

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTROPOJENİK BASKILAR ETKİSİNDE AKSU ÇAYI VE KOLLARININ
ZAMANA VE MEKANA BAĞLI MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Zeynep ZABUN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

HAZİRAN 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTROPOJENİK BASKILAR ETKİSİNDE AKSU ÇAYI VE KOLLARININ
ZAMANA VE MEKANA BAĞLI MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Zeynep ZABUN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

HAZİRAN 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTROPOJENİK BASKILAR ETKİSİNDE AKSU ÇAYI VE KOLLARININ
ZAMANA VE MEKANA BAĞLI MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Zeynep ZABUN
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

**Bu tez T.C. Akdeniz Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon
Birimi tarafından FYL-2022-6000 nolu proje ile desteklenmiştir.**

HAZİRAN 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTROPOJENİK BASKILAR ETKİSİNDE AKSU ÇAYI VE KOLLARININ
ZAMANA VE MEKANA BAĞLI MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Zeynep ZABUN
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 11/07/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi Olgaç GÜVEN (Danışman)

Prof.Dr. Serpil YILMAZ

Doç.Dr. İsmet SAYGU

ÖZET

ANTROPOJENİK BASKILAR ETKİSİNDE AKSU ÇAYI VE KOLLARININ ZAMANA VE MEKANA BAĞLI MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Zeynep ZABUN

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Olgaç GÜVEN

Haziran 2023; 58 sayfa

Mikroplastik kirliliği, sucul ekosistemlerde toksikolojik etkileri nedeniyle küresel çapta ciddi bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Besin zinciri yoluyla sucul ekosistemlerdeki organizmalarda birikerek toksikolojik etkilere yol açabilmektedir. Bu kirliliğin denizel ortama geçişi ise karasal ortamdan nehirler aracılığıyla gerçekleşmektedir. Ancak Türkiye'de nehirlerle ilgili yapılan araştırmalar sınırlıdır.

Bu nedenle, bu tez çalışmasında, Antalya'daki Aksu Çayı ve kollarında zaman ve mekâna bağlı mikroplastik kirliliğini değerlendirmeyi hedeflenmiştir. Eylül 2022 ve Nisan 2023 aylarında yağış öncesi ve sonrası dönemleri temsil edecek şekilde saha örneklemeleri yapılmıştır. Aksu nehrini ve kollarını temsil edecek şekilde 20 örneklemeye istasyonu seçilmiştir, bu istasyonlarda toplamda 2958 adet MP tespit edilmiştir. İncelenen mikroplastikler fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucun olarak altı tipte (boya, fiber, film, fragment, köpük ve kauçuk) MP tespit edilmiştir. Farklı tipteki bu MPs de en yaygın renkler mavi, siyah, şeffaf ve kırmızı olarak belirlenmiştir. Polimer analizi için seçilen MP numuneleri FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) ile kimyasal yapısı belirlenmiştir. MP kirliliğinin karasal kullanım ile ilişkisini ortaya koymak adına Corine Land Cover (CLC) verileri aracılığı ile QGIS programında görselleştirilerek ortaya konulmuştur.

Türkiye'deki nehirlerde mikroplastik kirliliği araştırmalarının sınırlı olduğu dikkate alındığında:

1. Aksu Alt Havzasında yapılan bu çalışmada Aksu Çayı üzerinde MP kirliliğinin azalmasıdaki HES etkisinin değerlendirilmesi,
2. Nehir yatağında biriken makro-plastiklerinin parçalanması ile MP kirliliğinin kaynağı oluşturulabilecek tüm noktaların belirlenmesi ve havzaya yönelik atık yönetimin oluşturulması,
3. Sanayi de üretim sonrasında oluşan plastik atıkların yönetimi,
4. Tarımda kullanılan sera malzemeleri, hasat öncesi ve sonrası oluşan plastik tarımsal atıklar için toplama alanlarının oluşturularak sucul ortama MP kirliliğine kaynak oluşturacak faaliyetlere yönelik yönetim planı oluşturulması gerekmektedir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışması sadece ülkedeki bilimsel literatüre katkıda bulunmakla kalmayıp aynı zamanda çevre kirliliğine kaynak teşkil eden noktaların

iyileştirilmesine katkıda bulunacaktır. Önceki çalışmalar, Aksu Çayı ve kollarında fosforlu gübrelerin etkisi, polisiklik aromatik hidrokarbon seviyeleri ve gübre ve pestisit kullanımı ile toprak ve yeraltı suyu kirliliği konuları üzerinde odaklanırken, bu araştırma mikroplastik kirliliği üzerinde durmasının yanı sıra, antropojenik baskılar altında sistematik olarak değerlendirerek yeni bulgular sunmaktadır.

Anahtar Kelime: Karasal Kullanım, Mikroplastik (MP) Kirliliği, Su kirliliği



ABSTRACT

EVALUATION OF THE TIME AND SPATIAL-DEPENDENT MICROPLASTIC POLLUTION IN AKSU RIVER AND ITS TRIBUTARIES UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC PRESSURES.

Zeynep ZABUN

MSc Thesis in Department of Basic Aquatic Sciences

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Olgaç GÜVEN

June 2023; 58 pages

Microplastic pollution has emerged as a serious global problem due to its toxicological effects on aquatic ecosystems. It can accumulate in organisms in aquatic ecosystems via the food chain and lead to toxicological effects. The transfer of this pollution to water sources occurs through rivers from terrestrial environments. However, research on rivers in Turkey is limited.

Therefore, this thesis aims to evaluate the time and location dependent microplastic pollution in the Aksu River and its tributaries in Antalya. Field samples were taken representing the pre- and post-rain season in September 2022 and April 2023. Twenty sampling stations were selected to represent the Aksu River and its tributaries, and a total of 2958 microplastic particles were identified. The examined microplastics were limited and six different types of microplastics were found after classification: dyes, fibers, films, fragments, foams and rubbers. The most common colors of these different types of microplastics were determined to be blue, black, transparent and red. The polymer structure of MPs were determined using FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) analysis. Data on why plastic usage occurs in the basin was obtained by examining the polymer structure of MPs in the Aksu Lower Basin. CLC (Corine Land Cover) data were visualized in the QGIS program to reveal the relationship between MPs and terrestrial use. Considering the limited research on microplastic pollution in rivers in Turkey, this study aimed to assess the impact of HPP on reducing MP pollution on the Aksu River, determine all points where MP pollution can be caused by the breakdown of macro plastics accumulated in the riverbed and develop waste management for the basin. Management plans for activities that will create MP pollution in the aquatic environment, such as plastic waste generated after production in industry, collection areas for plastic agricultural waste before and after harvesting, and greenhouse materials used in agriculture, should be developed.

This thesis not only contributes to the scientific literature in the country but also contributes to improving points that are sources of environmental pollution. Previous studies focused on the effects of phosphorus fertilizers, levels of polycyclic aromatic hydrocarbons, and soil and groundwater pollution due to fertilizer and pesticide use in the Aksu River and its tributaries. This research not only focuses on microplastic pollution but also systematically evaluates anthropogenic pressures and provides new findings.

Keywords: Microplastic (MP) Pollution, Terrestrial Use, Water Pollution.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, "*Antropojenik Baskılar Etkisinde Aksu Çayı ve Kollarının Zamana ve Mekana Bağlı Mikroplastik Kirliliğinin Değerlendirilmesi*" başlığı altında yürütülen bir yüksek lisans tez araştırmasını sunmaktadır.

Yüksek lisans sürecim boyunca, birçok kişinin desteğini ve katkısını görmekten büyük mutluluk duymaktayım.

İlk olarak, tez çalışmamı yönlendiren ve rehberlik eden danışman hocam, sayın Doktora Öğretim Üyesi Olgaç GÜVEN'e değerli bilgi birikimi, yönlendirmeleri ve istikrarlı motivasyonu için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda, bu araştırmanın bir parçası olan ve değerli katkılarıyla çalışmanın kalitesini artıran Yüksek Mühendis İdris KORALTAN'a, çalışma sürecim boyunca bana verdikleri moral ve destekleri için annem Zeynep ZABUN, babam Yusuf ZABUN'a ve kardeşim Gülsüm ZABUN ÜNAL sonsuz teşekkür ederim.

Tez sürecim boyunca daima yanımda olan Gizem Nazlı URAL, Leyla KAPLAN ŞAMLI, Soner ŞAMLI, Atılım Mühendislik firmasının CEO'su Bülent ERALP'e ve firma mühendisleri Uğur ERYILMAZ, Muhammet Sacit OKATAN sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, Sayın iş adamı Ahmet AKBALIK, Departman müdürüm Furkan ASKOVIÇ ve Ela Excellence 2022 bahçe bölümü personellerine teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın tamamlanmasında emeği geçen herkese içten teşekkürlerimi sunarım. Umuyorum ki bu çalışma, iç sulardaki mikroplastik kirliliğinin değerlendirilmesine yönelik bilgi ve farkındalık oluşturacak ve çevre koruma çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE METOT	8
2.1. Örnekleme Bölgesi.....	8
2.2. Örnekleme Düzenegi.....	8
2.3. Saha Çalışmaları.....	11
2.4. Laboratuvar Çalışmaları.....	14
2.5. Gerçekleştirilen Analizler	14
3. BULGULAR.....	19
3.1. Eylül 2022 Örnekleme Kirlilik Yoğunluğu ve Karakterizasyonu.....	19
3.2. Nisan 2023 Örnekleme Kirlilik yoğunluğu ve Karakterizasyonu	26
3.3. Polimer Analizleri	32
3.4. GIS Yaklaşımıyla Çalışma Alanında Mikroplastik Kirliliğinin Haritalandırılması.....	33
3.5. Karasal Kullanım Doğrultusunda Zamana ve Mekana Bağlı Mikroplastik Kirliliğinin Değerlendirilemesin	41
4. TARTIŞMA	45
5. SONUÇLAR	47
6. KAYNAKLAR	49
7. EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antropojenik baskılar etkisinde Aksu Çayı ve kollarının zamana ve mekana bağlı mikroplastik kirliliğinin değerlendirilmesi” adlı bu çalışma da bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu Dr.Öğr.Üyesi Olgaç GÜVEN danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

28/05/2023

Zeynep ZABUN

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

Km²: Kilometrekare

Lt: Litre

m⁻³: Metre Küp

mm: Milimetre

µm: Mikrometre

M: Mol

*: Önemli Nokta

%: Yüzde

Tez kapsamında ondalık sayıların ayırımında ‘.’ kullanılmıştır.

Kısaltmalar:

UNEP: Birleşmiş Milletler Çevre Programı

CLC: Corine Arazi Örtüsü

CORINE: Çevre Bilgilerinin Koordinasyonu

ANOVA: Varyans Analizi

MP: Mikroplastik Partikül

MPs: Mikroplastik Partiküller

FTIR: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi

QGIS: Açık Kaynaklı Coğrafi Bilgi Sistemi

DEM: Sayısal Yükseklik Modeli

KOH: Potasyum Hidroksit

AÇA: Avrupa Çevre Ajansı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Örnekleme Düzeneği Genel Görünümü	8
Şekil 2. Örnekleme Düzeneği Pompa (A) Ve Süzme (B) Kısımları.	9
Şekil 3. Örnekleme Alanının Coğrafi Konumu	10
Şekil 4. Örnekleme İstasyonları.....	13
Şekil 5. Corine Karasal Kullanım (C1c) Sınıfları (Corine Land Cover, 2023). Plastik Kaynaklı Kirliliğe Kaynak Oluşturma Riski Taşıyan En Önemli Kullanım Sınıfları (*) İle Belirtilmiştir.....	16
Şekil 6. Eylül Örnekleme Dönemi Kapsamında Tespit Edilen Mp Kirliliği Yoğunlukları Kullanılarak Oluşturulan Heatmap (Yoğunluk Değerleri 0-1 Aralığına Normalize Edilmiştir, En Sık Karşılaşılan Mp Tipleri Ve İstasyonlar Arasındaki Benzerliğin Tespiti Amacıyla Cluster Analizleri Yapılmıştır).....	20
Şekil 7. Eylül 2022 Örnekleme Döneminde İstasyonlarda Tespit Edilen Mp Tiplerinin Oransan Dağılımı.	22
Şekil 8. Eylül Örnekleme Döneminde Tip Ve Renge Göre Örnekleme İstasyonlarında Tespit Edilen Mp Kirliliğinin Dağılımı.	23
Şekil 9. Eylül 2022 Örnekleme Döneminde İstasyonlarda Tespit Edilen Mp Renklerinin Oransan Dağılımı.	24
Şekil 10. Eylül 2022 Örnekleme Sonucunda Örnekleme İstasyonlarından Tespit Edilen Mps Boy Dağılımları.	25
Şekil 11. Nisan Örnekleme Dönemi Kapsamında Tespit Edilen Mp Kirliliği Yoğunlukları Kullanılarak Oluşturulan Heatmap (Yoğunluk Değerleri 0-1 Aralığına Normalize Edilmiştir, En Sık Karşılaşılan Mp Tipleri Ve İstasyonlar Arasındaki Benzerliğin Tespiti Amacıyla Cluster Analizleri Yapılmıştır).....	26
Şekil 12 Nisan 2023 Örnekleme Döneminde İstasyonlarda Tespit Edilen Mp Tiplerinin Oransan Dağılımı.	28
Şekil 13. Nisan 2023 Örnekleme Döneminde İstasyonlarda Tespit Edilen Mp Renklerinin Oransan Dağılımı.	29
Şekil 14. Nisan Örnekleme Döneminde Tip Ve Renge Göre Örnekleme İstasyonlarında Tespit Edilen Mp Kirliliğinin Dağılımı.	30

Şekil 15. Nisan 2023 Örnekleme Sonucunda Örnekleme İstasyonlarından Tespit Edilen Mp Boy Dağılımları.....	31
Şekil 16. Eylül 2022 Örnekleme Döneminde İstasyonlarda Tespit Edilen Mp Kirlilik Durumu (Mp.M^{-3}), (A) Karacaören Barajı Üstünde Kalan Alan, (B) Karacaören Barajı Altında Kalan Alan.....	34
Şekil 17. Fiber Mps'nin Örnekleme Bölgesinde Karacaören Barajı Üstünde (A) Ve Alt Kısımında (B) Kalan Alandaki Oransan Dağılımları.	35
Şekil 18. Film Mps'nin Örnekleme Bölgesinde Karacaören Barajı Üstünde (A) Ve Alt Kısımında (B) Kalan Alandaki Oransan Dağılımları.	36
Şekil 19. Fragment Mps'nin Örnekleme Bölgesinde Karacaören Barajı Üstünde (A) Ve Alt Kısımında (B) Kalan Alandaki Oransan Dağılımları.	37
Şekil 20. Nisan 2023 Örnekleme Döneminde İstasyonlarda Tespit Edilen Mp Kirlilik Durumu (Mp.M^{-3}), A. Karacaören Barajı Üstünde Kalan Alan, B. Karacaören Barajı Altında Kalan Alan.....	38
Şekil 21. Fiber Mps'nin Örnekleme Bölgesinde Karacaören Barajı Üstünde (A) Ve Alt Kısımında (B) Kalan Alandaki Oransan Dağılımları.	38
Şekil 22. Film Mps'nin Örnekleme Bölgesinde Karacaören Barajı Üstünde (A) Ve Alt Kısımında (B) Kalan Alandaki Oransan Dağılımları.	39
Şekil 23. Fragment Mp'nin Örnekleme Bölgesinde Karacaören Barajı Üstünde (A) Ve Alt Kısımında (B) Kalan Alandaki Oransan Dağılımları.	40
Şekil 24. Aksu Alt Havzası Karasal Kullanım Haritası (Harita Lejanti Şekil 4).....	42
Şekil 25. Eylül Dönemi Örneklemesinde Tespit Edilen Mp Kirliliğinin 10 Km^2 'lik Alanda Karasal Kullanım Tipleriyle İlişkisi.	43
Şekil 26. Nisan Dönemi Örneklemesinde Tespit Edilen Mp Kirliliğinin 10 Km^2 'lik Alanda Karasal Kullanım Tipleriyle İlişkisi.	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 1. Aksu Alt Havzasında Buluna İllerde Sanayi Altyapısının Durumu (Sanayi Portalı, 2023).....	5
Tablo 2. Aksu Alt Havzasında Buluna İllerde Atıksu Arıtma Tesisi Durumu (Isparta Çevre Ve Şehircilik.....	7
Tablo 3. Aksu Alt Havzası’nda Plastik Kirliliğine Neden Olma Potansiyeli Olan Karasal Kullanım Tiplerinin Kapladığı Yüzey Alanları Ve Oransal Durum.....	17
Tablo 4. Ftır Analizi Neticesinde Tespit Edilen Polimerlerin Mp Tipine Göre Dağılımı.....	32
Tablo 5. Örnekleme Dönemlerinde Tespit Edilen Polimer Tipleri.....	33

1. GİRİŞ

Plastikler, petrol veya gazdan elde edilen monomerlerin polimerizasyonu ile elde edilmektedir (Cole 2021). Plastiklerin yaygın kullanımı ve yanlış yönetimi nedeni ile tatlı su ve deniz ekosistemlerinde ciddi kirlilik etkini olarak karşımıza çıkmaktadır (Jimoh vd. 2023; Mihai vd. 2023) ve bu durum günümüzde küresel ölçekte bir sorun haline gelmiştir (Surendran vd. 2023; Karimy, 2023; Lamichhane vd. 2023).

Karasal ortamda yürütülen faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıkların uygun bir şekilde bertaraf edilmemesi, atıkların kontrolsüz bir şekilde depolanması karasal ortamdaki kirlenici kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır (Jambeck et al., 2015). Nehirler, rüzgar, drenaj veya kanalizasyon sistemleri dahil olmak üzere çöplerin sucul ortama taşınmasında en büyük role sahiptirler (Barnes et al., 2009). Özellikle nehirler, mikroplastiklerin sucul ortama taşınmasında önemli bir rol oynamaktadır (Xia vd. 2023). Antropojenik etkiler doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerini yani mikroplastik kirliliği sorununun ortaya çıkmasında önemli bir faktördür (Rangel-Buitrago vd. 2023; Ventura vd. 2023; Specchiulli vd. 2023).

Plastikler farklı şekil, boyut ve konsantrasyonlarda sucul ortamda bulunabilmektedirler (Bucci, Tulio and Rochman, 2020). Plastikler, mikroplastikler (>25mm), mezoplastikler (>5 mm–25 mm) veya mikroplastikler (<5 mm) veya nanoplastikler (<1 µm veya 1000 nm) olarak boyutlarına göre sınıflandırılmaktadır. Plastiklerin birçok alanda yaygın olarak kullanılması için işlenebilirlikleri ve özelliklerini iyileştirmek adına çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkı maddeler plastikleştiriciler, stabilizatörler, alev geciktiriciler, darbe düzenleyiciler vb. olarak karşımıza çıkmaktadırlar (Hartmann et al., 2019).

Son yıllarda yapılan bilimsel değerlendirmeler neticesinde sucul sistemlerde tespit edilen mikroskobik boyutlu plastik partiküller sucul ortama birincil (primer) veya ikincil (sekonder) şekilde oluştuğu bilinmektedir. Birincil mikroplastikler, kullanım amaçlarına göre sanayi tarafından imal edilen 5mm kadar boyutu olan plastik partiküllerin herhangi bir mekanik, kimyasal veya farklı etkenlere bağlı olmadan direkt olarak sucul ortama karışması neticesinde ortaya çıkmaktadır.

İkincil mikroplastik oluşumu ise; 5 mm'den büyük plastik parçacıkların doğal ortamda parçalanması ile oluşmaktadır. Bu parçalanma süreci iki etken sonucu gerçekleşir. Bunlardan ilki plastiklerin çevresel faktörler (abiyotik faktörler) etkisi altında parçalanmasıdır altında parçalanmasıdır. Abiyotik parçalanma, ışık, sıcaklık, hava, su ve mekanik kuvvetler gibi mekanik ve kimyasal yollarla polimer zincirlerinin kırılmasıdır. Diğer faktör ise biyolojik etkenler neticesinde parçalanmasıdır. Bu süreç kendi içinde ikiye ayrılmaktadır; i) Biyolojik bozunum (**biodegradation**); plastik materyallerin mantarlar ve bakteriler gibi canlı organizmalar tarafından enzimler aracılığıyla parçalanma ve ii) doğal ortamda plastik materyallerle etkileşimdeki canlılar tarafından plastiklerin parçalanmasıdır (**biodisintegration**: mekanik etki ve çeşitli salgılar etkisiyle) (Zhang K., Wu C., vd, (2021).

Plastik materyallerin kimyasal kompozisyonu kullanılacak amaca yönelik seçilmektedir. Bugüne kadar yapılan mikroplastik araştırmalarının neredeyse yarısını polietilen, polistiren ve polipropilen oluşturmaktadır (de Sa et al., 2018). Su yüzeyinde yüzer halde bulunan mikroplastikler zamanla sedimana çökerek su ekosistemleri için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Kane vd. 2019; Kabir vd. 2022).

Mikroplastiklerin sucul ortama yayılması, antropojenik baskıların bir sonucu olarak karasal ortamdan su kaynaklarına taşınmalarıyla gerçekleşir (Elgarahy vd. 2021). Karasal ortamda insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan plastik çöpler rüzgarlar, yüzey suları gibi çeşitli yollarla sucul ortamlara taşınmaktadır (UNEP and GRID-Arendal, 2016). Bu atıkların sahil bölgelerinde olduğu gibi karasal ortamın iç kesimlerinden denizlere veya okyanuslara erişimlerinde akarsuların etkisi önemlidir (UNEP, 2016). Sucul ortama bu çöplerin taşınımında nehirler yaklaşık olarak %80'lik paya sahiptir. Bundan dolayı nehirler çöplerin taşınmasında başlıca kaynak olarak ifade edilmektedir (Rech vd., 2014).

Mikroplastikler besin zincir aracılığı ile besin zinciri aracılığı ile üst seviyelere kadar taşınabilmektedir (Green et al., 2016). Balık ve diğer su canlıları tarafından yutulan mikroplastikler, sindirim sistemine zarar verebilir ve besin zincirinin üst basamaklarına kadar ilerleyebilir (Roch vd. 2020). Ayrıca, mikroplastiklerin toksik bileşiklerle etkileşime girmesi sonucu çevredeki su kalitesi de olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle, mikroplastik kirliliği üzerindeki etkilerin değerlendirilmesi, sucul ekosistemlerin sağlığı ve sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır (Nava ve Leoni, 2021).

