χ^2	DF	P
			Mide	Bağırsak	Solungaç			
Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>)	PP	Var	19 (65,5)	18 (58,1)	16 (53,3)	0,917	2	0,632
		Yok	10 (34,5)	13 (41,9)	14 (46,7)			
	PE	Var	17 (58,6)	17 (54,8)	16 (53,3)	0,177	2	0,915
		Yok	12 (41,4)	14 (45,2)	14 (46,7)			
	PET	Var	16 (55,2)	20 (67,7)	21 (70,0)	1,639	2	0,441
		Yok	14 (44,8)	10 (32,3)	9 (30,0)			
	PVC	Var	14 (44,8)	16 (54,8)	22 (73,3)	5,079	2	0,079
		Yok	16 (52,2)	14 (45,2)	8 (26,7)			
	PS	Var	11 (34,5)	12 (40,0)	12 (40,0)	0,208	2	0,901
		Yok	19 (65,5)	18 (60,0)	18 (60,0)			

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda hamsi (*E. encrasicolus*) balığında mikroplastik türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi ($p>0,05$).

Palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*) ve hamsi (*E. encrasicolus*) yüzey balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı Şekil 4.31'de verildi.



Şekil 4.31. Yüzey balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı

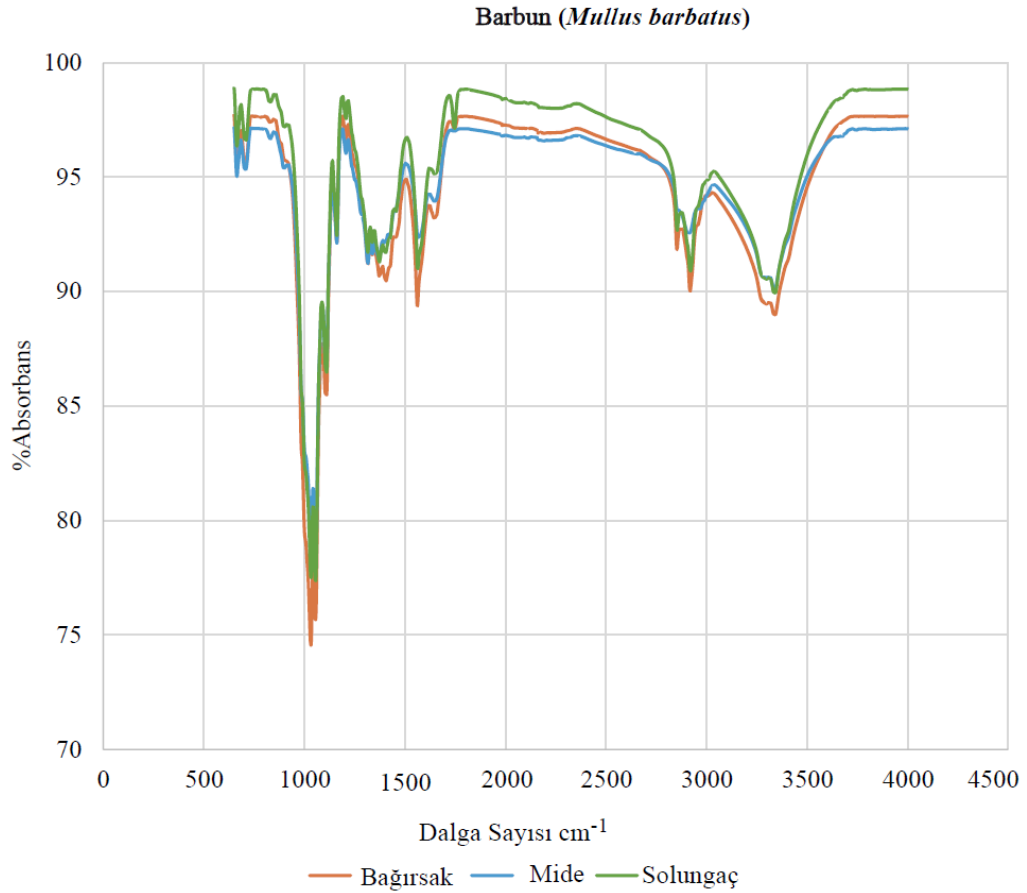
Şekil 4.31 incelendiğinde palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*) ve hamsi (*E. encrasicolus*) yüzey balıklarının mide dokularında PP (%23), bağırsak dokularında PP (%26) ve solungaç dokularında PET (%24) en sık belirlenen

mikroplastik tür olarak belirlendi. Bunların yanı sıra dokularda PS, PE ve PVC gibi mikroplastik türleri de tespit edildi.

4.2. Araştırmanın İkinci Alt Problemine Ait Bulgular

4.2.1. Barbunya (*M. barbatus*) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları

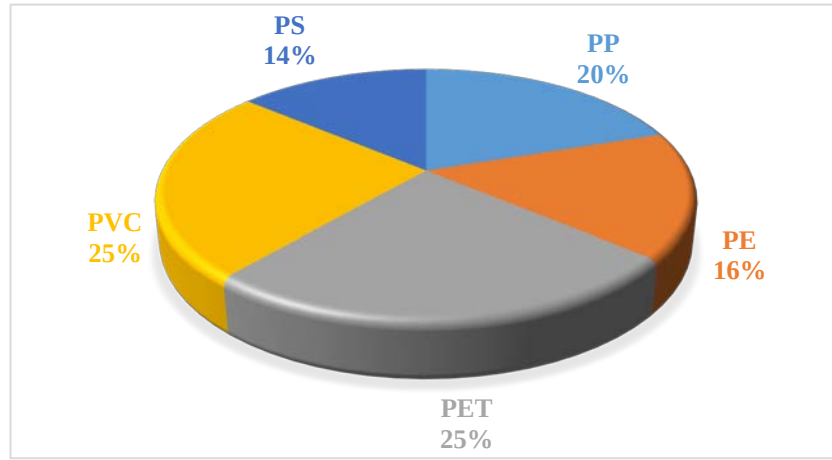
Araştırmada elde edilen barbunya (*M. barbatus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeylerinin ortalama FTIR spektrumlarına ait dalga sayısı ve absorbans grafiği Şekil 4.32’de verildi.



Şekil 4.32. Barbunya (*M. barbatus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları

Şekil 4.32’de Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopi analizi sonucunda balıkların mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklerin polimer türleri verildi. 1400-1480 nm PE, 1670-1760 nm PP, 2780-2980 nm PET, 1740-1800 nm PVC ve 2900-3000 nm PS türlerinin değerlerini temsil etmektedir (Al-Salem et al., 2020).

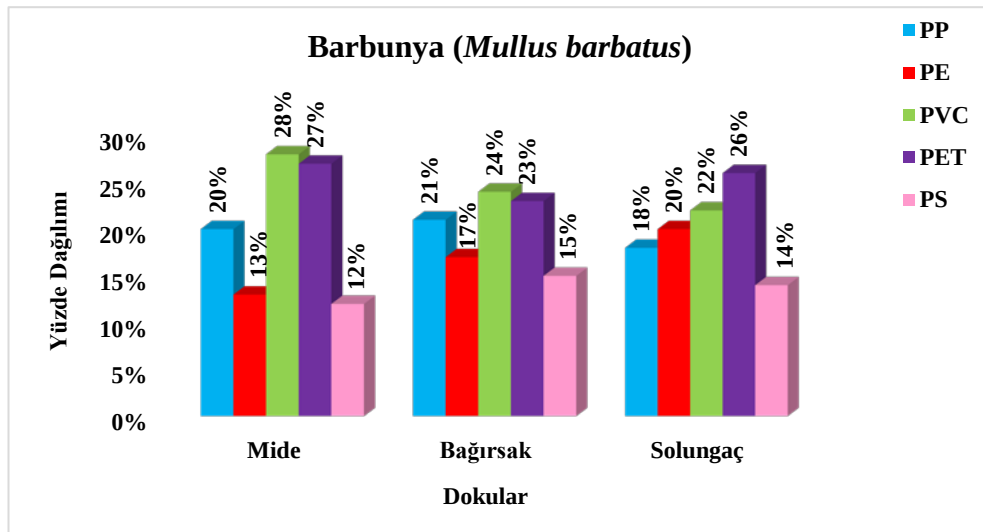
Barbunya (*M. barbatus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen toplam mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.33’de verildi.



Şekil 4.33. Barbunya (*M. barbatus*) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı

Araştırmalar sonucunda barbunya (*M. barbatus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında en sık görülen mikroplastik türün PET (%25) ve PVC (%25) olduğu belirlendi. Barbunya (*M. barbatus*) balığının mide ve bağırsak dokularında solungaçlara göre daha fazla mikroplastik parçacık tespit edildi.

Barbunya (*M. barbatus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında saptanan mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.34’te verildi.



Şekil 4.34. Barbunya (*M. barbatus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı

Şekil 4.34 incelendiğinde barbunya (*M. barbatus*) balıklarının mide dokularında en sık görülen mikroplastik türü PVC (%28), bağırsak dokularında PVC (%24) ve PET (%26) olarak belirlendi. Bunların yanı sıra dokularda PS, PP ve PE gibi mikroplastik türleri de tespit edildi.

Barbunya (*M. barbatus*) balıklarının dokular arası mikroplastik türlerine ait ki-kare testi Tablo 4.6’da verildi.

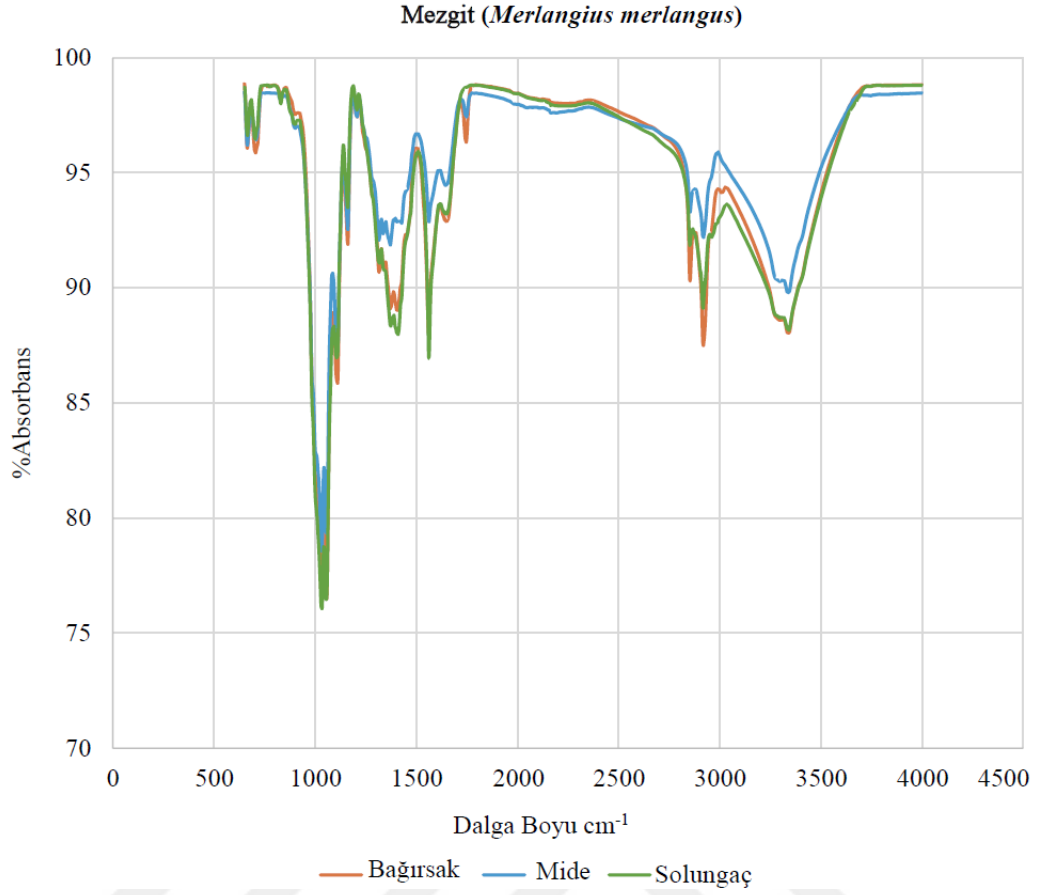
Tablo 4.7. Barbunya (*M. barbatus*) balığı dokular arası ki- kare testi

Balık türü	Mikroplastik türü		Doku n (%)			X ²	D F	P
			Mide	Bağırsak	Solungaç			
Barbunya (<i>M. barbatus</i>)	PP	Var	19 (63,3)	23 (76,7)	14 (46,7)	5,767	2	0,056
		Yok	11 (36,7)	7 (23,3)	16 (53,3)			
	PE	Var	12 (40,0)	19 (63,3)	15 (50,0)	3,291	2	0,193
		Yok	18 (60,0)	11 (36,7)	15 (50,0)			
	PET	Var	26 (86,7)	25 (83,3)	19 (63,3)	5,529	2	0,063
		Yok	4 (13,3)	5 (16,7)	11 (36,7)			
	PVC	Var	27 (90,0)	25 (83,3)	17 (56,7)	10,435	2	0,005*
		Yok	3 (10,0)	5 (16,7)	13 (43,3)			
	PS	Var	11 (36,7)	18 (60,0)	12 (40,0)	3,853	2	0,146
		Yok	19 (63,3)	12 (40,0)	18 (60,0)			

Tablo 4.6 incelendiğinde barbunya (*M. barbatus*) balığı PS değerleri açısından mide, bağırsak ve solungaç dokuları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmedi ($p < 0,05$). Ancak diğer mikroplastik türleri açısından anlamlı bir fark saptanmadı ($p > 0,05$).

4.2.2. Mezgit (*M. merlangus*) Balıklarının Mide, Bağırsak ve Solungaç Dokularında Belirlenen Mikroplastiklerin Ortalama FTIR Spektrumları

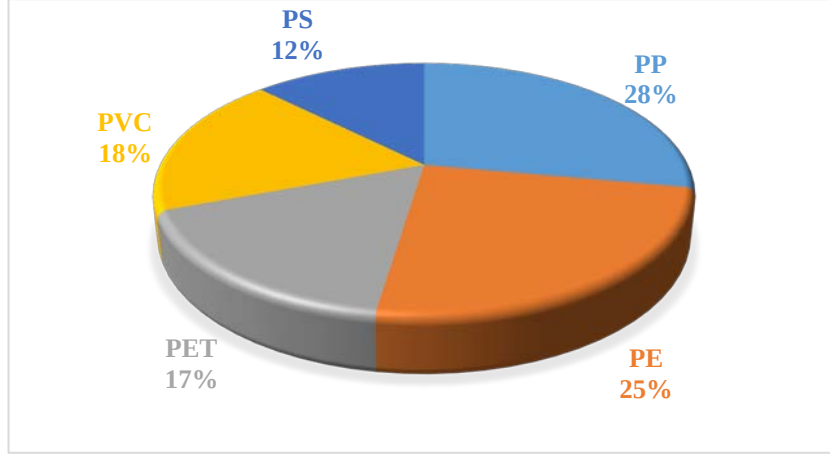
Araştırmada elde edilen Mezgit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeylerinin ortalama FTIR spektrumlarına ait dalga sayısı ve absorbans grafiği Şekil 4.35’te verildi.



