



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**YÜZEYSEL SULARDA MİKROPLASTİKLER
VE MİKROPLASTİKLERE İLİNTİLİ
POLİKLORLU BİFENİLLER**

Şevval GÜLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Temmuz, 2022
KONYA**

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Şevval GÜLER tarafından hazırlanan “Yüzeysel Sularda Mikroplastikler ve Mikroplastiklere İlişkili Poliklorlu Bifeniller” adlı tez çalışması 01/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

.....

Danışman

Prof. Dr. Senar AYDIN

.....

Üye

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Şevval GÜLER

Tarih: 01.08.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÜZEYSEL SULARDA MİKROPLASTİKLER ve MİKROPLASTİKLERE İLİNTİLİ POLİKLORLU BİFENİLLER

Şevval GÜLER

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Senar AYDIN

2022, 132 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Senar AYDIN

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Ülkemiz genelinde kullanımı giderek artan plastikler hem çevre açısından hem de insan sağlığı açısından oldukça riskli hale gelmektedir. Çevreye bırakılan tonlarca plastik atık çeşitli yollarla mikroplastikler olarak isimlendirilen küçük parçacıklara dönüşmektedirler. Mikroplastikler son yıllarda insan sağlığı üzerindeki etkileri ve çevre kirliliği oluşturması açısından güncel bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada 2022 yılı Nisan ayında Konya kapalı havzasında yer alan 15 farklı yüzeysel sulardan örnekler alınmış ve bu örneklerde mikroplastikler ve mikroplastiklere ilintili olan poliklorlu bifenillerin konsantrasyonu için analizler gerçekleştirilmiştir. Sudaki mikroplastiklerin analizi için ilk aşamada elekten geçirme işlemi gerçekleştirildikten sonra organik madde giderimi, yoğunluk ayırma işlemleri gerçekleştirildi. Ardından mikroplastiklerin şekil, renk ve sayı analizleri için biyolojik ışık mikroskobu ve stereo mikroskop kullanıldı. En yüksek mikroplastik konsantrasyonu Niğde Çamardın bölgesindeki Ecemiş Kaynağı'nda 23,3 MP/L olarak tespit edilmiştir. En yaygın mikroplastik türünün fragment olduğu (%88,70) en baskın rengin ise gri olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin PET şişelerden kaynaklandığı düşünülmüştür. Mikroplastiklere ilintili PCB'lerin tespiti için yapmış olduğumuz çalışmada 7-PCB kongenerinin toplam konsantrasyonları 0,53-249 ng/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek Σ 7-PCB konsantrasyonu ise 249 ng/g Ankara'da bulunan Yanarkaç Deresi'nde tespit edilmiş ve PCB28 kongenerinin (%29,98) olduğu görülmüştür. PCB kongenerlerine bakıldığında ise Isparta Yenişarbademli bölgesinde yer alan Yenişarbademli Deresi'nde PCB52 kongenerinin en yüksek konsantrasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Mikroplastik ile PCB konsantrasyonları arasında herhangi bir korelasyon görülmemiştir. Mikroplastikler ve mikroplastiklere ilintili PCB'ler hem insan sağlığı açısından hem de çevre açısından oldukça önemlidir. Bu kirleticilerin kaynağında tespiti, kullanımlarının azaltılması ve yasal düzenlenmelerin yapılması gerekmektedir. Ancak kirleticilerin tespiti için standartlaştırılmış bir yöntemi bulunmamaktadır. Bundan dolayı süreklilik sağlayan ve güvenilir metotlar geliştirilmeli, bilinçlendirme artırılmalı ve yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Konya kapalı havzası, mikroplastik, PCB, yüzeysel su.

ABSTRACT

MS THESIS

MICROPLASTICS AND ASSOCIATED POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN SURFACE WATERS

Şevval GÜLER

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ENVIRONMENTAL
ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Senar AYDIN

2022, 132 Pages

Jury

Advisor Prof. Dr. Senar AYDIN

Assoc. Prof. Dr. Fatma BEDÜK

Assoc. Prof. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Plastics, the use of which is increasing in our country, is becoming very risky both in terms of the environment and human health. Tons of plastic waste released into the environment turn into small particles called microplastics in various ways. Microplastics have become a current issue in recent years in terms of their effects on human health and environmental pollution. In this study, samples were taken from 15 different surface waters in Konya closed basin in April 2022 and analyzes were performed for the concentration of microplastics and polychlorinated biphenyls related to microplastics in these samples. For the analysis of microplastics in water, after sieving process in the first stage, organic matter removal and density separation processes were carried out. Then, biological light microscope and stereo microscope were used for shape, color and number analysis of microplastics. The highest microplastic concentration was determined as 23.3 MP/L in Ecemiş Spring in Niğde Çamardı region. It was observed that the most common type of microplastic was fragment (88.70%) and the most dominant color was gray. It was thought that the reason for this was due to PET bottles. In our study for the detection of PCBs related to microplastics, the total concentrations of 7-PCB congeners were determined as 0.53-249 ng/g. The highest Σ 7-PCB concentration was determined at 249 ng/g in Yanarkaç Stream in Ankara and it was found to be PCB28 congeners (29.98%). When PCB congeners are examined, it has been determined that PCB52 congeners have the highest concentration in Yenişarbademli Stream located in Isparta Yenişarbademli region. No correlation was observed between microplastic and PCB concentrations. Microplastics and PCBs related to microplastics are very important both for human health and for the environment. It is necessary to detect these pollutants at their source, to reduce their use and to make legal arrangements. However, there is no standardized method for the detection of pollutants. Therefore, sustainable and reliable methods should be developed, awareness should be increased and legal regulations should be made.

Keywords: Konya closed basin, microplastic, PCB, surface water

ÖNSÖZ

Tüm okul hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, benimle birlikte bütün heyecanlarımı yaşayan ve bana her zaman cesaret veren annem, babam ve kardeşlerime sonsuz şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Son olarak okul hayatım boyunca bana tüm bilgi ve birikimlerini aktaran, bizlere her zaman destek veren ve beraber çalışmaktan mutlu olduğum hocam Prof. Dr. Senar Aydın ve Dr. Öğr. Üyesi Arzu Ulvi'ye teşekkür ederim.

Şevval GÜLER
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	2
1.2 Çalışmanın Önemi.....	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1 Mikroplastikler.....	3
2.2 Poliklorlu bifeniller (PCB).....	7
2.3 Mikroplastikler ve Mikroplastiklere Bağlı PCB'lerin Analiz Yöntemleri.....	10
2.3.1. Mikroplastiklerin analiz yöntemi.....	10
2.3.2. Mikroplastiklere Bağlı PCB'lerin Analiz Yöntemleri.....	13
2.4 Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	15
2.4.1. Ülkemizde Yapılmış Çalışmalar.....	15
2.4.2. Uluslararası Literatürde Yapılmış Çalışmalar.....	20
2.4.3. Mikroplastikler İle İlintili PCB'lerle Alakalı Yapılmış Çalışmalar.....	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM	30
3.1 Kullanılan Kimyasallar ve Cihazlar.....	30
3.2 Örnekleme Alanı ve Numune Alma Teknikleri.....	39
3.3 Mikroplastiklerin Analizi.....	49
3.4 Mikroplastiklere İlintili PCB'lerin Analizi.....	54
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	61
4.1 Mikroplastik Analiz Sonuçları.....	61
4.1.1. Mikroplastiklerin sayısı.....	61
4.1.2. Mikroplastiklerin Türü.....	80
4.1.3. Mikroplastiklerin Rengi.....	88
4.2 Mikroplastiklere İlintili PCB Analiz Sonuçları.....	97
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	103
5.1 Sonuçlar.....	103
5.2 Öneriler.....	105
6. KAYNAKLAR	107
ÖZGEÇMİŞ	117

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μm : mikrometre
mm: milimetre
 m^2 : metrekare
 m^3 : metreküp
Fe (II): Demir (II)
 H_2O_2 : Hidrojen peroksit
HCl: Hidroklorik asit
 ZnBr_2 : Çinko bromür
 ZnCl_2 : Çinko klorür
NaCl: Sodyum klorür
NaI: Sodyum iyodür
 Na_2SO_4 : Sodyum sülfat

Kısaltmalar

ABD: Amerika Birleşik Devletleri
BPA: Bisfenol A
CUP: Mevcut kullanılan pestisit (current use pesticides)
DCM: Diklorometan
DDD: Dichloro-diphenyl-dichloroethane
DDE: Dichloro-diphenyl-dichloroethylene
DDT: Dichloro-diphenyl-trichloroethane
DSİ: Devlet Su İşleri
FTIR: Fourier Transform Infrared Spektroskopisi
GC: Gaz kromatografisi
GC-ECD: Kromatografi elektron yakalama dedektörü
HCB: Heksaklorobenzen
HCH: Heksaklorosikloheksan
HOC: Hidrofobik organik kirletici
KOK: Kalıcı organik kirletici
MP: Mikroplastik
MS: Kütle spektroskopisi
NASG: Kuzey Atlantik Subtropikal Döngüsü
OCP: Organoklorlu pestisitler
OPP: Organofosforlu pestisitler
PA: Poliamid
PAH: Poliaromatik hidrokarbonlar
PBDE: Polibromlu difenil eter
PCB: Poliklorlu bifeniller
PCDD: Dibenzo-p-dioksin
PCDF: Poliklorlanmış dibenzo furan
PE: Polietilen
PEST: Polyester
PET: Polietilen tereftalat
PP: Polipropilen
PS: Polistiren

PVC: Polivinil klorür
SEM: Taramalı elektron mikroskobu
TGA: Termogravimetrik analiz

Çizelgeler Listesi

Çizelge 2.1: Mikroplastiklerin boyutlandırılması

Çizelge 2.2: Şekillerine göre mikroplastikler

Çizelge 2.3: MP'ler ve organik kirleticiler arasındaki etkileşimi gözlemek için yapılmış bazı çalışmalar

Çizelge 2.4: Suların örnekleme

Çizelge 2.5: Farklı çalışmalarda yüzeysel sulardan ve atıksulardan alınan mikroplastiklerin analizleri

Çizelge 2.6: Mikroplastiklere bağlı PCB tespiti ile ilgili çalışmalar

Çizelge 2.7: Ülkemizde denizlerde mikroplastik varlığı

Çizelge 3.1: Örnekleme noktaları

Çizelge 3.2: PCB bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri

Çizelge 4.1: 1. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.2: 2. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.3: 3. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.4: 4. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.5: 5. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.6: 6. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.7: 7. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.8: 8. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.9: 9. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.10: 10. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.11: 11. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.12: 12. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.13: 13. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.14: 14. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.15: 15. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

Çizelge 4.16: Yüzeysel sularda mikroplastiklerle ilgili yapılmış çalışmalar

Çizelge 4.17: Mikroplastiklere ilintili PCB'lerin konsantrasyonu (ng/g)

Çizelge 4.18: Literatürde mikroplastiklere ilintili PCB'ler ile ilgili yapılmış çalışmalar

Şekiller Listesi

- Şekil 2.1:** Mikroplastikler ve KOK'lar arasındaki etkileşimi etkileyen faktörler
- Şekil 2.2:** PCB'lerin su ortamlarındaki akıbeti
- Şekil 3.1:** Milipore ve naylon membran filtre
- Şekil 3.2:** Su banyosu
- Şekil 3.3:** Paslanmaz çelik elek
- Şekil 3.4:** Ultrasonik su banyosu
- Şekil 3.5:** Hassas terazi
- Şekil 3.6:** Saf su cihazı
- Şekil 3.7:** Desikatör
- Şekil 3.8:** Filtre düzeneği
- Şekil 3.9:** Evaporatör
- Şekil 3.10:** Azot gazı
- Şekil 3.11:** Biyolojik ışık mikroskobu
- Şekil 3.12:** Stereo ışık mikroskobu
- Şekil 3.13:** Çeker ocak
- Şekil 3.14:** Çalkalamalı inkübatör
- Şekil 3.15:** GC-MS
- Şekil 3.16:** Etüv
- Şekil 3.17:** n-heksan, etil asetat, petrol eteri
- Şekil 3.18:** Çinko klorür, sodyum sülfat, silika jel
- Şekil 3.19:** Konya kapalı havzası siyasi haritası
- Şekil 3.20:** 1. Örnekleme noktası (Dinamo Deresi)
- Şekil 3.21:** 2. Örnekleme noktası (Suğla Memba)
- Şekil 3.22:** 3. Örnekleme noktası (Ağzıkarahan Deresi)
- Şekil 3.23:** 4. Örnekleme noktası (Ilısu Nehri)
- Şekil 3.24:** 5. Örnekleme noktası (Özdere)
- Şekil 3.25:** 6. Örnekleme noktası (Yanarkaç Deresi)
- Şekil 3.26:** 7. Örnekleme noktası (Uludere)
- Şekil 3.27:** 8. Örnekleme noktası (Yeşildere)
- Şekil 3.28:** 9. Örnekleme noktası (Salur Deresi)
- Şekil 3.29:** 10. Örnekleme noktası (Yenişerbademli Deresi)
- Şekil 3.30:** 11. Örnekleme noktası (Kuşla Deresi)
- Şekil 3.31:** 12. Örnekleme noktası (Kırgeçit Deresi)
- Şekil 3.32:** 13. Örnekleme noktası (Akkaya Deresi)
- Şekil 3.33:** 14. Örnekleme noktası (Ecemiş Kaynağı)
- Şekil 3.34:** 15. Örnekleme noktası (Atlantı Sulama Kanalı)
- Şekil 3.35:** Numune süzme işlemi sırasında kullanılan 5 mm ve 20 µm'lik çelik elekler
- Şekil 3.36:** Mikroplastik varlığı araştırılacak numuneler

- Şekil 3.37:** Numunelerin eleklerden geçirilmesi
- Şekil 3.38:** H₂O₂ ilave edilmesi
- Şekil 3.39:** Fe(II) ilave edilmesi
- Şekil 3.40:** Su banyosunda bekletilen numuneler
- Şekil 3.41:** Yoğunluk ayırımı işlemi sonrasında süzülen numuneler
- Şekil 3.42:** ZnCl₂ ilave edilmesi
- Şekil 3.43:** Filtre düzeneğiyle süzülen numuneler
- Şekil 3.44:** Numunenin eleklerden süzülmesi
- Şekil 3.45:** ZnCl₂ ilave edilmesi
- Şekil 3.46:** Numunenin filtre düzeneğinden geçirilmesi
- Şekil 3.47:** Tartım işlemi
- Şekil 3.48:** Ekstraksiyon işlemi
- Şekil 3.49:** Kolonların hazırlanması
- Şekil 3.50:** Numunenin kolondan geçirilmesi
- Şekil 3.51:** Evaporatörde hacim azaltma
- Şekil 3.52:** Azot gazıyla hacim azaltma
- Şekil 3.53:** Numunenin viallere alınması
- Şekil 3.54:** Numunenin GC-MS ile analizi
- Şekil 4.1:** 1. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.2:** 2. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.3:** 3. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.4:** 4. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.5:** 5. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.6:** 6. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.7:** 7. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.8:** 8. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.9:** 9. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.10:** 10. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.11:** 11. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.12:** 12. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.13:** 13. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.14:** 14. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.15:** 15. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri
- Şekil 4.16:** Yüzeysel sularda tespit edilen mikroplastik konsantrasyonları (MP/L)
- Şekil 4.17:** 1. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.18:** 2. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.19:** 3. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.20:** 4. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.21:** 5. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.22:** 6. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri

- Şekil 4.23:** 7. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.24:** 8. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.25:** 9. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.26:** 10. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.27:** 11. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.28:** 12. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.29:** 13. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.30:** 14. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.31:** 15. Örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri
- Şekil 4.32:** 1. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.33:** 2. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.34:** 3. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.35:** 4. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.36:** 5. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.37:** 6. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.38:** 7. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.39:** 8. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.40:** 9. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.41:** 10. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.42:** 11. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.43:** 12. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.44:** 13. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.45:** 14. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.46:** 15. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri
- Şekil 4.47:** Yüzeysel sularda tespit edilen toplam PCB kongenerlerinin konsantrasyonları
- Şekil 4.48:** Yüzeysel sularda tespit edilen PCB kongenerlerinin konsantrasyonlarının yüzdelik dağılımları
- Şekil 4.49:** Mikroplastik sayısı ve $\Sigma 7$ -PCB konsantrasyonu arasındaki korelasyon

1. GİRİŞ

Plastikler günlük hayatımızın vazgeçilmez unsurlardan biri haline gelen ve birçok alanda kullanılan malzemelerdir (Akçay ve diğ., 2020). Günümüzde fazla miktarda kullanılan plastiklerin sadece %10'u geri dönüştürülebilmektedir (Aydın ve diğ., 2019). Plastiklerin parçalanması sonucunda farklı boyutlarda plastikler çevrede birikim yapabilirler. Plastiklerin doğada zamanla parçalanması sonucunda nanoplastikler (<1 µm), mikroplastikler (<5 mm), mezoplastikler (5-25 mm) ve makroplastikler (>25 mm) meydana gelmektedir.

Mikroplastiklerin en önemli etkileri arasında su kaynaklarında su canlıları tarafından besin olarak zannedilip yutulması ve kalıcı organik kirleticileri bünyesine adsorplayabilmesi sayılabilir. 1990'lardan günümüze her yıl kuşlar, deniz kaplumbağaları, balinalar, yunuslar gibi 140.000'den fazla canlının plastiklere maruz kalarak öldükleri rapor edilmiştir (Yurtsever, 2015). Birçok farklı sınıflandırılması yapılabilen mikroplastikler kaynaklarına göre birincil ve ikincil mikroplastikler olarak sınıflandırılabilir. Birincil mikroplastikler kozmetik ve kişisel bakım ürünlerinden kaynaklanan mikro boncuklar ve tekstil lifleri olarak gruplandırılırken; ikincil mikroplastikler çevrede bulunan plastik atıkların belli parçalanma aşamalarında geçmiş olan plastikler olarak tanımlanabilir (Esmeray ve Yurtçu, 2020).

Adsoplanan kalıcı organik kirleticiler dioksinler ve furanlar gibi yan ürünler, DDT gibi zararlı pestisitler ve poliklorlubifeniller (PCB) gibi endüstriyel kimyasallar olarak sıralanabilir. Bunlar arasından PCB'ler gibi endüstriyel kimyasallar, ilk kez 1865 yılında kömür katranında bulunmuştur. İlk PCB sentezlenmesi ise 1881 yılında yapılmıştır. Doğadaki ilk tespiti ise 1914 yılında bazı kuşların tüylerinde yer almasıdır. Ticari olarak ilk üretimleri 1927 ve 1935 yıllarında yapılmıştır. Ticari üretimlerinin sonucu olarak PCB kaynaklı sağlık sorunları da ortaya çıkmaya başlamıştır. Üretim yapılan fabrika işçilerinin yüz ve vücutlarında akne gibi lekeler ve bunlar gibi birçok sorun meydana gelmesine rağmen sanayi de yaygın olarak kullanılmaya devam edilmiştir. Transformatörler, boyalar, yapıştırıcılar, ısı iletimi ve hidrolik sistemleri PCB'lerin başlıca kullanım alanlarından birkaçı olarak örnek verilebilir (Güvenç ve Aksoy, 2007). Kullanılmaları veya üretilmeleri sonucu doğaya salınımları oldukça kolaydır. Özellikle PCB'ler sedimanda, arıtma çamurlarında, atıksu ve yüzeysel sulardaki çalışmalar incelenmiştir. Çevreye ve insan sağlığına etkilerinin en aza indirilmesi için ilk aşama kaynağının belirlenmesidir. Daha sonra çevreye yayılmalarının azaltılması veya çevreye zarar vermeyecek şekilde bertarafı için gerekli olan yöntemler geliştirilmelidir (PCB ve PCT İçeren Atıkların Yönetimi El Klavuzu, 2009).

1.1 Çalışmanın Amacı

Mikroplastikler özellikle sucul ortamlarda canlılar tarafından besin zannedilip yutulması ve kalıcı organik kirleticileri adsorplayabilmeleri nedeniyle başlıca kirleticiler arasında yer almaktadırlar. Böylelikle besin zincirine ulaşmasıyla birlikte hem su ortamındaki canlılar hem de insan sağlığı açısından tehlike yaratmaktadırlar. Çalışmanın amacı, Konya havzası içerisinde alınacak olan yüzeysel sularda mikroplastiklerin varlığını tespit etmek, tespiti yapılan mikroplastiklerin boyutlarına, şekillerine ve renklerine göre sınıflandırmasını yapmak, mikroplastikler üzerine adsorplanan kalıcı organik kirletici olan poliklorlu bifenillerin konsantrasyon ve kongener dağılımlarını tespit etmektir.

1.2 Çalışmanın Önemi

Günlük yaşamda plastiklerin ekonomik olması, esnekliği, kolay işlenebilirliği ve kullanım kolaylığı gibi nedenlerden dolayı kullanımının artması çevre sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Kalıcı organik kirleticileri adsorplayabilmesi, doğada yavaş bozunması, besin zincirine kolaylıkla karışabilme özelliklerine sahip mikroplastikler yüzeysel sularda büyük tehlike oluşturmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar da mikroplastiklerin çevresel ortamlarda yayılması ve toksik kimyasalları adsorplaması özellikle dikkat çekmiştir. Potansiyel risk sergileyen mikroplastikler biyolojik çeşitliliğin yok olmasına da neden olmaktadır. Mikroplastikler doğada ve insan sağlığı üzerinde etkilerinden dolayı güncel bir konu haline gelmiştir ve birçok çalışmada yer almıştır. Ülkemizde de 2016 yılından itibaren genellikle deniz suyunda ve gıda maddelerinde mikroplastikler ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Tez çalışmasında ilk defa Konya kapalı havzasında yerüstü su kaynaklarında mikroplastiklerin varlığı, tespiti ve mikroplastiklere ilintili olan PCB'lerin tür ve miktarları ile ilgili bilgiler elde edilecektir. Araştırma sonucunda elde edilen çıktılar havzadaki yüzeysel su kaynaklarının korunması açısından önemli olacak ve gerekli önlemlerin alınmasına katkı sağlayacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Mikroplastikler


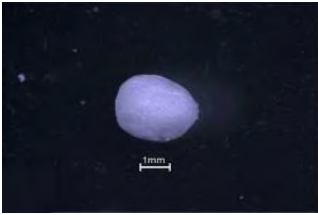

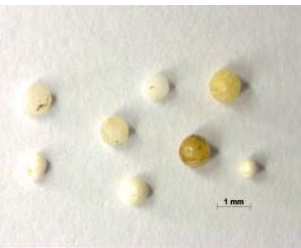
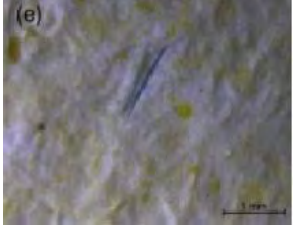
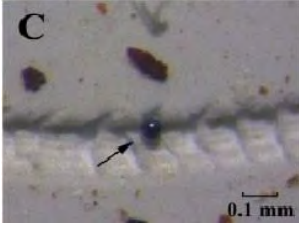
Birçok araştırmacı tarafından farklı olarak tanımlanan mikroplastikler boyut aralığı 5 mm'den küçük olan plastik parçacıklar olarak tanımlanmıştır. Strateji Çerçeve Direktifi'ndeki Avrupa Komisyonu tanımına göre ise 5 mm'den küçük parçacıkların mikroplastik olarak kabul edilmesi uygundur (Ta ve Babel, 2019). Mikroplastikleri sınıflandırmak için şekli, rengi, yapısı, kaynakları ve aşınmışlık durumu incelenebilir. Boyut aralığı dikkate alındığında ise mikro, mezo ve nano plastikler gibi gruplara ayrıldığı gözlemlenmiştir. Çizelge 2.1'de verildiği gibi yapılan araştırmaların çoğunda boyutu 5 mm'den küçük olanlar mikroplastik, 5-25 mm aralığında olanlar mezoplastik ve 25 mm'den büyük olanlar ise makroplastik olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 2.1: Mikroplastiklerin boyutlandırılması

Mikroplastik Türü	Boyutları	Kaynaklar
Mikroplastik	<5 mm	Egessa ve diğ., 2020
Mezoplastik	5-25 mm	
Makroplastik	>25 mm	
Mikroplastik	<5 mm	Battulga ve diğ., 2020
Mezoplastik	5-20 mm	
Makroplastik	20-100 mm	
Mikroplastik	<5 mm	Laskar ve diğ., 2019
Nanoplastik	<100 nm	
Mikroplastik	≤0,5 cm	Guerranti ve diğ., 2017
Mezoplastik	2,5-5,1 cm	
Makroplastik	>2,5 cm	
Mikroplastik	0,1 µm-5 mm	Yu ve diğ., 2020
Mezoplastik	5-25 mm	
Makroplastik	>25 mm	
Nanoplastikler	<100 nm	
Mikroplastik	<5 mm	Huang ve diğ., 2020
Makroplastik	>5 mm	
Mikroplastikler	0,1-5000 µm	Ribeiro ve diğ., 2019
Nanoplastikler	≤0,1 µm	

Çevrede yaygın olarak görülen mikroplastiklerin fizikokimyasal özelliklerini değişime uğratan biyolojik bozunma ve ayrışma gibi farklı dönüşüm süreçlerine uğramaları sonucunda boyutları değişkenlik göstermektedir (Ahmed ve diğ., 2022). Mikroplastikler şekillerine göre yaygın olarak film (ince tabaka plastik), foam (köpük plastik), fragman (küçük tanecikli plastik), fiber (lifli plastik), pellet (yuvarlak plastik) ve granül olarak sınıflandırılmaktadır (Virsek ve diğ., 2016).

Çizelge 2.2: Şekillerine göre mikroplastikler

Mikroplastik Türü	Kaynaklar
Film (İnce tabaka plastik)	Syakti ve diğ., 2018
	
Foam (Köpük plastik)	Tunçer ve diğ., 2018
	
Fragman (Küçük tanecikli plastik)	Virsek ve diğ., 2016
	
Granül	Virsek ve diğ., 2016
	
Fiber (Lifi plastik)	Zhang ve diğ., 2017
	
Pellet (Yuvarlak plastik)	Huang ve diğ., 2019
	

Mikroplastikler oluşum kaynaklarına göre birincil ve ikincil kaynak olmak üzere ikiye ayrılır. Birincil kaynakları kozmetikler ve kişisel bakım ürünlerindeki plastik parçacıklar oluşturmaktadır (Jiang ve diğ., 2020). Kozmetikte uygulanan plastikler, petrol karbon kaynaklarından elde edilen iki ana plastik kategorisi içerirler. Polimerler de sıcaklık altındaki davranışlarına göre termoplastik, termoset ve elastomerler olarak 3 kategoriye ayrılmaktadır. Termosetler arasında plastikler polyester vb. içerirken termoplastikler polipropilen (PP), polistrien (PS), polietilen (PE), polimetil metakrilat ve politetrafloroetilen (teflon) içerirler. Birincil mikroplastiklerin önemli kaynakları arasında plastik reçine peletleri ve plastik toz veya tüy yer almaktadır (Ta ve Babel, 2019). İkincil kaynaklar ise biyolojik, kimyasal ve fiziksel bozunmayla birlikte büyük plastik ürünlerin parçalanması sonucunda elde edilirler (Jiang ve diğ., 2020).

Mikroplastikler vücutta ve çevrede uzun süre kalabileceğinden metabolizma/enerji dengesi değişikliği, bağışıklık fonksiyonunun bozulması, yer değiştirmesi, oksidatif stres ve sitotoksikite gibi zararlara neden olabilmektedir. Bunun için mikroplastik ile kontaminasyon sağlanması durumunda olabilecek etkenlere karşı araştırmalar yapılmıştır. Bu kontaminasyon doğrudan deri teması yoluyla olabileceği gibi yutma ve solunmayla da gerçekleşebilmektedir. Bitkiler ve hayvanlar üzerinde de olumsuz etki gösteren mikroplastikler, büyüme ve üremede etkin olmaktadır (Ahmed ve diğ., 2022).

Mikroplastiklerin sucul ortamlar üzerindeki etkisi oldukça yüksektir ve taşınımları kolaydır. Yoğunluklarından kaynaklı olarak yüzeyde birikmesi sonucu suyun fiziksel özelliklerinde değişiklikler meydana getirebilmektedir. Bundan dolayı sürüngenler, kuşlar ve su içerisinde yaşayan canlılar mikroplastikten olumsuz etkilenmektedir (Yurtsever, 2019; Eriksen ve diğ., 2013). Yapılan bir araştırmaya göre mikroplastığı yutma sonucunda fizyolojik stres ve doyunluğun bir sonucu olarak beslenmeyi azaltabildiği bunun yanında enerji rezervlerini tüketebildiği rapor edilmiştir (Free ve diğ., 2014). Bir başka araştırmada istakoz ve midye gibi deniz canlıları üzerinde mikroplastığe rastlanmış ve bu durumun sindirim sistemini etkilediği gözlemlenmiştir (Esmeray ve Armutçu, 2020). Sucul besinlerin yanı sıra günlük olarak tüketilen tuz, bal, şeker ve soda gibi yiyecek ve içeceklerde de mikroplastiklerin olduğu kanıtlanmıştır (Yurtsever, 2019).

Mikroplastiklerin birkaç araştırmanın sonunda obozite, kısırlık ve kanser gibi hastalıklara da sebep olduğu bilinmektedir. Boyutlarının çok küçük olması organlarda tıkanma, birikme ve iltihaplanma gibi etkilere yol açmaktadır (Esmeray ve Armutçu, 2020).

Mikroplastiklerin en önemli özelliği kalıcı organik kirleticileri adsorplayabilmeleridir. Bunun yanında yüzey alanlarının büyük olması da sucul ortamlardaki PCB, poliaromatik hidrokarbon (PAH) ve pestisit gibi kalıcı organik kirleticilerin taşınımını sağlamaktadır. Bu kirleticilerin lipofilik ve hidrofobik özelliğe sahip olması da bu durumu etkileyen önemli bir başka faktördür. Hidrofobik organik kirleticilerin desorpsiyon ve sorpsiyon durumu mevcut çevre koşullarına bağlıdır. Yüksek konsantrasyonlu ortamdan düşük konsantrasyonlu ortama geçişi difüzyon ile sağlamaktadır (Yurtsever, 2018).

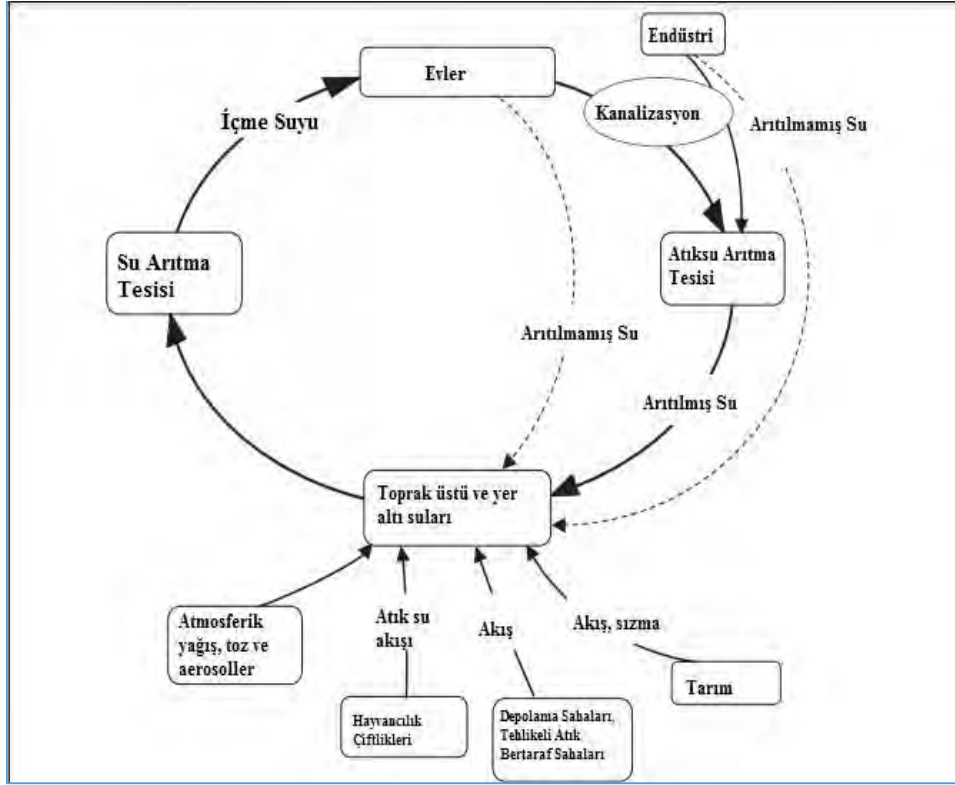
Çizelge 2.3’de mikroplastikler ile organik kirleticiler arasındaki etkileşimi gözlemek için yapılmış bazı çalışma sonuçları verilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda numunedeki mikroplastiklerin miktarını belirlemek için en çok kullanılan tekniğin GC-MS olduğu görülmüştür. Polimer türü olarak adsorplanan PE ve PP en fazla olan türler arasında yer almaktadır. Bu boyutlar arasındaki farklılığın çevresel etkilerin olduğu düşünülmektedir. İncelenen organik kirleticiler olan PCB ve kongenerleri ile polimerlerin bu kirleticileri adsorplaması arasındaki ilişki bu çalışmalarda gösterilmiştir.

Çizelge 2.3: MP’ler ve organik kirleticiler arasındaki etkileşimi gözlemek için yapılmış bazı çalışmalar

Mikroplastik polimer tipi	Mikroplastik boyutu	Organik bileşik	Kullanılan teknik	Kaynaklar
PE PP	~10 mm	PCB BPA DDT PAH PBDE Alkilfenoller	GC-MS GCMS/MS GC-ECD	Hirai ve diğ., 2011
PE	Pellet (<5mm)	PCBs (38 PCB kongener)	GC-MS	Endo ve diğ., 2013
-	Pellet (3-6 mm)	PCB kongenerler: 18, 26, 31, 44, 49, 52, 101, 105, 118, 128, 138, 149, 151, 153, 170, 180, 187, 194 pp’-DDE, pp’-DDD, pp’-DDT	GC-MS	Antunes ve diğ., 2013
PS PE PP	0,5-15 mm	PCB PAH	GC-MS	Chen ve diğ., 2019
PE PP	0,315-5 mm	PCB PBDE	GC- MS/MS	Yeo ve diğ., 2020

Şekil 2.1’de mikroplastikler ve kalıcı organik kirleticiler arasındaki etkileşimi etkileyen faktörlerin görseli verilmiştir. Organik kirleticiler ve mikroplastikler, kentsel akış, sızıntı ve doğal ortamlara salınması gibi durumların ardından etkileşime girmeleri

nedeniyle ilişkilendirilirler. Uluslararası Pelet İzleme'ye ve Stockholm Sözleşmesi'ne göre mikroplastikler kalıcı organik kirleticiler gibi birçok organik kirleticiler tarafından kolaylıkla adsorbe edilebilmektedir. Bir bileşimin sorpsiyonu adsorpsiyon ve desorpsiyon olmak üzere iki ayrı işlemi ifade edebilir.



Şekil 2.1: Mikroplastikler ve KOK'lar arasındaki etkileşimi etkileyen faktörler (Rodrigues ve diğ., 2019)

Sorpsiyonu etkileyen özellikler arasında polimerin rengi, yoğunluğu, kimyasal bileşimi ve şekli yer almaktadır. Kirletici konsantrasyonunu etkileyen bu özellikler birçok çalışmada gösterilmektedir. Suyun sıcaklığı, pH ve tuzluluk gibi durumların yanı sıra polimerlerin boyutu, rengi, tipi ve ayrışma derecelerine de dikkat edilmelidir (Rodrigues ve diğ., 2019).

2.2 Poliklorlu bifeniller (PCB)

PCB'ler bir grup aromatik klorlu bileşik olan poliklorlu bifenillere verilen genel isimdir. Bir başka tanıma göre PCB'ler monometil-dibromo-difenil metan, poliklorlu terfeniller, monometildiklorlu-difenil metan, monometil-tetraklorlu-difenil metan veya toplamda, ağırlık olarak %0.005'den (veya 50 ppm) daha fazla yukarıda bahsedilen maddelerin herhangi birisini ya da birkaçını içeren karışım PCB olarak tanımlanmaktadır. Genellikle daha önceden çevreye verilmiş olan PCB'nin yeniden dağılımı, çevrede

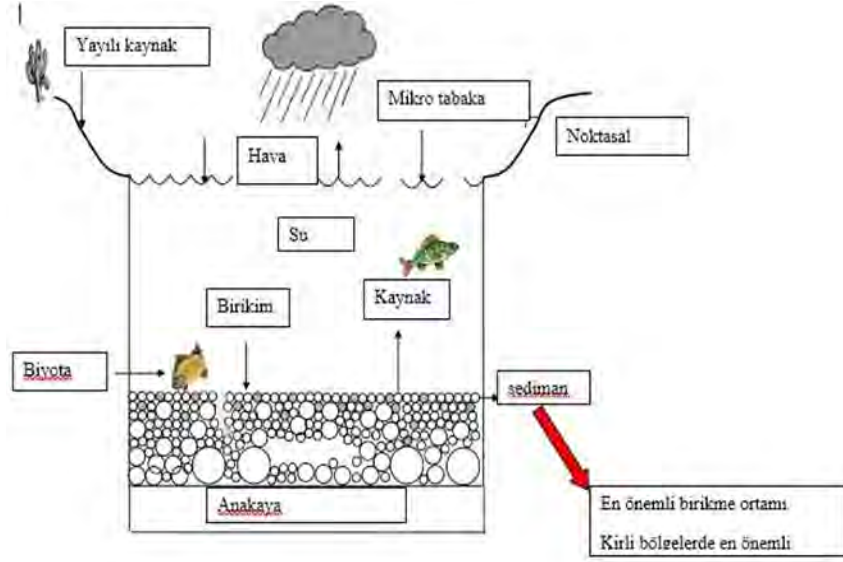
PCB'nin açığa çıkmasına yol açmaktadır. Sudan buharlaşan PCB'nin atmosfere karışması, sonrasında atmosferden havada dolaşması ve yağ/kuru çökmesi yoluyla ayrılması, özellikle yüksek klorlu bifenillerin partiküllere bağlanması ve bazı uçucu özellikte olan PCB bileşiklerinin yeniden buharlaşması sonucu yeniden dağılım döngüsü meydana gelmektedir. Sucul ortamlarda bulunan PCB'lerin hidrofobik özelliklerine bağlı olarak katılar üzerinde tutunma veya atmosfere kaçma gibi eğilimleri bulunmaktadır. Sedimanların hareketlenmesi (örneğin denizde canlılar/akıntılar veya nehirde taşınım sebebiyle) sonucunda deniz, nehir veya göl sedimanlarına tutunan PCB'ler, yeniden suya karışabilmekte ve uzun süreli kirlilik kaynağı olabilmektedir (PCB ve PCT İçeren Atıkların Yönetimi El Klavuzu, 2009).

PCB'lerin kullanılmaları veya üretim aşamalarında su, hava ve toprak ortamlarına girişimde bulunurlar. Çevre ve besin kirlenmesi, çok fazla yaygın kullanılmaları sonucu ve bunun yanında fiziki, kimyasal ve biyolojik bozunmaya yüksek dayanıklılığı olması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. 10 güne kadar atmosfer havasında kaldıkları bilinmektedir. Uygun olmayan koşullarda PCB'lerin yakılmasıyla tam yanma ürünleri oluşmamaktadır. Bu durumda poliklorlanmış dibenzo-p-dioksin (PCDD) ve poliklorlanmış dibenzofuran (PCDF) türevleri ortaya çıkmasıyla canlılar ve çevreye büyük zararlar vermektedir.

Lipofilik özelliklere sahip olması, organik atıklarda ve sediment içerisinde tutunmasını sağlamaktadır. Ancak su gibi polar ortamlarda birikmeleri çok düşüktür ve uçucu özelliklere sahip olmadığından havada da kalıcı değildirler. En fazla biriktikleri ortamların toprak ve sediment olduğu bilinmektedir. Çevrede bozunması içerisinde bulunan klor miktarına bağlıdır ve klor miktarı arttıkça kalıcılıkları da artmaktadır. Fotokimyasal hidroksi radikalleri güneş ışığı etkisiyle atmosferde reaksiyona girerek transformasyona uğrarlar. Monoklorlu bifeniller için bu reaksiyonun yarı ömrü yaklaşık 10 gün, heptaklorlu bifeniller içinse 1.5 yıldır. Sucul ortamlarda hidroliz ve oksidasyon, PCB'lerin bozunmasında önemsizdir. Yapılan çalışmalar yetersiz kalmakla birlikte fotolizin PCB'lerin abiyotik bozunmasında etkili tek yol olduğu söylenmektedir. Mikroorganizmalar mono, di ve tri klorlu bifenilleri hızla, tetraklorlu bifenilleri daha yavaş bozunmayı sağlarlar. Ancak klor sayısı arttıkça bozunmaya karşı daha dirençlidirler.

PCB'ler üretim esnasında ve kullanılmaları sonucunda çevresel ortama karışabilirler. Toprak, hava ve su ortamlarına karışan bu kirleticilerin yaklaşık 10 gün boyunca atmosferde kaldıkları bilinmektedir. Lipofilik özelliğe sahip olmasından dolayı sedimentte ve organik atıklarda tutunurlar. Genel olarak toprak ve sedimentte daha fazla

biriktikleri bilinen PCB'lerin çevrede parçalanması klor miktarına bağlıdır. Klor miktarı azaldıkça çevrede kalıcılıkları da azalmaktadır. Sedimentteki PCB'ler organizmalarda birikir ve bu organizmalar canlılar tarafından yutularak besin zincirine karışırlar. Yutulan bu organizmaların bir kısmı yağ dokusunda birikirken bir kısmı metabolize edilir. Klor oranı arttıkça da vücuttan atılmaları zorlaşmaktadır (Güvenç ve diğ., 2007). Şekil 2.2'de bu durum görsel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.2: PCB'lerin su ortamlarındaki akıbeti (Karakuş, 2012)

Sediment içerisinde yaşayan PCB'ler organizmalarda birikmektedir. Balıkların bu organizmaları yemesi veya balıkları yemesi sonucunda besin zincirine girerler. Vücuda alınan PCB'lerin bir kısmı yağ dokusunda birikirken bir kısmı da metabolize edilir. Bu nedenle PCB düzeyinin göstergesi olarak balıklardaki PCB varlığı önemlidir. Maruz kalma miktarı, süresi ve canlıların yağ dokularındaki birikim, bileşiğin yapısını etkilemektedir. Klor miktarının yüksek olması, düşük miktardaki klor içerenlere göre daha fazla birikme eğilimindedir. Klor oranı arttıkça metabolik olarak atılmaları yavaş olmaktadır (Güvenç ve diğ., 2007).