Deniz kirliliğinin yaklaşık %80'i karasal kökenli olup insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Deniz çöpleri (makro ve mikro ölçekte), denizlerde faaliyet gösteren sektörlerde sosyoekonomik kayıplara neden olmakta, deniz- kıyı habitatlarının ve ekosistemlerin bozulması da dahil olmak üzere çevresel, ekonomik, sağlık, estetik ve kültürel tehditler oluşturan bir sorundur. Günümüzde katı atıkların %80-90'lık bir kısmını oluşturduğu bilinen plastiklerin deniz ortamına ulaşmasında etkili olan başlıca taşınma yolları yer üstü ve yer altı su kaynakları, atmosferik taşınım ve sahil bölgelerinde gerçekleşen kontrolsüz çöp atma davranışlarıdır. Karasal taşınım ek olarak su ürünleri yetiştiriciliği, gemicilik ve balıkçılık faaliyetleri de doğrudan denizel ortamda atık oluşmasına sebebiyet vermektedir.

Nehirler havzalarında yapılan incelemeler yatakları boyunca akıntı kuvvetinin azaldığı bölgeler de taşınan bu atıkların birikimlere sebebiyet verdiğini göstermiştir. Nehirlerde mevsimsel debi artışlarına bağlı olarak biriken atıkların (makro ve mikro plastikler) topluca denizel ortama transfer edildiği tespit edilmiştir (Rech vd., 2014). Nehir ve sahil kenarlarında biriken çöpler incelendiğinde çoğunluğu plastik materyaller olduğu görülmektedir (Rech vd., 2014). Dünyada birçok araştırmacı plastik kirliliği ve durumunu çalışıyor olsa da (Koutnik vd., 2021). Ülkemizde nehir kaynaklı mikroplastik taşınımının durumunu detaylı olarak ortaya koyan çalışma sayısı kısıtlı olmasına rağmen, son beş yıllık döneme odaklanan yapılan literatür taraması, ülkemiz tatlı su sistemlerinde mikroplastik kirliliğinin tespitine yönelik bazı bilimsel içeriğe sahip çalışmaların olduğunu göstermektedir. Erdoğan (2020), Cevdet Dünder göletinde mikroplastik kirliliğini incelemiştir. Çullu vd. (2021) ise Marmara Denizi'ndeki Küçükçekmece Lagünü'nün yüzey sularında mikroplastik kirliliğini kaynakları ve dağılımı açısından araştırmıştır.

Gündoğdu vd. (2018) Mersin Körfezi'ndeki sel olaylarının mikroplastik miktarı üzerindeki etkisini ve Türkiye'deki uzak nehirlerde mikroplastik kirliliğini araştırmışlardır (Gündoğdu vd. 2023). İşlek vd. (2023), Küçükçekmece Lagünü'ndeki sedimentlerde mikroplastik oluşumlarını ve mekansal dağılımlarını ele almışlardır. Diğer çalışmalar arasında Kazancı vd. (2023) tarafından yapılan bir nehir su kütlesi değerlendirmesi, Kılıç vd. (2023) tarafından Orontes Nehri'ne deşarj edilen atıksu arıtma tesislerinden mikroplastik yükü, Oztugler vd. (2022) tarafından Mersin Körfezi'ne akan nehirlerden kaynaklanan mikroplastik yüklemesi, Özkor ve Dulkadiroğlu (2022) tarafından Kızılırmak Nehri'ndeki mikroplastik kirliliğinin araştırılması, Şahutoğlu (2022) tarafından Asi Nehri'ndeki yüzey sularındaki mikroplastik kirliliğinin belirlenmesi ve Gülçiçek (2021) tarafından nehirlerde mikroplastik kirliliği ve hidrodinamik modellemesi bulunmaktadır.

Türkiye'nin önemli su kaynaklarından biri olan Antalya'da Aksu Çayı ve kolları ise birçok insan faaliyetine ev sahipliği yapmaktadır (Fural, 2016). Antalya Aksu havzası ile ilgili yapılan araştırmalarda, Çetin'in (2018), tarım alanlarında kullanılan fosforlu gübrelerin kadmiyum (Cd) artışı, Olgun (2019) domates üretimi gerçekleştirilen cam ve plastik sera topraklarında polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) seviyelerini incelerken, Kaçar'ın (2017) çalışması ise Aksu-Altınova traverten platosu üzerindeki gübre ve pestisit kullanımı ile toprak ve yeraltı suyu kirliliğini değerlendirmektedir. Güven'in (2021) çalışması ise Antalya Körfezi'nin kıyı şeridinde yer alan üç ana tatlı su sistemindeki (Aksu ve Köprü Çayları, Manavgat Nehri) MP kirliliğinin bolluğunu ve mekansal-zamansal dağılımını ortaya koymaktır.

Bu araştırmada ise, Aksu Çayı ve kollarındaki mikroplastik kirliliğini antropojenik baskılar altında zamansal ve mekansal olarak değerlendirmeyi hedeflemektedir. Diğer çalışmalarda belirtilen fosforlu gübreler, PAH seviyeleri, gübre ve pestisit kullanımı ile toprak ve yeraltı suyu kirliliğini gibi konular yerine mikroplastik kirliliği üzerine odaklanmaktadır. Buna ek olarak, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin EuropeAid/140294/IH/SER/TR sözleşme numaralı "6 Havzada Nehir Havzası Yönetim Planlarının Hazırlanması İçin Teknik Yardım" projesinde, 2022 yılında Antalya havzası raporu için Aksu çayı ve diğer su kaynakları ile ilgili yapılan araştırmalarda mikroplastik kirliliğine yer verilmediği görülmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022).

Çalışmamızın özgünlüğü, Aksu Çayı ve kollarındaki mikroplastik kirliliği konusunda yapılan analizler ve bunun zamansal ve mekansal değişimlerinin incelenmesidir. Araştırma, diğer çalışmalardan farklı bir perspektif sunarak mikroplastik kirliliğinin Aksu Çayı ve kollarında zamana ve mekana bağlı olarak nasıl etkilendiğini anlamamıza yardımcı olurken, diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Araştırmanın özgünlüğü, Aksu Çayı ve kollarında mikroplastik kirliliğini antropojenik baskılar altında sistematik olarak değerlendirmesi ve bu konuda yeni bulgular sunmasıdır.

Bu nedenle, tezin amacı, Aksu Çayı ve kollarında zaman ve mekâna bağlı mikroplastik kirliliğini değerlendirmektir. Bu çalışma, bölgedeki antropojenik etkileri göz önünde bulundurarak mikroplastik kirliliği seviyelerini belirlemeyi hedeflemektedir. Aksu Çayı ve kollarında mikroplastik kirliliğinin değerlendirilmesi, bölgedeki çevresel durumu anlamak ve potansiyel çevresel riskleri belirlemek için önemli bir adımdır.

Bu çalışmanın sonuçları, çevre yönetimi politikalarının oluşturulmasına ve iyileştirilmesine katkı sağlayacak ve mikroplastiklerin kaynaklarını belirlemek ve antropojenik etkilerin azaltılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesine yol açabilecek verilere dayalı bir temel oluşturacaktır.

Antalya Havzasında Nüfus Dağılımı

İnsanlığın var olduğundan bugüne kadar insanlığın devamı için doğal kaynaklardan yararlanmıştır. Nüfusun hızlı bir ivme ile artması, arazi ve kaynakların aşırı kullanımı sonucunda doğal dengenin bozunum ve değişim yaşamaktadır. Bu etkileşim ve bozunumun yaşanması, nüfusun artması, insan ihtiyacının çeşitlenmesi ve çeşitli fonksiyonlar için arazi kullanımlarla birlikte doğal kaynakların üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır.

Sosyo-ekonomik kalkınmanın temelini teşkil eden nüfus ve demografik yapıdaki değişimler de bölgede yürütülen ekonomik faaliyetler bir bütün halindedir. Bu etmenleri havza içerisinde ele aldığımızda Antalya, turizm potansiyeli açısından Türkiye'nin en önde gelen şehirlerinden biridir. Turizm sektörü nedeni ile birçok insanın farklı meslek kollarında istihdamının sağlanması nedeni ile mevsimsel olarak nüfusta artış ve azalışlar görülmektedir. Turizm sektörüne ek olarak havza içerisinde bulunan Antalya, Burdur ve Isparta illerinde de mevsimsel olarak tarımsal faaliyetler için iş gücü istihdamı sağlanmaktadır. 2023 yılı Antalya, Burdur, Isparta ilinin toplam nüfusu sırası ile 2.688.004, 237.799, 445.325'dir (TÜİK, 2023).

Antalya Havzasında Tarımsal Faaliyetler

Antalya havzasında dağların uzanış şekli, yükselti, bakı, rüzgarlar ve güneş ışınlarının geliş açısı gibi coğrafi faktörlerin etkisi ile birçok farklı tarım ürününün yetişmesine olanak sağlamaktadır. Toprak ve iklim çeşitliliği sayesinde Antalya topraklarının beşte birinde tarım yapılmaktadır. Antalya'da ekilebilen tarım arazisi toplam alanı 3.557.9655 dekadır. Antalya Havzasının yaklaşık %26,68'i tarım arazisidir. Havzadaki toplam tarım alanlarının yaklaşık %57,51'i tarla bitkileri, %17,83'ü meyve ağaçları, %8,31'i sebze ve %2,66'sı örtü altı yetiştiriciliğine yöneliktir. Havzanın kıyı bölgelerinde en fazla yetiştirilen tarım ürünleri buğday, arpa, mısır (silaj), yem bitkileri, portakal, zeytin ve sebzeler (Tarım ve Orman Bakanlığı (2022). Genellikle havza içerisinde yetiştirilen tarımsal ürünler arasında buğday, pirinç, pamuk, portakal, mandalina, greyfurt, muz, zeytin, üzüm, domates, çilek, defne, gül ve diğer meyveler ile sebzeler yer almaktadır. Bu ürünler, Akdeniz Bölgesi'nin önemli tarım ürünleri arasında da sayılmaktadır (Boz ve Kılıç, 2021).

Örtü altı yetiştiriciliğinde kullanılan sera materyali 2020 yılı TÜİK verilerine göre; 80779 adet cam sera, 401.795 adet plastik sera, 104.258 adet yüksek tünel, 218.326 adet alçak tünel olmak üzere toplamda 805.159 adettir (TÜİK, 2021).

Antalya Havzasında Sanayi Faaliyetleri

12/4/2000 yılında kabul edilen Organize Sanayi Kanunu (OSB) ile birçok Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler (KOBİ) bir araya getirilerek aynı çatı altında toplanmıştır.

Antalya Havzası içerisinde bulunan organize sanayiler aşağıdaki gibidir;

Tablo 1. Aksu Alt Havzasında buluna illerde sanayi altyapısının durumu (Sanayi Portalı, 2023).

Bölge	Kuruluş Türü	Kuruluş Yılı	Büyükülüğü	İşletme Sayısı	İstihdam Sayısı
Burdur/Bucak OSB	Karma	1996	184 ha	35	1500
Burdur/Burdur OSB	Karma	2009	96 ha	0	0
Burdur/Burdur OSB 2	Karma	1986	90 ha	57	1600
Isparta/Yalvaç OSB	Karma	2001	144 ha	0	0
Isparta/Süleyman Demirel OSB	Karma	1992	252 ha	60	2100
Isparta/Isparta Deri OSB	İhtisas	1993	63 ha	31	187
Antalya/ Antalya OSB	Karma	1976	692 ha	242	10848

Antalya Havzasında gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH)

Coğrafi konumu, hammadde kaynakları ve bu kaynakların işlenebilmesi gibi birçok ekonomik unsura kolaylık sağlayan Antalya Havzasında GSYİH'nin sektörel dağılımı Türkiye ortalamasından farklıdır. Bu farklılığın oluşumunda havza içerisinde bulunan Antalya, Burdur ve Isparta'nın GSYİH'e göre getirileri aşağıdaki gibidir;

Antalya'nın 2020 yılı GSYİH'si 114.516.038,09 TL olup bu değerde en büyük pay 36.615.414,27 TL ile hizmet sektörüne aittir. Bu sektörü kamu yönetimi, eğitim, insan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri (15.520.868,66 TL) ve sanayi (14.941.154,52 TL) takip etmektedir.

Burdur ili GSYİH'si 2020 yılı için 13.687.025,16 TL olup bu değerde en büyük pay 2.973.497,65 TL ile tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörüne aittir. Bu sektörü sırasıyla sanayi (2.442.587,95 TL) ve hizmet (2.288.443,63 TL) sektörleri izlemektedir.

Isparta'nın 2020 yılı GSYİH'si 20.958.904,31 TL olup bu değerde en büyük pay 4.857.388,83 TL ile kamu yönetimi, eğitim, insan sağlığı ve sosyal hizmetlere aittir. Bu sektörü sırasıyla tarım, ormancılık ve balıkçılık (3.505.112,68 TL) ve hizmet (3.266.106,73 TL) sektörleri izlemektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı (2022)).

Antalya Havzası, Akdeniz’e dökülen akarsular, içerisinde yer alan büyük göllere ve ana yerleşimlere göre 10 alt havza olarak sınıflandırılmıştır. Bu alt havzaları;

- Akdeniz Alt Havzası
- Dim Çayı Alt Havzası
- Eğirdir Gölü ve Aksu Çayı Alt Havzası
- Kargı Çayı Alt Havzası
- Alara Çayı Alt Havzası
- Korkuteli ve Düden Çayları Alt Havzası
- Boğa Çayı Alt Havzası
- Köprüçay Alt Havzası
- Karpuz Çayı Alt Havzası
- Manavgat Çayı Alt Havzası

Aksu Alt Havzası

Endüstri (Isparta deri sanayisi, OSB vb), tarım ve hayvancılık, kentsel atıklar ve noktasal kirletici kaynaklar (Hane ve endüstriyel drenajlar, Arıtma tesisleri vb) gibi beşeri faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atıklar havza üzerinde ciddi baskılar oluşturmaktadır. Bu baskılar havza içerisindeki su kütleleri belirtilerek kirletici unsuları ile birlikte aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- 1- Isparta çayı; Endüstri, Noktasal ve noktasal olmayan baskı,
- 2- Kovada Deresi; Endüstri, Noktasal ve noktasal olmayan baskı,
- 3- Kovada Kanalı: Noktasal ve noktasal olmayan baskı (Evsel Atıksu Deşarjı, Tarım Faaliyetleri (Elma), Atıksu Arıtma Tesisleri Deşarjı (Eğirdir AAT))
- 4- Isparta deresi; Endüstri, Kentsel ve Noktasal ve noktasal olmayan baskı,
- 5- Pupa Çayı; Kentsel ve Noktasal ve noktasal olmayan baskı,
- 6- Aksu Çayı; Kentsel ve Noktasal ve noktasal olmayan baskı,
- 7- Karacaören barajı 1; Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Noktasal ve noktasal olmayan baskı,
- 8- Karacaören Barajı 2; Noktasal ve noktasal olmayan baskı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kirletici kaynaklar iki grupta toplanır:

- 1- Noktasal (belirli kaynaklardan gelen evsel/ endüstriyel atıklar),
- 2- Noktasal olmayan (karışık taşınım süreciyle kontrolü zor kirlilik kaynakları) (Novotny, 2008).

Antalya Havzası Arıtma Tesisleri;

Akdeniz bölgesinde 47 adet faaliyette olan arıtma tesisi mevcuttur. Çalışma alanımız olan aksu çayı ve kollarına drenajı yapılan Atık Su Arıtma Tesisleri Tablo 2’de verilmiştir

Tablo 2. Aksu Alt Havzasında buluna illerde Atıksu Arıtma Tesisi durumu (Isparta Çevre ve Şehircilik

Bölge	Tesis Kapasitesi	Eşdeğer Nüfus	Proses Türü	Arıtma Tesisi Sahası	Deşarj Yeri	Deşarj Uzunluğu	Uzaktan İzleme
Serik/ Serik AAT Tesisi	25.000	80.000	İleri Biyolojik Arıtma Tesisi	25.000 m ²	Acısu Deresi	450 m	-
Belek 2 AAT	23.000	70.000	Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Biyolojik Arıtma Tesisi	25.000 m ²	Acısu Deresi	25.000 m ²	Var
Isparta/ Sav kasabası atıksu arıtma tesisi							
Isparta/Süleyman			Sav kasabası arıtma tesisi yapım aşamasındadır				
Demirel OSB AAT	4000-8000 ton/gün	-	Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik	26982,22 m ²	DSİ Gönen Sulama Kanalı	25.000 m ²	
Isparta/ Isparta							
Deri İhtisas ve Karma OSB	3000 ton/gün kapasite	-	Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik	-	Minasin Çayı		

2. MATERYAL VE METOT

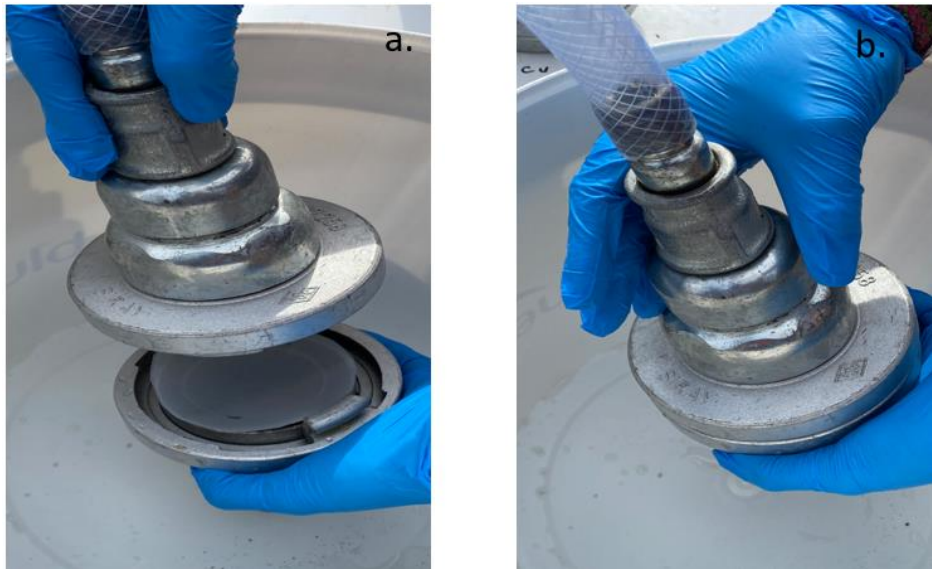
2.1. Örneklem Bölgesi

Antalya Havzasının Coğrafi Konumu

Antalya Havzası Türkiye yüzölçümünün yaklaşık olarak %2.4'nü kaplayan 20,235.68 km² alana sahiptir. Havza alansal büyüklük olarak ele alındığında Türkiye'nin 17. büyük havzasıdır. Antalya Havzasının coğrafik konumu; kuzeyde Sultan Dağları, doğuda Alanya ilçesi ve Toros Dağları, batıda Beydağları ve Katrancık Dağları ile, güneyde ise Antalya Körfezi ile çevrilidir. Antalya Havzasının özel konumuna bakıldığında doğusunda Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzası, batısında Batı Akdeniz ve Budur Kapalı Havzası ile kuzeyinde Akarçay Kapalı Havzası bulunmaktadır. Havza sınırları içerisinde 5 adet il bulunmaktadır. Bu iller; Afyonkarahisar, Antalya, Budur, Isparta ve Konya'dır.

2.2. Örneklem Düzenegi

İç sularda ağ kullanılarak gerçekleştirilen örneklemeler saha ve laboratuvarında uzun değerlendirme zamanlarının oluşması, yüksek kontaminasyon riski ve insan hatasına bağlı karşılaşılabilecek değerlendirme hatalarının fazla olması gibi sonlara neden olmaktadır. Bu sebeple çalışma kapsamında zamanın daha etkin kullanımı, kontaminasyon ihtimalinin azaltılması ve insan hatasının azaltılması amaçlarına ulaşmak için yeni bir örneklem yaklaşımı olan pompa kullanımı tercih edilmiştir (Şekil 1).

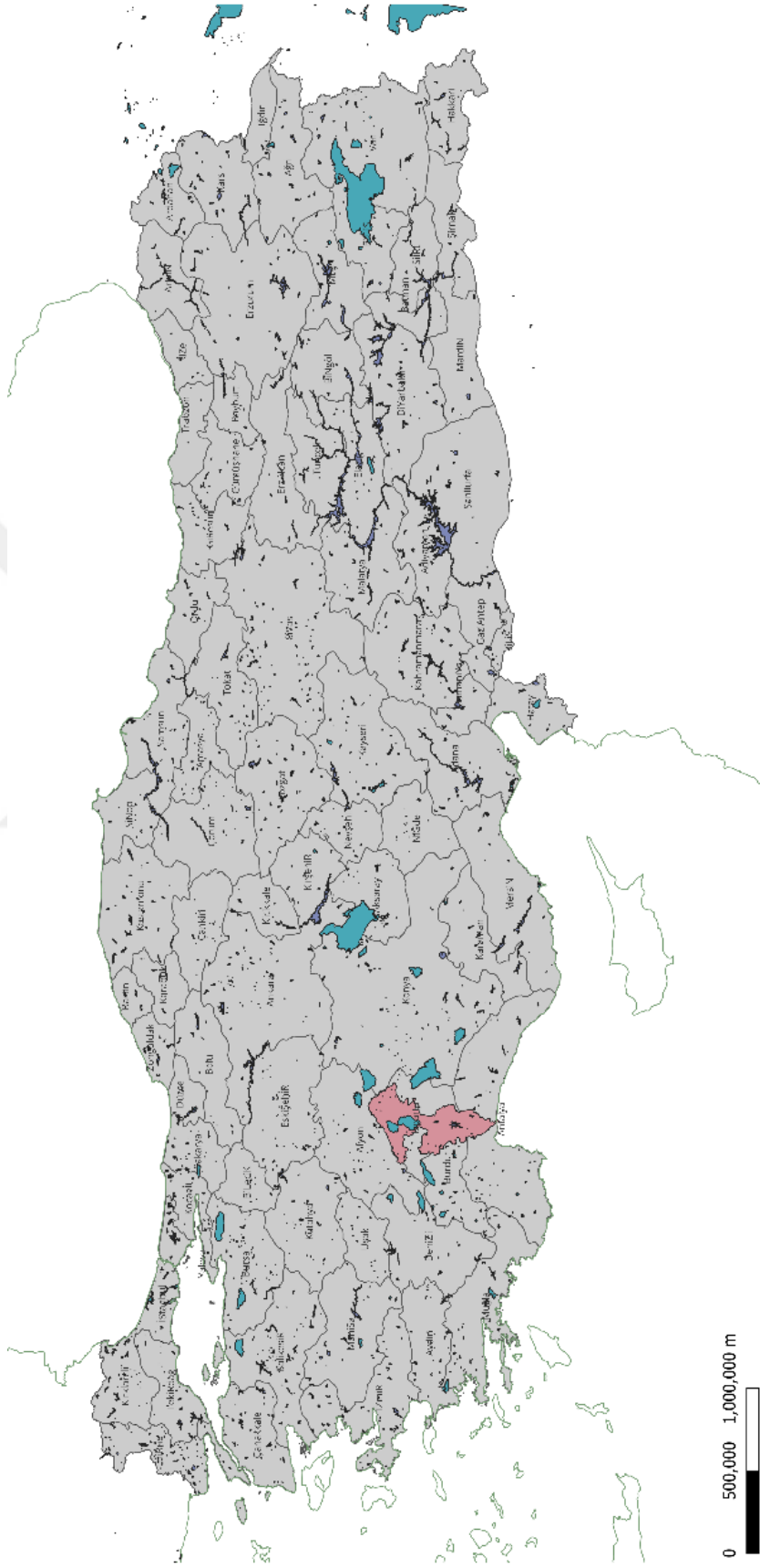


Şekil 1. Örneklem düzenegi genel görünümü

Düzenek 2 ana parçadan oluşmaktadır. İlk kısım nehirden alınan suyun filtrelere aktarımında görev alan su motorlarıdır (Şekil 2A). İkinci kısım ise 333µm filtre bulunduran süzme bölümüdür (Şekil 2B).