Şekil 4.35. Mezgit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklere ait ortalama FTIR spektrumları

Şekil 4.35'te Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopi analizi sonucunda balıkların mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklerin polimer türleri verildi. 1400-1480 nm PE, 1670-1760 nm PP, 2780-2980 nm PET, 1740-1800 nm PVC ve 2900-3000 nm PS türlerinin değerlerini temsil etmektedir (Al-Salem et al., 2020).

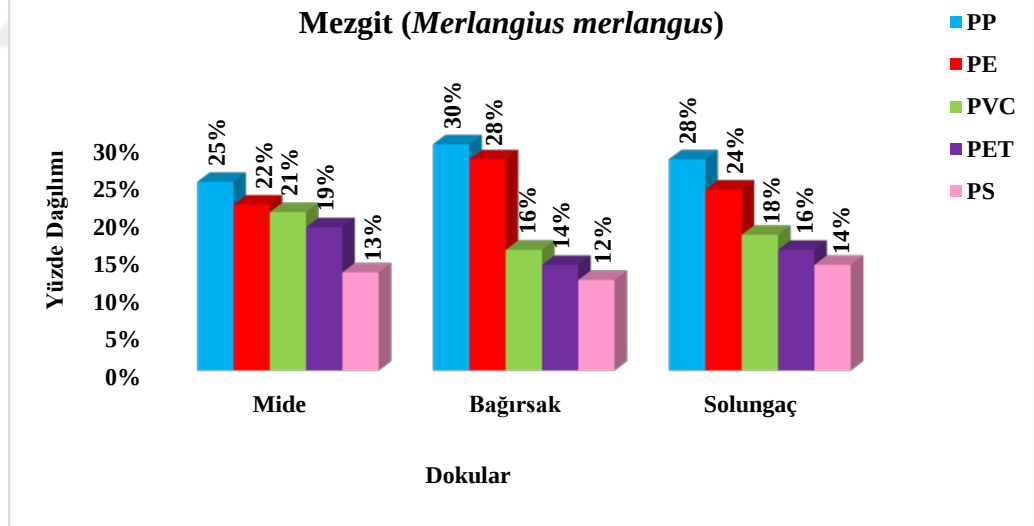
Mezgit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen toplam mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.36'da verildi.



Şekil 4.36. Mezzit (*M. merlangus*) balıklarının dokularındaki toplam mikroplastiklerin % dağılımı

Araştırma sonucunda mezzit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında en sık görülen mikroplastik türü olarak PP (%28) ve PE (%25) belirlendi. Mezzit (*M. merlangus*) balığının mide ve bağırsak dokularında solungaçlara göre daha fazla mikroplastik parçacık tespit edildi.

Mezzit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.37’de verildi.



Şekil 4.37. Mezzit (*M. merlangus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı

Şekil 4.37 incelendiğinde mezzit (*M. merlangus*) balıklarının mide dokularında en sık görülen mikroplastik türü olarak PP (%25), bağırsak dokularında PP (%30) ve solungaç dokularında PP (%28) olarak belirlendi. Bunların yanı sıra dokularda PS, PET ve PVC gibi mikroplastik türleri de tespit edildi.

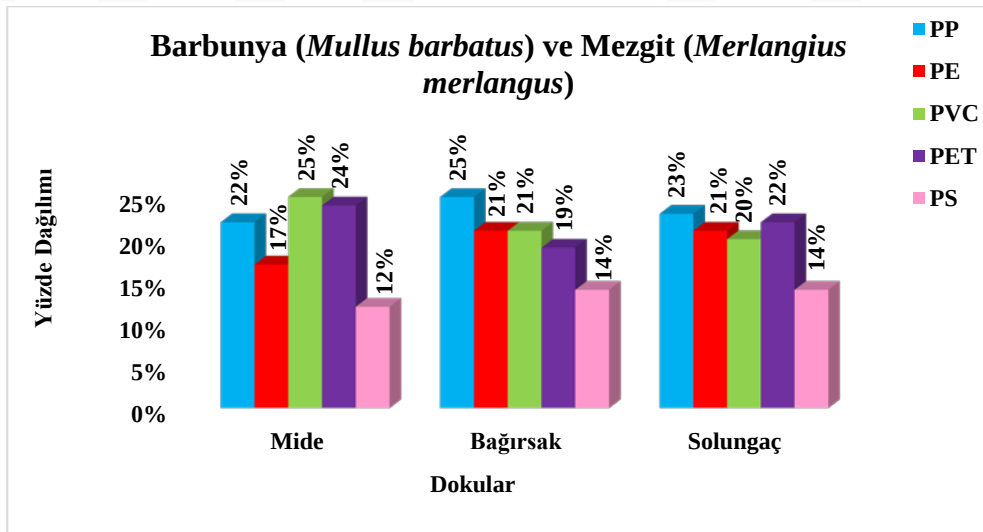
Mezgit (*M. merlangus*) balıklarının dokular arası mikroplastik türlerine ait ki-kare testi Tablo 4.7’de verildi.

Tablo 4.8. Mezgit (*M. merlangus*) balığı dokular arası ki- kare testi

Balık türü	Mikroplastik türü		Doku n (%)			χ^2	DF	P
			Mide	Bağırsak	Solungaç			
Mezgit (<i>M. merlangus</i>)	PP	Var	18 (60,0)	21 (70,0)	19 (63,3)	0,679	2	0,712
		Yok	12 (40,0)	9 (30,0)	11 (36,7)			
	PE	Var	16 (53,3)	21 (60,0)	16 (53,3)	2,295	2	0,317
		Yok	14 (46,7)	9 (30,0)	14 (46,7)			
	PET	Var	18 (60,0)	10 (33,3)	11 (36,7)	5,158	2	0,076
		Yok	12 (40,0)	20 (66,7)	19 (63,3)			
	PVC	Var	18 (60,0)	11 (36,7)	12 (40,0)	3,853	2	0,146
		Yok	12 (40,0)	19 (63,3)	18 (60,0)			
	PS	Var	14 (46,7)	20 (66,7)	12 (40,0)	4,625	2	0,099
		Yok	16 (53,3)	10 (33,3)	18 (60,0)			

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda mezgit (*M. merlangus*) balığında mikroplastik türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi ($p>0,05$).

Barbunya (*M. barbatus*) ve mezgit (*M. merlangus*) dip balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında belirlenen mikroplastiklerin türlerine göre % dağılımı Şekil 4.38’de verildi.



Şekil 4.38. Dip balıklarının (barbunya (*M. barbatus*) ve mezgit (*M. merlangus*)) mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastiklerin % dağılımı

Şekil 4.38 incelendiğinde barbunya (*M. barbatus*) ve mezgit (*M. merlangus*) dip balıklarının mide dokularındaki en sık görülen mikroplastik olarak PVC (%25), bağırsak dokularında PP (%25) ve bağırsak dokularında PP (%23) olarak belirlendi. Bunların yanı sıra dokularda PS, PET ve PE gibi mikroplastik türleri de tespit edildi.

5. TARTIŞMA

Bu araştırmada Karadeniz'deki palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*) yüzey balıkları ile barbunya (*M. barbatus*), mezgit (*M. merlangus*) dip balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularındaki mikroplastik düzeyleri incelenmiştir.

Mikroplastikler son yıllarda sucul ortamlarda birikmelerinden dolayı küresel bir sorun haline gelmiştir. Araştırma konusu olan Karadeniz bölgesi hem ticari faaliyetlerinin ve sanayinin yoğun olduğu hem de nüfusun fazla olduğu bölgelerden biridir. Çevresel kirlilik nedeniyle sucul ekosistemlerde giderek artan mikroplastik kirliliği besin zinciri yoluyla balıkların dokularına geçerek birikerek sindirim sistemi, üreme sistemi ve hormonal dengelerine etki ederek yaşamlarını olumsuz etkilemektedir.

Balıklarda mikroplastik birikimi, dört aşamadan oluşan solunum döngüsünü içerebilir: solungaç havalandırması, difüzyon, kan-oksijen taşınması ve doku difüzyonu olabilir (Hughes et al., 1973). Solungaç filamentleri sudaki oksijeni değiştirmek için kullanılır, böylece mikrofiberler kan damarlarına aktarılabilir. Bir balık su almak için ağzını açtığında ve solungaçlarından oksijen geçtiğinde, yüzen mikroplastikler solungaçtan geçerek solungaçların içine girebilir (Batel et al., 2018). Yapılan bir araştırmada mikroplastiklerin balıklara solungaçlar yoluyla alındığını, dolayısıyla balığın bağırsaklar ve sindirim tübülleri gibi diğer organlarından geçmeden önce solungaçlarda her zaman yüksek düzeyde mikroplastik tespit edildiğini, dokuda ve midede solungaçlardan daha fazla mikroplastik bulunduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanı sıra balıkların ağızlarını kapattığında basıncın artması ve havanın mikropartikülleri mideye ilettiğini belirtmişlerdir (Franzellitti et al., 2019). Yapılan başka bir araştırmada dokularda solungaçlardan ve mideden daha fazla mikroplastik tespit edilmiştir. Doku translokasyonu 83 µm'den daha küçük olan mikroplastiklerden meydana geldiği belirtilmiştir (Hampton et al., 2022; Mehinto et al., 2022).

5.1.Araştırmanın Birinci Alt Problemine Ait Tartışma

Palamut (*S. sarda*), Karadeniz ekosistemindeki birçok önemli yırtıcı balık türünden biridir. Yılda bir kez Ege Denizi üzerinden Türk Boğazı'na doğru göç eden ve sonbaharın sonlarında Marmara Denizi ve Ege Denizi'ne geri dönen bir balık türüdür (Prodanov et al., 2004; Turan vd., 2016). Palamut (*S. sarda*), plastikleri

yanlışlıkla yem olarak algılayarak veya kirli avlardan besin zinciri ile dolaylı yoldan yutabilmektedir (Genç vd., 2014). Karadeniz’de mikroplastik düzeyleri ile ilgili yapılan bu araştırmada önemli bir avcı ve göçmen balık olan palamut (*S. sarda*) balığının plastik yutma oranının önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir. Örneklenen palamut (*S. sarda*) balıklarının mide dokularında PE (%29), bağırsak dokularında PP (%35) ve solungaç dokularında PP (%24) ana mikroplastik türü olarak belirlenmiş olup bunların yanı sıra PET, PVC ve PS varlığı da tespit edilen mikroplastik türlerinden olmuştur. Palamut (*S. sarda*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında en sık görülen mikroplastik türü olarak PP (%28) ve PE (%26) belirlenmiştir. Palamut balığının mide ve bağırsak dokularında solungaçlara göre daha fazla mikroplastik parçacık tespit edilmiştir. Bu sonuç, yüzey balıklar arasında plastik yutma sıklığının yüksek olduğunu vurgulayan araştırma sonuçları ile tutarlıdır; Atlantik palamudu balığının %70’inde plastik olduğu raporu da bu sonuçlara dahildir (Aytan vd., 2022). Yapılan araştırmada en çok belirlenen mikroplastik tür PE ve PP olup, PP ve PE’nin yoğunluğu daha düşük olduğundan su yüzeyinde daha fazla miktarda bulundukları rapor edilmiştir (Cassola et al., 2019). Ancak Karadeniz’in üst katmanının diğer denizlere göre daha az yoğun olması bu polimerlerin diğer bölgelere göre daha hızlı batmasına neden olabilmektedir. Ek olarak, mikroplastik yüzeyindeki biyolojik kirlenme faaliyetleri nedeniyle bu parçacıkların ağırlığı artma eğilimindedir ve bu, mikroplastik parçacıklarının dikey dağılımını etkileyebilir (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Palamut (*S. sarda*) balıklarının gastrointestinal sistemlerinde yapılan bir araştırmada Yunanistan’ın Doğu Ege Denizi’nde Samos Adası’nın doğu kıyısı boyunca yaşayan balık dokularındaki mikroplastik dağılımı analiz edilmiştir. En yaygın polimer türü plastik lifler olarak belirlenmiştir (Faraggiana et al., 2018). Orta Karadeniz kıyısında 30 adet Atlantik palamudunun gastrointestinal sistemlerinde yapılan mikroplastik incelemelerinde 111 mikroplastik tanımlanmıştır. En çok bulunan mikroplastik türü lifler olarak belirlenmiş ve baskın polimerler PE ve PP olarak tespit edilmiştir (Fıçırcılar ve Aydın, 2024). Karadeniz’in Rize ilindeki palamut balıklarında yapılan başka bir araştırmada mikro- (<5 mm), mezo- (5–25 mm) ve makroplastiklerin (>25 mm) varlığı araştırılmıştır. Analiz edilen tüm balıkların gastrointestinal sisteminde plastikler bulunmuştur. FTIR spektroskopisi ile tanımlanan ana sentetik polimerler PP (%29,8), polyester (%17,5), akrilik (%15,8), PE (%14), PS (%1,8) ve polimerlerin %21,1’i selüloz olarak belirlenmiştir (Aytan vd., 2021).