2.3 Mikroplastikler ve Mikroplastiklere Bağlı PCB'lerin Analiz Yöntemleri

2.3.1. Mikroplastiklerin analiz yöntemi

Mikroplastiklerin analizindeki ilk aşama numune alma yöntemidir. Numune almada en çok paslanmaz çelik elek ve manta ağı yöntemleri kullanılan yöntemler arasındadır. Tercih edilen yöntemler araştırılacak kirleticilerin boyutları ve gerekli su hacmine göre seçilmektedir. Genellikle manta ağlarının boyut aralığı 330-333 µm arasındadır ve kullanımının kolay olması, yüksek su hacimlerinde çalışılabilir olması gibi birçok avantajları bulunmaktadır. Dezavantajları arasında ise geniş zaman aralığına ihtiyaç duyulması ve pahalı ekipman gerektirmesi gibi durumlar yer almaktadır (Prata ve diğ., 2019).

Sediment ve suda küçük partiküllerin analizi çevreye heterojen dağılması ve belirli standart bir yöntem olmamasından dolayı zorlaştıran durumlar ortaya çıkmaktadır. Mikroplastikleri ekstrakte edip analizi zorlaştıran birçok organik maddeyi gidermek gerekmektedir. Böylelikle doğru sonuçlar elde etmek için uygun numune hazırlama işleminin seçilmesine dikkat edilmelidir (Klein ve diğ., 2018).

Su örneklerinde mikroplastikleri ayırma için birkaç basamak gereklidir. Alınan su numunelerinin analiz için ilk aşaması elekten geçirme işlemidir. 5 mm'den daha büyük parçacıkları su numunesinden ayırmak için farklı boyutlara sahip paslanmaz çelik elekler uygun yöntemlere göre seçilir. Numunedeki tuzları gidermek ve elekler arasında kalan bütün küçük plastik parçacıkları aktarmak için elekler distile su ile yıkanır ve ardından elde edilen plastikler etüvde kurutulur. Numune etüvde kurutulduktan sonra organik kalıntıları gidermek için hidrojen peroksit (H_2O_2) ile kimyasal parçalama işlemi en çok tercih edilen yöntemdir. Eleklerle ayrımı gerçekleşen mikroplastikler bir behere alınır. İçerisinde H_2O_2 ve Fe(II) eklendikten bir süre sonra 30 dk boyunca 75 °C'de ısıtıcı üzerinde karıştırma yapılır. Organik kalıntının giderimi sağlanana kadar bu işlem tekrarlanır.

Yoğunluk ayırma numune içerisindeki mikroplastikleri diğer kirleticilerden ayırmak için kullanılan yöntemdir. Bu yöntem için kullanılması gereken solüsyon yoğunluğu 1.2-1.4 g/cm³'den büyük olarak kabul edilir. Yoğunluk ayırma için kullanılan sodyum klorür (NaCl) tuzu ucuz, çevre dostu ve yüksek oranda bulunabilirliğinden dolayı en çok tercih edilen tuzların arasındadır. Sodyum iyodür (NaI) ve çinko bromür ($ZnBr_2$) tuzları da yoğunluk ayırmada kullanılabilirler (Prata ve diğ., 2019). Belirlenen tuzlardan biri doygun çözelti elde edilene kadar eklenir. Daha sonra separatörde bekletilerek mikroplastiklerin ayrılması gerçekleştirilir.

Yoğunluk ayırmadan elde edilen süpernatant genel olarak vakumlu bir filtereden geçirilerek plastik parçacıkların ayrılmasını gerçekleştirir (Hidalgo-Ruz ve diğ., 2012). Mikroplastiklerin boyutuna göre filtre çaplarında değişiklikler olabilir. Bu durumda en küçük mikroplastik göz önüne alınır (Prata ve diğ., 2019). Mikroplastikler filtreden geçirildikten sonra filtre distile su ile yıkanır ve etüvde kurutulur. Bu işlemlerden sonra numune mikroplastik analizine hazırdır.

Numunene analizi görsel analiz yöntemleri, spektroskopik ve kromatografik yöntemleri ile yapılmaktadır. İlk aşamada mikroskop ya da göz ile ayrılan mikroplastikler incelenir ve sayılır (Li ve diğ., 2018). Numune içerisinde yüksek konsantrasyonda mikroplastik olması durumunda bu yöntem kolaylık sağlamaktadır. Görsel analiz yönteminin teknik bilgi gereksinimi azdır. Bu yöntemde mikroplastikler için nitel analiz gerçekleştirilemez. Bundan dolayı sayımın yapılmasının yanında diğer yöntemlere de ihtiyaç duyulmaktadır. Spektroskopik yöntemlerde nitel ve nicel araştırmalar için kullanılan analizler arasında Raman spektroskopisi, Fourier dönüşümü kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Li ve diğ., 2018). Piroiliz-GC/MS, TGA-MS gibi kromatografik yöntemlerde mikroplastik analizinde kullanılmaktadır (Li ve diğ., 2018).

Çizelge 2.4'de mikroplastik analizi için literatürde kullanılan analiz yöntemleri verilmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda paslanmaz çelik elek 25 µm, paslanmaz çelik elek 48 µm, metal elek 150-400 µm ve Tyler elekleri 125-354 µm ekipman olarak tercih edilmektedir. Ekipmanın ucuz olması ve paslanmaz çelik eleklerin boyut aralığının geniş olması gibi avantajlarının yanında pek çok çalışmada da tercih edilen çelik elek kullanmayı bizde çalışmamız için uygun olduğuna karar verdik. Literatür taramasının ardından isteğe göre birden fazla elek kullanılarak çalışmaların yapıldığı ve eleklerin farklı boyutlarda olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4: Suların örnekleme

Örnekleme yeri	Örnekleme metodu	Numune Hacmi (L)	Kaynaklar
Nakdong Nehri, Güney Kore	Metal elek, 150-400 µm	30	Song ve diğ., 2015
Laurentian Büyük Gölü, ABD	Manta trawl, 333 µm		Eriksen ve diğ., 2013
Hovsgol Gölü, Kuzey Moğolistan	Manta trawl, 333 µm (16 cm y* 61 cm g)		Free ve diğ., 2014
San Francisco Körfezi, California	Manta trawl, 333 µm (16 cm y* 61 cm g)		Sutton ve diğ., 2016
Tibet Platosu Nehirleri	Paslanmaz çelik elek, 45 µm	30	Jiang ve diğ., 2019
Tamsui Nehri ve Kuzey Tayvan'daki Kolları	Manta ağı 300 µm		Wong ve diğ., 2020
Lübnan Sahili, Doğu Akdeniz Havzası	Manta trawl net, neuston net, plankton net, standart net 52-333 µm		Kazour ve diğ., 2019
Baltık Denizi, Bothnia Körfezi, İsveç	Manta trawl, 333 µm (16 cm y* 61 cm g) Yerinde pompa filtreleme (50, 300, 500 µm)		Schönlaue ve diğ., 2020
Nansha Adaları, Güney Çin Denizi	Paslanmaz çelik elek, 48 µm	20	Nie ve diğ., 2019
Qin Nehri, Çin	Paslanmaz çelik elek, 25 µm	30	Zhang ve diğ., 2020
Wei Nehri, Çin	Paslanmaz çelik elek, 75 µm	30	Ding ve diğ., 2019
Jiaozhou Körfezi, Çin	Paslanmaz çelik elek, 20 µm	50	Zheng ve diğ., 2019
Bintan küçük adaları, Endonezya	Neuston ağı (1 mm- 300 µm)		Syakti ve diğ., 2018

Yüzeysel sularda mikroplastikler için yapılan çalışmalarda standartlaştırılmış bir yöntem olmayıp genel olarak örnekleme de paslanmaz çelik elek, plankton ve manta ağları tercih edilmiştir. Organik maddeyi gidermek için ise hidrojen peroksit (H₂O₂) kullanılmıştır. Yoğunluk ayırımı işleminde düşük maliyetli ve toksitesi düşük olan 1.2 kg/L yoğunluğa sahip NaCl ve diğer maddelere kıyasla daha tehlikeli olan 1.6 kg/L olan ZnCl₂ çözeltileri kullanılarak ayırım sağlanmıştır (Li ve diğ., 2018). Filtreleme işlemi uygun gözenek boyutunda seçildikten sonra Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), diseksiyon mikroskopu, stereomikroskopu ve Raman mikroskopu gibi analiz yöntemleri kullanılmıştır. Farklı çalışmalarından birkaç örnek Çizelge 2.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.5: Farklı çalışmalarda yüzeysel sulardan ve atıksulardan alınan mikroplastiklerin analizleri

Örnekleme metodu	Temizleme	Yoğunluk ayrımı	Filtreleme	Tanımlama	Kaynaklar
Paslanmaz çelik elek, 63 mm	%30 H ₂ O ₂	-	Nitroselüloz 0,45 mm gözenek boyutu	Diseksiyon mikroskopu + FTIR	Stanton ve diğ., 2020
Plankton ağı 300 µm, manta ağı 330 µm	%30 H ₂ O ₂	NaCl	0,2 mm gözenek boyutu	FTIR	Bord Os ve diğ., 2018
Paslanmaz çelik elek, 48 µm	%30 H ₂ O ₂	-	0,45 µm gözenek boyutu	Stereomikroskop + mikroRaman spektroskopisi	Nie ve diğ., 2019
0,055 mm boyutlu ağı	0.05 M Fe(II) + %30 H ₂ O ₂	ZnCl ₂	0,45 µm gözenek boyutu	Stereomikroskop + ATR-FTIR	Rodrigues ve diğ., 2018
Paslanmaz çelik elek, 75 µm	%30 H ₂ O ₂	NaCl	0,45 µm gözenek boyutu	Metalografik mikroskop + SEM	Ding ve diğ., 2019
Paslanmaz çelik elek, 10 µm	H ₂ O ₂	ZnCl ₂	10 mm'lik gözenek boyutu	Raman mikrospektroskopisi	Wolff ve diğ., 2018
Paslanmaz çelik elek, 25 mm, 104 mm, 375 mm	%33 H ₂ O ₂	NaCl	25 mm gözenek boyutu	FTIR + Stereomikroskop	Edo ve diğ., 2019
Grab numune	-	NaCl	0.45 µm gözenek boyutu	Mikroskop + FTIR	Bayo ve diğ., 2019
Paslanmaz çelik elek	0,05 M FeSO ₄ .7H ₂ O + %30 H ₂ O ₂	NaI	1.5 µm gözenek boyutlu selüloz filtre	ATR-FTIR + Stereomikroskop	Raju ve diğ., 2020
5 µm gözenek boyutlu polikarbonat filtre	%30 H ₂ O ₂	5 ml %100 Metanol	5 µm gözenek boyutlu polikarbonat filtre	Raman spektroskopisi + FTIR	Fortin ve diğ., 2019

2.3.2. Mikroplastiklere Bağlı PCB'lerin Analiz Yöntemleri

PCB analizi için ilk aşamada örnek hazırlama yapılması gerekmektedir. PCB'lerin lipofilik özellikleri yağda birikmelerine sebep olmaktadır. Bu nedenle yağdan ekstraksiyonları mutlaka yapılmalıdır. Ekstraksiyon işlemi hekzan gibi polar olmayan çözücüler ile gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında sabit fazı genellikle silika olan jel permasyon veya kolon kromatografisi ile de yapılabilmektedir. Analiz aşamasından çoğunlukla kromatografik ayırma yöntemleri tercih edilmektedir. Duyarlılığından dolayı özellikle en çok kullanılan gaz kromatografisi elektron yakalama dedektörü (GC/ECD)'dir. Ancak tespit belirleme sınırlarından dolayı eş zamanlı pikler söz konusu olacağından doğrulama gaz kromatografisi kütle spektrometresi (GC/MS) ile yapılmalıdır (Güvenç ve diğ., 2007). Yapılan çalışmalara örnekler Çizelge 2.6'de verilmiştir.

Çizelge 2.6: Mikroplastiklere bağlı PCB tespiti ile ilgili çalışmalar

Ekstraksiyon	Elüsyon	Kolon	Tanımlama	Kaynaklar
12 saat 150 ml DCM	-	-	GS-MS	Rios ve diğ., 2007
72 saat 2×15 ml hekzan	30 ml hekzan + heksan:DCM(3:1)	Aktif silika jel	GS-MS	Ogata ve diğ., 2009
2×hekzan	n-hekzan + H ₂ SO ₄	Silika:alümin (1:1)	GS-MS	Frias ve diğ., 2010
18 saat 150 ml DCM	-	Aktif silika jel	GC-ITMS	Hirai ve diğ., 2011
2×heksan:aseton (1:1)	Heksan + diklorometan:hekzan (4:1)	Silika	GC-MS	Van ve diğ., 2012
2×15 ml hekzan	-	Aktif silika jel	GC-ECD	Ryan ve diğ., 2012
2×15 ml hekzan	-	Aktif silika jel	GC-MS/MS	Heskett ve diğ., 2012
Hekzan:Aseton (1:1), 5 dk	n-hekzan + H ₂ SO ₄	Silika ve alümina	GC-ECD	Antunes ve diğ., 2013
2×15 ml hekzan	-	Aktif silika jel	GC-MS	Mizukawa ve diğ., 2013
2×10 ml hekzan	40 ml heksan + 80 ml hekzan/metilen klorit(1:1)	4 g aktif silika jel + 1 gr susuz Na ₂ SO ₄ +6 gr florisil	GC-ECD	Zhang ve diğ., 2015
2×15 ml hekzan	30 ml heksan	Aktif silika jel	GC-MS	Le ve diğ., 2016
3×15 ml hekzan:DCM (9:1)	Heksan:DCM (9:1) + hekzan:DCM (1:2)	Alüminyum oksit	GC-MS	Lozoya ve diğ., 2016
Aseton/DCM (1:1) ve hekzan	30 ml DCM+ 30 ml hekzan	10 gr aktif silika jel + 1 g Na ₂ SO ₄	GC-MS	Lo ve diğ., 2019
3×15 ml siklohekzan:etil asetat (1:1)	-	-	GC-MS/MS	Camacho ve diğ., 2019
3×5 ml MeOH 30 dk	-	-	GC-MS	Leon ve diğ., 2019
3×10 ml diklorometan:hept an (1:1)	-	-	GC-MS	Bouhroum ve diğ., 2019
3×4 ml aseton: hekzan (1:1)	30 ml aseton hekzan (1:1)	0,5 g Na ₂ SO ₄ + 2 gr silika jel	GC-MS	Fraser ve diğ., 2020
3×15 ml hekzan:DCM (9:1), 15 dk	Heksan:DCM (9:1) + hekzan:DCM (1:2)	Alüminyum oksit	GC-MS	Rodriguez ve diğ., 2020
3×15 ml hekzan	6 ml DCM +40 ml DCM/hekzan (1:1)	Aktif silika jel ve Na ₂ SO ₄	GC-MS	Pozo ve diğ., 2020
3×4 ml DCM 30 dk	-	-	GC-MS	Capriotti ve diğ., 2021
2×5 ml siklohekzan ve etil asetat (1:1)	-	-	GC-MS	Fred-Ahmadu ve diğ., 2022

Araştırmalarda ilk olarak numuneler elekten geçirme, yoğunluk ayrımı ve filtreleme aşamalarından geçirilmiştir. PCB'lerin analizi için ekstraksiyon aşamasında hekzan ve değişen oranlarda hekzan:diklorometan kimyasalları kullanılmış olup genel olarak 2 ve 3 tekrar sonucunda 15 dakikalık süre içerisinde ekstrakte işlemleri yapılmıştır. Bu işlemin ardından temizleme işlemi için birleştirilen ekstraktlar çoğunlukla aktif silika ile doldurulan kolonlara verilir ve daha sonra tanımlama için enstrümental analiz teknikleri kullanılmıştır. Araştırmalarda tanımlama için genellikle GC-MS tercih edilmiştir.

2.4 Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar

2.4.1. Ülkemizde Yapılmış Çalışmalar

Küçükçekmece Lagünü, balıkçılık, turizm ve sanayi gibi etkenlerden dolayı kirliliğe maruz kalmaktadır. Bu araştırmada ise Küçükçekmece Lagünü'nde ve Marmara Denizi'nin lagüne olan sınırlarındaki yüzeysel sularda mikroplastiklerin kaynağını ve mevsimsel olarak gösterdikleri değişimleri kapsamıştır. Kıyı bölgelerinde yer alan 10 istasyon gözlemlenmiştir. Alınan numunelerde mikroplastik analizleri gerçekleştirilmiştir ve toplamda 4274 mikroplastik elde edilmiştir. Litre başına parçacık sayısı en yüksek Kasım ayında 32,87 MP/L, en düşük ise Eylül ayında 3 MP/L olarak kaydedilmiştir. Mikroplastikler fiber, parçacık, film ve çizgi (line) olarak katagorize edilmiştir. Bunun yanında kırmızı, mavi ve yeşil renk olmak üzere üç renkte oldukları gözlemlenmiştir. İstasyonların tümüne bakıldığında en fazla görülen rengin mavi olduğu dikkat çekmiştir. Mevsimler arasında en fazla mikroplastik miktarının sonbaharda (ortalama 51,47 MP/L) en düşük ise yaz mevsiminde (11,9 MP/L) olduğu tespit edilmiştir (Çullu, 2020).

Bakkaloğlu (2019), yapmış olduğu çalışmasında Bursa Doğu Atıksu Arıtma tesisinden 4 farklı zamanlarda giriş, kum tutucu, çıkış suları ve geri devir çamurundan aldıkları örneklerden mikroplastikleri analiz etmiştir. Ünitelerin her birinde tür, renk, boyut ve şekil olarak mikroplastikleri sınıflandırmıştır. Analiz sonucunda mikroplastiklerin büyük bir kısmı 0.3 mm – 0.5 mm aralığında olan parçacıklar oluşturmuş ve lif, küre ve parçacık+lif olmak üzere 3 farklı kategoriye ayrılmıştır. Renkler ise beyaz-gri, mavi, yeşil, kırmızı-turuncu-pembe, siyah-lacivert, kahverengi-krem-sarı ve mor olmak üzere 7 farklı renkte sınıflandırılmış olup en baskın rengin siyahlacivert olduğu dikkat çekmiştir. Bunların yanı sıra 8 farklı mikroplastik türü (poliamid, polietilen, etilenvinilasetat kopolimer, polietilentetralat, polyester, polimetilmetakrilat, polipropilen ve poliakrilikasıit) bulunmuştur. Sonuç olarak arıtma tesislerinin mikroplastikler için

önemli bir kaynak olduğu bilinmektedir. Bu tesiste de yüksek miktarda mikroplastik giderimi gerçekleştirilmiştir ve bundan dolayı ilave tedbirlere ihtiyaç duyulmuştur.

Yurtsever (2016) çalışmasında Sakarya Karaman Atıksu Arıtma Tesisi'nin giriş, havalandırılmalı kum ve yağ tutucu ünitesinin, havalandırma havuzu ünitesinin ve son çökeltim havuzu çıkışından alınan numunelerde mikroplastikleri incelemiştir. Alınan numunelerde mikroplastiklerdeki organik madde giderimini H_2O_2 sağlamıştır. Sonrasında yoğunluk farkı için $ZnCl_2$ ve NaI gibi tuz çözeltileri kullanılarak süpernatant kısmı filtrelerden süzlmüştür. Son olarak mikroskopla incelemesi yapılan mikroskoplar FTIR ile tanımlanmıştır. İncelenen numunelerde siyah, sarı, beyaz, lacivert, kırmızı ve kahverengi gibi renkler gözlemlenmiştir.

Son yıllarda yapılan araştırmalarda atıksu tesislerinin arıtma çamurları ve deşarj ettikleri sularda mikroplastiklere rastlanılmış ve çevreye karşı bir tehdit unsuru olması dikkat çekmiştir. Sakarya'da bulunan bir arıtma tesisinden alınan arıtma çamurunda mikroplastik analizi olduğu belirtilmiştir. Yapılan araştırmanın sonucunda oldukça yüksek miktarlarda mikroplastikler elde edilmiş olup günlük deşarj sonucunda mikroplastik miktarının 474-822 milyon olduğu dikkat çekmiştir. Çamur örneklerinde (570-1180 MP/L), sıvı örneklerine (85-10 MP/L) göre daha fazla miktarda mikroplastik görülmüştür. Bununla birlikte mikroplastikler film, parçacık ve lif olarak kategorize edilmiştir. Mikroplastiklerin boyutlarına bakıldığında ise $<50 \mu m$, $50-330 \mu m$, $330-1000 \mu m$ ve $1000-5000 \mu m$ olarak görülmüştür (Bilgin, 2019).

Gündoğdu ve Çevik (2017), İskenderun ve Mersin körfezlerindeki mikroplastik kirliliğine dikkat çeken bir ön çalışma sunmuştur. Bu iki farklı körfezden seçilen 7 istasyondan alınan numunelere bakıldığında ortalama mezo ve mikroplastik miktarı $0,376 \text{ madde/m}^2$ olarak tespit edilmiştir. Plastiklerin filamentler, granüller, PE köpük, plastik filmler ve plastik parçalar olmak üzere 5 farklı türü gözlemlenmiştir. 1540 adet mikroplastik tespit edilmiştir. Bunun yanında mikroplastikler siyah, mavi, kahverengi, krem, gri, yeşil ve şeffaf gibi toplamda 15 farklı renkte olduğu görülmüş ve en baskın rengin şeffaf-beyaz olduğu dikkat çekmiştir. Bu istasyonlardaki plastik miktarları, diğer araştırmalar ile kıyaslanmıştır. Mikroplastik türlerine bakıldığında diğer çalışmalara benzer sonuçlar bulunmuştur. Mevsimler değişikliklerin etkileyebileceği düşünüldüğünden kıyaslama yapılabilecek bir çok çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

Yiğit (2019) yapmış olduğu çalışmasında Marmara denizinin iki farklı noktasından alınan numunelerde mikroplastik varlığına dikkat çekmiştir. MBC (Büyükçekmece) ve MY1 (Tuzla) istasyonlarından alınan numunelerde sediment

örnekleme, su kolonu örnekleme ve yüzey suyu örnekleme yapılarak mikroplastiklerin türlerine ve sayılarına bakılmıştır. Yüzey suyu örneklemelelerinde MBC istasyonunda (4,75 MP/m³), MY1 istasyonuna (3,71 MP/m³) göre daha fazla plastik parçacık olduğu dikkat çekmiştir. Bu plastik parçacıkların büyük çoğunluğunu sert plastikler ve fiber parçacıklar oluşturmuştur. Sediment çalışmasına bakıldığında sonuçların benzer olduğu görülmüştür. Su kolonunda ise MY1 istasyonunda (140 adet/m³) daha fazla miktarda plastik parçacık olduğu ve siyah ve mavi renkli fiberlerin yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir.

Doğruyol (2019) çalışmasında Haliç sedimanlarının belirlenen yedi istasyonunda mikroplastik kirliliğinin bulunmasını amaçlamıştır. Mikroplastiklerle (1-5 mm) birlikte büyük plastiklerin (>5 mm) de olduğu parçacıklar da araştırmaya dahil edilmiş ve miktar, tip, renk ve boyut olarak incelemeleri yapılmıştır. Tüm istasyonlardan alınan numuneler incelendiğinde mevsimsel olarak değişiklik göstermiştir. En yoğun mikroplastik miktarının (243 adet) kışın olduğu tespit edilirken, en düşük mikroplastik miktarının sonbaharda (103 adet) olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara bakıldığında ise Haliç'in yüksek mikroplastik kirliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Kasımpaşa (213 adet) ve Sünnet Köprüsü'nün (151 adet) de en yoğun mikroplastığe maruz kalan istasyonlar arasında olduğu da dikkat çekmiştir. Bu çalışmanın sonucunda Haliç'in mikroplastikler tarafından yoğun bir kirliliğe maruz kaldığını ve kaynaklarının belirlenerek azaltılması yönünde çözümler üretilmesi için öneriler ortaya koymuştur.

Marmara Denizi bölgesi yoğun nüfusa sahip bölgelerden biridir. Hem ticari yönden hem de ulaşım yönünden en yoğun ilgiye sahip bu yerler sanayi atıkları ve evsel atıklar gibi kirliliklere maruz kalmaktadır. Bu çalışmada ise Marmara Denizi'ndeki mikroplastik kirliliği araştırılmış ve diğer yapılacak çalışmalara katkı sağlamıştır. Sediment, yüzey ve su kolonu örnekleri toplamda 9 istasyondan alınmıştır. Alınan numunelere bakıldığında ortalama sedimentte m² başına 2044 MP, yüzeyde 2373 MP ve askıda 1405 MP tespit edilmiştir. Bu duruma en büyük etkenin akıntılar ve bu akıntılar sonucunda kirleticilerin birikmeleri düşünülmüştür. Su kolonu, sediment ve yüzey suyu örneklemelelerinde fiberin en fazla sedimentte (%61), sert plastiğin ise en fazla yüzey suyunda (%38) olduğu görülmüştür. Araştırma sonucunda plastik kirliliğinin en aza indirilmesi için kirletici kaynakları belirlenip çözümlerin üretilmesi gerektiği düşünülmüştür. Bunun yanında antropojenik etkenlerin önlenmesi için yasaların oluşturulması gerektiğinden de söz edilmiştir (Gürbüz, 2017).

Denizlerimizde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında 2011 yılında yapılmış olan SINHA Projesi'nin katkısı ile geliştirilmiş ve tüm denizlerimizde ortak olarak uygulanan bir izleme strajesi olarak ortaya konulmuştur. Bununla birlikte DEKOS Projesi'yle belirlenen kıyı su kütleleri ve denizsel alanlar için Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi ve Su Çerçeve Direktifi'ne göre gözden geçirilen bütünleşik izleme programı detayları oluşturulmuştur. Su Çerçeve Direktifi'nde yer alan kıyı suları için izlenilmesi gerekli olan verilerin takip edilmesine yönelik olarak istasyonlar, örnekleme/analiz yöntemleri ve yeni parametreler bu program ile dikkate alınmıştır. 2013 yılından itibaren bu çalışmaların tümü düzenli hale getirilmiştir. 2014-2016 yılları arasında ise kış dönemleri de dahil olmak üzere 3'er yıllık periyodlar ile program sürekli olarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda bakanlığımızca denizlerimizin her biri için 3 yılın genel değerlendirilmesini içeren özet raporlar hazırlanmıştır.

Çizelge 2.7: Ülkemizde denizlerde mikroplastik varlığı (Tübitak Mam-ÇŞB, 2017)

Denizler	İstasyon	Replike	Deniz Yüzeyi (adet/m ³)		Su Kolonu (adet/m ³)		Sediman (adet/L)	
			2015	2016	2015	2016	2015	2016
Karadeniz	TRK46	R1	4,71	20,04	91,88	19,86	2000	920
		R2	-	4,22	-	10,69	-	1580
		R3	-	-	-	7,81	-	1300
	TRK53	R1	12,23	6,89	-	9,631	1780	2780
		R2	-	2,41	-	9,723	-	3940
		R3	-	3,00	-	4,722	-	1240
Marmara	İZ30	-	1,78	0,94	44,84	17,05	500	243
	İZ17	-	-	0,92	-	8,62	-	187
	MD24	-	2,17	0,90	-	5,88	940	94
Ege Denizi	ALİSW1	R1	3,41	5,01	67,26	19,02	1900	360
		R2	-	8,19	-	9,85	-	380
		R3	-	2,29	-	16,30	-	740
	İZMSW3	R1	2,55	3,00	33,12	18,34	3060	1360
Akdeniz	MERSWR	-	0,54	2,39	4,15	2,58	500	313
	TASSW1	-	0,27	0,01	4,03	3,23	80	440
	SEYSW3	-	2,60	0,01	11,75	13,08	260	133

Karadeniz'de yapılan mikroplastik miktarı belirleme çalışmalarına bakıldığında deniz yüzeyinden, sedimandan ve su kolunundan örnekler alınmıştır. Giresun ili civarında bulunan Aksu Deresi'nin etkisi altında olan TRK46 istasyonu ve Trabzon Değirmendere ağzı civarında bulunan TRK53 istasyonu olmak üzere iki istasyonda çalışma gerçekleştirilmektedir. Deniz yüzeyinden alınan bu örneklere bakıldığında TRK46 istasyonunda, TRK53 istasyonuna göre daha fazla mikroplastik elde edilmiştir. Su kolunu örneklemesine bakıldığında yalnızca 2016 yılında çalışma gerçekleştirilmiştir ve TRK46 istasyonunun daha yüksek kirliliğe sahip olduğu görülmüştür. Son olarak sediman

örneklerine bakıldığında ise TRK53 istasyonundaki mikroplastik miktarının TRK46 istasyonuna göre neredeyse iki katı olduğu analiz edilmiştir. İncelenen mikroplastiklerin tümünde elde edilen verilere göre en yüksek miktarda mikroplastik türünün siyah fiberin olduğu ve ardından sırasıyla mavi fiber, beyaz polistren ve kırmızı fiberin geldiği görülmüştür.

Ege Denizi'nde mikroplastik seviyesinin belirlenmesinde IZMSW3 ve ALISW1 olmak üzere 2 istasyonda çalışmalar yapılmıştır. Deniz yüzeyinden alınan numunelerde iki farklı istasyonda da yakın değerler elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda en fazla mikroplastik miktarı bu örneklerde görülmüştür. Su kolonlarında en fazla siyah fiberler ve yeşil plastikler dikkat çekmiştir. Sedimandan alınan numunelerinde ise en yoğun mavi ve siyah fiberler olarak gözlemlenmiştir.

Marmara Denizi'nde mikroplastik seviye tespit çalışmaları yaz aylarında gerçekleştirilmiş olup toplamda İZ30, İZ17 ve MD24 olmak üzere üç istasyonda yapılmıştır. Deniz yüzeyinden alınan örneklere bakıldığında 2015 yılında en fazla mikroplastik miktarına sahip olduğu görülmüştür. Mikroplastiklerin içerisinde tespit edilen türün en fazla siyah fiber olduğu tespit edilmiştir. Su kolonu içinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sedimanda ise körfezin iç kısmında kalan istasyonlarda, körfezin çıkışında kalan istasyona göre daha fazla miktarda sert plastiklerin olduğu dikkat çekmiştir.

Akdeniz'de mikroplastik seviye tespit çalışmaları, Taşucu önünde bulunan TASSW1, Seyhan önünde bulunan SEYSW3 ve Mersin ilinin ön kısmında bulunan MERSWR olmak üzere üç istasyonda ve yaz aylarında gerçekleştirilmiştir. Yüzeyden alınan numunelerde 2015 yılında diğer iki istasyona göre SEYSW3 istasyonunda daha yüksek miktarda mikroplastik olduğu gözlemlenmiştir. 2015 ve 2016 yıllarına bakıldığında ise MERSWR istasyonunda mikroplastik oranlarında artış gözlenirken diğer iki istasyondaki düşüş dikkat çekmiştir. İstasyonlar kıyaslandığında Taşucu bölgesinde bulunan TASSW1 istasyonunun daha temiz olduğu fark edilmiştir.

Genel anlamda su kolonu, deniz örnekleri ve sedimana bakıldığında fiber türünün en düşük deniz yüzeyinde en fazla da sedimanda olduğu dikkat çekmiştir. Bunun yanı sıra tüm denizlerimize bakıldığında Karadeniz'in en yoğun mikroplastik miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ardından Ege, Marmara ve Akdeniz gelmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda ise en baskın türün fiber olduğu dikkat çekmiştir.

2.4.2.Uluslararası Literatürde Yapılmış Çalışmalar

Stanton ve diğ. (2020) yapmış olduğu çalışmada İngiltere'deki Trent Nehri havzasından aldığı örneklemeleri 12 ay boyunca incelemiştir. Bu süreç boyunca alınan tüm numunelerde mikroplastikler tespit edilmiştir. Mikroplastiklerin arasında filmler, plastik parçalar, küresel boncuklar ve tekstil lifleri de yer almıştır. Çalışma sonucunda toplamda 178 plastik türü içerisinde 95 mikroplastik parçacık elde edilmiştir.

Bordos ve diğ. (2019) araştırmasında mikroplastiklerin Doğu ve Orta Avrupa yüzey sularındaki ilk tespitini yapmıştır. Sediment numunelerinden alınan örneklerde 0,46-1,62 MP/m³ arasında mikroplastik elde edilirken su numunelerinden alınan örneklerde 3,52-32,05 MP/m³ arasında mikroplastikler tespit etmiştir. Su numunelerinde polipropilen ve polietilen polimer türleri çoğunlukla dikkat çekmiştir. Bu durum tortu örneklerinde ise polistiren ve polipropilen şeklinde görülmüştür.

Nie ve diğ. (2019) çalışmasında Nanxun Resifi etrafından alınan 35 balık ve 15 su numunesinde mikroplastik varlığını ve mekansal dağılımını incelemiştir. Yüzey suyundan alınan örneklerde toplamda 1733 MP/m³ mikroplastik konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bu parçacıklar arasında en fazla bulunan mikroplastikler sırasıyla peletler, parçacıklar, lifler ve filmlerden oluşmuştur. En baskın bulunan mikro boncukların (peletler) rengi ise mavi olarak gözlemlenmiştir. Polimer tipleri arasında polivinilklorürün (PVC) baskın olduğu görülürken en düşük polimer tipinin polipropilen (PP) olması dikkat çekmiştir. Tüm bu verilere dayanarak bu kirlilik kaynağının evsel kanalizasyon ve balıkçılık olabileceği düşünülmüştür.

Nehirler, mikroplastikleri taşıyan en önemli kaynaklardan biridir. Bu durum dikkate alındığında nehirler üzerindeki çalışmaların yoğunlaşması gerektiği düşünülmüştür. Çalışmada Portekiz'de bulunan Antua Nehri'ndeki sediment ve su numunelerindeki mikroplastikler incelenmiştir. Mart ve Ekim aylarında alınan bu örneklerde en bol bulunan polimer tipleri polietilen (PE) ve polipropilen (PP) olarak görülmüştür. Su örneklerinin tümüne bakıldığında en düşük mikroplastik miktarı Mart ayında Estarreja bölgesinde, en yüksek mikroplastik miktarı ise Ekim ayında Madeira bölgesinde bulunmuştur. Sediment örnekleri içinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Su örneklerinde parçacık, film, lif, pelet ve köpük olmak üzere 5 farklı plastik türü gözlemlenmiştir. Bunlardan en fazla olan plastik türünün köpük olduğu dikkat çekerken en düşük pelet olarak tespit edilmiştir. Sedimente bakıldığında ise en fazla plastik parçaların en düşük peletlerin olduğu belirtilmiştir. Hem su hem de sedimentler

örneklerinin tümünde siyah, kırmızı, mavi, yeşil, beyaz ve şeffaf renkte mikroplastikler görülmüştür (Rodriguez ve diğ., 2018)

Doğaya oldukça zarar veren mikroplastiklerin sorunu giderek artmaktadır. Bu durumda tüm dünya çalışmalarında mikroplastiklere yer verirken Çin’de yer alan Wei Nehri’nde daha az çalışmalar olduğu dikkat çekmiştir. Bu çalışmada da bu nehir havzasında yer alan mikroplastiklerin özelliklerini ve oluşumlarını incelemiştir. Wei Nehri yüzey sularından alınan örneklerde mikroplastik konsantrasyonu 3,67 MP/L, sedimentten alınan örneklerdeki mikroplastik konsantrasyonu ise 36-1320 MP/L olarak tespit edilmiştir. Tüm numunelerden elde edilen mikroplastikler pelet, köpük, film, lif ve parçacık olarak sınıflandırılmıştır. Bunların arasından en baskın türün lif olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak Wei Nehri’nden alınan tüm numunelerde mikroplastiklere rastlanılmıştır. Bunun kaynağının büyük bir kısmının antropojenik ve tarımsal kaynaklı olduğu düşünülmüştür. Bu durum göz önüne alındığında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmuştur (Ding ve diğ., 2019).

Edo ve diğ. (2019) bir atıksu arıtma tesisindeki atıksuda ve çamurda mikroplastiklerin oluşumu hakkında araştırma yapmıştır. Yapılan çalışmada mikroplastik türlerini küçük parçacık, film, boncuk ve lifler olarak sınıflandırmıştır. En fazla dikkat çeken türlerin ise polietilen, polipropilen ve polyester olmak üzere 12 MP olduğu belirtilmiştir. Toplamda 172 MP miktarı elde edilirken baskın rengin beyaz ve şeffaf liflerden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Bayo ve diğ. (2019) mikroplastikleri, İspanya’da bulunan bir kentsel atıksu arıtma tesisinde incelemiş ve miktarları, konsantrasyonları ve miktarları hakkında veriler sağlamıştır. Alınan numunelerde 542 MP elde edilmiştir. Bu mikroplastikleri en yoğun parçalar (%46,9) ve lifler (%34) oluşturmuştur. 17 polimer tipinin arasından polietilenin en az olduğu, filmlerin ise en yüksek olduğu dikkat çekmiştir. Bunun yanı sıra bu atıksu arıtma tesisinde %90,3 mikroplastik giderim verimi sağlanmıştır.

Raju ve diğ. (2020) çalışmasında atıksu numunelerinde yeni ve farklı mikroplastiklerin sınıflandırılması için yöntemleri geliştirmeyi amaçlamıştır. Bir atıksu arıtma tesisinin girişinden, kirlenmiş olan atıksuyundan, atık aktif çamurundan ve atık kısımlarından numuneler alarak incelemiştir. Atıksu tesisinin girişinden alınan numunelerde plastik parçalar ve liflerin baskın olduğu görülmüştür. Bunun yanında örneklerdeki mikrofiberlerin %9,5 poliamid (PA) ve %24,64 polyesterlerden (PEST); fragmanlarında %35,91 polipropilenden (PP) meydana geldiği görülmüştür. Kirlenmiş atıksudan alınan örneklerde en yoğun mikrofiberlerden (36,31), en düşük ise poliamidden

(%4,22) olduğu tespit edilmiştir. Atık aktif çamurun çoğunlukla liflerden (%30,5) meydana geldiği görülmüştür. Son olarak arıtılmış olan atıktaki ise en yoğun mikrofiberlerden (57,83) ve sırasıyla parçalardan (%25,3), filmlerden (%8,43) ve parıltılardan (%2,41) olduğu gözlemlenmiştir.

Xu ve diğ., (2020) çalışmasında bir varsayım yaparak haliçten nehire geçiş sırasında daha fazla miktarda mikroplastik biriktiğini düşünmüşlerdir. Bu varsayımı ispatlamak adına bu ara bölgeden alınan sediment örnekleri toplanmış ve mikroplastik analizi gerçekleştirilmiştir. Toplamda 19 farklı polimer tipi bulunmuştur. Bunun yanında parça, lif, pelet ve film olmak üzere 4 farklı şekil tespit edilmiştir. Alınan numunelere bakıldığında en yüksek mikroplastik konsantrasyonu Bohai denizine bağlanan nehirlerin ağzında olduğu dikkat çekmiştir. Bu durumun varsayımı desteklediği görülmüştür.

Bridson ve diğ. (2020) çalışmasında Yeni Zelanda'da bulunan Auckland'ın kıyı şeridinden alınan numunelerdeki mikroplastiklerin karakterizasyonunu ve miktarını sağlamayı amaçlamıştır. 1000 m² 'lik alana sahip olan Auckland sedimanlarında ortalama mikroplastik miktarı 459-2615 MP/m² arasında değiştirmiştir. Tüm mikroplastik türlerine bakıldığında en yoğun fiber, en düşük parça ve filmin olduğu gözlemlenmiştir.

Kor ve diğ. (2020) Umman Denizi'nin kuzey kesimindeki bölgede mikroplastikleri araştırmıştır. Toplamda 2569 MP tespit edilmiştir. Mikroplastikler parça, lif, pelet ve film olmak üzere dört şekilde karakterizasyonu yapılmış ve en yoğun lif ve parçacıkların olduğu görülmüştür. Boyut olarak ise 100-500 µm, 500-1000 µm, 1000-3000 µm ve 3000-5000 µm şeklinde sınıflandırılmıştır. Bunların yanı sıra en yoğun renklerin beyaz ve mavi olduğu görülmüştür. Elde edilen tüm mikroplastik parçacıkların büyük çoğunluğunu %39,4 PE, en düşük %14,2 PP ve naylon oluşturmuştur.

2.4.3. Mikroplastikler İle İlişkili PCB'lerle Alakalı Yapılmış Çalışmalar

Taniguchi ve diğ. (2016)'nın yapmış olduğu çalışmada 41 kumsaldan pelet örnekleri almıştır. Alınan numunelerin her biri diklorometan/n-heksan ile ekstre edilmiştir. %5 su ile deaktive edilen bir alümina kolonu kullanılarak adsorpsiyon kromatografisi ile ekstrat temizlemesi gerçekleştirilmiştir. PAH'lar, polibromlu difenil eterler (PBDE'ler) ve PCB'ler gaz kromatografisi ve kütle spektrometrisi (GC/MS) kullanılarak tanımlanmıştır. Toplamda 51 PCB kongeneri elde edilmiştir. Sao Paulo eyaletinin kıyısı boyunca 15 şehirden gelen peletlerde bulunan genel konsantrasyonların PCB'ler için <0,11-840 (7,88-447) arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek konsantrasyonun kıyı şeridinin orta bölgesinde olduğu bulunmuştur. Bu çalışma dünyada

PCB'lerle kirlenmiş en yüksek düzeyde kirlenmiş sahilin Sao Paulo olduğunu göstermiştir.