Şekil 2. Örnekleme düzeneği pompa (A) ve süzme (B) kısımları.



Şekil 3. Örnekleme alanının coğrafi konumu

2.3. Saha Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında saha örneklemeleri yağış öncesi ve sonrası dönemleri temsil edecek şekilde Eylül 2022 ve Nisan 2023 aylarında 2 seferde gerçekleştirilmiştir.

Avrupa Su Çerçeve Direktifinde (WFD 2000/60/EC) verilen örneklemme istasyonlarının seçimine ilişkin kriterler dikkate alınarak Aksu nehrini ve kolları temsil etmek üzere Google Earth ile havza üzerindeki beşeri faaliyetler (sanayi, balıkçılık, örtü altı ve açık alan tarımsal faaliyetleri vb.) sonucunda oluşabilecek kirletici unsurların tespiti ve kaynaklarının belirlenmesi amacı ile 20 örneklemme istasyonu seçilmiştir. Örneklemme istasyonu seçiminde dikkat edilen parametreler;

Avrupa Su Çerçeve Direktifi'nde (European Communities, 2000) verilen örneklemme istasyonlarının seçilmesine ilişkin kriterler dikkate alınarak Antalya havzasında Aksu Çayı ve kollarını temsil edecek şekilde yirmi örneklemme istasyonu dikkatlice seçilmiştir. Su Çerçeve Direktifi (WFD 2000/60/EC), nehir havzası bölgesindeki her bir havza veya alt havzadaki genel yüzey suyu durumunun bir değerlendirmesini sağlamak için yeterli yüzey suyu kütlelerinde gözetim izlemesinin yapılması gerektiğini belirterek numune alma noktaları, önemli nehirlerin yanı sıra ilgili alt havzaların akarsu ağzındaki noktaları da içermelidir.

Örneklemme noktalarının seçilmesindeki ana kriterler şunlardır:

- 1- 2500 km² den daha büyük nehir havzası bütün olarak ele alınarak su akış hızı örneklemme noktası seçiminde önemli bir yer tutmaktadır.
- 2- Büyük göller ve rezervuarlar dahil olmak üzere nehir havzası bölgesinde mevcut su hacmi önemlidir.
- 3- Denizel ortama aktarılan kirletici yükünü tahmin etmek ve kirletici kaynakları belirlenmesi şekilde tanımlanır (Şener, Şener and Davraz, 2017) (European Communities, 2000).

Tüm örneklemme istasyonlarında; istasyon olarak seçilen alanlarda gözlem sonucu elde edilen bilgiler, bölgenin ve örneklemme noktasının fiziki çevre şartları, koordinat bilgileri ve yapılan örneklemme süresi) kayıt altına alınmıştır. Sonrasında steril 300 µm filtre bezleri örneklemme düzeneğine yerleştirilerek örneklemeye geçilmiştir. Örneklemme düzeneği kullanılarak her istasyondan pompa başına 200'ye litre olmak üzere toplamda 600 litre su süzülerek örneklemme yapılmıştır. Süzme işlemi bittikten sonra düzenek içerisine yerleştirilen filtre bezleri 50 ml falkon tüplerin içerisine yerleştirilmiştir. Falkon tüpler içerisine konulan filtre bezleri, istasyon numarası yazılarak +4 derecede arazi çalışması bitene kadar muhafaza edilmiştir. Saha çalışması sonrasında tüm örnekler laboratuvarda -18 derecede muhafaza edilmiştir.

Örnekleme sürecine dair ek bilgiler

a) Coğrafi ve fiziki nedenlerden dolayı, Eylül ayında gerçekleştirilen ilk saha örnekleme kapsamında 20 örnekleme istasyonun sadece 17 örnekleme istasyonundan numune alınabilmiştir. Numune alınamayan 3 istasyonun durumuna dair tespitler;

- 11 numaralı istasyonda akarsuyun kurumuş olması (EK 1A),
- 12 numaralı istasyonda uydu görüntüleri doğrultusunda seçilen alana ulaşımın bulunmaması (EK 1B),
- 19 numaralı istasyonda ise seçilen alanın örnekleme yapılmaya uygun fiziki ortama sahip olmaması nedeni ile numune alımı gerçekleştirilememiştir (EK 1C).

b) Nisan dönemi örneklemlerinde eklenen istasyon

Eylül döneminde Isparta – Antalya doğrultusunda yürütülen örneklemler sürecinde 15. İstasyondan itibaren mikroplastik kirliliğinde görülen dramatik düşüşün sebebinin anlaşılabilmesi amacıyla Nisan 2023 ayında yapılan örneklemeye yeni bir istasyon eklenmiştir.



Şekil 4. Örneklemeye istasyonları

2.4. Laboratuvar Çalışmaları

Numuneler mikroskop ile incelenmeden önce içerisinde bulunan organik materyalleri uzaklaştırmak amacıyla tüpe 1M potasyum hidroksit (KOH) ilave edilerek oda sıcaklığında 1-2 gün (organik yük gözetilerek) bekletilmiştir. Organik materyaller uzaklaştırıldıktan sonra vakum pompası kullanılarak numune içeriği 26 µm göz açıklığına sahip filtre bezine aktarılmıştır. Bu işlemler sonrasında filtreler mikroskop analizine kadar petri kabında saklanmıştır. Filtre bezlerinin konulduğu petri kabına istasyon ve tekrar sayıları petri kabının üzerine işlenmiştir.

Süzme işlemi sonrasında filtre bezleri mikroskop altındaki incelemeler sonucunda elde edilen plastik partiküller 1 x 0.8 boyuta sahip örnekleme kâğıdına alınmıştır. Boyut, şekil ve renk bilgisinin kayıt altına alınması için mikroskop altında ayıklama işlemleri ile paralel şekilde Olympus SZX 16 araştırma mikroskobu ile plastik görüntüleri kayıt altına alınmıştır. Elde edilen plastikler renk-malzeme (fiber, naylon, sert plastik parçacık, vd.) nitelikleri göz önüne alınarak sınıflandırılmıştır. Bu işleme ek olarak tespit edilen her partikülün en uzun kenar boyu kayıt altına alınmıştır. Elde edilen verileri ile Antalya havzası içerisinde bulunan 20 örnekleme istasyonunun mikropplastik kirliliği m³ birimi ile partikül miktarı verilmiştir.

Kontaminasyonun Önlenmesi

Çalışma ortamında plastik parçacıkların kontaminasyonunu tespit etmek amacıyla steril beher içerisinde saf su tutulmuştur. Mikroskop incelemeleri sonunda petri içerisinde bulunan su 26 µm filtre bezinden geçirilerek plastik partiküllerin kaydı tutulmuştur. Örnekleme verisi ve kontaminasyon verileri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işlemi sonrasında aynı boyut, renk ve şekle sahip partiküller kontaminasyon olarak değerlendirilmiş ve örnekleme verisinden çıkartılmıştır.

2.5. Gerçekleştirilen Analizler

Polimer Tespitine Yönelik Analizler

Fiziksel karakterler gözetilerek yapılan sınıflandırmaya göre, polimer özelliklerini belirlemek için bir germanyum ATR eki ile donatılmış mikro-FTIR (Nicolet™ iN10 FTIR, ABD) ile tespit edilen MP partiküllerinden bir alt numune (toplam 73 partikül) analiz edilmiştir. Elde edilen MP spektrumları, KnowItAll yazılımı (Jonn Wiley & Sons Inc.) kullanılarak KnowItAll IR Spectral Database Collection (<https://sciencesolutions.wiley.com/solutions/technique/ir/knowitall-ir-collection/>) ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır. Spektral analizden önce, analiz işlemi boyunca parçacıkları takip etmek için analiz edilen polimer için seçilen parçacıkların görsel kayıtları alınmıştır (EK 2). Parçacıklar, çift taraflı bant kullanılarak slaytlara sabitlenmiştir. Spektral analiz sürecinde gerektiğinde kullanılmak üzere arka planın kaydına sahip olmak için çift taraflı bandın bir spektrumu da alınmıştır. Ayrıca pozitif kontrol olarak polimer türü bilinen plastik ürünlerden alınan numuneler ile spektral analiz yapılmış ve bu spektrumların analizde kullanılan kütüphaneler ile karşılaştırılması yapılarak analiz sürecinin sağlıklı çalıştığı tespit edilmiştir.

Arka plan etkisini ortadan kaldırmak için, karşılaştırmalardan önce karbondioksit ve su buharı spektral aralıkları (sırasıyla 2250–2500 cm⁻¹ ve 3250–3900 + 1350–2000 cm⁻¹) değerlendirilen spektrumlardan çıkarılmıştır. Bununla birlikte, hariç tutulan bölümlerde bulunan pikler, nihai polimer tipi kararından önce MinElt™ araç kutusu ile görsel olarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

GIS Analizleri

Tez çalışması kapsamında, havza sınırlarını belirlemek amacıyla, veri görüntüleme, düzenleme ve çözümleme yetenekleri sağlayan çoklu platform destekli Quantum GIS (QGIS) coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımı kullanılmıştır. Çalışma alanının topoğrafya haritasını oluşturmak için Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model (DEM)), raster ve vektörel veriler kullanılmıştır. Çalışma alanının sınırlarının belirlenmesi amacı ile QGIS yazılımında bulunan “open map” eklentisi ile Google Haritası katmanı oluşturulmuştur. Isparta, Burdur ve Antalya olmak üzere 3 farklı il sınırları içerisinde bulunan Aksu alt havzasını daha net haritalayabilmek için QGIS yazılımının bir eklentisi olan Georeferencer ile Google map üzerinde çalışma alanımız için poligon oluşturulmuştur. DEM, raster ve vektör verileri ile oluşturulan birleştirilmiş veri katmanları topoğrafya haritası oluşturulmuştur. Verilerin birleştirilmesi sonrasında katmanda bulunan diğer DEM, raster ve vektörel veriler katmandan silinerek yalnızca çalışma alanının topoğrafya haritası için birleştirilmiş veri ile işleme devam edilmiştir.

Karasal Kullanım Haritasının Oluşturulması;

Avrupa Çevre Ajansı (AÇA)’nın belirlediği kriterler ve sınıflandırma sistemi doğrultusunda ekosistemlerin korunması, küresel iklim değişikliği ile mücadelede, arazi örtüsünün mevcut durumu ve zamana bağlı değişimi oldukça önemlidir. Ekosistemin korunması ve değişimlerin izlenmesi için 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE arazi örtüsü verileri oluşturulmuştur. CORINE (Coordination of Information on the Environment), Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına göre uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile üretilen arazi örtüsü/kullanımını verisidir (Tarım Bakanlığı (2023) Corine Projesi).

Tez çalışması için belirlenen aksu alt havzası sınırları için oluşturulan poligonun karasal kullanım haritası için CLC web sayfasından 2018 yılına ait SQLite formatındaki veri seti indirilmiştir (Copernicus Land Monitoring service, 2023). İndirilen bu veri seti ile çalışma alanı poligonu birleştirilerek alan hesabı yapılmıştır. Çalışma alanı toplam 585.667754 km² dir. Aksu alt havzası içerisindeki karasal kullanım şekilleri (Şekil 5) ve alanları **Tablo 3**’de verilmiştir.

CORİNE ARAZİ SINIFLANDIRMASI

1. YAPAY YÜZEYLER

1.1 Yerleşim alanları

-  1.1.1 Yoğun yerleşim *
-  1.1.2 Dağınık yerleşim *

1.2 Endüstriyel, ticari ve taşımacılık birimleri

-  1.2.1 Endüstriyel ve ticari birimler *
-  1.2.2 Yollar, raylı sistem ve bağlantı kavşakları
-  1.2.3 Limanlar
-  1.2.4 Havalimanları

1.3 Maden, boşaltım ve inşaat yapılar

-  1.3.1 Maden ocakları *
-  1.3.2 Boşaltım alanları *
-  1.3.3 İnşaat bölümleri

1.4 Tarımda kullanılmayan bitkili alanlar

-  1.4.1 Yeşil yerleşim alanları (park ve bahçeler)
-  1.4.2 Spor ve dinlenme alanları

2. TARIM ALANLARI

2.1 Ekilebilen arazi

-  2.1.1 Kuru tarım alanları *
-  2.1.2 Sulu tarım alanları *
-  2.1.3 Celtik tarlaları

2.2 Kalıcı ürünler

-  2.2.1 Bağ, üzüm bağı *
-  2.2.2 Mevve ağaçları ve mevveli bitkiler *
-  2.2.3 Zeytinlik

2.3 Meralar

-  2.3.1 Mera

2.4 Heterojen tarım alanları *

-  2.4.1 Sürekli ürünler ile birlikte yıllık *
-  2.4.2 Karışık çiftçilik *
-  2.4.3 Özellikle tarım kullanılan arazi *
-  2.4.4 Ormanla karışık tarım alanları *

3. ORMANLIK VE DOĞAL ALANLAR

3.1 Ormanlar

-  3.1.1 Geniş yapraklı ormanlar
-  3.1.2 Kozalaklı ve iğne yapraklı ormanlar
-  3.1.3 Karışık ormanlar

3.2 Maki ve otsu bitkiler

-  3.2.1 Doğal çayırlar
-  3.2.2 Bozkır ve fundalık
-  3.2.3 Sklerofil bitki örtüsü
-  3.2.4 Bitki değişim alanları

3.3 Bitki olmayan veya az bitkili açık alanlar

-  3.3.1 Plaj, kum tepesi, kumullar
-  3.3.2 Verimsiz toprak ve kayalar
-  3.3.3 Seyrek bitkili alanlar
-  3.3.4 Yanmış alanlar
-  3.3.5 Buzul ve kalıcı kar

4. SULAK ALANLAR

4.1 İç sular

-  4.1.1 Karasal bataklıklar
-  4.1.2 Turbalık

4.2 Deniz kaynaklı sulak alanlar

-  4.2.1 Tuz bataklığı
-  4.2.2 Tuzlalar
-  4.2.3 Gel-git düzlükleri

5. SU KÜTLESİ

5.1 Karasal sular

-  5.1.1 Akarsu yüzeyleri
-  5.1.2 Su kütlesi

5.2 Deniz suları

-  5.2.1 Lagünler
-  5.2.2 Haliçler
-  5.2.3 Deniz ve okyanus

Şekil 5. Corine Karasal Kullanım (CLC) sınıfları (Corine Land Cover, 2023). Plastik kaynaklı kirliliğe kaynak oluşturma riski taşıyan en önemli kullanım sınıfları (*) ile belirtilmiştir.

Tablo 3. Aksu Alt Havzası’nda plastik kirliliğine neden olma potansiyeli olan karasal kullanım tiplerinin kapladığı yüzey alanları ve oransal durum.

Corine Kodu	Kullanım Tipi	Toplam Yüzey Alanı (km ²)	Oransan Durumu (%)
111	Yoğun Yerleşim	21.60965	0,315
112	Dağınık Yerleşim	43.42971	0,633
121	Endüstriyel ve Ticari Birimler	13.03446	0,19
122	Yollar, raylı sistem ve bağlantı kavşakları	3.023518	0,044
131	Maden Ocakları	16.63033	0,242
133	İnşaat Bölümleri	5.678426	0,083
142	Spor ve Dinlenme Alanları	4.173208	0,061
211	Kuru Tarım Alanları	527.1091	7,682
212	Sulu Tarım Alanları	188.5168	2,747
221	Bağ, Üzüm Bağı	26.96284	0,393
222	Meyve Ağaçları ve Meyveli Bitkiler	228.5504	3,331
242	Karışık Çiftçilik	469.0956	6,836
243	Özellikle Tarımda Kullanılan	514.4395	7,497
Toplam		44.318.965	30,054

İndirilen SQLite formatındaki CLC verileri ve çalışma alanı poligonu QGIS yazılımına aktarılmıştır. CLC verilerinin özellikleri kopyalanarak çalışma alanı poligonuna yapıştırma sureti ile çalışma alanı katmanına CLC verileri aktarılmıştır. Havza içerisinde yürütülen faaliyetlerin her birinin kullanım alanı için “Save Vektör Layer” penceresine hedef katman ve koordinat verileri girilmiştir. Orijinal CLC katmanı silinerek CLC verileri ile birleştirilmiş katman üzerinden işleme devam edilmiştir. Oluşturmuş olduğumuz yeni katmanın öznitelik tablosunda buluna “CLC Arazi Örtüsü Sınıfları” kodları öznitelik tablosunda oluşturulan yeni sütuna eklenerek tüm arazi kullanımı ayrıntılı olarak verilmiştir. Havza içerisindeki kullanım alanlarının kaç m² olduğunu hesaplamak için öznitelik tablosunda ‘Sınıf Alanı m²’ veri sütun oluşturulmuştur. Öznitelik tablosunda bulunan verilerin işlenmesinin ardından ‘Sınıf Gruplaması’ için yeni bir sütun oluşturulmuştur. CLC verileri ve çalışma alanı dışında kalan tüm Corine verilerinin silinerek yalnızca çalışma alanı poligonu içerisinde kalan karasal kullanım şekli ve alanı için QGIS programında ‘Vektör-Kesişim’ işlemi yapılmıştır.

Kullanılan İstatistiksel Analizler

Laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen veri seti kullanılarak gerçekleştirilen analizler **Orange Data Mining** yazılımı ile gerçekleştirilmiştir (Demsar J vd. 2013). Ayrıca elde edilen sonuçların görselleştirilmesi amacıyla hazırlanan grafiklerin oluşturulması sürecinde de aynı yazılım kullanılmıştır. Bu kapsamda; örnekleme alanlarında tespit edilen MP boyutları arasında farklılık olup olmadığı **ANOVA** analizi ile, yine istasyonlarda tespit edilen MPs tiplerinin ve renklerinin farklılık olup olmadığı **X^2** analiziyle incelenmiştir. Örnekleme alanlarında tespit edilen MP yükü ve niteliklerinin topluca değerlendirilebilmesi için **Heatmap** grafiği kullanılmıştır. Karasal kullanım durumunu tespit edilen MP kirliliği üzerine etkisi **Doğrusal Projeksiyon Analizi** kullanılarak incelenmiştir.

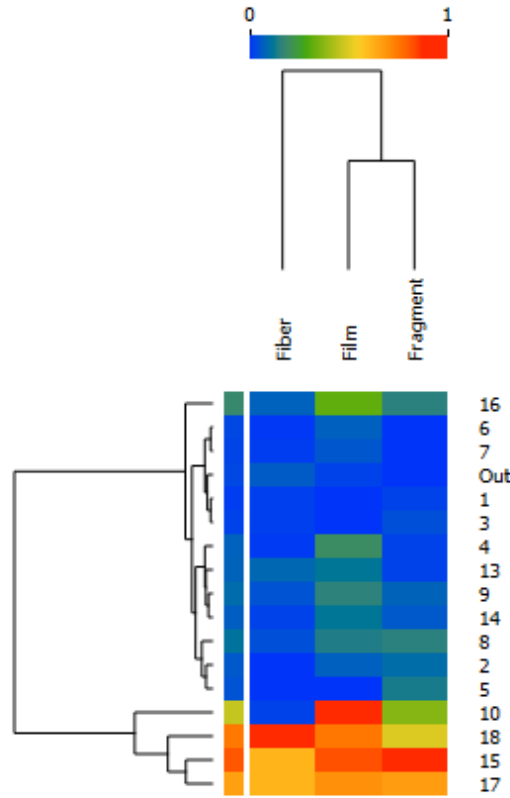
3. BULGULAR

Aksu Alt havzası coğrafi konumu nedeni ile birçok alanda beşeri faaliyetlerin etkisi altındadır. Modern dünyanın getirdiği yerleşim, sanayi, tarım ve hayvancılık gibi birçok alanda ortaya çıkan atıkların yetersiz veya bilinçsiz yönetiminin havza üzerindeki baskısını tesit etmek adına 20 örnekleme noktası belirlenmiştir.

Eylül 2022 arazi çalışması esnasında;11 istasyonun kurumuş, 12. İstasyona ulaşımın olmaması ve 19. İstasyonun örnekleme için uygun arazi şekline sahip olmaması nedeni ile 3 istasyonda örnekleme yapılamamıştır. Kalan 17 istasyonda yapılan Eylül 2022 örnekleme sonrasında elde edilen verilerde Isparta'dan gelen yoğun bir kirliliğinin çarpıcı bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. Bu düşüşün sebebi anlayabilmek amacı ile Nisan 2023 örnekleme için bir ek istasyon belirlenmiştir. Ek istasyon ile gelen yükün hangi faktör tarafından azaldığı tespit edilmek amaçlanmıştır.

3.1. Eylül 2022 Örnekleme Kirlilik Yoğunluğu ve Karakterizasyonu

Nisan ayı örneklemesinde en baskın var olan üç MP tipinin istasyonlarda bulunma durumlarını gösteren heatmap Şekil 6'de verilmiştir. Heatmap de görüldüğü gibi örnekleme sonrasında elde edilen veriler ışığında havzada en fazla yükün Isparta ile sınırları içerisinde bulunan Sav Kasabası'ndan yani 18. istasyon da yapılan örneklemede ve örnekleme noktasını takip eden 15. İstasyonda yoğun kirlilik saptanmıştır.18, 17, 16, 15. İstasyonlarda yoğun bir MP kirliliği ile karşılaşırken geri kalan örnekleme noktalarında yoğun bir MP kirliliği saptanmamıştır fakat MP tip çeşitliliği tespit edilmiştir.