Dünya denizlerinde yaklaşık 15 türü bulunan istavrit (*T. mediterraneus*), hızlı, iri ve sürüler halinde gezen bir balıktır. Sürüler halinde dolaşmaları nedeniyle av mevsiminde özellikle kış aylarında avlanan balıkların büyük çoğunluğu da istavrit olmaktadır. Bu nedenle istavrit (*T. mediterraneus*), plastik parçaların insanlara ve istavrit (*T. mediterraneus*) avcılarına besin zinciri ile aktarılabilir. Bu balık yüzey balığı olmasından dolayı kolaylıkla av olurlar (Fıçıcılar ve Aydın, 2024). Karadeniz’de mikroplastik düzeyleri ile ilgili yapılan bu araştırmada istavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının mide dokularında PVC (%29), bağırsak dokularında PET (%25) ve solungaç dokularında PET (%29) en çok tespit edilen ana mikroplastik türü olarak belirlenmiş olup bunların yanı sıra PP (%19) ve PE (%13) de tespit edilen parçacıklardan olmuştur. İstavrit (*T. mediterraneus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında en sık görülen mikroplastik türü olarak PET (%26) belirlenmiştir. Bu sonuçlar istavrit (*T. mediterraneus*) balığının mide ve bağırsak dokularında, solungaçlara göre daha fazla mikroplastik parçacık olduğunu göstermektedir. Arap Denizi'nin kuzeydoğu kesiminde yaşayan istavrit balığının sindirim sistemi ve solungaç dokularında mikroplastikler incelendiğinde %100 mikroplastik oluşumu gözlemlenmiştir. Her bir balık için ortalama mikroplastik parçacık sayısı, sindirim sistemi ve solungaçlarda sırasıyla $6,62 \pm 1,68$ ve $6,21 \pm 1,67$ olarak belirlenmiştir (Debbarma et al., 2022). Karadeniz’de yapılan mikroplastik izleme araştırması kapsamında karagöz istavrit balıklarının mide ve bağırsak dokuları incelenmiştir. İzlenen balıkların sindirim kanalları içerisinde, 8’i fiber, 4’ü sert plastik ve 5’i naylon olmak üzere 17 farklı plastik tipi tespit edilmiştir (TÜBİTAK-MAM-ÇŞB, 2017). Doğu Akdeniz’de yapılan bir araştırmada ise istavrit balık türlerinde yapılan örneklemelerde balıkların sindirim sistemlerinde mikroplastik olduğu rapor edilmiştir. Balıklar tarafından yutulan mikroplastik tipleri; %70’i fiber, %20.8’i sert plastik, %2.7’si naylon, %0.8’i kauçuk, %5.5’i ise çeşitli diğer plastik parçacıklar olarak belirlenmiştir (Jovanović et al., 2018). Akdeniz istavritinde yapılan başka bir araştırmada balıkların gastrointestinal sistemlerinde %26,7 konsantrasyonunda mikroplastik tespit edilmiştir. Belirlenen mikroplastiklerin %50,6’sı lif, geri kalan %49,4’ü ise parçacıklardan oluşturduğu bildirilmiştir. Rastgele seçilen parçacıkların μ -FTIR analizi sonucunda 11 farklı polimer türü belirlenmiş olup en çok tespit edilenlerin %26 PP, %21,9 PE ve %8,2 selüloz olduğu belirtilmiştir (Gündoğdu vd., 2020). Kuzeydoğu Atlantik’te Azor takım adalarında yaşayan ticari değeri olan yüzeye

yakın yerlerde yaşayan mavi istavrit balıklarının mide ve bağırsak içeriği analizleri sonucunda polimer türü şekle göre incelendiğinde, iplik benzeri ürünlerin %66,7'sinin PP'den %33,3'ü PE'den yapıldığı görülmüştür, ayrıca PET (%14,7) ve PP (%11,8). Ek olarak, liflerin %16,7'si, 317'sinin PE, geri kalanının ise PS (%8,3) olduğu belirlendi. Bu araştırma sonucunda kıyıya yakın yerlerde yaşayan balıklarda tespit edilen baskın polimer türü PE iken derin deniz balıklarındaki polimerlerin neredeyse tamamı PP olarak belirlenmiştir (Pereira et al., 2020). Orta Karadeniz kıyısında Raman spektroskopisi ile 30 adet Akdeniz istavritinde yapılan başka bir çalışmada ise istavrit balıklarının gastrointestinal sistemlerinde en çok lifler belirlenirken bunun yanı sıra PP ve PE en baskın mikroplastik parçalar olarak belirlenmiştir (Fıçıcılar ve Aydın, 2024).

Hamsi (*E. encrasicolus*), Karadeniz'de en çok tüketilen ve en çok avlanan yüzey balık türleri arasındadır. Bu nedenle hamsi, plastiklerin ve toksik kimyasalların insanlara ve hamsi avcılarına aktarılmasında önemli olabilir. Yapılan bu çalışmada Karadeniz'deki hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının mide dokularında PP (%25), bağırsak dokularında PET (%25) ve solungaç dokularında PET (%25) ana mikroplastik türü olarak tespit edilmiştir. Hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının mide, bağırsak ve solungaç dokularında en sık görülen mikroplastik türü PET (%23) ve PP (%22) olarak belirlenmiştir. Hamsi (*E. encrasicolus*) balığının mide ve bağırsak dokularında solungaçlara göre daha fazla mikroplastik parçacık saptanmıştır. Doğu Kalimantan'daki Talisayan limanından alınan hamsi örneklerinde yapılan bir çalışmada mikroplastikler mikroskop kullanılarak gözlemlenmiştir ve FTIR spektroskopisi ile doğrulanmıştır. Talisayan limanından gelen mikroplastik şekillerinin çoğu mikrofilm (%50) ve mikrofiberler olarak rapor edilmiştir (%29,59). Polimer türleri FTIR spektroskopisi ile PP, HDPE ve köpüklü PS naylon olarak belirlenmiştir ve çalışmamızla uyumludur (Ningrum et al., 2019). Adriyatik Denizi'nde hamsi balıklarının midelerinde yapılan bir çalışmada birey başına 1,25 oranında mikroplastik düştüğü belirlenmiştir (Renzi et al., 2019). Monterey Körfezi, Kaliforniya ABD'den kuzey hamsi balıklarının sindirim kanallarındaki antropojenik mikropartiküllerin yaygınlığını ve bileşimini (örneğin lif, parça, köpük, vb.) belirlemek amacıyla Raman spektroskopisi kullanarak mikroplastikler analiz edilmiş ve %58'inde mikroplastik tespit edilmiştir. Hamsi balıklarının örneklerinde, en bol bulunan mikropartikül türü lifler (%78), ardından parçalar (%13), köpük (%6), film

(%2) ve boncuklar (%1) olarak belirlenmiştir. Raman spektroskopisi, mikropartiküllerin %57'sini plastik olarak tanımlamıştır (Michishita et al., 2023). Batı Akdeniz'de hamsi balıklarında mikroplastik ve doğal liflerin (<5 mm) yutulması ile ilgili yapılan bir araştırmada balık örneklerinin gastrointestinal yolları incelenmiştir. Hamsi balıklarının 15,24'ünün mikroplastik ve doğal lifler yuttuğu belirlenmiştir. Lifler en sık görülen parçacık türü %83 PET en yaygın mikroplastik materyali olduğunu tespit etmişlerdir (%30) (Compa et al., 2018). Türkiye'nin Karadeniz kıyı sularında Avrupa hamsisinde yapılan bir araştırmada incelenen balıklarda 128 parçacık belirlenmiş ve balık türlerinde en çok PE ve PP polimerlerin olduğu rapor edilmiştir ve araştırmamızla sonuçlar uyumludur (Eryaşar vd., 2022). Karadeniz'in Rize ilindeki hamsi balıklarında yapılan başka bir araştırmada mikro- (<5 mm), mezo- (5–25 mm) ve makroplastiklerin (>25 mm) gastrointestinal sisteminde tanımlandığı ve ana sentetik polimerler PP (%29,8), polyester (%17,5), akrilik (%15,8), PE (%14), PS (%1,8) ve polimerlerin %21,1'i selüloz parçacıklardan oluştuğu saptanmıştır (Aytan vd., 2021).

Malezya'da yapılan bir araştırmada yüzey ve yüzeye yakın balıkların iç organlarında ve solungaçlarında mikroplastik varlığı incelenmiştir. Mevcut araştırmada seçilen balıklar arasında torpedo istavrit (*Megalaspis cordyla*), turuncu benekli lagos (*Epinephelus coioides*), hint uskumru (*Rastrelliger kanagurta*), Kawakawa (*Euthynnus affinis*), uzun kuyruklu orkinos (*Thunnus tonggol*), üç parmaklı iplik yüzgeçli balık (*Eleutheronema tridactylum*) dokularında en yaygın mikroplastik PE olarak belirlenmiştir (Kerbelaie et al., 2019). Hindistan, Kerala'dan dokuz ticari açıdan önemli pelajik balık türünün yenilebilir (kas ve deri) ve yenmez (solungaç ve iç organlar) dokularında mikroplastiklerin varlığı incelenmiştir. Çoğunlukla parçalardan oluşan (58%) toplam 163 parçacık izole edilmiştir. Analiz edilen 270 balıktan (tür başına n=30), balıkların %41,1'inin yenmeyen dokularında mikroplastikler varken, balıkların sadece %7'sinin yenilebilir dokularında mikroplastikler belirlenmiştir. Yenmeyen dokudaki mikroplastik miktarı, görsel avcılara göre filtreli besleyicilerde önemli ölçüde daha fazlaydı ($p < 0,05$). Yenilebilir dokulardaki mikroplastiklerin ortalama bolluğu balık başına $0,07 \pm 0,26$ ve yenmeyen dokularda balık başına $0,53 \pm 0,77$ adet idi (Daniel et al., 2020).

5.2.Araştırmanın İkinci Alt Problemine Ait Tartışma

Barbunya (*M. barbatus*) ve mezgıt (*M. merlangus*), demersal habitatlar arasındaki trofik bağlantıları nedeniyle büyük ekolojik öneme sahip türlerdir. Elde edilen sonuçlar araştırıldığında, bu türlerin beslenme sebepleriyle mikroplastik yutmaya duyarlı oldukları açıklanmaktadır (Avio et al., 2015; Bellas et al., 2016; Giani et al., 2019). Bu balık türleri ticaridir, araştırma alanında yaygın olarak dağılmıştır ve birçok bentik ortamda küçük ölçekli düzeyde plastik yutulmasının izlenmesi için biyoindeksör olarak kabul edilir (Giani et al., 2019). Karadeniz’de mikroplastik düzeyleri ile ilgili yapılan bu çalışmada barbunya (*M. barbatus*) balıklarının mide dokularında PVC (%28); bağırsak dokularında PVC (%24); solungaç dokularında PET (%26); mezgıt (*M. merlangus*) balıklarının mide dokularında PP (%25); bağırsak dokularında PP (%30); solungaç dokularında PP (%28) en sık belirlenen mikroplastik parçacık olmuştur. Bunların yanı sıra PET, PVC, PE ve PS varlığı da belirlenen türler arasındadır. Barbunya (*M. barbatus*) ve mezgıt (*M. merlangus*) dip balıklarının mide dokularında PVC (%25), bağırsak dokularında PP (%25), solungaç dokularında PP (%23) en sık belirlenen mikroplastik türlerdir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde Adriyatik Denizi Karadağ kıyılarında barbunya (*M. barbatus*) ve mezgıt (*M. merluccius*) iki balık türünün gastrointestinal sistemindeki mikroplastik yutma sıklığı %58,6 iken, yutulan mikroplastiklerin ortalama sayısı sırasıyla $2,9 \pm 0,5$ ve $3,2 \pm 1,0$ adet/kişi olarak belirlenmiştir. Tanımlanan mikroplastiklerin çoğu filamentler, ardından parçalar ve filmler iken, balık ve tortu örneklerinde bulunan en bol polimerler PP ve PE polimerleri olarak tespit edilmiştir ve araştırmamızla benzer sonuçlar içermektedir. Araştırma süresince tespit edilen polimerlerin bolluğundaki farklılıklar balık türlerine göre dikkat çekici olarak belirtilmiştir. Barbunya (*M. barbatus*) balığında baskın polimer tipi %45,2 ile PE iken, mezgıt (*M. merluccius*) balığında %36,7 ile PP olarak belirtilmiştir. Diğer polimerler Barbunya (*Mullus barbatus*) örneklerinde sırasıyla PP (%29), PET (%12,5) ve poliamit (PA) (%6,5) olarak bulunurken, mezgıt (*M. merluccius*) örneklerinde sırasıyla PE (%16,7), PET (%16,7) ve PA (%13,3) olarak bulunmuştur ve bizim araştırmamızla sonuçlar benzerlik göstermektedir (Bošković et al., 2022). Örnekleme alanına bağlı olarak sedimanlarda ve balık örneklerinde mikroplastik bolluğundaki farklılıklar, farklı ekolojik, coğrafi ve hidrolojik özelliklerin yanı sıra farklı insan etkileriyle de açıklanabilir (Browne et al., 2011; Claessens et al., 2011; Nor ve Obbard, 2014; Abidli et al., vd., 2017; Bošković

et al., 2022). Balıklardaki mikroplastik birikimi aynı zamanda trofik seviyeye de bağlıdır; bu nedenle bentopelajik bir balık türü olan mezigit (*M. merluccius*) potansiyel olarak yüksek mikroplastik seviyelerine maruz kalmaktadır (Jabeen et al., 2017). Birçok yazar, balıkların sindirim sistemlerindeki mikroplastik bolluğunun, yaşam alanları ve beslenme davranışları ve deniz tabanına yakın mikroplastik kalıntılarının bolluğu ile yakından ilişkili olduğunu belirtmektedir; bu da bizim sonuçlarımızla uyumludur (Zhang et al., 2020; Atamanalp et al., 2021, Makhdoumi et al., 2022). PE torbalar filmlerin olası bir kaynağı olabilirken, olası parçalanma kaynağı şişelerin ve diğer katı plastik ürünlerin parçalanması olabilir (Ghosh et al., 2021) ve bazı kozmetikler granüllerin kaynağı olabilmektedir (Claessens et al., 2011).

Türkiye'nin Karadeniz kıyı sularında yapılan başka bir araştırmada 9 farklı bölgeden temin edilen barbunya (*M. barbatus*) ve mezigit (*M. merlangus*) balıklarında mikroplastik türler incelenmiştir. Toplamda 208 adet incelenen balıklarda 128 parçacık tespit edilmiştir. Sonuç olarak FTIR Spektroskopisi ile ayrılan parçacıkların 95'inde mikroplastik belirlenmiş ve incelenen balık türlerinde en çok PE ve PP polimerlerin olduğu rapor edilmiştir (Eryaşar et al., 2022). Kuzey Adriyatik Denizi'nde yapılan bir başka araştırmada barbunya (*M. barbatus*) ve mezigit (*M. merluccius*) balıklarına ait 229 demersal balığın gastrointestinal sistemlerinde %23,3'ünde plastik parçacıklar tespit edilmiştir ve toplam 65 plastik parçacık (%66'sı liflerden oluşuyor) kaydedilmiştir (Giani et al., 2019). Karadeniz'in Rize ilindeki Avrupa mezgiti ve barbunya balıklarının gastrointestinal sisteminde yapılan bir araştırmada mikro- (<5 mm), mezo- (5–25 mm) ve makroplastiklerin (>25 mm) barbunya balıklarının 26'sı (%19,7), Avrupa mezgitinde 97 bireyden 26'sının (%26,8) plastik artıkları yuttuğu gastrointestinal sistemlerinde belirlenmiştir. FTIR spektroskopisi ile tanımlanan ana sentetik polimerler PP (%29,8), polyester (%17,5), akrilik (%15,8), PE (%14), PS (%1,8) ve polimerlerin %21,1'i selüloz olarak belirlenmiştir ve belirlenen mikroplastik türler araştırmamızla uyumlu sonuçlar vermiştir (Aytan vd., 2021). İspanyol Atlantik ve Akdeniz kıyılarındaki ticari olarak önemli üç demersal balık türünde, küçük benekli köpek balığı (*S. canicula*), Avrupa mezgiti (*M. merluccius*) ve barbunya (*M. barbatus*) balıklarında yapılan bir araştırmada %17,5'inin mikroplastik içerdiği rapor edilmiştir (%15,3 köpek balığı, %18,8 barbunya ve %16,7 mezigit), balık başına ortalama $1,56 \pm 0,5$ parça ve mikroplastiklerin boyutu 0,38 ila 3,1 mm arasında değişmektedir (Bellas et al., 2016).