Fred-Ahmadu ve diğ. (2022) mikroplastiklerin yaygın olmaları, ekosistem için doğrudan ve dolaylı toksisiteleri nedeniyle küresel endişe yaratan kirleticiler olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışma deniz ve nehir ağzı lagünü olmak üzere iki ekosistemden gelen, mikroplastik tarafından emilen organik kirleticilerin konsantrasyonunu ve konsantrasyonundaki istatistiksel farkı değerlendirmeyi amaçlamıştır. Toplam 3680 mikroplastik parçacık toplanmıştır. Plastikler, PAH'lar, PCB'ler ve organoklorlu pestisitler (OCP'ler) için analiz edilmiştir. Analiz sonucunda plaj mikroplastikleri; 0-0,32 mg/kg Σ PAH, 0-0,53 mg/kg Σ PCB, lagün mikroplastikleri 0,11-0,34 mg/kg verileri kaydedilmiştir. PCB'lerin Atlantik okyanus kıyıları boyunca yer alan lagos lagününde ve sahillerinde giderek daha yaygın hale geldiği gözlemlenmiştir.

Camacho ve diğ. (2019) mikroplastiklerin kimyasal kirleticileri sorpsiyonu özelliğiyle su ortamında büyüyen bir çevresel endişe haline geldiğine dikkat çekmiştir. Kanarya Adaları'nda bulunan iki tür kıyıda mikroplastikteki 81 kimyasal bileşiğin seviyeleri izlenmiştir. Kalabalık ve oldukça sanayileşmiş ada olan Gran Canaria'daki plajlarında PCB'ler ve difenil-dikloro-etan (DDT) metabolitlerinin 35.1-8725.8 ng/g gibi daha yüksek olduğu görülmüştür.

Capriotti ve diğ. (2021) çalışmasında mikroplastiklerin oluşumu ve karakterizasyonu hakkındaki verileri ve mikroplastikler ile ilişkili kimyasalların konsantrasyonları analiz etmiştir. Toplamda 18 PCB kongeneri araştırılmıştır. Bu kongenerlerin sadece yedisi farklı örneklerde tespit edilmiştir. Tüm kıyıları bir arada düşünüldüğünde en yüksek Σ PCB konsantrasyonu 64,72 ng/g plastik, en düşük Σ PCB konsantrasyonu 10,37 ng/g plastik olarak bulunmuştur.

Gorman ve diğ. (2019) mikroplastiklerin kıyı ve deniz ortamlarında kalıcı organik kirleticilerin taşınması ve birikmesinin önemli olduğuna değinmiştir. Bu kirleticilerin potansiyel riski ve mekansal dinamiklerini anlamak için Brezilya'nın Güney Atlantik kıyı şeridinden toplanan mikroplastik topaklarla ilişkili PAH ve PCB'lerin konsantrasyonu belirlemiştir. 0,8 ile 104,6 ng/g arasında değişen PCB konsantrasyonları kuzeydeki büyük sanayi bölgelerinden kaynaklanmıştır. En fazla bulunan PCB kongenerleri azalan konsantrasyon sırasına göre 138,170,44,101,123/149,153, 195, 56/60 şeklinde tespit edilmiştir.

Dasgupta ve diğ. (2021) yaptığı araştırmada Çin Denizi'nin Xisha Çukuru bölgesinde 1800-3100 m derinliklerden numune alınan plastik çöplere adsorbe edilen yüksek düzeyde PCB'leri ve OCP'leri analiz etmiştir. Plastiklerdeki Σ PCB'ler 126,9-142,1 ng/g arasında değiştiği görülmüştür.

Syberg ve diğ. (2020) plastik kirliliğinin deniz ortamı için büyük bir tehdit olduğunu ve düşük yoğunluğu nedeniyle önemli miktarda plastik döküntülerin okyanus yüzeylerinde taşındığına dikkat çekmiştir. Bu plastik döküntüler Kuzey Atlantik Subtropikal Döngüsü (NASG) gibi okyanus girdaplarında yoğunlaşmıştır. Bu çalışma NASG içinde ve dışında yürütülen 15 yüzey ağından elde edilen plastik çokluğunu ve absorblanan PCB konsantrasyonlarını açıklayan verileri sunmuştur. 15 PCB (PCB 8,18,28,31,44,52,70,101,105,138,151,153,180,194,195) için analiz edilmiştir. Çalışmada analiz edilen 15 PCB kongenerinin ölçülen konsantrasyonu, 1,01-4,75 mm boyutunda mikroplastikler için 6,8-80,5 ng/g, makro/mezo boyutundakiler için 3,3-18,6 ng/g plastik olarak kaydedilmiştir.

Rodriguez ve diğ. (2020) yapmış olduğu çalışmasında dört okyanus sahilindeki mezo ve mikroplastik kirliliğini değerlendirip karakterize etmiştir. Uruguay'da bulunan üç farklı sahilde incelemeler yapılmıştır. Bunlardan Punto del Diablo sahilinde ortalama yoğunluğu 106 MP/m² olan çeşitli organik kirleticilere ve toksik kimyasallara (PAH'lar, PCB'ler, OC'ler ve ağır metaller) sahip pelet ve parçacıklar elde edilmiştir. Diğer sahillere biri olan Fabeiro sahili, şehir merkezine en uzak yerlerden biridir. En yüksek ortalama plastik yoğunluğu da bu sahildedir (292 MP/m²). Bu duruma rüzgarların, sahil yönünün ve akıntıların etken olduğu düşünülmüştür. Kentsel alanda bulunan Pueblo sahilinde ise yaz aylarındaki plastik yoğunluğu (201 MP/m²) kış aylarına (1 MP/m²) göre 200 kat daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Mikroplastik yoğunluğu en fazla olan Fabeiro'da çalışmalara yoğunlaşmıştır. Bu sahilden alınan numuneler türlerine ve renklerine göre analiz edilmiştir. Fragmanlar, beyaz, sarı, koyu sarı ve kahverengi reçine topları olmak üzere 5 farklı şekilde kategorize edilmiştir. İncelenen örneklerde ana bileşenler PE %30, PP %70 ve daha düşük miktarlarda olan (<%1) PS ve PVC olarak görülmüştür. PCB konsantrasyonları ise 9,0 ng/g ile 29,8 ng/g olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Bunların yanında peletlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kahverengi, beyaz, sarı ve kehribar peletlerin tümünün polietilenden oluştuğu ve plastik parçalardan daha fazla miktarda kalıcı organik kirletici (KOK) konsantrasyonuna sahip oldukları dikkat çekmiştir. PCB konsantrasyonlarının ise 37,1 ng/g ile 55,3 ng/g arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Yeo ve diğ. (2020) Japon kıyılarının ve Pasifik Okyanusun'un yüzey sularından toplanan zooplanktonlardaki ve mikroplastiklerdeki PCB ve PBDE'leri araştırmışlardır. İncelenen mikroplastiklerde 0,315-1 mm'lik gibi daha küçük parçacıklarda dahi PCB'ler ve PBDE'ler gözlemlenmiştir. \sum 13 PCB konsantrasyonlarının 0,04-124 ng/g olduğu dikkat çekmiştir. Genel olarak Tokyo körfezi gibi körfezlerdeki konsantrasyonların kentsel alanda bulunmasından ve endüstriyel faaliyetler sonucunda yüksek olduğu görülmüştür.

Bauhroum ve diğ. (2019) plastik parçacıklar kalıcı olmaları, birikmeleri ve yüksek miktarlara sahip olmaları nedeniyle göllerde, nehirlerde ve denizlerde olduğu kadar okyanuslarda da potansiyel çevre kirliliği oluşturmaktadır. Konuyla alakalı birçok çalışma yapılmış olsa da henüz yeterli bilimsel veri olmadığı düşünülmektedir. Bu makalede ise PAH'lar ve PCB'ler gibi KOK'ların konsantrasyon hakkındaki verileri, dağılım modellerini ve Cilacap sahilinden toplanan plastik konsantrasyonları belirlemeyi amaçlamıştır. Yapılan araştırma sonucunda 61 PCB kongenerine rastlanmıştır. Kuzey Atlantik girdabındaki toplam PCB konsantrasyonu 0,6-59 ng/g arasında değiştiği görülmektedir. Bunun yanında PET parçacıklarında da PCB tespit edilmiştir. PET parçacıklarındaki PCB konsantrasyonları 0,1-15,1 ng/g dışında 0,5-2,6 ng/g arasında değişmektedir. PE parçacıklarında da \sum PCB konsantrasyonlarının yaklaşık aynı değerlere (1,1-24 ng/g) sahip olduğu belirtilmiştir.

Leon ve diğ. (2019) çalışmasında üç farklı Batı Akdeniz kıyı sahillerinden gelen numunelerdeki hidrofobik organik kirleticilerin konsantrasyonları ve bu kirleticilerin deniz suyuna geçişlerinin incelenmesiyle birlikte potansiyel kirletici olan plastik parçacıkların etkisini araştırmıştır. Sanayi, tarım, turizm ve ulaşım gibi faaliyetlerden etkilenen bu sahillerden alınan örnekler incelenmiştir. Güncel kullanılan pestisitler (CUP'lar), PAH'lar, organoklorlu bileşikler (OCP'ler, PCB'ler), plastik katkı maddeleri ve kişisel bakım ürünleri çalışmada incelenen kirleticiler olarak belirtilmiştir. Kıyı bölgelerindeki en fazla dikkat çeken kirleticiler PCP'ler ve plastik katkı maddeleridir. Bunun en büyük kaynağının kentsel ve turizm faaliyetlerinin olduğu belirtilmiştir. 7 PCB, 9 PCP, 17 PAH, pestisitler (16 OCP, 38 CUP, 15 OPP, 13 triazin ve diğer pestisit grubu) ve 4 plastik katkı maddesi (alev geciktiriciler ve plastikleştiriciler) olmak üzere toplamda 91 organik kirletici dikkate alınmıştır.

Plastiklerle alakalı son yıllarda yapılan araştırmaların plastiklerin hidrofobik organik kirleticileri (HOC'ler) bünyesinde barındırması nedeniyle giderek arttığı görülmüştür. Araştırmalarda hidrofobik organik kirleticilere bakıldığında PCB'ler ve PAH'lar en fazla dikkat çeken kirleticilerdendir. Sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı bu iki kirleticiye fazlasıyla odaklanılmıştır. Bu çalışamada bir birikim bölgesi olan Shandong Yarımadası'nda ve diğer açık okyanustan alınan plastik parçacıklardaki PCB'lerin ve PAH'ların konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. 16 PAH, 8 dioksin benzeri ve 10 diğer PCB kongenerleri olmak üzere toplamda 18 PCB türü gözlemlenmiştir. Toplam PCB konsantrasyonlarına bakıldığında kıyı alanlarında 68,9-261,4 µg/kg, açık okyanustan alınan numunelerde ise nd-694,0 µg/kg olarak göstermiştir. Her iki alan arasında çok büyük farklılıklar gözlemlenmemiştir. Dioksin benzeri PCB'lere bakıldığında ise kıyı alanlarında 0-4996,6 pg/g, okyanustan alınanlarda 24,8-507,6 pg/g olarak dikkat çekmiştir. Sonuçlara bakıldığında kıyı alanlarındaki konsantrasyonların açık okyanustan alınan örneklere göre daha yüksek olduğu dikkat çekmiştir (Chen ve diğer., 2019).

Lo ve diğer. (2019) Hong Kong şehrinin kıyılarından alınan sediment örneklerindeki mikroplastiklerin PCB'ler, PAH'lar, OCP'ler de olmak üzere hidrofobik organik kirleticilerin kaynağını, bileşimini ve dağılımını araştırmıştır. Aynı zamanda mikroplastikler tarafından tutulan HOC'ler hakkındaki ilk çalışma olduğu belirtilmiştir. 13-1083 ng/g Σ PCB konsantrasyonuna sahip olan kıyılarına bakıldığında batı kıyılarındaki konsantrasyonların doğu kıyılarından daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan araştırmanın sonucunda 22 OCP, 15 PCB kongeneri ve 16 PAH türü belirtilmiştir.

Sahiller hem sosyal açıdan hem de ekolojik açıdan değerli olan alanlardan biridir. Bu alanlarımızda çevresel tehdit olarak görülen plastik kirliliği oldukça dikkat çekmektedir. Uruguay plajlarından olan Punta del Este'nin ilk kez 2013 yılında plastik ve mikroplastik miktarları belirlenerek değerlendirmeler yapılmıştır. Bu araştırmada ise plastik parçacıklar ve bunlara bağlı kirleticilerin (PCB, PAH, DDT ve HCB) karakterizasyonu yeniden sağlanmıştır. Sahillerden toplanan örneklerde plastik partiküller, ambalaj/plastik filmler, strafor ve reçine peletleri olmak üzere 5 farklı kategoride gruplandırılmıştır. PCB konsantrasyonları en yüksek Brava ve Mansa sahillerinde (sırasıyla 187,8 ve 180,3 ng/g) olarak görülmüştür. Araştırma sonucunda Σ 8 PCB kongeneri belirtilmiştir. Bunlardan PCB138 ve PCB153 kongeneleri, Punto del Este sahilinde en yüksek değerde bulunmuştur (Lozoya ve diğer., 2016).

Van ve diğ. (2012) araştırmasında Kaliforniya kentinin 8 sahilinden alınan örneklerdeki plastik parçacıkların miktarını ve dağılımını analiz etmiştir. Analiz edilen örneklerin büyük bir kısmını peletler oluşturmuştur. Yaklaşık olarak 827 pelet, 305 parça ve 20 PS köpük numuneleri elde edilmiştir. Bu plastiklere bağlı olarak 7 PCB, 16 PAH, diklorodifeniltrikloroetan ve bozulma ürünleri (p,p'-DDT, p,p'-DDD ve p,p'-DDE) ve klordanlar (α ve γ -klordanlar ve trans ve cis-nonaklor) olmak üzere birçok kirletici incelenmiştir. PCB konsantrasyonlarının ise 0.56 ng/g ile 170 ng/g arasında değiştiği görülmüştür.

Deniz plastiklerindeki organik kirleticilerin konsantrasyonları ve mekansal değişimlerini anlamak için bir çok çalışma yapılmıştır. Bunlardan biri de ve diğerlerinin yapmış olduğu çalışmadır. Bu çalışmada açık okyanustan ve sahillere alınan örneklerdeki fragmanlarda 1-10.000 ng/g arasındaki konsantrasyonlarda DDT, PAH, PCB, PBDE, alkilfenoller ve bisfenol A gibi kirleticiler bulunmuştur. Tüm plastik parçalarda görülen PCB konsantrasyonları 1-436 ng/g arasında tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra PE peletlerinde PP peletlerine göre PCB'lerin daha fazla emilmesi diğer çalışmalarla kıyaslanmış ve yapılan bu çalışmada da aynı sonuçlar elde edilmiştir. Genel anlamda PCB konsantrasyonlarına bakıldığında kentsel sahillere açık okyanuslara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Geçmişten gelen kirliliğin yanında sanayileşmiş ülkeler arasında olmasının bu durumu etkilediği düşünülmüştür (Hirai ve diğ., 2011).

Rios ve diğ. (2007) ise yapmış olduğu çalışmada deniz numunelerinde üretim öncesi peletleri ve tüketici sonrası plastik parçacıklardaki PCB'leri, PAH'ları ve DDT'ler gibi organoklorlu pestisitlerin konsantrasyonlarına dikkat çekmiştir. Tern Adası I ve II, Kamilo Plajı, Redondo Plajı ve Golden Shore Deniz Koruma Alanı Plajı'ndaki örnekleme alanlarından alınan örneklerde Σ PCB konsantrasyonunun 27-980 ng/g arasında değiştiği görülmüştür. Bu örnekleme alanlarından alınan numunelerde en düşük PCB konsantrasyonunun Golden Shore Deniz Koruma Alanı Plajı'nda, en yüksek PCB konsantrasyonunun ise Tern Adası II'de olduğu dikkat çekmiştir. PCB kongenerleri arasında ise en yüksek 200 ng/g konsantrasyonuna sahip olan PCB101 ardından PCB138 (190 ng/g) geldiği kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar Meksika örnekleme alanından ABD sınır bölgesine kadar incelenen sedimanlarla karşılaştırılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Le ve diğ. (2016) Vietnam kentinde bulunan Minh Chau adasında ve Ba Lat halicindeki toplanan örneklerde heksaklorosikloheksanlar (HCH'ler), DDT'ler ve PCB'lerin konsantrasyonlarını ve mekansal değişimlerini araştırmıştır. Bu çalışma Uluslararası Pelet İzleme programının bir parçası olarakta dikkat çekmiştir. DDT'lerin (12,3-558 ng/g) PCB konsantrasyonlarına (4-24 ng/g) göre daha fazla miktarda olduğu ve bunun nedeninin tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. 2007-2014 yılları arasında yapılan çalışmalar kıyaslandığında PCB konsantrasyonlarının azaldığı dikkat çekmiştir.

PCB'ler özellikleri nedeniyle boya, yapıştırıcı ve hidrolik yağlar gibi çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Ticari amaçlı kullanılan bu bileşikler aynı zamanda insan ve çevre açısından riskler oluşturmaktadır. Bundan dolayı 1970 yıllarda birçok ülkede de üretimi yasaklanmıştır. Çalışmada ise bozulmaya karşı dirençli ve vücuda alındığında birikimi sağlayan bu kirleticilerin (PAH, PCB, DDT) Portekiz kıyılarındaki miktarları ve konsantrasyonları için yapılan ilk ulusal kapsamı yer almıştır. Yapılan analizlerin sonucunda 18 PCB kongeneri kaydedilmiştir. En yüksek PCB konsantrasyonu ise Matosinhos kıyılarında (223 ng/g), en düşük konsantrasyon ise Fonte da Telha kıyılarında 52 ng/g olarak bulunmuştur (Antunes ve diğ., 2013).

Mizukawa ve diğ. (2013) araştırmasında portekiz kıyılarında belirlenen sekiz bölgeden alınan örneklerde PCB'lere, PAH'lara, heksaklorosikloheksanlara (HCH'ler), hopanları, diklorodifenil dikloroetan ve metabolitlerine yer vermiştir. Toplamda 13PCB belirlenmiştir. Bunun yanı sıra en yüksek PCB konsantrasyonunun da 307 ng/g ile Porto şehrinde olduğu dikkat çekmiştir. En düşük konsantrasyon 273 ng/g ile Lisboa şehrinde görülmüştür.

Deniz ortamlarında KOK'ları incelemek için polietilen peletler doğru bir yol için uygun araştırma ortamını oluşturmaktadır. Bu çalışmada da üç Güney Afrika sahilinden alınan peletlerdeki PCB, DDT ve HCH analizi sağlanmıştır. 1984 ile 2008 yılları arasında yapılan araştırma sonuçlarına göre PCB konsantrasyonlara bakıldığında 1980'lerde (113 ng/g) ve 2000'lerde (61 ng/g) batı kıyısında daha yüksek olduğu görülmüştür. Her plajdan alınan yaklaşık 200 numune, polietilen ve polipropilen olarak sınıflandırılmıştır. Genel olarak peletlerdeki KOK konsantrasyonlarında düşüş gözlemlenmiştir (Ryan ve diğ., 2012).

Heskett ve diğ. (2012) araştırmalarında Kanarya Adaları, Oahu Adası, Cocos Adaları, Saint Helena, Barbados ve Hawaii Adası gibi insan etkilerinden uzakta adalardan alınan örneklerdeki KOK'ların analizine yer vermiştir. Numunelerde PCB'ler, HCH'ler ve DDT'lere dikkat çekilmiştir. Tüm pelet örneklerinde PCB varlığı görülmüştür. Toplamda 13 PCB kongeneri ve 0,1-9,9 ng/g arasında değişen konsantrasyonlar kaydedilmiştir.

Hidrofobik organik kirleticiler olarak bilinen plastikler için sahiller oldukça iyi bir alan olarak bilinmektedir. Bu sahillerden biri olan Yunan sahillerinde de kirliliği belirlemek için örnekler toplanmıştır. Alınan örneklerde PAH'lar, HCH'ler, DDT'ler ve PCB'lerin analizi yapılmıştır. 19 PCB kongeneri ölçülmüştür. Tüm sahiller kıyaslandığında PCB138'in en yüksek konsantrasyonuna sahip olduğu görülmüştür. En fazla PCB konsantrasyonuna sahip körfez ise sanayileşmiş bölgeye sahip olan Saronikos Körfezi olarak belirtilmiştir (Karapanagioti ve diğ., 2011).

Frias ve diğ. (2010) Portekiz kıyılarındaki peletler tarafından emilen DDT'ler, PAH'lar ve PCB'ler başta olmak üzere KOK'ları tanımlamayı ve konsantrasyonlarını bulmayı amaçlamıştır. İncelenen tüm numunelerde PCB içerdiği gözlemlenmiştir. 15 PCB türü analiz edilmiştir. Bu PCB'lerin arasından PCB18, PCB26, PCB31 PCB101, PCB105, PCB118, PCB138, PCB153 ve PCB187 kongenerlerinin en yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu belirtilmiştir. PCB konsantrasyonları ise 0,02-15,56 ng/g arasında değiştii belirtilmiştir. PCB'lerin siyah peletlerde en yüksek konsantrasyona, beyaz peletler üzerinde ise en düşük konsantrasyona sahip olduğu da dikkat çekmiştir.

Ogata ve diğ. (2009) 17 farklı ülkenin 30 plajından aldığı numunelerde sentetik kimyasal maddeleri incelemiştir. Yapılan çalışmada toplam 13 PCB kongeneri analiz edilmiştir. En yüksek PCB konsantrasyonuna ABD kıyılarında (300-600 ng/g) rastlanılmıştır. Bu durumun en büyük etkeninin sanayileşmiş ülke olmalarından kaynaklı olduğu dikkat çekmiştir. Bunları sırasıyla batı Avrupa ve Japonya takip etmiştir. En düşük konsantrasyonları (<50 ng/g) ise Avustralya, Güneydoğu Asya ülkeleri ve güney Afrika ülkelerinde görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Kullanılan Kimyasallar ve Cihazlar

Analiz aşamasında numunelerin süzülmesi için 5 mm ve 20 µm çapına sahip olan paslanmaz çelik elekler kullanılmıştır. Filtrasyon işleminde gözenek çapları 0,45 µm olan filtre, numunelerin konsantrasyonu için BUCHI marka evaporatör ve ekstraksiyonu içinse KUDOS marka ultrasonik banyo kullanılmıştır. Ultra saf su Millipore Direct Q marka cihazdan elde edilmiştir. PCB analizleri Agilent marka 6890 N model GC-MS cihazı ile gerçekleştirilmiştir. n-hekzan, etil asetat, petrol eteri solvenleri ve çinko klorür, sodyum sülfat, silika jel kimyasalları Merck marka kullanılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan cihazlar ve kimyasallar aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Millipore ve naylon membran filtre



Şekil 3.2: Su banyosu



Şekil 3.3: Paslanmaz çelik elekler (5 mm ve 20 µm)



Şekil 3.4: Ultrasonik su banyosu



Şekil 3.5: Hassas terazi



Şekil 3.6: Saf su cihazı



Şekil 3.7: Desikatör



Şekil 3.8: Filtrasyon düzeneği



Şekil 3.9: Evaporatör



Şekil 3.10: Azot gazı



Şekil 3.11: Biyolojik ışık mikroskobu



Şekil 3.12: Stereo mikroskop



Şekil 3.13: Çeker ocak



Şekil 3.14: Çalkalamalı inkübatör



Şekil 3.15: GC-MS



Şekil 3.16: Etüv



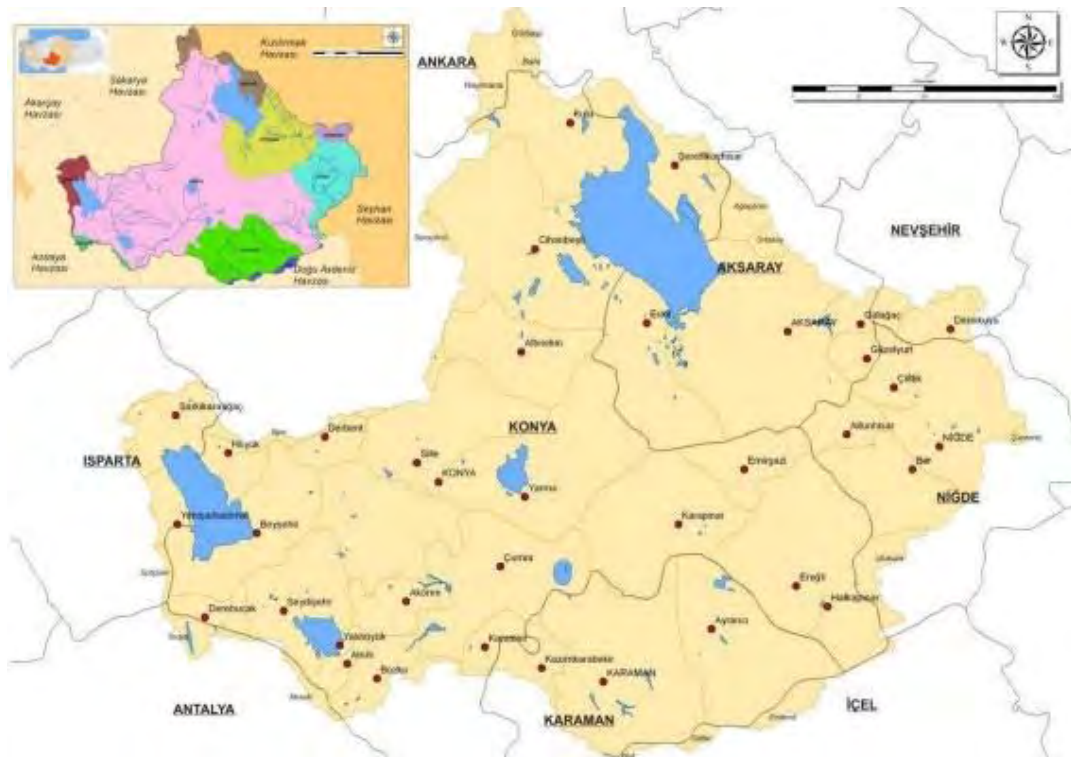
Şekil 3.17: n-hekzan, etil asetat, petrol eteri



Şekil 3.18: Çinko klorür, sodyum sülfat, silika jel

3.2 Örnekleme Alanı ve Numune Alma Teknikleri

Konya Kapalı Havzası içerisinde Ankara, Isparta, Nevşehir, Karaman, Niğde, Aksaray ve Konya illeri bulunan aynı zamanda İçel ve Antalya illerinin de yerleşim olmayan kısımlarını kapsayan ve İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan havzadır (Diri, 2018). Toplam yüzölçümü 4.980.534 ha olarak verilmiştir (Tübitak Mam-ÇŞB, 2010). Konya Kapalı Havzası'nın siyasi haritası Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19: Konya kapalı havzası siyasi haritası (Diri, 2018)

Birçok yüzeysel su kaynaklarını içinde barındıran Konya Kapalı Havzası'nda DSİ 4. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenmiş noktalardan Nisan 2022 tarihinde 15 farklı noktadan numuneler alınmıştır. Örnekleme noktaları seçilirken tüm havzayı temsil edecek konumların seçilmesine dikkat edilmiştir. Bu örnekleme noktalarından alınan numunelerin konumları ve toplanan numune miktarı Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1: Örnekleme noktaları

No	Numune bölgesi	Örnekleme noktası	Su hacmi (L)
1	Konya Meram Kavakköy Girişi Köprü	Dinamo Deresi	36
2	Konya Seydişehir Susuz Köyü Köprüsü	Suğla Memba	36
3	Aksaray Merkez Ağzıkarahan Köyü Köprüsü	Ağzıkarahan Deresi (Mamasın Memba)	36
4	Aksaray Güzeyurt Ilısu Köyü Köprüsü	Ilısu Nehri	36
5	Konya Kulu Sarıayla-Yeşilköy arası yol üzeri köprü	Özdere	36
6	Ankara Şereflikoçhisar Berat Cömertoğlu Cad. mesire yeri yanı	Yanarkaç Deresi	36
7	Karaman Ayrancı, Ayrancı Barajı girişi öncesi Üçharman Köyü	Uludere (Ayrancı Barajı Memba)	60
8	Karaman Merkez İbrala Barajı girişi öncesi Akköprü	Yeşildere	36
9	Isparta Şarkikkaraağaç Çeltik Köyü Köprüsü	Salur Deresi	36
10	Isparta Yenişarbademli Gölyaka Girişi DSİ Gölyaka AĞI	Yenişarbademli Deresi (Beyşehir Memba)	36
11	Karaman Başayla Güneyyurt Tepebaşı Arası Serper Köprüsü	Kuşla Deresi	36
12	Niğde Ulukışla Çiftahan-Horoz Köyleri Arası Horoz Köy Ayrımı Köprü	Kırgeçit Deresi	36
13	Konya Hadim Balcılar Köyü yolu üzeri köprü	Akkaya Deresi	36
14	Ecemiş Kaynağı	Çamadırdan Elek Gölüne giren yoldaki köprü	60
15	Konya Kadınhanı Atlantı Köyü Köprüsü	Atlantı Sulama Kanalı	60

Belirlenen örnekleme alanlarından belirtilen hacimde numuneler alındıktan sonra 5 mm'lik elek ve 20 µm'lik çelik eleklerden süzülmüştür. Numune alma noktaları ve kullanılan çelik elekler şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 3.20: 1. Örnekleme noktası (Dinamo Deresi)



Şekil 3.21: 2. Örnekleme noktası (Suğla Memba)



Şekil 3.22: 3. Örnekleme noktası (Ağzıkarahan Deresi)



Şekil 3.23: 4. Örnekleme noktası (Ilısu Nehri)



Şekil 3.24: 5. Örnekleme noktası (Özdere)



Şekil 3.25: 6. Örnekleme noktası (Yanarkaç Deresi)



Şekil 3.26: 7. Örnekleme noktası (Uludere)



Şekil 3.27: 8. Örnekleme noktası (Yeşildere)



Şekil 3.28: 9. Örnekleme noktası (Salur Deresi)



Şekil 3.29: 10. Örnekleme noktası (Yenişarbademli Deresi)



Şekil 3.30: 11. Örnekleme noktası (Kuşla Deresi)



Şekil 3.31: 12. Örnekleme noktası (Kırgeçit deresi)



Şekil 3.32: 13. Örnekleme noktası (Akkaya deresi)



Şekil 3.33: 14. Örnekleme noktası (Ecemiş kaynağı)



Şekil 3.34: 15. Örneklem noktası (Atlantı Sulama Kanalı)

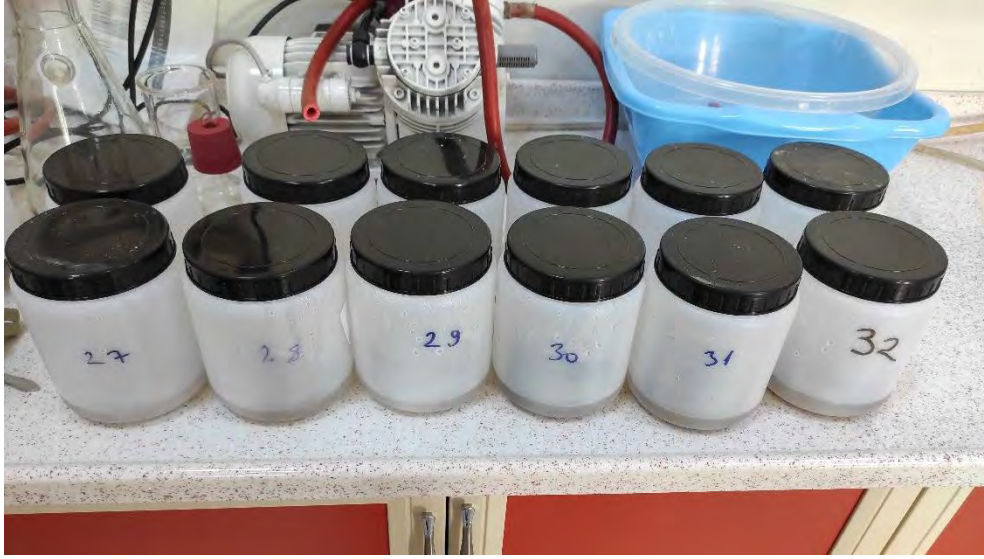


Şekil 3.35: Numune süzme işlemi sırasında kullanılan 5 mm ve 20 µm'lik çelik elekler

3.3 Mikroplastiklerin Analizi

Örnekleme noktalarından alınan sırasıyla 5 mm ve 20 µm'lik eleklerden geçirilen numunelerin üzerlerine 20 mL %30 H₂O₂ ve 20 mL 0.05 M Fe(II) ilave edilerek organik madde giderimi için numuneler su banyosuna alınarak numuneler 70 °C'de kaynama noktasına kadar bekletildi. Daha sonra bir gün boyunca çeker ocakta reaksiyonun gerçekleşmesi için bekletilen numuneler reaksiyon tamamlandıktan sonra yoğunluk ayırma işlemi gerçekleştirildi. Üzerine 100 mL doymuş ZnCl₂ ilave edildikten sonra tamamen folyo ile kapatılan numuneler tekrar çeker ocağa alınarak bir gün daha bekletildi ve yoğunluk ayrımı gerçekleştirildi. Son olarak numuneler 0,45 µm gözenek çapına sahip filtrelerden geçirildi ve sayım için hazırlandı. Işık mikroskobu ile sayım gerçekleştirildi. Mikroplastik analiz aşamaları aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

Mikroplastiklerin analizi için yapılan işlemler şekillerde görsel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.36: Mikroplastik varlığı araştırılacak numuneler



Şekil 3.37: Numunelerin eleklerden geçirilmesi



Şekil 3.38: H₂O₂ ilave edilmesi



Şekil 3.39: Fe(II) ilave edilmesi



Şekil 3.40: Su banyosunda bekletilen numuneler



Şekil 3.41: Yoğunluk ayırımı işlemi sonrasında süzülen numuneler



Şekil 3.42: $ZnCl_2$ ilave edilmesi



Şekil 3.43: Filtre düzeneğiyle süzülen numuneler

3.4 Mikroplastiklere İlişkili PCB'lerin Analizi

PCB analizi için 5 mm ve 20 µm'lik eleklerden süzülen numunelerin üzerine 100 ml $ZnCl_2$ ilave edilip cam çubukla karıştırılmıştır. Yoğunluk ayırımı gerçekleşmesi için ağzı folyo ile kapatılan numuneler bir gün boyunca çeker ocakta bekletilmiştir. Bekletilen numuneler filtre düzeneğinden süzülerek desikatörde kurumaya bırakıldı ve sonra hassas teraziye alınarak ağırlıkları belirlenmiştir. Ultrasonik banyoya alınan numuneler 15 dakika 3x15 ml'lik n-hekzan:petrol eteri (1:1) ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Her tekrardan sonra alınan ekstraktlar birleştirildi ve rotary evaporatörde hacimleri 2 ml olana dek azaltılmıştır. Kolonlara 10 g %2'lik deaktif silika ve 2 g sodyum sülfat ıslak kolon doldurma tekieği ile doldurulmuştur. Ekstraktlar kolona verildikten sonra 70 mL n-hekzan ardından 100 mL n-hekzan:etil asetat (1:1) kolondan PCB bileşiklerinin elüsyonu gerçekleştirilmiştir. Eluentlerin son hacimleri evaporatör ve azot gazıyla 1 mL'ye tamamlanadıktan sonra viallere aktarılan numunelerin GCMS'te analizleri gerçekleştirilmiştir.

Mikroplastiklerle ilişkili PCB'lerin analizi için yapılan işlemlerin görselleri şekillerde verilmiştir.



Şekil 3.44: Numunenin eleklerden süzülmesi



Şekil 3.45: $ZnCl_2$ ilave edilmesi



Şekil 3.46: Numunenin filtre düzeneğinden geçirilmesi



Şekil 3.47: Tartım işlemi



Şekil 3.48: Ekstraksiyon işlemi



Şekil 3.49: Kolonların hazırlanması



Şekil 3.50: Numunenin kolondan geçirilmesi



Şekil 3.51: Evaporatörde hacim azaltma



Şekil 3.52: Azot gazıyla hacim azaltma



Şekil 3.53: Numunenin viallere alınması

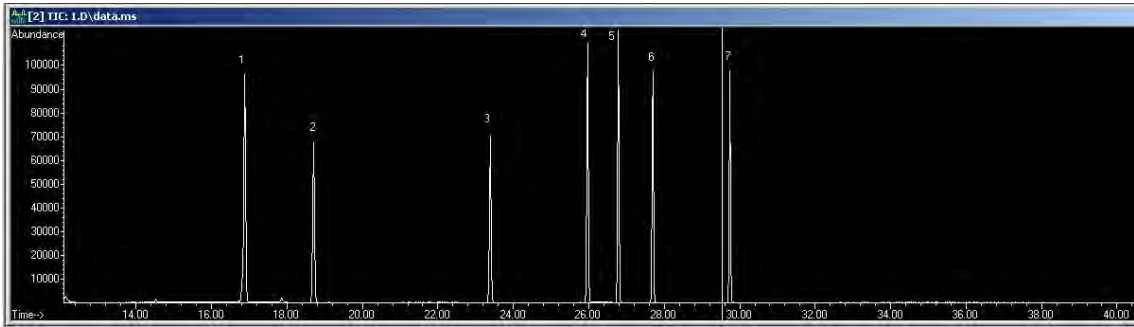


Şekil 3.54: Numunenin GC-MS ile analizi

Konya kapalı havzası belirlenen örnekleme noktalarından alınan numunelerdeki mikroplastiklere ilintili PCB analizleri için çalışılan PCB kongenerlerine ait optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri Çizelge 3.2’te verilmiştir. Şekil 3.55’te 0.1 ng/μL konsantrasyonuna sahip PCB standardına ait kromatogram verilmiştir.

Çizelge 3.2: PCB bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri

Pik no	Bileşik adı	Kolondan çıkış süresi, dak	Ion (m/z değeri)
1	PCB 28	16,8	256, 258, 186
2	PCB 52	18,7	292, 220, 290
3	PCB 101	23,3	326, 324, 256
4	PCB 118	25,9	326, 328, 256
5	PCB 153	26,7	360, 362, 390
6	PCB 138	27,6	360, 362, 390
7	PCB 180	29,7	394, 396, 324



Şekil 3.55: 0.1 ng/μL konsantrasyonuna sahip PCB standardına ait kromatogram

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1 Mikroplastik Analiz Sonuçları

4.1.1. Mikroplastiklerin sayısı

Konya havzası yüzeysel sularında yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen mikroplastiklerin miktarları ve sınıflandırılması yapılmıştır. Analizlerin sonucu çizelgelerle gösterilmiş olup her numunede görülen mikroplastik parçaları ayrı ayrı görsellenmiştir.

1. Örnekleme noktasına ait mikroplastiklerin miktarları ile ilgili veriler Çizelge 4.1’de, bu mikroplastiklerin ışık mikroskobu ile görüntüleri ise Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu örnekleme noktasından alınan numunelerde toplamda 533 adet mikroplastik sayılmış, konsantrasyon değeri 14,8 MP/L olarak tespit edilmiştir. En çok gözlenen mikroplastik türü fragment (274), en fazla gözlenen renk ise şeffaf olmuştur.

2. Örnekleme noktasına ait mikroplastiklerin miktarlarını gösteren veriler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Şekil 4.2’de ise sayım sırasında görüntülenen film, foam, fragment, pellet ve fiberlerin görüntüleri yer almıştır. Bu örnekleme noktasından alınan numunede toplamda 181 adet mikroplastik sayılmıştır. Mikroplastik konsantrasyon değeri ise 5,02 MP/L olarak kaydedilmiştir. Mikroplastik türünde en fazla fragment (86) tespit edilmiş olup en baskın rengin şeffaf olduğu görülmüştür.

3. Örnekleme noktasından alınan numunede sayılmış olan mikroplastiklerin miktarları ile ilgili veriler Çizelge 4.3’te verilmiştir. Bu mikroplastiklerin ışık mikroskobu altındaki görüntüleri ise Şekil 4.3’te gösterilmiştir. Bu örnekleme noktasından alınan numunelerde toplamda 209 mikroplastik sayılmıştır. Mikroplastik konsantrasyon değeri 5,8 MP/L olarak tespit edilmiş olup en fazla mikroplastik türlerinin fragment (83) ve fiber (71) olduğu görülmüştür. En çok gözlenen renk ise şeffaftır.

4. Örnekleme noktasına ait mikroplastik miktarları ile ilgili verilere Çizelge 4.4’te yer verilmiştir. Şekil 4.4’te sayılan bu mikroplastiklerdeki fiber, film, foam, fragment ve pelletlerin görüntüleri gösterilmiştir. Bu örnekleme noktasından alınan numunelerde toplamda 477 adet mikroplastik sayılmıştır. Konsantrasyon değeri 13,2 MP/L olarak tespit edilmiştir. Bu örnekleme noktasında en fazla görülen mikroplastik türünün fragment (296) olduğu ve en yoğun mikroplastik rengin şeffaf olduğu görülmüştür.

5. Örnekleme noktasındaki sayılan mikroplastik miktarları Çizelge 4.5’te verilmiştir. Bu noktadaki mikroplastiklerin görüntüleri ise Şekil 4.5’te gösterilmiştir. 5. Örnekleme noktasından alınan numunelerde toplamda 177 adet mikroplastik sayılmıştır. Toplam konsantrasyon 4,91 MP/L olarak kaydedilmiş olup en baskın mikroplastik türünün fragment (80) olduğu tespit edilmiştir. En çok görülen renk ise şeffaftır.