Şekil 6. Eylül örnekleme dönemi kapsamında tespit edilen MP kirliliği yoğunlukları kullanılarak oluşturulan heatmap (yoğunluk değerleri 0-1 aralığına normalize edilmiştir, en sık karşılaşılan MP tipleri ve istasyonlar arasındaki benzerliğin tespiti amacıyla cluster analizleri yapılmıştır)

Eylül 2022 örnekleme sonucunda değerlendirmeye alınan 17 istasyonda toplamda 2958 adet MP tespit edilmiştir. İncelemeler örnekleme döneminde 6 farklı tipte (Boya, Fiber, Film, Fragment, Köpük ve Kauçuk) MP varlığı göstermektedir (Şekil 7). Fiber (2481- %83,9), Film (276- %9,3) ve Fragment (172- %5,8) tipindeki partiküller toplamda tespit edilen tüm MPs'in %99,0'luk kısmının temsil etmektedir. İstasyonlar arası tespit edilen MP tipleri arasında farklılık olup olmadığına dair değerlendirmenin yapılabilmesi adına gerçekleştirilen X^2 testi istasyonlar arası istatistiksel öneme sahip bir farklılık olduğunu göstermektedir (F: 714,68; $p < 0,05$).

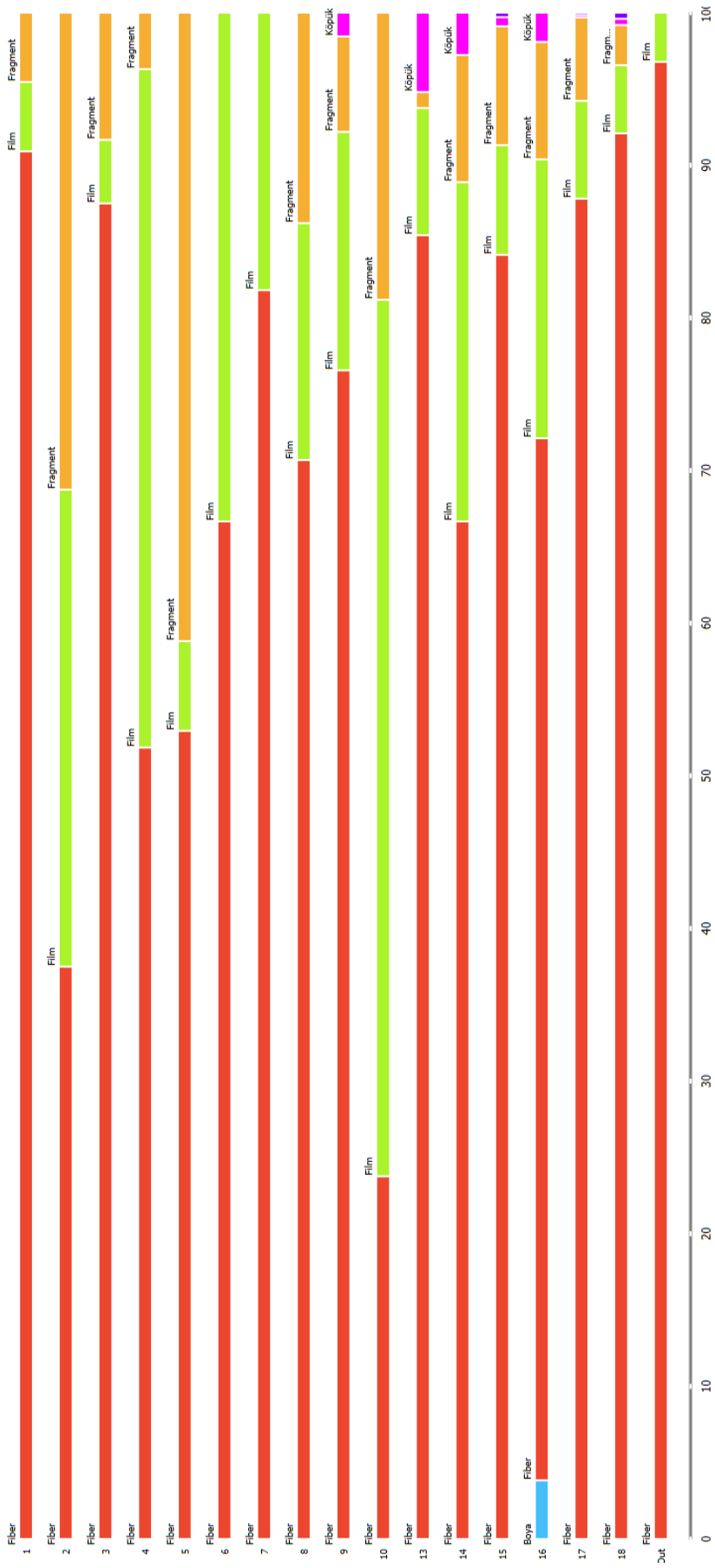
MP renklerine yönelik yapılan değerlendirme ise örnekleme döneminde 11 farklı renkte MP varlığını göstermektedir (Şekil 9). Mavi (%36,8), Siyah (%20,8), Şeffaf (%16,8) ve Kırmızı (%11,4) örnekleme dönemince en yüksek oranda gözlemlenen renklerdir. Bu dört renk toplamda tespit edilen tüm MP kirliliğinin %85,8'lik kısmını teşkil etmektedir. İstasyonlar arası tespit edilen MP renkleri arasında farklılık olup olmadığına dair değerlendirmenin yapılabilmesi adına gerçekleştirilen X^2 testi istasyonlar arası istatistiksel öneme sahip bir farklılık olduğunu göstermektedir (F: 823,83; $p < 0,05$). Yapılan incelemede Film ve fragment tipi benzer bir dağılım göstermektedir. Ayrıca silikon ve fiber tipleri de benzer bir dağılım göstermektedir.

Boya ve köpük tipleri ise kendisine özgü bir dağılım göstermektedir (Şekil 8). Renklere göre dağılım durumu incelendiğinde ise iki renk gruplanmasının olduğu görülmektedir (Şekil 8).

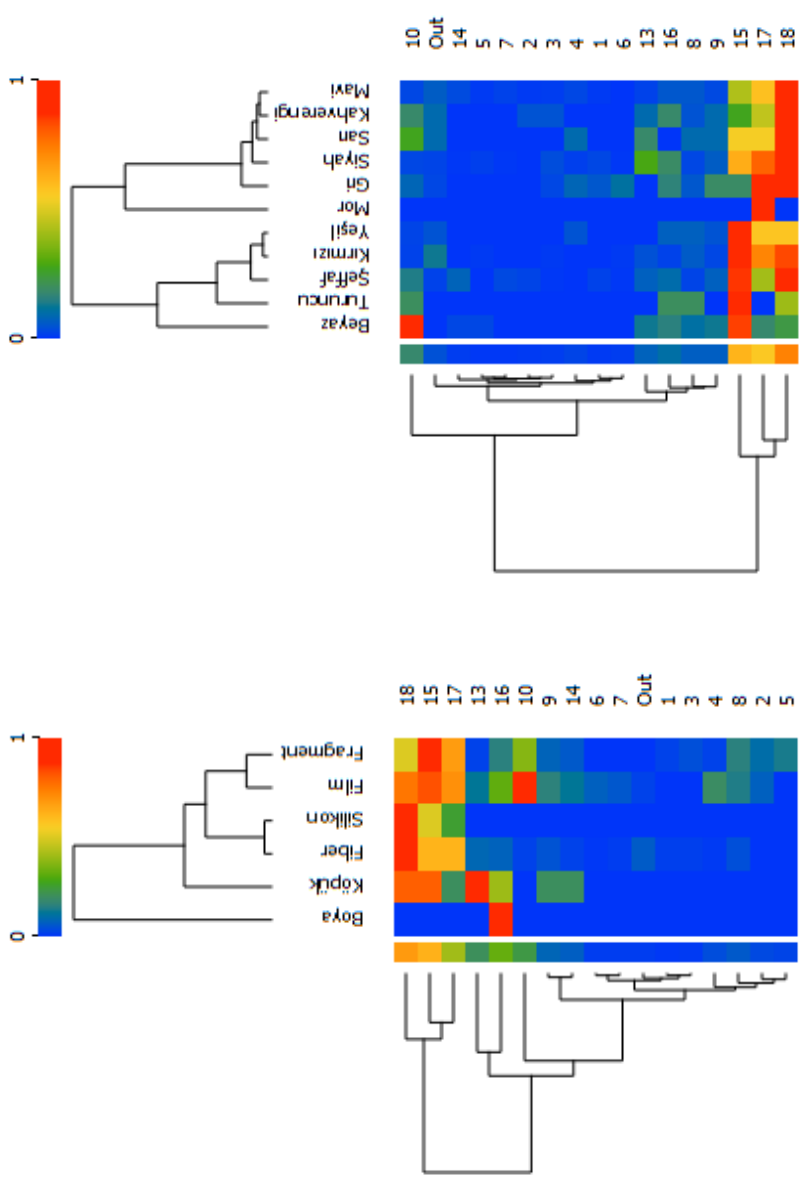
Örnekleme istasyonlarından tespit edilen MPs'in boy dağılımları arasında farklılık olup olmadığının belirlenebilmesi amacıyla gerçekleştirilen ANOVA analizi sonucunda, istasyonlar arası önemli bir istatistiksel farklılaşma olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 10) (F: 7,555; $p < 0,05$).

.

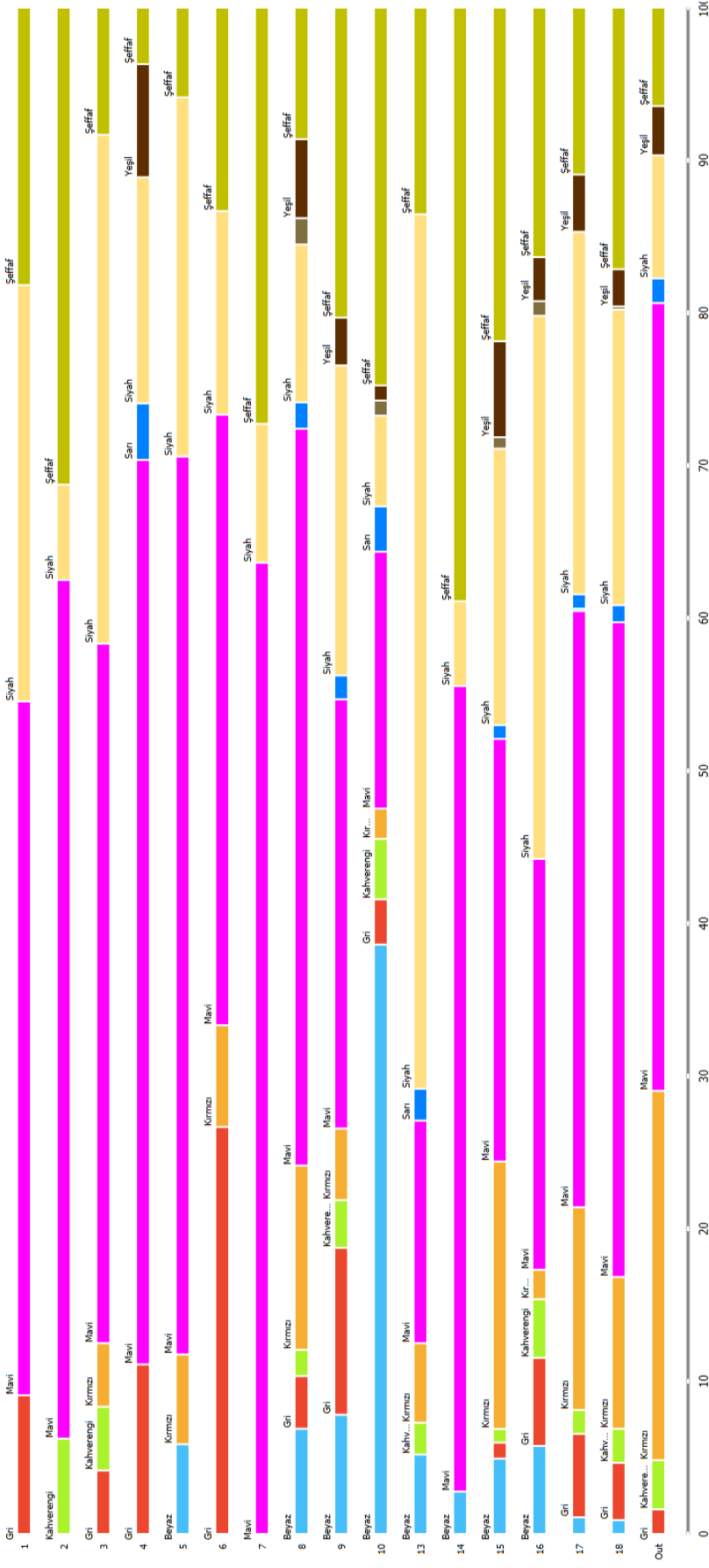




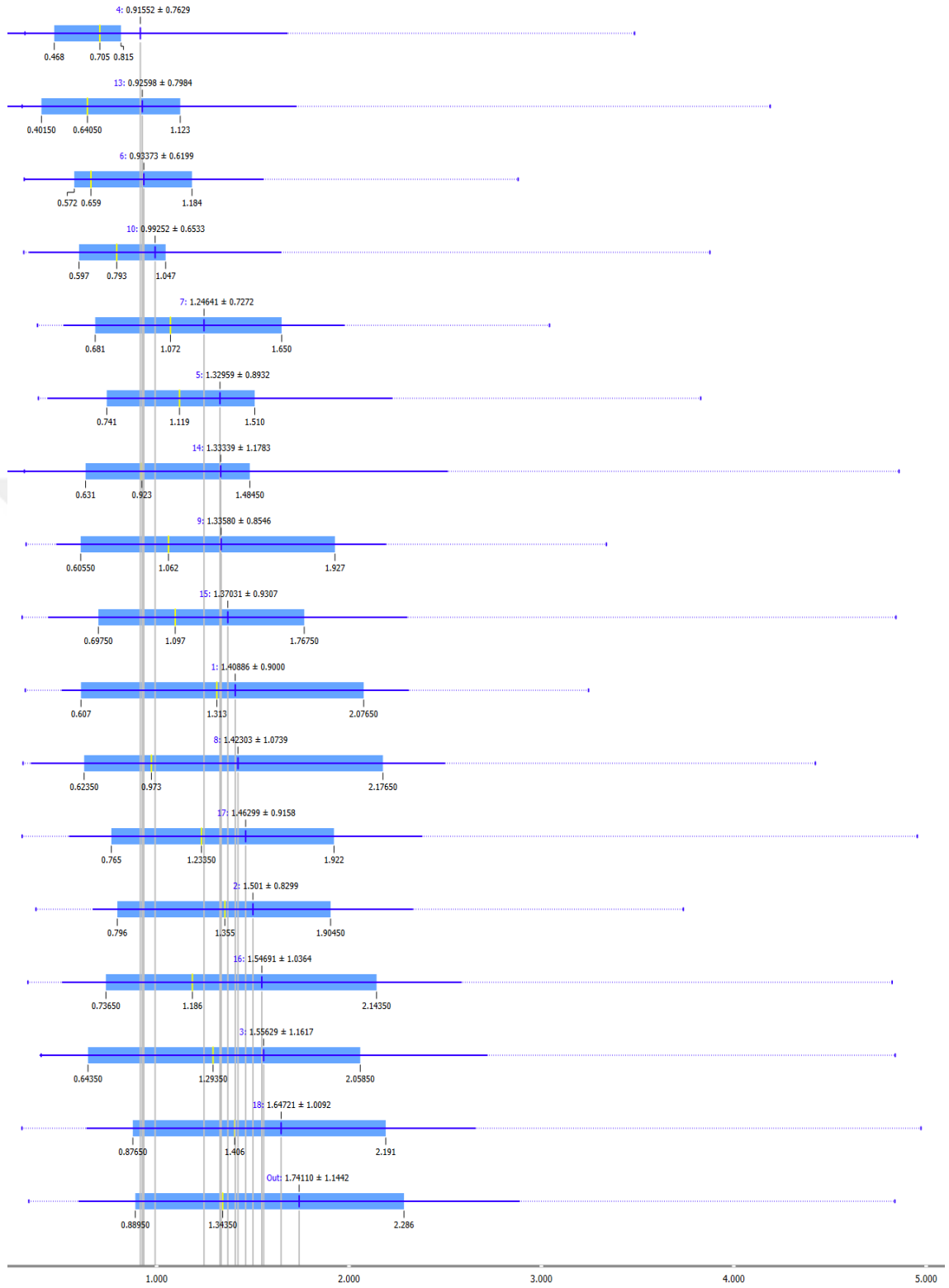
Şekil 7. Eylül 2022 örnekleme döneminde istasyonlarda tespit edilen MP tiplerinin oransan dağılımı.



Şekil 8. Eylül örnekleme döneminde tip ve renge göre örnekleme istasyonlarında tespit edilen MP kirliliğinin dağılımı.



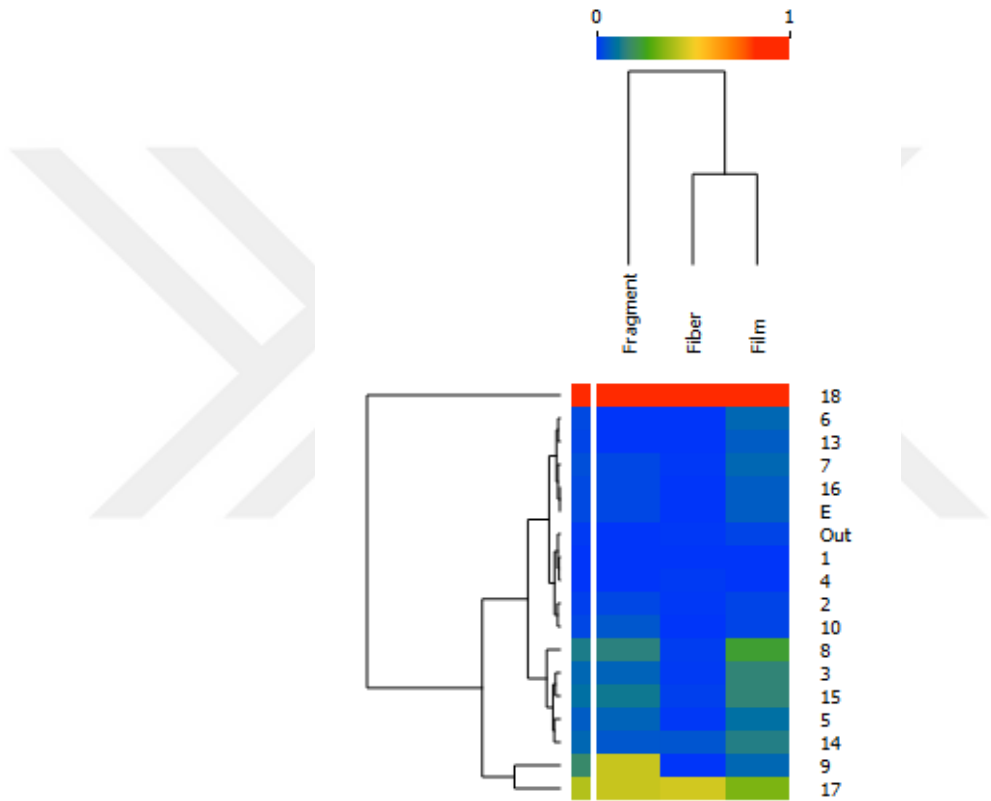
Şekil 9. Eylül 2022 örnekleme döneminde istasyonlarda tespit edilen MP renklerinin oransan dağılımı.



Şekil 10. Eylül 2022 örnekleme sonucunda örnekleme istasyonlarından tespit edilen MPs boy dağılımları.

3.2. Nisan 2023 Örnekleme Kirlilik yoğunluğu ve Karakterizasyonu

Nisan ayı örneklemeğinde en baskın var olan üç MP tipinin istasyonlarda bulunma durumlarını gösteren heatmap Şekil 11’de verilmiştir. Heatmap de görüldüğü gibi örnekleme sonrasında elde edilen veriler ışığında havzada en fazla yükün oluşturan Isparta ile sınırları içerisinde bulunan Sav Kasabasından yani 18. İstasyondur. Bu kirlilik yükünü takip eden 17. İstasyon görece 18. İstasyona kıyasla az fakat diğer örnekleme noktalarına göre fazladır. 18 ve 17. İstasyonlar dışında kalan istasyonlarda yoğun bir MP kirliliği saptanmamıştır fakat MP tip çeşitliliği tespit edilmiştir.