Kuzey Tiren Denizi'ndeki yapılan bir araştırmada mezzit (*M. merluccius*) ve barbunya (*M. barbatus*) balıkları mikroplastiklere maruz bırakılmıştır. Su örneklerinde ortalama $0,30 \pm 0,02$ mikro çöp ögesi m^{-3} belirlenmiştir. μ FTIR analizi sonucunda mezzit (*M. merluccius*) ve barbunya (*M. barbatus*) %100'ünde ve %83,3'ünde HDPE ve PP olmak üzere plastik parçacıkların bulunduğunu ve bunların toplamda sırasıyla $14,67 \pm 4,10$ ve $5,50 \pm 1,97$ adet/birey yuttuğu rapor edilmiştir (Miccoli et al., 2022). İtalya'da Orta Adriyatik Denizi'nde Barbunya (*M. barbatus*) ve Avrupa mezziti (*M. merluccius*) balıklarında yapılan bir araştırmada, gastrointestinal sistemde ve bağırsak içeriklerinde PE ve PP parçaların en yaygın polimer türleri olduğu belirlenmiştir (Cocci et al., 2022). İtalya Tiren Denizi'nde üç ticari balık türünün (*E. encrasicolus*, *M. barbatus*, *M. merluccius*), 150 balık örneğinin gastrointestinal yolları analiz edilmiştir. Tüm türler incelendiğinde 0 ila 49 öge/birey arasında değışen seviyelerde mikrofiber içerdiğı tespit edilmiştir. Lif morfolojilerinin değıerlendirilmesi, izole edilen mikrofiberler arasında en çok doğıal/yapay mikrofiberlerin bulunduğunu, selüloz ve polyesteri en yaygın polimer türleri olarak belirlenmiştir (Santonicola et al., 2024).

Manş Denizi'ndeki yapılan bir araştırmada açık deniz türü mezzit ve mavi mezzit balıklarının mide ve bağırsak sisteminde %36.5 oranında plastik parça bulunmuştur. Derinlerde yaşıyan balık türlerin %35'inin mikroplastik tükettiğı belirlenmiştir. FTIR Spektroskopisi kullanılarak yapılan incelemede plastik parçalar tanımlanmış ve dokularda %35,6 PA, %57,8 yarı sentetik selülozik, en yaygın malzeme olarak suni ipek tespit edilmiştir (Lusher et al., 2013). Tiren Denizi'nde yapılan bir araştırmada mikroplastiklerin yutulmasını vurgulamak için Avrupa mezziti (*M. merluccius*) mide içeriğinde siyah lif tespit edilmiştir. İncelenen balık örneklerinin %46,3'ünde mikroplastik parçacık belirlenmiştir (Mancuso et al., 2018). Kantabria Denizi'nde yakalanan mezzit (*M. merluccius*) balıklarının gastrointestinal sistemlerinde Vinil, polivinil, polivinil bütiral, polialkilen oksit, etilen-vinil asetat kopolimeri, PET, PE, PP, poliakrilamid, poliakrilonitril, PE glikol, stiren-izopren kopolimeri ve tetrahidroftalimid de dokularda belirlenmiştir (Cabanilles et al., 2022). Mallorca Adası'nda toplamda 417 çizgili barbunya (*M. surmuletus*), balıkların yaklaşık üçte birinin (%27,30) mikroplastik yuttuğu tespit edilmiştir. Mikroplastiklerin büyük çoğunluğunun filament tipi olduğunu ve PET ana tanımlanmış bileşen olduğu rapor etmişlerdir (Alomar et al., 2017). Barselona kıyılarında 118 barbunya (*M. barbatus*)

balığında yapılan bir araştırmada sindirim sistemlerindeki antropojenik liflerin %88'inin selülozik (%57) ve sentetik polimerler (PET) (%31) olarak tanımlanmıştır. Antropojenik lifler balık sindirim sistemlerinin %50'sinde tespit edilmiş ve birey başına ortalama 1,48 olarak belirlenmiştir (Romeu et al., 2020). Karadeniz'de yapılan bir araştırmada barbunya ve pontik tirsi balığının dokularındaki mikroplastik bolluğu gastrointestinal sistemde (%40,0) ilk sırada yer alırken, en düşük mikroplastik yoğunluğu beyin dokularında (%7,0) belirlendi. Gastrointestinal dokudan sonra solungaçların mikroplastik yoğunluğu en yüksek ikinci doku olduğu belirlendi. Balık türlerinden bağımsız olarak, mikroplastiklerin karakterizasyonu çoğunlukla lifli (%51,0), siyah renkli (%49,0) ve 50-200 μ m boyutunda (%55,0) olmuştur. Belirlenen dokuz farklı polimer arasında en sık polikloropren (%18,8) ve PA (%15,0) bulunmuştur (Atamanalp vd., 2021).

Örnekleme alanına bağılı olarak sedimanlarda ve balık örneklerinde mikroplastik bolluğundaki farklılıklar, farklı ekolojik, coğrafi ve hidrolojik özelliklerin yanı sıra farklı insan etkileriyle de açıklanabilmektedir (Browne et al., 2011; Claessens et al., 2011; Nor and Obbard, 2014; Abidli et al., 2017; Bošković et al., 2022). Yapılan bir araştırmada beslenme alışkanlıklarının balıklarda mikroplastik birikim derecesini belirleyebileceğini, farklı beslenme alışkanlıklarına sahip farklı türlerin sudan ve tortulardan farklı miktarlarda mikroplastik aldığını öne sürmüşlerdir (Campbell et al., 2017). Bu araştırmada balıklarda bulunan mikroplastiklerin artan bolluğu, mikroplastiklerin deniz suyunda mevcut olduğunu gösterebilir (Bošković et al., 2021, 2022), bu da daha fazla araştırma gerektirmektedir. Mevcut araştırma, bu iki balık türünün araştırma alanındaki mikroplastiklerin izlemek için uygun olduğunu göstermektedir. Barbunya (*M. barbatus*) ve mezigit (*M. merlangus*) arasındaki farklar, örnekleme alanı ve balık türleri için farklı yaşam alanları ve beslenme alışkanlıkları olduğunu düşündürmektedir, bu da mikroplastik alımını etkileyebilir. Mezigit (*M. merlangus*) ve barbunya (*M. barbatus*) bentopelajik türlerdir ve mikroplastiklerle etkileşimde bulunma ve yutma olasılıkları daha yüksektir. Bu durum Avio vd. tarafından açıklanmıştır. Giani vd. (2019) tarafından ulaşılan bulgularla da tutarlıdır. Araştırmamıza uygun olarak, Karadeniz'de yapılan incelemelerde, PE, PP, PET, PVC ve PS'nın deniz ortamında yaygın olarak bulunan polimer türlerinin olduğunu belirtmiştir ve bizim araştırmamız da tutarlı sonuçlar göstermiştir (Cózar et al., 2015; Neves et al., 2015; Avio et al., 2017; Digka et al., 2018; Filgueiras et al., 2020;

Atamanalp vd., 2021; Bošković et al., 2022). PE ve PP, dünyada en çok bulunan plastiklerdir ve çoğunlukla plastik torba ve şişelerden kaynaklanan, baskın plastik atıklardır (Cózar et al., 2015; Suaria et al., 2016; Avio et al., 2017). PE ve PP, çeşitli yazarlar tarafından hem balık örneklerinde (Neves et al., 2015; Pellini et al., 2018; Baalkhuyur ve et al., 2020) hem de çökeltilerde fazla oranda olduğu belirtilen türlerden olmuştur.

Tayland'daki Songkhla Lagünü'ndeki haliç dip yayın balıklarının (*Arius maculatus*) solungaçlarındaki mikroplastiklerin ortalama birikimi $1,29 \pm 0,17$ parçacık/birey, midede $1,77 \pm 0,25$ parçacık/birey ve dokuda $1,97 \pm 0,19$ parçacık/birey olarak belirlenmiştir. Birikim diğer organlara göre dokuda en yüksek tespit edilmiştir. PP, PE, PET ve suni ipek ve kopolimerler dahil olmak üzere polimerlerin varlığı belirlenmiştir (Jitkaew et al., 2024). Malezya'da yapılan bir araştırmada dip ve dibe yakın olan balıkların iç organlarında ve solungaçlarında mikroplastik varlığı incelenmiştir. İncelenen Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*), Cachama (*Colossoma macropomum*), Delagoa iplik yüzgeçli çipura (*Nemipterus bipunctatus*), ot sazanı (*Ctenopharyngodon idella*) ve öküz gözü istavrit (*Selar boops*) balıklarının dokularında en yaygın mikroplastığın PE olduğu tespit edilmiştir (Kerbelaoui et al., 2019). Tayland'da yapılan bir araştırmada yayın balığı (*Osteogobius militaris*) organlarında mikroplastik kontaminasyonu bulduk, en yaygın olarak midede ($0,91 \pm 0,13$ ürün/g), ardından dokuda ($0,53 \pm 0,09$ ürün/g) ve solungaçlarda ($0,30 \pm 0,03$ ürün/g) $p < 0,01$ önemli düzeyinde bulundu. 27 adet mikroplastik içeren toplam 349 balık yumurtası bulduk. Balıkların midesinde, dokusunda ve solungaçlarında ve balık yumurtalarında bulduğumuz baskın mikroplastik lif şeklindeydi (Pradit et al., 2018). Çin'in kıyı haliç bölgelerinden 13 balık türünün bağırsak ve solungaçları mikroplastiklerin varlığı açısından incelenmiştir. Mikroplastikler bağırsakta ve solungaçlarda sırasıyla toplam bireylerin %22-100'ünde ve %22-89'unda tespit edilmiştir. Solungaçlardaki mikroplastiklerin boyutu bağırsaklarda bulunanlardan daha küçük olduğu belirlenmiştir (Su et al., 2019).

Dünya genelinde son zamanlarda yapılan araştırmaların tümü, bölgesel veya ülke bazlı sularda mikroplastik kirliliğini ve canlı organizmalarda birikimini belirlemeye yöneliktir. Mikroplastiklerin besin zincirinde transfer edilebileceğine dair artan kanıtlar da bulunmaktadır. Küçük boyutları nedeniyle mikroplastikler, insanlar tarafından tüketilen plankton, çift kabuklular ve balık gibi farklı trofik seviyelerde

bulunabilir (Burt, 2014). Bu nedenle farklı kaynaklardan gelen mikroplastiklerin su ortamlarına karışması, sudaki organizmalar ve muhtemelen kontamine balık ve deniz ürünleri tüketen insanlar için de bir tehdit oluşturmaktadır (Al-Abdulrazzak et al., 2015). Bu durum, bir trofik seviyeden diğerine biyobirikim için zararlı etkiler hakkında artan endişeleri beraberinde getirmektedir. Ancak bugüne kadar yapılan saha araştırmalarında balıklarda mikroplastik birikimine ilişkin yeterli bir rapor bulunmamaktadır. Mikroplastiklerin toksisitesi ile ilgili literatür, bu materyallerin suda yaşayan organizmalarda genotoksisite, oksidatif stres, davranış değişiklikleri, üreme bozukluğu, ölüm ve nüfus artış hızında azalma dahil olmak üzere fiziksel ve kimyasal toksisiteye neden olabileceğini ortaya koymuştur (Collard et al., 2017). Ticari balık türlerinde mikroplastiklerin varlığı, gıda güvenliği ve insan sağlığı ile ilgili endişeleri artırmaktadır (Browne et al., 2008). Risk değerlendirmesi ayrıca, biyotadan numune alınmasını gerektiren uygun maruz kalma tahminine de bağlıdır (Li et al., 2015).

6. SONUÇ

Araştırma sonucunda palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*) ve hamsi (*E. encrasicolus*) yüzey balıklarının mide dokularında en sık görülen mikroplastik PP (%23), bağırsak dokularında PP (%26) ve solungaç dokularında PET (%24) olduğu tespit edilmiştir. Barbunya (*M. barbatus*) ve mezigit (*M. merlangus*) dip balıklarının mide dokularında PVC (%25), bağırsak dokularında PP (%25) ve solungaç dokularında PP (%23) olduğu tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra tüm dokularda PE, PS ve PVC'de türleri de saptanmıştır.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda palamut (*S. sarda*), istavrit (*T. mediterraneus*) ve barbunya (*M. barbatus*) balıkları PS değerleri açısından mide, bağırsak ve solungaç dokuları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlendi ($p<0,05$). Ancak diğer mikroplastik türleri açısından anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0,05$).

ÖNERİLER

Balıkların mikroplastikleri yutmasını engellemek için;

1. Plastik atıkların geri dönüştürülmesine teşvik edilmeli, plastik atıkların doğaya karışmasını önlemek için sıkı atık toplama ve bertaraf sistemleri oluşturulmalıdır.

2. Tek kullanımlık plastikler yerine biyolojik olarak parçalanabilen veya yeniden kullanılabilir malzemeler tercih edilmeli, balıkçılık ekipmanlarında plastik yerine çevre dostu malzemeler kullanılmalıdır.

3. Mikroplastiklerin yoğun olduğu bölgelerde temizlik çalışmaları başlatılmalı ve mikroplastik kirliliğini izlemek ve azaltmak için düzenli araştırmalar yapılmalıdır.

4. Bireyler plastik atıkların zararları ve mikroplastiklerin ekosistem üzerindeki etkileri konusunda bilinçlendirilmeli, balıkçılara ve denizcilere sürdürülebilir uygulamalar hakkında eğitimler verilmelidir.

