



T.C.

VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



VAN İLİ İÇME SULARINDA MİKROPLASTİK KALINTISININ ARAŞTIRILMASI

BERİVAN AYŞİN

FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Ü. Ahmet Cihat ÖNER

İKİNCİ DANIŞMAN

Doç. Dr. Rabia Mehtap TUNCAY

VAN-2024

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VAN İLİ İÇME SULARINDA MİKROPLASTİK KALINTISININ
ARAŞTIRILMASI**

BERİVAN AYŞİN
FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Ü. Ahmet Cihat ÖNER

İKİNCİ DANIŞMAN
Doç. Dr. Rabia Mehtap TUNCAY

VAN-2024

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından TYL – 2023 – 10876 nolu proje olarak desteklenmiştir.

ETİK BEYAN

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yüksek lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum “**Van ili içme sularında mikroplastik kalıntısının araştırılması**” başlıklı tezim; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan hazırlanmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle danışmanıma aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/ araştırma tarafımızca yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir. Bu tezdeki bütün bilgiler akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak hazırlanıp bu kural ve ilkeler gereği çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçlara atıf yapılmış ve kaynak gösterilmiştir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin adı : Berivan AYŞİN

Tarih : 23.12.2024

İmza :

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim süresince bana aldığım dersler, bilgi ve birikimiyle büyük katkıda bulunan, tez aşamasında araştırma konumun belirlenmesi, planlanması, çalışmaların yürütülmesi ve değerlendirmesinde daima sabırla yanımda olan, bana yol gösteren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Ü. Ahmet Cihat ÖNER'e ve Doç. Dr. Rabia Mehtap TUNCAY'a şükranlarımı sunarım.

Çalışmada kullanılan malzemelerin tedarikini ve çalışma kapsamında belirlenen testlerin yapılmasını sağlayan, katkılarını esirgemeyen Doç. Dr. Ataman Altuğ ATICI ve Dr. Öğr. Ü. Ahmet SEPİL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimimde beni her zaman destekleyen, canım ailem annem, babam ve kardeşime candan teşekkür ederim.

Ayrıca bu araştırmanın gerçekleşmesi için destek sağlayan Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Berivan AYŞİN

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	II
Etik Beyan	III
Teşekkür	IV
İçindekiler	V
Şekiller Dizini	VII
Tablolar Dizini.....	IX
Simgeler ve Kısaltmalar	X
Özet.....	XII
Abstract.....	XIII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Plastik ve Mikroplastik Kavramı.....	3
2.1.1. Polietilen Tereftalat (PET).....	5
2.1.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE).....	6
2.1.3. Polivinil Klorür (PVC).....	7
2.1.4. Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE).....	8
2.1.5. Polipropilen Plastik (PP).....	9
2.1.6. Polistiren Plastik (PS).....	9
2.1.7. Diğer (Polikarbonlar (PC), Poliamid (PA))	10
2.2. Mikroplastiklerin Şekilleri ve Kaynakları	11
2.3. Mikroplastiklerin Yaşam ve Sağlık Üzerine Etkileri.....	12
2.4. Mikroplastiklerin Tespit ve Analiz yöntemleri.....	18
2.4.1. Optik Teknikler	18
2.4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope - SEM).....	19
2.4.3. Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR).....	19
2.4.4. Raman Spektroskopisi.....	20

2.4.5. Piroliz Gazı Kromatografisi (Pyr-Gc-Ms) Spektrometresi	20
2.4.6. Nil Kırmızısı (NK) boyama tekniği ile MP inceleme.....	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1 Gereç.....	22
3.1.1. Kullanılan malzeme ve cihazlar	22
3.2 Yöntem.....	22
3.2.1. Filtrasyon	22
3.2.2. Stereo mikroskop incelemesi	24
3.2.3. SEM -EDS incelemesi	25
3.3 İstatistiksel Analiz	25
4. BULGULAR.....	27
4.1 Steromikroskop Bulguları.....	27
4.2 SEM – EDS Analiz Görüntü ve Bulguları.....	34
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	45
KAYNAKLAR	52
Özgeçmiş.....	58
EKLER.....	59
EK 1. Tez Orijinallik Raporu.....	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	19. yüzyılda keşfedilen bakalit.....	3
Şekil 2.	Reçine tanımlama kodları ile çeşitli plastik malzeme türleri	5
Şekil 3.	Polietilen Tereftalat (PET) şişeler.....	6
Şekil 4.	Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) temizlik ürün kaplar.....	7
Şekil 5.	Polivinil Klorür (PVC) malzemeler.....	8
Şekil 6.	Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE) poşetler.....	8
Şekil 7.	Polipropilen Plastik (PP) kapaklar.....	9
Şekil 8.	Polistiren Plastik (PS) bardaklar ve malzemeler.....	10
Şekil 9.	Polikarbonatlar (a) ve Poliamid (b) malzemeler.....	10
Şekil 10.	MP'lerin birincil ve ikincil kaynaklarına örnek (a) birincil MP'ler (b) ikincil MP'ler	12
Şekil 11.	MP'in işleme teknolojileri kaynaklı bulaşması	16
Şekil 12.	Numunelerin filtrasyon sonrası muhafaza ve isimlendirilmesi.....	23
Şekil 13.	Filtre kağıdı (Sartorius Stedim Biotech GmbH 37070- Germany).....	23
Şekil 14.	Filtrasyon sistemi.....	24
Şekil 15.	Stereo mikroskop görüntüleme sistemi.....	24
Şekil 16.	Van YYÜ BAUM Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	25
Şekil 17.	Van ili aylara göre ortalama MP sayıları.....	27
Şekil 18.	MP'in büyüklüklerine göre yüzde oranları.....	28
Şekil 19.	MP'in şekillerine göre yüzde oranları.....	29
Şekil 20.	MP'in renklerine göre yüzde oranları.....	30
Şekil 21.	Filtrasyon sonrası elde edilen görüntüler (genel)	31
Şekil 22.	Sarı renk fibrin mikroplastik görüntüsü.....	31
Şekil 23.	Saydam fragmanet şekilde MP görüntüleri.....	32
Şekil 24.	Mavi renkte fragment MP görüntüsü.....	32
Şekil 25.	Kırmızı fibrin MP görüntüleri.....	32
Şekil 26.	Mavi renk fibrin MP görüntüsü.....	33
Şekil 27.	Saydam fibrin MP görüntüsü küme ve tek halde.....	33
Şekil 28.	Saydam fragment MP görüntüsü.....	33
Şekil 29.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 1.....	34

Şekil 30.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 2.....	35
Şekil 31.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 3.....	36
Şekil 32.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 4.....	37
Şekil 33.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 5.....	38
Şekil 34.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 6.....	39
Şekil 35.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 7.....	40
Şekil 36.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 8.....	41
Şekil 37.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 9.....	42
Şekil 38.	MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 10.....	43



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Van ili aylara göre ortalama MP sayıları	27
Tablo 2. MP'lerin Mart, Nisan ve Mayıs aylarında büyüklüklerine göre sayıları	28
Tablo 3. MP'lerin Mart, Nisan ve Mayıs aylarında şekillerine göre sayıları	29
Tablo 4. MP'lerin Mart, Nisan ve Mayıs aylarında renklerine göre sayıları	30



SİMGELER VE KISALTMALAR

NP	:	Nanoplastik
NT	:	Metrik ton
PVC	:	Polivinil klorid
CTP	:	Cam elyaf takviyeli plastik
HDPE	:	Yüksek yoğunluklu polietilen
PP	:	Polipropilen plastik
LDPE	:	Düşük yoğunluklu polietilen
PS	:	Polistiren plastik
PC	:	Polikarbonat
PA	:	Poliamid
CD	:	Kompakt disk
UV	:	Ultraviyole
IBH	:	İnflamatuvar bağırsak hastalığı
PCB	:	Poliklorlu bifeniller
OCP	:	Organoklorlu pestisit
PAH	:	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
AChE	:	Asetilkolinesteras
Cd	:	Kadmiyum
Zn	:	Çinko
Ni	:	Nikel

Pb	:	Kurşun
Cu	:	Bakır
Um	:	Mikrometre
FTIR	:	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopi
SEM	:	Taramalı elektron mikroskobi
Pyr-GC-MS	:	Piroliz gazı kromatografisi spektrometresi
EDS	:	Enerji dağıtıcı X-ışını spektroskopisi
KOK	:	Kalıcı organik kirletici
MP	:	Mikroplastik
ADB	:	Antibiyotiğe dirençli bakteriler

ÖZET

Ayşin B. Van ili içme sularında mikroplastik kalıntısının araştırılması. Van Yüzüncü yıl üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van, 2024.

Mikroplastikler, plastik atıkların çevresel etkileri ve sağlık üzerindeki potansiyel zararlarıyla giderek daha fazla endişe yaratmaktadır. Çevrede uzun süre kalıcılığını sağlayan plastik atıklar, fizikokimyasal ve biyolojik etkilerle parçalanarak mikroplastiklere dönüşmektedir. Bu tez çalışmasında Van ili içme sularında mikroplastik kalıntısının araştırılması amaçlanmıştır. Van il sınırları içerisinde toplam 10 farklı yerden, 3 farklı zamanda ve 4 farklı hazır plastik su örneğinden alınan 42 numunede araştırılmıştır. Araştırmada numuneler su kaynağından cam kavanozlara alınarak analiz edilinceye kadar saklanmış, analiz öncesi kompresör ve filtrasyon basamakları ile 0,45µm por genişliğine sahip, bölmeli filtre kağıtlarından su örnekleri geçirilerek mikroplastikler toplanmıştır. Filtre kağıtları stereo mikroskop altında görüntülendi. Mikroskop incelemesi sonrasında renk, tür ve şekil olarak mikroplastik varlığı belirlenmiştir. Görüntülenen ve tespit edilen mikroplastik örnekleri Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope - SEM) ile analiz edildi. Stereo mikroskop ve SEM analizleri sonuçları ile Van ili içme sularında polivinil klorür (PVC), Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polistiren (PS) mikoplastik kalıntılarının olduğu belirlendi. Elde edilen bulgular ile mikroplastiklerin içme suları ile canlıların vücuduna girebileceği hayatımız için tehlike arz edebileceği kanaatine varıldı.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastik kalıntısı, SEM, Van ili içme suları

ABSTRACT

Aysin B. Investigation of microplastic residues in drinking water of Van province. Van Yüzüncü Yıl University, Institute of Health Sciences, Department of Pharmacology and Toxicology, Master's Thesis, Van, 2024. Microplastics are of increasing concern due to the environmental impact of plastic waste and potential health hazards. Plastic wastes, which remain in the environment for a long time, break down with physicochemical and biological effects and turn into microplastics. The aim of this thesis was to investigate the microplastic residues in drinking water of Van province. A total of 42 samples taken from 10 different locations, 3 different times and 4 different ready to use plastic water samples were analysed in Van province. In the study, the samples were taken from the water source into glass jars and stored until analysed. Before the analysis, microplastics were collected by passing the water samples through compressor and filtration steps and compartmental filter papers with a pore width of 0.45µm. The filter papers were visualised under a stereo microscope. Translated with DeepL.com (free version) After microscopic examination, the presence of microplastics in terms of colour, type and shape was determined. With the results of stereo microscope and SEM analysis, it was determined that there were polyvinyl chloride (PVC), polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS) microplastic residues in the drinking water of Van province. With the findings obtained, it was concluded that microplastics could enter the bodies of living beings through drinking water and pose a danger to our lives.

Keywords: Microplastic residues, SEM, Van province drinking water

1. GİRİŞ

Plastik ürünler hafif, dayanıklı, çok yönlü ve düşük maliyetle üretilme gibi üstün özelliklere sahiptirler. Plastik ürünler, kullanım kolaylığı ve istikrarlı fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı iş, endüstri, tıp, tarımsal üretim ve diğer birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Rochman ve Hoellein, 2020). Plastik ürünlerin tüketiminin hızla artmasıyla birlikte, plastik kirliliği giderek küresel bir soruna dönüşmüştür. Bununla birlikte, plastik çöpler, geniş dağılımı ve buna bağlı çevresel sonuçları nedeniyle küresel endişelere yol açmıştır. Küresel plastik üretimi katlanarak artmış ve 2018 yılında ≈ 259 milyon metrik ton olmuştur (Hirt ve Body-Malapel, 2020).

Dünyada yıllık plastik atık miktarına bakıldığında 2021 yılı için yaklaşık 60 milyon ton plastik atık ile Çin ilk sırada yer almaktadır. Türkiye yaklaşık 5600000 ton atıkla 9. sırada bulunmaktadır (Akça ve Sözüdoğru, 2021). Plastik kirliliğiyle ilgili olarak yapılan araştırmalarda, yerleşim olmayan ıssız adalardan kutuplara çok farklı yerlerde plastik parçalarının bulunduğu ortaya çıkarılmıştır (Peng ve ark., 2018).

Çevredeki plastik atıklar, dış kuvvet tarafından sürekli olarak mikroplastik'ler (MP) (<5 mm) ve nanoplastikler (NP) (<100 nm) olarak mikro ve/veya nano boyutlara parçalanmaktadır (Pico ve ark., 2018; Rai ve ark., 2021). Bu partiküller farklı süreçler ile organizmaya kolayca girer ve sağlık için olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Kik ve ark., 2020; Prata ve ark., 2020). MP'in sindirim yoluyla alınmasının yanı sıra solunum yolu ve deri temasıyla da vücuda girebileceği belirtilmektedir. MP'in insanlar üzerindeki etkileri, bu parçacıkların toksik kimyasallar taşıma kapasiteleri nedeniyle ciddi endişe oluşturmaktadır. MP', genellikle dioksinler, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) ve bisfenol A (BPA) gibi zararlı kimyasallarla ilişkilidir. Bu kimyasalların insan vücuduna girerek endokrin sistem bozuklukları, üreme sağlığı sorunları ve kansere yol açabileceği öne sürülmüştür (Wright ve Kelly, 2017). MP'in ekosistemlerdeki balık ve diğer deniz ürünlerine taşınması, gıda güvenliği açısından risk oluşturmaktadır. İnsan tüketimine uygun deniz ürünlerinde MP kalıntılarının tespit edilmesi, bu kirleticilerin beslenme zincirine entegrasyonunu ortaya koymaktadır (Smith et al., 2018).

Su kaynaklarında MP kirliliği, plastik atıkların bozulması, endüstriyel aktiviteler ve kozmetik ürünler gibi çeşitli kaynaklardan kaynaklanmaktadır. Çeşitli araştırmalar,

MP'in okyanuslar, göller, nehirler ve yeraltı sularında biriktiğini göstermektedir (Hale ve ark., 2020). Bu MP'ler, su organizmaları tarafından yutularak ekosistemlerin sağlığını tehdit eder ve besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşabilmektedir. İçme suyu, MP'lerin canlı organizmaya girmesi için en olası bir yol olarak kabul edilmektedir. Son araştırmalarla desteklenen içme suyunda MP'lerin yaygınlığı konusunda artan bir ilgi vardır. MP'ler yetişkin insanların ve bebeklerin (İbrahim ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2021) kolonlarında ve dışkılarında tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında tükettiğimiz gıdalardaki plastik varlığının insan ve hayvan sağlığı açısından ne kadar önemli olduğunu gösterebilmek amacı ile içme sularında MP varlığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Plastik ve Mikroplastik Kavramı

Plastikler, günlük yaşamın her alanında kullanılan polimerik malzemelerdir. Hafiflikleri, esneklikleri, kolay işlenebilirlikleri, korozyona karşı dirençli yapıları, iyi elektrik ve ısı yalıtkanlık özellikleri, ekonomik olmaları ve pratik kullanım imkânı sunmaları gibi birçok avantajı ile hayatımıza girmiştir. Kaynaklar bilardo topunun fildişinden üretim aşamasında fil nüfusunun azalması sonrasında John Wesley adında ABD’li kimyager Baekeland 1909’da fenol ve formaldehitten “bakalit” olarak adlandırılan bir madde keşfettikten sonra 1920’lerde bilim insanları, yalıtım için kullanılan bir tür plastik olan polistirenin üretimini ticarileştirmeye yönelik ilk adımları attılar (Dey ve ark., 2023). Yaşanan gelişmeler sayesinde, doğal malzemelere kıyasla üstün özelliklere sahip polivinil klorid (PVC), polietilen, poliüretan, teflon, naylon, silikon, polipropilen ve polikarbonat gibi birçok farklı plastik türü üretilmiştir (Purde, 2007).