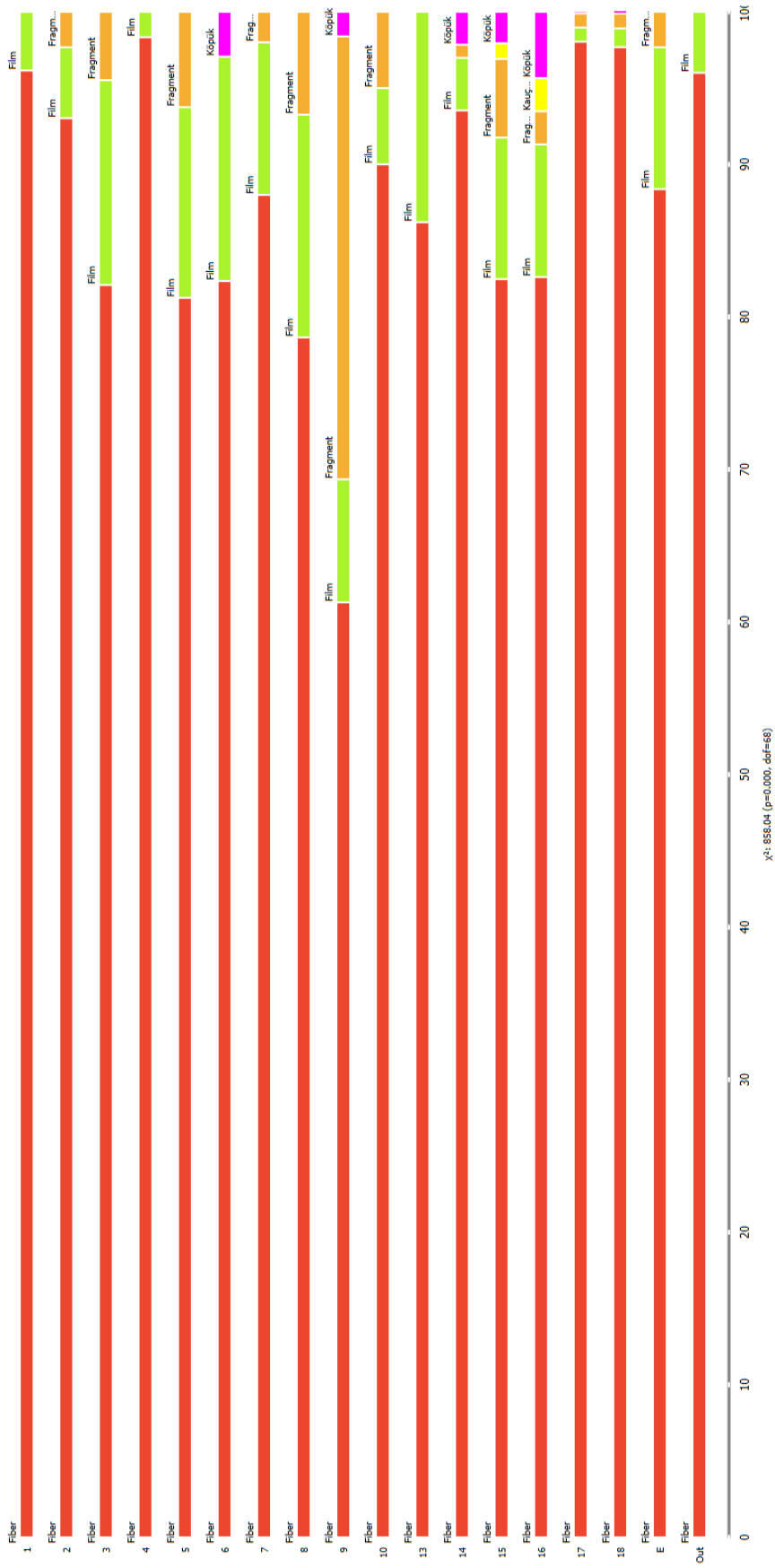


Şekil 11. Nisan örnekleme dönemi kapsamında tespit edilen MP kirliliği yoğunlukları kullanılarak oluşturulan heatmap (yoğunluk değerleri 0-1 aralığına normalize edilmiştir, en sık karşılaşılan MP tipleri ve istasyonlar arasındaki benzerliğin tespiti amacıyla cluster analizleri yapılmıştır)

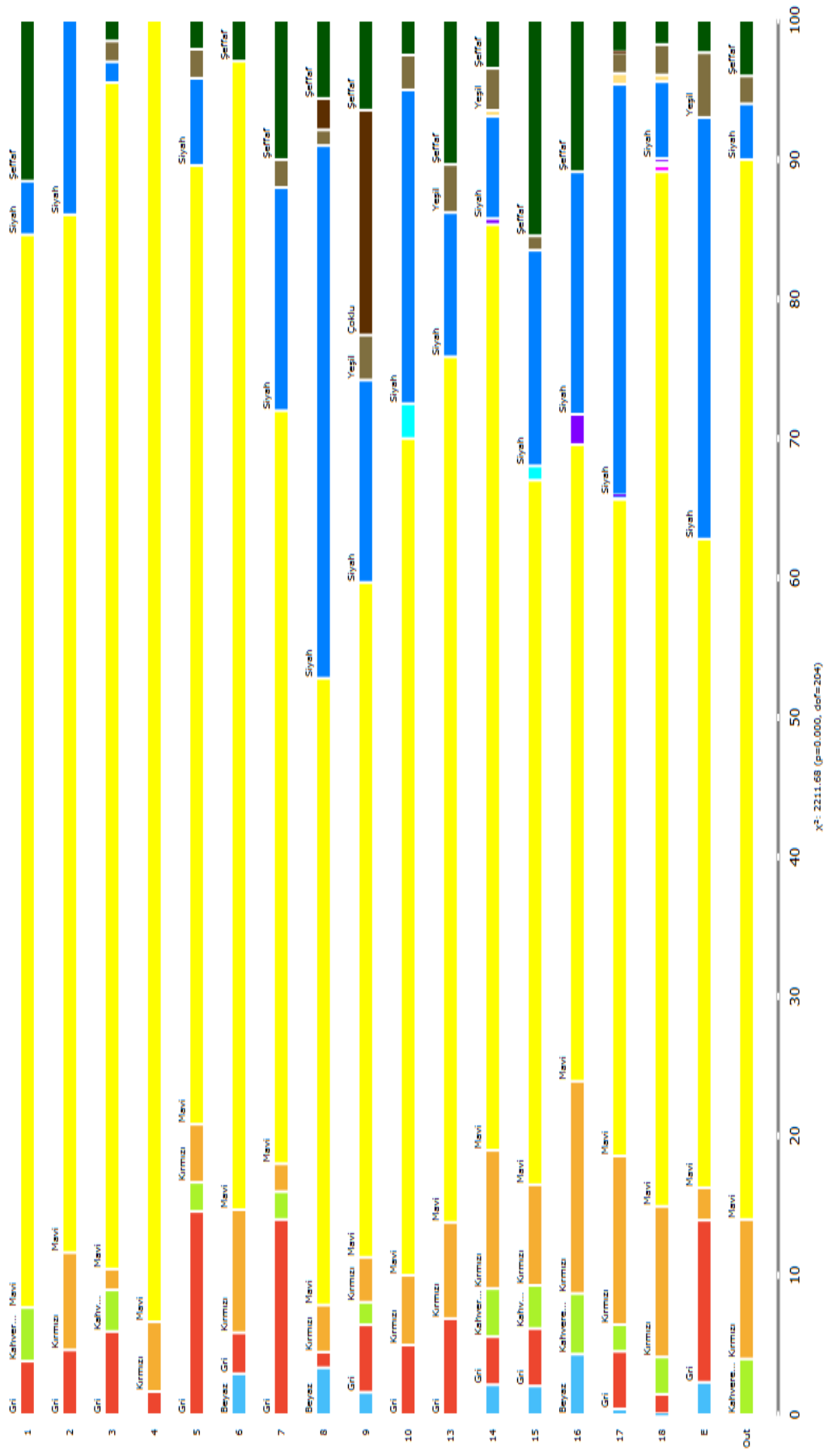
Nisan 2023 örnekleme sonucunda değerlendirmeye alınan 18 istasyonda toplamda 7174 adet MP tespit edilmiştir. İncelemeler örnekleme döneminde 5 farklı tipte (Fiber, Film, Fragment, Kauçuk ve Köpük) MP varlığı göstermektedir (Şekil 12). Fiber (6902 - %96,2), Film (150 - %2,1) ve Fragment (102 - %1,4) tipindeki partiküller toplamda tespit edilen tüm MPs %99,7’lik kısmının temsil etmektedir. İstasyonlar arası tespit edilen MP tipleri arasında farklılık olup olmadığına dair değerlendirmenin yapılabilmesi adına gerçekleştirilen X^2 testi istasyonlar arası istatistiksel öneme sahip bir farklılık olduğunu göstermektedir (F: 858,04; $p < 0,00$).

MP renklerine yönelik yapılan değerlendirme ise örnekleme döneminde 13 farklı renkte MP varlığını göstermektedir (Şekil 9). Mavi (%36,8), Siyah (%20,8), Şeffaf (%16,8) ve Kırmızı (%11,4) örnekleme döneminde en yüksek oranda gözlemlenen renklerdir. Bu dört renk toplamda tespit edilen tüm MP kirliliğinin %85,8'lik kısmını teşkil etmektedir. İstasyonlar arası tespit edilen MP renkleri arasında farklılık olup olmadığına dair değerlendirmenin yapılabilmesi adına gerçekleştirilen X^2 testi istasyonlar arası istatistiksel öneme sahip bir farklılık olduğunu göstermektedir (F: 2211,68; $p<0,00$). Yapılan incelemede, tipine göre MP kirliliğinin durumu incelendiğinde film ve fiber tiplerinin benzer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. 14. istasyonda köpük tipindeki MP varlığının diğer örnekleme bölgelerine göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 14). Nisan döneminde de Eylül dönemine benzer olarak iki renk grubu benzer dağılım göstermektedir. Farklı olarak 9 no'lu istasyonda çoklu renklenme gösteren MP varlığı görülmektedir.

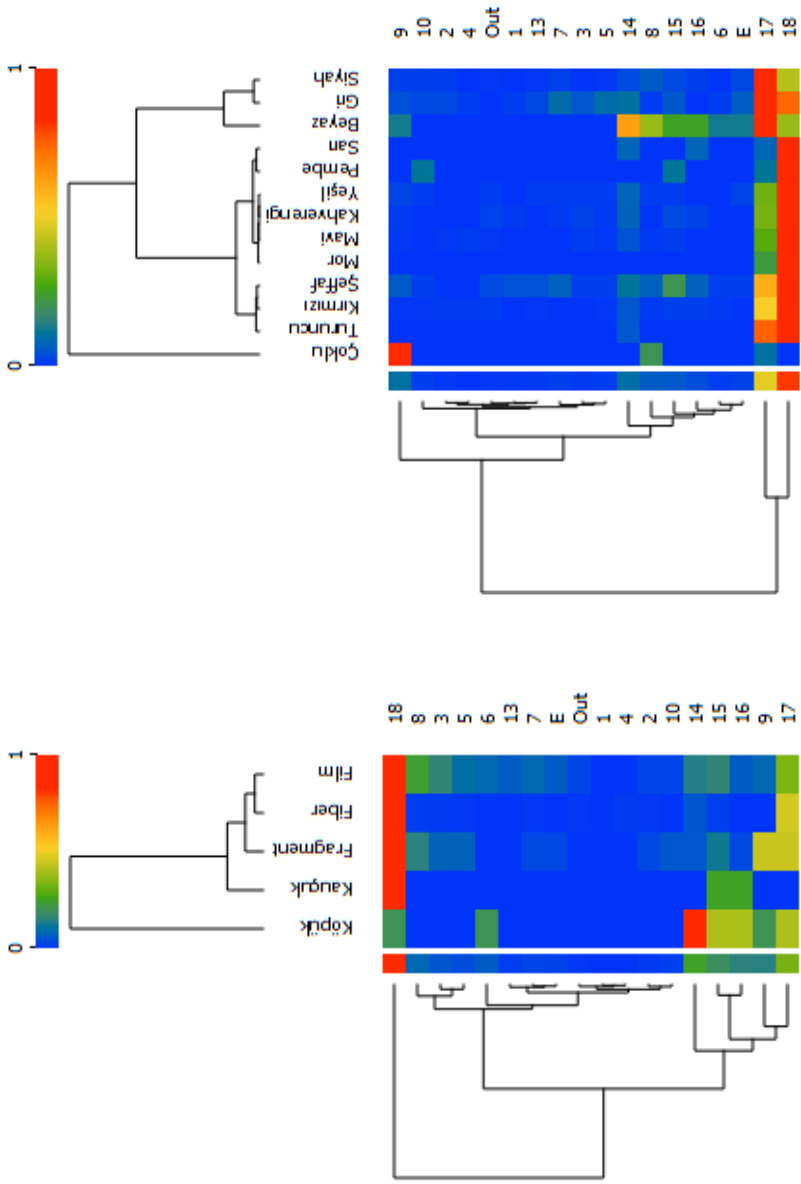
Örnekleme istasyonlarından tespit edilen MP boy dağılımları arasında farklılık olup olmadığının belirlenebilmesi amacıyla gerçekleştirilen ANOVA analizi sonucunda, istasyonlar arası önemli bir istatistiksel farklılaşma olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 10) (F: 7,555; $p<0,05$).



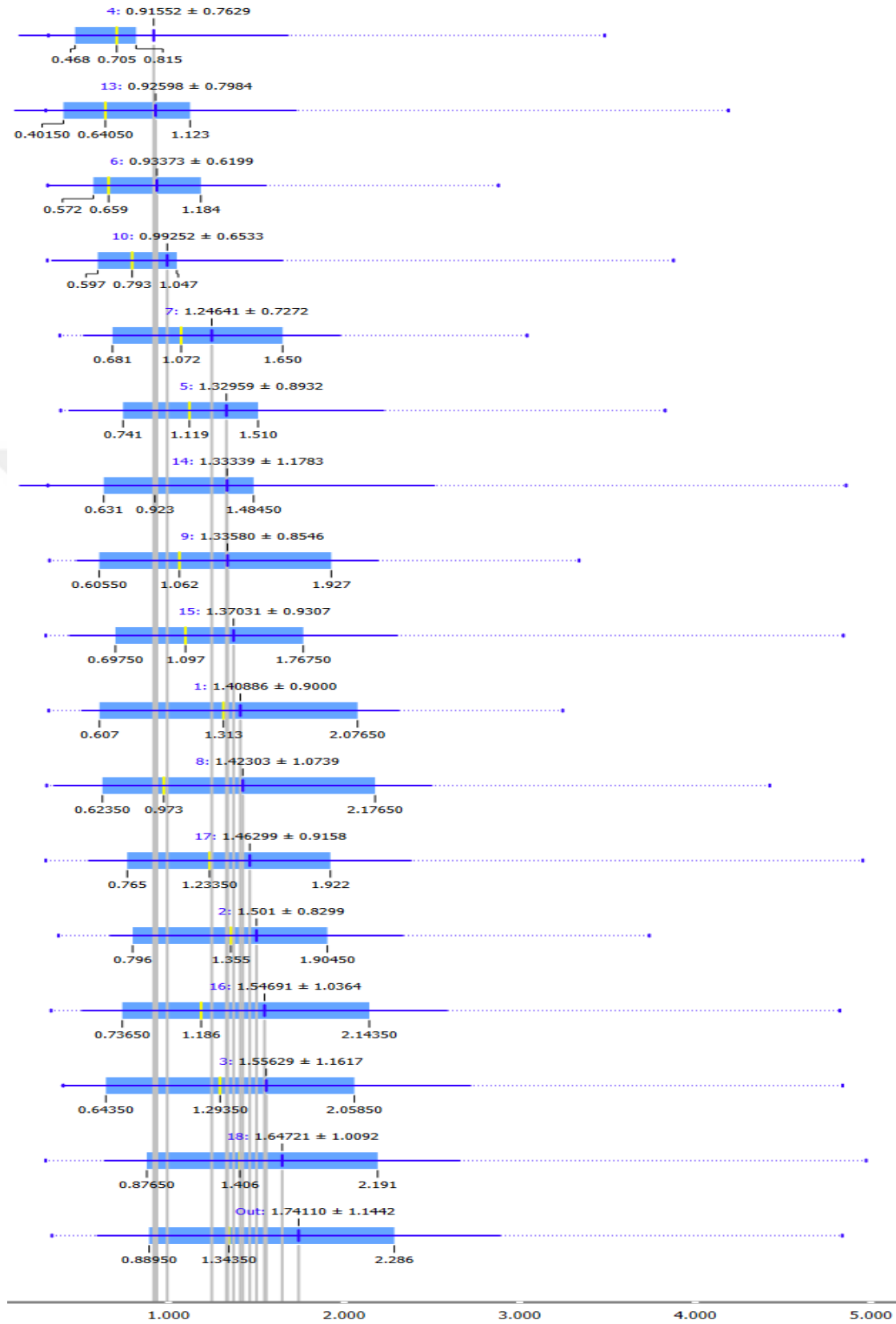
Şekil 12 Nisan 2023 örnekleme döneminde istasyonlarda tespit edilen MP tiplerinin oransan dağılımı.



Şekil 13. Nisan 2023 örnekleme döneminde istasyonlarda tespit edilen MP renklerinin oransan dağılımı.



Şekil 14. Nisan örnekleme döneminde tip ve renge göre örnekleme istasyonlarında tespit edilen MP kirliliğinin dağılımı.



Şekil 15. Nisan 2023 örnekleme sonucunda örnekleme istasyonlarından tespit edilen MP boy dağılımları.

3.3. Polimer Analizleri

Yapılan değerlendirmelerde FTIR analizine sokulan 72 partikülün yalnızca 56 adedinin anlamlı şekilde polimer tespiti gerçekleştirilebilmiştir (Tablo 4). Geri kalan partiküller: 5 adet için spektrum okunamamıştır, 6 adedinin doğal polimer olduğu tespit edilmiştir, 6 adedi partikül boyutunun çok ufak olması nedeniyle arka plan etkisinde kalmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Eylül ayında en sık karşılaşılan polimer tipi poliamid (PA)'iken, Nisan ayında PVC, Polimerize reçineler ve tam olarak polimeri tespit edilemeyen sentetik malzemelerin yoğun olarak gözlemlendiği belirlenmiştir (**Tablo 5**).

Tablo 4. FTIR analizi neticesinde tespit edilen polimerlerin MP tipine göre dağılımı.

	<i>Fiber</i>	<i>Film</i>	<i>Fragment</i>
<i>Alümina Silika Lifi</i>	0	1	0
<i>Diğer</i>	5	1	0
<i>EVOH</i>	0	0	2
<i>HDPE</i>	0	2	0
<i>LDPE</i>	0	1	0
<i>PA</i>	1	2	2
<i>PE</i>	1	2	1
<i>PES</i>	1	0	3
<i>PET</i>	1	0	0
<i>POLYETHER</i>	1	0	0
<i>PP</i>	0	0	2
<i>PS</i>	0	1	2
<i>PUR</i>	0	1	2
<i>PVB</i>	1	0	0
<i>PVC</i>	0	1	0
<i>PVC-Kauçuk</i>	5	0	3
<i>PVS</i>	2	0	1
<i>Polimerize reçine</i>	3	0	1
<i>SEBS</i>	0	0	1
<i>Slikon astar</i>	0	0	2
<i>Terpolimer</i>	0	1	0
Toplam	21	13	22

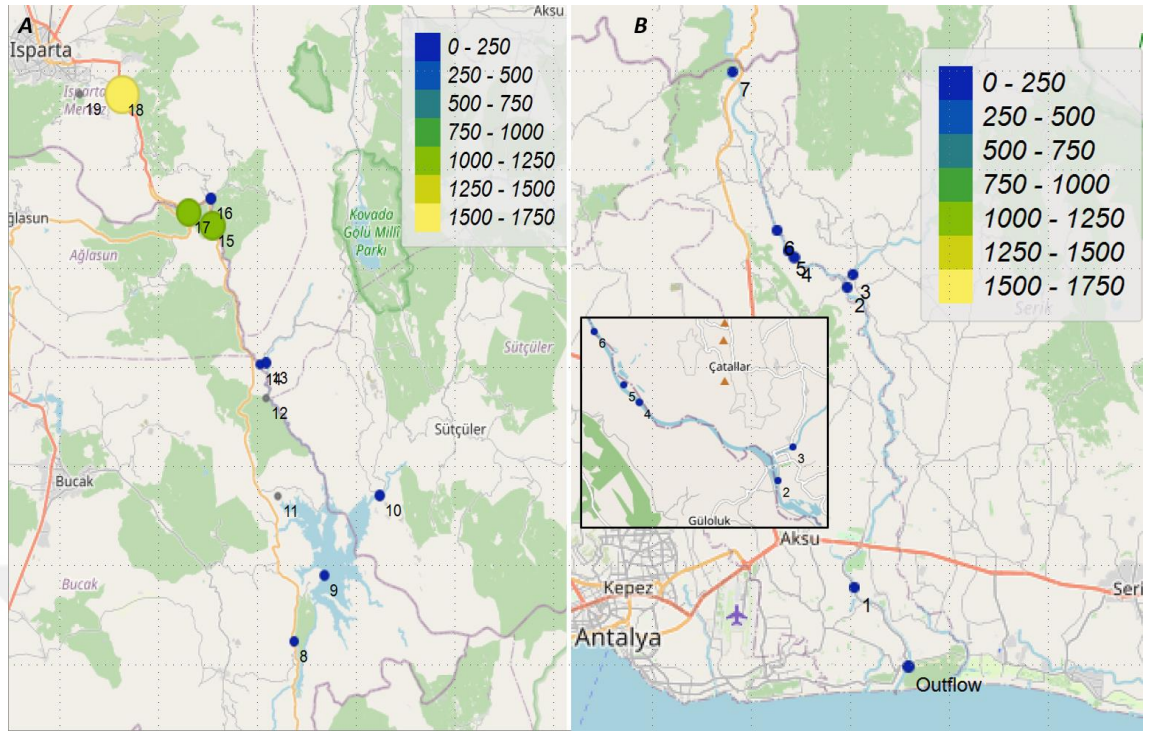
Tablo 5. Örnekleme dönemlerinde tespit edilen polimer tipleri

	<i>Eylül</i>	<i>Nisan</i>
<i>Alümina Silika Lifi</i>	0	1
<i>Diğer</i>	2	4
<i>EVOH</i>	0	2
<i>HDPE</i>	1	1
<i>LDPE</i>	1	0
<i>PA</i>	4	1
<i>PE</i>	3	1
<i>PES</i>	2	2
<i>PET</i>	0	1
<i>POLYETHER</i>	0	1
<i>PP</i>	2	0
<i>PS</i>	1	2
<i>PUR</i>	0	3
<i>PVB</i>	0	1
<i>PVC</i>	1	0
<i>PVC-Kauçuk</i>	4	4
<i>PVS</i>	2	1
<i>Polimerize reçine</i>	0	4
<i>SEBS</i>	0	1
<i>Slikon astar</i>	2	0
<i>Terpolimer</i>	0	1
Toplam	25	31

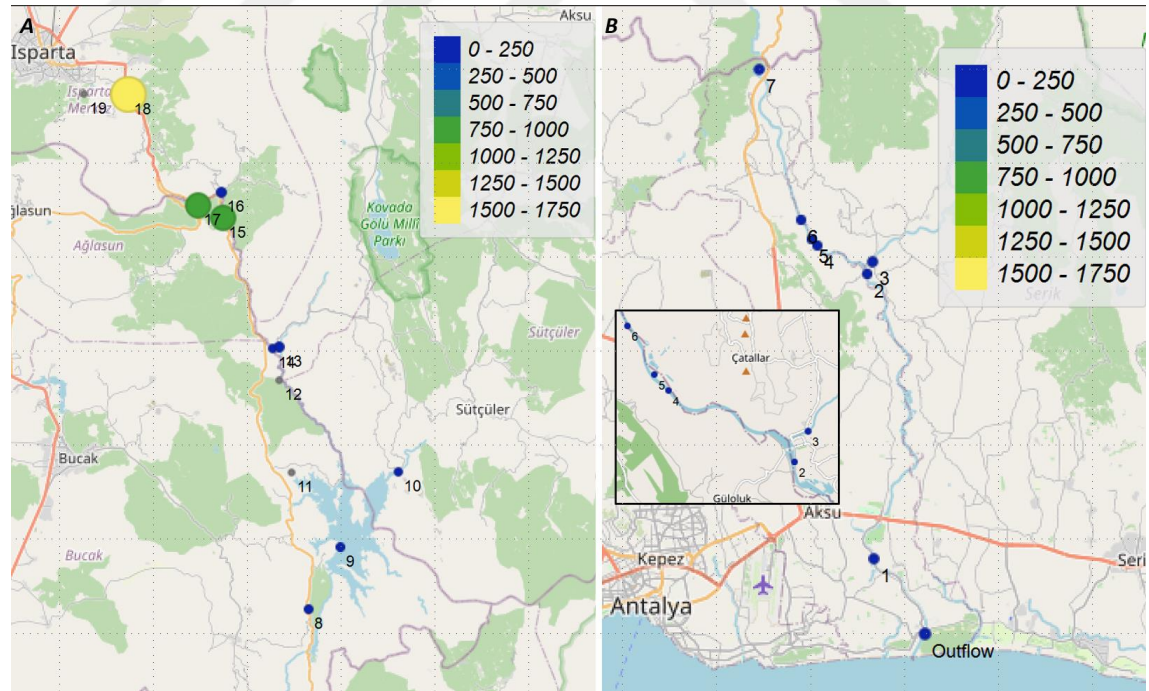
3.4. GIS Yaklaşımıyla Çalışma Alanında Mikroplastik Kirliliğinin Haritalandırılması

Eylül 2022

İstasyonlarda tespit edilen MP yoğunlukları incelendiğinde, MP kirliliğinin Isparta il sınırı içerisinde kalan alanda fazla olduğu görülmektedir (Şekil 16). En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde ise, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmektedir ancak, 10 numaralı istasyonda tespit edilen Film MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; 7, 3, 1 ve Out istasyonlarında fiber oranı fazlayken, 6, 4 ve 2 numaralı istasyonlarda film, 5 numaralı istasyonda ise Fragment MP miktarının fazla olduğu görülmektedir.