Bu öneriler hem bireysel hem de toplumsal düzeyde uygulanarak balıkların mikroplastiklere maruz kalmasını önemli ölçüde azaltabilir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Hassanaghaei, M. (2018). Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf. *Chemosphere*, 205, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.076>.
- Abidli, S., Toumi, H., Lahbib, Y., El Menif, N. T. (2017). The first evaluation of microplastics in sediments from the Complex Lagoon-Channel of Bizerte (Northern Tunisia), *Water Air Soil Pollution*, 228:262. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3439-9>.
- Ahmed, R., Hamid, A. K., Krebsbach, S. A., He, J., Wang, D. (2022). Critical review of microplastics removal from the environment. *Chemosphere*, 293. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133557>.
- Akarsu, C., Kıdeys, A. E. & Kumbur, H. (2017). “Evsel Atık Su Arıtma Tesislerinin Sucul Ekosisteme Mikroplastik Tehditi”, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, Volume: 74 Issue: 1.1, 73-78. 89,97,107,112,115,116,118,119,121,123,125,127,131,132 900. <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2017.36845>.
- Akşiray F. (1987). Türkiye Deniz Balıkları ve Tayin Anahtarı, Cilt No. 2. Kardeşler.
- Al-Abdulrazzak, D., Zeller, D., Belhabib, D., Tesfamichael, D., & Pauly, D. (2015). Total marine fisheries catches in the Persian/Arabian Gulf from 1950 to 2010. *Regional Studies in Marine Science*, 2, 28–34. <https://doi.org/10.1016/J.RSMA.2015.08.003>.
- Ali, M. I., Ahmed, S., Robson, G., Javed, I., Ali, N., Atiq, N. and Hameed, A. (2014). “Hameed, Isolation and molecular characterization of polyvinyl chloride (PVC) plastic degrading fungal isolates” *Journal of Basic Microbiology*. 54. 18-27. <https://doi.org/10.20944/preprints202311.1904.v1>.
- Alomar, C., Estarellas, F., Deudero, S. (2016). Microplastics in the Mediterranean sea: deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. *Marine Environmental Research*. 115, 1–10. <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.01.005>.
- Alomar, C., Suredab, A., Capó, X., Guijarro, B., Tejadad, S., Deudero, S. (2017). Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environmental Research*, 159. 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.07.043>.
- Alpay, C. G. (2015). Büyükşehir Belediyeleri Deniz Kirliliği Önleme Çalışmaları ve Öneriler, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Al-Salem S. M, Saif Uddin, Brett Lyons. (2020). Evidence of microplastics (MP) in gut content of major consumed marine fish species in the State of Kuwait (of the Arabian/Persian Gulf). *Marine Pollution Bulletin*. Cilt 154, May, 111052. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111052>.
- Anastasopoulou, A., Mytilineou, C., Smith, C. J., Papadopoulou, K. N. (2013). Plastic debris ingested by deep-water fish of the ionian sea (Eastern Mediterranean). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 74, 11–13. <http://doi.org/10.1016/j.dsr.2012.12.008>.
- Andrady, A. L. & Neal, M. A. (2009), Applications and societal benefits of Plastics, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B, 364, 1977 – 1984. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>.
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.
- Andrady, A. L. (2017). “The plastic in microplastics: A review”, *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>.
- Arthur, C, Baker, J. and Bamford, H. (2009). “Proceedings of the international research workshop on the occurrence. Effects and Fate of Microplastic Marine Debris”. NOAA Technical

Memorandum NOS-OR&R-30. *The Center for Urban Waters University of Washington Tacoma*.

- Atamanalp, M., Köktürk, M., Uçar, A., Duyar, H. A., Özdemir, S., Parlak, V., Esenbuğa, N., Alak, G. (2021). Microplastics in tissues (brain, gill, muscle and gastro-intestinal) of *Mullus barbatus* and *Alosa immaculata*, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 81 460e469. <https://doi.org/10.1007/s00244-021-00885-5>.
- Atamanalp, M., Köktürk, M., Parlak, V., Ucar, A., Arslan, G., Alak, G. (2022). “A new record for the presence of microplastics in dominant fish species of the Karasu River Erzurum, Turkey”. *Environmental Science and Pollution Research* 29(5):7866-7876. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16243-w>.
- Auta, H. S., Emenike, C. U., Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions, *Environment International*, 102, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>.
- Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L. & Regoli, F. (2015). Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels, *Environmental Pollution*, 198, 211-222. doi: 10.1016/j.envpol.2014.12.021. Epub 2015 Jan 28. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.12.021>.
- Avio, C. G., Gorbi, S., Regoli, F. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat, *Marine Environmental Research*, 128, 2-11.
- Awasthi, M. K., Pandey, A. K., Bundela, P. S., Wong, J. W., Li, R., Zhang, Z. (2016). “Cocomposting of gelatin industry sludge combined with organic fraction of municipal solid waste and poultry waste employing zeolite mixed with enriched nitrifying bacterial consortium”. *Bioresource technology*, 213, 181-189. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.026>.
- Aydın, M., Düzgüneş, E., Şahin, C., Mutlu, C. (1997). Mezgit (*Merlangius merlangus*) Avcılığında Kullanılan Galsama Ağlarının Seçicilik Parametrelerinin Hesaplanması. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, Bildiriler Kitabı 173-181 s.
- Aydın, A., Sunlu, U. (2004). Güney Ege Denizi Sedimentlerinde Karbon ve Yanabilen Madde Düzeylerinin Araştırılması, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 21(3-4), 229-234.
- Aytan, U., Esensoy, F. B., Senturk, Y., Arifoğlu, E., Karaoğlu, K., Ceylan, Y., Valente, A. (2021). Plastic Occurrence in Commercial Fish Species of the Black Sea, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(SI), TRJFAS20504. <http://doi.org/10.4194/TRJFAS20504>.
- Aytan, Ü., Şentürk, Y., Esensoy, F. B., Öztekin, A., Ağırbaş, E., & Valente, A. (2020). “Microplastic pollution along the southeastern Black Sea”. *Marine Litter in the Black Sea*, 192-207.
- Aytan, U., Esensoy, F. B., Senturk, Y., Arifoğlu, E., Karaoğlu, K., Ceylan, Y., Valente, A. (2022). Plastic Occurrence in Commercial Fish Species of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 22(SI), TRJFAS20504. <http://doi.org/10.4194/TRJFAS20504>.
- Baalkhuyur, F. M., Dohaish, E.J.A.B., Elhalwagy, M. E., Alikunhi, N. M., AlSuwailem, A. M., Røstad, A., Duarte, C. M. (2018). Microplastic in the gastrointestinal tract of fishes along the Saudi Arabian Red Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 407-415. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.040>.
- Baalkhuyur, F. M., Qurban, M. A., Psnickan, P. ve Duarte, C. M. (2020). Microplastics in fishes of commercial and ecological importance from the Western Arabian Gulf, *Marine Pollution Bulletin*, 152, 110920. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1074246>.
- Bakkaloğlu, E. (2019). Atıksu Arıtma Tesislerinde Mikroplastiklerin Akıbeti ve Taşınımı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Balkas, T., Mihnea, R., Serbanescu, O., and Ünliata, U. (1990). State of Marine Environment in Basımevi, İstanbul s. 811. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.862055>.
- Barutçu, E. Ç. (2022). Mert Irmağı (Samsun)'nda Yaşayan Bazı Balıkların Sindirim Sisteminde Mikroplastik Tespiti. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyoloji Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Batel, A., Borchert, F., Reinwald, H., Erdinger, L., Braunbeck, T. (2018). Microplastic accumulation patterns and transfer of Benzo[a] Pyrene to adult Zebrafish (*Danio rerio*) gills and Zebrafish Embryos. *Environ. Pollut.* 235, 918–930. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.028>.
- Beckwith, V. K. ve Fuentes, M. M. (2018). Microplastic at nesting grounds used by the northern Gulf of Mexico loggerhead recovery unit, *Marine Pollution Bulletin*, 131, 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.001>.
- Bellas, J., Martínez-Armental, J., Cámara, A. M., Besada, V., Gómez, C. M. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts *Marine Pollution Bulletin*, Volume 109, Issue 1, 15 August 2016, Pages 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.026>.
- Bessa, F., Barría, P., Neto, J. M., Frias, J.P.G.L., Otero, V., Sobral, P., Marques, J. C. (2018). “Occurrence of Microplastics in Commercial Fish from a Natural Estuarine Environment”. *Marine Pollution Bulletin*. 128. 575–584. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.044>.
- Besseling, E., Wegner, A., Foekema, E. M., Van den Heuvel-Greve, M. J., and Koelmans, A. A. (2012). “Effects of microplastic on fitness and pcb bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina*”, *Environmental Science & Technology*, vol. 47, no. 1, s.593-600, 2012.
- Blackburn, K., & Green, D. (2021). “The potential effects of microplastics on human health: What is known and what is unknown”, *Ambio*, (1-13). <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01589-9>.
- Boguslavski, S. G., Agafonov, Y.A and Isayeva, L. S. (1982). Exploration of the Black Sea During The 23rd Cruise of the R/V Academic Vernadskiy. *Oceanology*, 22(3):385-386.
- Bošković, N., Joksimović, D., Bajt, O. (2022). Microplastics in fish and sediments from the Montenegrin coast (Adriatic Sea): Similarities in accumulation. *Science of The Total Environment*, Volume 850, 1 December 2022, 158074. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158074>.
- Bouwmeester, H., Hollman, P. C. H., & Peters, R. J. B. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science & Technology*, 49 (15), 8932-8947 *Bulletin*, 67, 94-99. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01090>.
- Bråte, I. L. N., Hurley, R., Iversen, K., Beyer, J., Thomas, K. V., Steindal, C. C., Green, N., W., Olsen, M. & Lusher, A. (2018a). *Mytilus* spp. as sentinels for monitoring microplastic pollution in Norwegian coastal waters: A qualitative and quantitative study, *Environmental Pollution*, 243, 383-393. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.077>.
- Browne, M. A., A. Dissanayake, T. S. Galloway, D. M. Lowe, R. C. Thompson (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.) *Environmental Science & Technology*. 42: 5026-5031. <https://doi.org/10.1021/es800249a>.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, 45, 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>. Epub 2011 4 Ekim.
- Burt, J.A. (2014). The environmental costs of coastal urbanization in the Arabian Gulf. *City Pages* 760-770. <https://doi.org/10.1080/13604813.2014.962889>.

- Büyüksirt, T., Kuleşan, H. (2014). Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Gıda Analizlerinde Kullanımı, *Gıda*, 39(4), 235-241.
- Büyüköztürk, Ş. (2004). *Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı*, 4. Baskı, Ankara: Pegem Yayıncılık.
- Cabanilles, P., Acle, S., Arias, A., Masí'a, P., Ardura, A., Garcia-Vazquez, E. (2022). Microplastics risk into a three-link food chain inside european hake. *Diversity* 14 (5), 308. <https://doi.org/10.3390/d14050308>.
- Campbell, S. H., Williamson, P. R., Hall, B. D. (2017). Microplastics in the gastrointestinal tracts of fish and the water from an urban prairie creek. *Facets* 2 (1), 395–409. <https://doi.org/10.1139/facets-2017-0008>.
- Carpenter, E. J., & Smith, K. L. (1972). Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science*, 175(4027), 1240–1241. <https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240>.
- Cassola, G. E., Zadjelovic, V., Gibson, M.I., Christie-Oleza, J. A. (2019). Distribution of plastic polymer types in the marine environment; A meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials* Volume 369, Pages 691-698. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.02.067>.
- Cauwenberghe, L.V., Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution* Volume 193, October 2014, Pages 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>.
- Cauwenberghe, L.V., Devriese, L., Galgani, F., Robbins, J., Janssen, C.R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*. 2015 Oct;111: 5-17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007>.
- Cheung LTO, Lui CY, Fok L. (2018). Microplastic contamination of wild and captive flathead grey mullet (*Mugil cephalus*). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15: 597. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040597>.
- Chinfak, N., Sompongchaiyakul, P., Charoenpong, C., Shi, H., Yeemin, T., & Zhang, J, (2021). 'Abundance, composition, and fate of microplastics in water, sediment, and shellfish in the Tapi-Phumduang River system and Bandon Bay, Thailand', *Science of The Total Environment*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146700>.
- Claessens, M., DeMeester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K. and Janssen, C. R. (2011). "Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast". *Marine Pollution Bulletin*. 62. 2199–2204. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030>.
- Cocci, P., Gabrielli, S., Pastore, G., Minicucci, M., Mosconi, M., Palermo, F. A. (2022). Microplastics accumulation in gastrointestinal tracts of *Mullus barbatus* and *Merluccius merluccius* is associated with increased cytokine production and signaling, *Chemosphere*, 307.135813. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135813>.
- Cohen, D. M., Inada, T., Iwamoto, T. & Scialabba, N. (1990) FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other Gadiform fishes known to date. *FAO Fisheries Synopsis*, 125, 10–442.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J. and Galloway, T. S. (2013). "Microplastic Ingestion by Zooplankton". *Environmental Science & Technology*. 17 (12). 6646-6655. <https://doi.org/10.1021/es400663f>.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C. and Galloway, T.S. (2015). "The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*". *Environmental Science & Technology*. 49. 1130–1137. <https://doi.org/10.1021/es504525u>.

- Coley, A.I., Verbel, O.J. (2015). Microplastic resin pellets on an urban tropical beach in Colombia, *Environmental monitoring and assessment*, 187(7), 435. doi: 10.1007/s10661-015-4602-7.
- Collard, F., Gilbert, B., Comp`ere, P., Eppe, G., Das, K., Jauniaux, T., Parmentier, E. (2017). Microplastics in livers of European anchovies (*Engraulis encrasicolus*, L.). *Environmental Pollution*. 229, 1000–1005. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.089>.
- Collette, B. B., Nauen, C. E. (1983). FAO species catalogue. Volume 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date (No. 125).
- Compa, M., Ventero, A., Iglesias, M., Deudero, S. (2018). Ingestion of microplastics and natural comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern condition in the langoustine, *Nephrops norvegicus*, *Environmental Pollution*, 218, 895.
- Cózar, A., Sanz-Martín, M., Martí, E., González-Gordillo, J. I., Ubeda, B., Gálvez, J.Á., Irigoien, X., Duarte, C.M. (2015). Plastic accumulation in the Mediterranean Sea. *PLoS One* 10, e0121762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>.
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2017). “Microplastics, standardisation and spatialdistribution”, *Microplastic Pollutants*, 101–130. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809406-8.00005-0>.
- Çağlayan H. S., & Kopuz Ü. A. (2020). “Mikroplastiklerin Deniz Çevresinde Neden Olduğu Etkiler”. *Doğanın Sesi Dergisi*, (6), 44-56.
- Çelebi, H., Bahadır, T., Şimşek, İ. & Tulun, Ş. (2021). “Deterjan Bazlı Çamaşır Makinesi Atık Suyunun YDA ve EoL Analizi ile Değerlendirilmesi”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 275-284.
- Çelikkale, M. S. (1988). Türkiye Hamsi Balığı Üretimi ve Avlanma Teknolojisinde Gelişmeler, Karadeniz’de Hamsi Balıkçılığı ve Sorunları Sempozyumu, Mart 1988, İstanbul, 23-39.
- Çepni, S. (2007). *Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş*, Genişletilmiş 3. Baskı, Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Daniel, D.B., Ashraf, P.M., Thomas, S.N. (2020). Microplastics in the edible and inedible tissues of pelagic fishes sold for human consumption in Kerala, India. *Environment Pollution* 266, 115365 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115365>.
- De Stephanis, R., Giménez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-Exposito, C., & Cañadas, A. (2013). As main meal for sperm whales: Plastics debris, *Marine Pollution Bulletin*, 69(1-2). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.033>.
- Devlet Planlama Teşkilatı. (DPT) (2001). “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı”, Plastik Ürünleri Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT: 2547-ÖİK:563.
- Debbarma, N., Gurjar, U. R., Ramteke, K. K., Shenoy, L., Nayak, B.B., Bhushan, S., Geethalakshmi, V., Xavier, M. (2022). Abundance and characteristics of microplastics in gastrointestinal tracts and gills of croaker fish (*Johnius dussumieri*) from off Mumbai coastal waters of India *Marine Pollution Bulletin* Volume 176, March 2022, 113473 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113473>
- Digka, N., Tsangaris, C., Torre, M., Anastasopoulou, A. & Zeri, C. (2018). Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian sea. *Marine Pollution Bulletin*. 135, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.063>.
- Edwards, M., Helaouet, P., N, H., Beaugrand, G., Fox, C., Johns, D.G., Licandro, P., Lynam, C., Pitois, S., Stevens, D. and Coombs, S. (2011). Fish larvae atlas of the NE Atlantic. Results from the continuous plankton recorder survey 1948-2005. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE1388>.