6. Örnekleme noktasına ait sayılan mikroplastiklerin miktarları Çizelge 4.6'da verilmiş olup bu mikroplastiklerin ışık mikrokobu altındaki görüntüleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Bu örnekleme noktasından alınan numunelerde toplamda 126 adet mikroplastik sayılmıştır. Toplam mikroplastik konsantrasyonu ise 3,5 MP/L olarak tespit edilmiştir. Bu örnekleme noktasında en fazla olan mikroplastik türünün fiber (57) olduğu görülmüştür. En yoğun renk bu noktada da şeffaf renk olarak kaydedilmiştir.

7. Örnekleme noktasından alınan numunelerdeki mikroplastik miktarları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bu noktaya ait mikroplastik görüntüleri ise Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

7. Örnekleme noktasından alınan numunelerde toplamda 348 adet mikroplastik sayılmıştır. Mikroplastik konsantrasyonu ise 5,8 MP/L olarak kaydedilmiştir. Şeffaf renkteki mikroplastiklerin baskın olduğu bu noktada en fazla görülen mikroplastik türü fiber (152) olarak tespit edilmiştir.

8. Örnekleme noktasında sayılan mikroplastiklerin miktarları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Sayılan bu mikroplastiklerin görüntüleri ise Şekil 4.8'de gösterilmiştir. 8. Örnekleme noktasından alınan numunede toplamda 306 adet mikroplastik sayılmış, konsantrasyon değeri 8,5 MP/L olarak tespit edilmiştir. En fazla gözlenen mikroplastik türü fiber (188) ve en çok görülen renk şeffaftır.

9. Örnekleme noktasına ait mikroplastik miktarları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Şekil 4.9'da bu örnekleme noktasındaki fiber, film, foam, fragment ve pellet görüntüleri gösterilmiştir. Bu örnekleme noktasından alınan numunede toplamda 305 adet mikroplastik sayılmıştır. Toplam konsantrasyon değeri ise 8,4 MP/L olarak kaydedilmiştir. Mikroplastik türü en fazla fiber (128) olup ve en çok görülen renk ise şeffaf olarak görülmüştür.

10. Örnekleme noktasında sayılan mikroplastik miktarları Çizelge 4.10'da verilmiş, bu örnekleme noktasındaki mikroplastiklerin görüntüleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Bu örnekleme noktasından alınan numunede ise toplamda 478 adet mikroplastik sayılmıştır. Konsantrasyon değeri 13,2 MP/L olarak tespit edilmiş olup en fazla görülen mikroplastik türü fiber (258) olarak kaydedilmiştir. En çok görülen renk şeffaftır.

11. Örnekleme noktasına ait mikroplastik miktarları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Sayılan mikroplastiklerin ışık mikroskobu altındaki görüntüleri ise Şekil 4.11'de gösterilmiştir. 11. Örnekleme noktasından alınan numunede toplamda 199 adet mikroplastik sayılmıştır. Toplam konsantrasyon 5,5 MP/L olarak kaydedildi. En fazla mikroplastik türünün fiber (113) olduğu ve şeffaf rengin baskın olduğu görülmüştür.

12. Örnekleme noktasına ait mikroplastik miktarları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Şekil 4.12’de bu örnekleme noktasındaki fiber, film, foam, fragment ve pellet görüntüleri gösterilmiştir. 12. Örnekleme noktasından alınan numunede toplamda 486 adet mikroplastik sayılmıştır. Toplam konsantrasyon değeri 13,5 MP/L olarak kaydedilmiştir. En fazla görülen mikroplastik türü fiber (210) olarak tespit edilmiş olup en çok şeffaf rengin baskın olduğu görülmüştür.

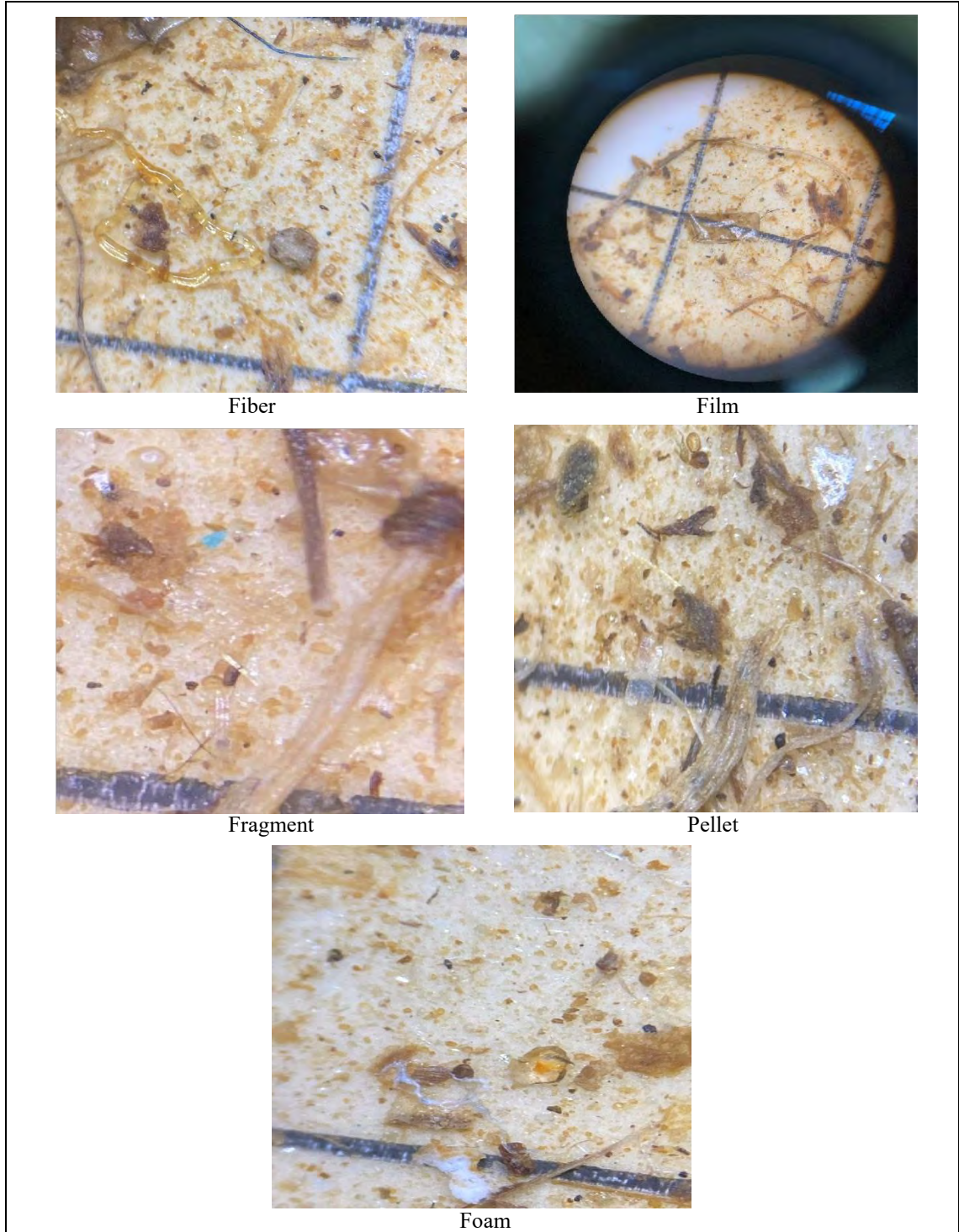
13. Örnekleme noktasına ait mikroplastik miktarları Çizelge 4.13’te verilmiştir. Şekil 4.13’te ise sayılan bu mikroplastiklerin ışık mikroskobu altındaki görüntüleri gösterilmiştir. 13. Örnekleme noktasından alınan bu numunede toplamda 123 adet mikroplastik sayılmıştır. Toplam konsantrasyon ise 3,4 MP/L olarak tespit edilmiştir. Bu numunede diğer numunelerden farklı olarak mikroplastik türlerinden foamın (55) daha yoğun görülmüştür. Numune incelendiğinde şeffaf renkli mikroplastiklerin baskın geldiği tespit edilmiştir.

14. Örnekleme noktasından alınan numunelerde sayılan mikroplastik miktarları Çizelge 4.14’te verilmiştir. Sayılan bu mikroplastiklerin görüntüleri Şekil 4.14’te gösterilmiştir. 14. Örnekleme noktasından alınan numunede toplamda 1398 adet mikroplastik sayılmış, toplam konsantrasyon 23,3 MP/L olarak kaydedilmiştir. Bu numunede mikroplastik türüne bakıldığında fragmentin (1241) oldukça fazla olduğu görülmüştür. Diğer numunelerle kıyaslandığında şeffaf renkteki mikroplastikler yerine gri renkteki mikroplastiklerin yoğunlukta olduğu dikkat çekmiştir.

Son olarak 15. Örnekleme noktasına ait mikroplastik miktarları Çizelge 4.15’te verilmiştir. Şekil 4.15’te bu örnekleme noktasındaki fiber, film, foam, fragment ve pellet görüntüleri gösterilmiştir. 15. Örnekleme noktasından alınan bu numunede toplamda 197 adet mikroplastik sayılmıştır. Toplam konsantrasyon 3,3 MP/L olarak kaydedilmiştir. Mikroplastik türlerine bakıldığında ise sırasıyla fragment (86) ve fiberin (61) yoğunlukta olduğu görülmüştür. Şeffaf renkte olan mikroplastiklerin bu numunede en fazla görülen mikroplastik olduğu da tespit edilmiştir.

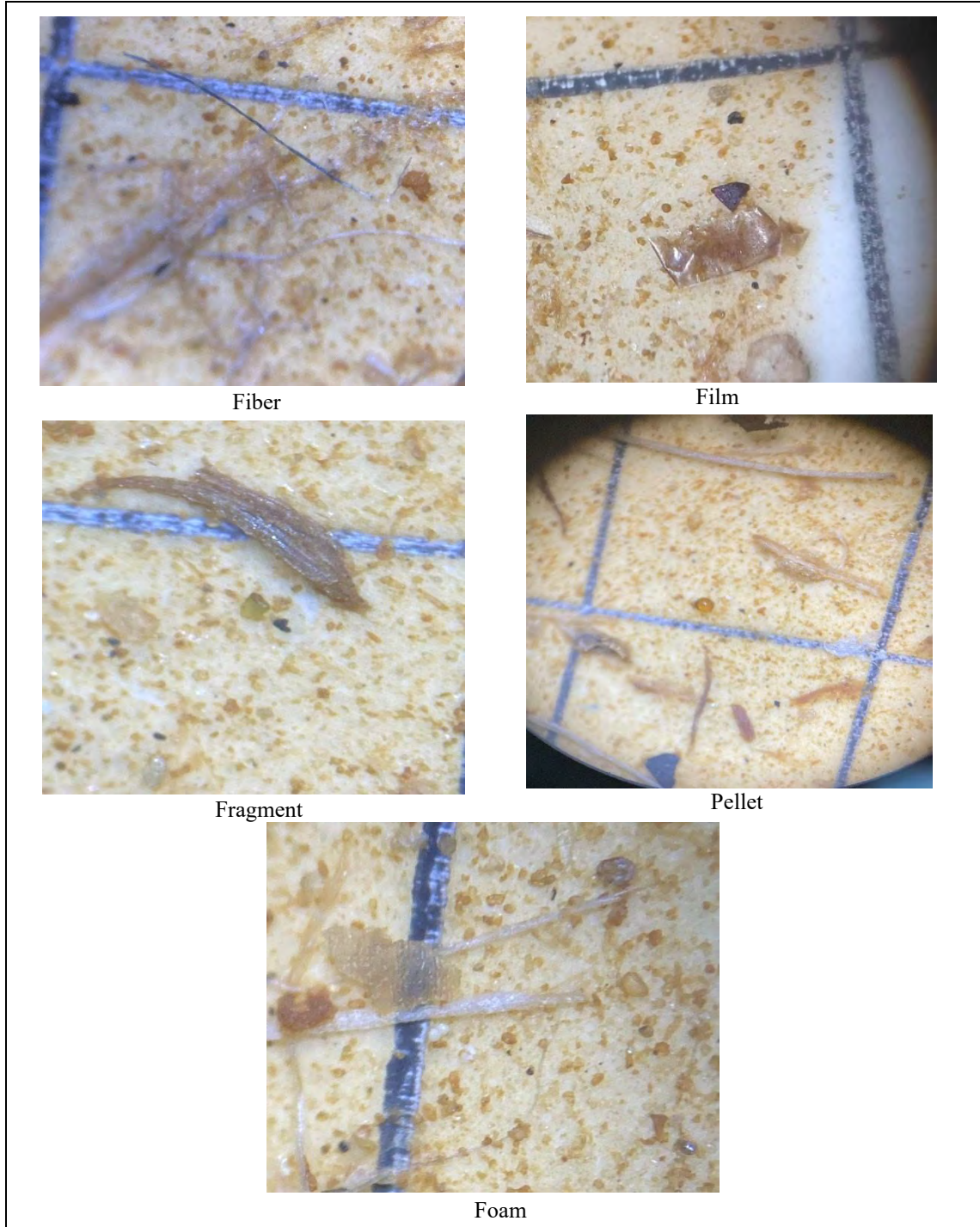
Çizelge 4.1: 1. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP/L MP Sayısı	MP/L
Sayı	153	36	47	274	23	533	14,8
Renk	Şeffaf, siyah, pembe, mavi, yeşil	Şeffaf, kahverengi	Şeffaf, beyaz	Şeffaf, mavi, yeşil, pembe, beyaz	Şeffaf, beyaz, kahverengi		

**Şekil 4.1:** 1. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

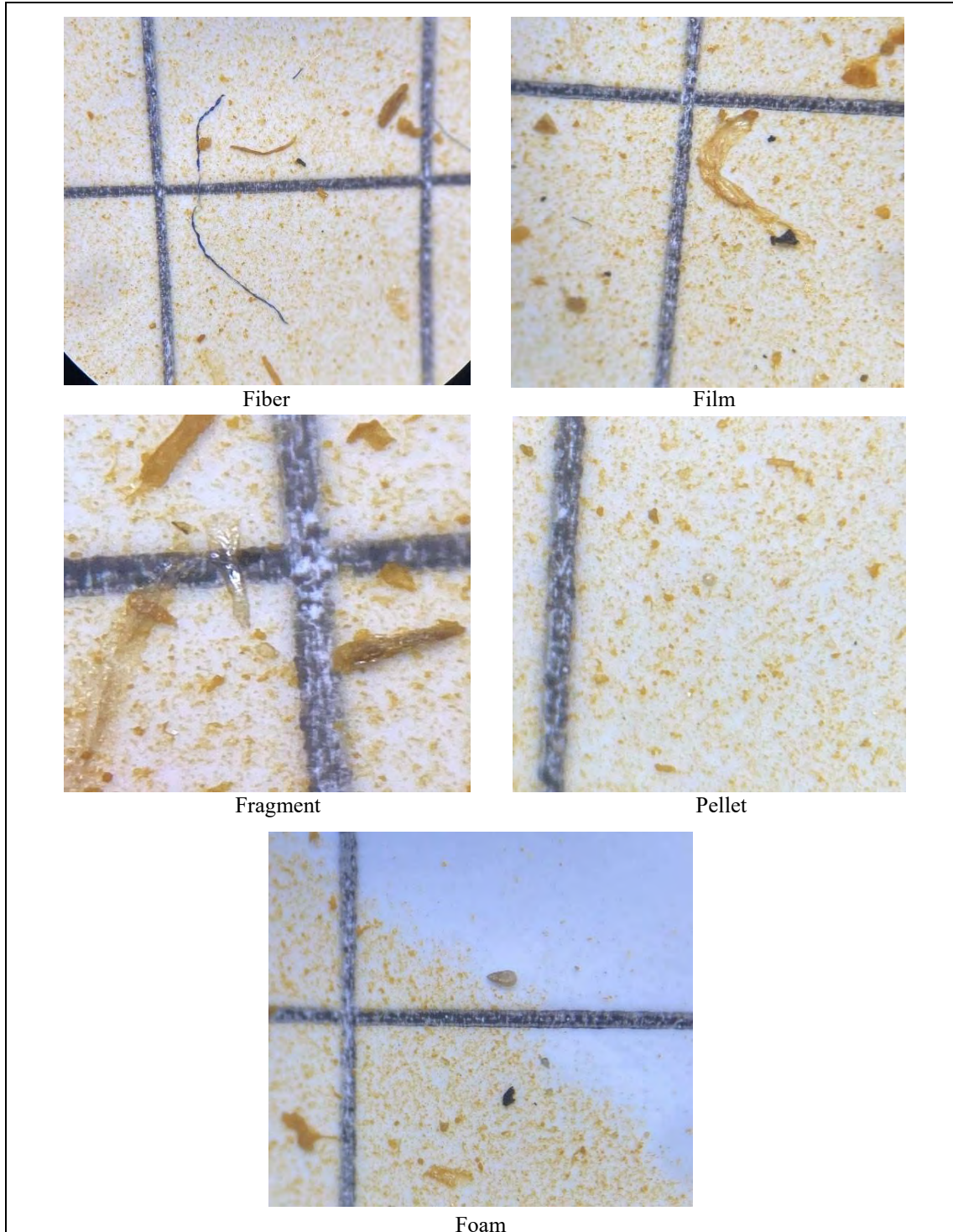
Çizelge 4.2 2. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP/L MP Sayısı	MP/L
Sayı	72	5	11	86	7	181	5,02
Renk	Şeffaf, siyah, mavi, sarı, pembe	Şeffaf, sarı	Şeffaf, beyaz	Şeffaf, yeşil, pembe, mavi	Şeffaf, beyaz, kahverengi		

**Şekil 4.2:** 2. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

Çizelge 4.3: 3. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

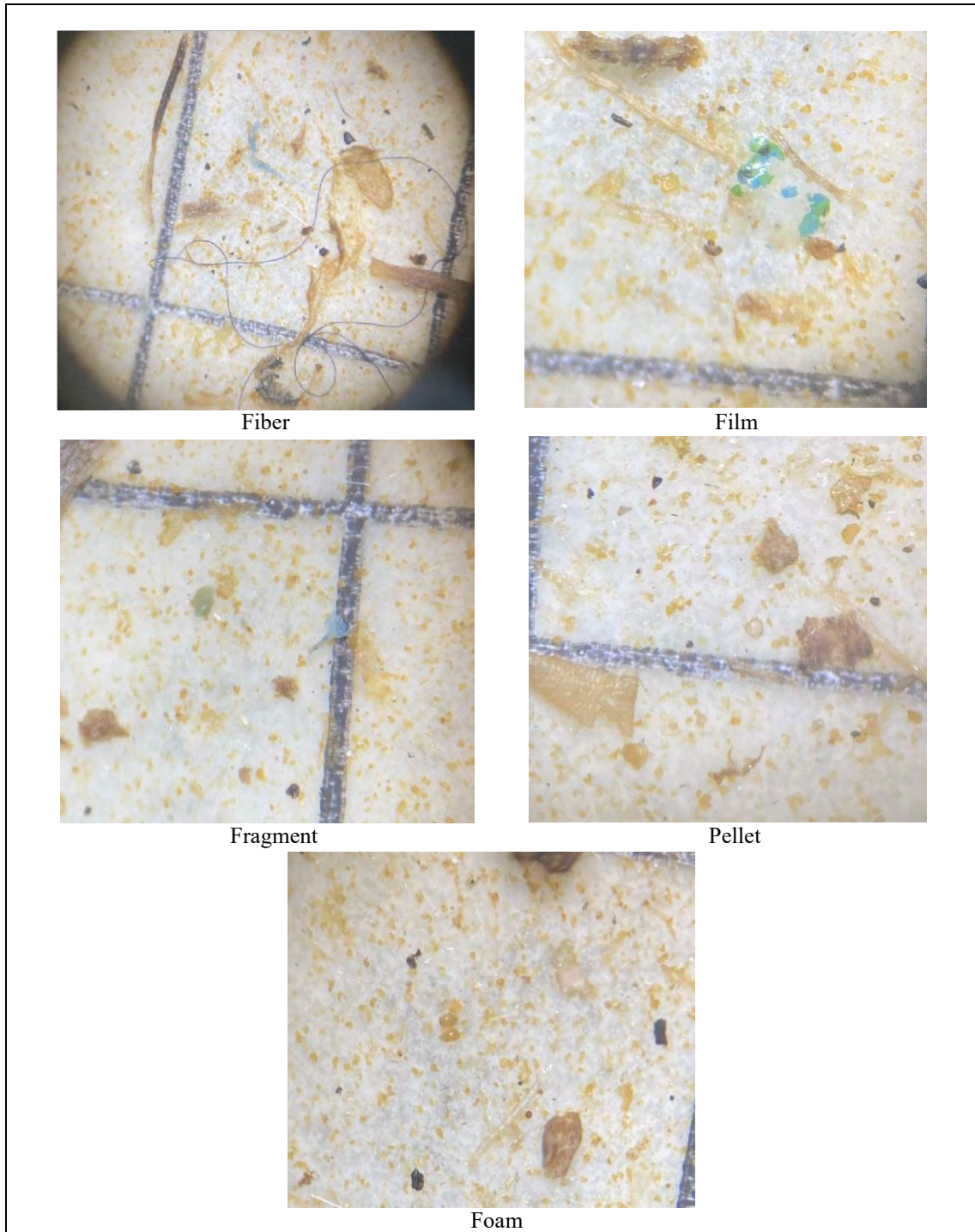
	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	71	18	22	83	15	209	5,8
Renk	Şeffaf, mavi, siyah, pembe	Şeffaf, kahverengi	Şeffaf, mavi	Şeffaf, mavi, gri	Şeffaf		



Şekil 4.3: 3. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

Çizelge 4.4 4. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

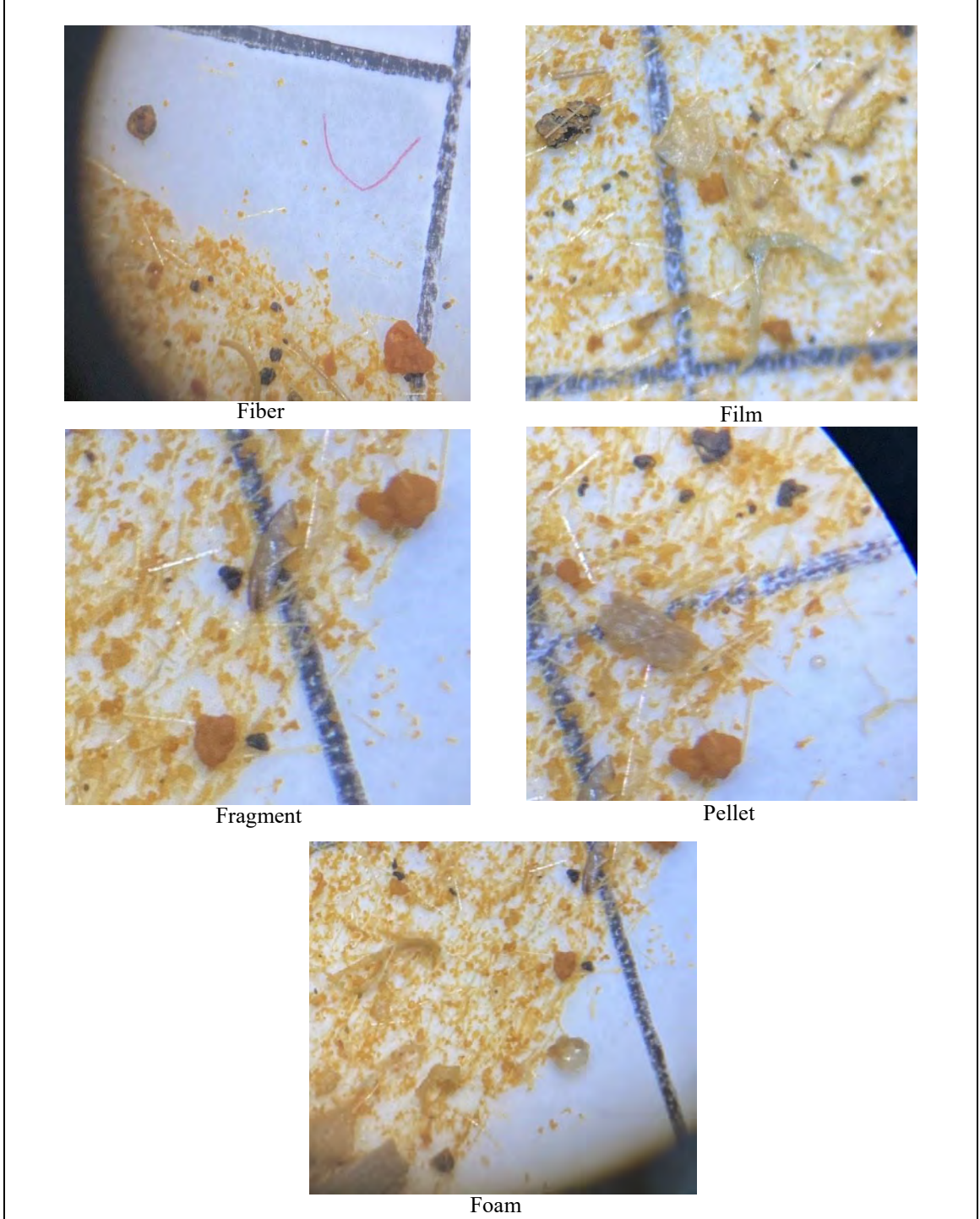
	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	111	29	17	296	24	477	13,2
Renk	Şeffaf, mavi, siyah	Şeffaf, mavi	Şeffaf, mavi, kahverengi	Şeffaf, yeşil, pembe, mavi	Şeffaf, kahverengi, beyaz		



Şekil 4.4: 4. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

Çizelge 4.5: 5. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

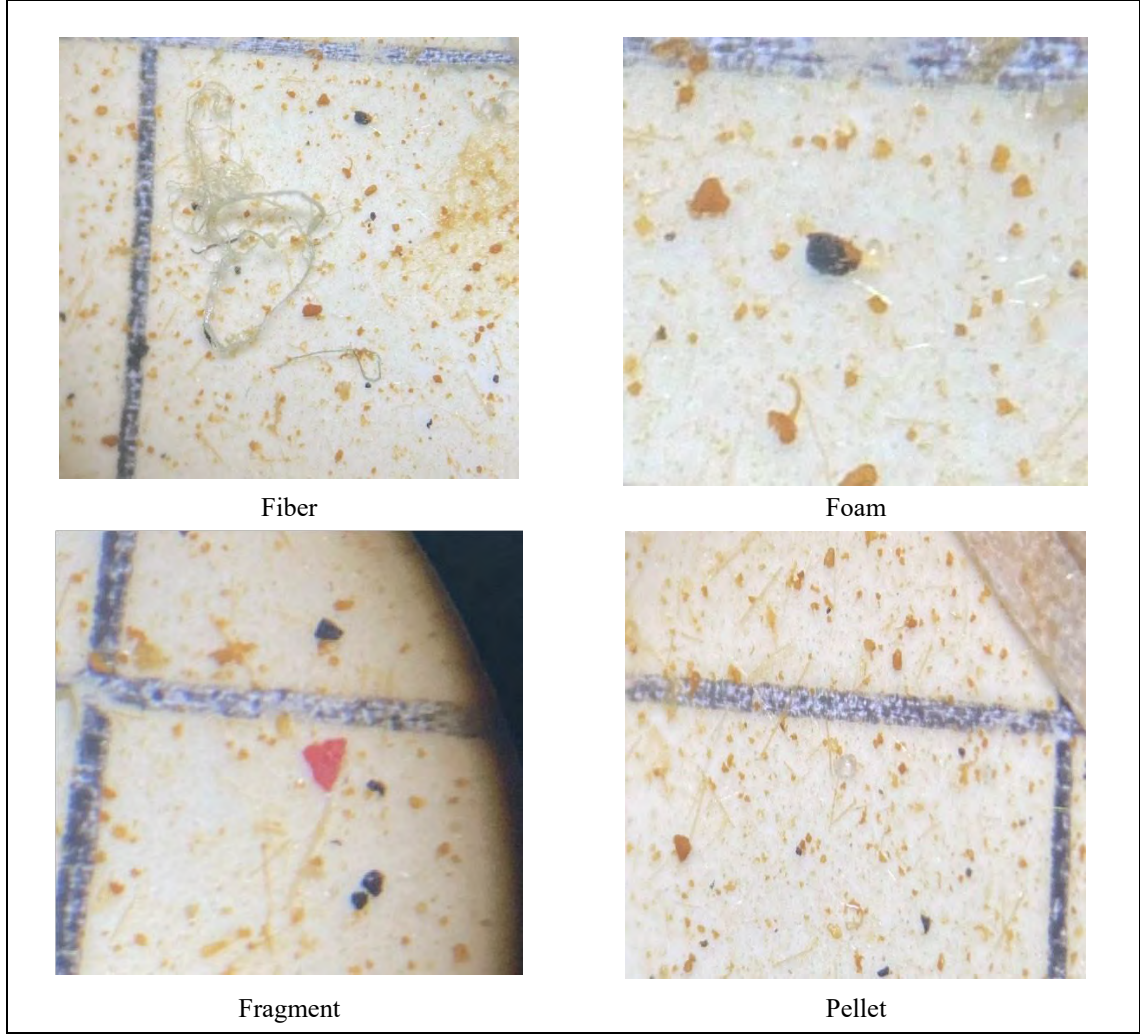
	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	64	9	5	80	19	177	4,91
Renk	Şeffaf, mavi, siyah, pembe	Şeffaf	Şeffaf	Şeffaf, mavi, pembe	Şeffaf, siyah, beyaz		



Şekil 4.5: 5. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

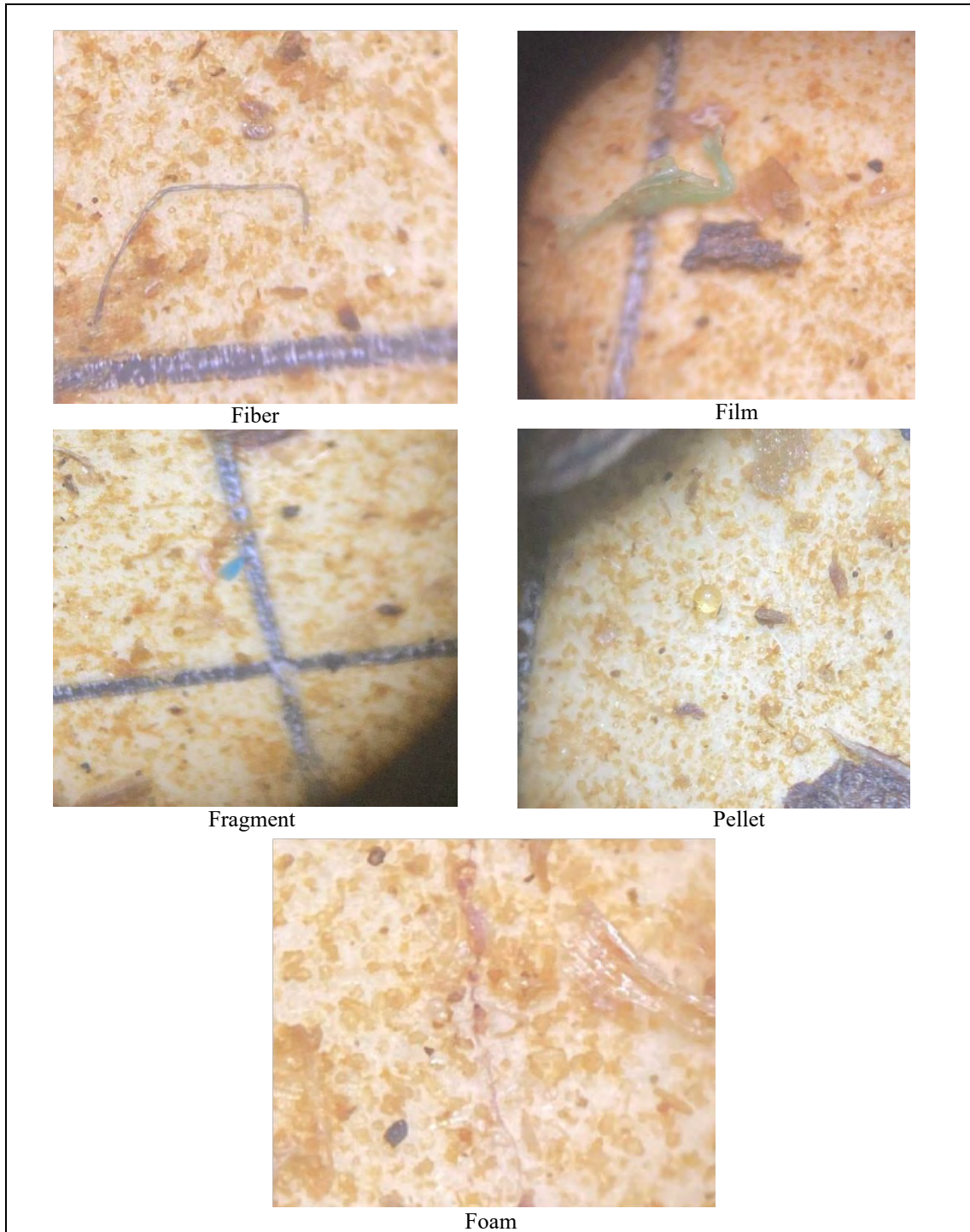
Çizelge 4.6: 6. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	57	-	15	47	7	126	3,5
Renk	Şeffaf, yeşil, mavi, siyah	-	Şeffaf	Şeffaf, pembe, mavi	Şeffaf, beyaz		

**Şekil 4.6:** 6. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

Çizelge 4.7: 7. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

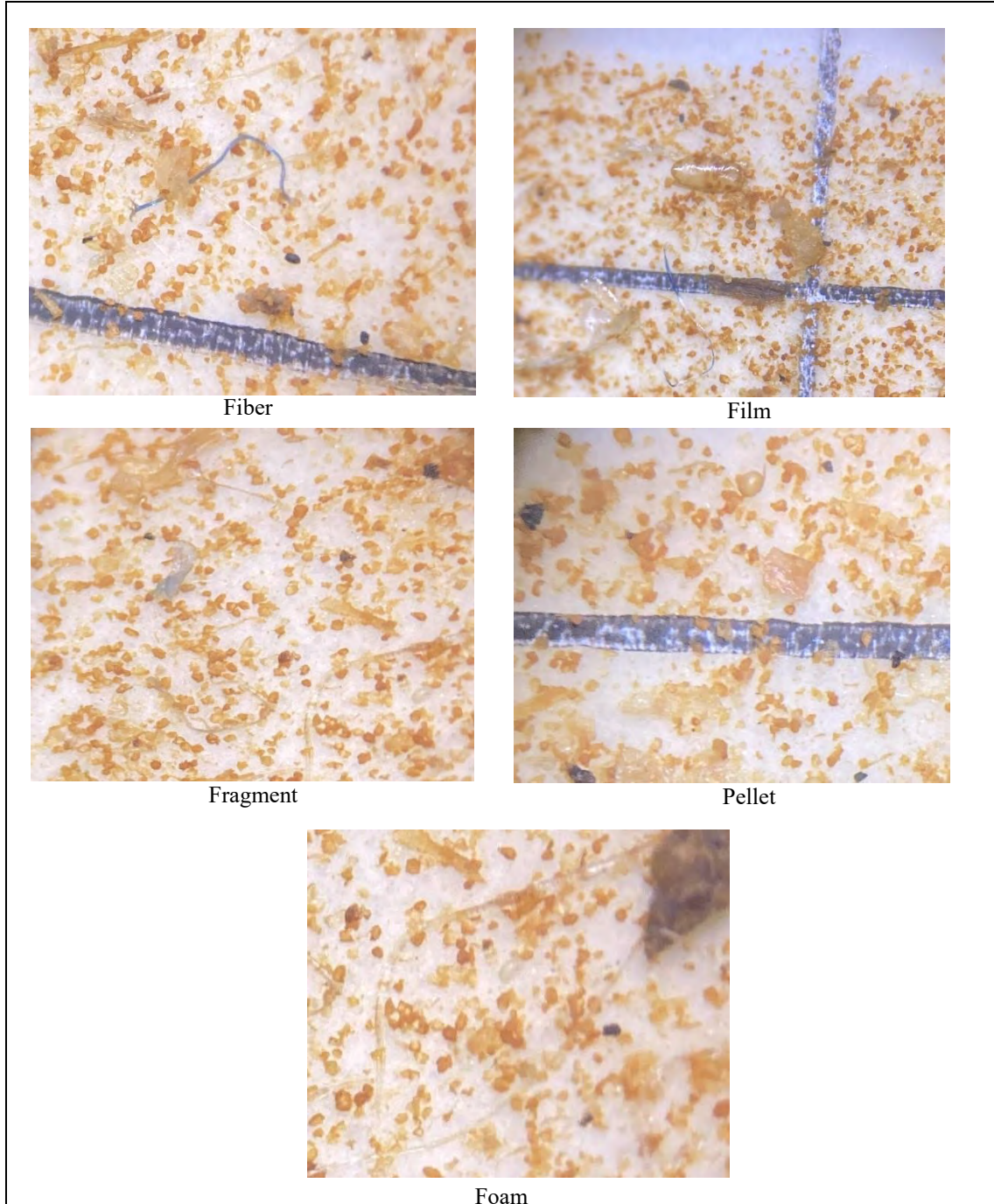
	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	152	11	28	139	18	348	5,8
Renk	Şeffaf, mavi, mor, siyah	Şeffaf	Şeffaf, yeşil	Şeffaf, mavi, pembe, yeşil	Şeffaf, beyaz		



Şekil 4.7: 7. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

Çizelge 4.8: 8. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

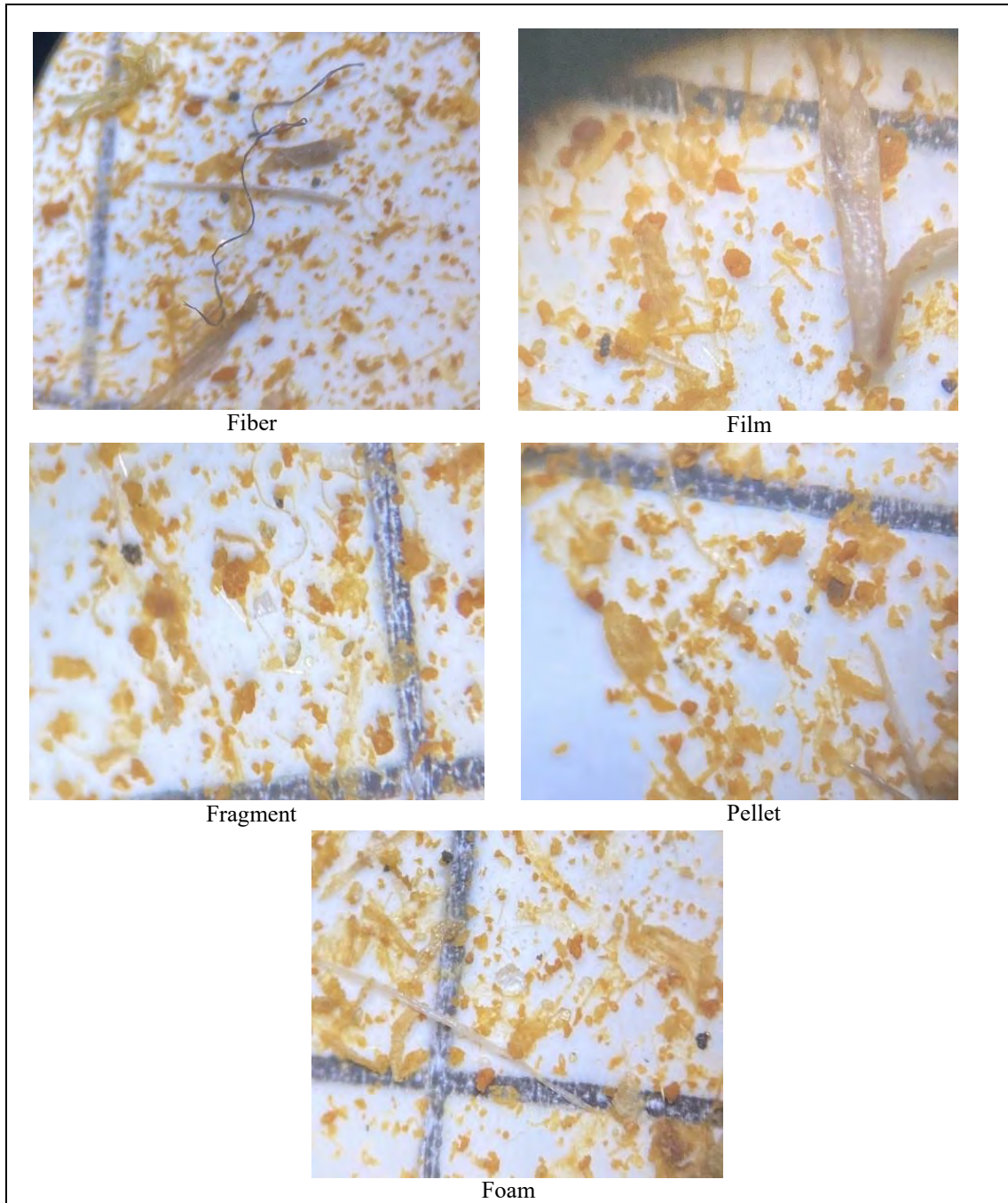
	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	188	11	18	72	17	306	8,5
Renk	Şeffaf, mavi, siyah, pembe	Şeffaf, mavi	Şeffaf, beyaz	Şeffaf, pembe, mavi, beyaz	Şeffaf, beyaz, kahverengi		