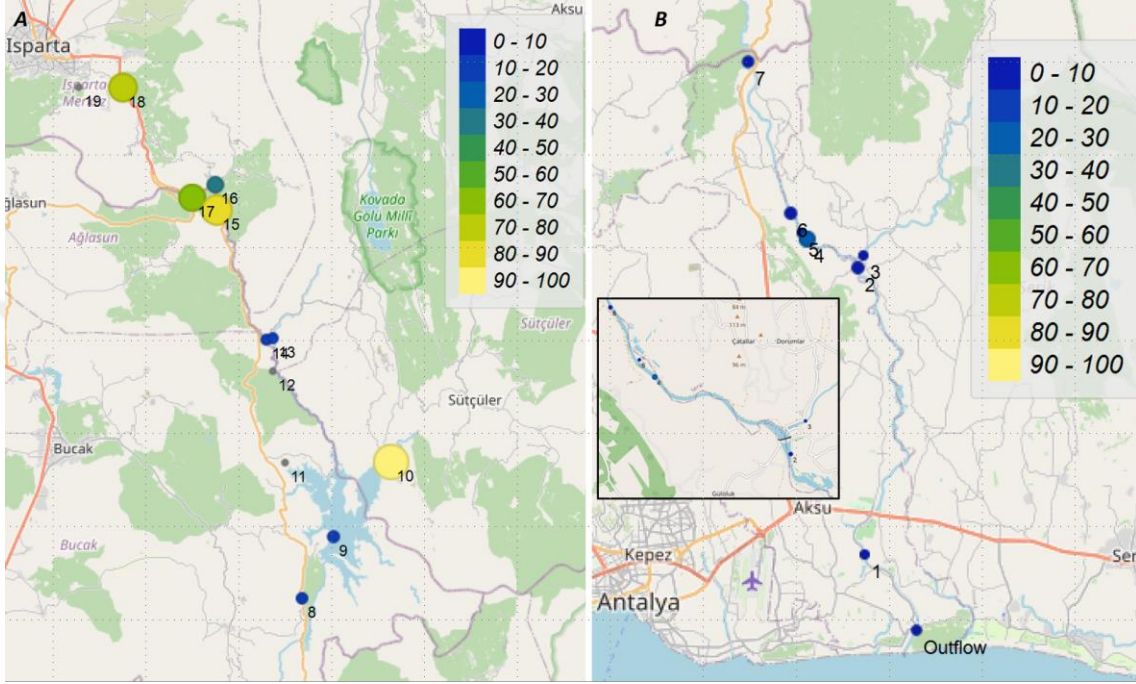


Şekil 16. Eylül 2022 örnekleme döneminde istasyonlarda tespit edilen MP kirlilik durumu (MP.m^{-3}), (A) Karacaören Barajı üstünde kalan alan, (B) Karacaören Barajı altında kalan alan.



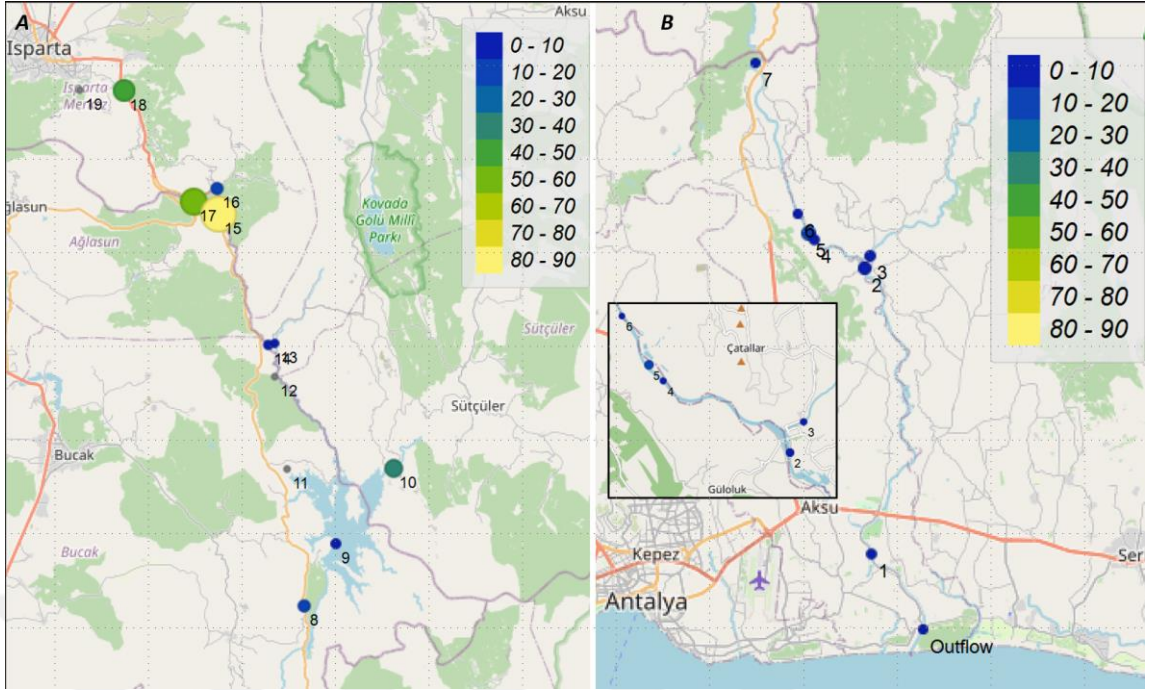
Şekil 17. Fiber MPs'nin örnekleme bölgesinde Karacaören Barajı üstünde (A) ve alt kısmında (B) kalan alandaki oransan dağılımları.

En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ancak, başta 18. istasyon olmak üzere 17 ve 15 numaralı istasyonda tespit edilen Fiber MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; istasyonlar arasında çarpıcı bir farklılık görülmemektedir (Şekil 17, Şekil 18 ve Şekil 19).



Şekil 18. Film MPs'nin örnekleme bölgesinde Karacaören Barajı üstünde (A) ve alt kısmında (B) kalan alandaki oransan dağılımları.

En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ancak, başta 15. istasyon olmak üzere 10, 18 ve 17 numaralı istasyonda tespit edilen Film MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; istasyonlar arasında çarpıcı bir farklılık görülmemektedir.

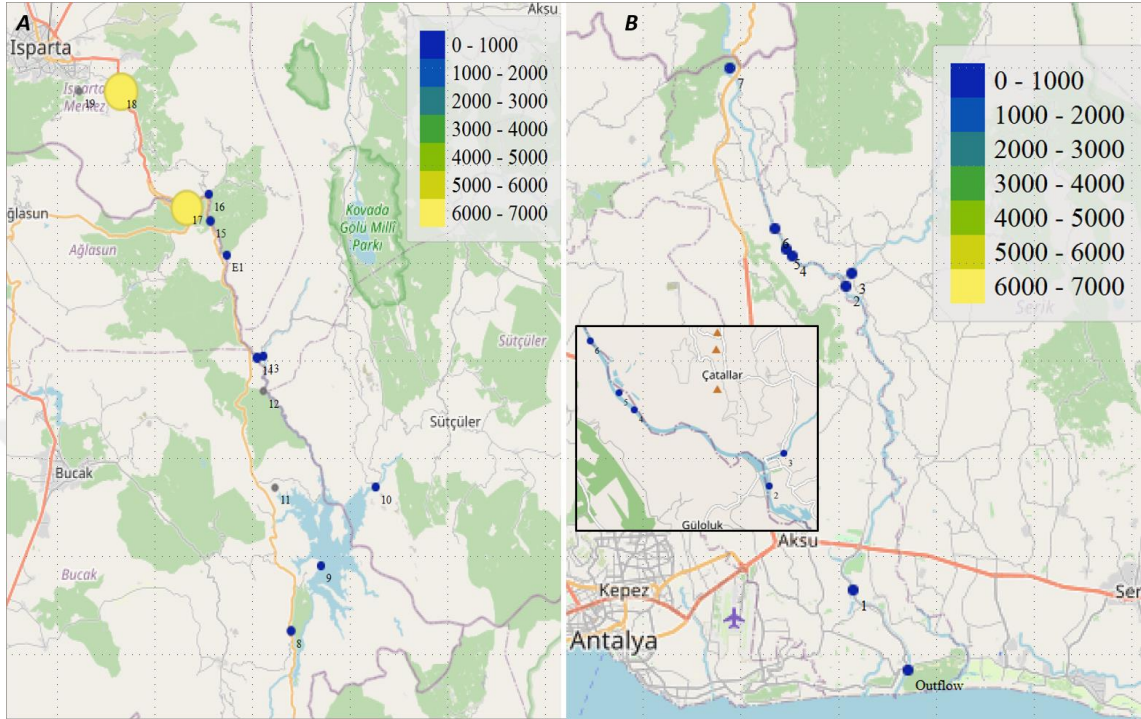


Şekil 19. Fragment MPs'nin örnekleme bölgesinde Karacaören Barajı üstünde (A) ve alt kısmında (B) kalan alandaki oransan dağılımları.

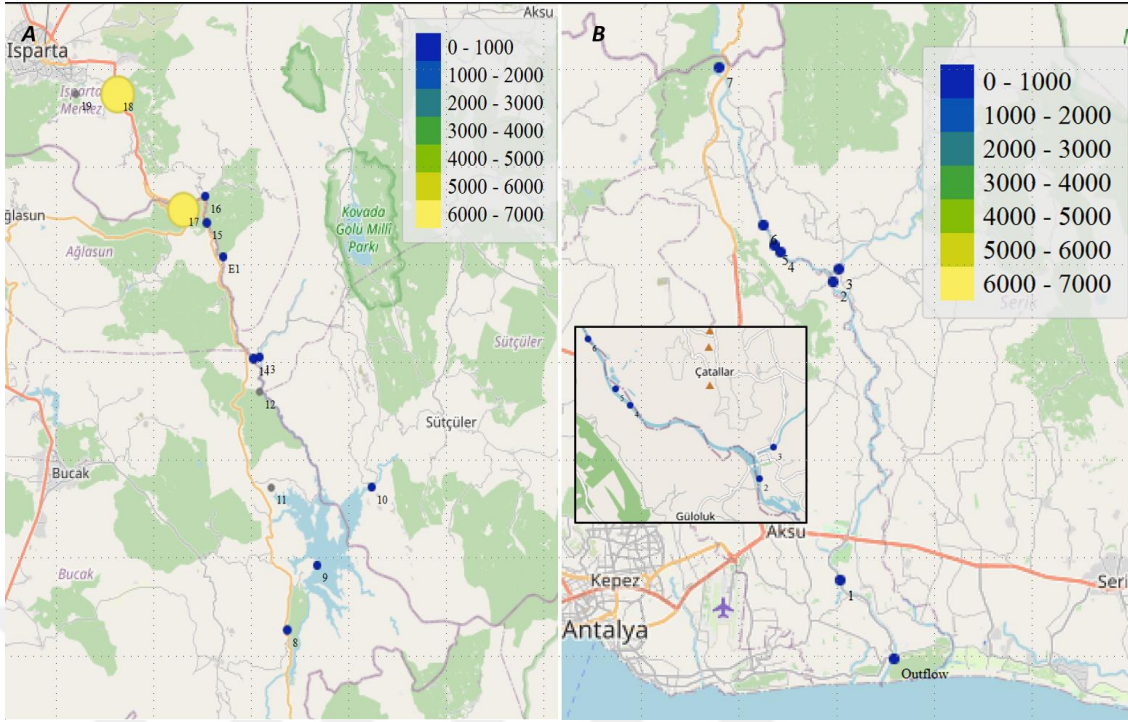
En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ancak, başta 15. istasyon olmak üzere 17 ve 18 numaralı istasyonda tespit edilen Fragment MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; istasyonlar arasında çarpıcı bir farklılık görülmemektedir.

Nisan 2023

İstasyonlarda tespit edilen MP yoğunlukları incelendiğinde, MP kirliliğinin Isparta il sınırı içerisinde kalan alanda fazla olduğu görülmektedir.

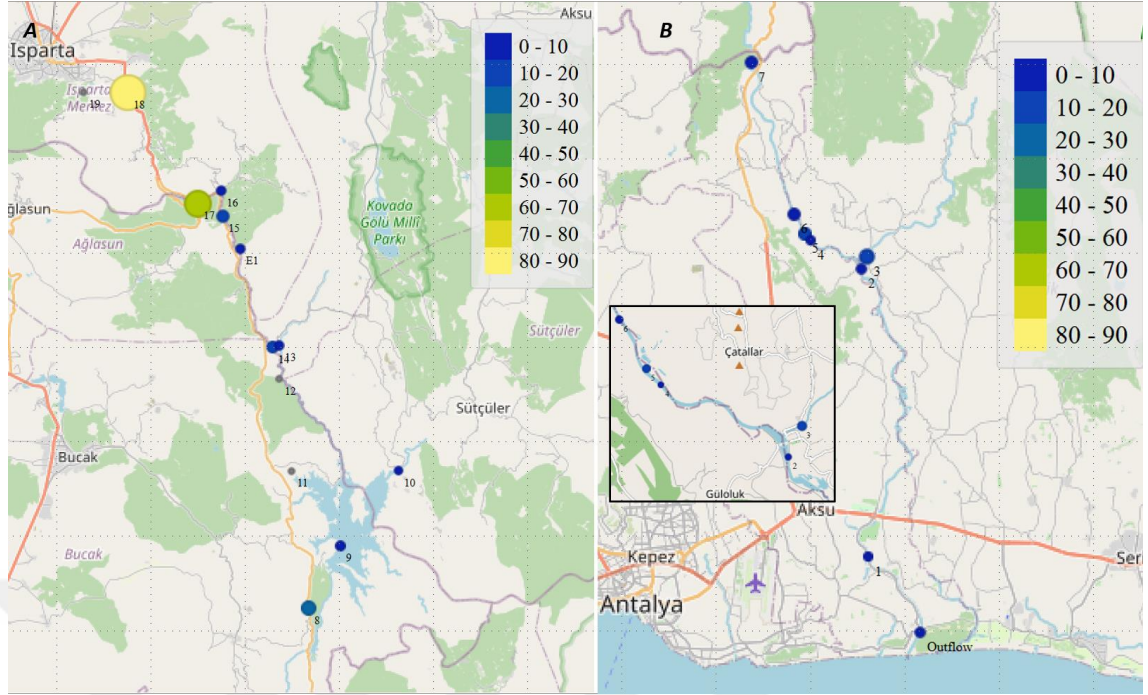


Şekil 20. Nisan 2023 örnekleme döneminde istasyonlarda tespit edilen MP kirlilik durumu (MP.m^{-3}), A. Karacaören Barajı üstünde kalan alan, B. Karacaören Barajı altında kalan alan.



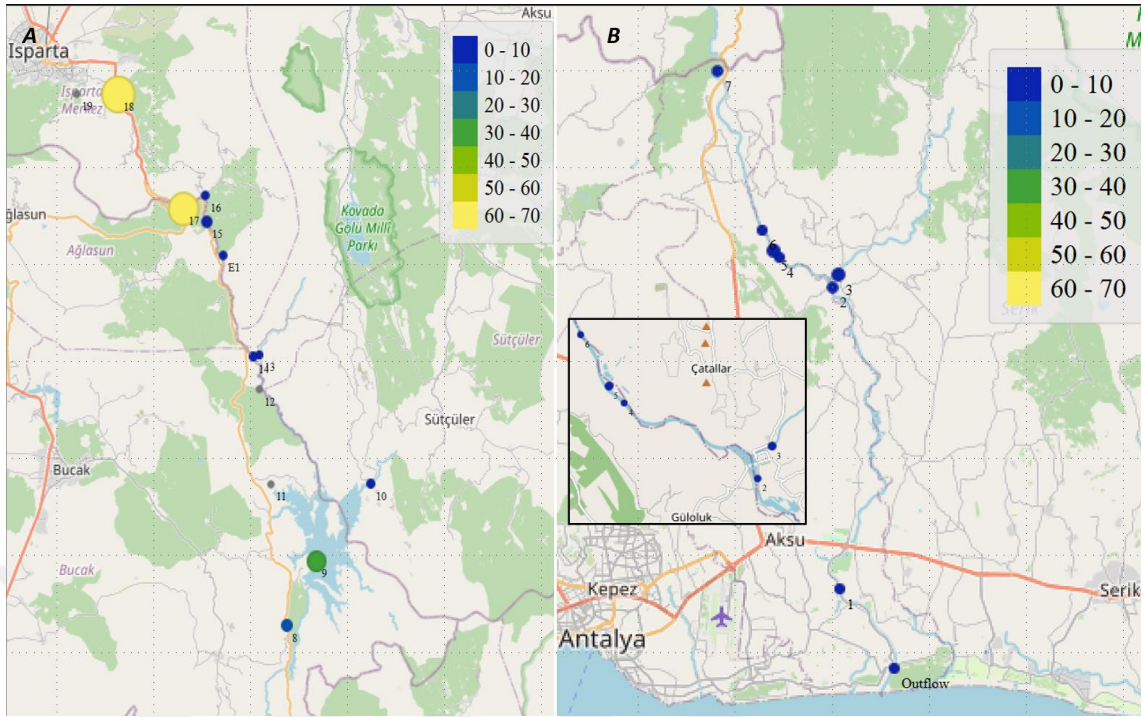
Şekil 21. Fiber MPs'nin örnekleme bölgesinde Karacaören Barajı üstünde (A) ve alt kısmında (B) kalan alandaki oransan dağılımları.

En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmektedir ancak, başta 18. İstasyon olmak üzere 17 ve 15 numaralı istasyonda tespit edilen Fiber MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; istasyonlar arasında çarpıcı bir farklılık görülmemektedir.



Şekil 22. Film MPs'nin örnekleme bölgesinde Karacaören Barajı üstünde (A) ve alt kısmında (B) kalan alandaki oransan dağılımları.

En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmektedir ancak, başlangıçta 18 olmak üzere 17 numaralı istasyonda tespit edilen Film MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; 8 istasyonda diğer istasyonlara kıyasla Film MP kirliliğinin oranının diğerlerinden fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 23. Fragment MP'nin örnekleme bölgesinde Karacaören Barajı üstünde (A) ve alt kısmında (B) kalan alandaki oransan dağılımları.

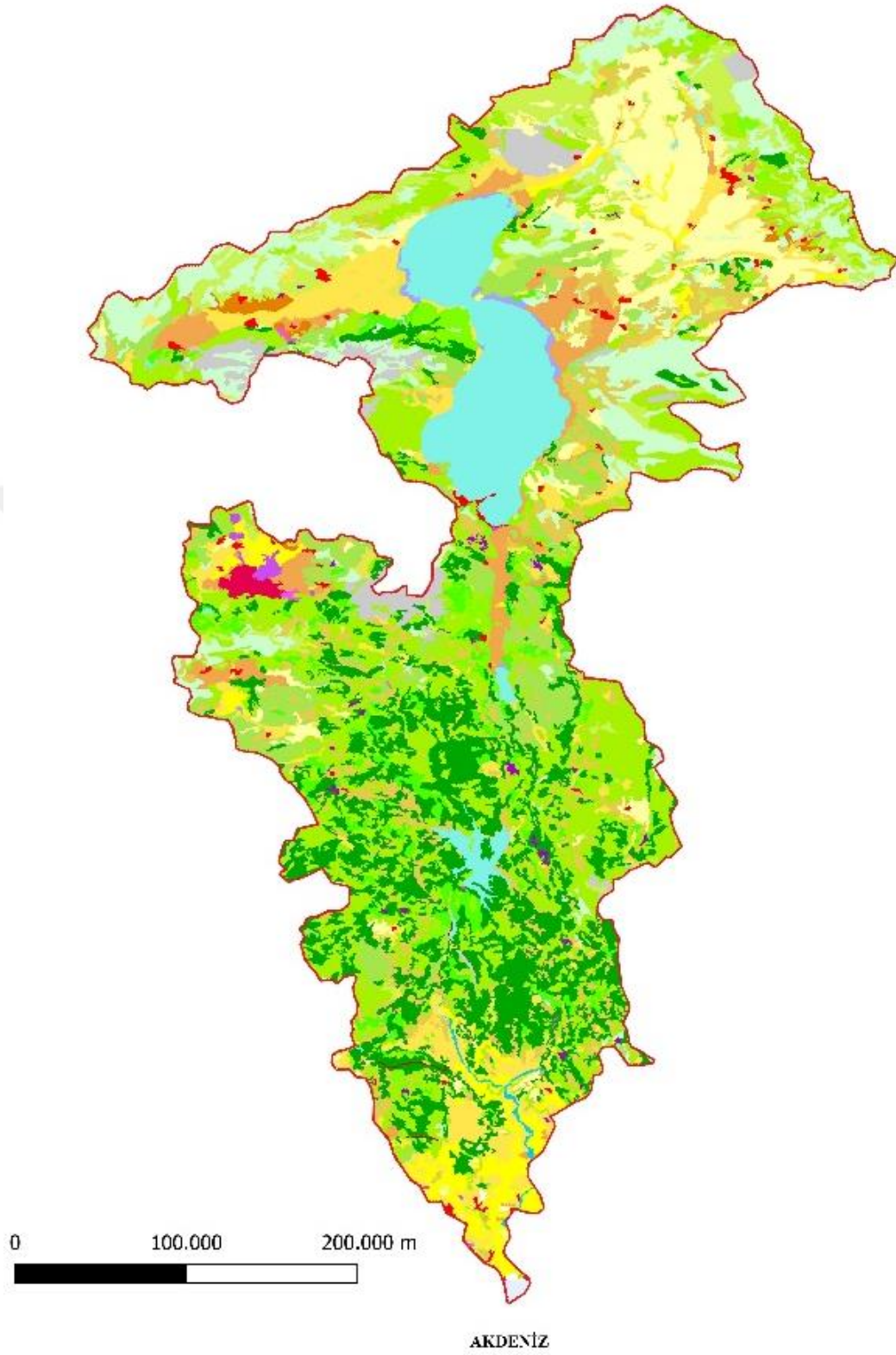
En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmektedir ancak, başlangıçta 18 olmak üzere 17 numaralı istasyonda tespit edilen Fragment MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; 9 istasyonda diğer istasyonlara kıyasla Fragment MP kirliliğinin oranının diğerlerinden fazla olduğu görülmektedir.