- Ekşi, O. (2007). "Plastik Esaslı Malzemelerin Isıl Şekil Verme Özelliklerinin İncelenmesi". Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Erbay, M. (2013). Doğu Karadeniz'deki İskorpit (*Scorpaena porcus*, Linnaeus, 1758) Balığının Popülasyon Yapısı ve Üreme Biyolojisi Üzerine Araştırma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Erdem, Y. (2000). 'Karadeniz Şartlarında Yerli Dip Trolü ile İtalyan Dip Trolünün Av Verimi ve Seçicilik Gücü Yönünden Karşılaştırılması'. Su Ürünleri Sempozyumu Sinop 2000, Bildiriler Kitabı, (1), 316-236.
- Erdem, Y., Özdemir, S., Erdem, E., Birinci-Özdemir, Z. (2007). Dip Trolü ile İki Farklı Derinlikte Avlanan Mezgit (*Gadus merlangus euxinus* N. 1840) Balığının Av Verimi ve Boy Kompozisyonunun Değişimi. Türk Sdemirucul Yaşam Dergisi, 3-5(3-4), 395-400.
- Erkoyuncu, İ. (1995). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sinop Su Ürünleri Fakültesi, 95: 25-44.
- Erüz, C. (1992). Upwelling Sirkülasyonunun Tamamlanması ve Güneydoğu Karadeniz Kıyılarında Varlığının Tespiti Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Eryaşar, A.R., Gedik, K., Mutlu, T. (2022). Ingestion of microplastics by commercial fish species from the southern Black Sea coast Author links open overlay panel *Marine Pollution Bulletin* Volume 177, April 2022, 113535.
- Esensoy, F. B., Şentürk, Y., Aytan, Ü. (2020b). "İkincil Mikroplastik Mikroskop Fotoğrafları". JPEG file.
- Esmeray, E., ve Armutcu, C. (2020). 'Mikroplastikler, Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz Yöntemleri', *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8 (1), 839-868, 2020. <https://doi.org/10.29130/dubited.586453>.
- FAO. (2016). The state of the worlds fisheries and aquaculture 4–10.
- Faraggiana, E., & I. Masters. (2018). Design of an optimization scheme for the WaveSub array. Conference Paper, October. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34359.06565>.
- Feng, Z. Wang, R. Wang, J. Huang, W. Li, J. Xu, J. ve Gao, G. (2020). Microplastics in specific tissues of wild sea urchins along the coastal areas of northern China, *Science of the Total Environment*, 728, 138660. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138660>.
- Filgueiras, F. A., Preciado, I., Cartón, A., Gago, J. (2020). Microplastic ingestion by pelagic and benthic fish and diet composition: A case study in the NW Iberian shelf. *Marine Pollution Bulletin* Volume 160, November, 111623. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111623>.
- Fıncılar B. B ve Aydın, M. (2024). Assessment of Microplastic Pollution in Commercial Fish Species from the Central Black Sea, Ordu University, *Fatsa Marine Sciences Faculty, Department of Fisheries Technologies Engineering*, Fatsa, Ordu, Turkey. 22 Pages Posted: 26 Jun <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4876936>.
- Foekema, E. M., De Gruijter, C., Mergia, M. T., van Franeker, J. A., Murk, A. J., Koelmans, A.655 A. (2013). Plastic in north sea fish. *Environmental science & technology*, 47(15), 8818- 656 8824. <https://doi.org/10.1021/es400931b>.
- Frank, Y., Ershova, A., Batasheva, S., Vorobiev, E., Rakhmatullina, S., Vorobiev, D., Fakhrullin. (2022). R. Microplastics in freshwater: A focus on the Russian inland waters. *Water*, 14, 3909. <https://doi.org/10.3390/w14233909>.
- Franzellitti, S., Canesi, L., Auguste, M., Wathsala, R. H., Fabbri, E. (2019). Microplastic exposure and effects in aquatic organisms: a physiological perspective. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 68, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.03.009>

- Frias, J., Otero V., & Sobral, P. (2014). Evidence of microplastics in samples of zooplankton from Portuguese coastal waters, *Marine Environmental Research*, 95, 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.01.001>.
- Froese, R. ve D. Pauly, Editors. (2021). FishBase, World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org, 08. DOI: 10.4236/ajbm.2018.85078.
- Galafassi, S., Campanale, C., Massarelli, C., Uricchio, V. F., Volta, P. (2021). Do freshwater fish eat microplastics? A review with a focus on effects on fish health and predictive traits of MPs ingestion. *Water*, 13, 2214. <https://doi.org/10.3390/w13162214>.
- Galgani, F., Hanke, G., & Maes, T. (2015). Global distribution, composition and abundance of marine litter, In *Marine anthropogenic litter*, Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M., Springer, Cham, ISBN: 978-3-319-16509-7, pp. 29-56. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_2.
- Genc, A., Vural, N., Balas, L. (2014). Modeling transport of microplastics in enclosed coastal waters: A case study in the Fethiye Inner Bay; Received in revised form 16 November; *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110747>.
- Germanov, E. S., Marshall, A. D., Bejder, L., Fossi, M. C., & Loneragan, N. R. (2018). "Microplastics: No Small Problem for Filter-Feeding Megafauna", *Trends in Ecology & Evolution*, 33(4), 227-232. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.01.005>.
- GESAMP. (1969). (The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection), Report of the First Session, London, 17-21 Mart.
- GESAMP (The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). (2015). Sources, Fate and Effects of Microplastics In The Marine Environment: A Global Assessment, International Maritime Organization, Reports and Studies No 90, 98 p.
- GESAMP (The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). (2016). Sources, Fate and Effects of Microplastics In The Marine Environment: Part Two of A Global Assessment, International Maritime Organization, Reports and Studies No 93, 221 p.
- Ghosh, G. C., Akter, S. M., Islam, R. M., Habib, A., Chakraborty, T. K., Zaman, S., Kabir, A. H.M.E., Shipin, O. V., Wahid, M. A. (2021). Microplastics contamination in commercial marine fish from the Bay of Bengal. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101728>
- Giani, D., Baini, M., Galli, M., Casini, S., Fossi, M. C. (2019). Microplastics occurrence in edible fish species (*Mullus barbatus* and *Merluccius merluccius*) collected in three different geographical sub-areas of the Mediterranean Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 140, 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.005>.
- Gong, Y. Wang, Y. Chen, L. Li, Y. Chen, X. ve Liu, B. (2021). Microplastics in different tissues of a pelagic squid (*Dosidicus gigas*) in the northern Humboldt Current ecosystem, *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112509. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112509>.
- Gönener, S., Özdemir, S. (2013). Karadeniz de (Sinop-İnce-burun) Dip trolü ile avlanabilir balıkların stok büyük-lükleri ve biyokütle değişimleri. *Journal of Fishery-esSciences*, 7(2), 125-140.
- Greenpeace. (2018). Destrucción a toda costa 2008. Informe de Greenpeace Sobre la Situación del Litoral Español. Available online: <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/costas/informe-completo-destrucci-n.pdf>.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. (1997). Plastikler, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, Sağlık Bakanlığı TSH Genel Müdürlüğü, Ankara, No: 46. ISBN: 975-8088-51-3.
- Gündoğdu, S. ve Çevik, C. (2017). Micro and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples, *Marine Pollution Bulletin*, 118(1), 341-347. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.002>.

- Gündoğdu, S. Çevik, C. ve Temiz Atas, N. (2020). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tracts of some edible fish species along the Turkish coast, *Turkish Journal of Zoology*, 44(4), 312-323. <https://doi.org/10.3906/hayvanatbahcesi-2003-49>.
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanovic, B., Kıdeys, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution* 223: 286–294.
- Hampton, T. L. M., Lowman, H., Coffin, S., Darin, E., De Frond, H., Hermabessiere, L., Miller, E., De Ruijter, V. N., Faltynkova, A., Kotar, S., Monclus, L., Siddiqui, S., Volker, J., Brander, S., Koelmans, A. A., Rochman, C. M., Wagner, M., Mehinto, A. C. (2022). A living tool for the continued exploration of microplastic toxicity. *Micro Nanoplastics* 2 (13). <https://doi.org/10.1186/s43591-022-00032-4>.
- Halden, R. U. (2010). Plastics and health risks. *Annual review of public health*, 179-194. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.012809.103714>.
- Halfar, J., Brožová, K., Čabanová, K., Heviánková, S., Kašpárková, A., Olšovská, E. (2021). “Disparities in methods used to determine microplastics in the aquatic environment: a review of legislation, sampling process and instrumental analysis”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14):7608. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147608>.
- Hall, N., Berry, K., Rintoul, L., ve Hoogenboom, M. (2015). Microplastic ingestion by scleractinian corals, *Marine Biology*, 162(3), 725-732. <https://doi.org/10.1007/s00227-015-2619-7>.
- Hernandez-Milian, G., Lusher, A., MacGibbon, S., Rogan, E. (2019). Microplastics in grey seal (*Halichoerus grypus*) intestines: are they associated with parasite aggregations? *Marine Pollution Bulletin* 146, 349–354. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.014>.
- Hennicke, A., Macrina, L., Malcolm-Mckay, A., and Miliou, A. (2021). Assessment of microplastic accumulation in wild *Paracentrotus lividus*, a commercially important sea urchin species, in the Eastern Aegean Sea, Greece, *Regional Studies in Marine Science*, 45, 101855.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification, *Environmental Science and Technology*, 46, 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>.
- Hurley, R. R. and Nizzetto, L. (2018). “Fate and occurrence of micro(nano)plastics in soils: knowledge gaps and possible risks”. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 1. 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.006>.
- Hughes, G. M., Morgan, M. (1973). The structure of fish gills in relation to their respiratory function. *Biological Reviews*, 48 (3), 419–475.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347 (6223), 768–771. doi.org/10.1126/science.1257578.
- Jabeen, K, Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu J., Shi, J. (2017). Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution* Volume 221, February 2017, Pages 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>.
- Jantz., A. L., Morishige, C. L., Bruland, G. L., Lepczyk, C. A. (2013). Ingestion of plastic marine debris by longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*) in the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin* Volume 69, Issues 1–2, 15 April 2013, Pages 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.019>.
- Jepsen, E. M., de Bruyn, P. N. (2019). Pinniped entanglement in oceanic plastic pollution: A global review. *Marine Pollution Bulletin*, 145, 295-305. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.042>.

- Jitkaew, P., Pradit, S., Noppradit, P., Sengloyluan, K., Yucharoen, M., Suwanno, P., Tanrattanakul, V., Sornplang, K., Nitiratsuwan, T., Krebanathan, H., Chandran, K., Murugiah, K. (2024). Microplastics in estuarine fish (*Arius maculatus*) from Songkhla Lagoon, *Thailand Regional Studies in Marine Science Volume* 69, January 2024, 103342 <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103342>
- Jovanović, B., Gökdağ, K., Güven, O., Emre, Y., Whitley, E. M., Kideys, A. E. (2018). Virgin microplastics are not causing imminent harm to fish after dietary exposure. *Marine Pollution Bulletin Volume* 130, May 2018, Pages 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.016>.
- Kanlı, İ. B., ve Kurt, Y. (2019). “Türkiye'nin Çevre Politikaları Kapsamında Mikroplastik Kirlilik Üzerine Bir Değerlendirme”. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)*. (ICES-2019). 495-514. <https://doi.org/10.21733/ibadjournal.585043>.
- Karbalaeei, S, Golieskardi, A., Hamzah, H. B., Abdulwahid, S., Hanachia, P., Tony, R., Walkere, A. K. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in commercial marine fish from Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*, 148 5–15.
- Katija, K., Choy, C. A., Sherlock, R. E., Sherman, A. D., & Robison, B. H., 2017, From the surface to the seafloor: How giant larvaceans transport microplastics into the deep sea, *Science Advances*, 3(8), e1700715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700715>.
- Kayan, A., Küçük, A. (2020). Plastik Kirliliğin Çevresel Zararları ve Çözüm Önerileri. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt: 22 Sayı: 2, 403 - 427, 19.08.2020.
- Kayhan, F. E. (2019). “Mikroplastiklerin (MP) Sucul Organizmalar Üzerindeki Risk Profillerinin Değerlendirilmesi”. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 45(2), 126-135.
- 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), No. 93.
- 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). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30493.51687>.
- Keskin E., Can A. (2009). Phylogenetic relationships among four species and sub-species of Mullidae (Actinopterygii, Perciformes) based on mitochondrial cytochrome B, 12 rRNA and cytochrome oxidase II genes. - *Biochemical Systematics and Ecology*, 37:653-661. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2009.10.001>.
- Kideys, A. E. Akarsu, C., & Kumbur, H. (2017) “Evsel atık su arıtma tesislerinin suculekosisteme mikroplastik tehditi”, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, Volume: 74 Issue: 1.1, 73-78. <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2017.36845>.
- Kılıç, M., ve Yüce, E. A. (2014). PVC ve PET Atıkların Seçimli Flotasyonu Bölüm 1: Plastikler; Çevresel Etkileri Geri Dönüşümü. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(2), 79-93.
- Kıralp, S., Özkoç G., Erdoğan, S., Çamurlu, P., Doğan, M., Baydemir, T. (2007). “Modern Çağın Malzemesi Plastikler”, ODTÜ Bilim ve Toplum Kitapları Dizisi ODTÜ Yayıncılık. Kıyılarında Varlığının Tespiti Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. K.T.Ü.
- Klangnurak, W., and Chunniyom, S. (2020). Screening for microplastics in marine fish of Thailand: the accumulation of microplastics in the gastrointestinal tract of different foraging preferences, *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 27161-27168. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09147-8>.