Şekil 4.8: 8. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

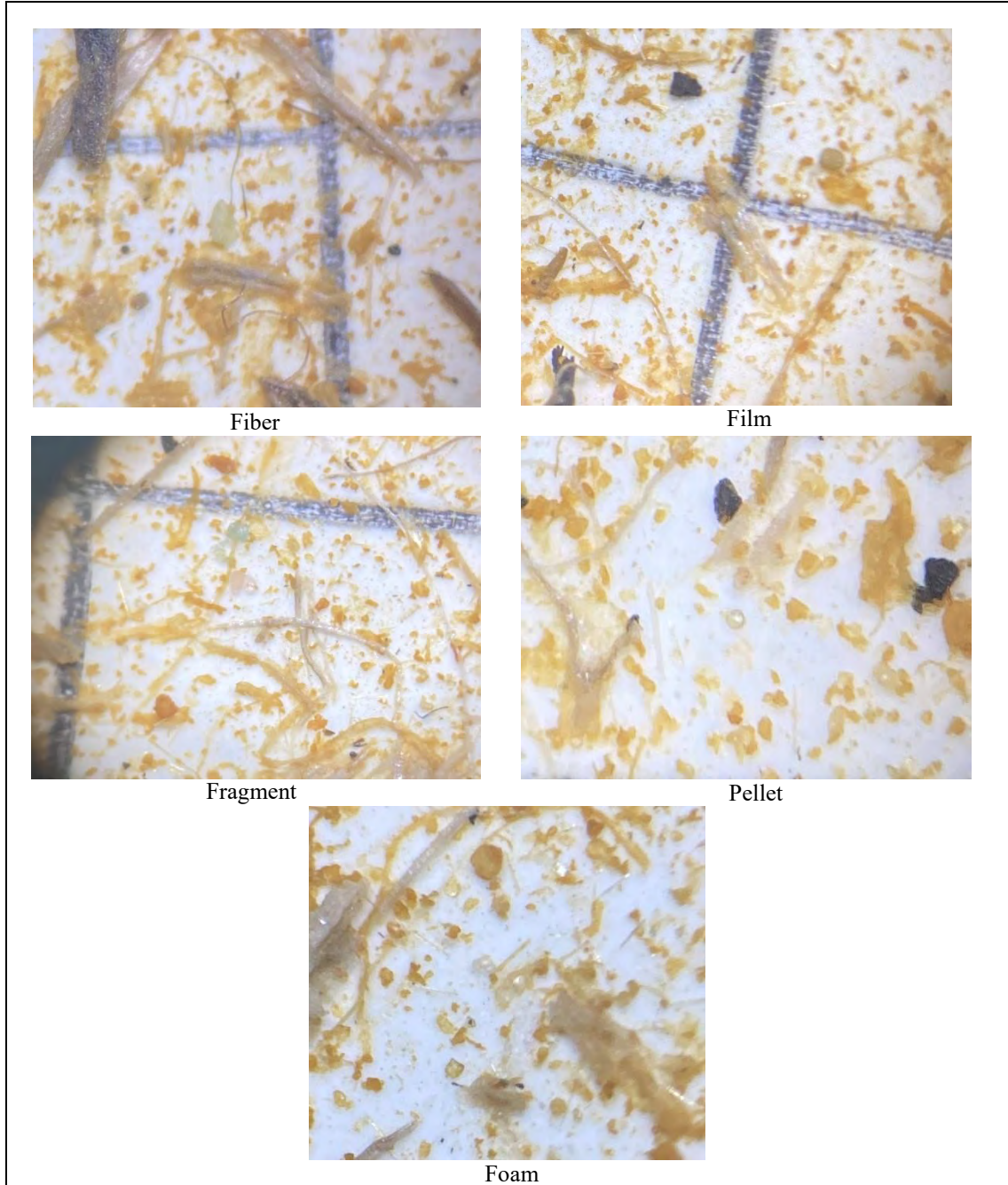
Çizelge 4.9: 9. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	128	2	58	113	4	305	8,4
Renk	Şeffaf, mavi, siyah, pembe	Şeffaf	Şeffaf, beyaz	Şeffaf, mavi, yeşil, gri	Şeffaf, beyaz		

**Şekil 4.9:** 9. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

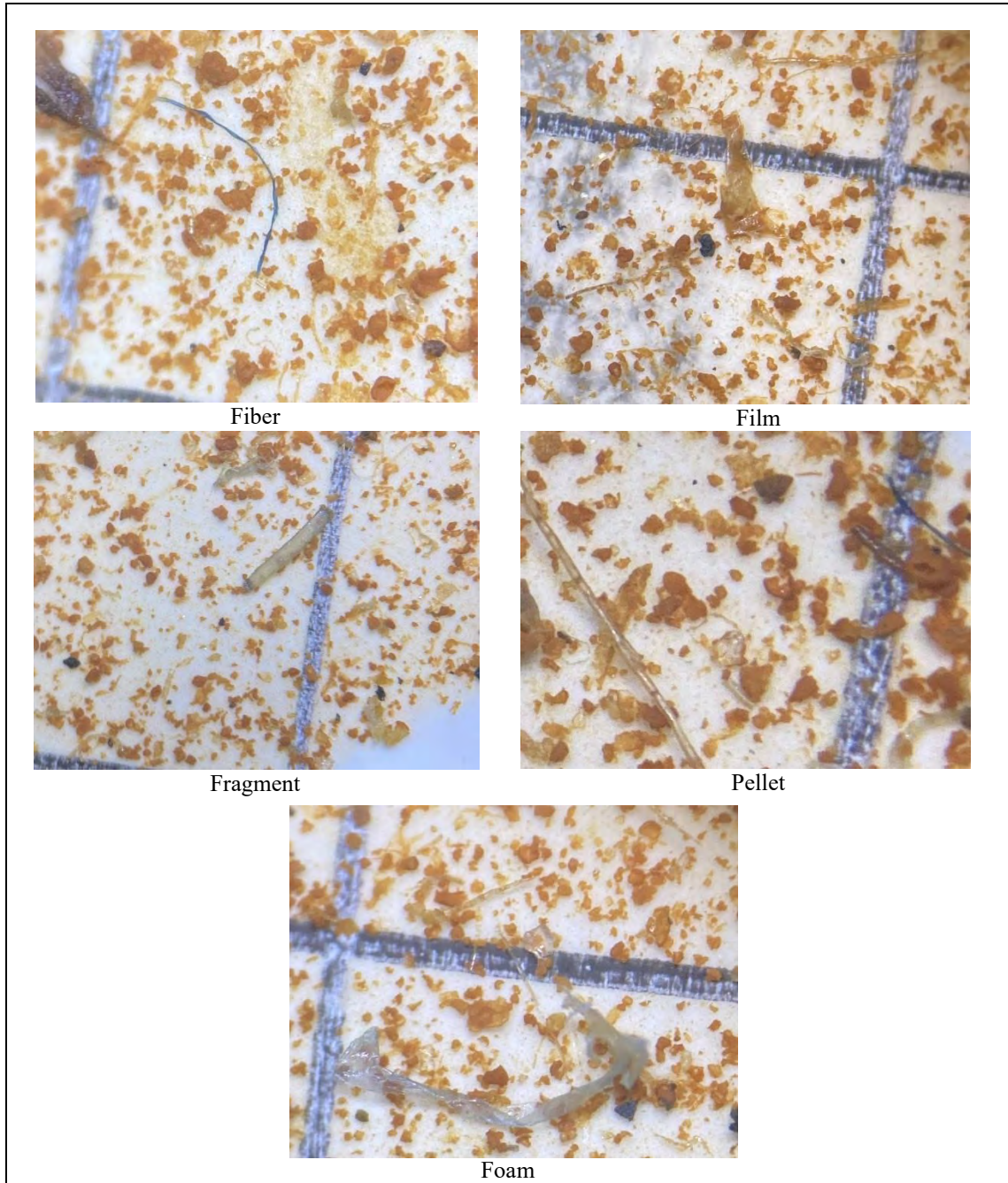
Çizelge 4.10: 10. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	258	3	51	157	9	478	13,2
Renk	Şeffaf, siyah, mavi	Şeffaf	Şeffaf, beyaz	Şeffaf, yeşil, mavi, pembe	Şeffaf, beyaz, kahverengi		

**Şekil 4.10:** 10. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

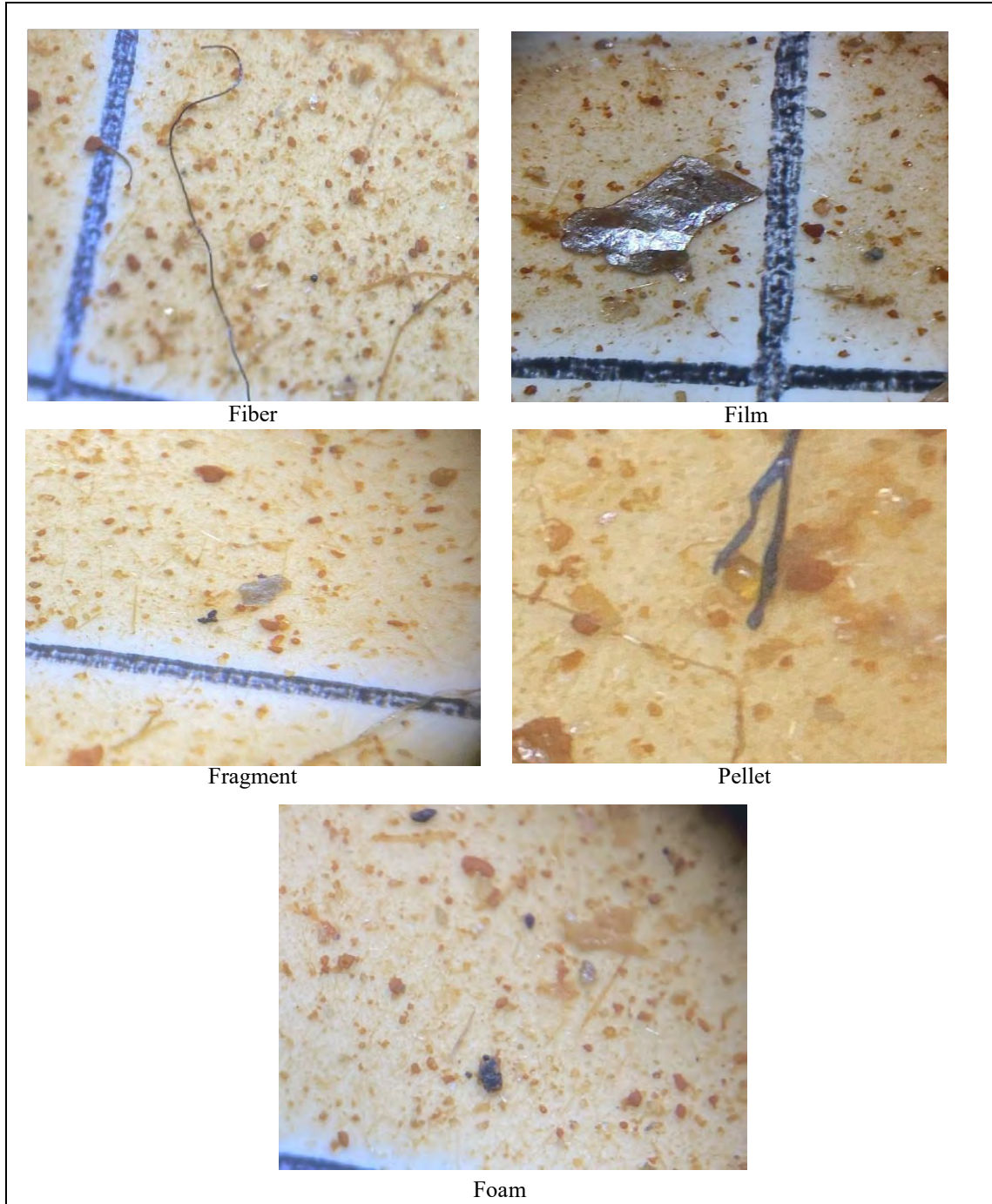
Çizelge 4.11: 11. Örneklemde görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	113	5	21	58	2	199	5,5
Renk	Şeffaf, siyah, yeşil, mavi, pembe	Şeffaf	Şeffaf, beyaz	Şeffaf, mavi, kırmızı, yeşil, gri	Şeffaf		

**Şekil 4.11:** 11. Örneklemde fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

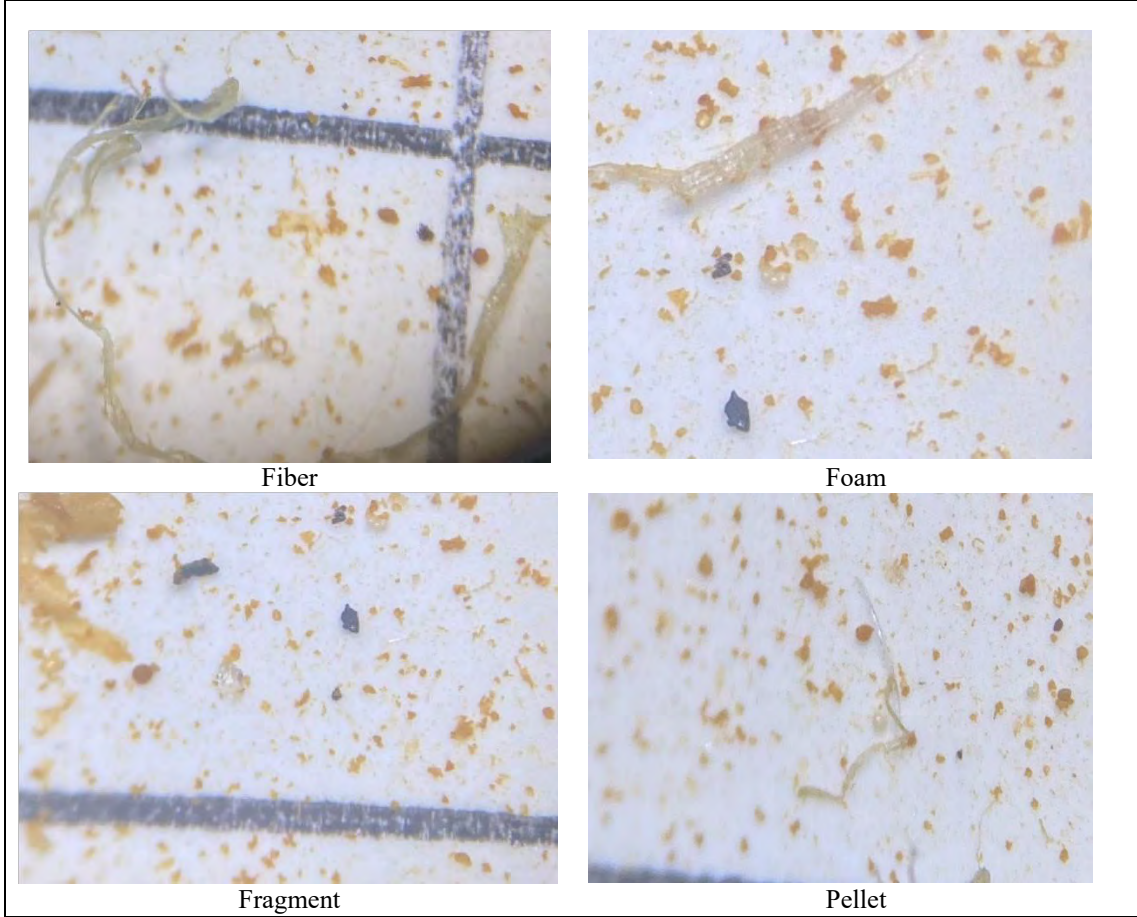
Çizelge 4.12: 12. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	210	153	23	98	2	486	13,5
Renk	Şeffaf, mavi, pembe	Şeffaf, gri	Şeffaf, beyaz, yeşil	Şeffaf, gri, mavi, yeşil	Beyaz, şeffaf		

**Şekil 4.12:** 12. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

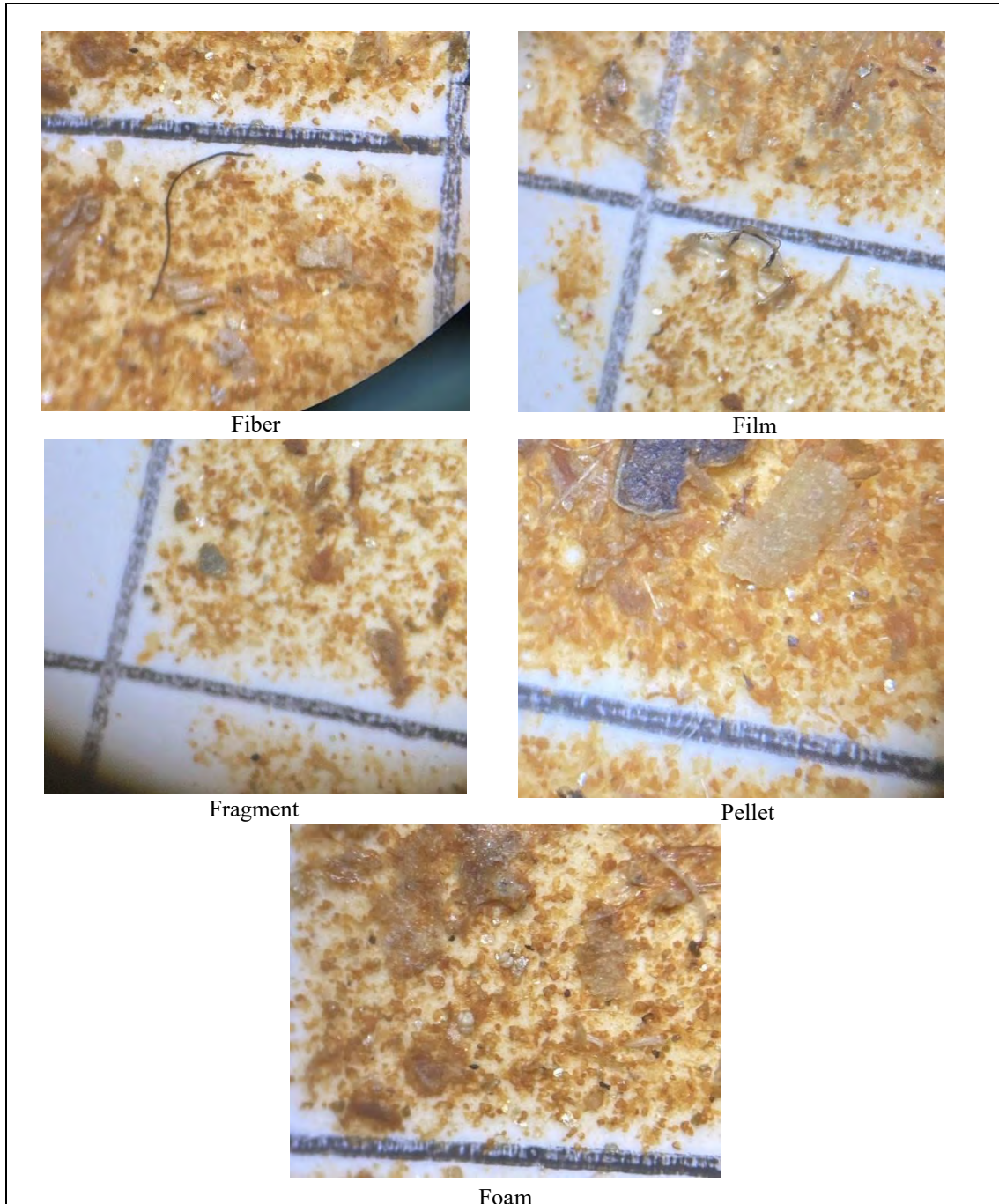
Çizelge 4.13: 13. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	43	-	55	24	1	123	3,4
Renk	Şeffaf, mavi, pembe	-	Beyaz	Şeffaf, yeşil, mavi	Beyaz		

**Şekil 4.13:** 13. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

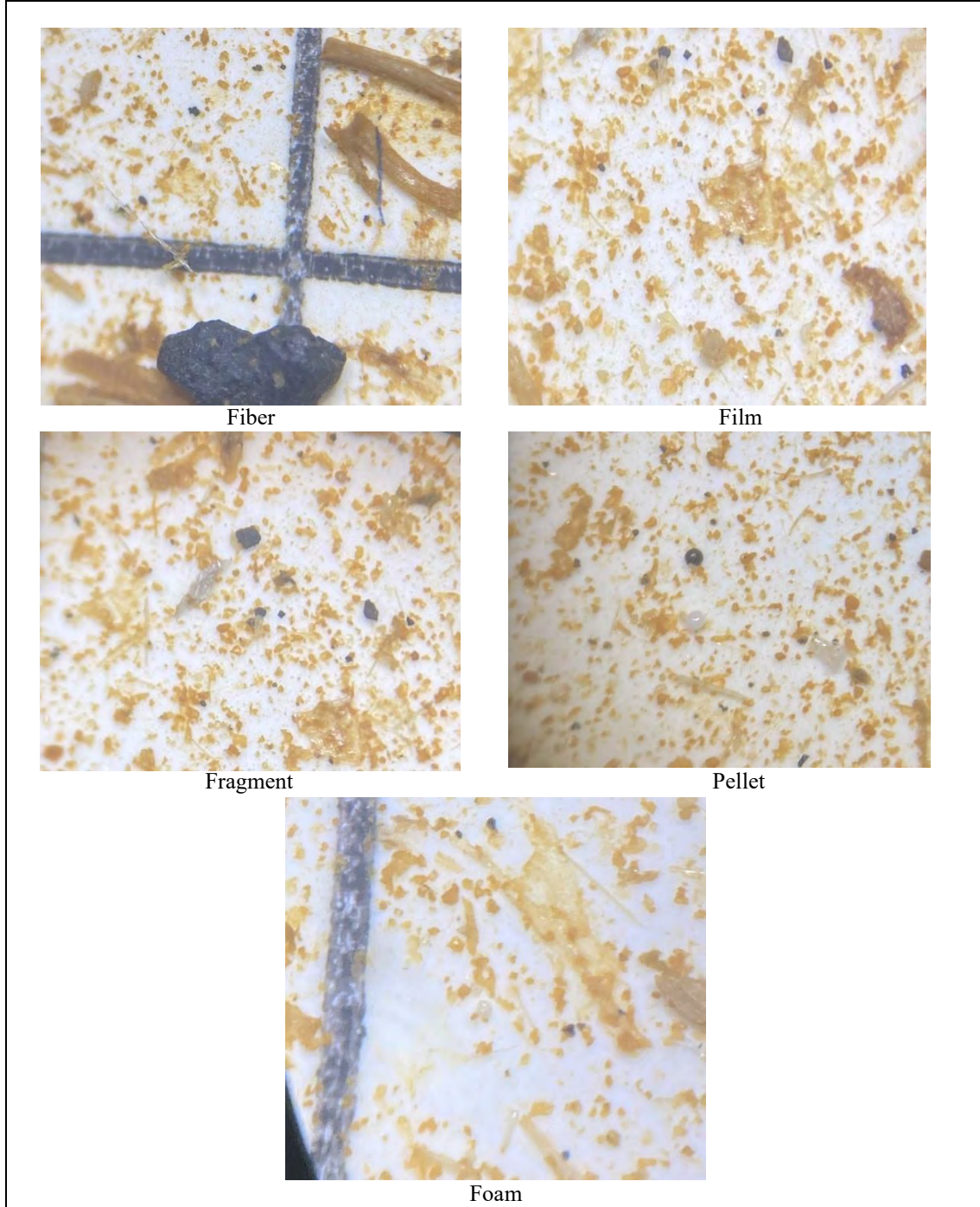
Çizelge 4.14: 14. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	84	42	23	1241	8	1398	23,3
Renk	Şeffaf, mavi, siyah	Şeffaf	Beyaz	Şeffaf, yeşil, gri, mavi, pembe	Şeffaf, kahverengi		

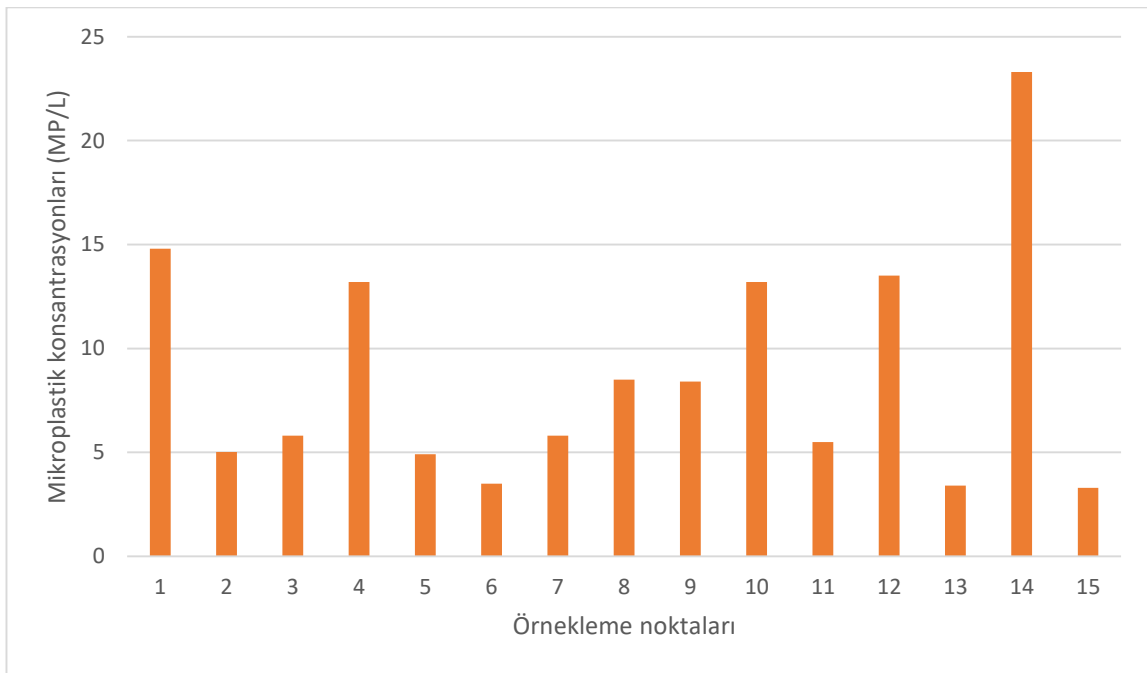
**Şekil 4.14:** 14. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

Çizelge 4.15: 15. Örnekleme noktasında görülen mikroplastik miktarı ve görselleri

	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam MP Sayısı	MP/L
Sayı	61	2	38	86	10	197	3,3
Renk	Şeffaf, mavi, pembe, siyah	Şeffaf	Şeffaf, beyaz	Şeffaf, mavi, yeşil	Şeffaf, beyaz, siyah		

**Şekil 4.15:** 15. Örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet ve film görüntüleri

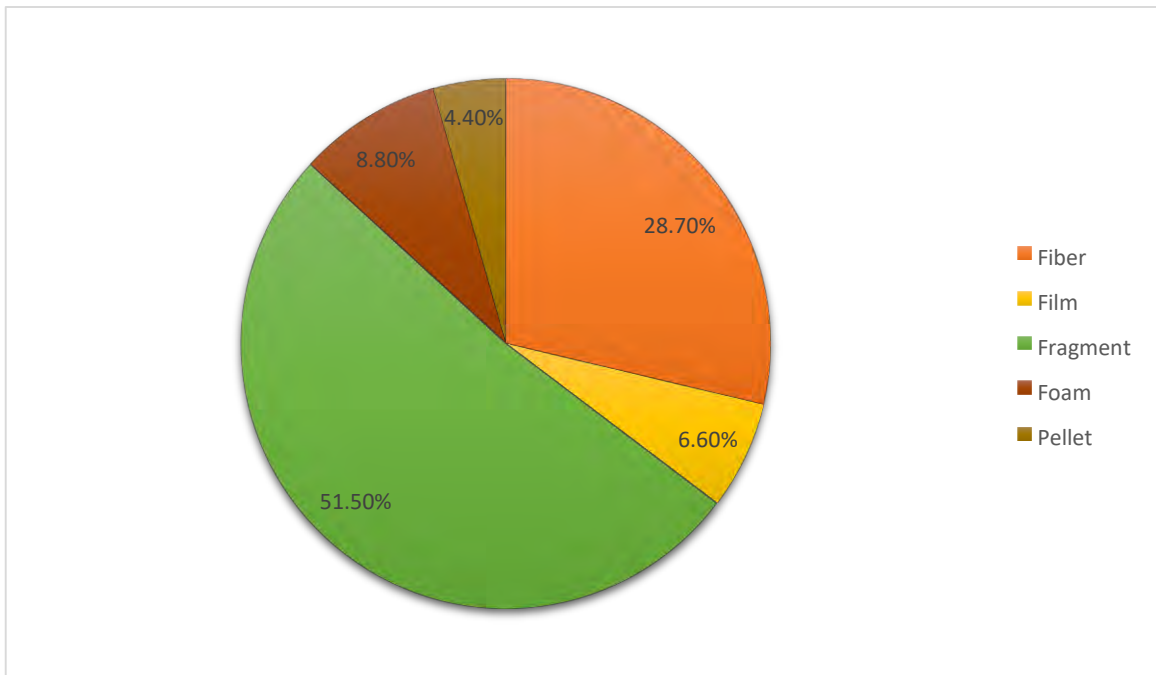
Şekil 4.16’da tüm noktadaki mikroplastik konsantrasyonları grafikte gösterilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda en yüksek mikroplastik konsantrasyon değerinin 23,3 MP/L ile Niğde Çamardın bölgesinde yer alan Ecemiş Kaynağı olduğu tespit edildi. Bu noktada en fazla mikroplastik türünün fragment olduğu ve gri rengin baskın olduğu görüldü. Bu sıralamayı 14,8 MP/L ile Konya Meram ilçesinde bulunan Dinamo Deresi ve 13,5 MP/L ile Niğde Ulukışla bölgesindeki Kırgeçit Deresi takip etti. En düşük mikroplastik konsantrasyonu ise 3,3 MP/L ile Konya Kadınhanı bölgesinde yer alan Atlantı Sulama Kanalı’ndan alınan numunede tespit edildi. Mikroplastik türlerinden fragmentin yoğun olduğu görüldü ve şeffaf renk baskındı. Konya Hadim bölgesinde yer alan Akkaya Deresi ve Ankara Şereflikoçhisar bölgesindeki Yanarkaç Dereleri’nden alınan örneklerde mikroplastik konsantrasyonu Atlantı Sulama Kanalı’ndaki değerlere yakın elde edildi.



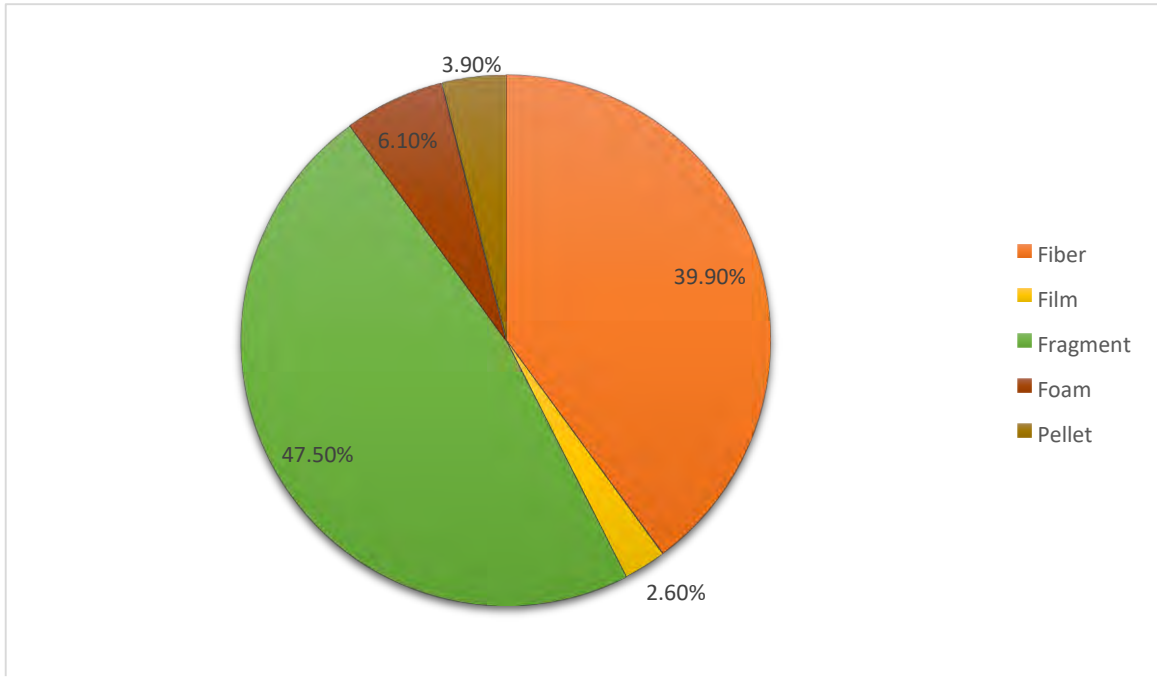
Şekil 4.16: Yüzeysel sulara tespit edilen mikroplastik konsantrasyonları

4.1.2.Mikroplastiklerin Türü

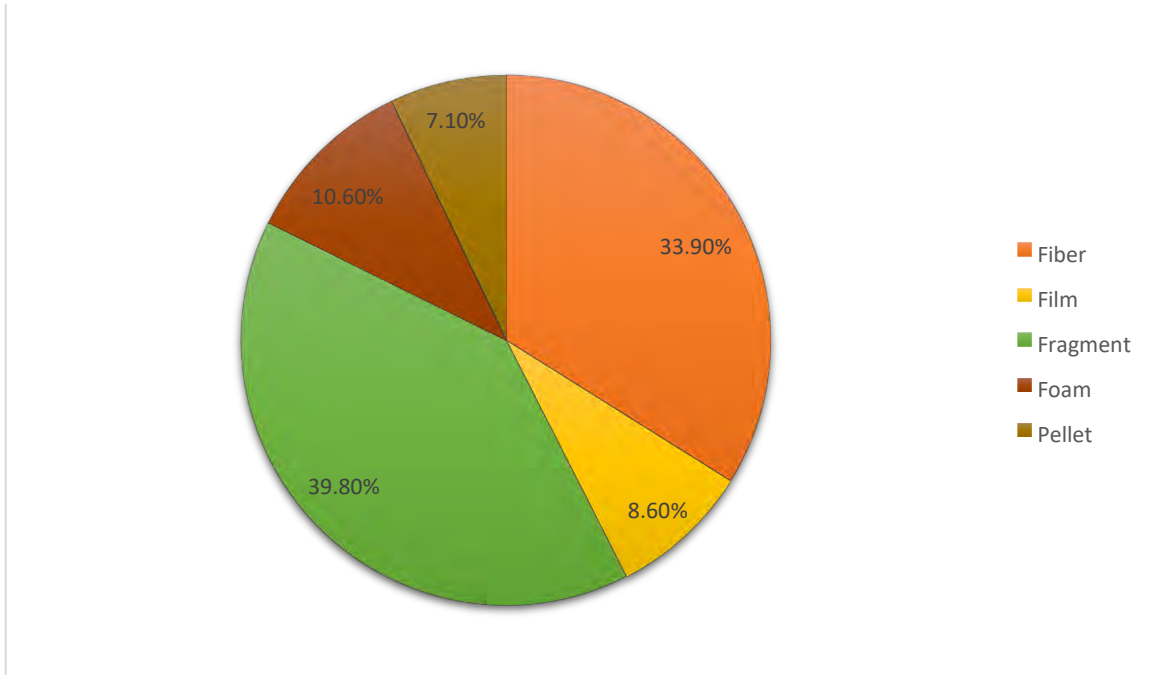
Şekil 4.17 ile Şekil 4.31 arasındaki şekillerde 15 örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde Konya Meram bölgesinde yer alan Dinamo Deresi'nde, Konya Seydişehir bölgesinde yer alan Suğla Membası'nda, Aksaray Merkez'de yer alan Ağzıkarahan Deresi'nde, Aksaray Güzelyurt bölgesinde yer alan Ilisu Nehri'nde, Konya Kulu'da yer alan Özdere'de, Karaman Başyayla'da yer alan Kuşla Deresi'nde, Niğde Çamardın bölgesinde yer alan Ecemiş Kaynağı'nda ve Konya Kadınhanı'nda bulunan Atlantı Sulama Kanalı'nda en baskın mikroplastik türünün fragment olduğu tespit edilmiştir. Ankara Şereflikoçhisar bölgesinde yer alan Yanarkaç Deresi'nde, Karaman Ayrancı bölgesinde yer alan Uludere, Karaman merkezde bulunan Yeşildere, Isparta Şarkikkaraağaç bölgesinde yer alan Salur Deresi ve Isparta'da bulunan Yenişarbademli Deresi'nden, Niğde Ulukışla bölgesinde yer alan Kırgeçit Deresi'nden alınan numunelerde fiberlerin daha çok olduğu görülmüştür. Tüm örnekleme alanına bakıldığında fragmentlerin baskın olduğu tespit edilmiş olup sadece Konya Hadim bölgesinde yer alan Akkaya Deresi'nde mikroplastik türlerinden köpük daha çok olduğu görülmüştür. Tüm numunelerde en az oranlara sahip olan mikroplastik türleri film ve peletlerdir.