Şekil 1. 19 yüzyılda keşfedilen bakalit (Dey ve ark, 2023).

Plastiğin üretim ve günlük hayatta sağladığı kolaylıklar, kullanımını günümüzde önemli ölçüde artırmıştır. Özellikle tek kullanımlık ürünlerde yaygınlaşması, plastik atık oranının her geçen gün büyümesine neden olmaktadır (Ryan, 2015). Plastiklerin özellikleri aşağıda verilmiştir.

Plastiklerin Genel Özellikleri (Yurtsever, 2018):

- Hafif yapıları sayesinde suda yüzme özelliğine sahiptirler.
- Polimerik bir malzeme türüdürler.
- Lipofilik yapıları nedeniyle yağlarla kolay etkileşim kurarlar.
- İşlenmeleri ve istenilen şekle dönüştürülmeleri oldukça kolaydır.
- Elektrik ve ısı yalıtımı konusunda etkilidirler.
- Kimyasal maddelere karşı yüksek direnç gösterirler.
- Yeniden işlenerek kullanılabilirler (rejenere edilebilir).
- Katkı maddeleri eklenerek dayanıklılıkları artırılabilir.
- Toksik kimyasalları absorbe edebilir ve taşıyabilirler.

Farklı malzemelerin bir araya getirilmesiyle oluşan kompozit malzemeler arasında, özellikle elyaf takviye edilmiş polimerler en yaygın kullanılan türdür. Örneğin, cam elyaf takviyeli plastik (CTP), yapı sektöründen denizcilik ve otomotiv sektörlerine kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir (Hamamcı ve ark, 2018). Nanoteknoloji kullanılarak geliştirilen nanokompozit ambalaj malzemeleri, son yıllarda dikkat çeken yenilikler arasındadır. Özellikle gıda ambalajlarında, gıdayı istenmeyen dış etkenlerden korumak ve gıda izleme süreçlerini desteklemek amacıyla nano boyutlu parçacıkların eklenmesiyle üretilen bu malzemeler, gıdaların sağlıklı bir şekilde tüketiciye ulaşmasını sağlamada önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, bu nanopartiküller toksik kimyasal kirleticilerin bağlanmasına olanak tanıyan yüzey alanları da oluşturabilmektedir. Ayrıca, yaygın kullanılan plastikler farklı yollarla çevreye salınarak çevresel kirlenmeye katkıda bulunmaktadır (Brüge ve ark, 2020).

Plastikler, son yıllarda en çok tercih edilen malzemeler arasında yer almakta olup, kullanım kolaylığı, sterilizasyon ve dezenfeksiyon süreçlerini hızlandırarak sağlık hizmetlerine önemli katkılar sunmaktadır. Ancak plastiklerin atık olarak doğaya karıştıktan sonra parçalanmasıyla oluşan küçük plastik parçacıklar, insan başta olmak

üzere tüm canlılar için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu küçük parçacıklar MP olarak adlandırılmaktadır. MP, birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde tanımlansa da genel olarak boyutları >5 mm olan parçacıklar şeklinde kabul edilmektedir. (Ta ve Babel, 2020). İlk defa 2004 yılında, “Thompson” mikroplastik ifadesini kullanılmıştır (Bouwmeester ve ark., 2015). Çeşitli çalışmalar, tatlı su sistemlerindeki güçlü ve tek yönlü akışların, plastik atıkların okyanuslara taşınmasında önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Dafu ve ark., 2018). Çok sayıda çeşidi olsa da plastikler genellikle yedi farklı kategoriye ayrılır. Reçine tanımlama kodlarına sahip çeşitli plastik malzeme türleri Şekil 'de gösterilmektedir (Dey ve ark., 2023).

						
PET	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER
Polietilen Tereftalat (PET)	Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE)	Polivinil Klorür (PVC)	Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE)	Polipropilen Plastik (PP)	Polistiren Plastik (PS)	Diğer
SU ŞİŞELERİ KAVANOZLAR KAPAKLAR	ŞAMPUAN ŞİŞELERİ GIDA ÇANTALARI	TEMİZLİK ÜRÜNLERİ PLASTİK LEVHALAR	EKMEK TORBALARI PLASTİK FİLMER	YOĞURT KAPLARI PİPETLER ASKILAR	PAKET SERVİS SERT AMBALAJLAR OYUNCAKLAR	BEBEK ŞİŞELERİ NAYLONLAR CD'LER
						

Şekil 2. Reçine tanım kodları ve çeşitli plastik malzeme türleri (Dey ve ark., 2023).

Şekilde verilen plastiklerin açıklamaları başlıklar halinde şu şekilde verilebilir.

2.1.1. Polietilen Tereftalat (PET)

PET, su şişeleri, çeşitli içecek ve hatta bazı yiyecek kapları yapmak için yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Ayrıca yedi kategorinin en yüksek geri dönüştürülmüş

malzeme yüzdesine sahip kategorisidir. Temizliğinin kolay olması, temel bileşenlerine ayrılabilmesi ve orijinal ham reçineyle hemen hemen aynı şekilde kullanılabilmesi ile bilinir. Ayrıca son derece yüksek bir mukavemet-ağırlık oranına sahiptir. Bu nedenle, su şişeleri düşürüldüğünde bile kırılmazlar çünkü şişeler ince bir duvar şeklini koruyan esnek bir yapıya sahiptir (Dey ve ark., 2023).



Şekil 3. Polietilen Tereftalat (PET) şişeler (Dey ve ark., 2023).

2.1.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE)

HDPE, yüksek yoğunluk/mukavemet oranıyla bilinir ve yedi kategori arasında en çok yönlü plastiklerden biridir. Kimyasallara dayanıklı olmaları nedeniyle HDPE birçok ev kimyasallarında kullanılabilir. Ayrıca açık havada su, yakıt tankları gibi pek çok yerde de bulunabilir. Plastik sandalyeler ve yoğunlukla gıda kapları genellikle HDPE'den yapılır. HDPE'nin avantajları çok uygun fiyatlı olması ve çok güçlü olmasıdır. HDPE küflenmeye, çürümeye neden olan böceklerle ve diğer çevresel faktörlere engel olur. Ayrıca, HDPE son derece uzun ömürlüdür ve birçok farklı kirleticilere karşı

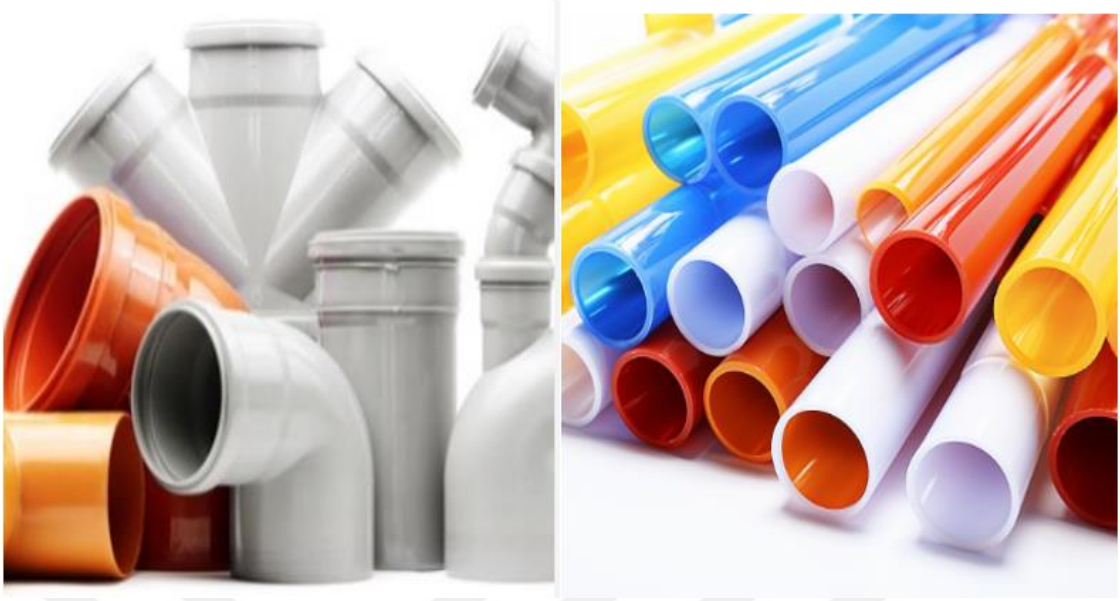
dayanıklılığı öne çıkar. Diğer plastik türlerine göre HDPE'nin geri dönüşümü oldukça kolaydır (Dey ve ark, 2023).



Şekil 4. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) temizlik ürün kapları (Dey ve ark., 2023).

2.1.3. Polivinil Klorür (PVC)

Polivinil Klorür (PVC), ilk olarak 1972 yılında sentezlenmiş olan en eski polimerdir. Ayrıca, kullanım açısından polipropilen ve PET'in hemen ardından en çok kullanılan üçüncü plastik türüdür. PVC doğal beyaz bir renge sahiptir ve oldukça kırılgandır. Ancak, tercihe bağlı olarak sert ya da esnek olabilir. Daha esnek ve daha yumuşak bir his veren PVC'nin, birçoğunun yapı ve inşaat endüstrilerinde bulunabilen çok çeşitli kullanım alanları vardır. “İnşaat” kelimesi duyulduğunda büyük olasılıkla akla gelecek olan malzeme sert PVC'dir. Kapı, pencere PVC borularda ve sıhhi tesisat malzemelerinde ayrıca elektrik kablo yalıtımında kullanılır (Dey ve ark, 2023).



Şekil 5. Polivinil Klorür (PVC) malzemeler (Dey ve ark., 2023).

2.1.4. Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE)

Düşük Yoğunluklu Polietilen, ilk olarak 1933 yılında sentezlenen en eski plastik türüdür. LDPE esas olarak kaplamalar, filmler ve torba paketleme gibi malzemeler için kullanılır. Ayrıca naylonlarda, yine ambalajlama biçimlerinde, ekmek torbalarında ve dondurulmuş gıda torbalarında da bulunabilir. LDPE, HDPE'den çok daha düşük bir oranda geri dönüştürülür (Dey ve ark, 2023).



Şekil 6. Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE) poşetler (Dey ve ark., 2023).

2.1.5. Polipropilen Plastik (PP)

En yaygın plastik türü, kısaca polipro olarak da adlandırılan beş numaralı polipropilendir. Polipropilen birçok uygulamada kullanılabilir. Gıda, kozmetik, bardak gibi farklı tek kullanımlık kaplar ve bunun gibi eşyaların yanı sıra elektronik, mobilya, hatta halı veya inşaat malzemeleri gibi daha büyük nesnelerin bir parçası olarak kullanılabilir. Polipropilen, son derece ucuz ve güçlü bir malzemedir (Dey ve ark, 2023).



Şekil 7. Polipropilen Plastik (PP) kapaklar

2.1.6. Polistiren Plastik (PS)

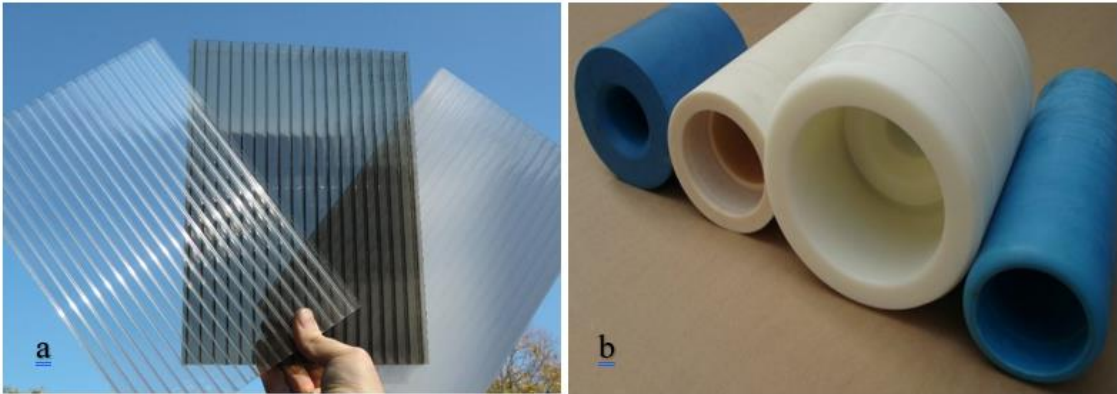
Yaygın kullanımda strafor olarak isimlendirilen polistiren, bir monomerden yapılmış petrol bazlı bir plastiktir. Polistiren şeffaf ve çok kırılgandır. Polistiren yaygın olarak geri dönüştürülmez. Aslında, ekonomik olarak geri dönüştürülmesi neredeyse imkansızdır, bu nedenle dünyadaki en kötü çevresel plastiklerden biridir. Kırılgan yapısı nedeniyle polistiren, okyanus, orman veya diğer doğal ortamlara düştüğünde çevre için büyük bir tehdit oluşturur; çünkü yalnızca kırılarak daha küçük parçalara ayrılır. (Dey ve ark, 2023).



Şekil 8. Polistiren Plastik (PS) bardaklar ve malzemeler (Dey ve ark., 2023).

2.1.7. Diğer (Polikarbonlar (PC), Poliamid (PA))

Polikarbonlar (PC), ısı ile bozulmadan etkileşen plastik ürünlerdir. Bu malzemeyi önemli kılan özelliği ise ürünün erime noktasına kadar ısıtıldıktan sonra soğutulması ve bozulma yaşamadan tekrar ısıtılabilir olmasıdır. En yaygın polikarbonat plastik tipi, bisfenol A grupları ile bağlanmış karbonat gruplarının oluşturduğu polimer zincirlere sahip olanıdır. Bu tip polikarbonat çok dayanıklı bir malzemedir. Kurşun geçirmez cam , gözlük ve güneş gözlüğü camları, CD (kompakt disk), otomobil far camlarının yapımında kullanılır. Poliamidler (PA) ise sert, rijit, kaygan ve iyi mekanik dayanım değerlerine sahip bir malzemedir. Naylon adı altında anılır. Kimyasal mukavemeti orta değerdedir, bazı asit ve bazlara karşı mukavemeti olan malzemelerdir.



Şekil 9. Polikarbon (a) ve Poliamid (b) malzemeler (Dey ve ark., 2023).

2.2. Mikroplastiklerin Şekilleri ve Kaynakları

MP çevresel ortamlarda çeşitli şekillerde bulunabilir. Çoğunlukla dikdörtgen, tablete benzeyen, küresel, silindirik veya disk şeklinde olmalarına rağmen, genellikle yuvarlak uçlu küresel ve oval biçimlerde (Esmeray ve Armutcu, 2020). MPin şekilleri, çevrede kalma sürelerine ve maruz kaldıkları parçalanma süreçlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

MP birincil ve ikincil MP olarak gruplanmaktadır. “5 mm’den küçük, plastik üretim döküntüleri ve kozmetiklerde kullanılan mikro boncuklar birincil MP olarak tanımlanır. Bu birincil MP nehirler, su arıtma tesislerinden deşarj, rüzgar ve yüzeysel akış yoluyla hem tatlı su hem de deniz suyu ortamlarına taşınabilir. İkincil MP, foto-bozunma, fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileşimler gibi süreçler nedeniyle parçalanma veya büyük plastik döküntülerden türetilir. İkincil MPin kaynakları arasında balık ağıları, endüstriyel reçine peletleri, ev eşyaları (giysi, halı, battaniye gibi tekstil ürünleri) ve diğer atılmış plastik döküntüler yer almaktadır (Browne, 2015; Aslan, 2018). Özellikle, MPin çoğunun ikincil MP olduğu (Eriksen ve ark., 2013) ve farklı kökenlerden gelen plastik döküntülerin girdisindeki artışla birlikte sulardaki bolluğun artacağı ve ikincil MPin sürekli dönüşümüne yol açacağı belirtilmiştir (Cole ve ark., 2011).