- Koelmans, A. A. (2015). Marine Anthropogenic Litter. M. Bergmann, L. Gutow, M. Klages (eds). "Modeling the role of microplastics in bioaccumulation of organic chemicals to marine aquatic organisms. A critical review". 70. 309–324. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06069>.
- Koongolla, J. B., Huang, J.S., Li, H. X., Lin, L., Pan, Y. F., Liu, S., He, W. H., Maharana, D., Xu, X. R. (2019). Microplastic accumulation in fish from Zhanjiang mangrove wetland, *South China Science of The Total Environment* Volume 708, 15 March 2020, 134839. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134839>.
- Kor, K., & Mehdiinia, A. (2020). Neustonic microplastic pollution in the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110665. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.110665>.
- Kurnaz, U. (2019). Çok Katlı Poliamid Borunun Extrüzyon ile Üretiminde Alev Uygulamasının Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Kuru, M. (1994). Omurgalı Hayvanlar. Ankara, Gazi Üniversitesi Yayınları. Yayınevi, Gazi Üniversitesi Yayınları.
- Kühn, S., Bravo Rebolledo, E. L., & Van Franeker, J. A. (2015). Deleterious effects of litter on marine life. *Marine Anthropogenic Litter*, 75–116. doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_4/TABLES/5.
- Laskar, N., and Kumar, U. (2019). "Plastics and microplastics: A threat to environment", *Environmental Technology & Innovation*, 14, 100352. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100352>.
- Lattin, G. L., Moore, C. J., Zellers, A. F., Moore, S. L., Weisberg, S. B. (2004). A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. *Marine Pollution Bulletin*. 49, 291e294. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.01.020>.
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., and Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China, *Environmental Pollution*, 207, 190-195. doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.018.
- Li, J., Liu, H., Chen, J. P. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. Volume 137, 15 June 2018, Pages 362-374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>.
- Liu, K. Wang, X. Fang, T. Xu, P. Zhu, L. ve Li, D. (2019). Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai, *Science of the Total Environment*, 675, 462-471. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.110>.
- Lu A. T., Quach, A., Wilson, J. G., Reiner, A. P., Aviv, A., Raj, K., Hou, L., Baccarelli, A. A., Li, Y., Stewart, J. D., Whitsel, E. A., Assimes, T. A., Ferrucci, L. A., Horvath, S. A. (2019). DNA methylation GrimAge strongly predicts lifespan and healthspan *Aging* (Albany NY). Jan 21;11(2):303-327. doi: 10.18632/aging.101684.
- Lusher, A. L., McHugh, M., Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel, *Marine Pollution Bulletin*, 67, 94-99. doi.org/10.1139/facets-2017-0008.
- Lusher, A. L., Hernandez-Milian, G., O'Brien, J., Berrow, S., O'Connor, I., Officer, R. (2015). Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: the True's beaked whale *Mesoplodon mirus*. *Environmental Pollution*. 199, 185e191. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.023>.
- Lusher, A. L., Hollman, P. C. H., Mendoza-Hill, J. J. (2017). "Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety", FAO Fisheries and Aquaculture Technical s. 615, Rome, Italy.

- Lusher, A. L., Hernandez-Milian, G., Berrow, S., Rogan, E., Connor, I. O. (2018). Incidence of marine debris in cetaceans 429 stranded and bycaught in Ireland: Recent findings and a review of historical knowledge. *Environmental Pollution*. 1e10. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.070>, 430.
- Mancia, A. Chenet, T. Bono, G. Geraci, M. L. Vaccaro, C. Munari, C. Mistri, M. Cavazzini, A. ve Pasti, L. (2020). Adverse effects of plastic ingestion on the Mediterranean small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula*), *Marine Environmental Research*, 155, 104876. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104876>.
- 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. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01363>.
- Makhdoumi, A., Acemoglu, D., Malekian, A., Ozdaglar A. (2022). Learning From Reviews: The Selection Effect and the Speed of Learning. *Econometrica*, Volume 90, No. 6 (November, 2022), 2857–2899, <https://doi.org/10.3982/ECTA15847>.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment, *Environmental Science and Technology* 35(2): 318-324 <https://doi.org/10.1021/es0010498>.
- Mason, S. A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D., & Rogers, D. L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution*, 218, 1045–1054. [doi:10.1016/j.envpol.2016.08.056](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.056).
- Mehinto, A. C., Coffin, S., Koelmans, A. A., Brander, S. M., Wagner, M., Hampton, L. M. T., Burton, A. G. E. M., Gouin, T., Weisberg, S. B., Rochman, C. M. (2022). Risk-based management framework for microplastics in aquatic ecosystems. *Micro Nanoplastics* 2 (1), 17. <https://doi.org/10.1186/s43591-022-00033-3>.
- Michishita, S., Gible, C., Tubbs, C., Felton, R., Gjeltrema, J., Lang, J., Finkelstein. M. (2023). Microplastic in northern anchovies (*Engraulis mordax*) and common murrelets (*Uria lomvia*) from the Monterey Bay, California USA- Insights into prevalence, composition, and estrogenic activity. *Environmental Pollution* 316 (2023) 120548. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120548>.
- Miccoli, A., Mancini, E., Saraceni, P. R., Della Ventura, G., Scapigliati, G., Picchietti, S. (2022). First evidence of in vitro cytotoxic effects of marine microlitter on *Merluccius merluccius* and *Mullus barbatus*, two Mediterranean commercial fish species, *Science of The Total Environment*, Volume 813, 20 March 2022, 152618. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152618>.
- Milic, D., Kraljevic, M. (2011). Biometry analysis of the whiting, (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) from the northern Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 52(1), 125 – 136. <https://doi.org/10.32582/aa.64.2.9>.
- Morgana, S., Ghigliotti, L., Est evez-Calvar, N., Stifanese R., Wieckzorek, A., Doyle, T., Christiansen, J. S., Faimali, M., Garaventa, F. (2018). Microplastics in the Arctic: A case study with subsurface water and fish samples off Northeast Greenland. S. Morgana et al. *Environmental Pollution* 242 (2018) 1078e1086. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.001>.
- Mutlu C. (2000). Doğu Karadeniz’de Hamsi (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758) Populasyonunun Özellikleri ve Stok Miktarının Tahmininde Analitik Yöntemlerin Uygulanması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Sayfa: 10.

- Nadal, M. A., Alomar, C., Deudero, S. (2016). High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogue Boops boops (L.) around the Balearic Islands. *Environmental Pollution*, 214, 517–523. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.054>.
- Naidoo, T., Sershen, Thompson, R. C., Rajkaran, A. (2020). Quantification and characterisation of microplastics ingested by selected juvenile fish species associated with mangroves in KwaZulu-Natal, South Africa. *Environmental Pollution* Volume 257, February, 113635. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113635>.
- Nelms S. E., Barnett, J., Brownlow, A., Davison, N. J., Deaville, R., Galloway, T. S., Lindeque, P. K., Santillo, D., & Godley. B. J. (2018). Microplastics in marine mammals stranded around the British coast: ubiquitous but transitory? (2019) 9:1075 <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37428-3>.
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast, *Marine Pollution Bulletin*, 101, 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008>.
- Ningrum, E. W., Mufti, P., & Sedayu, A. (2019). Ingestion of microplastics by anchovies from Talisayan harbor, East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402, 033072. doi.org/10.1088/1742-6596/1402/3/033072.
- Nizzetto, L., Futter, M., and Langaas, S. (2016). “Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin?”. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04140>.
- Nor, N. H., Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove eco- systems. *Marine Pollution Bulletin*, 79 (1e2), 278e283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>.
- Nour, H.E., El-Sorogy, A.S., El-Wahab, M.A., Nouh, E.S., Mohamaden, M., Al-Kahtany, K., 2019. Contamination and ecological risk assessment of heavy metals pollution from the Shalateen coastal sediments, Red Sea, Egypt. *Marine Pollution Bulletin*, 144, 167-172.
- Nümann, W. (1955). Die pelamiden (*Sarda sarda*) des schwarzen meeres, des bosporus, der Marmara und der Dardanellen. *Hidrobiology*; 3:75-127.
- Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., & Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice, *Earth's Future*, 2(6), 315-320.
- Ocak, M. E. (2021). Plastik Kirliliği. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 54(639), 24-39.
- ODTÜ. (2017). Denizimi Tanıyorum Koruyorum: Uygulamalı Deniz Bilimleri Eğitim Kitapçığı. Mersin, Türkiye.
- Oladejo, A. (2017). Analysis of microplastics and their removal from water. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences. *Bachelor Thesis*. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105669>.
- Özdemir, S., Erdem, Y., Sümer, Ç. (2006). Kalkan (*Psetta maxima*, Linneaus, 1758) ve Mezgit (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordman 1840) Balıklarının Yaş ve Boy Kompozisyonundan Hesaplanan Bazı Populasyon Parametrelerinin Karşılaştırılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 71-75.
- Özdemir, S., Erdem, Y., Erdem, E. (2012). The determination of size selection of whiting (*Merlangius merlangus euxinus*) by square and diamond mesh codends of demersal trawl in the southern part of Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 407-410. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v12_1_00.
- Pan, Z., Sun, Y., Liu, Q., Lin, C., Sun, X., He, Q., & Lin, H. (2020). “Riverinemicroplastic pollution matters: a case study in the Zhangjiang River of South eastern China”, *Marine Pollution Bulletin*, 159, 111516, Part I Oceanogr. Res. Pap. 74, 11–13. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2012.12.008>.

- Parton, K. J. Godley, B. J. Santillo, D. Tausif, M. Omeyer, L. C. ve Galloway, T. S. (2020). Investigating the presence of microplastics in demersal sharks of the North-East Atlantic, *Scientific reports*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68680-1>.
- Pellini, G., Gomiero, A., Fortibuoni, T., Ferra, C., Grati, F., Tasseti, A. N., Polidori, P., Fabi, G., Scarcella, G. (2018). Characterization of microplastic litter in the gastrointestinal tract of Solea solea from the Adriatic Sea, *Environmental Pollution*, 234, 943-952. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.038>.
- Peng, G., Xu, P., Zhu, B., Bai, M., & Li, D. (2018). Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: a case study of risk assessment in megacities, *Environmental Pollution*, 234, 448-456. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.034>.
- Pereira, J. M. Rodríguez, Y. Blasco-Monleon, S. Porter, A. Lewis, C. and Pham, C. K. (2020). Microplastic in the stomachs of open-ocean and deep-sea fishes of the North-East Atlantic, *Environmental Pollution*, 265, 115060. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115060>.
- Phuong, N. N., Zalouk-Vergnoux, A., Poirier, L., Kamari, A., Châtel, A., Mouneyrac, C., & Lagarde, F. (2016). Is there any consistency between the microplastics found in the field and those used in laboratory experiments? *Environmental Pollution*, 211, 111–123. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.12.035>.
- PlasticsEurope. (2006–2018). The Compelling Facts About Plastics: An Analysis of Plastic Production, Demand and Recovery in Europe. PlasticsEurope.
- Plot, V., & Georges, J. Y. (2010). Plastic debris in a nesting leatherback turtle in French Guiana, *Chelonian Conservation and Biology*, 9(2), 267-270. <https://doi.org/10.2744/CCB-0857.1>.
- Pozo K., Gomez V., Torres M., Vera L., Nunez D., Oyarzun P., Mendoza G., Clarke B., Fossi MC., Baini M., Pribylova P., Klanova J. (2019). Presence and characterization of MPs in fish of commercial importance from the Biblio region in the central Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 140: 315–319. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.025>.
- Polat, H., ve Ergün, H. (2008). Karadeniz’in Pelajik Balıkları. SÜMAE YUNUS Araştırma Bülteni, 8:1, Mart 2008.
- Pradit, S., Noppradit, P., Sengloyluan, K., Suwanno, P., Tanrattanakul, V., Sornplang, K., Nuthammachot, N., Jitkaew, P., Nitiratsuwan, T., 2023a. Occurrence of microplastics in river water in Southern Thailand.
- Prodanov K. (2004). Responsible Fisheries Booklet for the Black and Azov Seas. TÜDAV, ISBN, 975-8825-01-1, İstanbul s. 10-15.
- Rasta, M., Sattari, M., Taleshi, M., Namin, J.I. (2021). Microplastics in different tissues of some commercially important fish species from Anzali Wetland in the Southwest Caspian Sea, Northern Iran. removal of microlitter in a tertiary level wastewater treatment plant. *Water Research*, 137, 362-374. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112479>.
- Renzi, M., Specchiulli, A., Blaskovic, A., Manzo, C., Mancinelli, G., Cilenti, L. (2019). Marine Litter in stomach content of small pelagic fishes from the Adriatic Sea: sardines (*Sardina pilchardus*) and anchovies (*Engraulis encrasicolus*). *Environment Science Pollution. Control Ser.* 26, 2771–2781. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3762-8>.
- Rist, S., Almroth, B. C., Hartmann, N. B., & Karlsson, T. M. (2018). A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. *Science of The Total Environment*, 626, 720-726. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.092>.
- Rochman, C. M. (2018). “Microplastics research – from sink to source”, *Science*, 360(6384), s. 28–29. DOI: 10.1126/science. Aar 7734.