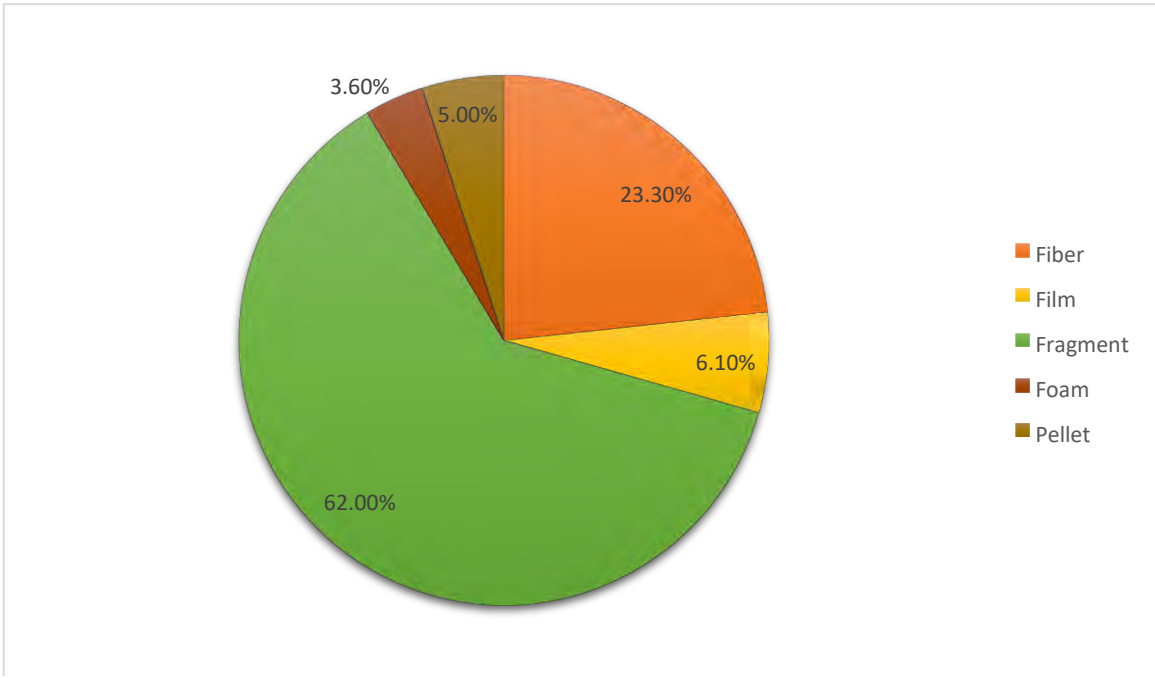
Şekil 4.17: 1. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



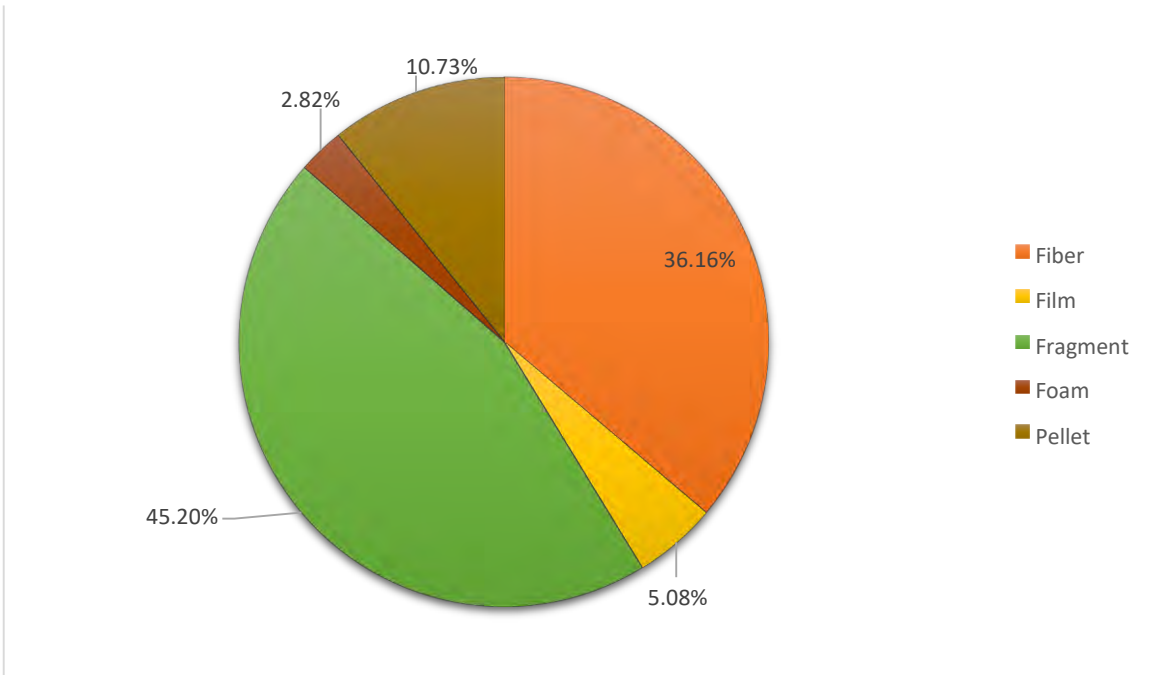
Şekil 4.18: 2. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



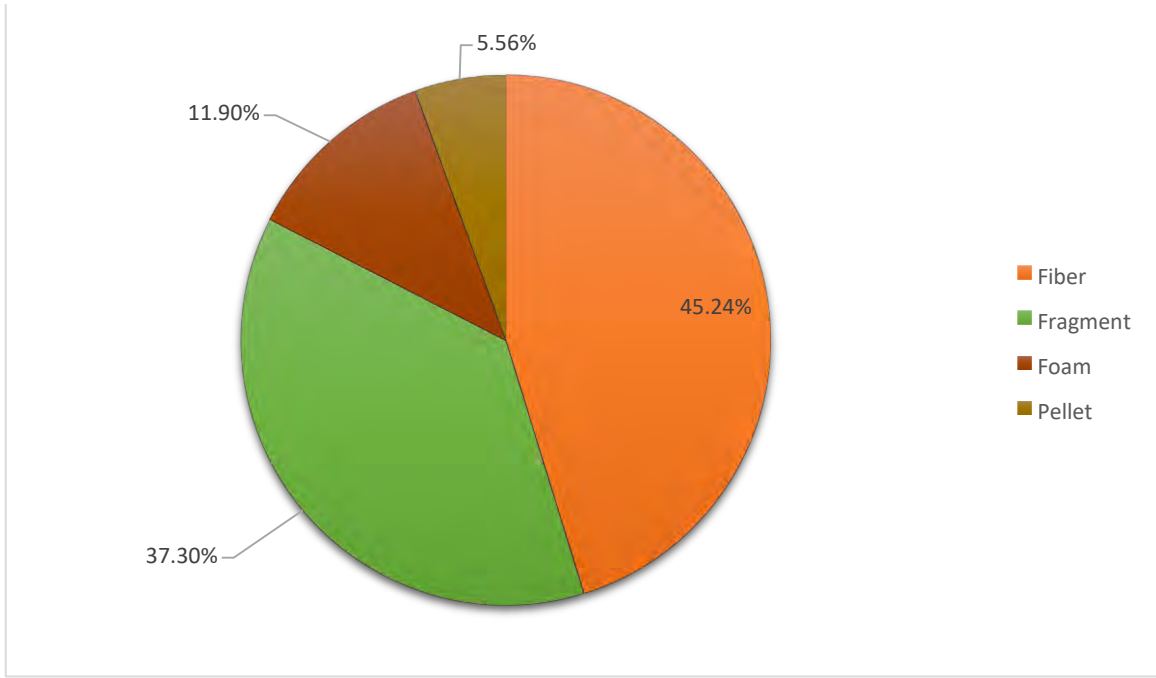
Şekil 4.19: 3. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



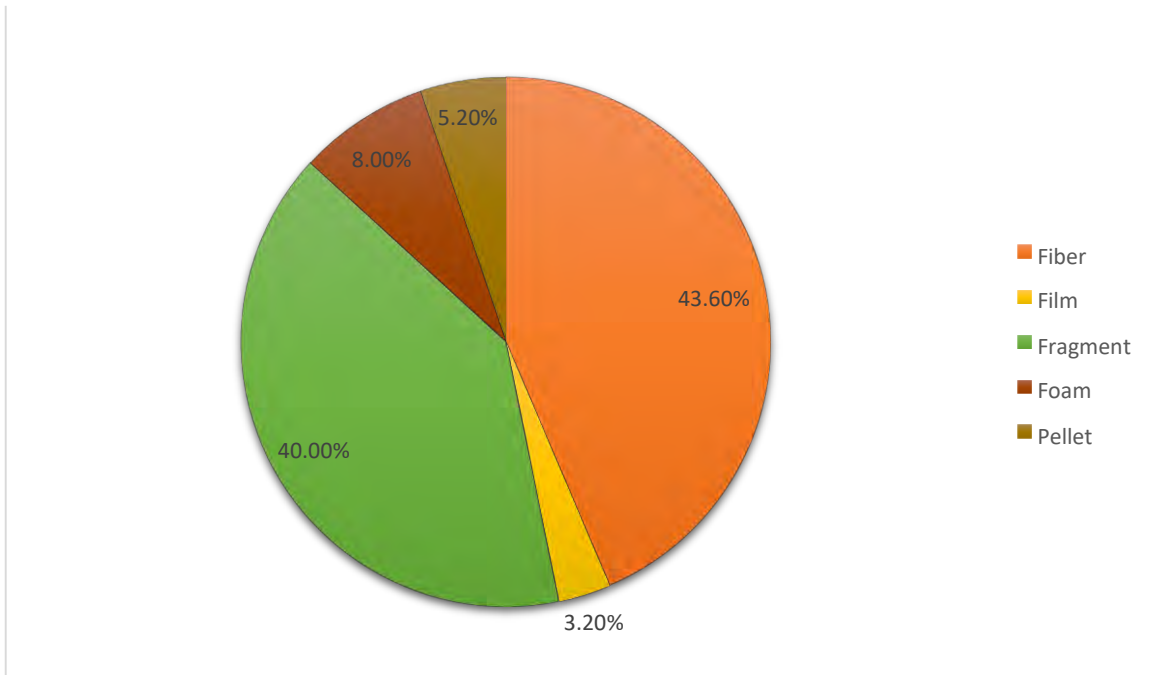
Şekil 4.20: 4. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



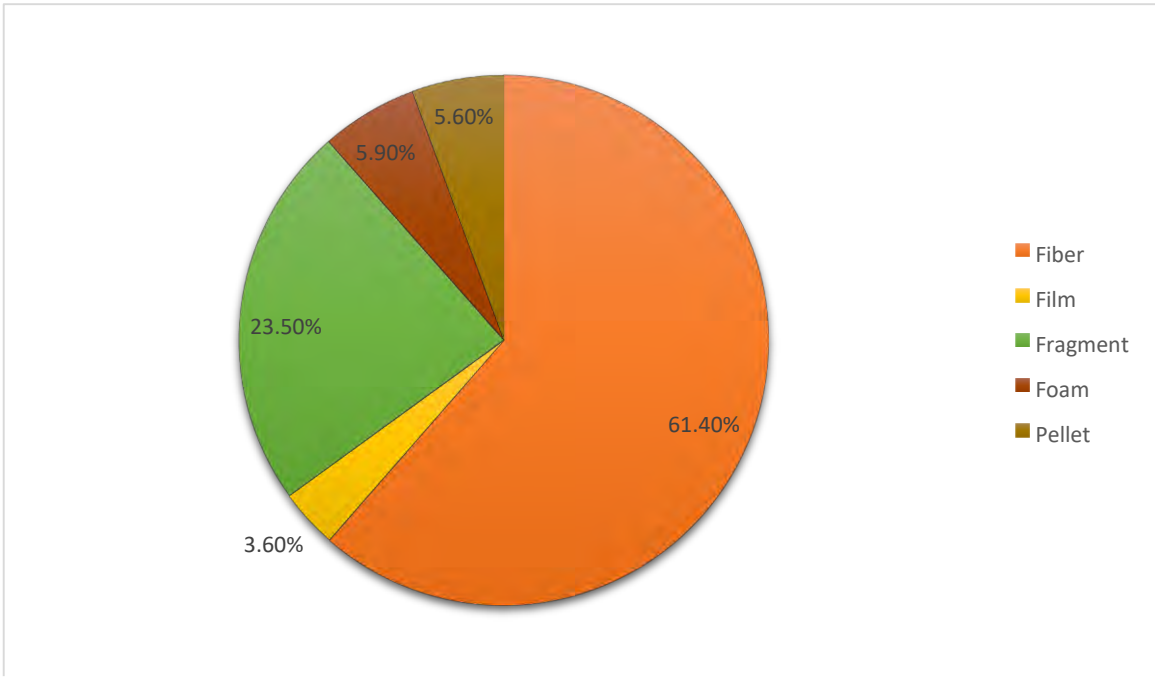
Şekil 4.21: 5. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



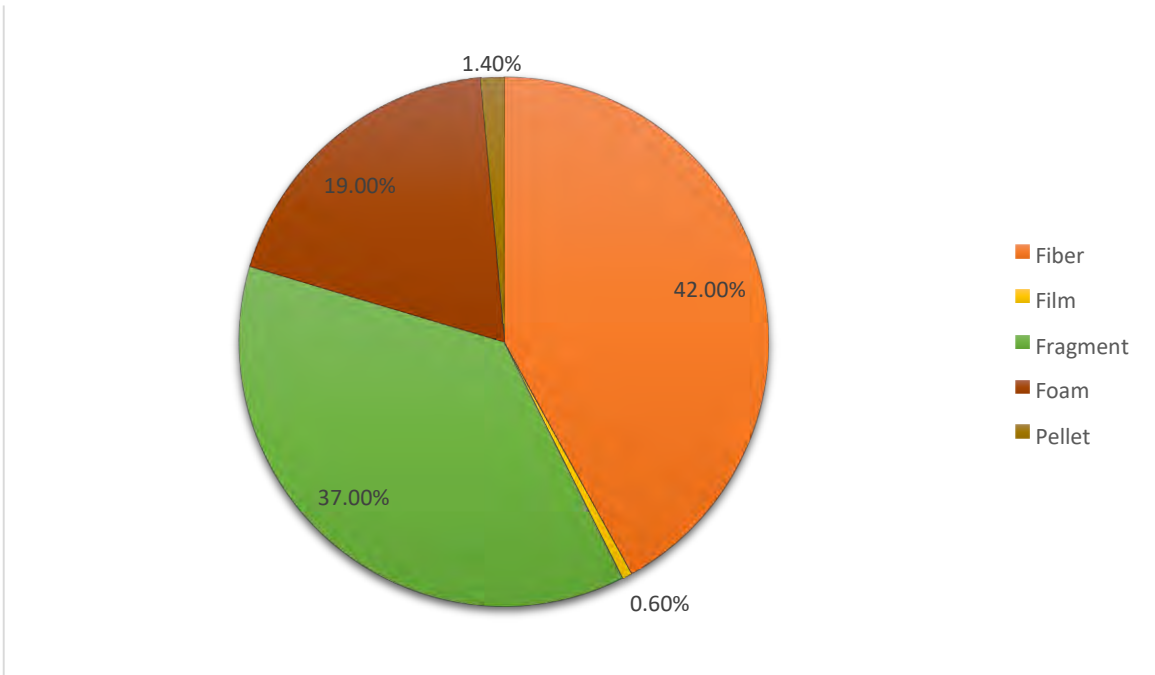
Şekil 4.22: 6. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



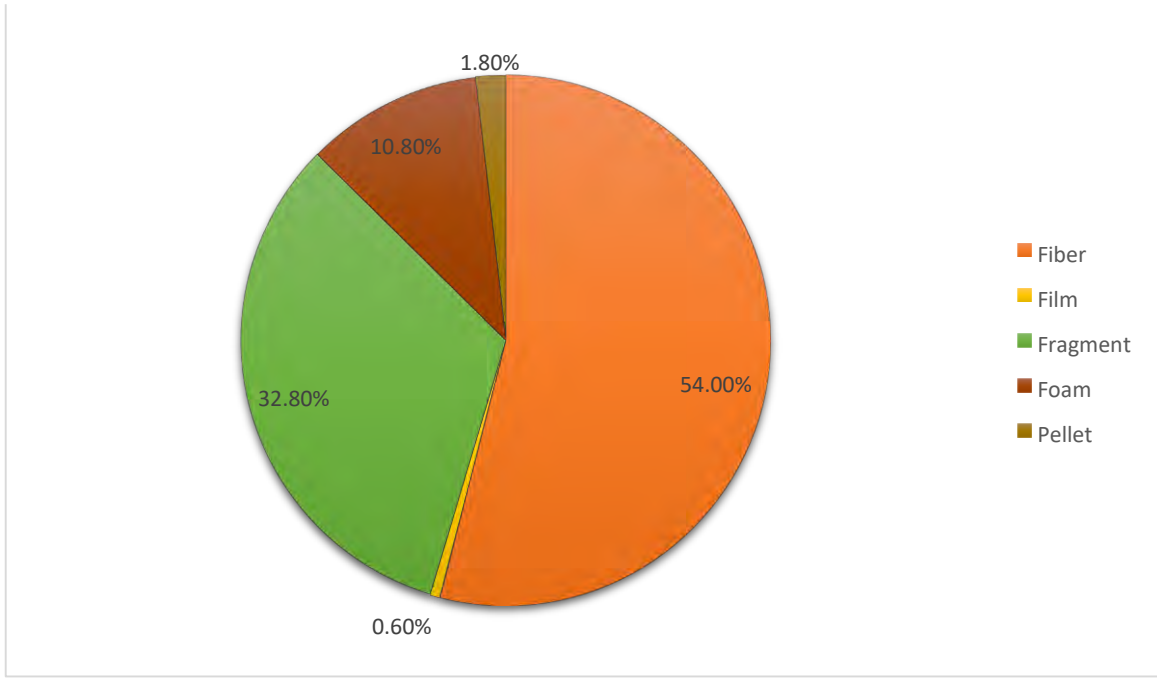
Şekil 4.23: 7. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



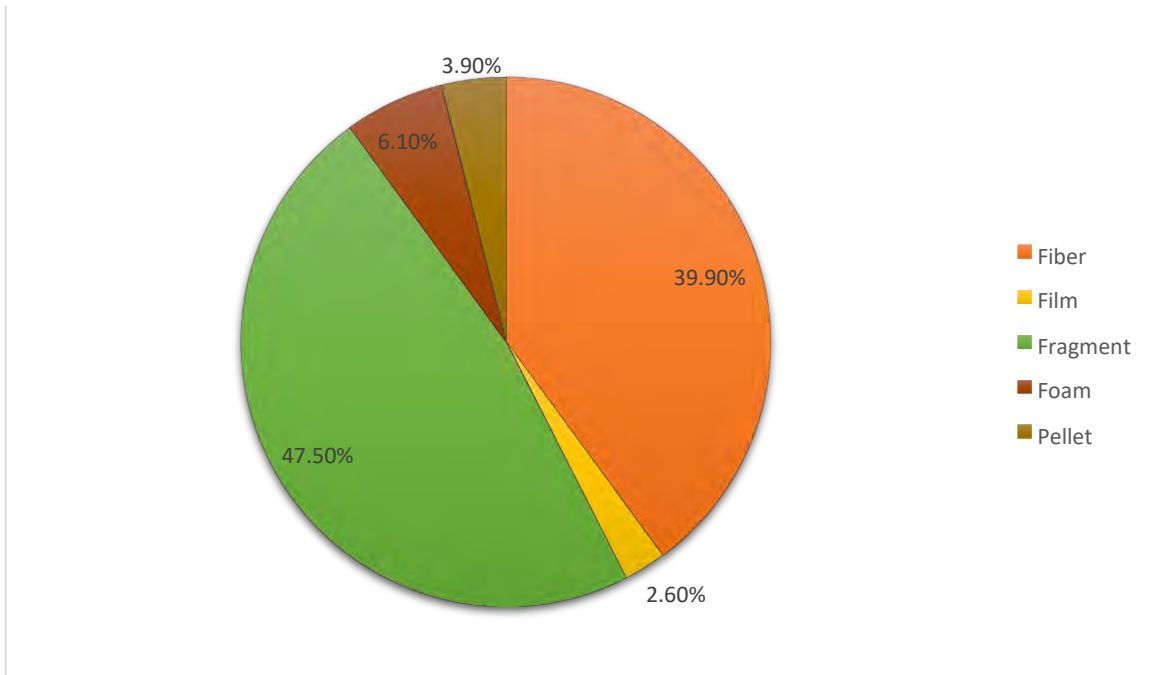
Şekil 4.24: 8. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



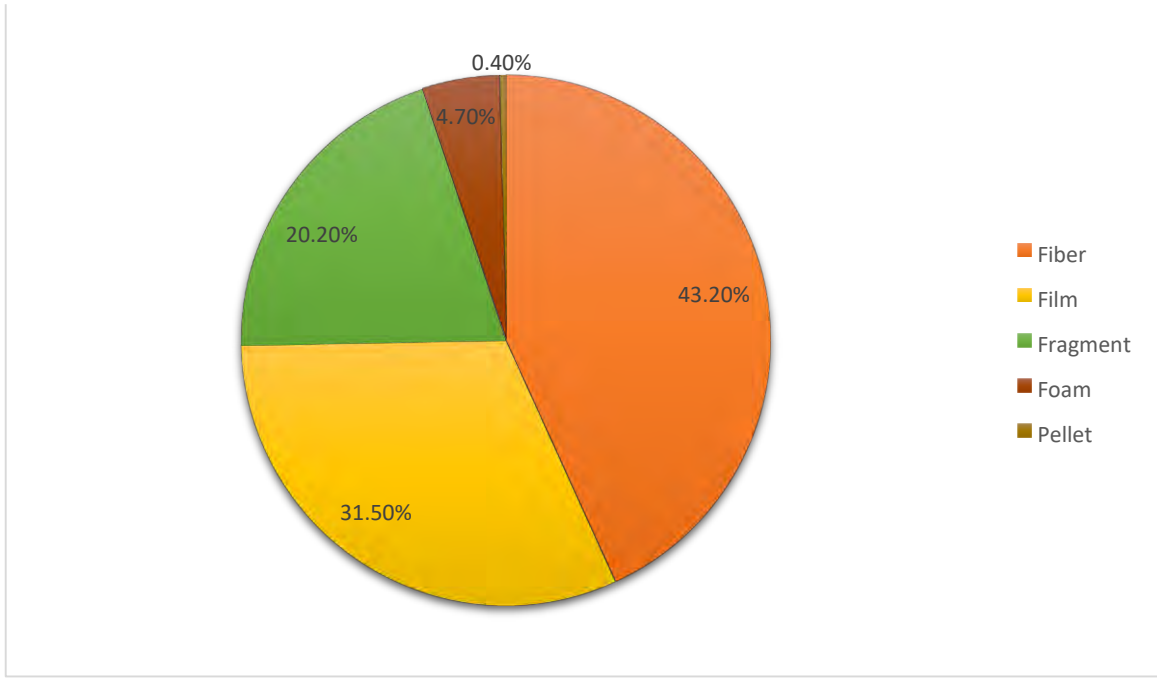
Şekil 4.25: 9. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



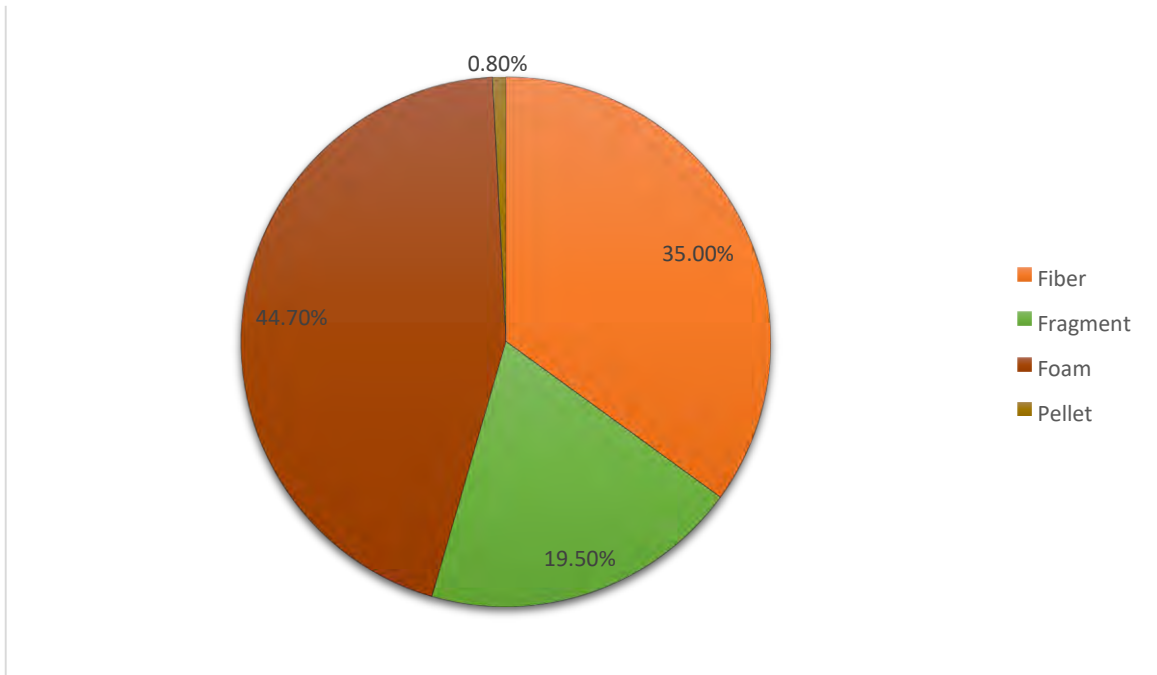
Şekil 4.26: 10. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



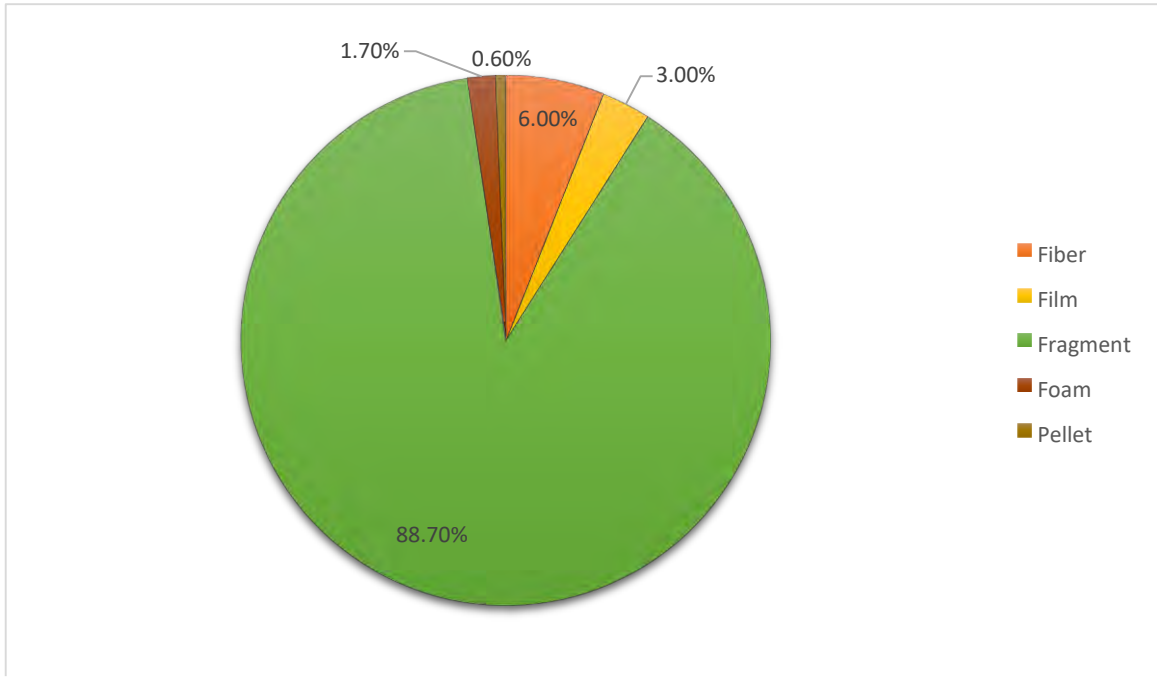
Şekil 4.27: 11. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



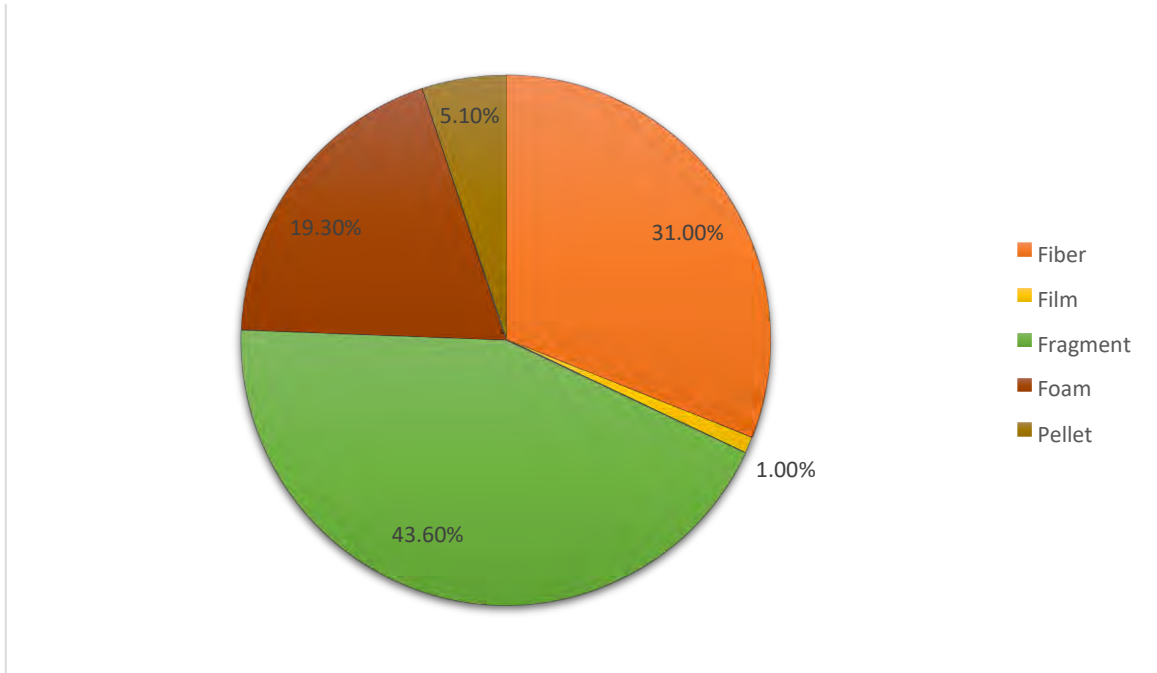
Şekil 4.28: 12. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



Şekil 4.29: 13. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



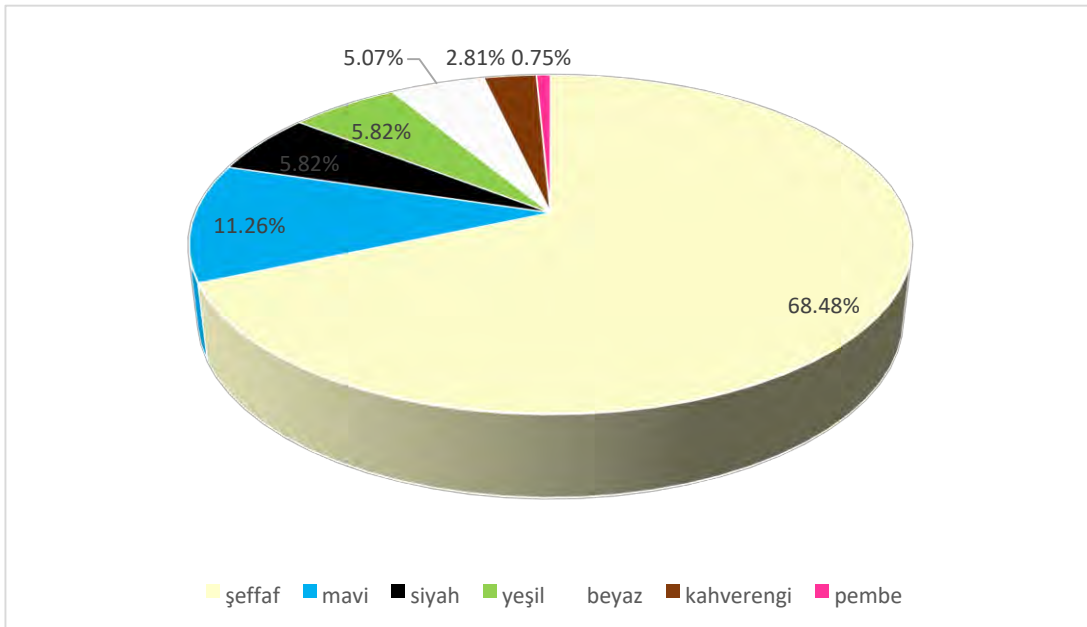
Şekil 4.30: 14. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri



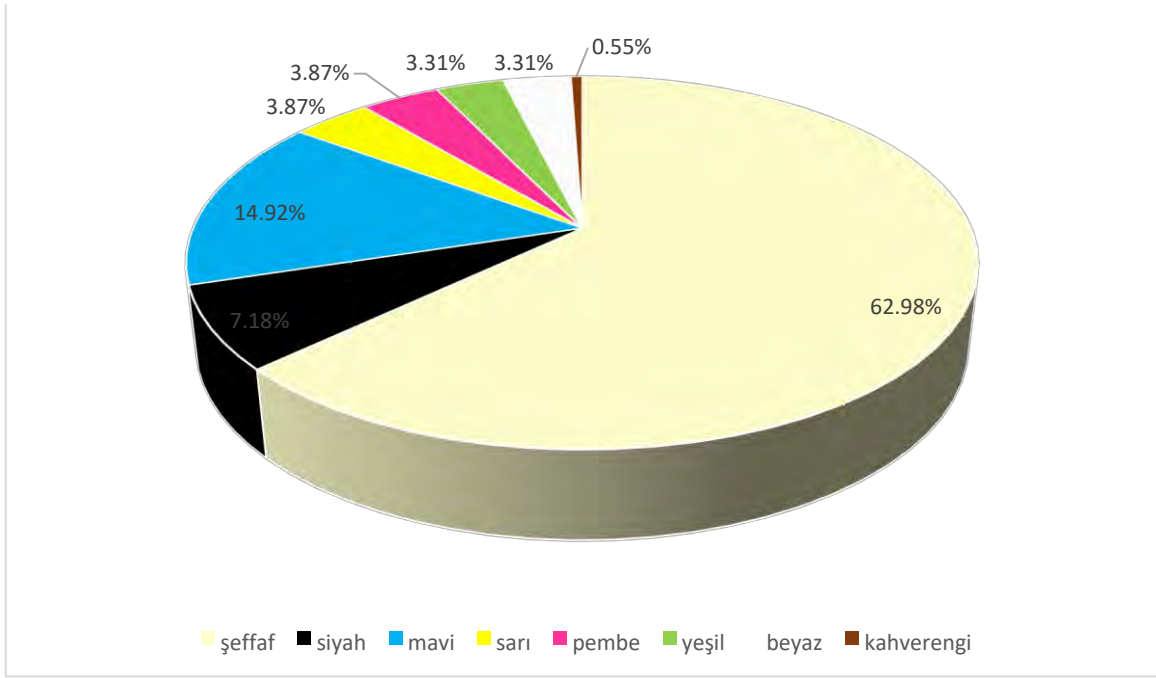
Şekil 4.31: 15. örnekleme noktasında tespit edilen mikroplastik türleri

4.1.3. Mikroplastiklerin Rengi

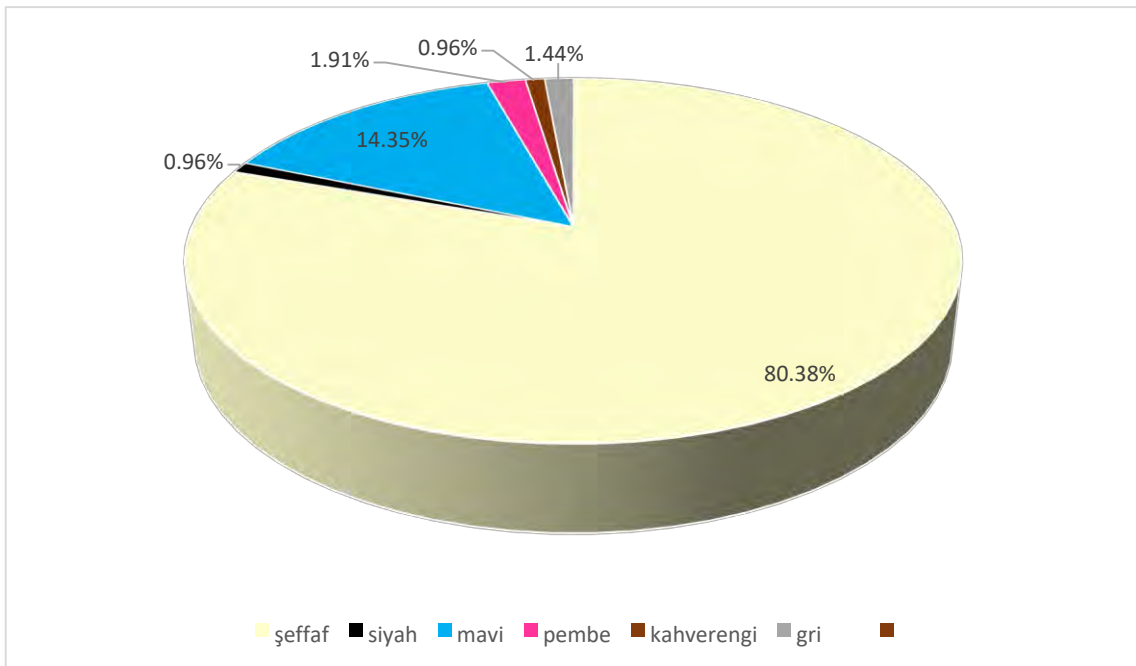
DSİ 4. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenen 15 noktanın mikroskopta incelenmesi sonucunda tespit edilen mikroplastiklere ait renklerin oranları Şekil 4.32 ile Şekil 4.46 arasında verilmiştir. Tüm örneklere bakıldığında şeffaf, beyaz, mavi, siyah, gri, yeşil, pembe, mor, sarı, kahverengi ve kırmızı renkleri görülmüştür. Konya Hadim bölgesinde yer alan Akkaya Deresi'nde beyazın, Niğde Çamardın bölgesinde yer alan Ecemiş Kaynağı'nda gri rengin baskın olduğu tespit edilmiştir. Bu iki bölge haricinde diğer tüm bölgelerde şeffaf renkte mikroplastikler en çok görülmüştür. Sarı, mor ve kırmızı renkler tüm noktalarda en az oranlara sahip olan mikroplastik rengi olarak tespit edilmiştir.



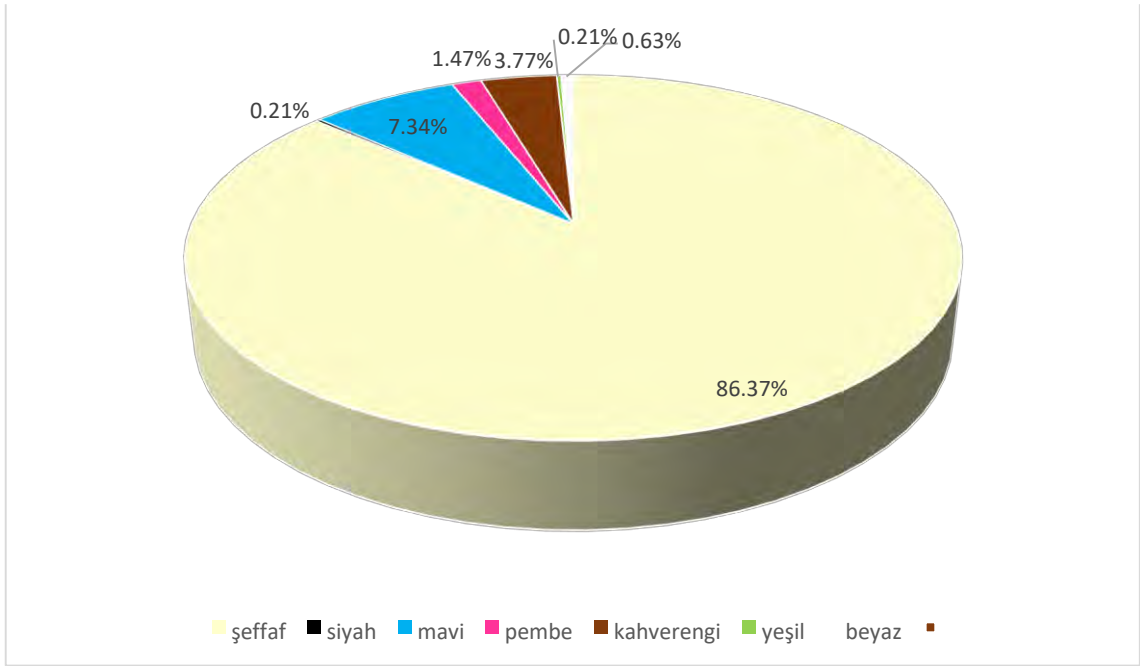
Şekil 4.32: 1. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



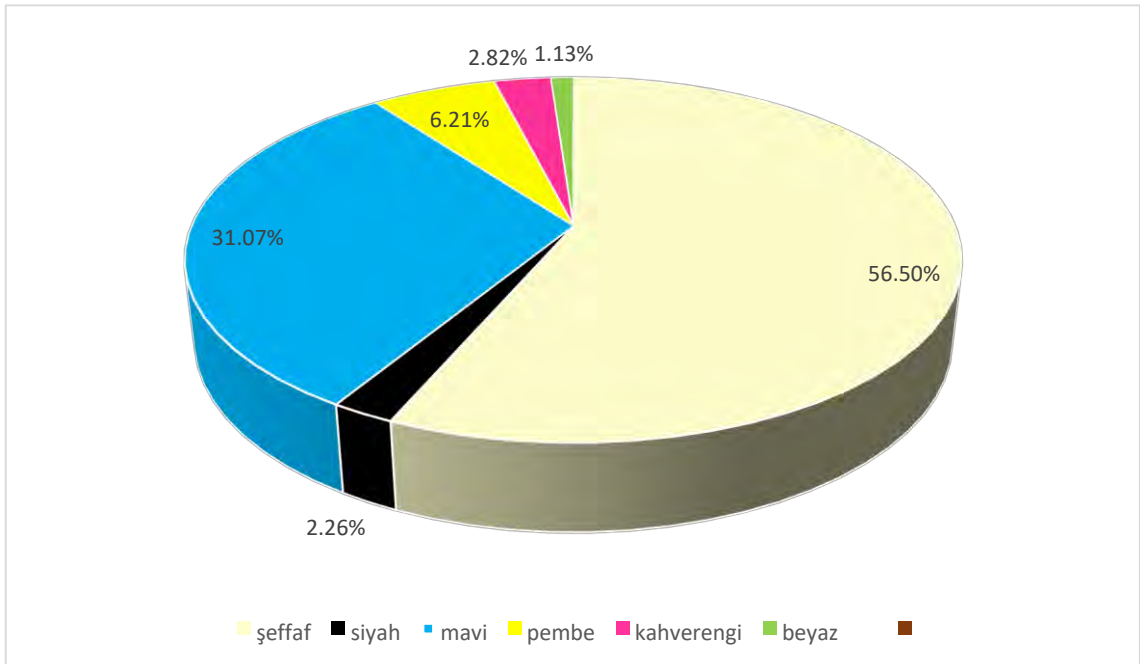
Şekil 4.33: 2. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



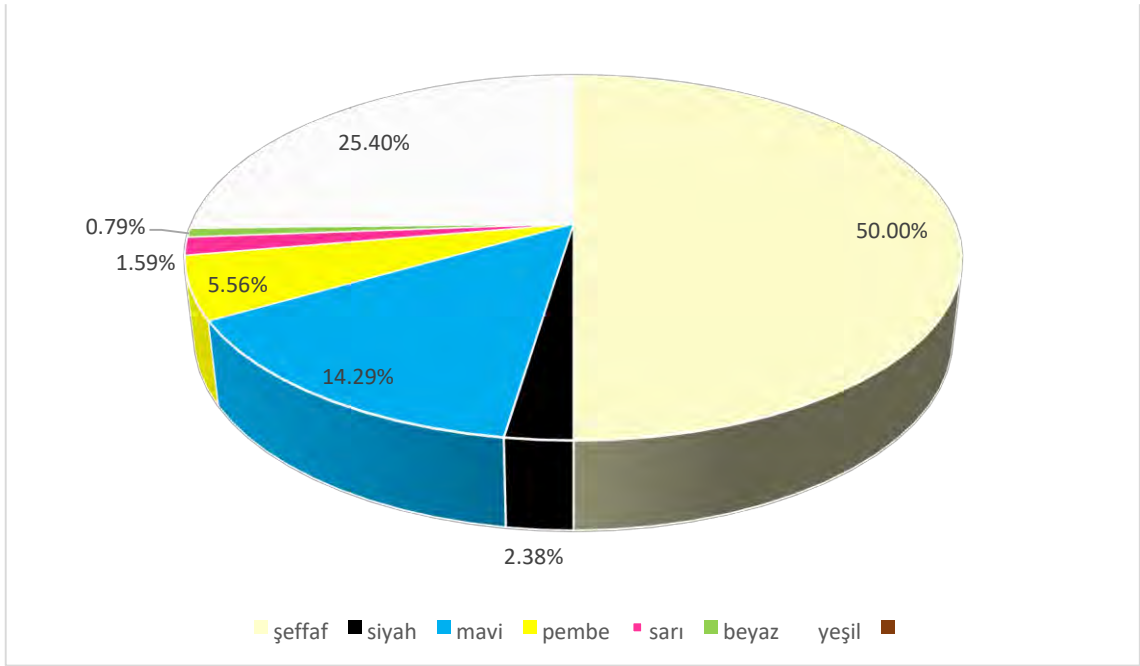
Şekil 4.34: 3. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