Çevrede yaygın olarak bulunan MP, biyolojik bozunma ve ayrışma gibi çeşitli dönüşüm süreçlerine tabi tutulduklarında fizikokimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana gelmekte ve bu süreçler, MP’in boyutlarının farklılaşmasına yol açmaktadır (Ahmed ve ark., 2022). MP, şekillerine göre ince film plastik, köpük şeklinde plastik, küçük parçalara ayrılmış plastik, lif formunda plastik, yuvarlak formdaki plastik ve granül formunda plastik olarak kategorize edilmektedir (Virsek ve ark., 2016).

MP, primer ve sekonder olmak üzere iki gruba ayrılır. Primer MP, doğrudan çevreye salınan küçük plastik parçacıklardır. Bunlar, kişisel bakım ve kozmetik ürünlerindeki mikroboncukları (örneğin; şampuan, sabun, diş bakım ürünleri ve makyaj malzemeleri), petrol ve gaz araştırmalarında kullanılan sondaj sıvılarındaki plastikleri, endüstriyel aşındırıcıları, üretim öncesi plastik hammaddeleri ve plastiğin işlenmesi sırasında çevreye salınan kalıntıları içerir. Sekonder MP ise mevcut plastik malzemelerin aşınması ve parçalanmasıyla oluşan küçük parçacıklardır. Bunlar, evlerde kullanılan

plastiklerin ufalanması, genel çöpler ve atıklardan kaynaklanan plastik kayıpları, düzenli depolama sahalarından veya geri dönüşüm süreçlerinden yayılan plastikler, toprak kalitesini artırmak için kullanılan sentetik polimerler, sentetik tekstil ürünleri (örneğin; polyamid, polyester, polar ve akrilik), araç lastiklerinden ve sentetik boyalardan kaynaklanan kalıntılar ile balıkçılık ve denizcilik faaliyetleri sonucu kaybolan veya atılan plastiklerden oluşur.(Arı ve Söğüt, 2021; Aslan 2018; Revel ve ark., 2018, Yurtsever 2018).

Şekil 10. MP'in birincil ve ikincil kaynaklarına örnek (a) birincil mikroplastikler (b) ikincil MP (Anonim, 2024)

Plastik atıklar, çok uzun ömürlü ve dayanıklı oldukları için çevreye atıldıklarında uzun yıllar bozulmadan kalabilirler. Ayrıca MP antibiyotikler, organoklorlu pestisitler, hormon bozucular gibi toksik organik kimyasalları ve ağır metalleri adsorblayabilme yeteneğine sahiptir (Rochman ve ark., 2013).

termal oksidasyona uğrayabilir, biyolojik veya termal olarak parçalanabilir ve biyofilmler içinde biyokütleyle bağlanabilirler (Wright ve ark.,2013).

Çevrede ve yaşamda yaygın olmaları nedeniyle, MP'in potansiyel sağlık üzerine etkileri kamuoyunun endişe konusu haline gelmiştir. Çok sayıda çalışma, yüksek dozda MP'lerin gastrointestinal sağlığı olumsuz etkileyebileceğini göstermiştir. Ancak, MP'in gastrointestinal rahatsızlıkları olan hastaların sağlığı üzerindeki etkisi birkaç çalışmanın konusu olmuştur. Gastrointestinal sistem üzerine etkilerini inceleyen fazla çalışma olmasa da inflamatuvar bağırsak hastalığı (IBH) MP'e maruziyete bağlı hassasiyeti artan bir hastalık olarak anlatılmaktadır (Luo ve ark. 2022).

Plastiklerin üretimi sırasında kurşun, bakır, kadmiyum gibi ağır metaller, ftalatlar, bisfenol A gibi toksik etkisi olan maddeler kullanılmaktadır. MP de aynı ağır metalleri ve toksik maddeleri içermekte ayrıca MP özellikleri ile birçok maddeyi taşıma, absorbe etme ve biriktirebilme özellikleri sayesinde bu maddelerin canlılara taşınma ve bulaşma riskini kolaylaştırmaktadır (Brennecke ve ark., 2016). MP hem metaller (Fe, Mn, Al, Pb, Cu, Ag ve Zn vb.) hem de hidrofobik organik kirleticiler (poliklorlu bifeniller (PCB), organoklorlu pestisitler (OCP) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) vb.) gibi kalıcı organik kirleticiler için vektör olarak görev yapmaktadırlar (Igalavithana ve ark., 2022).

Amerika'da bir yetişkin ve bir çocuğun bir sene boyunca 81000- 123000 civarı bir MP ile temas ettiği 2019 yılında yapılan çalışmada rapor edilmiştir (Cox ve ark., 2019). MP alımı ile kromozomlarında mutasyon meydana gelebileceği ve kısırlığa sebep olabileceğini öne sürülmüş, aynı çalışmada MP'lerin obezite hatta kanser nedeni olabileceği bildirilmiştir (Sharma ve Chatterjee, 2017).

MP, insanlara sindirim, solunum yoluyla geçebilir. Ayrıca ihtimali düşük gibi olsa da yaralı ciltten (dermal) içeriye nüfuz edebilir (Lehner ve ark., 2019). Gıda güvenliği açısından ise gıda maddelerinin işlenmesi sırasında potansiyel kaynaklar aracılığıyla MP ile kontamine olma riski önemini arttırmaktadır. Sular, tüketilen yiyecekler ve içeceklerde MP varlığına ilişkin birçok araştırma bulunmaktadır (Van Cauwenberghe ve Janssen, 2014; Rochman ve ark., 2015; Karami ve ark., 2017; Karami ve ark., 2018; Zhu ve ark., 2019; Akhbarizadeh ve ark., 2020; Gündoğdu ve ark., 2020; Li ve ark., 2020).

İn vitro ve in vivo çalışmalarda, nano ve MP'in hücresel hasar, apoptoz, nekroz, enflamasyon, oksidatif stres ve immunolojik mekanizmalar aracılığı ile insan vücudu üzerinde ciddi toksik etkilere neden olabildikleri bildirilmektedir (Yee ve ark., 2021). İnflamasyon, genotoksisite, oksidatif hasar, apoptozis ve doku nekrozu vb. olumsuz olaylardan, hücre ve doku hasarı, kanserojen olduğunu bildiren araştırmacılar vardır (Blackburn ve Green, 2022; Deng ve ark., 2017; Esmeray ve Armutçu, 2020; Lu ve ark., 2019).

Bireysel duyarlılık ve farklı mekanizmalar ile ilişkili olarak, MP'in nörodejeneratif hastalıkların artışında rol oynayabildiği ve in vivo toksisite testleri ile MP'lerin nöronal fonksiyon ve davranışları etkileyebileceği bildirilmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmada Avrupa levreği beyninde, MP'in asetilkolinesteraz'ın (AChE) baskılanmasına, lipid peroksidasyonda artışla birlikte oksidatif strese neden olduğu rapor edilmiştir (Barboza ve ark., 2018). MP'in ciltte veya gıda maddelerinde birikmesiyle, insan sağlığı üzerindeki etkileri tam olarak bilinmeyen dermal ve besinsel maruziyete yol açabileceği ileri sürülmüştür (Van Cauwenberghe ve Janssen, 2014). İç mekan hava konsantrasyonlarını inceleyen bilim insanları, bir insanın akciğerlerinin günde 26 ila 130 MP parçayı teneffüs ettiğini; maruz kalma sonucu astım, alerji ve otoimmün hastalıklara neden olabildiğini bildirmişlerdir (Dris ve ark., 2015; Wright ve Kelly, 2017).

İnsanların MP'lere maruz kaldığı yollar sindirim, solunum ve dermal temastır. Yalnızca 100 µm'nin altındaki nanoplastikler deriden emilebilmektedir ve daha az toksik etkiye sahiptir (Ahmed ve ark., 2022). İnsanların yuttuğu ve/veya soluduğu MP'i ve nanoplastiklerin muhtemelen bağırsak mikrobiyotasını modüle ederek Alkolik Olmayan Yağlı Karaciğer Hastalığı (NAFLD) gibi metabolik hastalıkların patogeneğinde potansiyel olarak rol oynadığını gösteren, ayrıca insanlar da dahil olmak üzere çeşitli kemirgen ve memeli türlerinde, bazı MP'lerin kan dolaşımına ulaştığına ve kan parametrelerinde değişikliklere neden olmanın yanı sıra farklı organ ve dokulara dağıldığını ispatlayan çalışmalar yapılmıştır (Auguet ve ark. 2022; Banaee ve ark, 2021; Hamed ve ark., 2019; Ragusa ve ark., 2021).

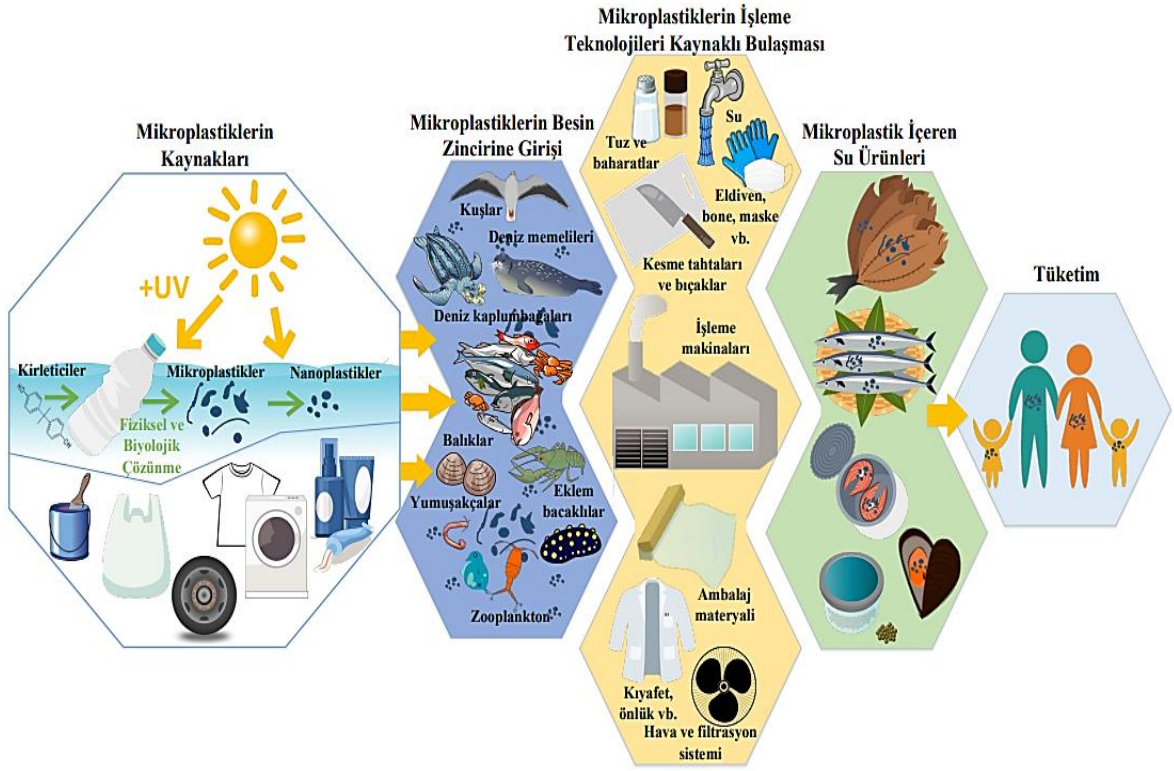
Lifli MP'in solunum sisteminden temizlenebileceği düşünülmektedir, ancak özellikle klirens mekanizmaları zayıf olanlarda, inflamatuvar yanıtlara ve hatta solunum lezyonlarına neden olabileceği düşünülmektedir. Bir tümörün çıkarılması için akciğer

rezeksiyonu uygulanan hastalardan alınan 114 akciğer doku örneğinden %87'sinin selülozik veya plastik lifler içerdiği gözlenmiş ve bu durum küçük liflerin solunabilir olduğunu ve dolayısıyla akciğerde biriktiğini göstermiştir. MP liflerine mesleki olarak maruz kalmanın solunum yolu iritasyonuna ve bazı kanserlere neden olabileceği saptanmıştır. Bununla birlikte, sentetik liflerin solunması sırasında akciğer üzerinde olası olumsuz sağlık etkileri hakkında çok az araştırma yapılmıştır (Blackburn ve Green, 2022). Sağlık dışında, plastik ya da MP'in güneş ışınlarını etkilediği ve bulut oluşmasına engel olduğu böylece iklimi de etkilediği rapor edilmiştir (Besseling ve ark., 2013).

Plastiklerin üretim sırasında, polibromlu difenil eterler, nonilfenol ve triklosan gibi kimyasallar plastiklerin özelliklerini geliştirmek için kullanılır ve bu tür katkı maddeleri, endokrin sistemin bozulmasına neden olabilir. Bu da deniz ve göllerde yaşayan canlılar için hareketliliği, üremeyi, gelişimi ve DNA'yı etkileyebilir (Yu ve ark., 2019).

MP'ler su ortamlarındaki plankton, omurgasızlar ve omurgalılar gibi organizmaları tehdit eder ve öngörülemeyen sonuçlara yol açabilirler. Küçük boyutları ve her yerde bulunmaları nedeniyle çeşitli organizmalar tarafından yutulurlar (Yu ve ark., 2019). MP'in sucul ortamda etkisi yüksektir ve taşınmaları kolay olmaktadır. Yoğunlukları nedeni ile yüzeyde birikirler buda suyun fiziksel özelliklerinde değişikliklere neden olur. Sürüngeçenler, kuşlar ve su içerisinde yaşayan canlılar MP'ten etkilenir (Yurtsever, 2019; Eriksen ve ark., 2013).

MP maruz kaldıktan sonra lokal olarak etki edebilir veya yer değiştirerek uzak dokuların maruz kalmasına yol açabilir. Translokasyon, epitelyal bariyerlerin geçirgenliğinin artması nedeniyle özellikle inflamasyon sırasında olasıdır. Gastrointestinal mukoza, yetersiz beslenme ve doymuş yağlar ve yüksek fruktozlu şekerler açısından zengin diyetlerin bir sonucu olarak da (bağırsak mikrobiyomundaki değişiklikler yoluyla) geçirgenliği artırabilir (Prata ve ark., 2021). MP'in yutulması ile fizyolojik stres ve doyumluk meydana geldiği ve beslenme bozukluğu oluşturabildiği, bunun yanında enerji rezervlerini tüketebildiği rapor edilmiştir (Free ve ark., 2014). Başka bir araştırmada istakoz ve midye üzerinde MP'e rastlanmış ve bu durumun sindirim sistemini etkilediği gözlemlenmiştir (Esmeray ve Armutçu, 2020).



Şekil 11. MP'in işleme teknolojileri kaynaklı bulaşması (Tunçelli ve Erkan, 2021)

Çalışmalar, MP'in ve nanomalzemelerin bağırsak mikrobiyota işlev bozukluğunu indükleyerek bağırsak veya bağırsak dışı organ hasarına neden olabileceğini göstermektedir (Wen ve ark., 2022).

Monomer ve katkı maddeleri MP matrisinden organizmanın içine sızarak dokuları endokrin bozucular olarak bilinen ftalatlar ve bisfenol A gibi kimyasallara maruz bırakabilirler (Cole ve ark., 2011). Bileşenlerinin yanı sıra, MP'in yüksek yüzey alanı, onları temas ettikleri mikroorganizma veya kimyasallar için vektör olarak çalışmaya yatkın hale getirmektedir. Örneğin, çevreden toplanan MP'de polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) ve poliklorlu bifeniller (PCB'ler) dahil olmak üzere kalıcı organik kirleticiler (POP'ler) tespit edilmiştir (Crawford ve Quinn, 2017; Frias vd., 2010).

PCB'ler, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) ve pestisitler gibi kalıcı organik kirleticiler MP'in geniş yüzey alanı yoluyla taşınabilmektedir. MP'ler, serbest radikal üretimi, üreme toksisitesi, gelişimsel nörotoksisite, yavru fenotip modifikasyonu, dış genital organ anormallikleri ve endokrin yollar aracılığı ile oksidatif stres sonucunda

immünolojik yanıtlarda ve gen ekspresyon profillerinde değişikliklere neden olur. MP'ler bu toksikolojik etkilerinin yanı sıra balık ve memelilerde solunum, sindirim ve boşaltım yollarında tıkanıklıklara da neden olmaktadır. MP'ler, endositoza benzer bir mekanizma ile gastrointestinal sistemin zarlarını geçebilir ve çeşitli dokularda birikebilirler (Arienzo ve ark., 2021).