- Romeo, T., Pietro, B., Ped`a, C., Consoli, P., Andaloro, F., Fossi, M. C. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 95 (1), 358–361. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.048>.
- Romeu, R. O., Constenla, M., Carrasson, M., Campoy-Quiles, M., Soler-Membrives, A. (2020). Are anthropogenic fibres a real problem for red mullets (*Mullus barbatus*) from the NW Mediterranean? *Science of The Total Environment*, 733, 139336. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139336>.
- Ross, P. S., Chastain, S., Vassilenko, E., Etemadifar, A., Zimmermann, S., Quesnel, S.A. 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), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20347-1>.
- Rummel, C. D., Löder, M. G., Fricke, N. F., Lang, T., Griebeler, E. M., Janke, M., Gerdt, G. (2016). Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 102 (1), 134–141. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.043>.
- Rummel, C. D., Jahnke, A., Gorokhova, E., Kühnel, D., & Schmitt-Jansen, M. (2017). Impacts of biofilm formation on the fate and potential effects of microplastic in the aquatic environment, *Environmental Science & Technology Letters*, 4(7), 258-267. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00164>.
- Samsunlu, A. (1995). Deniz Kirliliği ve Kontrolü, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, 1555, 192 s.
- Samsun, S. (2010). 2001-2003 Av Sezonunda Orta Karadeniz'deki Mezgit Balığının (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) Bazı Populasyon Parametrelerinin Belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 22(1), 47-54.
- Samsun, S., Erdem, Y., Kalaycı, F. (2011). Feeding regime of whiting (*Gadus merlangus* euxinus Nordmann, 1840) in Turkish Middle Black Sea Coast. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 515-522.
- Santonicola, S., Volgare, M., Rossi, F., Castaldo, R., Cocca, M., Colavita, G. (2024). Detection of fibrous microplastics and natural microfibers in fish species (*Engraulis encrasicolus*, *Mullus barbatus* and *Merluccius merluccius*) for human consumption from the Tyrrhenian sea. Received 29 March 2024; Received in revised form 17 June 2024; Accepted 4 July 2024. Contents lists available at ScienceDirect <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142778>.
- Santos, R. G., Andrades, R., Boldrini, M. A., & Martins, A. S. (2015). Debris ingestion by juvenile marine turtles: an underestimated problem, *Marine Pollution Bulletin*, 93(1-2), 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.02.022>.
- Santos, R. G., Andrades, R., Fardim, L. M., & Martins, A. S. (2016). Marine debris ingestion and Thayer's law The importance of plastic color, *Environmental Pollution*, 214, 585-588. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.024>.
- Schmid, K. (2018). et al. "First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary", *Marine Pollution Bulletin*, 133, 814-821. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.035>.
- Sevencan, F. ve Vaizoglu, S. A. (2007). "Pet ve geri dönüşümü", TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6 (4), 307-312.
- Sighicelli, M., Pietrelli, L., Lecce, F., Iannilli, V., Falconieri, M., Coscia, L., Di Vito, S., Silva, A. B., Bastos, A. S., Justino, C. I., da Costa, J. P., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. A. (2018). "Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry-A review", *Analytica Chimica Acta*, 1017, 1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-031-64253-1_26
- Silva, J. D. B., Barletta, M., Lima, A. R. A., Ferreira, G. V. B. (2018). Use of resources and microplastic contamination throughout the life cycle of grunts (*Haemulidae*) in a tropical

- estuary. *Environmental Pollution*, 242, 1010–1021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.038>.
- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). “Microplastics in seafood and the implications for human health”, *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375–386. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>.
- Steer, M., Cole, M., Thompson, R. C., and P. K. (2017). Lindeque, Sampling sites located in the western English Channel. Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel, *Environmental Pollution* 226, pp. 250–259. <https://doi.org/10.1139/facets-2017-0008>.
- Suaria, G., Avio, C., Mineo, A., Lattin, G. L., Magaldi, M. G., Belmonte, G. Aliani, S. (2016). The Mediterranean Plastic Soup: Synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Scientific Reports*, 6, 37551. <https://doi.org/10.1038/srep37551>.
- Sulistiyowati, L., Nurhasanah, Riani, E., Cordova, M. R. (2022). The occurrence and abundance of microplastics in surface water of the midstream and downstream of the Cisadane River, Indonesia. *Chemosphere*, 291. doi.org/10.1139/facets-2016-0070.
- Su, L., H. Deng, B. W. Li, Q. Q. Chen, V. Pettigrove, C. X. We, and H. H. Shi. (2019). The occurrence of microplastic in specific organs in commercially caught fishes from coast and estuary areas of east China. *J. Hazard. Mater.* 365: 716–724. [doi:10.1016/j.jhazmat.2018.11.024](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.11.024).
- Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J., & Shim, W. J. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93 (1-2), 202–209. [doi:10.1016/j.marpolbul.2015.01.015](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.015).
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52 (3/4), 591–611.
- Tanaka, K., Takada, H., Yamashita, R., Mizukawa, K., Fukuwaka, M., Watanuki, Y. (2015). Facilitated leaching of additive-derived PBDEs from plastic by seabirds’ stomach oil and accumulation in tissues. *Environ.mental Science Technology*. 49, 11799–11807. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01376>.
- Ta, A., T., Babel, S. (2019). Current status of microplastics contamination in marine and freshwater environments. *Water Perspectives in Emerging Countries*, 2–10.
- Tekman, M.B., Gutow, L., Macario, A., Haas, A., Walter, A., Bergmann, M. (2021). Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar the Black Sea Region, UNEP Regional Seas Report and Studies. FAO, Rome s. 124. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2016.12.011>.
- Thiel, M., Luna-Jorquera, G., Álvarez-Varas, R., Gallardo, C., Hinojosa, I. A., Luna, N., Portflitt-Toro, M. (2018). Impacts of marine plastic pollution from continental coasts to subtropical gyres—fish, seabirds, and other vertebrates in the SE Pacific. *Frontiers in Marine Science*, 5, 238. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00238>.
- Thomas, K., Nerland, I. L., Halsband, C. ve Allan, I. (2014). Microplastics in marine environments: Occurrence, distribution and effects report, *Norwegian Institute for Water Research*, Akvaplan Niva, 6754-2014, 73 s.
- Tong, H., Jiang, Q., Hu, X., & Zhong, X. (2020). “Occurrence and identification of microplastics in tap water from China”, *Chemosphere*, 252, 126493. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126493>.
- Tunçelli İ. C., Erkan N. (2021). Gıda Güvenliği Açısından Su Ürünlerinde Mikroplastik Riski ve Araştırma Yöntemleri. *Aquat Research* 4(1), 73–87. •<https://doi.org/10.3153/AR21007>.

- Turan, C. (2006). Phylogenetic relationships of Mediterranean Mullidae species (Perciformes) inferred from genetic and morphological. Vol. 70 No. (2006) <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/scimar.2006.70n2311>.
- Turan, C., Ivanova, P., Soldo, A. 2016. Population structuring and migration pathway of Atlantic bonito *Sarda sarda*. *Natural and Engineering Sciences*. 1:3, 56–65. <https://doi.org/10.28978/nesciences.286366>.
- Tutoğlu, N. (2019). “Sucul Ortamdaki Mikroplastiklerin İnsan Sağlığına Etkisi ve Arıtma Yöntemlerinin Araştırılması”, Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- TÜBİTAK MAM-ÇŞB. (2017). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Karadeniz Özet Raporu, Rapor No.5148704 (ÇTÜE.16.329). Ankara.
- TÜDAV (Türk Deniz Araştırmaları Vakfı). (2017). 2017 Yılı Türkiye Denizleri Raporu, 45 s.
- UNEP. (2015). Biodegradable Plastics and Marine Litter. Misconceptions, concerns and impacts on marine environments. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi. ISBN 978-92-807-3494-2.
- UNEP. (United Nations Environment Programme. (2016). Marine Plastic Debris & Microplastics, Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change, Nairobi.
- Ungaro, N., Marano, G., Piccinetti, C. (1995). Adriatic, Black Sea: the whiting doubt. *Cybiu*, 19(3), 311-315.
- URL1:[https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/polyethylene-and-ethylene molecule-polymer-and-monomer-structural-chemical-formula-gm1357810010-431611678](https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/polyethylene-and-ethylene-molecule-polymer-and-monomer-structural-chemical-formula-gm1357810010-431611678).
- URL2:[https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/neopren-polikloropren molek%C3%BCl%C3%BC-kloroprenin-polimerizasyonu-ile-elde-edilen-polimer-gm1308094097-398171003](https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/neopren-polikloropren-molek%C3%BCl%C3%BC-kloroprenin-polimerizasyonu-ile-elde-edilen-polimer-gm1308094097-398171003).
- URL3:<https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/polietilen-tereftalat-veya-pet-pete-polyester-termoplastik-polimer-molek%C3%BCl-yap%C4%B1sal-gm1163212226-319331574>.
- URL4:[https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/neopren-polikloropren molek%C3%BCl%C3%BC-kloroprenin-polimerizasyonu-ile-elde-edilen-polimer-gm1308094097-398171003](https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/neopren-polikloropren-molek%C3%BCl%C3%BC-kloroprenin-polimerizasyonu-ile-elde-edilen-polimer-gm1308094097-398171003).
- URL5:[https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/polivinil-klor%C3%BCr-ve-vinil klor%C3%BCr-monomer-molek%C3%BCl%C3%BC-yap%C4%B1sal-kimyasal-form%C3%BCl%C3%BC-ve-gm916629814-25223105](https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/polivinil-klor%C3%BCr-ve-vinil-klor%C3%BCr-monomer-molek%C3%BCl%C3%BC-yap%C4%B1sal-kimyasal-form%C3%BCl%C3%BC-ve-gm916629814-25223105).
- URL6:[https://tr.wikipedia.org/wiki/Bal%C4%B1k#:~:text=Bal%C4%B1klar%20\(Latince%3A%20pisces\)%20poikloterm,yumurta%20ile%20%C3%BCreyen%20omurgal%C4%B1%20hayvanlard%C4%B1r](https://tr.wikipedia.org/wiki/Bal%C4%B1k#:~:text=Bal%C4%B1klar%20(Latince%3A%20pisces)%20poikloterm,yumurta%20ile%20%C3%BCreyen%20omurgal%C4%B1%20hayvanlard%C4%B1r).
- URL7: https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormankoruma_a9159.pdf.
- URL8: <https://www.albashop.com.tr/palamut-baligi-ozellikleri-nelerdir>.
- URL9: <https://www.surkoopekutuphane.org/baliklari-taniyalim/>.
- URL10: <https://www.albashop.com.tr/istavrit-baliginin-ozellikleri-nelerdir>.
- URL11: <https://www.esk.gov.tr/tr/10976/HAMSI>.
- URL12: <https://sihirliolta.wordpress.com/2019/09/14/barbunya-ve-barbun-avi-teknikleri>.
- URL13: <https://www.albashop.com.tr/mezgit-baligi-nasil-avlanir>.
- URL14:https://www.google.com/search?q=samssun+sancakl%C4%B1+google+maps&rlz=1C1GC EA_enTR1028TR1029&oq=samssun+sancakl%C4%B1+google+maps&gs_lcrp=EgZjaHJv

bWUyBggAEEUYOTIKCAEQABiABBiiBDIKCAIQABiABBiiBDIKCAMQABiABBiiB
DIKCAQQABiABBiiBDIKCAUQABiABBiiBNIBCDg0NTJqMGo5qAIAsAIB&sourceid=
chrome&ie=UTF-8.

- Ünal, O. (2006). “Yapı Malzemesi Ders Notları”, Akdeniz Üniversitesi, Yapı Öğretmenliği Bölümü.
- Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbins J., Janssen, C. R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects, *Marine Environmental Research* 111, 5-17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007>.
- Van Franeker, J. A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., et al. (2011). Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environmental Pollution*, 159, 2609–2615. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.008>.
- Vasiljeva E. D. (2012). Morphological divergence of Goatfishes (Genus *Mullus*, Mullidae, Perciformes) of the Black Sea and Mediterranean Seas and the problem of assessment of their taxonomic relationships. - *Journal of Ichthyology*, 52(8):485-491. <https://doi.org/10.1134/S0032945212050098>.
- Venghaus, D. & Barjenbruch M. (2017). Microplastics in Urban Water Management. Technical Transactions, 137-146. <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.17.011.6108>.
- Verlis, K.M., Campbell, M.L. and Wilson, S.P. (2013). Ingestion of marine debris plastic by the wedge-tailed shearwater *Ardenna pacifica* in the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 72, 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.03.017>.
- Verschoor, A., de Poorter, L., Roex, E. and Bellert, B. (2014). “Quick scan and prioritization of microplastic sources and emissions.” RIVM letter report. 20140156.
- Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., & Da Ros, L., (2013). Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.03.022>.
- Waite, H.R., Donnelly, M.J. and Walters, L.J. (2018). “Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and Atlantic mud crab *Panopeus herbstii* from a Florida estuary”. *Marine Pollution Bulletin*. 129. 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.026>.
- Wang, F., Wang, F., and Zeng, E. Y. (2018). Sorption of Toxic Chemicals on Microplastics. Jinan University, Guangzhou, *Water research*, China. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00007-2>
- Wang, C., Xing, R., Sun, M., Ling, W., Shi, W., Cui, S., and An, L. (2020). “Microplastics profile in a typical urban river in Beijing”, *Science of The Total Environment*, 743,140708. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140708>.
- Welden, N. A., & Cowie, P. R. (2016). Longterm microplastic retention causes reduced body Wetland, South China. *Environmental Pollution*. Volume 218, November 2016, Pages 895-900. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134839>. Accepted.
- Wright, S.L., Thompson, R.C. and Galloway, T.S. (2012). “The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review”. *Environmental Pollution*. 178. 483-492. www.fishbase.org.
- Wright, S.L., Rowe, D., Thompson, R.C., Galloway, T.S. (2013a). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*. 23 (23), R1031eR1033. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.068>.
- Wright, S. L., Thompson, R.C., and Galloway, T.S. (2013). “The Physical Impacts of Microplastics on Marine Organisms: A Review”, *Environmental Pollution*, vol.178, pp. 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>.
- Yaşar, H. (2001). “Plastikler Dünyası”, MMO Yayınları, Ankara, 2. Baskı, (3-Yayınları, Yay. No: 95, Samsun s. 265.

- Yenigün, O. (2018). “Mikroplastik Kirliliği Nedir?”. <https://sarkac.org>.
- Yurtsever, M. (2015). Mikroplastiklere Genel Bir Bakış, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 17(50), 68-83.
- Yurtsever, M., Ünlü, Y., Yılmaz, M., & Kartal, A. (2017). İç ve Dış Ortam Havasındaki Mikroplastiklerin İncelenmesi: Bir Kampüs Örneği. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. İzmir: Makina Mühendisleri Odası.
- Zheng, S. Zhao, Y. Liangwei, W. Liang, J. Liu, Zhu, M. Li, Q. ve Sun, X. (2020). Characteristics of microplastics ingested by zooplankton from the Bohai Sea, China, *Science of the Total Environment*, 713, 136357. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136357>.



ÖZ GEÇMİŞ

Çiğdem KIRSÜLEYMANOĞLU YANAK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Öğretmenliği bölümünden 2016 yılında mezun oldu. 2017 yılında OMÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veterinerlik Biyokimyası Yüksek Lisans programına girdi, 2020 yılında bitirdi. 2020 yılında OMÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veterinerlik Biyokimyası Doktora programına girdi.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-7262-1349

Yayınlar:

1. Kirsüleymanoğlu Ç, Çelikler D. (2022). The Effect of Some Transition Metal Ions (Mn^{+2} , Co^{+2} , Fe^{+2}) on Paraoxonase Enzyme Activity in Bonito (*Sarda sarda*). *Menba Journal of Fisheries Faculty* ISSN 2147-2254 | e-ISSN: 2667-8659.

Sözlü Bildiriler:

1. Kirsüleymanoğlu Ç, Çelikler D. (2023). Sucul Ortamlardaki Bazı Balık Türlerinde Mikroplastiklere Genel Bir Bakış. 6. Uluslararası Çukurova ve Tarım Veterinerlik Kongresi, 22-23 Aralık 2023.
2. Kirsüleymanoğlu Ç, Çelikler D. (2024). Bazı Balık Türlerinin Kas ve Karaciğerinde Mikroplastiklere Genel Bir Bakış. 7. Uluslararası Çukurova ve Tarım Veterinerlik Kongresi 9-10 Mart 2024.