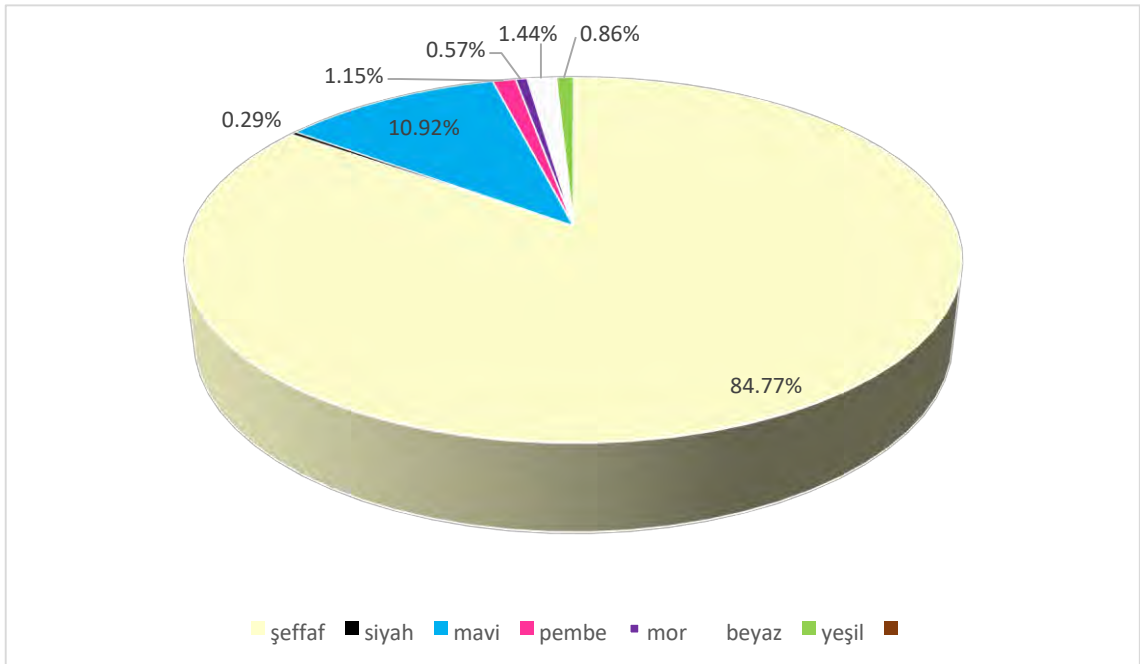
Şekil 4.35: 4. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



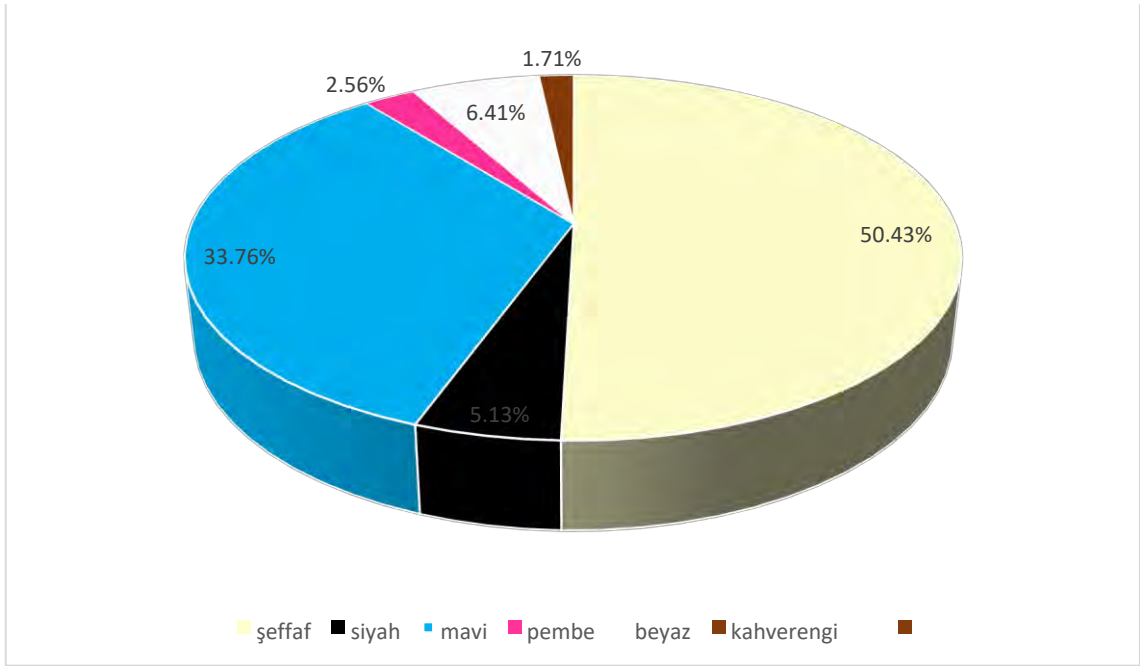
Şekil 4.36: 5. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



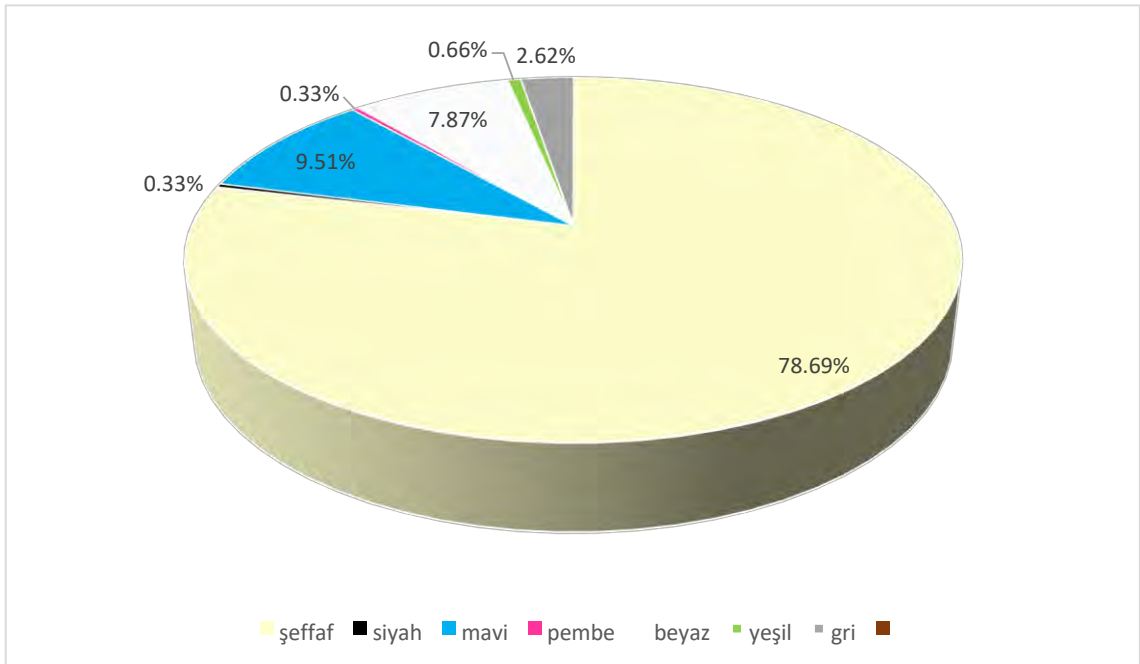
Şekil 4.37: 6. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



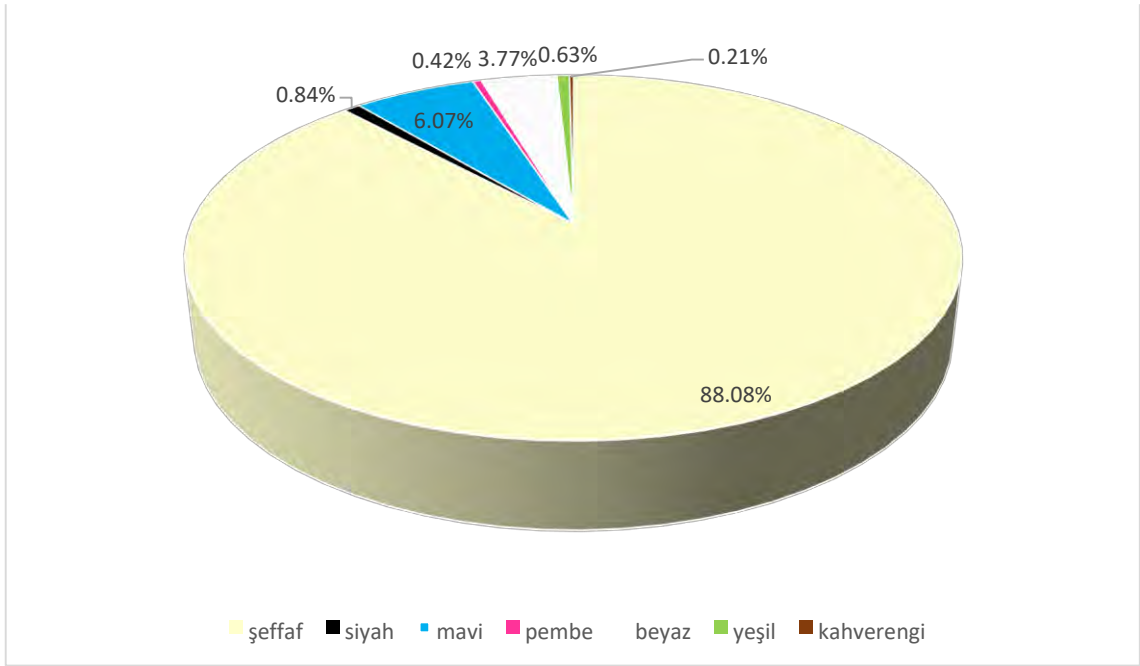
Şekil 4.38: 7. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



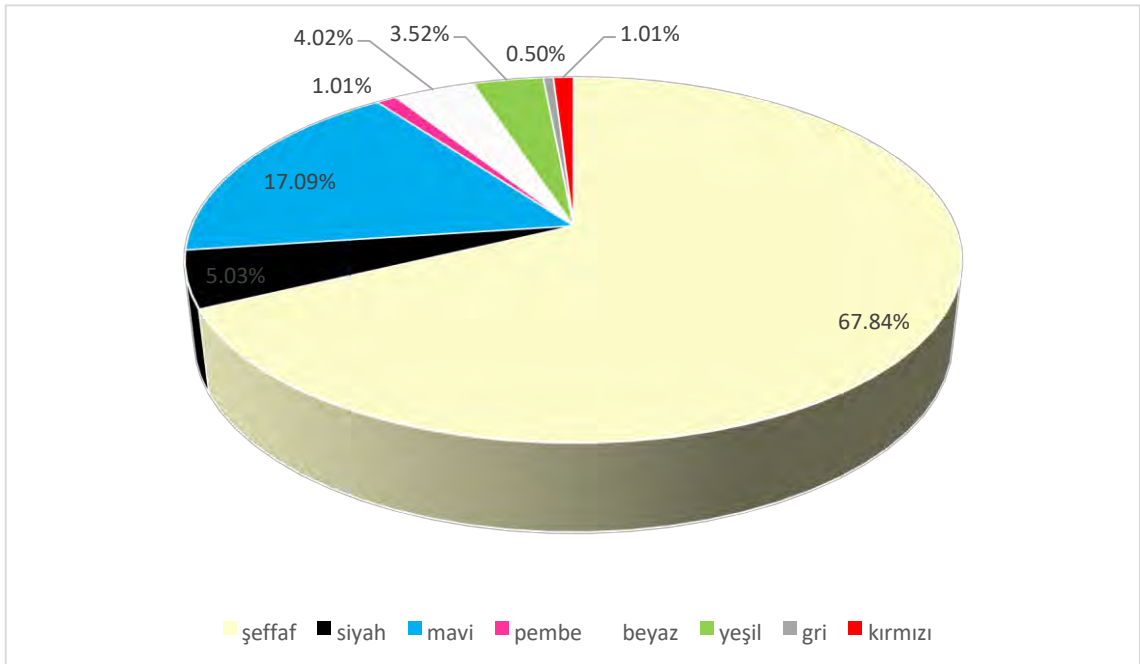
Şekil 4.39: 8. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



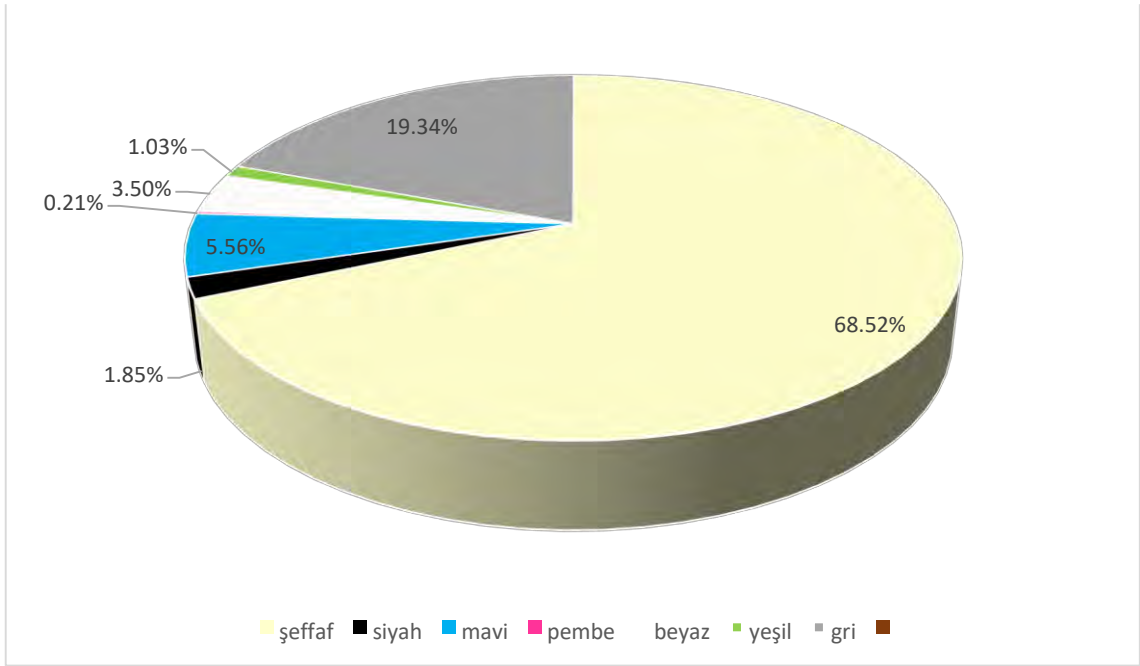
Şekil 4.40: 9. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



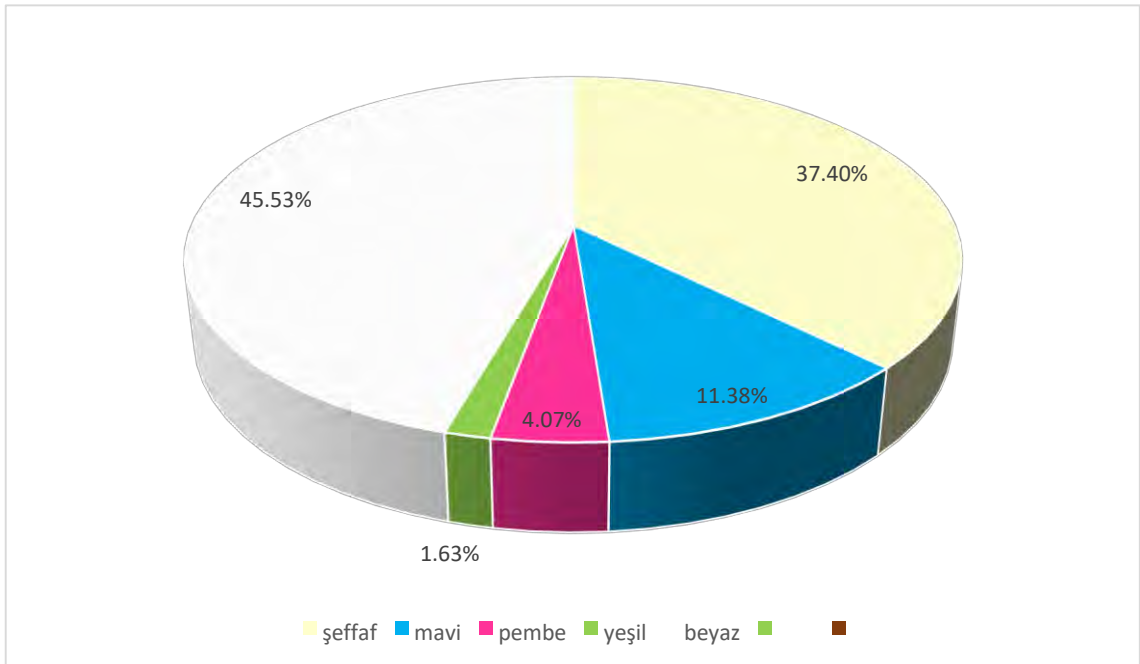
Şekil 4.41: 10. Örnekleme noktası mikroplastik türleri



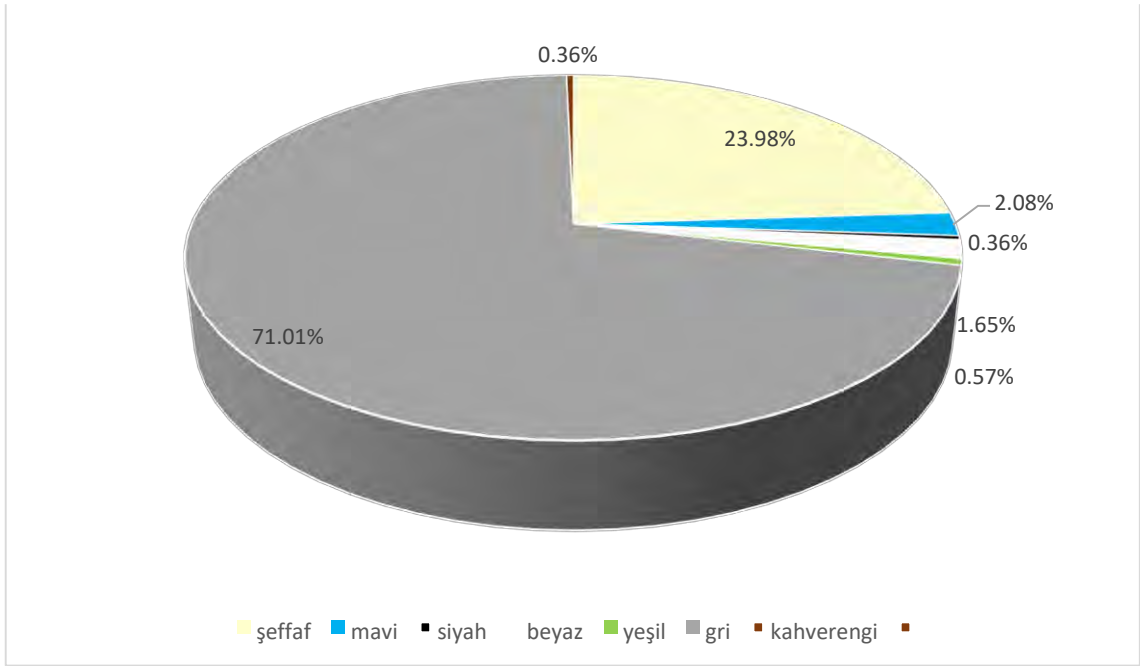
Şekil 4.42: 11. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



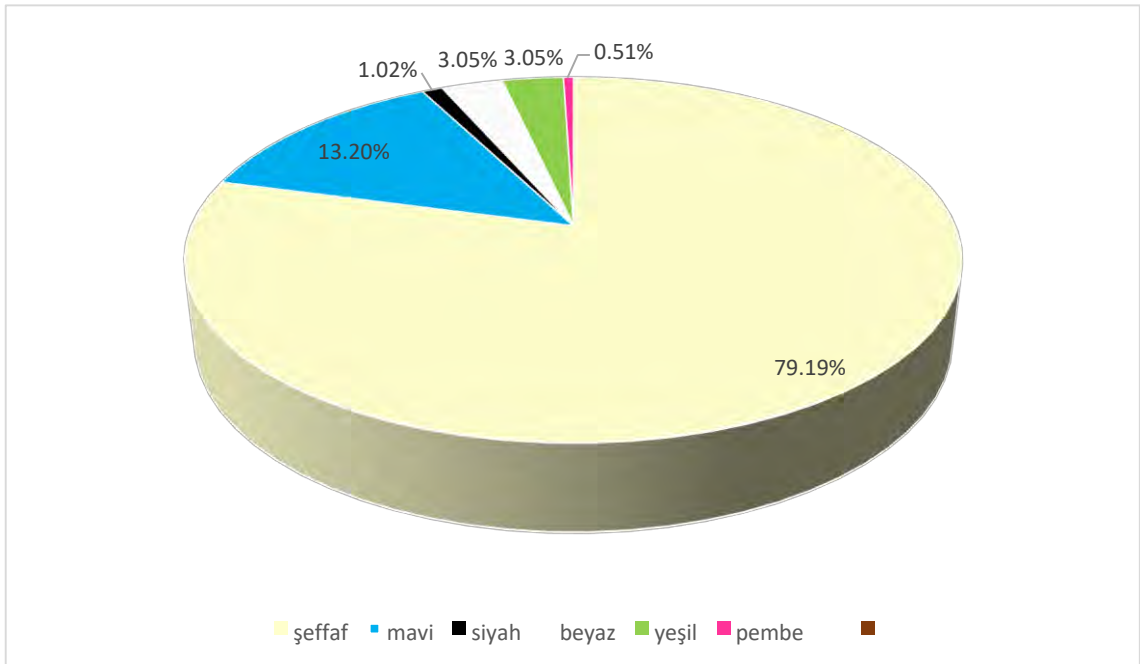
Şekil 4.43: 12. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



Şekil 4.44: 13. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



Şekil 4.45: 14. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri



Şekil 4.46: 15. Örnekleme noktası mikroplastik renkleri

Elde edilen sonuçlar ile yüzeysel sularda mikroplastiklerle ilgili yapılan çalışmaların sonuçları ile kıyaslanmış ve Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16: Yüzeysel sularda mikroplastiklerle ilgili yapılmış çalışmalar

Örnekleme Alanı	Mikroplastik Miktarı (MP/L)	Türler	Kaynak
Pearl Nehri, Çin	379 - 7924	Film, fiber, fragment	Lin ve diğ., 2018
Wei Nehri, Çin	3,67 - 10,7	Fiber, film, foam, fragment, pellet	Ding ve diğ., 2019
Pearl Nehri, Çin	0,57 - 0,71	Fragment, fiber, foam	Fan ve diğ., 2019
Suzhou ve Huangpu Nehri, Çin	1,8 - 2,4	Fiber, fragment, film, pellet	Luo ve diğ., 2019
Yellow Nehri, Çin	380 - 1392	Fiber, fragment, pellet	Han ve diğ., 2020
Surabaya Nehri, Endonezya	1,47 - 43,11	Fiber, fragment, foam, pellet	Lestari ve diğ., 2020
Magdalena Nehri, Kolombiya	0 - 0,14	Fiber, fragment, pellet	Martinez Silva ve Nanny, 2020
Vistula Nehri, Polonya	1,6 - 2,55	Fiber, fragment	Sekudewicz ve diğ., 2021
Manas Nehri, Çin	10 - 22	Fiber, fragment, film	Wang ve diğ., 2021
Gang Nehri, Hindistan	0 - 0,125	Fiber, fragment	Napper ve diğ., 2021
Konya kapalı havzası, yüzeysel su kaynakları, Türkiye	3,3 - 23,3	Fiber, fragment, foam, film, pellet	Bu çalışma, 2022

Çalışmamızda da numune alınan örnekleme noktalarının etrafında herhangi bir sanayi kuruluşu olmadığından mikroplastik kaynağının yıkama sularından veya evsel atıksulardan kaynaklandığı söylenebilir. Yapılan çalışmalar bizim çalışmamız ile kıyaslandığında bazı örnekleme alanlarında konsantrasyon aralıkları yüksek çıkarken bazı örnekleme alanlarındaki konsantrasyon aralıkları daha düşük çıkmıştır. Bu durumu etkileyen birçok faktörün olmasının yanı sıra çalışmamızın literatürle uyumlu olmadığı görülmüştür. Konya kapalı havzasında DSİ 4. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenen 15 farklı örnekleme noktasından alınan örnekler incelendiğinde değerlerin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu örnekleme noktalarından biri olan Niğde Çamardın bölgesine ait Ecemiş Kaynağı en yüksek konsantrasyon değerine sahip olan nokta olarak belirlenmiştir. Mikroplastik türü olarak ise en baskın tür fragment olarak tespit edilmiştir. Mikroplastikler birincil ve ikincil mikroplastik olmak üzere sınıflandırılırlar. Peletler, mikro boncuklar ve fiberler birincil mikroplastikler grubuna girerken, büyük boyutlu plastiklerin parçalanması sonucu oluşan plastikler ikincil mikroplastikler grubuna

girmektedir (Çağlayan ve Aytan, 2020). Fragmentler de ikincil mikroplastik grubunda yer almaktadır.

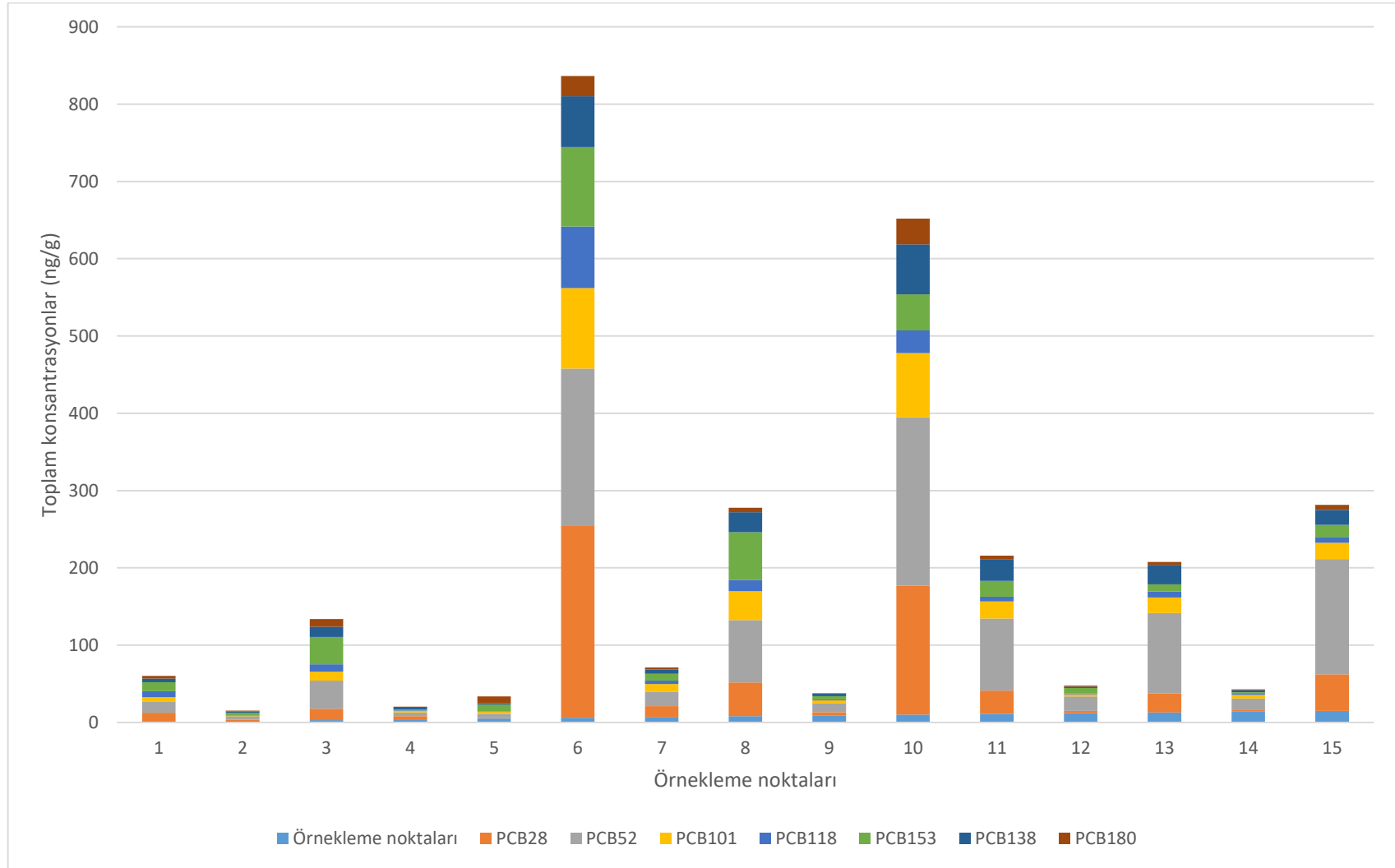
4.2 Mikroplastiklere İlintili PCB Analiz Sonuçları

Mikroplastiklere ilintili PCB'lerin sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir. Tüm konsantrasyon sonuçlarına bakıldığında en yüksek Σ PCB konsantrasyonunun 249 ng/g ile Ankara Şereflikoçhisar bölgesinde yer alan Yanarkaç Deresi'nde olduğu tespit edildi. En düşük konsantrasyonun ise 0,53 ng/g ile Konya Kulu bölgesinde yer alan Özdere'de olduğu görüldü.

Çizelge 4.17: Mikroplastiklere ilintili PCB'lerin konsantrasyonu (ng/g)

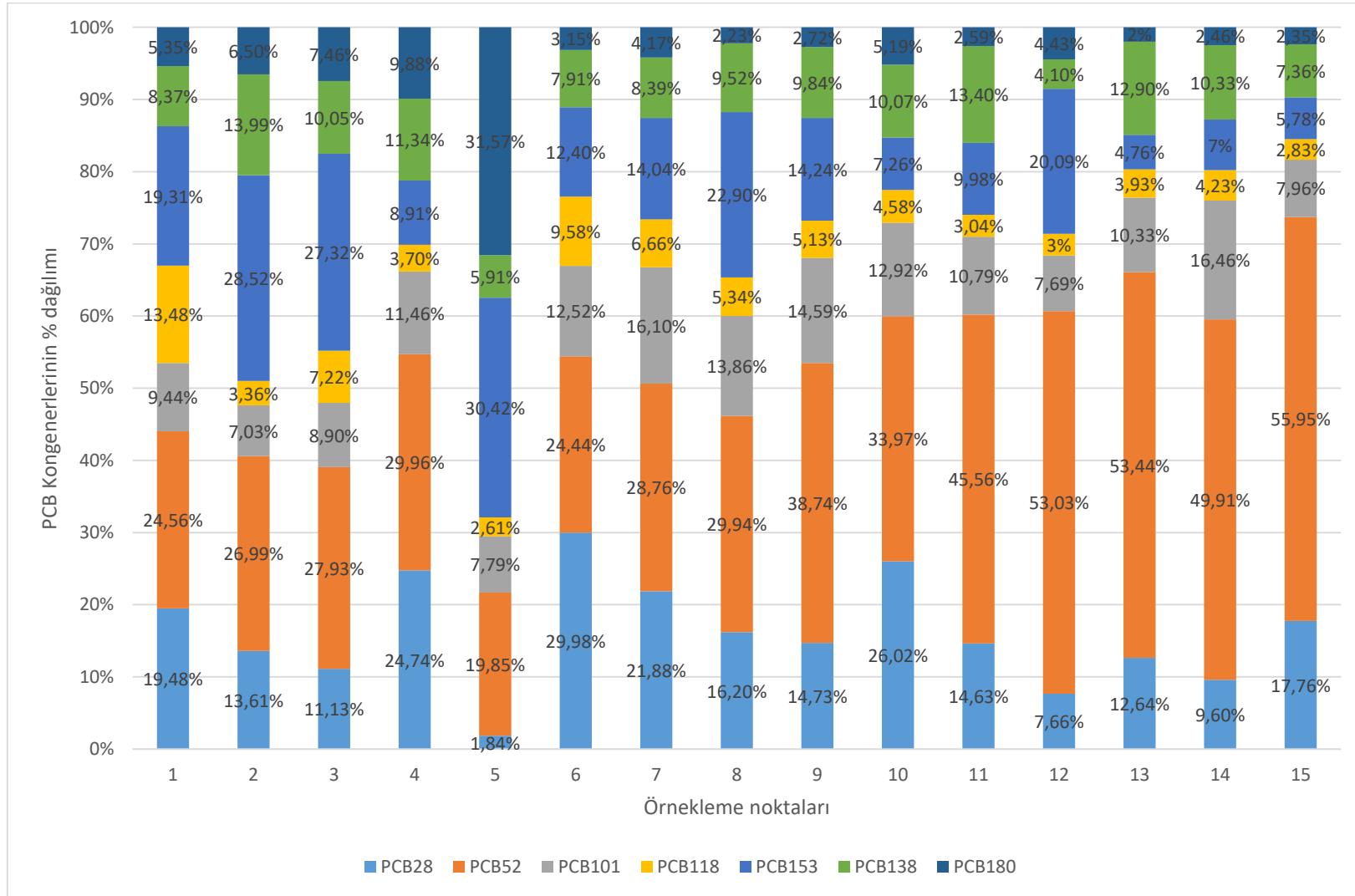
Örnekleme Noktası	Konsantrasyon (ng/g)						
	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB153	PCB138	PCB180
1	11,5	14,5	5,57	7,96	11,4	4,94	3,16
2	1,78	3,53	0,92	0,44	3,73	1,83	0,85
3	14,57	36,41	11,66	9,41	35,60	13,18	9,72
4	4,08	4,94	1,89	0,61	1,47	1,87	1,63
5	0,53	5,71	2,24	0,75	8,75	1,70	9,08
6	249	203	104	79,6	103	65,7	26,2
7	14,0	18,4	10,3	4,26	8,98	5,37	2,67
8	43,7	80,8	37,4	14,4	61,8	25,7	6,03
9	4,22	11,1	4,18	1,47	4,08	2,82	0,78
10	167	218	82,9	29,4	46,6	64,6	33,3
11	30,0	93,4	22,1	6,24	20,4	27,4	5,31
12	2,73	18,9	2,74	1,07	7,16	1,46	1,58
13	24,6	104	20,1	7,65	9,26	25,13	3,89
14	2,77	14,2	4,75	1,22	2,02	2,98	0,71
15	47,3	149	21,2	7,53	15,47	19,6	6,26

Tüm örnekleme noktalarındaki PCB kongenerlerinin konsantrasyonları Şekil 4.47'de verilmiştir. Konya Seydişehir bölgesinde yer alan Suğla Membası'nda PCB kongenerlerinden PCB153'ün, Konya Kulu bölgesinde yer alan Özdere'de PCB180'in ve Ankara Şereflikoçhisar bölgesinde yer alan Yanarkaç Deresi'nde PCB28'in konsantrasyonlarının fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu üç örnekleme noktasının haricindeki tüm noktalarda PCB52 kongenerinin konsantrasyonunun oldukça fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 4.47: Yüzeysel sularda tespit edilen toplam PCB kongenerlerinin konsantrasyonları

Şekil 4.48’de tüm örnekleme noktalarına ait PCB kongenerlerinin konsantrasyonlarına ait yüzdeler dağılımları verilmiştir. Konya Seydişehir bölgesinde yer alan Suğla Membaşı’nda PCB kongenerlerinden PCB153’ün, Konya Kulu bölgesinde yer alan Özdere’de PCB180’in ve Ankara Şereflikoçhisar bölgesinde yer alan Yanarkaç Deresi’nde PCB28’in konsantrasyonlarının yüzdeler dağılımlarının fazla olduğu tespit edilmiştir. Diğer 12 adet örnekleme noktasının tümünde PCB52 kongenerinin konsantrasyonunun yüzdeler dağılımlarına bakıldığında oldukça fazla olduğu görülmüştür. Konya Kadınhanı bölgesinde yer alan Atlantı Sulama Kanalı’nda PCB52 kongenerine ait en yüksek yüzdeler değeri elde edilmiştir. En düşük yüzdeler kısmı ise Konya Kulu bölgesinde yer alan Özdere’de PCB28 konsantrasyonunda tespit edilmiştir.



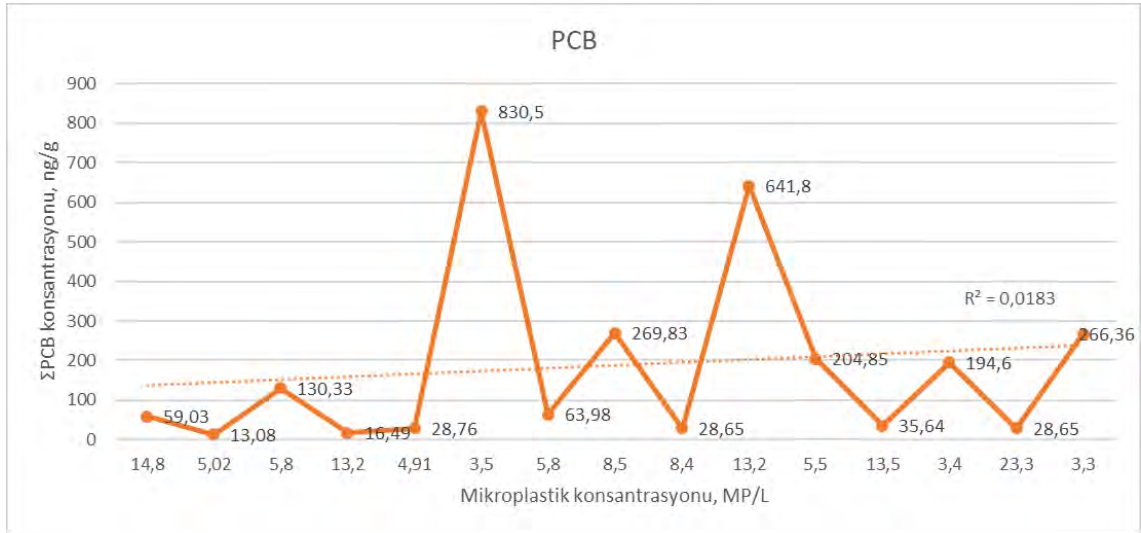
Şekil 4.48: Yüzeysel sularda tespit edilen toplam PCB kongenerlerinin konsantrasyonlarının yüzdelik dağılımlar

Çeşitli ülkelerde yapılmış çalışmalarda ölçülen PCB konsantrasyon değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir. Analizler sonucunda yapmış olduğumuz çalışma ile literatürdeki çalışmalar kıyaslandığında elde edilen veriler genellikle Konya kapalı havzasında belirlenen 15 noktaya göre daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Uygun olmayan koşullardaki yakma işlemlerinin sonucunda doğaya bırakılan PCB, sindirim, sinir ve solunum sistemlerini etkilemektedir. Çevreye salınımları kazalar, sanayi tesislerinden kaynaklanan sızıntılar ve uygun olmayan bertaraf yolları ile gerçekleşmektedir. Bu durumun dışında suda buharlaşıp atmosfere dağılması ve yüksek klorlu bifenillerin partiküllere bağlanması da PCB’lerin açığa çıkma nedenlerindedir. Daha yüksek klorlu PCB’ler ise bozulmaya karşı çok daha fazla dayanıklıdırlar. PCB’ler kalıcılığı yüksek olması nedeniyle birçok çalışmada olduğu gibi yapmış olduğumuz çalışmada da oldukça yüksek çıkmıştır. PCB’ler aynı zamanda evlerin yangına karşı korunması için katkıda bulunması ve yalıtım kalitesinin artırılması için üretimi sağlanmıştır. Bu yönden insanları yangına karşı koruması olumlu olarak görülse de insan sağlığı açısından da oldukça zararlı olduğu değerlendirilememiştir (PCB ve PCT İçeren Atıkların Yönetimi El Klavuzu, 2009). PCB’lerin uçucu olmaları atmosfere girmelerini ve uzun mesafeli taşınımalarını sağlamakta ve güçlü emilimlerinin yanı sıra bozunmaya karşı dirençli olduklarından çevresel ortamlara yayılmalarına neden olmaktadır (Song ve diğ., 2018)

Çizelge 4.18: Literatürde mikroplastiklere ilintili PCB’ler ile ilgili yapılmış çalışmalar

PCB	Konsantrasyon (ng/g)	Kaynakça
Σ15 PCB	0,02 - 15,6	Frias ve diğ., 2010
Σ13 PCB	0,1 - 9,9	Heskett ve diğ., 2012
Σ7 PCB	0,56 – 170	Van ve diğ., 2012
Σ18 PCB	52 - 223	Antunes ve diğ., 2013
Σ13 PCB	273 - 307	Mizukawa ve diğ., 2013
Σ15 PCB	13 - 1083	Lo ve diğ., 2019
Σ61 PCB	0,6 - 59	Bauhroum ve diğ., 2019
Σ8 PCB	0,8 – 104,6	Gorman ve diğ., 2019
Σ13 PCB	0,04 - 124	Yeo ve diğ., 2020
Σ15 PCB	6,8 – 80,5	Syberg ve diğ., 2020
Σ18 PCB	10,37 – 64,72	Capriotti ve diğ., 2021
Σ7 PCB	0,53 – 249,7	Bu çalışma, 2022

Şekil 4.49’da PCB ve mikroplastik konsantrasyonları arasındaki ilişki ve R^2 değerleri grafikte gösterilmiştir. Tüm örnekleme noktalarına bakıldığında en çok mikroplastik konsantrasyonu Niğde Çamardın bölgesinde yer alan Ecemiş Kaynağında görülmüştür. PCB kongenerlerine bakıldığında ise Isparta Yenişarbademli bölgesinde yer alan Yenişarbademli Deresi’nde PCB52 kongenerinin en yüksek konsantrasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Her iki örnekleme noktası kıyaslandığında yapmış olduğumuz çalışmada mikroplastik ile PCB konsantrasyonları arasında herhangi bir korelasyon görülmemiştir.



Şekil 4.49: Mikroplastik ve PCB konsantrasyonları arasındaki ilişki

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Günümüzde mikroplastikler ve mikroplastiklere ilintili PCB'lerin tespiti hem insan sağlığı hem de çevre açısından oldukça öneme sahiptir. Son zamanlarda bu kirleticiler hakkında mevcut su kaynaklarında yapılan çalışmalarda bir artış söz konusudur. Ancak bu kirleticilerin tespiti için standartlaştırılmış bir analiz yöntemi bulunmamaktadır. Bundan dolayı mikroplastikler ve mikroplastiklere ilintili kirleticilerin tespiti için süreklilik sağlayan ve güvenilir metotlar geliştirilmelidir.