Vibrio spp. dahil olmak üzere mikroorganizmalar da MP'in yüzeyinde kolonize olabilir (Kirstein ve ark., 2016). Bu durumda, MP vektör görevi görerek mikroorganizmaları dokulara ulaştırabilir, onları bağışıklık sisteminden koruyabilir ve enfeksiyonu destekleyebilen doku hasarı oluşturabilir. Ayrıca, MP toprak organizmalarında (*Folsomia candida*) bağırsak mikrobiyomunun çeşitliliğini değiştirmiş ve artırmıştır (Zhu ve ark., 2018). Aynı etki, önemli miktarda MP yutulduktan sonra insanlarda da meydana gelebilir. Bağırsak mikrobiyomundaki değişiklikler, zararlı türlerin çoğalması, bağırsak geçirgenliğinde artış ve endotoksemi gibi olumsuz etkilere yol açabilir (West-Eberhard, 2019).

Partikül toksisitesinin yanı sıra, MP alımı katkı maddeleri ve monomerlerin (örneğin PCB'ler, propilen) salınımı yoluyla dolaylı kimyasal toksisiteye de yol açmaktadır. Organoklorlu pestisitler (OCP'ler) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) da hidrofobik özellikleri nedeniyle MP'ler üzerinde yüksek oranda adsorbe edilebilir ve yoğunlaşabilir. MP'ler ayrıca Cd, Zn, Ni, Pb ve diğer ağır metalleri de adsorbe edebilme özelliğine sahiptir. MP'ler aynı ortamda bulunan kirleticilerin vektörel taşınmasına neden olur ve böylece sağlık risklerini artırmaktadır (Wang ve ark., 2021). Ayrıca plastiklerin üretimi esnasında ağır metaller (Pb, Cu, Cd), ftalatlar, bisfenol A (BPA) vb. gibi toksik olarak nitelendirilen katkı maddelerinin kullanılmasından dolayı, bu plastiklerden koparak oluşan MP parçaları da aynı toksik bileşenleri içermektedir (Wang ve ark., 2021). Bu ifadelerin yanında nörolojik olarak etkili olup olmadığı da araştırılan MP hakkında, Rafiee ve arkadaşları (2018), beş hafta boyunca oral uygulamadan sonra yetişkin erkek Wistar ratlarda 38,92 nm polistiren nanopartiküllerinin (PS-NP'ler) nörodavranışsal etkilerini test etmiş, testlerin hiçbirinde önemli bir nörodavranışsal değişiklik gözlemlenmediğini rapor etmiştir.

İnsanların gıdalar ile MP'lere maruziyeti üzerine yapılan bir çalışmada; Avusturya, Finlandiya, İngiltere, İtalya, Japonya, Hollanda, Polonya ve Rusya gibi farklı

konumlardaki 8 ülkede, insanlardan alınan dışkı numunelerinde MP'ler incelenmiş ve yaklaşık 10g dışkıda toplam 9-24 adet 50-500 µm boyutlarında MP bulunduğu bildirilmiştir. FT-IR analizleri sonucunda bu MP'lerin çoğunluğunun PET, PP, PE olmakla beraber, PA, PU, PS, PVC, PMMA gibi polimerler oldukları belirtilmiştir (Schwabl ve ark., 2018).

Ftalatlar plastiklere esneklik sağlamak için yaygın plastikleştirici olarak kullanılır. Bunlar bir katkı maddesidir, bu nedenle polimere kimyasal olarak bağlı değildir (kovalent olarak bağlı) ve bu nedenle serbest bırakılma ve çevreye aktarılma olasılığı daha yüksektir. Dünya çapında kullanılan plastikleştiricilerin %80'inden fazlası ftalattır. Ftalat seviyesi ile özellikle çocuklarda astım ve alerji oluşumu arasında bir ilişki olduğunu gösteren bazı kanıtlar vardır (Blackburn ve Green, 2022).

2.4. Mikroplastiklerin Tespit ve Analiz Yöntemleri

MP'ler, su ortamlarında geniş çapta dağılmıştır. Bu nedenle, tespit ve analizden önce numuneleri zenginleştirmek ve konsantre etmek gerekmektedir (Zhang ve ark., 2021). MP izolasyonu temel olarak, yoğunluğuna göre ayırma, oksidasyon, filtreleme işlemlerine dayanmaktadır.

Tespit edilen MP'lerin boyut aralıklarını belirlemek için farklı gözenek boyutlarında paslanmaz çelik elek setleri kullanılmaktadır (Lv ve diğ., 2021). Çevresel matrise uygun olarak hem ıslak hem de kuru eleme yapılması mümkündür. Ancak ıslak elemelerde partikülleri elek üzerinden uygun bir şekilde aktarımının yapılabilmesi için, distile su ile uzun bir durulama süresine ihtiyaç duyulmaktadır.

MP süspansiyonlar optik mikroskop, elektron mikroskobu, raman spektroskopisi ve fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ile incelenebilir. Mezoplastikler spektroskopik ve görüntüleme yöntemiyle MP, mikrospektroskopi ve flouresans yöntemiyle ve nanoplastikler de elektron mikroskobu yardımıyla incelenebilmektedir.

2.4.1. Optik teknikler

Görsel inceleme, çıplak gözle veya genellikle bir stereomikroskop gibi optik mikroskoplar yardımıyla MP'in tanımlanmasında en basit ve yaygın yöntemlerden

biridir. Şüpheli bir nesnenin MP olup olmadığını belirlemek için şekil ve renkler temel kriterler olarak kullanılır (Rose et al., 2016). Pahalı ekipmanların gerek duyulmadığı büyük partiküllü nesnelerin tespitinde kullanılabilir, ayrıca bilgisayar kamera uygulamaları ile büyüklük artırılabilirdiği için resim çekme ve görsel tespit mümkün olabilmektedir.

İncelenen parçacıkların boyutunun küçülmesi, optik yöntemlerle yanlış tanımlama riskini önemli ölçüde artırır. (Rose et al., 2016). Bu bir dezavantaj olarak karşımıza çıkar ve görsel tanımlama sonuçlarına yüksek hata oranı verebilir (Hidalgo-Ruz et al., 2012), (Nuelle et al., 2014).

2.4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope - SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) MP tanımlamada yaygın olarak kullanılır (Fries et al., 2013). SEM, numune yüzeyine yüksek yoğunluklu bir elektron ışını göndererek ve raster tarama modelinde taratıp, bir numunenin yüksek çözünürlüklü görüntülerini sağlayabilir. MP, SEM kapsamında yüzey morfolojilerinin yüksek çözünürlüklü görüntülerini inceleyerek diğer organik veya inorganiklerden ayırt etmektedir. SEM, plastik parçacıkların yüzey dokularını detaylı bir şekilde inceleyerek, doğal çevreden toplanan MP'in ayrışma süreçlerini analiz etmek için de kullanılabilir. SEM ile enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisinin (SEM-EDS) birlikte kullanımı, MPin temel yapısı ve barındırdığı inorganik katkı maddeleri hakkında kapsamlı bilgiler sunabilir. (Rose et al., 2016). SEM, MP'in yüzey özelliklerini incelemek için başarılı bir şekilde kullanılsa da bu yöntem, numune hazırlaması uzun olduğu için çok fazla zaman kaybettirir. Fazla sayıda numunenin taranması için uygun bir teknik değildir (Song et al., 2015)

2.4.3. Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

FTIR, kızılötesi (IR) spektroskopinin tercih edilen yöntemi olan Fourier transform infrared'in kısaltmasıdır. IR spektroskopisinde, IR radyasyonu bir numuneden geçirilir. IR radyasyonunun bir kısmı numune tarafından emilir ve bir kısmı da geçirilir (iletirilir). Ortaya çıkan spektrum, moleküler emilim ve iletimi temsil ederek numunenin moleküler bir parmak izini oluşturur. İki parmak izi asla eşleşmediği gibi, benzer şekilde iki

benzersiz moleküler yapı aynı IR spektrumunu üretmez. Bu da IR spektroskopisini çeşitli analiz türleri için kullanışlı hale getirir. IR spektroskopisi 70 yılı aşkın bir süredir laboratuvarlarda malzeme analizi için kullanılan bir tekniktir (Dutta, 2017). Yüksek güvenilirliği sebebiyle FTIR, çevresel örneklerden toplanan mikro plastiklerin kimyasal karakterizasyonunu bulmada kullanılan yöntemlerden biridir (Zhang ve ark., 2016; Silva ve ark., 2018). FTIR, MPin polimerik bileşimini sadece >10 ila 20 mm büyüklüğünde belirleyebilir ve hedef parçacıkların bu orandan daha da küçük olduğu şartlarda uygulanabilirliğini kaybedebilir (Löder ve Gerdt, 2015). FTIR kullanarak şüpheli mikro plastik parçacıkların kimliğinin bulunması uzun zaman alan bir iştir ve genellikle deneyimli bir operatörün bakması gerekir (Löder ve Gerdt, 2015).

2.4.4. Raman Spektroskopisi

1930 yılında C.V. Raman, ışığın saydam bir ortamdan geçerken saçılan radyasyonun bir kısmının dalga boyunda değişikliklere uğradığını keşfettiği için Nobel ödülü aldı. Bu fenomen Raman etkisi olarak adlandırılır ve sonunda “Raman” kelimesi bilimsel literatürde en çok bilinen kelime haline gelir. Raman saçılması, ışığın elastik olmayan saçılmasıdır ve saçılan radyasyonun küçük bir kısmının frekansı, gelen monokromatik radyasyonun frekansından farklıdır (Dutta, 2017). MP’in Raman spektroskopisi ile tanımlanması, mono-kromatik lazer ışınının şüpheli bir numuneye ışınlanması ile gerçekleştirilir. Numune tarafından absorpsiyon, saçılma veya yansıma nedeniyle geri dönen ışığın farklı bir frekansıyla sonuçlanır (Rose et al., 2016). Raman kayması, her polimer için benzersiz bir spektrum üretebilir. Mikroskopi (mikro-Raman) ile bir Raman spektroskopisi kombinasyonu, 1 mm'ye kadar olan MP’in tanımlanmasını sağlar (Rose et al., 2016). Raman yönteminin dezavantajı, katkı maddeleri, pigmentler veya MP’le ilişkili kimyasalların varlığı nedeniyle tanımlama doğruluğunun kolayca olumsuz etkilenebilmesidir (Löder ve Gerdt, 2015).

2.4.5. Piroliz Gazı Kromatografisi (Pyr-Gc-Ms) Spektrometresi

Piroliz gazı kromatografisi spektrometresi (Pyr-GC-MS), MPin kimyasal tanımlanmasında, termal bozunma ürünlerini analiz ederek kullanılır (Song et al., 2015).

Pyr-GC-MS, katı numune partiküllerinin minimum numune ön işlemine sokarak girmesine izin verebilmektedir. Pyr-GC-MS'nin bir avantajı, aynı anda polimerin kimyasal bileşimi ile birlikte içeriğindeki organik katkı maddelerini gösterebilir (Araujo et al., 2018). Pyr-GC-MS, analiz edilen parçacıkların şekline, boyutuna ve ilişkili organik veya inorganik kirlenici maddelerine karşı duyarlı değildir (Araujo et al., 2018). Potansiyel MP parçacıkların sadece elle manipüle edilmesine uygun büyük partiküller (> 100 µm) Pyr-GC-MS tarafından analiz edilmek için uygundur (Kappler et al., 2018).

2.4.6. Nil Kırmızısı (NK) boyama tekniği ile MP inceleme

Mikro boyutlu parçacıklar Nil kırmızısı (9-diethylamino-2-methyl-6-phenoxazine-5-one) boyaması ile sayılabilmektedir. Boya ile MP'nin yüzey alanı boyanıp ardından mavi ışık parçacıkları floresan altında turuncu bir filtre ile floresan emisyonu bakılmaktadır. Görsel analiz yöntemi ile floresan parçacıklar tanımlanıp sayılabilmektedir. Nil kırmızı molekülü, sadece hidrofobik bir ortamın varlığında floresan özelliği göstermekte ve MP'ye doğrudan bağlanmaktadır. Sonuçta, nil kırmızı ile boyanmış MP parçacıklar bir floresan mikroskop altında kolayca sayılabilmektedir. Nil kırmızı doğal organik maddeleri de boyadığı için analizden önce ön saflaştırma işlemleri yardımıyla organik maddeler uzaklaştırılmalıdır (Li et al., 2018)

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Bu tez çalışmasında Van ili içme sularında MP varlığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple Van ili sınırları içerisinde alınan doğal kaynak ve satışa sunulan içme sularından farklı bölgelerden 3 farklı zamanda 40 adet numune alınmıştır. Numune alma noktalarından anlık olarak 2 lt'lik cam kaplar kullanılmıştır. Alınan numuneler laboratuvara analizler yapmak üzere getirilip uygun koşullarda saklanmıştır.

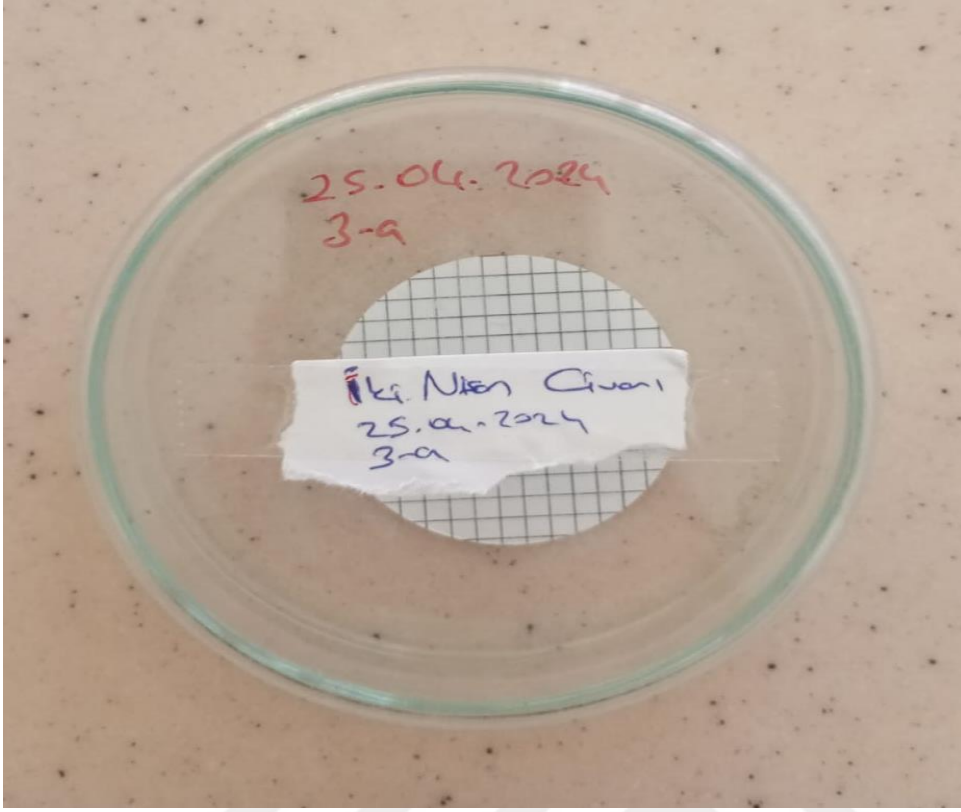
3.1.1. Kullanılan malzeme ve cihazlar

- 0,5 ve 2 lt cam kavanozlar (Cam kapaklı)
- Cam petri kutuları
- Hava kompresörü
- Filtrasyon sistemi
- Filtre kağıdı (Sartorius Stedim Biotech GmbH 37070- Germany)
- Stereo mikroskop (SMZ 745T Stereo zoom micro-scope)
- SEM – EDS