3.5. Karasal Kullanım Doğrultusunda Zamana ve Mekana Bağlı Mikroplastik Kirliliğinin Değerlendirilemesin

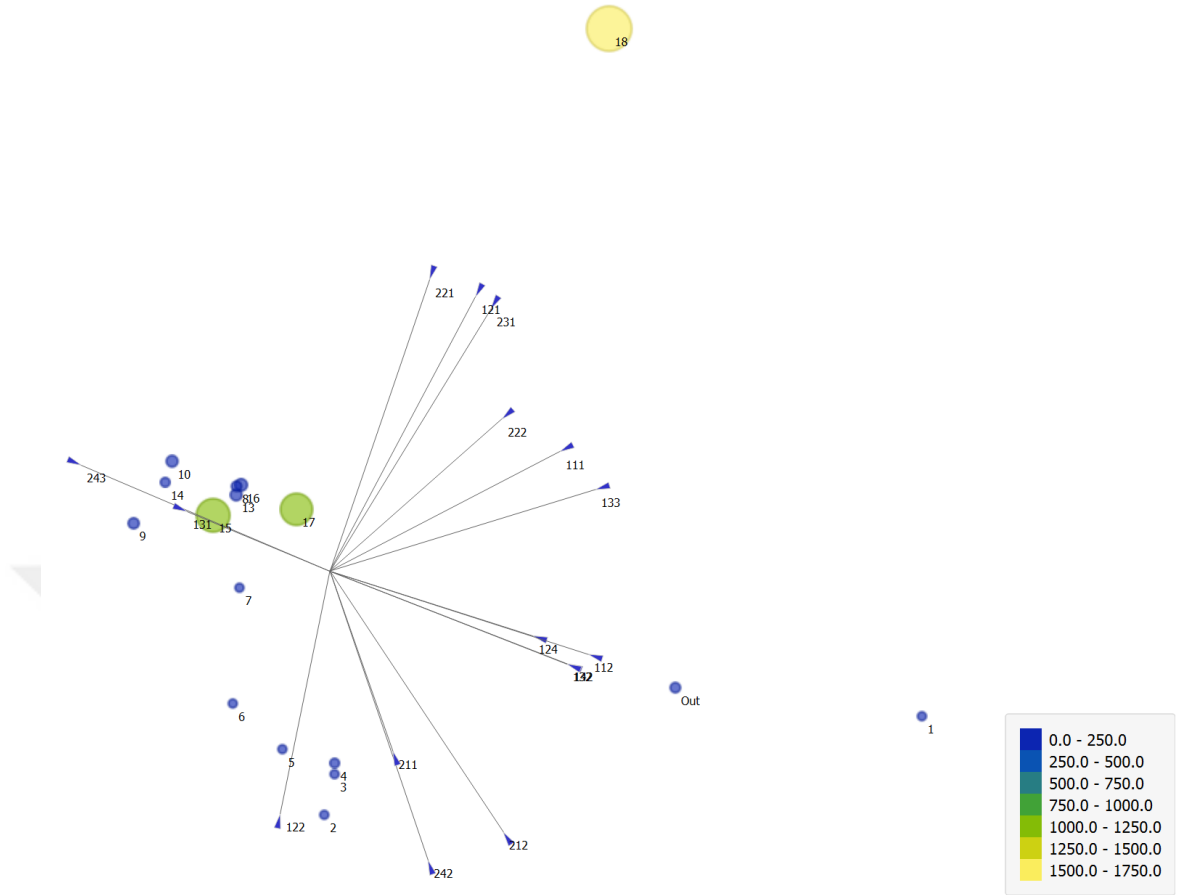
Karasal kullanımın havza üzerindeki etkisini incelemek üzere Corine Land Cover (CLC)'da elde edilen veri seti ile havza içerisinde MP kirliliğine potansiyel kaynak teşkil eden alanlar tespit edilmiştir (Şekil 24). CLC haritasında görüldüğü gibi 18 istasyonun bulunduğu bölge içerisinde sürekli şehir yapısı, tarım alanları, maden çıkarma sahası, meyve bahçeleri, inşaat ve sanayi alanlarının mevcut olduğunu ve bu alanlardan havzada ciddi bir MP kirlilik baskısı olduğunu görülmektedir. Karacaören Baraj gölünün üst kısmında kalan noktalarda yoğun MP kirliliği mevcut iken Karacaören baraj göleti altında kalan kısımlarda ise MP kirlilik kaynaklığının sulu ve susuz tarım arazileri ile şehir yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Havza içerisinde bulunan örnekleme istasyonlarımız dışında, Kovada gölü ve çevresinde bulunan maden ocakları, yoğun ve seyrek yerleşim alanları gibi birçok kullanım alanının karasal ortamdaki kirliliğin çevresel dinamiklerle Aksu Çayı üzerinde baskısı olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanında belirlenen istasyonlarda karasal kullanım durumunun, tespit edilen MP kirliliği üzerine etkisi ***Doğrusal Projeksiyon Analizi*** kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla GIS yaklaşımı ile her örnekleme noktasının etrafında sırasıyla 1, 3, 5, 10 ve 20 km yarı çapındaki alanda karasal kullanım durumu Corine Land Cover veri setinden tespit edilmiştir. Sonrasında Orange Data Minnig yazılımıyla ***Doğrusal Projeksiyon Analizi*** (PCA yaklaşımıyla) gerçekleştirilmemiş ve verilerin değerlendirilmesinde en anlamlı alan olarak 10 km²'lik yarı çaplı alan tespit edilmiştir.

Aksu alt havzasında çeşitli insan faaliyetleri nedeni ile Eylül ayı MP kirliliğinin istasyonlar üzerinde etkisi (Şekil 25. Eylül dönemi örneklemeinde tespit edilen MP kirliliğinin 10 km²'lik alanda karasal kullanım tipleriyle ilişkisi.Şekil 25) de görülmektedir. Karasal kullanım durumu Corine Karasal Kullanım (CLC) sınıflarına göre belirlenmiştir (Şekil 5).

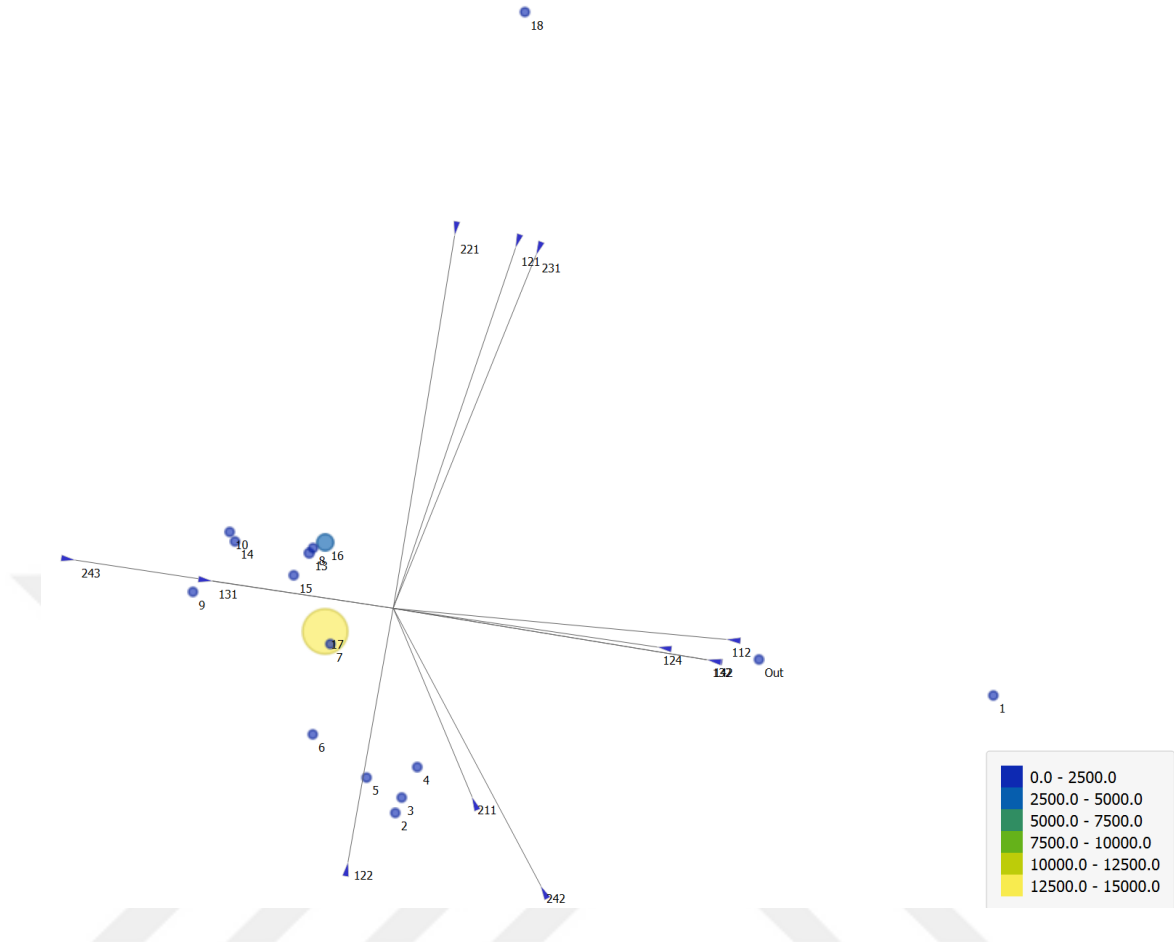


Şekil 24. Aksu Alt Havzası karasal kullanım haritası (Harita lejantı Şekil 4).



Şekil 25. Eylül dönemi örneklemede tespit edilen MP kirliliğinin 10 km²'lik alanda karasal kullanım tipleriyle ilişkisi.

Görülmektedir ki 18. İstasyon da “endüstriyel ve ticari kullanım, kalıcı tarım uygulamaları ve meralarından” kaynaklanan bir MP kirliliği vardır. Out ve 1. istasyondaki durum incelendiğindeyse “yerleşim alanları, endüstriyel ve ticari kullanım, madencilik, inşaat uygulamaları ve tarımda kullanılmayan bitkili alanlardan” kaynaklanan bir kirlilik söz konusudur. Bunun yanında 2, 3, 4, 5 istasyonlarda “endüstriyel ve ticari kullanıma ek olarak ekilebilen araziler ve heterojen tarım alanlarından” kaynaklanan bir MP kirliliği mevcuttur. 5, 6, 7 ve 9. istasyonlarda ise “endüstriyel ve ticari kullanım ve heterojen tarım alanlarından” kaynaklanan MP kirliliği söz konusudur. Geri kalan istasyonlarda “kalıcı tarım uygulamaları ve heterojen tarım alanları” MP kirliliğinin kaynağını oluşturmaktadır.



Şekil 26. Nisan dönemi örneklemesinde tespit edilen MP kirliliğinin 10 km²'lik alanda karasal kullanım tipleriyle ilişkisi.

Aksu alt havzasında çeşitli insan faaliyetleri nedeni ile Nisan ayı MP kirliliğinin istasyonlar üzerinde etkisi (**Şekil 26.**) de görülmektedir. Nisan ayı örneklemesinden elde edilen veriler doğrultusunda en yoğun MP kirliliği başta 17. İstasyon olmak üzere 16. istasyonda görülmüştür.

İstasyonlardaki kirlilik durumunun karasal kullanım ile etkiletişimi incelendiğinde 18 numaralı istasyonda “endüstriyel ve ticari kullanım, kalıcı ürünler ve meralardan” kaynaklanan bir MP kirlilik mevcuttur. Out ve 1 nolu istasyonlarda “yerleşim alanları, endüstriyel ve ticari kullanım, madencilik, inşaat uygulamalarından” kaynaklanan MP kirliliği görülmektedir. Tüm diğer istasyonlarda ise genel olarak “endüstriyel ve ticari kullanım, ekilebilen arazi ve heterojen tarım alanları” MP kirliliğinin kaynağını teşkil eden karasal kullanım tipleridir.

4. TARTIŞMA

Örneklem istasyonlarından alınan numuneler incelenerek oluşturulan verilerin değerlendirilmesi sonrasında 18. istasyon başta olmak üzere 17 ve 15. istasyonlarda yoğun MP kirliliği ile karşılaşmıştır. Bu yoğun MP kirliliğinin nehir boyunca yapılan diğer örnekleme noktalarından etkisinin sürdüreceği düşünülmüştür. Fakat diğer örnekleme istasyonlarından elde edilen MP sayısından ciddi bir düşüş görülmüştür. MP kirliliğindeki bu düşüş çevresel şartlara bağlı olarak bir tutunum dışında nehir üzerinde bulunan hidroelektrik santrallerinin de etkisi olabileceği düşünülmektedir.

Eylül örnekleme döneminde İstasyonlar arası değerlendirme de 18 numaralı örnekleme noktasında diğer istasyonlara kıyasla daha fazla fiber MP kirliliği ile karşılaşılmasında ilk olarak Isparta bulunan Organize Sanayi Bölgelerinden kaynaklandığı düşünülse de örnekleme noktasının çok yakınında bulunan Sav kasabasının evsel atıklarının doğrudan ve/veya dolaylı olarak örnekleme alanına ulaşmasında fiber MP kirlilik baskısı oluşturma potansiyeline sahiptir. Örnekleme esnasında ve sonrasında su ve nehir yatağı gözlemlenerek arazi sonrası elde edilecek veriler doğrultusunda MP değerlendirilmesinde kaynak teşkil etmesi adına çok sayıda arazi görselleri ve araziye dair gözleme dayalı notlar alınmıştır. 18. İstasyonda nehir yatağı boyunca kümle halinde kıyı ve nehir içerisinde bulunan ağaç, dal vb. benzeri maddelere takılmış çok sayıda makro plastik saptanmıştır. Fiber MP olarak bu makro plastik çöplerin parçalanarak daha küçük boyutlara ulaştığı düşünülmektedir.

İstasyonlar arası değerlendirme de 15 numaralı örnekleme noktasında diğer istasyonlara kıyasla daha fazla film MP kirliliği ile karşılaşılmasında Aksu çayının bir kolunun Burdur iline ait Ağlasun ve Yazır ilçelerinin evsel ve ticari faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan plastiklerin taşınımında etkisi olabileceği düşünülmektedir. Kış örnekleme döneminde plastik kirliliğinin Nisan 2023 örneklemesine göre artmasında yağışlar nedeni ile taşınımın arttığı düşünülmektedir.

En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ancak, başta 18. istasyon olmak üzere 17 ve 15 numaralı istasyonda tespit edilen Fiber MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; istasyonlar arasında çarpıcı bir farklılık görülmemektedir.

Kalyoncu (2009) ve arkadaşlarının yaptığı çalışma da Fiziko-kimyasal parametreler ile organik kirlilik yükünün Isparta Çayı'nda Darıören Çayı'na göre daha yüksek bulunmuştur. Mevsimsel olarak organik yükten kaynaklı kirliliklere dair yapılan diğer bir çalışma sonucunda; Isparta Deresi'nin Karacaören Baraj Gölü'ne yoğun bir kirlilik yükü taşıdığı kanısına varılmıştır (Bahadır vd., 2019). Kış sezonu örneklemesinde plastik kirliliğinin kurak sezon örneklemesine göre kıyaslandığında MP kirliliğinin artmasında yağışlar nedeni karasal ortamdan Isparta çayı ile taşınımın arttığı düşünülmektedir.

Film kirliliğini Eylül 2022 yağış sezonunda fazla olmasının nedeni Karacaören gölünün kenarında bulunan düz mera ve tarım arazilerinden (Gündoğdu vd. 2005), Yazır kanyonu etrafında bulunan kafe ve dinlenme alanlarından Göksu kolu ile MP girdisi

(Türkiye Kültür Portalı (2023), Karacaören göletinde yürütülen balıkçılık faaliyetleri (Suel vd. 2018) ve Karacaören barajı göleti bölgesinde gerçekleşen turistik faaliyetler sonucunda doğru bir atık depolama ve yönetimine sahip olunmaması 10 numaralı istasyonda MP kirliliğinin nedeni olabileceği düşünülmektedir.

En sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ancak, başta 15. istasyon olmak üzere 17 ve 18 numaralı istasyonda tespit edilen Fragment MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı göletinde bulunan 10 numaralı istasyonda gölet içerisinde bulunan diğer örnekleme noktaları ile kıyaslandığında görece fragment kirliliği yüksektir. Harita üzerinde görüldüğü gibi film ve fragment MP tipinin özellikle Göksu kollundan gelen nehir suyu ve yağışlar nedeni karasal ortamda bulunan MPs yıkınma yolu ile Karacaören Baraj gölüne ulaştığı düşünülmektedir (Özvarol Becer, 2006). İstasyonda ağırlık olarak film ve fragment çeşitliliğinin Yazır kanyonu üzerinde yürütülen beşeri faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Karacaören göleti altında kalan kısımda incelendiğindeyse; istasyonlar arasında çarpıcı bir farklılık görülmemektedir.

Nisan örnekleme döneminde ise en sık karşılaşılan üç tip MP kirliliğinin alansal dağılımı incelendiğinde, Karacaören Barajı üstünde kalan kısımda tip bakımından tespit edilen MP kirliliğinin genel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ancak, başta 18 ve 17. istasyonda tespit edilen fiber MP kirliliğinin oranının diğer alanlardan ayrılmaktadır ve görece daha yüksektir. Karacaören Barajı altında kalan kısımda incelendiğindeyse; istasyonlar arasında çarpıcı bir farklılık görülmemektedir. 18 ve 17. istasyonda tespit edilen Fiber MP kirliliğinin oranının diğer örnekleme noktalarına kıyasla fazla olmasının nedeni Isparta sınırları içerisinde beşeri faaliyetleri olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

Havza da yapılan örnekleme sonrasında elde edilen bulgular beşeri faktörler nedeni ile bölgesel olarak MP miktarında ve diğer karakteristik özelliklerinde değişimler mevcuttur. MP çeşitliliğinin ana kaynağı olarak yürütülen beşeri faaliyetlere göre değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. Isparta sınırları içerisinde bulunan sanayi, madencilik faaliyetleri, tarım ve hayvancılık gibi birçok faktörün havza içerisinde MP kirliliğine neden olduğu düşünülmektedir. Bu kirlilik kaynaklarının etkisi 18 ve 17. İstasyonlar görülmektedir. 15. istasyonda ise Burdurun ilçeleri olan Ağlasun, Yazır, Dereköy ve Çamlıdere de bulunan yerleşim ve diğer beşeri faaliyetler nedeni ile kirlilik yükü oluşturduğu tahmin edilmektedir. Havza da belirlenen istasyonlar arasında miktar olarak farklılık özellikle 18, 17 ve 15. İstasyonlarda saptanmıştır.

Aksu havzasında yapılan örnekleme de Aksu deresi ve kollarında plastik kirliliğine neden olan dağınık yerleşim, turizm faaliyetleri vb kirlilik kaynaklarına özgün atık yönetim planı oluşturulmalıdır.

Dağınık yerleşim alanlarında karasal ortamda bulunan atıkların depolaması için atık depolama alanları oluşturularak uygun atık bertarafı yönetimleri uygulanmalıdır. Evsel atıklardan çıkan birincil ve/veya ikincil MPs foseptik çukurlarından yeraltı sularına karışmasını önlemek amacı ile her evin için kaba filtrasyondan geçirilen suların bir alanda toplanarak ileri arıtım tekniklerinden geçirildi

Elektrik üretimi için kurulan Samur Enerji Maraton tesisi HES su rezervinden sonraki örnekleme istasyonların 18, 17 ve 15. İstasyondaki MP kirliliğinin tutulduğu düşünülmektedir.

Bu durumun tespiti için HES baraj göleti sonrasında yapılan örneklemeden elde edilen sonuçlara göre, baraj göleti su kolonunda bulunan plastik partiküllerin zamanla çökerek sedimentte biriktiği düşünülmektedir. Bu nedenle baraj göleti sonrasında yapılan örnekleme de 18, 17 ve 15. İstasyonların kirlilik yükünün baraj göleti sedimentinde tutulması nedeni ile düştüğü düşünülmektedir.

Ayrıca, Aksu çayından Hidroelektrik santrali regülatöründe kullanmak amacı ile su alınmaktadır. Regülatör aksu deresinden alınan suyun akışının düzenlenmesi ve kontrol edilmesi dışında sistemde bulunan fazla suyun tahliyesini sağlamaktadır. Fazla suyun tahliyesi için drenaj kanalı aracılığı ile fazla su Aksu deresine tekrardan tahliye edilmektedir. Tahliye için kullanılan drenaj kanalı ve çevresinde uygun fiziki alan olmaması nedeni ile örnekleme gerçekleştirilememiştir. Saha da yapılan gözlemlerde drenaj kanal içerisinde ve etrafında organik materyaller dışında çok fazla sayıda makro boyutta plastik atık gözlemlenmiştir. Plastik atıklar drenaj kanalı mazgalları dışında mazgallar gibi organik materyallerinde birlikte ek bir bariyer oluşturarak plastik kirliliğinin tekrardan aksu deresine plastik atık taşınımına engel olduğu düşünülmektedir.

Karacaören baraj göleti içerisinde yapılan örnekleme alanlarında Göksu kolu ile MP kirliliğinin Karacaören baraj göletine taşındığı düşünülmektedir. Karacaören göletinin etrafından bulunan tarım arazileri ve dağınık yerleşim nedeni ile uygun Karacaören barajına doğrudan veya dolaylı taşınımlarla kirlilik girdisi olduğu tahmin

edilmektedir. Karacaören barajı göleti sonrasındaki örnekleme noktalarında görülen kirlilikte seracılık faaliyetleri kirlilik kaynağı oluşturan beşeri faktördür.

Out istasyonunda gemi bakım ve onarım esnasında yapılan işlemler de plastik kirliliğinin doğrudan veya dolaylı olarak kirlilik oluşturduğu saptanmıştır. Gemi onarım ve bakım faaliyetlerinde kullanılmak üzere üretilen plastik içerikli boyaları direk deniz ve iç sularda tamir işlemleri doğrudan kirlilik oluştururken karadan uygulamalar deniz yağmur, rüzgar ve diğer çevresel faktörler ile karasal ortamdan denizel ortama plastik taşınım olduğu tespit edilmiştir.