Dünyada poliklorlu bifenillerin sucul ortamlarda birikmesi üzerine pek çok sayıda çalışmalar mevcuttur. Özellikle endüstriyel açıdan gelişmiş ülkelerdeki çalışmalar oldukça dikkat çekmiştir. Yapılmış olan çalışmaların sonucunda Avrupa Birliği ve bir çok ülkede gıda ve çevrede PCB'lerin izlenmesi ve verilerin kaydedilmesi sağlanmıştır. Ülkemizde ise az sayıda çalışma mevcuttur. Ancak yapılmış olan çalışmaların yanı sıra yapılacak olan çalışmalarında desteklenmesi ve bu kirleticilerin kontrol altına alınması oldukça önem arz etmektedir. Türkiye'de poliklorlu bifeniller üretilmemiştir. Ancak bir çok sanayi uygulamasında kullanılmıştır. Son yıllarda özellikle de bu konu üzerinde çalışmalar arttırılmıştır. Türkiye'de ise bu durumun hem biyolojik hem de çevresel açıdan araştırılması ve izlenimi konusunda yetersiz kaldığı söylenebilmektedir.

Yapmış olduğumuz çalışmada Konya kapalı havzasının tamamını temsil eden 15 farklı yüzeysel su örnekleme noktasından alınan numunelerde mikroplastikler ile ilintili PCB'lerin analizi amaçlanmıştır. Çalışmalarda standartlaştırılmış bir yöntem olmayıp bir çok tez ve makale çalışmasından faydalanılmıştır. İlk aşamada mikroplastik analizi gerçekleştirildi. Analiz için elekten geçirme işleminden sonra organik madde giderimi için H_2O_2 ve Fe(II) ile fenton prosesi kullanılmıştır. Ardından yoğunluk ayırma işlemi için $ZnCl_2$ ve tanımlama için stereo ve biyolojik ışık mikroskopları kullanılmıştır.

Mikroplastiklere ilintili poliklorlu bifenillerin analizi için ise yoğunluk ayırma işleminin ardından ekstraksiyon işlemi için n-hekzan:petrol eteri (1:1) ile ultrasonik ekstraksiyon kullanılmıştır. Kolon temizleme işlemi için adsorban olarak sodyum sülfat ve deaktif silika jel ile hazırlanan kolonlar, ekstraktın elüsyonu içinse n-hekzan ve n-hekzan:etil asetat (1:1) solvent karışımları kullanılmıştır. 7-PCB kongenerinin analizleri GC-MS ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında en yüksek mikroplastik konsantrasyonu Ecemiş Kaynağı'nda 23,3 ng/g olarak tespit edildi. Mikroplastik türleri arasından en yoğun fragment olduğu ardından fiber, film, pellet ve foamın geldiği belirlendi. Literatür çalışmalarına bakıldığında birçok çalışmada fragment parçacıkların baskın olduğu görülmüştür. Hatta Türkiye'den çok uzak bir bölge olan Antartika kıtasında bile en yaygın plastik türünün fragment (%51,3) olduğu tespit edilmiştir. Yüzey sularının birçoğunda bulunan fragmentler, su ortamlarına çeşitli yollarla gelen makro ve mezoplastiklerin oksidatif, termal ve ultraviyole ayrışmayla birlikte mikro fragmentlere dönüşürler (Çullu, 2020). Numunelerde mavi, şeffaf, siyah, kırmızı, pembe, mor, kahverengi, beyaz, sarı, yeşil ve gri renkler görüldü ve en baskın rengin gri olduğu tespit edildi. Yerleşim yerlerine yakın olan örnekleme noktalarındaki mikroplastik kaynağın evsel kaynaklı atıksuların olabileceği düşünüldü. Bunun yanında yıkama sularının yüzeysel sulara karışabileceği de bu ihtimaller arasına eklendi. Arıtma tesislerinde yeterli arıtımın gerçekleştirilememesi ve alıcı ortama deşarjı da mikroplastik konsantrasyonlarındaki artışın en büyük sebeplerinden biri olarak tespit edilmiştir.

Atmosferde yayılan iki tür birincil PCB emisyonu vardır. Bunlardan biri kasıtlı olarak üretilen PCB'lerden (IP-PCB) kaynaklanan birincil emisyonlar diğeri ise kasıtsız olarak üretilen PCB'lerden (UP-PCB) kaynaklanmaktadır. Çin'de yapılmış olan bir çalışma 1950'den 2010'a kadar UP-PCB emisyonlarını sunmuştur. Bu yıllar arasındaki toplam UP-PCB emisyonlarının Çin'de hızlı ve sürekli gelişmekte olan çimento ve çelik endüstrilerinden olduğu tahmin edilmiştir. 2005'te yapılmış olan bir başka çalışmadaki UP-PCB emisyonları ile bu çalışmada ölçülen PCB hava konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Bu iki çalışma kıyaslandığında kentsel alanlarda değil kırsal alanlarda önemli bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Cui ve diğ., 2013).

Çevredeki farklı PCB'ler kaynakları bilinmemesinin yanında su, toprak ve hava olmak üzere tüm küresel ekosistemde yer almaktadır. Bu kirleticilerin atmosfer üzerinde hızlı bir şekilde taşınması kullanılmamış ve herhangi bir kirletici kaynağının olmadığı alana bile dağılmalarını sağlamıştır. PCB'ler sediment içerisinde yıllarca kalırlar ve yüzeysel sulara yeniden dağılımları gerçekleşmektedir. Canlı organizmalar tarafından besin zannedilip yutulan bu kirleticiler besin zincirine girerler ve organizmalarda birikirler (Reddy ve diğ.,2020).

Syed ve diğ. (2013) Yapmış olduğu çalışmasında Pakistan'ın Pencap Eyaletindeki endüstriyel ve tarımsal alanlarda hava ve topraktaki poliklorlu bifenil (PCB) bileşiklerinin konsantrasyonlarına ilişkin bir araştırma yapmıştır. PCB bileşim konsantrasyonlarına bakıldığında tri- ve tetra-CB'lerin toplam konsantrasyonlarının %37 ve %29'unu oluşturan ana bileşenler olduğunu ve yüksek moleküler ağırlıklı PCB'lerin (penta-, heksa- ve hepta-CB'ler) konsantrasyonlarının sırasıyla %22, %7 ve %5 yani daha düşük olduklarını belirtmiştir.

Mikroplastiklere ilintili PCB'lerin analizi için yapılan çalışmalar sonucunda ise PCB kongenerleri arasından Suğla Mamba'sı, Özdere ve Yanarkaç Deresi hariç PCB52'nin baskın olduğu görüldü. En yüksek PCB konsantrasyonu 249 ng/g ile Yanarkaç Deresi'nde tespit edildi. Daha düşük klorlu türdeşlerin (PCB18-PCB52) havada zaman içerisinde nispeten daha kararlı seviyelere sahiptir (Andersen ve diğ., 2021). Konya kapalı havzasında belirlenen 15 örnekleme alanı incelendiğinde herhangi bir endüstriyel faaliyetin olmaması ve düşük klorlu bileşiklerin daha yoğunlukta olması bu bileşenlerin atmosferik olaylar sonucunda meydana geldiğini ve düşük moleküler ağırlığa sahip olan bu kongenerlerin kalıcılıklarından dolayı diğer çalışmalarda olduğu gibi bizim çalışmamızda da daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edildiği düşünülmüştür.

5.2 Öneriler

Poliklorlu bifeniller yağlı dokularda birikmesi, kalıcılık özellikleri ve dayanıklı olmalarının yanı sıra canlılar üzerinde de kansorejenik gibi olumsuz etkilere sahiptir. Bundan dolayı çevresel örneklerde, gıda örneklerinde poliklorlu bifenillerin analizlerinin gerçekleştirilmesi, tespitinin yapılması ve takibi için yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

Türkiye'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Bölgesel Deniz Sözleşmeleri kapsamında denizlerde kirlilik izleme çalışmaları yürütülmektedir. Bunun yanı sıra üniversitelerde de mikroplastik çalışmaları yapılmıştır. Ancak Türkiye'deki tüm kıyı ve denizleri kapsayacak şekilde detaylı bir araştırma yapılmamış olup mikroplastiklerin ve kalıcı organik kirleticilerin analizlerinin gerçekleştirilmesi için ekipman, bilim insanları gibi tüm eksiklerin tamamlanması ve projelere destek verilmesi gerekmektedir (Tübitak/Mam, 2020).

Sürdürülebilir atık yönetimi konusundaki tüm eksiklikler giderilmelidir. Ülkemizde sürdürülebilir atık yönetimini kapsayan Sıfır Atık Yönetmeliği yayınlanmıştır (Resmi Gazete No: 30829, 2019). Böylelikle plastik gibi atıkların geri kazanımı ve kullanımının en aza indirilmesi sağlanmıştır. Yüzeysel su kaynaklarında tespit edilen mikroplastiklerin giderimi içinde en uygun teknolojinin seçilmesi önemli konular arasında yer almaktadır.

Kozmetik ürünlerde tercih edilen mikroboncukların kullanımı ile ilgili tüketici bilinçlendirilmeli ve bu konu hakkında yasaklandırmalar getirilmelidir. Bu ürünlerin kullanımı yerine çevre dostu ürünlerin üretimi desteklenmelidir. Çamaşır makinelerinin tahliye kısımlarında filtre kullanımları gerçekleştirilmelidir (Bakkaloğlu, 2019).

Doğal ekosistemlerin dengesini sağlamak adına kirleticilerin önlenmesi açısından kaynakların azaltılması ve bu kirleticilerin giderimi oldukça önemlidir. Mikroplastiklerin ve mikroplastiklere ilintili kirleticilerin dayanıklılıkları nedeniyle giderim yöntemlerinin geliştirilmesi kirliliği kontrol altına alması açısından desteklenmelidir (Gülçiçek Uysal, 2021).

Konya kapalı havzasında belirlenen 15 örnekleme alanında mikroplastikler ve adsopladıkları PCB'lerin incelenmesi sonucunda çok fazla görülmesi endişe yaratmaktadır. Türkiye genelinde araştırmaların yetersiz kaldığı bu çalışmalar yaygınlaştırılmalı ve plastiklerin kullanımı hakkında bilinçlendirmeler yapılmalıdır. Çevre açısından en önemli adım kirlenmiş alanların ve kaynaklarının belirlenmesidir. PCB'leri içeren atıkları ve PCB'leri çevreye yayılmaları engellenmeli ve zarar vermeyecek şekilde bertarafı sağlanmalıdır. Tüm bunlar için yeni projeler geliştirilmeleri çalışmalar desteklenmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Ahmed, R., Hamid, A.K., Krebsbach, S.A., He, J., Wang, D., 2022. Critical review of microplastics removal from the environment. *Chemosphere*, 293.
- Akarsu, C., Kumbur, H., Gökdağ, K., Kıdeys, A., E., Sanchez-Vidal, A., 2020. Microplastics composition and load from three wastewater treatment plants discharging into Mersin Bay, north eastern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 1-13.
- Akçay, S., Törnük, F., Yetim, H. (2020). Mikroplastikler: Gıdalarda Bulunuşu ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 530-538.
- Akdoğan, A., 2011. Bazı pestisitlerin kromatografik ayrılmaları ve tayinleri. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Denizli, 1-166.
- Akdoğan, A., Divrikli, Ü., Elçi, L., 2012. Pestisitlerin Önemi ve Ekosisteme Etkileri. *Akademik Gıda Dergisi*, 10 (1), 125-132.
- Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F., 2009. Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (1), 87-92.
- Andrady, A. L., 2017. The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119, 12-22.
- Antunes, J. C., Frias, J. G. L., Micaelo, A. C., Sobral, P., 2013. Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 62-69.
- Aydın, S., Ulvi, A., Aydın, M, A., Ulvi, A., 2019. Mikroplastikler ve çevresel etkileri. 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi. 14-17 Şubat, Ankara: Doğan Yayınları, 17-26.
- Bakkaloğlu, E., 2019, Atıksu arıtma tesislerinde mikroplastiklerin akıbeti ve taşınımı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Bakir, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., 2014. Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environmental Pollution*, 185, 16-23.
- Battulga, B., Kawashigashi, M., and Oyuntsetseg, B., 2020, Behavior and distribution of polystyrene foams on the shore of Tuul River in Mongolia, 260, 1-7.
- Bayo, J., Olmos, S. And Lopez-Castellanos, J., 2019, Microplastics in an urban wastewater treatment plant: The influence of physicochemical parameters and environmental factors, 238, 1-12.
- Bouhroum, A., Asia, L., Lebarillier, S., Ter Halle, A., Syakti, A.D., Doumenq, P., Malleret, L., Wong-Wah-Chung, P., 2019, Concentrations and fingerprints of PAHs and PCBs adsorbed onto marine plastic debris from the Indonesian Cilacap coast and the North Atlantic gyre. *Regional Studies in Marine Science*, 29.
- Berber, A. A., 2016. Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinde ve Besin Zincirinde Mikroplastikler’in İncelenmesi ve Karakterizasyonu. *Sakarya*. 1-55.
- Bilgin, M., 2019, Farklı tip atıksularda ve arıtma çamurlarında mikroplastik inceleme tekniklerinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Bordos G., Urbanyi B., Micsinai A., Kriszt B., Palotai Z., Szabo I., Hantosi Z. and Szoboszlai S., 2018, Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe, 216, 110-116

- Bridson, J.H., Patel, M., Lewis, A., Gaw, S., and Parker, K., 2019, Microplastic contamination in Auckland (New Zealand) beach sediments, 151, 1-9.
- Camacho, M., Herrera, A., Gomez, M., Acosta-Dacal, A., Martinez, I., HenriquezHernandez, L., A., Luzardo, O., P., 2019. Organic pollutants in marine plastic debris from Canary Islands beaches. *Science of the Total Environment*, 662, 22-31.
- Campanale, C., Massarelli, C., Losacco, D., Bisaccia, D., Triozzi, M., Uricchio, V. F., 2021. The monitoring of pesticides in water matrices and the analytical criticalities: A review. *Trends in Analytical Chemistry*, 144.
- Cannas, S., Fastelli, P., Guerranti, C., and Renzi, M., 2012, Plastic litter in sediments from the coasts of south Tuscany (Tyrrhenian Sea), 119, 372-375.
- Capriotti, M., Cocci, P., Bracchetti, L., Cottone, E., Scandiffio, R., Caprioli, G., Sagratini, G., Mosconi, G., Bovolín, P., Palermo, F. A., 2021. Microplastics and their associated organic pollutants from the coastal waters of the central Adriatic Sea (Italy): Investigation of adipogenic effects in vitro. *Chemosphere*, 263.
- Chen, Q., Zhang, H., Allgeier, A., Zhou, Q., Ouellet, J.D., Crawford, S.E., Luo, Y., Yang, Y., Shi, H., Hollert, H., 2019. Marine microplastics bound dioxin-like chemicals: model explanation and risk assessment, *Journal of Hazard Materials*. 364, 82-90.
- Costa, J. P., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T. A. P., 2017. Microplastics – Occurrence, Fate and Behaviour in the Environment. *Characterization and Analysis of Microplastics*, 75, 1-20.
- Crew, A., Gregory-Eaves, I., Ricciardi, A., 2020. Distribution, abundance, and diversity of microplastics in the upper St. Lawrence River. *Environmental Pollution*, 260, 111.
- Cui, S., Qi, H., Liu, L., Song, W., Ma, W., Jia, H., Ding, Y., 2013. Emission of unintentionally produced polychlorinated biphenyls (UP-PCBs) in China: Has this become the major source of PCBs in Chinese air?. *Atmospheric Environment*, 67, 73-79.
- Çakmak, Ö., Acaröz, U., 2021. Su kaynaklarında mikroplastik varlığı ve insan sağlığı açısından önemi, *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 79-88.
- Çağlayan, H.S., Aytan, Ü., 2020. Mikroplastiklerin deniz çevresinde neden olduğu etkiler, *Effects of Microplastics in Marine Environment*, 6, 44-56.
- Çullu, A. F., Sönmez, V. Z., Sivri, N., 2021. Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution. *Environmental Pollution*, 268.
- Dasgupta, S., Peng, X., Xu, H., Ta, K., Chen, S., Li, J., Du, M., 2021. Deep seafloor plastics as the source and sink of organic pollutants in the northern South China Sea. *Science of the Total Environment*, 765.
- Ding, L., Mao, R., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., Yang, C., 2019. Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest of China. *Science of the Total Environment*, 667, 427-434.
- Diri, M., 2018. Konya Kapalı Havzası yüzeysel su kalitesi değişiminin izlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2553.
- Dodson, G. Z., Shotorban, A. K., Hatcher, P. G., Waggoner, D. C., Ghosal, S., Noffke, N., 2020. Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 1-11.

- Doğruyol, P., 2019. Haliç sedimanlarında mikroplastik kirliliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 1-83.
- Edo, C., Gonzalez-Pleiter, M., Leganes, F., Fernandez-Pinas, F. And Rosal, R., 2019, Fate of microplastics in wastewater treatment plants and their environmental dispersion with effluent and sludge, 259, 1-9.
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R., C., Aldridge, D., C., 2015. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63-82.
- Egessa, R., Nankabirwa, A., Basooma, R., and Nabwire, R., 2020, Occurrence, distribution and size relationships of plastic debris along shores and sediment of northern Lake Victoria, 257, 1-9.
- Endo, S., Yuyama, M., Takada, H., 2013. Desorption kinetics of hydrophobic organic contaminants from marine plastic pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 125-131.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, X., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S., 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 177-182.
- Esmeray, E., Armutçu, C., 2020. Mikroplastikler, Çevre-İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz Yöntemleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 839-868.
- Falahudin, D., Cordova, M, R., Sun, X., Yogaswara, D., Wulandari, I., Hindarti, D., Arifin, Z., 2020. The first occurrence, spatial distribution and characteristics of microplastic particles in sediments from Banten Bay, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 705, 1-10.
- Fan, Y., Zheng, K., Zhu, Z., Chen, G., Peng, X., 2019. Distribution, sedimentary record, and persistence of microplastics in the Pearl River catchment. *China. Environment Pollution* 251, 862–870.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2002. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides.
- Firdaus, M., Trihadiningrum, Y., Lestari, P., 2020. Microplastic pollution in the sediment of Jagir Estuary, Surabaya City, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 1-9.
- Fortin, S., Song, B., and Burbage, C., 2019, Quantifying and identifying microplastics in the effluent of advanced wastewater treatment systems using Raman microspectroscopy, 149, 1-7.
- Fraser, M.A., Chen, L., Ashar, M., Huang, W., Zeng, J., Zhang, C., and Zhang, D., 2020, Occurrence and distribution of microplastics and polychlorinated biphenyls in sediments from the Qiantang River and Hangzhou Bay, China, 196, 1-10.
- Fred-Ahmadu, O. H., Tenebe, I. T., Ayejuyo, O. O., Benson, N. U., 2022. Microplastics and associated organic pollutants in beach sediments from the Gulf of Guinea (SE Atlantic) coastal ecosystems. *Chemosphere*, 298.
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamsın, N. J., Boldgiv, B., 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85, 156-163.
- Frias, J. P. G. L., Sobral, P., Ferreira, A. M., 2010. Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese Coast. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 1988-1992.
- Guerranti, C., Cannas, S., Scopentani, C., Fastelli, P., Cincinelli, A., and Renzi, M., 2017,

- Plastic litter in aquatic environments of Maremma Regional Park (Tyrrhenian Sea, Italy): Contribution by the Ombrone river and levels in marine sediments, 117, 366370.
- Gorman, D., Moreira, F.T., Turra, A., Fontenelle, F.R., Combi, T., Bicego, M.C., Martins, C., 2019. Organic contamination of beached plastic pellets in the South Atlantic: Risk assessments can benefit by considering spatial gradients. *Chemosphere*, 223, 608-615.
- Gökdağ, K., 2017. Kuzeydoğu Akdeniz’de denizsuyu, Sediman ve balıkların sindirim kanalında mikroplastik kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 19-97.
- Gündoğdu, S., Çevik, C., 2017. Micro-and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples, *Marine Pollution Bulletin*, 118, 341-347.
- Gürbüz, Ö., 2017. Marmara Denizi mikroplastik karakterizasyonu ve dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, 1-111.
- Güvenç D., Aksoy A., 2007, Poliklorlu Bifenillerin Toksikolojisi, 78, 17-25.
- Han, M., Niu, X., Tang, M., Zhang, B.-T., Wang, G., Yue, W., Kong, X., Zhu, J., 2020. Distribution of microplastics in surface water of the lower Yellow River near estuary. *Science Total Environmental*, 707, 135601.
- He, B., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A., Rintoul, L., 2020. Abundance, distribution patterns, and identification of microplastics in Brisbane River sediments, Australia. *Science of the Total Environment*, 700, 1-10.
- Heskett, M., Takada, H., Yamashita, R., Yuyama, M., Ito, M., Geok, Y. B., Ogata, Y., Kwan, C., Heckhausen, A., Taylor, H., Powell, T., Morishige, C., Young, D., Patterson, H., Robertson, B., Bailey, E., Mermoz, J., 2012. Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: Toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 445-448.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., Thiel, M., 2012. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science&Technology*, 46, 3060-3075.
- Hirai, H., Takada, H., Ogata, Y., Yamashita, R., Mizukawa, K., Saha, M., Kwan, C., Moore, C., Gray, H., Laursen, D., Zettler, E.R., Farrington, J.W., Reddy, C.M., Peacock, E.E., Ward, M.W., 2011. Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches, *Marine Pollution Bulletin*, 1683-1692.
- Horton, A., A., Svendsen, C., Williams, R., J., Spurgeon, D., J., Lahive, E., 2017. Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – Abundance, sources and methods for effective quantification. *Marine Pollution Bulletin*, 114, 218-226.
- Huang, Y., Liu, Q., Jia, W., Yan, C., and Wang J., 2020, Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment, 260, 1-6.
- Huang, Y., Yan, M., Xu, K., Nie, H., Gong, H., Wang, J., 2019. Distribution characteristics of microplastics in Zhubi Reef from South China Sea. *Environmental Pollution*, 255, 1-8.

- Jiang, C., Yin, L., Li, Z., Wen, X., Luo, X., Hu, S., Yang, H., Long, Y., Deng, B., Huang, L., Liu, Y., 2019. Microplastic pollution in the rivers of the Tibet Plateau. *Environmental Pollution*, 249,91-98.
- Jiang, Y., Yang, F., Zhao, Y., Wang, J., 2020. Greenland Sea Gyre increases microplastic pollution in the surface waters of the Nordic Seas. *Science of the Total Environment*, 712, 1-9.
- Karakuş P., 2012, PCB'lerin Genel Özellikleri, İnsan ve Çevre Sağlığı Üzerine Etkileri, PCB Arındırma ve Bertaraf Yöntemleri, Atık Yönetimi Sempozyumu.
- Karapanagioti, H.K., Endo, S., Ogata, Y., Takada, H., 2011. *Marine Pollution Bulletin*, 312-317.
- Kazour, M., Jemaa, S., Issa, C., Khalaf, G., Amara, R., 2019. Microplastics pollution along the Lebanese coast (Eastern Mediterranean Basin): Occurrence in surface water, sediments and biota samples. *Science of the Total Environment*, 696, 1-12.
- Klein S., Dimzon I. K., Eubeler J., Knepper T. P., 2018. Analysis, occurrence, and degradation of microplastics in the aqueous environment. *Freshwater microplastics: emerging environmental contaminants*. Editörler: Wagner M., Lambert S. Springer, Heidelberg, 51-67.
- Koçyiğit, H., Sinanoğlu, F., 2019. Yüzeysel Sularda Pestisit Kalıntısının Araştırılması Çalışma Örneği; Alanya Alara Çayı. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5 (2), 224236.
- Konya, M. Y., 2019. Marmara Denizi Büyükçekmece ve Tuzla istasyonları mikroplastik miktarları ve dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 12-18.
- Kor, K., Ghazilou, A., and Ershadifar, H., 2020, Microplastic pollution in the littoral sediments of the northern part of the Oman Sea, 155, 1-9.
- Laskar, N., and Kumar, U., 2019, *Plastics and microplastics:A threat to environment*, 14, 1-9.
- Laskar, N., and Kumar, U., 2019, *Plastics and microplastics:A threat to environment*, 14, 1-9.
- Lee, H., Shim, W. J., Kwon, J., 2014. Sorption capacity of plastic debris for hydrophobic organic chemicals. *Science of the Total Environment*, 470-471, 1545-1552.
- Lee, J., Hong, S., Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, Y.C., Jang, M., Heo, N.W., Han, G.M., Lee, M.J., Kang, D., and Shim, W.J., 2013, Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea, 77, 349-355.
- Le, D. Q., Takada, H., Yamashita, R., Mizukawa, K., Hosoda, J., Tuyet, D. A., 2016. Temporal and spatial changes in persistent organic pollutants in Vietnamese coastal waters detected from plastic resin pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 320-324.
- Leon, V. M., Garcia-Agüera, I., Molto, V., Fernandez-Gonzalez, V., Llorca-Perez, L., Andrade, J. M., Muniategui-Lorenzo, S., Campillo, J. A., 2019. PAHs, pesticides, personal care products and plastic additives in plastic debris from Spanish Mediterranean beaches. *Science of the Total Environment*, 670, 672-684.
- Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Wijaya, B.A., Yunus, K.A., Firdaus, M., 2020. Distribution of microplastics in Surabaya River. *Indonesia. Science Total Environmental* 726, 138560
- Li, J., Liu, H., Chen, J. P., 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, 362-374.
- Li, Q., Wu, J., Zhao, X., Gu, X., Ji, R., 2019. Separation and identification of microplastics from soil and sewage sludge. *Environmental Pollution*, 254, 1-9.

- Li, X., Chen, L., Mei, Q., Dong, B., Dai, X., Ding, G., Zeng, E., Y., 2018. Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China. *Water Research*, 142, 75-85.
- Lin, L., Zuo, L.-Z., Peng, J.-P., Cai, L.-Q., Fok, L., Yan, Y., Li, H.-X., Xu, X.-R., 2018. Occurrence and distribution of microplastics in an urban river: a case study in the Pearl River along Guangzhou City. China. *Sci. Total Environ.* 644, 375–381.
- Lo, H., Wong, C., Tam, N. F., Cheung, S., 2019. Spatial distribution and source identification of hydrophobic organic compounds (HOCs) on sedimentary microplastic in Hong Kong. *Chemosphere*, 219, 418-426.
- Lozoya, J. P., Teixeira de Mello, F., Carrizo, D., Weinstein, F., Olivera, Y., Cedres, F., Pereira, M., Fossati, M., 2016. Plastics and microplastics on recreational beaches in Punta del Este (Uruguay): Unseen critical residents. *Environmental Pollution*, 218, 931-941.
- Lucia, L., Izaskun, P., Manuel, G., Larissa, A.N., Isabel, M., Antonio, P., and Alberto, S., 2017, Incidental ingestion of meso- and macro-plastic debris by benthic and demersal fish, 14, 1-5.
- Luo, W., Su, L., Craig, N.J., Du, F., Wu, C., Shi, H., 2019. Comparison of microplastic pollution in different water bodies from urban creeks to coastal waters. *Environmental Pollution* 246, 174–182.
- 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.
- Martínez Silva, P., Nanny, M.A., 2020. Impact of microplastic fibers from the degradation of nonwoven synthetic textiles to the Magdalena River water column and river sediments by the City of Neiva, Huila (Colombia). *Water* 12, 1210.
- Mintemig, S., M., Int-Veen, I., Löder, M., G., J., Primpke, S., Gerdt, G., 2017. Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water Research*, 108, 365-372.
- Mizukawa, K., Takada, H., Ito, M., Geok, Y. B., Hosoda, J., Yamashita, R., Saha, M., Suzuki, S., Miguez, C., Frias, J., Antunes, J. C., Sobral, P., Santos, I., Micaelo, C., Ferreira, A. M., 2013. Monitoring of a wide range of organic micropollutants on the Portuguese coast using plastic resin pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 70, 296302.
- Naji, A., Esmaili, Z., Khan, F., R., 2017. Plastic debris and microplastics along the beaches of the Strait of Hormuz, Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 114. 1057-1062.
- Napper, I.E., Baroth, A., Barrett, A.C., Bhola, S., Chowdhury, G.W., Davies, B.F., Duncan, E.M., Kumar, S., Nelms, S.E., Niloy, M.N.H., 2021. The abundance and characteristics of microplastics in surface water in the transboundary Ganges River. *Environ. Pollut.* 116348.
- Neto, J., A., B., Carvalho, D., G., Medeiros, K., Darabinski, T., L., Melo, G., V., Silva, R., C., O., Silva, D., C., P., Batista, L., S., Dias, G., T., M., Fonseca, E., M., Filho, J., R., S., 2019. The impact of sediment dumping sites on the concentrations of microplastic in the inner continental shelf of Rio de Janeiro/Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 1-8.

- Nie, H., Wang, J., Xu, K., Huang, Y., Yan, M., 2019. Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. *Science of the Total Environment*, 696, 1-7.
- Nor, N., H., M., Obbard, J., P., 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79, 278-283.
- Ogata, Y., Takada, H., Mizukawa, K., Hirai, H., Iwasa, S., Endo, S., Mato, Y., Saha, M., Okuda, K., Nakashima, A., Murakami, M., Zurcher, N., Booyatumanondo, R., Zakaria, M. P., Dung, L. Q., Gordon, M., Miguez, C., Suzuki, S., Moore, C., Karapanagioti, H. K., Weerts, S., McClurg, T., Burres, E., Smith, W., Velkenburg, M. V., Lang, J. S., Lang, R. C., Laursen, D., Danner, B., Stewardson, N., Thompson, R. C., 2009. International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1437-1446.
- Olguner, B., 2021. İstanbul Boğazı sedimentinde mikroplastik kirliliğinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 16-20.
- Özyurt, B., Erkekoğlu, P., 2016. Organoklorlu Pestisitler, Poliklorlu Bifeniller ve Kahve Tüketimi ile Pankreas Kanseri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 36, 70-88.
- Prata, J., C., Costa, J., P., Duarte, A., C., Rocha-Santos, T., 2019. Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *Trends in Analytical Chemistry*, 110, 150-159.
- Pozo, K., Urbina, W., Gómez, V., Torres, M., Nuñez, D., Příbylová, P., Audy, O., Clarke, B., Arias, A., Tombesi, N., Guida, Y., Klánová, J., 151. Persistent organic pollutants sorbed in plastic resin pellet — “Nurdles” from coastal areas of Central Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 1-7.
- Raju, S., Carbery, M., Kuttykattil, A., Senthirajah, K., Lundmark, A., Rogers, Z., SCB, S., Eyans, G. And Palanisami, T., 2020, Improved methodology to determine the fate and transport of microplastics in a secondary wastewater treatment plant, 173, 1-8.
- Reddy, A.V.B., Moniruzzaman, M., Madhavi, G., Aminabhavi, T., 2020. Modern approaches in separation, identification and quantification of polychlorinated biphenyls. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 18, 26-39.
- Ribeiro, F., O'Brien, J.W., Galloway, T., and Thomas, K.V., 2019, Accumulation and fate of nano- and micro-plastics and associated contaminants in organisms, 111, 139-146.
- Rios, L. M., Moore, C., Jones, P.R., 2007. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin* 54, 1230–1237.
- Rodriguez, C., Fossatti, M., Carrizo, D., Sanchez-Garcia, L., Teixeira de Mello, F., Weinstein, F., Lozoya, J. P., 2020. Mesoplastics and large microplastics along a use gradient on the Uruguay Atlantic coast: Types, sources, fates, and chemical loads. *Science of the Total Environment*, 721.
- Rodrigues, J. P., Duarte, A. C., Santos-Echeandía, J., 2019. Significance of interactions between microplastics and POPs in the marine environment: A critical overview. *Trends in Analytical Chemistry*, 111, 252-260.
- Rodrigues, M., O., Abrantes, N., Gonçalves, F., J., M., Nogueira, H., Marques, J., C., Gonçalves, A., M., M., 2018. Spatial and temporal distribution of microplastics in

- water and sediments of a freshwater system (Antuã River, Portugal). *Science of the Total Environment*, 633, 1549-1559.
- Ryan, P. G., Bouwman, H., Moloney, C. L., Yuyama, M., Takada, H., 2012. Long-term decreases in persistent organic pollutants in South African coastal waters detected from beached polyethylene pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2756-2760.
- Schönlau, C., Karlsson, T., M., Rotander, A., Nilsson, H., Engwall, M., Bavel, B., Karrman, A., 2020. Microplastics in sea-surface waters surrounding Sweden sampled by manta trawl and in-situ pump. *Marine Pollution Bulletin*, 153, 1-8.
- Sekudewicz, I., Dąbrowska, A.M., Syczewski, M.D., 2021. Microplastic pollution in surface water and sediments in the urban section of the Vistula River (Poland). *Science Total Environmental* 762, 143111.
- Shi, J., Sanganyado, E., Wang, L., Li, P., Li, X., Liu, W., 2020. Organic pollutants in sedimentary microplastics from eastern Guangdong: Spatial distribution and source identification. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 193, 1-8.
- Sifir Atık Yönetmeliği, Resmi Gazete, 30829, 12 Temmuz 2019.
- 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, 202-209.
- Song, S., Xue, J., Lu, Y., Zhang, H., Wang, H., Wang, C., Cao, X., Li, Q., 2018. Are unintentionally produced polychlorinated biphenyls the main source of polychlorinated biphenyl occurrence in soils?. *Environmental Pollution* 243, 492-500.
- Stanton, T., Johnson, M., Nathanail, P., MacNaughtan, W. And Gomes R., 2020, /, *Environmental Pollution* 263, 1-8.
- Steinman, A. D., Scott, J., Green, L., Partridge, C., Oudsema, M., Hassett, M., Kindervater, E., Rediske, R. R., 2020. Persistent organic pollutants, metals, and the bacterial community composition associated with microplastics in Muskegon Lake (MI). *Journal of Great Lakes Research*, 46, 1444-1458.
- 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.
- Sutton, R., Mason, S., A., Stanek, S., K., Willis-Norton, E., Wren, I., F., Box, C., 2016. Microplastic contamination in the San Francisco Bay, California, USA. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 230-235.
- Syakti, A., D., Hidayati, N., V., Jaya, Y., V., Siregar, S., H., Yude, R., Suhendy, Asia, L., Wong-Wah-Chung, P., Doumenq, P., 2018. Simultaneous grading of microplastic size sampling in the Small Islands of Bintan water, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 593-600.
- Syberg, K., Knudsen, C.M.H., Tairova, Z., Khan, F.R., Shashoua, Y., Geertz, T., Pedersen, H.B., Sick, C., Mortensen, J., Strand, J., Palmqvist, A., 2020. Sorption of PCBs to environmental plastic pollution in the North Atlantic Ocean: Importance of size and polymer type. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2.
- Syed, J.H., Malik, R.N., Li, J., Zhang ve Kevin, G., Jones., 2013. Levels, distribution and air-soil exchange fluxes of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the environment of Punjab Province, Pakistan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 97, 189-195.

- Şener, M., 2019. İstanbul'un Karadeniz kıyılarında mikroplastik kirliliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 18-27.
- Ta, A., T., Babel, S., 2019. Current status of microplastics contamination in marine and freshwater environments. *Water Perspectives in Emerging Countries*, 2-10.
- Tankiewicz, M., Fenik, J., Biziuk, M., 2010. Determination of organophosphorus and organonitrogen pesticides in water samples. *Trends in Analytical Chemistry*, 29, 1050-1063.
- Taniguchi, S., Colabuono, F. I., Dias, P. S., Oliveira, R., Fisner, M., Turra, A., Izar, G. M., Abessa, D. M. S., Saha, M., Hosoda, J., Yamashita, R., Takada, H., Lourenço, R. A., Magalhaes, C. A., Bicego, M. C., Montone, R. C., 2016. Spatial variability in persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons found in beach-stranded pellets along the coast of the state of São Paulo, southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 106, 87-94.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü(2009), PCB ve PCT İçeren Atıkların Yönetimi El Klavuzu, Ankara.
- Tunçer, S., Artüz, O., B., Demirkol, M., Artüz , M., L., 2018. First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 283-289.
- Tübitak Mam Çevre Enstitüsü, 2010, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Konya Kapalı Havzası Proje Nihai Raporu.
- Tübitak Mam-ÇŞB, 2017. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Marmara Denizi Özet Raporu, Rapor no.5148704 (ÇTÜE.16.330) . Ankara.
- Tübitak-Mam, ÇŞB, 2017. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Akdeniz Özet Raporu, Rapor No. 5148704 (ÇTÜE.16.332). Ankara.
- Tübitak-Mam, ÇŞB, 2017. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Ege Denizi Özet Raporu, Rapor No.5148704 (ÇTÜE.16.331). Ankara.
- Tübitak-Mam, ÇŞB, 2017. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Karadeniz Özet Raporu, Rapor no.5148704 (ÇTÜE.16.329). Ankara.
- Tübitak/Mam (2020). "2.Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu Bildiri Özetleri". 11- 13 Aralık 2019, Ankara.
- Gülçiçek Uysal, O. (2021). Su Ortamında Mikroplastik Giderimine Genel Bakış. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 1404-1409.
- Wang, Y., Zou, X., Peng, C., Qiao, S., Wang, T., Yu, W., Khokiattiwong, S., Kornkanitnan, N., 2020. Occurrence and distribution of microplastics in surface sediments from the Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 152, 1-9.
- Wang, G., Lu, J., Li, W., Ning, J., Zhou, L., Tong, Y., Liu, Z., Zhou, H., Xiayihazi, N., 2021. Seasonal variation and risk assessment of microplastics in surface water of the Manas River Basin. *China. Ecotoxicol. Environ. Saf.* 208, 111477.
- Wolff, S., Kerpen, J., Prediger, J., Barkmann, L. And Müller, L., 2018, Determination of the microplastics emission in the effluent of a municipal waste water treatment plant using Raman microspectroscopy, 2, 1-10.
- Wong, G., Löwemark, L., Kunz, A., 2020. Microplastic pollution of the Tamsui River and its tributaries in northern Taiwan: Spatial heterogeneity and correlation with precipitation. *Environmental Pollution*, 260, 1-12.
- Xu, Q., Xing, R., Sun, M., Gao, Y., An, L., 2020. Microplastics in sediments from an interconnected river-estuary region, 729, 1-9.

- Xu, X., Jian, Y., Xue, Y., Hou, Q., Wang, L., 2019. Microplastics in the wastewater treatment plants (WWTPs): Occurrence and removal. *Chemosphere*, 235, 10891096.
- Van, A., Rochman, C. M., Flores, E. M., Hill, K. L., Vargas, E., Vargas, S. A., Hoh, E., 2012. Persistent organic pollutants in plastic marine debris found on beaches in San Diego, California. *Chemosphere*, 89, 258-263.
- Virsek, M, K., Palatinus, A., Koren, S., Peterlin, M., Horvat, M., Krzan, A., 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *J. Vis. Exp.*, 118, 1-9.
- Yeo, B.G., Takada, H., Yamashita, R., Okazaki, Y., Uchida, K., Tokai, T., Tanaka, K., Trenholm, N. PCBs and PBDEs in microplastic particles and zooplankton in open water in the Pacific Ocean and around the coast of Japan, 2020. *Marine Pollution Bulletin*, 151.
- Yin, L., Wen, X., Du, C., Jiang, J., Wu, L., Zhang, Y., Hu, Z., Hu, S., Feng, Z., Zhou, Z., Long, Y., Gu, Q., 2020. Comparison of the abundance of microplastics between rural and urban areas: A case study from East Dongting Lake. *Chemosphere*, 244, 1-7.
- Yiğit, M., 2019, Marmara Denizi Büyükçekmece ve Tuzla istasyonları mikroplastik miktarları ve dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Yu, Q., Hu, X., Yang, B., Zhang, G., Wang, J., and Ling, W., 2020, Distribution, abundance and risks of microplastics in the environment, 249, 1-12.
- Yurtsever, M., 2015. Mikroplastiklere Genel Bir Bakış. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 17, 68-83.
- Yurtsever, M., 2016. Kentsel atıksu arıtma tesisinde ve besin zincirinde mikroplastiklerin incelenmesi ve karakterizasyonu, 115Y112 nolu proje, Sakarya.
- Yurtsever, M., 2018. Küresel Plastik Kirliliği, Nano-mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik. *Çevre, Bilim ve Teknoloji* (1. Basım). Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları. 171-197.
- Yurtsever, M . 2019. Nano- ve Mikroplastik'lerin İnsan Sağlığı ve Ekosistem Üzerindeki Olası Etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 5 (2) , 17-24.
- Zhang, W., Ma, X., Zhang, Z., Wang, Y., Wang, J., Wang, J., Ma, D., 2015. Persistent organic pollutants carried on plastic resin pellets from two beaches in China. *Marine Pollution Bulletin*, 99, 28-34.
- Zhang, W., Zhang, S., Wang, J., Wang, Y., Mu, J., Wang, P., Lin, X., Ma, D., 2017. Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, 231, 541-548.
- Zhang, B., Wu, D., Yang, X., Teng, J., Liu, Y., Zhang, C., Zhao, J., Yin, X., You, L., Liu, Y., Wang, Q., 2019. Microplastic pollution in the surface sediments collected from Sishili Bay, North Yellow Sea, China. *Marine Pollution Bulletin*, 141, 9-15.
- Zhang, L., Liu, J., Xie, Y., Zhong, S., Yang, B., Lu, D., Zhong, Q., 2020. Distribution of microplastics in surface water and sediments of Qin river in Beibu Gulf, China. *Science of the Total Environment*, 708, 1-9.
- Zheng, Y., Li, J., Cao, W., Xuehai, L., Jiang, F., Ding, J., Yin, X., Sun, C., 2019. Distribution characteristics of microplastics in the seawater and sediment: A case study in Jiaozhou Bay, China. *Science of the Total Environment*, 674, 27-35.

- Zhou, Q., Tu, C., Fu, C., Li, Y., Zhang, H., Xiong, K., Zhao, X., Li, L., Waniek, J., J., Luo, Y., 2020. Characteristics and distribution of microplastics in the coastal mangrove sediments of China. Science of the Total Environment, 703, 1-8.
- Zobkov, M., Esiukova, E., 2017. Microplastics in Baltic bottom sediments: Quantification procedures and first results. Marine Pollution Bulletin, 114, 724732.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Şevval GÜLER
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : Aksaray, 1995
Telefon : 5442739598
Faks :
e-mail : sevalguler1995@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Cumhuriyet Lisesi, Selçuklu, Konya	2014
Üniversite	: Necmettin Erbakan Üniversitesi	2019
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce

**BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER
YAYINLAR**