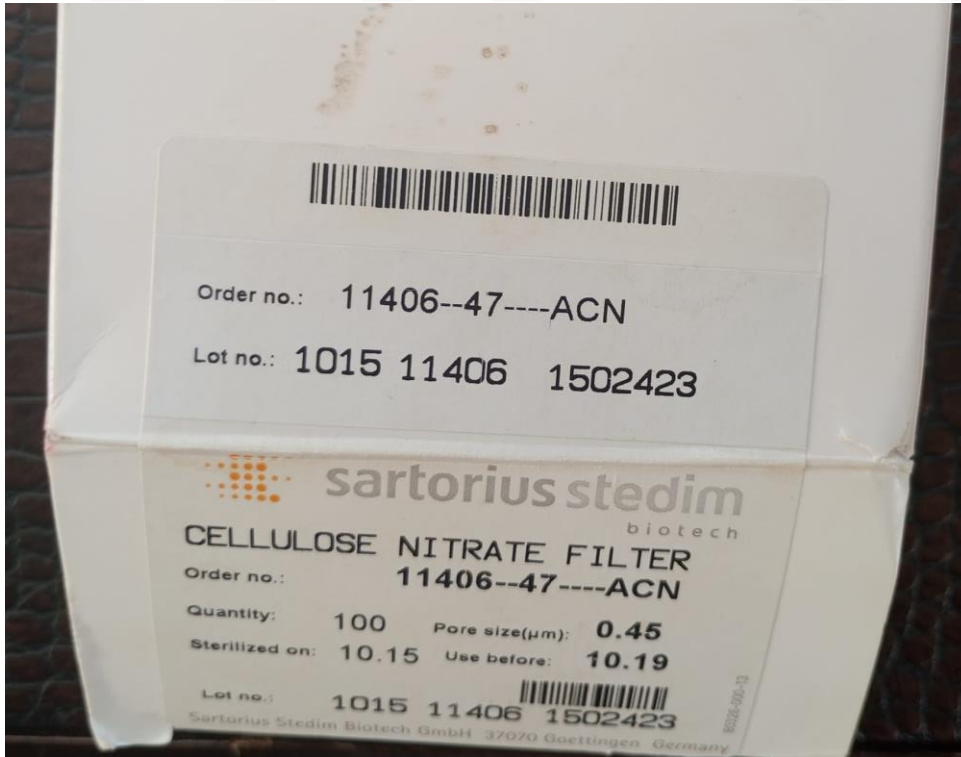
3.2. Yöntem:

3.2.1. Filtrasyon

Su numuneleri filtre düzeneğine yerleştirilen mikrofiber filtre kağıdından (Sartorius Stedim Biotech GmbH 37070- Germany) bir pompa vakumu kullanılarak, hava teması olmayacak şekilde ayarlanmış bir kabinde yavaş bir hızda süzölmüştür. Filtrasyon işlemi sonrasında filtre kağıtları hassas bir şekilde temiz petri kaplarına aktarılmış analiz edilmeden kurutulmuştur. Filtre kağıtları isimlendirme ve numaralandırma işlemleri sonrasında, stereo mikroskop incelenmesine kadar petri kaplarında saklanmıştır.



Şekil 12. Numunelerin filtrasyon sonrası muhafaza ve isimlendirilmesi



Şekil 13. Filtre kağıdı (Sartorius Stedim Biotech GmbH 37070- Germany)



Şekil 14. Filtrasyon sistemi

3.2.2. Stereo mikroskop incelemesi

MP içeren filtreler bir stereo mikroskop (SMZ 745T Stereo zoom mikroskop) altında gözlemlenmiş ve tüm görüntüler XCAM dijital kamera ile çekilmiştir.



Şekil 15. Stereo mikroskop görüntüleme sistemi

3.2.3. SEM -EDS incelemesi

SEM analizleri ZEISS sigma 300 cihazında ve EDS analizleri EDAX markalı detektör ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Merkezi laboratuvarında yürütülmüştür. SEM MP tespit edilen filtrelerdeki MPin yüzey morfolojisini ve elemental bileşimini incelemek için kullanılmıştır. Filtrelerin MP içeren kısımlarının yakın çevresi 0,01 mm uçlu mimari çizim kalemleri ile binoküler biyolojik mikroskop altında işaretlenmiştir. Bu parçalar çift taraflı karbon bant üzerine yerleştirilmiştir. SEM gözlemleri, üstün düşük vakum basınç modunda ve ikincil elektron ve geri saçılma modunda 10,00 kV'luk bir ivme voltajında çalışan farklı büyütmelerde yapılmıştır. MP parçacıklarının seçilen alanının kimyasal karakterizasyonu /element analizi, yarı nicel bir yöntem olan Enerji Dağıtıcı X-ışını Spektroskopisi (EDS) ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 16. Van YYÜ BAUM Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

3.3. İstatistiksel Analiz

Tüm grupların her bir örnekleme zamanına ait veriler One-Way Anova testi ile değerlendirildi. Değerler ortalama $\pm$ Standart hata ($X \pm SE$) olarak gösterildi. Önemli

ıkan gruplar içi farkın önemliliği ise Duncan testi ile değerlendirildi. Verilerin analizleri SPSS (version 22.0 for Windows, SPSS Inc.) istatistik yazılımı ile yapıldı.



4. BULGULAR

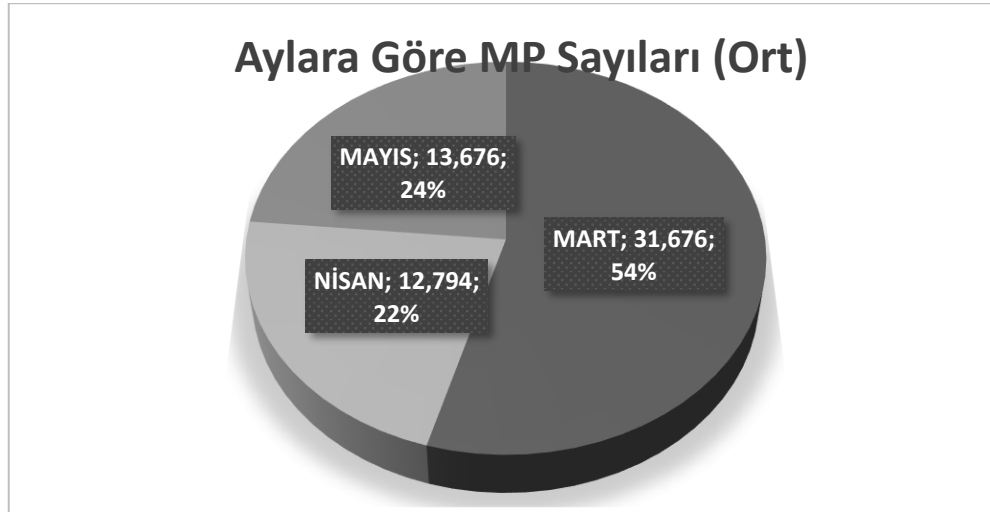
4.1. Steromikroskop Bulguları

Toplanan numunelerde yapılan stereo mikroskop inceleme ve sayımı sonrasında sayılan MPin gruplandırmalara göre istatistiksel bilgileri tablolar halinde (Tablo 1-4) sunulmuştur. Bu tablolarda farklı büyüklük, renk ve şekillerde MP'in istatistiksel olarak aylara göre dağılımı görülmektedir. Tablo 1 ve Şekil 17 'ye göre aylara göre verilen MP sayılarının değişimi görülmektedir. Bu bilgiler ışığında mart ayında il içerisindeki içme sularında MP oranının Nisan ve Mayıs aylarına göre daha yüksek (%54) ve istatistiksel olarak ta farklı olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Diğer aylarda bulunan plastik oranları nisan ayında %22, mayıs ayında ise %24 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Van ili aylara göre ortalama MP sayıları

	Mean $\pm$ Std. Error	Min	Max
MART	31.676 $\pm$ 5.0579 b	1	90
NİSAN	12.794 $\pm$ 1.839 a	2	41
MAYIS	13.676 $\pm$ 1.961 a	0	30

$p<0,05$



Şekil 17. Van ili aylara göre ortalama MP sayıları

Büyüklük, şekil ve renk sayılarının ortalama değerlerine bakıldığında ortalama plastik sayılarına doğru orantılı olacak şekilde mart aylarında MP düzeyinin yüksek olduğu gözlenmektedir (Tablo 2-4). Şekil 18 ve Tablo 2'ye göre 0.5- 1 mm ve 1-2 mm büyüklük

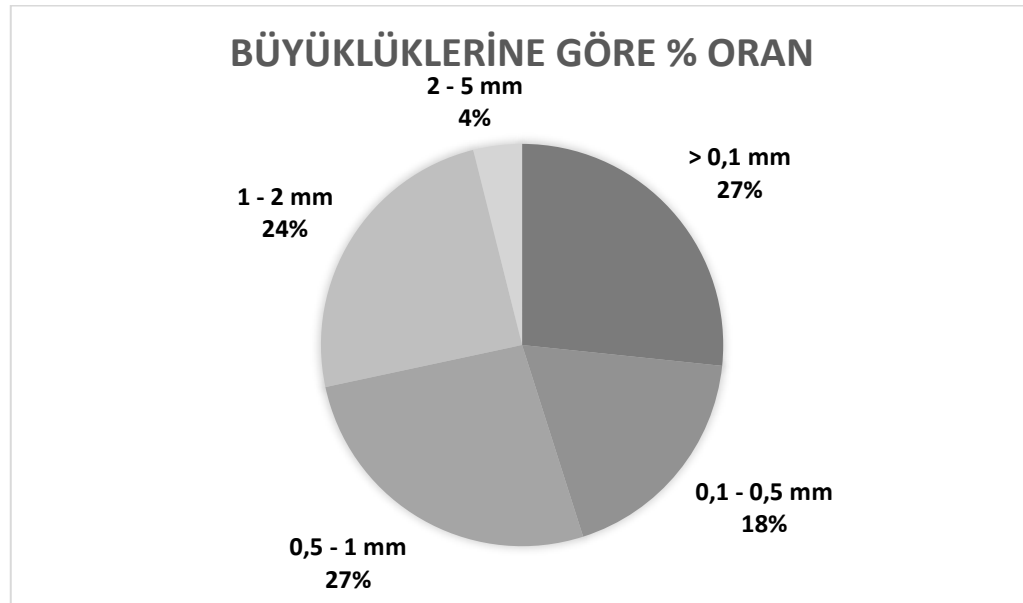
aralığındaki MPin mart ayında artış gösterdiği gözlenmiştir. 3 ay içinde <0.1 mm büyüklük aralığında istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmez iken ($p>0.05$), 0.1- 0.5, 0.5- 1, 1- 2 mm aralıklarında Nisan ve Mayıs aylarının, mart ayından farklı olduğu, 2-5 mm büyüklük aralığında ise mayıs ayının diğer aylara göre istatistiksel olarak farklı olduğu gözlenmiş ve MP sayısının diğer aylara göre istatistiksel olarak farklı olduğu ($p<0.001$) bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. MP'in mart, Nisan ve Mayıs aylarında büyüklüklerine göre sayıları

Büyüklük		Mean $\pm$ Std. Error	Min	Max	p
<0.1 mm	MART	6.735 $\pm$ 1.398 a	0	26	0.122
	NİSAN	3.853 $\pm$ 0.632 a	0	12	
	MAYIS	4.912 $\pm$ 0.781 a	0	13	
0.1-05 mm	MART	6.588 $\pm$ 1.787 a	0	35	0.004
	NİSAN	2.353 $\pm$ 0.547 b	0	10	
	MAYIS	1.765 $\pm$ 0.375 b	0	7	
0.5-1 mm	MART	8.677 $\pm$ 1.665 a	0	30	0.001
	NİSAN	3.294 $\pm$ 0.567 b	0	10	
	MAYIS	3.471 $\pm$ 0.635 b	0	11	
1-2 mm	MART	9.324 $\pm$ 2.028 a	0	39	0.000***
	NİSAN	2.853 $\pm$ 0.670 b	0	12	
	MAYIS	2.029 $\pm$ 0.336 b	0	5	
2-5 mm	MART	0.353 $\pm$ 0.133 b	0	2	0.001
	NİSAN	0.441 $\pm$ 0.135 b	0	2	
	MAYIS	1.5 $\pm$ 0.364 a	0	6	

*** $p<0.001$

Büyüklüklerine göre <0.1 mm %26.6, 0.1-05 mm %18.4, 0.5-1 mm %26.5, 1-2 mm %24.4, 2-5 mm ise %3.9 olarak tespit edilmiştir (Şekil 18).



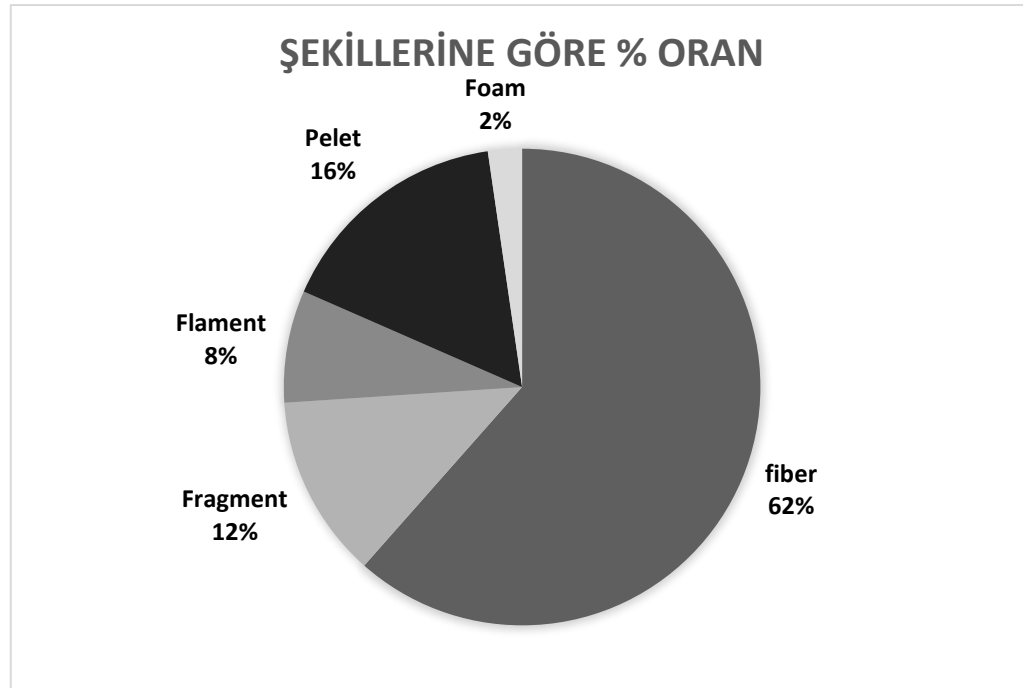
Şekil 18. MP'in büyüklüklerine göre yüzde oranları

MP aynı zamanda şekillerine göre de incelenmiş elde edilen verilere göre; fiber, fragment, filament, pelet, foam olarak 5 şekil altında sayım yapılmıştır. Belirlenen şekillerin yüzdelik oranları Tablo 3 ve Şekil 19’da verilmiştir. Buna göre fiber diğer tüm şekillere göre baskın oranda (%61.4) ve istatistiksel anlamda fazla bulunmuştur ($p<0.0001$) (Tablo3). Diğerleri fragment %12.4, filament %7.6, pelet %16.1, foam %2.3 şeklinde belirlenmiştir (Şekil 19).