6. KAYNAKLAR

- Bahadır, Ö., Yay, T., & Özcan, S. T. (2019). Isparta Deresi'nin su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve Simuliidae faunasına göre belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 15(4), 487-498.
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical transactions of the royal society B: Biological sciences*, 364(1526), 1985-1998.
- Boz, İ. and Kiliç, O. (2021). Türkiye'de organik Tarımın Gelişmesi için alınması gereken önlemler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), pp. 390–400.
- Bucci, K., Tulio, M. and Rochman, C. M. (2020). What Is Known and Unknown About the Effects of Plastic Pollution: A Meta-Analysis and Systematic Review', *Ecological Applications*, 30(2), pp. 1–16.
- Bucci, K., Tulio, M. and Rochman, C. M. (2020). What Is Known and Unknown About the Effects of Plastic Pollution: A Meta-Analysis and Systematic Review', *Ecological Applications*, 30(2), pp. 1–16.
- Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T.S. (2021). Microplastics as Contaminants in the Marine Environment: A Review. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 2588-2597.
- Copernicus Land Monitoring Service. (2023). Corine Land Cover. <https://www.Eea.Europa.Eu/Data-and-Maps/Data/Copernicus-Land-monitoring-Service-Corine>.
- Corine Land Cover Legend (2023) - GIOŚ - Corine (gios.gov. pl)
- Çetin, (2018). Antalya-Aksu ilçesi sera topraklarının kadmiyum (Cd) içeriklerinin tarımsal ve çevresel açıdan incelenmesi / Agricultural and environmental investigation of cadmium (Cd) contents of greenhouse soils of Antalya-Aksu district (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı)
- Çullu, A. F., Sönmez, V. Z., & Sivri, N. (2021). Microplastic Contamination in Surface Waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and Areal Distribution. *Environmental Pollution*, 268, 115801.
- Demsar J, Curk T, Erjavec A, Gorup C, Hocevar T, Milutinovic M, Mozina M, Polajnar M, Toplak M, Staric A, Stajdohar M, Umek L, Zagar L, Zbontar J, Zitnik M, Zupan B (2013) Orange: Data Mining Toolbox in Python, *Journal of Machine Learning Research* 14(Aug): 2349–2353.
- Elgarahy, A. M., Akhdhar, A., & Elwakeel, K. Z. (2021). Microplastics Prevalence, interactions, and Remediation in the Aquatic Environment: A Critical Review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 106224.
- Erdoğan, Ş. (2020). Microplastic Pollution in Freshwater Ecosystems: A Case Study from Turkey. *Su Ürünleri Dergisi*, 37(3).
- European Communities, (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament.

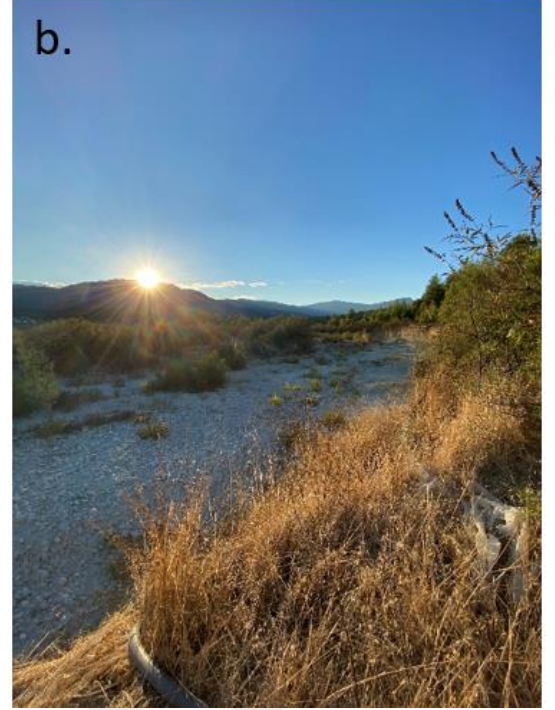
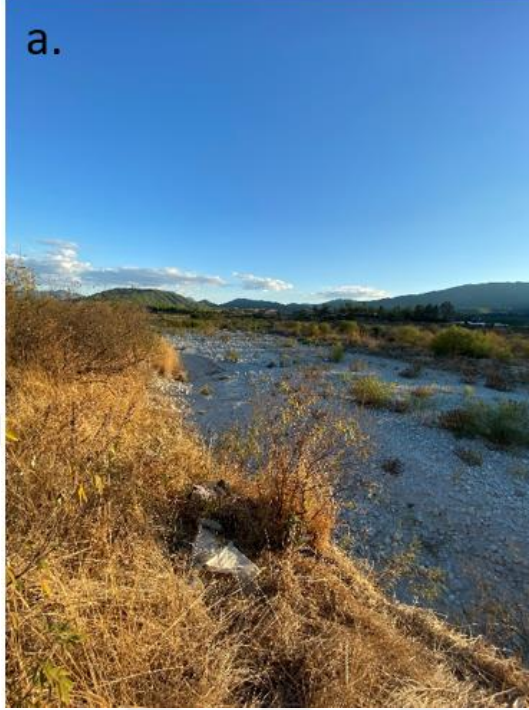
- Fural, Ş. (2016). Köprü Çayı Havzası'nın (Antalya-Isparta) Jeomorfolojik Özelliklerinin Morfometrik Yöntemler İle Analizi (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Green, D. S. Et Al. (2016). Effects of Conventional and Biodegradable Microplastics on A Marine Ecosystem Engineer (Arenicola Marina) and Sediment Nutrient Cycling', *Environmental Pollution*, 208, pp. 426–434.
- Güven, O. (2021). Spatio-temporal distribution and characterization of microplastic pollution in the three main freshwater systems (Aksu and Köprü Streams, Manavgat River) and fishing grounds located in their vicinities in the Antalya Bay. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(7).
- Gülçiçek U.O. (2021). Nehirlerde Mikroplastik Kirliliği ve Hidrodinamik Modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Special Issue (ICAENS)*, 1410-1414.
- Gündoğdu, E., Ünal, Y. and Sarıkaya, O., (2005). Yazılı Kanyon Tabiat Parkı Kuş ve Memeli Türleri Üzerine Araştırmalar.
- Gündoğdu, S., Çevik, C., Ayat, B., Aydoğan, B., & Karaca, S. (2018). How Microplastics Quantities increase with Flood Events? An Example from Mersin Bay NE Levantine Coast of Turkey. *Environmental Pollution*, 239, 342-350.
- Gündoğdu, S., Kutlu, B., Özcan, T., Büyükdeveci, F., & Blettler, M. C. (2023). Microplastic Pollution in Two Remote Rivers of Türkiye. *Environmental Monitoring and assessment*, 195(6), 791.
- Hartmann, N. B., Huffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., & Wagner, M. (2019). Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environmental Science Technology*, 53 (3), 1039-1047.
- Isparta Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü. <https://isparta.csb.gov.tr>.
- İşlek, Ş., Bostan, Z., Güney, E., & Sönmez, V. Z. (2023). Kıyı Lagün Sedimentlerinde Mikroplastiklerin Oluşumları Ve Mekansal Dağılımları: Küçükçekmece Lagünü Örneği. *Commagene Journal of Biology*, 7(1), 1-11.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347 (6223), 768-771.
- Jimoh, J. O., Rahmah, S., Mazelan, S., Jalilah, M., Olasunkanmi, J. B., Lim, L. S., ... & Liew, H. J. (2023). Impact of Face Mask Microplastics Pollution on the Aquatic Environment and Aquaculture organisms. *Environmental Pollution*, 317, 120769.
- Kabir, A. E., Sekine, M., Imai, T., Yamamoto, K., Kanno, A., & Higuchi, T. (2022). Microplastics in the Sediments of Small-Scale Japanese Rivers: Abundance and Distribution, Characterization, Sources-to-Sink, and Ecological Risks. *Science of the total Environment*, 812, 152590.
- Kaçar, (2017). Antalya Aksu-Altınova bölgesinde yer altı suyu kirlilik durumunun incelenmesi / Assessment of groundwater pollution in Antalya Aksu-Altınova region (Akdeniz Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı]

- Kalyoncu, H., Çiçek, N. L., Akköz, C., & Yorulmaz, B. (2009). Comparative performance of diatom indices in aquatic. *African Journal of Agricultural Research*, 4(10), 1032-1040.
- Kane, I. A., and Clare, M. A. (2019). Dispersion, Accumulation, and the Ultimate Fate of Microplastics in Deep-Marine Environments: A Review and Future Directions. *Frontiers in Earth Science*, 7, 80.
- Karimy, H. (2023). Microplastics as A Serious Challenge in Marine Environment.
- Kazancı, Y., Alpergün, C., Kara, N., Alyürük, N., Gündüz, O., & Baycan, N. (2023) Bir Nehir Su Kütlesinin Mikroplastikler Açısından Çevresel Değerlendirilmesi: Matematiksel Modelleme Yaklaşımı.
- Kılıç, E., Yücel, N., & Şahutoğlu, S. M. (2023). Microplastic Composition, Load and Removal Efficiency from Wastewater Treatment Plants Discharging into Orontes River. *International Journal of Environmental Research*, 17(2), 25.
- Koutnik V.S., Leonard J., Alkidim S., Deprima F.J., Mohanty S.K., Hoek E.M.V. (2021). Distribution of Microplastics in Soil and Freshwater Environments: Global Analysis and Framework for Transport Modeling: A Review. *Environmental Pollution*, 274.
- Lamichhane, G., Acharya, A., Marahatha, R., Modi, B., Paudel, R., Adhikari, A., ... & Parajuli, N. (2023). Microplastics in Environment: Global Concern, Challenges, and Controlling Measures. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(4), 4673-4694.
- Mihai, F. C., Markley, L. A., Khan, F. R., Suaria, G., & Gundogdu, S. (2023). Microplastics in Freshwater Environments. *Microplastics in the Ecosphere: Air, Water, Soil, and Food*, 163-175.
- Nava, V., and Leoni, B. (2021). A Critical Review of interactions Between Microplastics, Microalgae and Aquatic Ecosystem Function. *Water Research*, 188, 116476.
- Novotny, V. (2008). Diffuse pollution monitoring and abatement in the future cities.
- Olgun, (2019). Antalya Aksu-Fettahlı bölgesinde bulunan seraların topraklarında polisiklik aromatik hidrokarbon seviyelerinin belirlenmesi. (Akdeniz Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı)
- Ozguler, U., Demir, A., Kayadelen, G., & Kideys, A. (2022). Riverine Microplastic Loading to Mersin Bay, Turkey on the North-Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(7).
- Özkor, B., & Dulkadiroğlu, H. (2022). Kızılırmak Nehri Sularında Mikroplastik Kirliliğinin Araştırılması (Master's thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi).
- Özvarol Becer, Z. A. (2006). 'Karacaören - I Baraj Gölü'ndeki Sudak, *Sander lucioperca* (L., 1758) Populasyonunun Besin ve Beslenme Özellikleri', Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2(1), pp. 5–17.
- Rangel-Buitrago, N., Rizzo, A., Neal, W. J., & Mastronuzzi, G. (2023). Sediment Pollution in Coastal and Marine Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 192, 115023.
- Rech S., Macaya-Caquilpán V., Pantoja J.F., Rivadeneira M.M., Jofre Madariaga D., Thiel M. (2014). Rivers as A Source of Marine Litter – A Study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 82: 66-75.

- Roch, S., Friedrich, C., & Brinker, A. (2020). Uptake Routes of Microplastics in Fishes: Practical and theoretical Approaches to Test Existing theories. *Scientific Reports*, 10 (1), 1-12.
- Sadler, D. E., Brunner, F. S. and Plaistow, S. J. (2019). Temperature and Clone-Dependent Effects of Microplastics on Immunity and Life History in *Daphnia Magna*. *Environmental Pollution*, 255.
- Specchiulli, A., Pastorino, P., De Rinaldis, G., Scirocco, T., Anselmi, S., Cilenti, L., & Renzi, M. (2023). Multiple Approach for assessing Lagoon Environmental Status Based on Water Bodies Quality indices and Microplastics Accumulation. *Science of the total Environment*, 164228.
- Suel, H., Oğurlu, İ. And Ertuğrul, E. T. (2018). Karacaören I Baraj Gölünün Kuş Faunası., Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), pp. 22–28.
- Surendran, U., Jayakumar, M., Raja, P., Gopinath, G., & Chellam, P. V. (2023). Microplastics in Terrestrial Ecosystem: Sources and Migration in Soil Environment. *Chemosphere*, 137946.
- Şahutoğlu, S. M. (2022). Asi Nehri Yüzey Sularında Mikroplastik Kirliliğinin Belirlenmesi (Master's thesis, İskenderun Teknik Üniversitesi/Lisansüstü Eğitim Enstitüsü/Su Ürünleri Ana Bilim Dalı).
- Şener, Ş., Şener, E. and Davraz, A. (2017) ‘Evaluation of Water Quality Using Water Quality index (WQI) Method and GIS in Aksu River (SW-Turkey)’, *Science of the total Environment*, 584–585, pp. 131–144.
- Tarım Bakanlığı (2023) – Cronie Projesi. Corine Projesi (Tarimorman.gov.Tr) <https://6rbmp.tarimorman.gov.tr>. The Council of 23 October 2000 Establishing A Framework for Community Action in the Field of Water Policy. off. J. Eur. Communities L327 (43), 1–72
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2023), <https://data.tuik.gov.tr>
- Türkiye Kültür Portalı (2023), <https://www.kulturportali.gov.tr>.
- UNEP (2016). Marine Plastic Debris and Microplastics – Global Lessons and Research to inspire Action and Guide Policy Change. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- UNEP and GRID-Arendal. (2016). Marine Litter Vital Graphics. United Nations Environment Programme and GRID-Arendal.
- Ventura, M., Careddu, G., Calizza, E., Sporta Caputi, S., Argenti, E., Rossi, D., ... & Costantini, M. L. (2023). When Climate Change and Overexploitation Meet in Volcanic Lakes: The Lesson from Lake Bracciano, Rome’s Strategic Reservoir Water, 15(10), 1959.
- Xia, F., Wang, Y., Wang, D., Cai, Y., & Zhang, J. (2023). Seasonal Pulse Effect of Microplastics in the River Catchment-from Tributary Catchment to Mainstream. *Journal of Environmental Management*, 342, 118316.
- Zhang K., Wu C., Et Al. (2021). Understanding Plastic Degradation and Microplastic formation in the Environment: A Review. *Environmental Pollution*, 274.

7. EKLER

EK 1. Eylül 2022 saha örneklemesinden görüntüler



EK1A. 11. İstasyon: Nehir kurduğu için örnekleme yapılamamıştır.



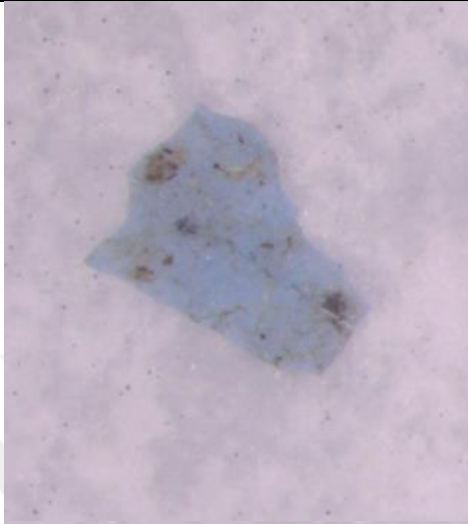
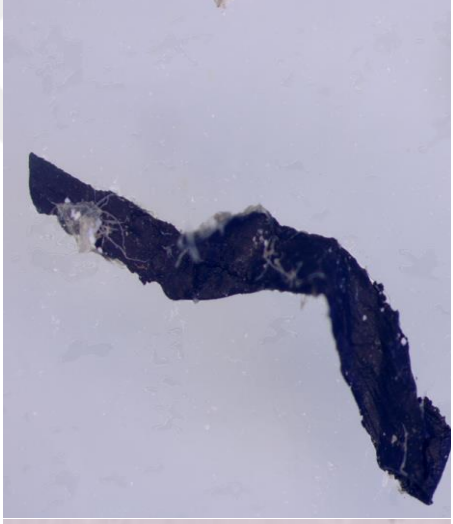
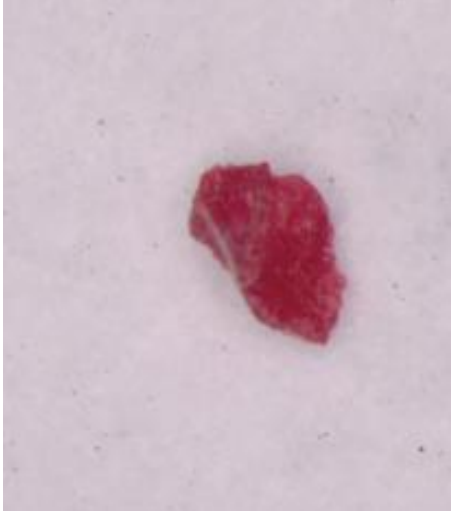
EK1B. 12. İstasyon: Uydu görüntüleri doğrultusunda seçilen alana ulaşımın bulunmaması nedeni ile örnekleme yapılmamıştır.



EK1C. 19. İstasyon: Örnekleme için uygun bir yol olmadığı için numune alımı gerçekleştirilememiştir.

EK 2. Polimer analizi gerçekleştirilen bazı MP partiküller.

2022 EYLÜL AYI ÖRNEKLEMESİ MP GÖRÜNTÜLERİ

MP Kod u	MP Görüntüleri	MP Kod u	MP Görüntüleri
3373		3116	
591		1952	
1956		6874	

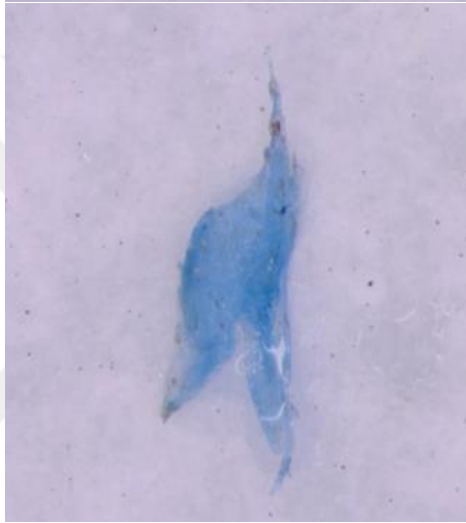
3293



3320



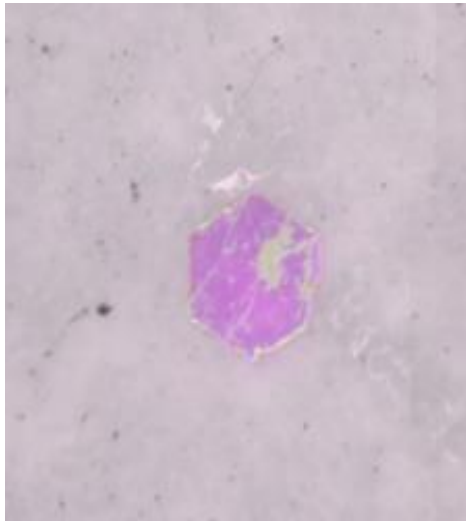
3292



2185

**2023 NİSAN AYI ÖRNEKLEMESİ MP GÖRÜNTÜLERİ****MP
Kod
u****MP Görüntüleri****MP
Kod
u****MP Görüntüleri**

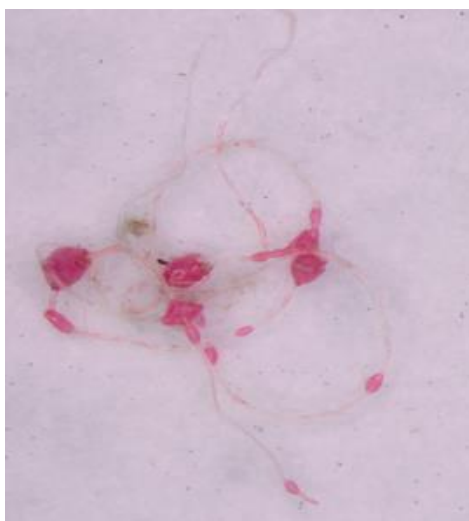
3717



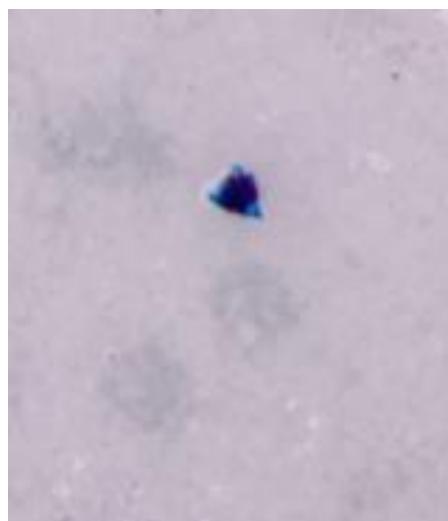
8241



9291



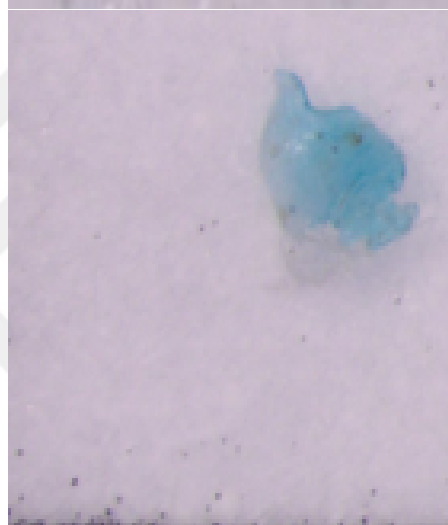
1064
1



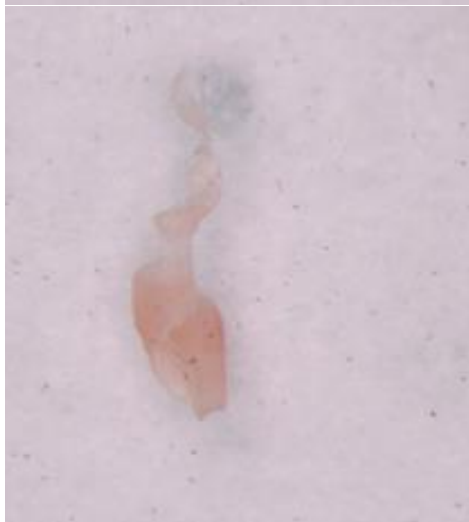
7592



9139



3957



7640



6336



6125



ÖZGEÇMİŞ

ZEYNEP ZABUN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2020-2023	Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2020	Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Antalya