Tablo 3. MP’in mart, Nisan ve Mayıs aylarında şekillerine göre sayıları

Şekil		Mean $\pm$ Std. Error	Min	Max	p
Fiber	MART	20.823 $\pm$ 4.184 b	0	82	0.000***
	NİSAN	7.852 $\pm$ 1.016 a	0	20	
	MAYIS	7.294 $\pm$ 1.090 a	0	17	
Fragment	MART	3.412 $\pm$ 1.592 a	0	14	0.014
	NİSAN	2.765 $\pm$ 0.756 a	0	9	
	MAYIS	1.088 $\pm$ 0.361 b	0	7	
Flament	MART	2.117 $\pm$ 0.596 b	0	10	0.089
	NİSAN	0.794 $\pm$ 0.230 a	0	3	
	MAYIS	1.588 $\pm$ 0.356 ab	0	6	
Pelet	MART	4.559 $\pm$ 1.252 b	0	26	0.039
	NİSAN	1.441 $\pm$ 0.459 a	0	9	
	MAYIS	3.441 $\pm$ 0.669 ab	0	11	
Foam	MART	0.706 $\pm$ 0.209 b	0	3	0.008
	NİSAN	0.618 $\pm$ 0.211 b	0	4	
	MAYIS	0 $\pm$ 0 a	0	0	

*** $p<0,001$



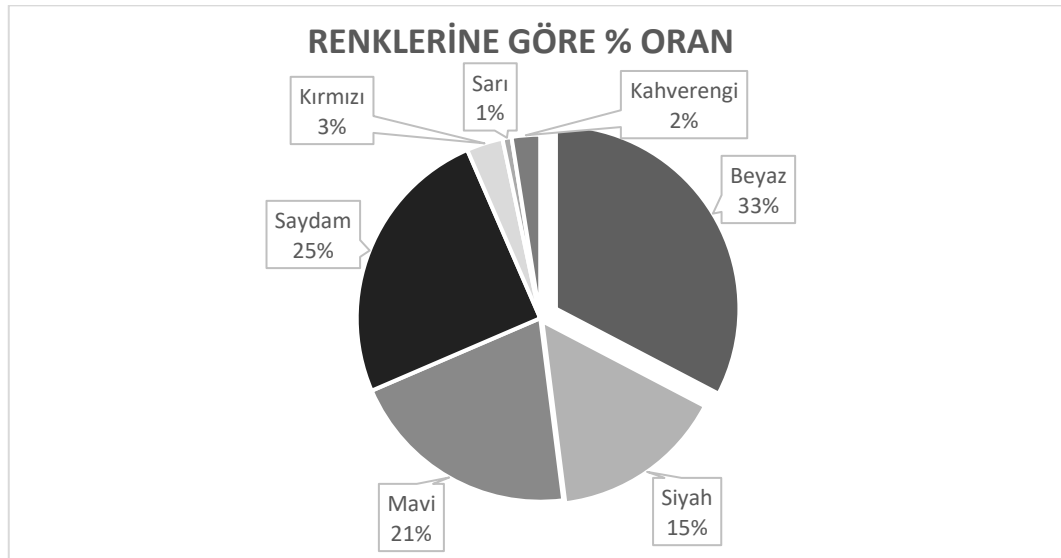
Şekil 19. MPin şekillerine göre yüzde oranları

Tablo 4. MP'in mart, Nisan ve Mayıs aylarında renklerine göre sayıları

Renk	Aylar	Mean $\pm$ Std. Error	Min	Max	p
Beyaz	MART	11,765 $\pm$ 2,125 b	0	36	0,000***
	NİSAN	3,647 $\pm$ 0,595 a	0	13	
	MAYIS	3,618 $\pm$ 0,628 a	0	10	
Siyah	MART	4,176 $\pm$ 1,131 b	0	20	0,084
	NİSAN	1,559 $\pm$ 0,591 a	0	12	
	MAYIS	3,176 $\pm$ 0,6574 b	0	10	
Mavi	MART	5,559 $\pm$ 1,755 a	0	37	0,248
	NİSAN	3,029 $\pm$ 0,621 a	0	10	
	MAYIS	3,353 $\pm$ 0,747 ab	0	15	
Saydam	MART	6,971 $\pm$ 1,118 b	0	18	0,08
	NİSAN	4,206 $\pm$ 0,697 a	0	13	
	MAYIS	3,559 $\pm$ 0,482 a	0	8	
Kırmızı	MART	0,706 $\pm$ 0,294 a	0	6	0,369
	NİSAN	0,794 $\pm$ 0,253 a	0	5	
	MAYIS	0,353 $\pm$ 0,111 a	0	2	
Sarı	MART	0,353 $\pm$ 0,111 b	0	2	0,04
	NİSAN	0,088 $\pm$ 0,049 a	0	1	
	MAYIS	0,029 $\pm$ 0,029 a	0	1	
Kahverengi	MART	1,0589 $\pm$ 0,029 b	0	3	0,000***
	NİSAN	0,441 $\pm$ 0,199 a	0	4	
	MAYIS	0 $\pm$ 0 a	0	0	

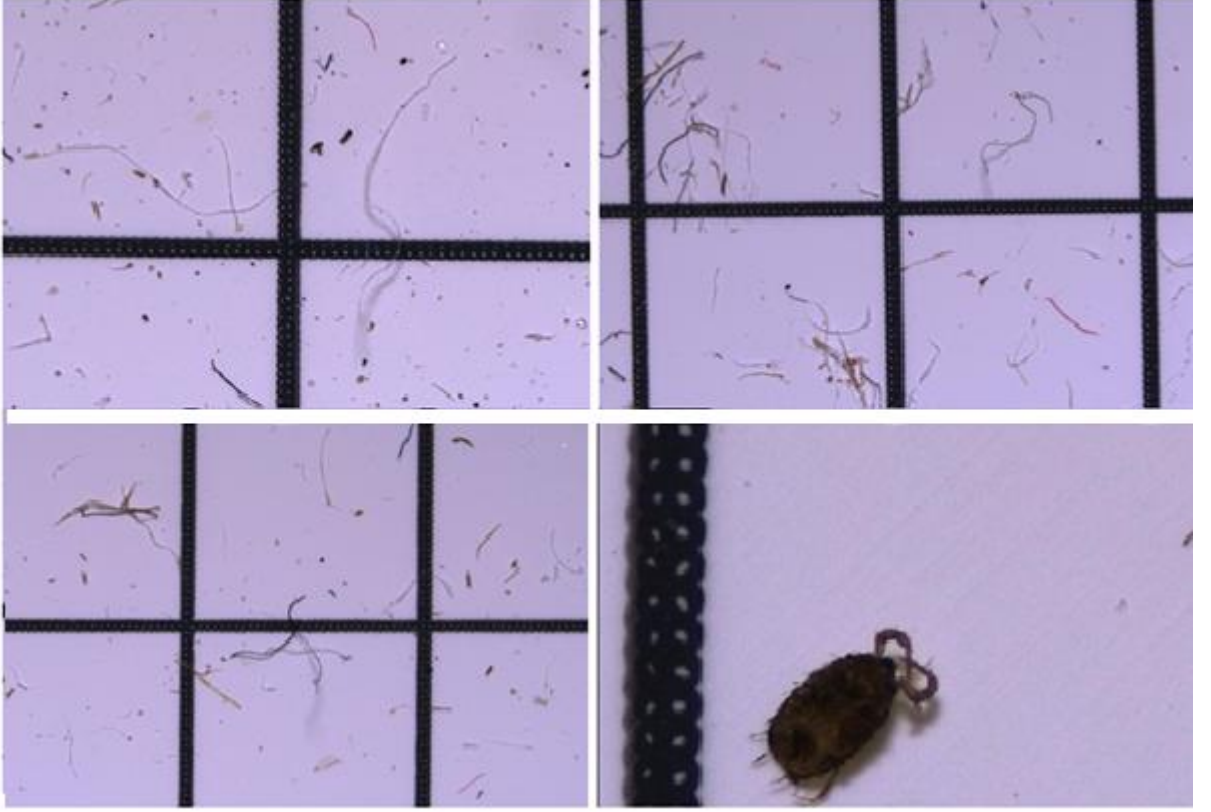
***p<0,001

Renklerine göre mart, Nisan ve Mayıs aylarındaki MP sayıları Tablo 4'te yüzdelik oranları ise Şekli 20'de verilmiştir. MPin renklere göre yüzde oranı ise Şekil 17'de verilmiştir. Bu oranlara göre; beyaz renk %32,6, siyah %15,3, mavi %20,5, saydam %24,9, kırmızı %3,2, sarı %0,8, kahverengi %2,5 oranında belirlenmiştir ve istatistiksel farklılık gösterilmiştir (Tablo 4, Şekil 20).

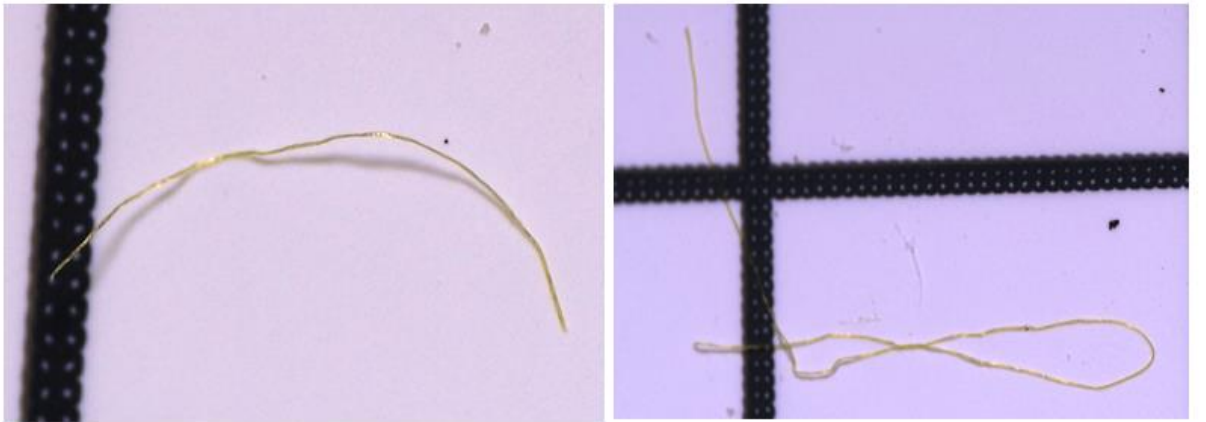


Şekil 20. MPin renklerine göre yüzde oranları

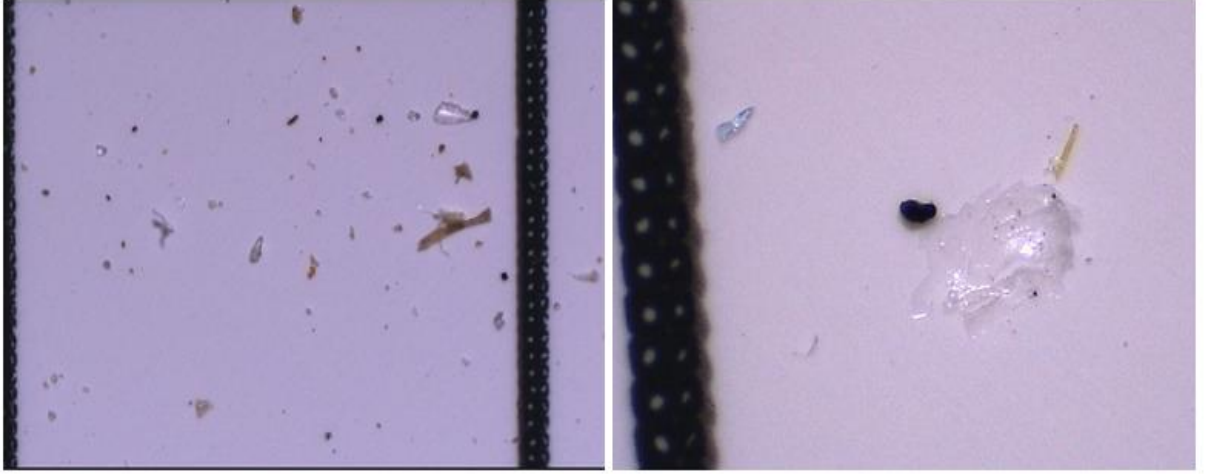
Çalışmamızda stereo mikroskop altında elde edilen görüntüler, Şekil 21-28 olarak sunulmuştur. Bu şekillerde, farklı büyüklük, renk ve şekillerde MPin görselleri yer almaktadır. Şekil 21, filtre kağıdı üzerinde içme sularımızda ne kadar fazla MP bulunduğunu göstermektedir. Şekil 22-28'te ise MPin büyüklük, şekil ve renklerine göre farklılık gösteren tespitlerimize ait görseller sunulmuştur.



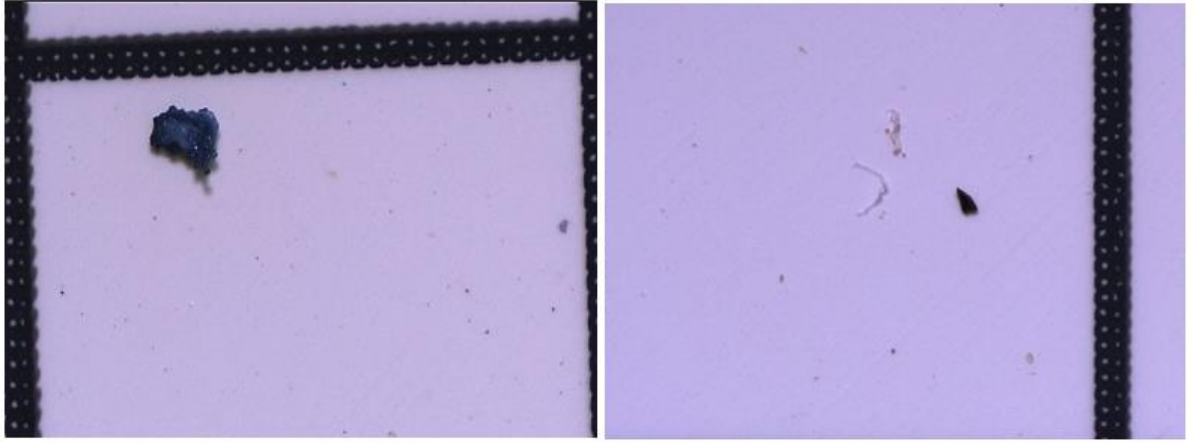
Şekil 21. Filtrasyon sonrası elde edilen görüntüler (genel)



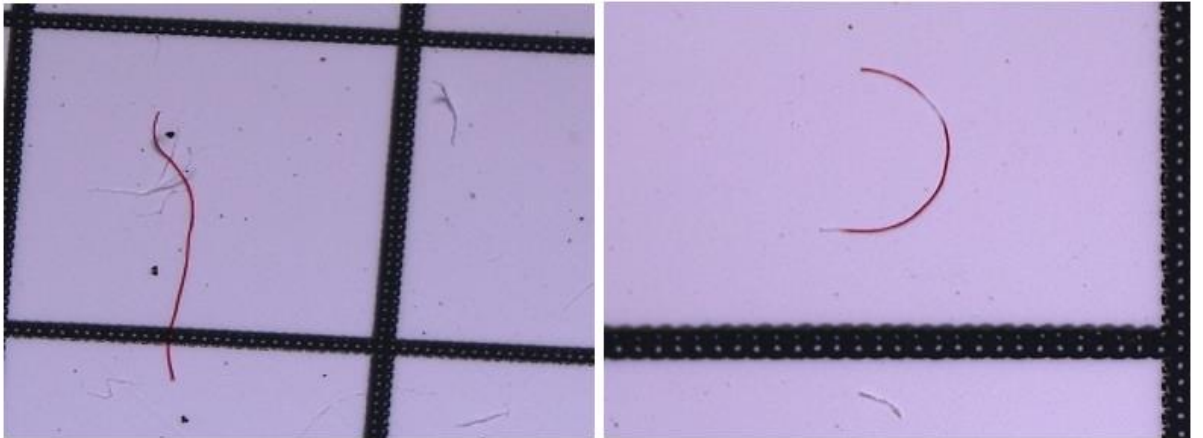
Şekil 22. Sarı renk fibrin MP görüntüsü



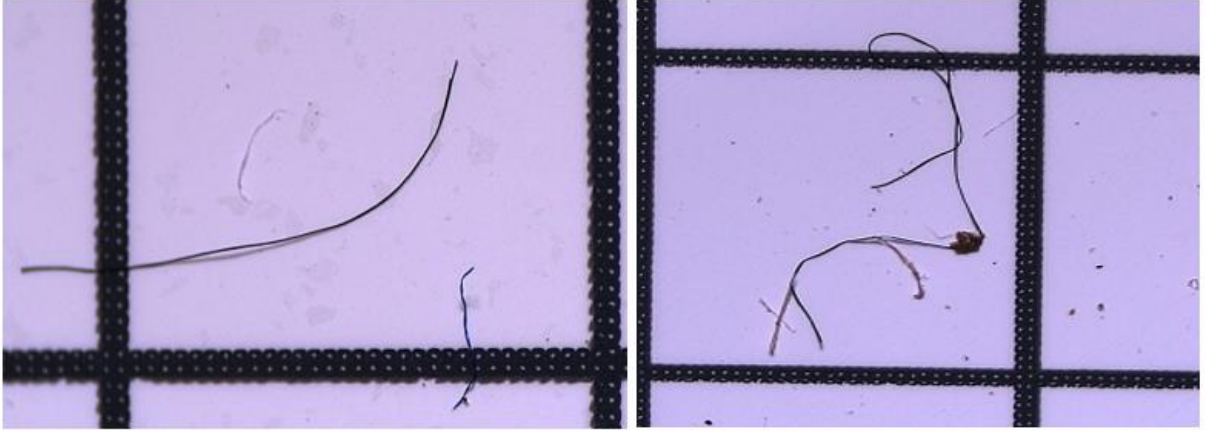
Şekil 23. Saydam fragmanet şekilde MP görüntüleri



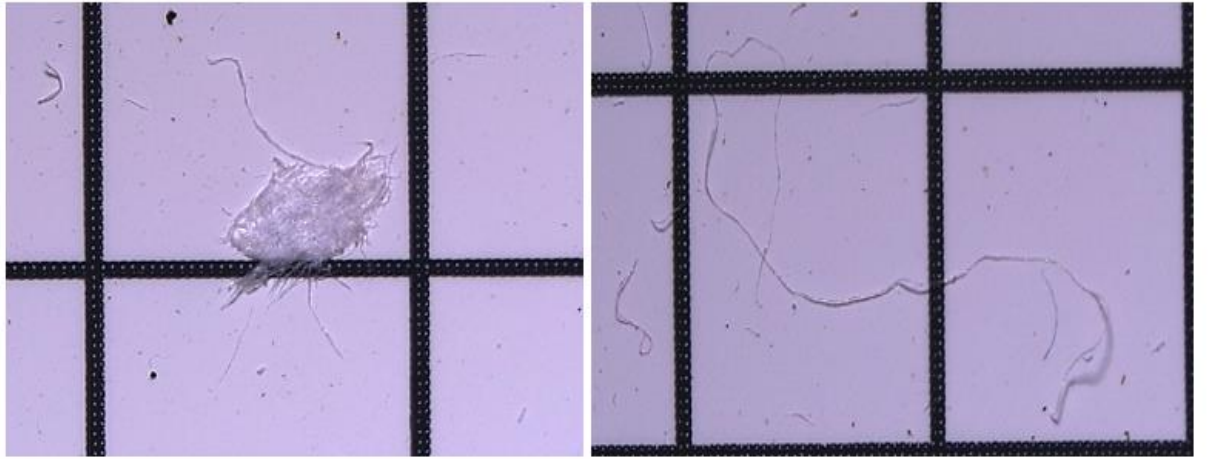
Şekil 24. Mavi renkte fragment MP görüntüsü



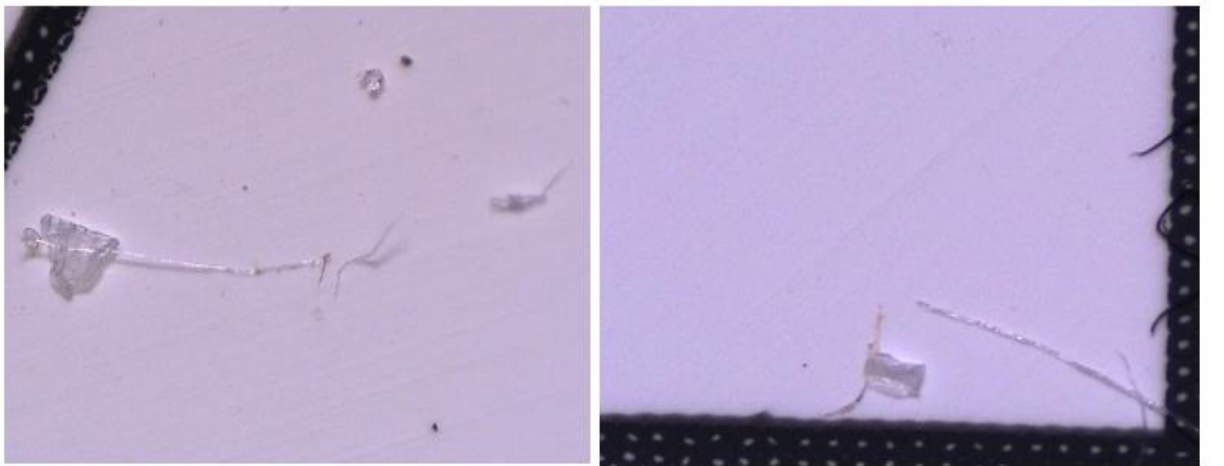
Şekil 25. Kırmızı fibrin MP görüntüleri



Şekil 26. Mavi renk fibrin MP görüntüsü

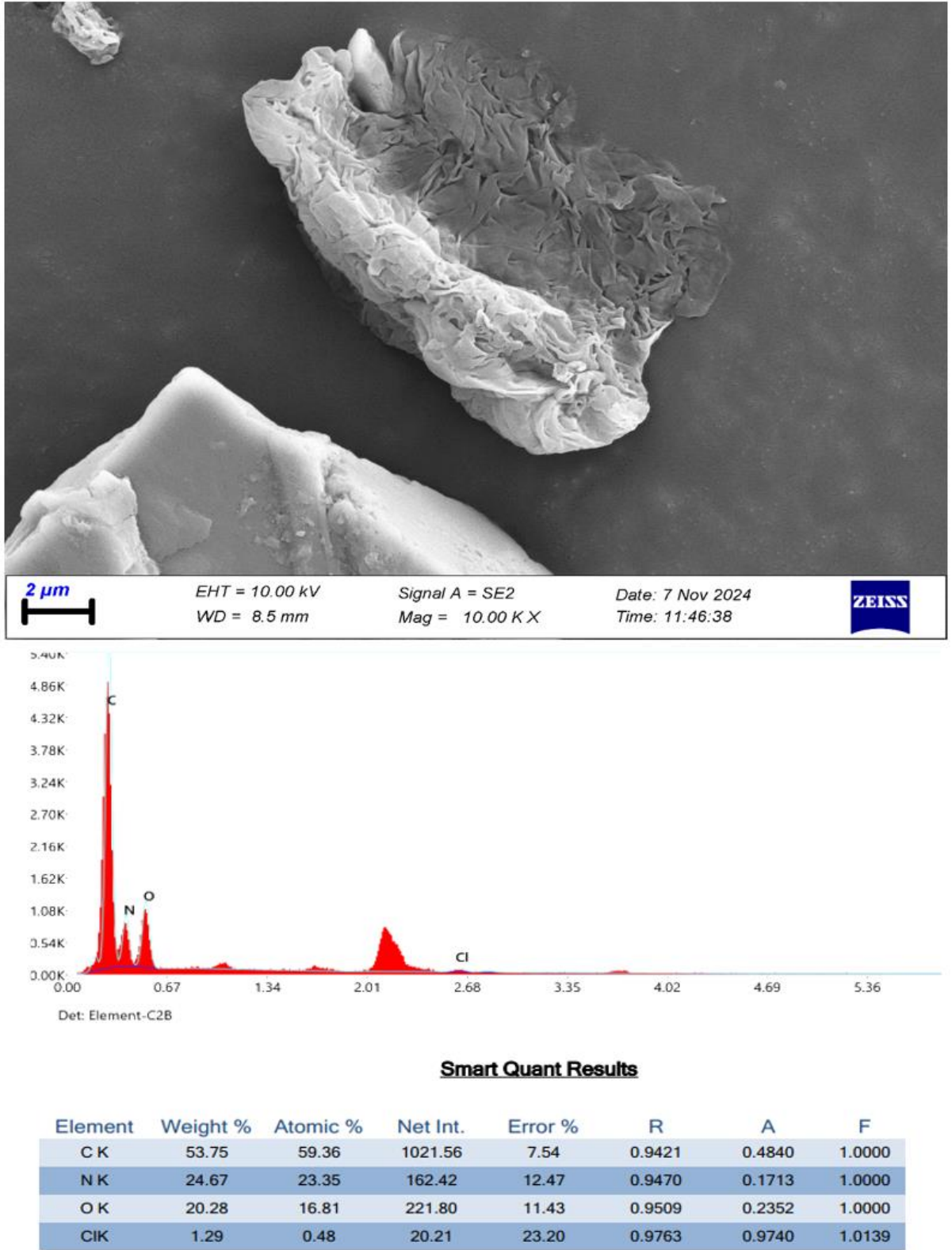


Şekil 27. Saydam fibrin MP görüntüsü küme ve tek halde

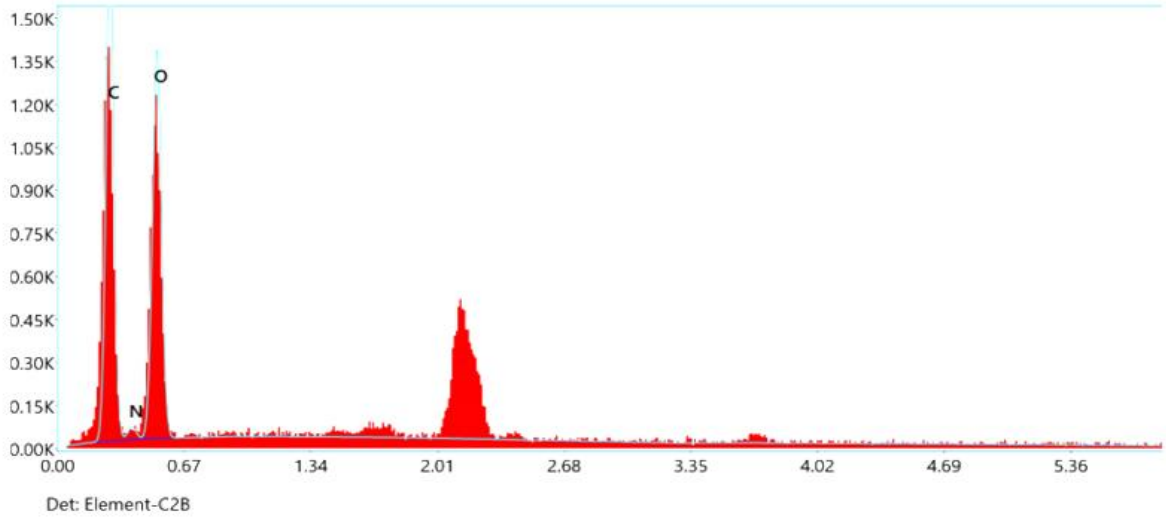
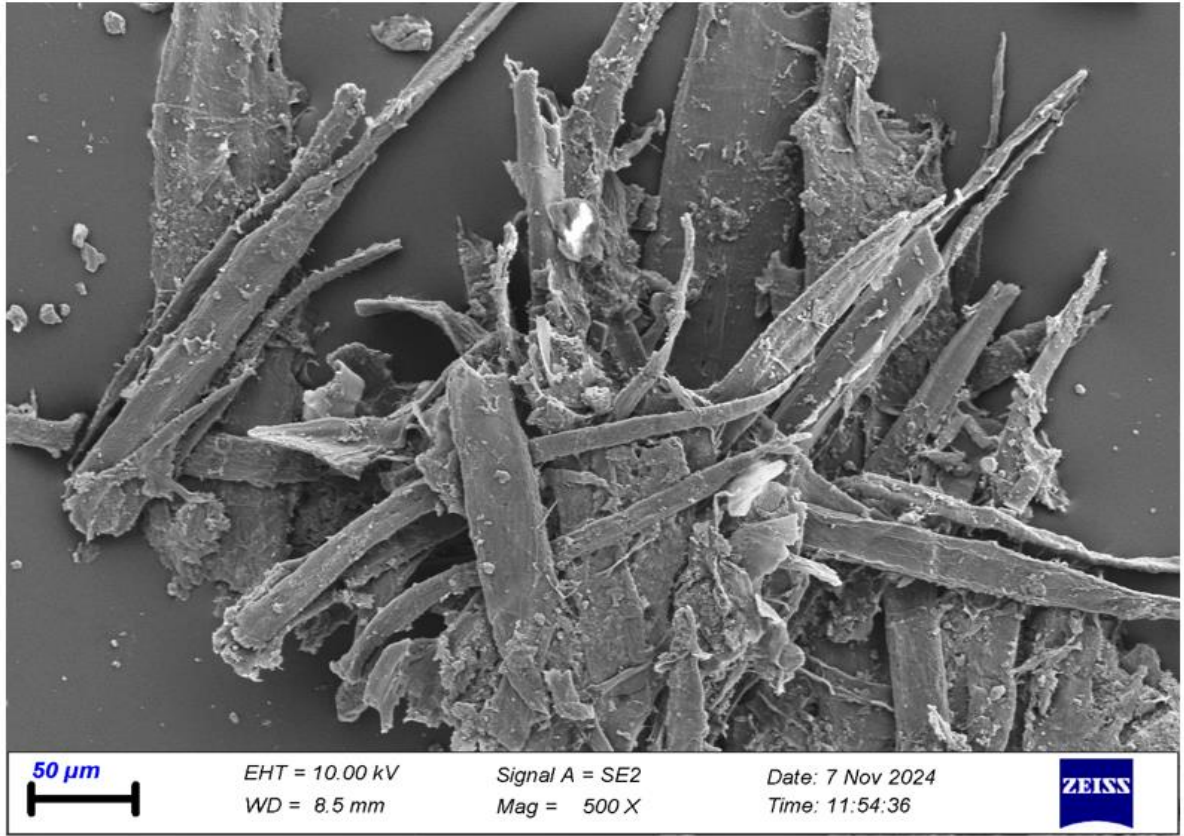


Şekil 28. Saydam fragment MP görüntüsü

4.2. SEM – EDS Analiz Görüntü ve Bulguları



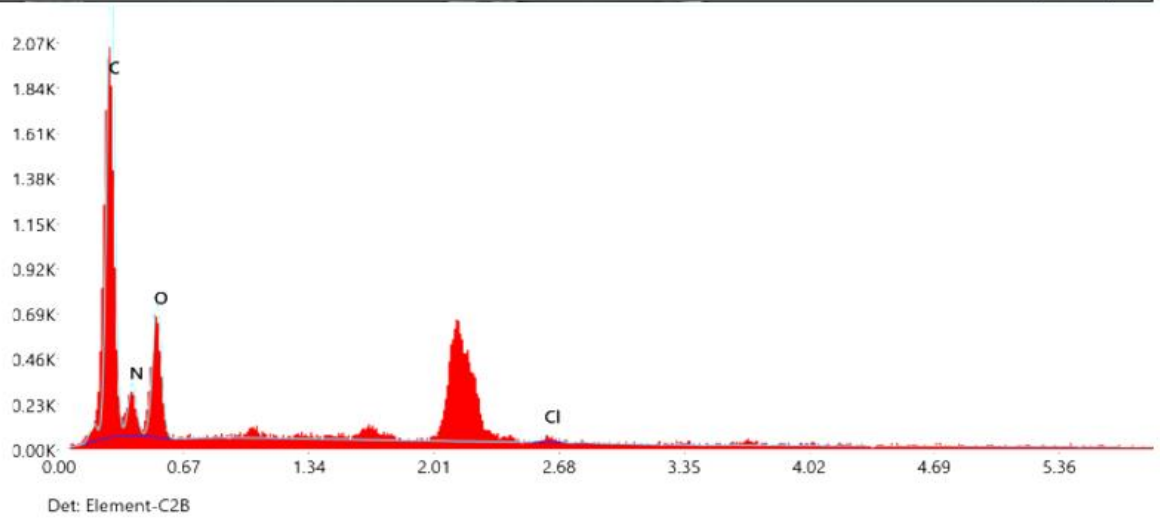
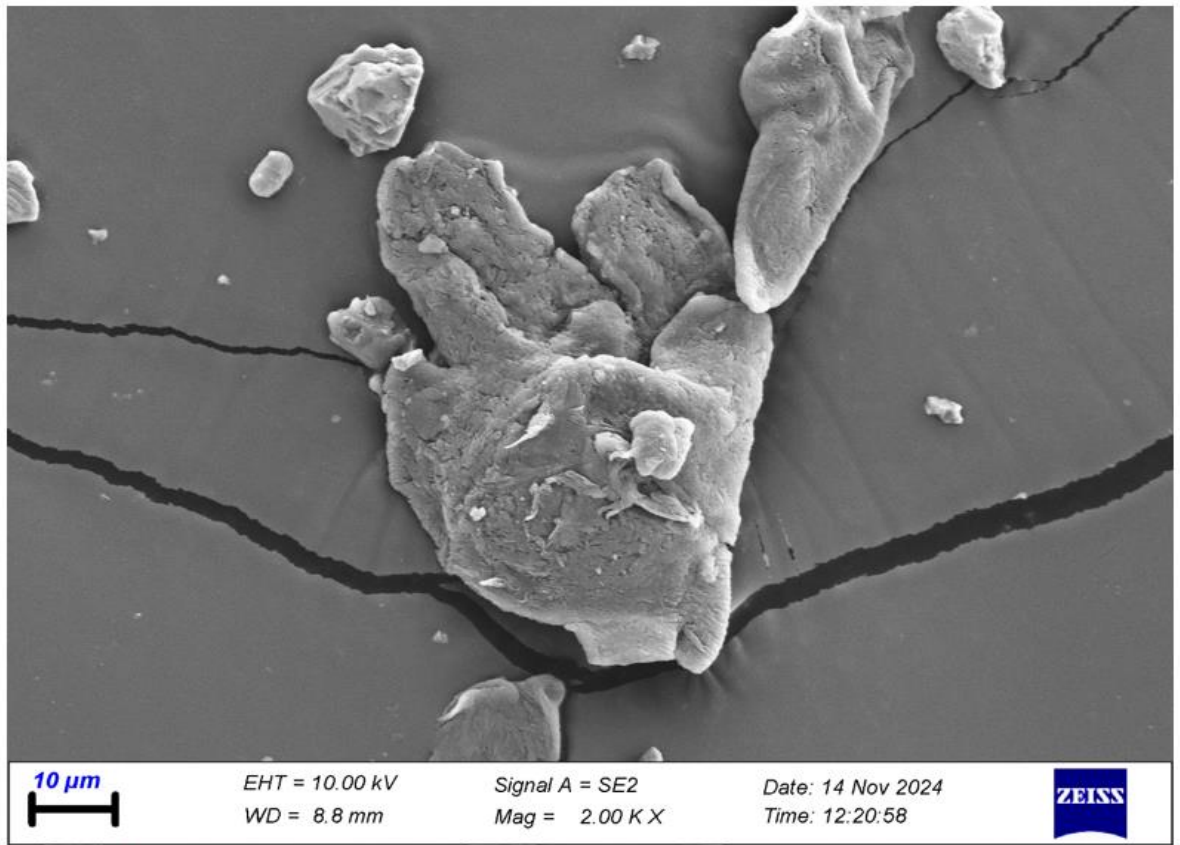
Şekil 29. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 1



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	35.82	56.96	291.75	9.30	0.8584	0.3716	1.0000
N K	1.91	2.60	8.13	29.67	0.8672	0.1980	1.0000
O K	31.37	37.44	270.75	9.83	0.8743	0.3304	1.0000
AuM	30.90	3.00	136.90	7.73	0.9212	0.9045	1.0050

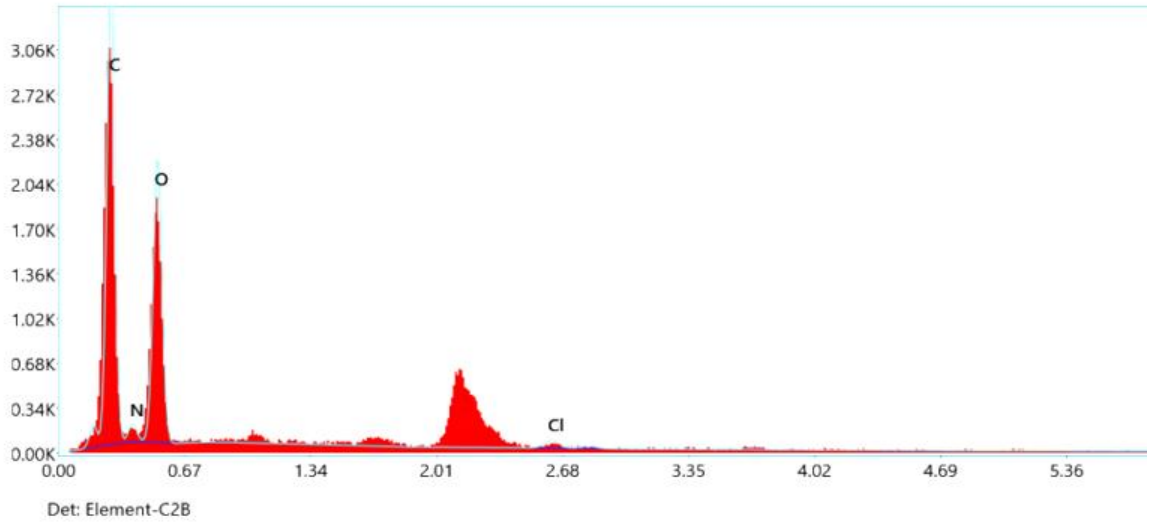
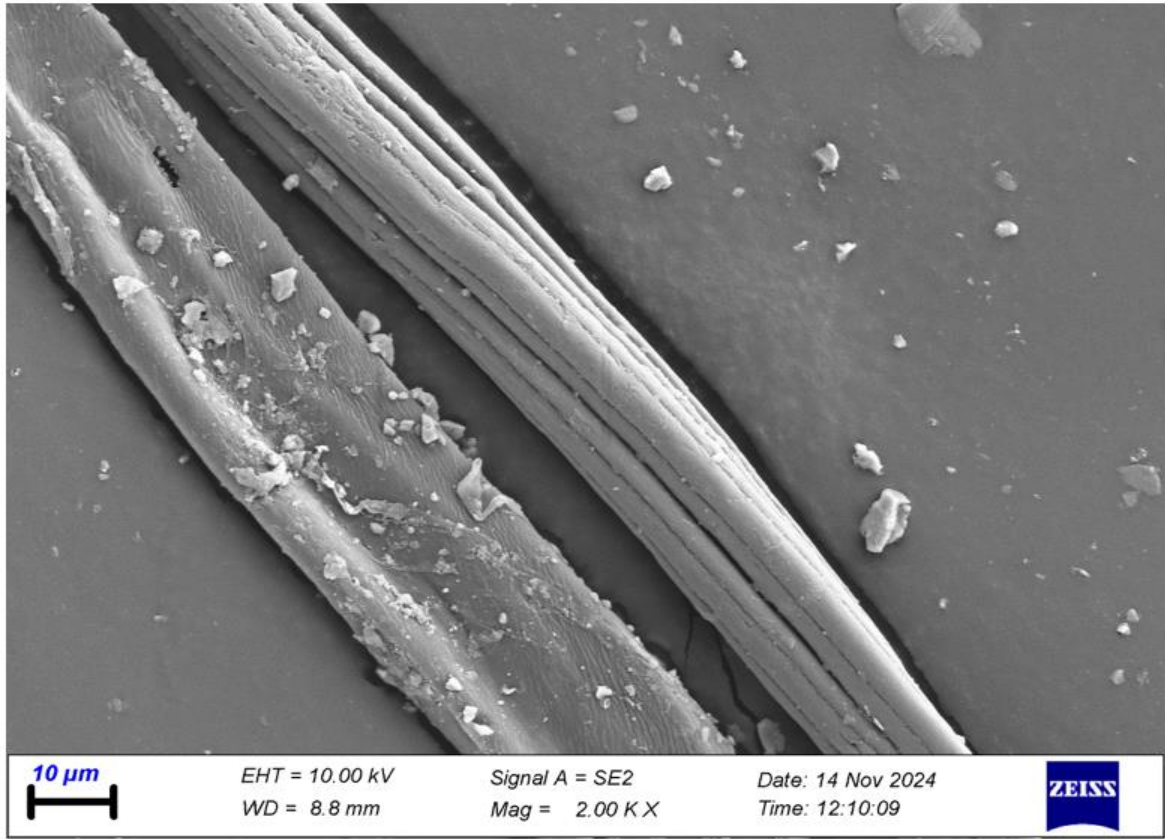
Şekil 30. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 2



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	54.34	60.57	429.49	8.21	0.9412	0.4577	1.0000
N K	17.53	16.75	49.53	15.60	0.9462	0.1671	1.0000
O K	26.27	21.98	138.28	11.53	0.9501	0.2574	1.0000
Cl K	1.87	0.71	12.83	29.93	0.9759	0.9732	1.0132

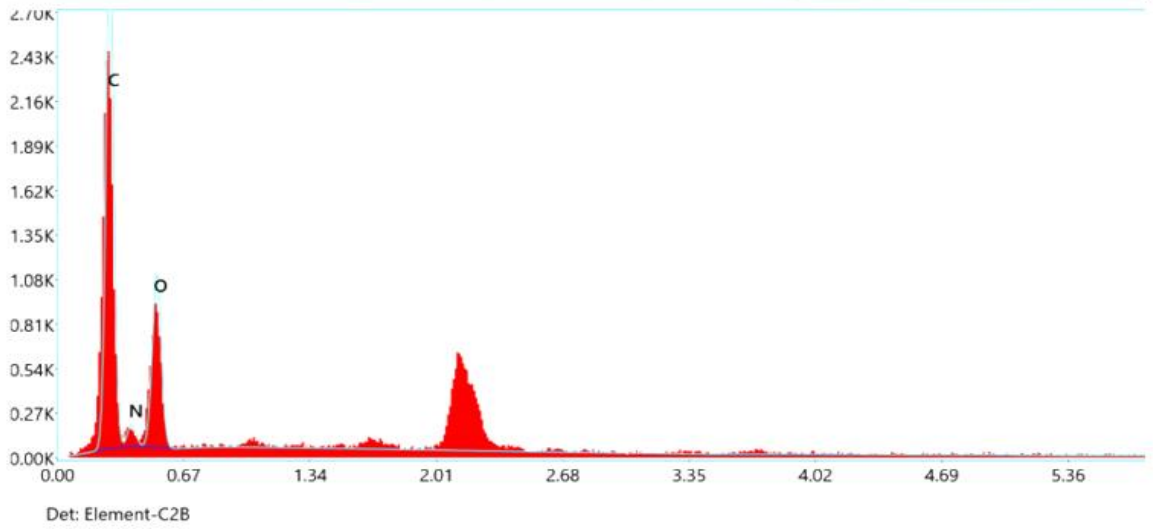
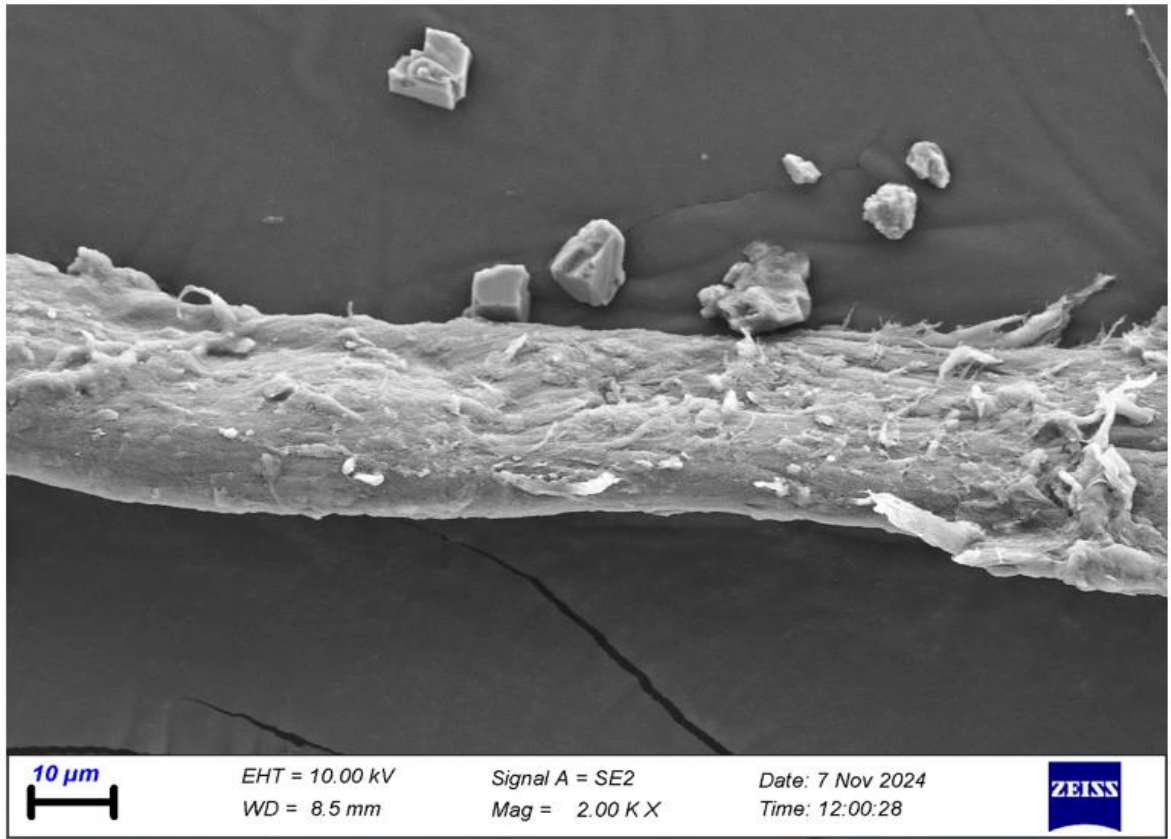
Şekil 31. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 3



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	52.38	59.53	647.99	8.18	0.9399	0.4422	1.0000
N K	5.47	5.33	25.72	18.88	0.9450	0.1718	1.0000
O K	40.41	34.47	427.22	9.70	0.9490	0.3190	1.0000
Cl K	1.74	0.67	19.26	19.64	0.9752	0.9710	1.0126

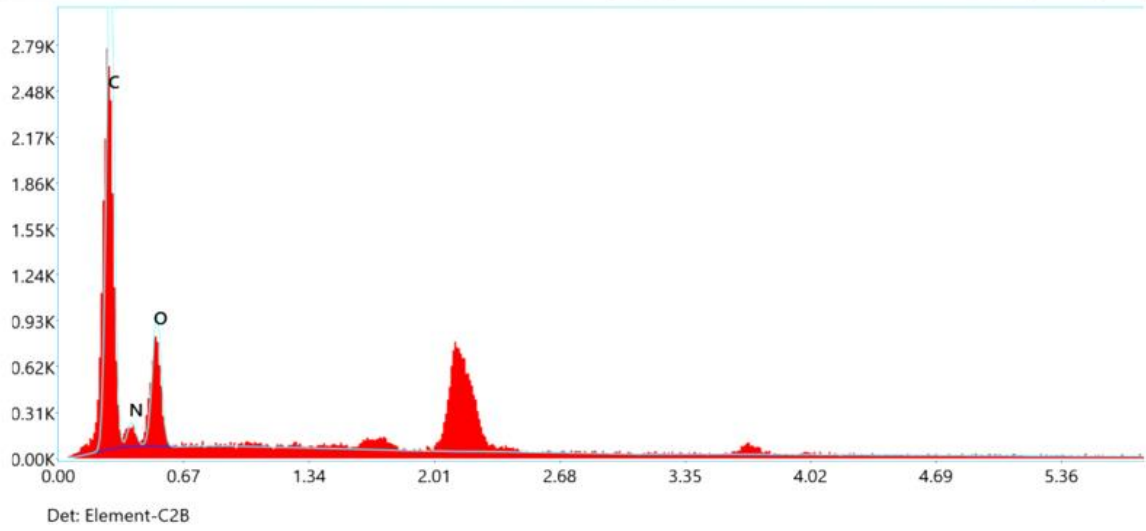
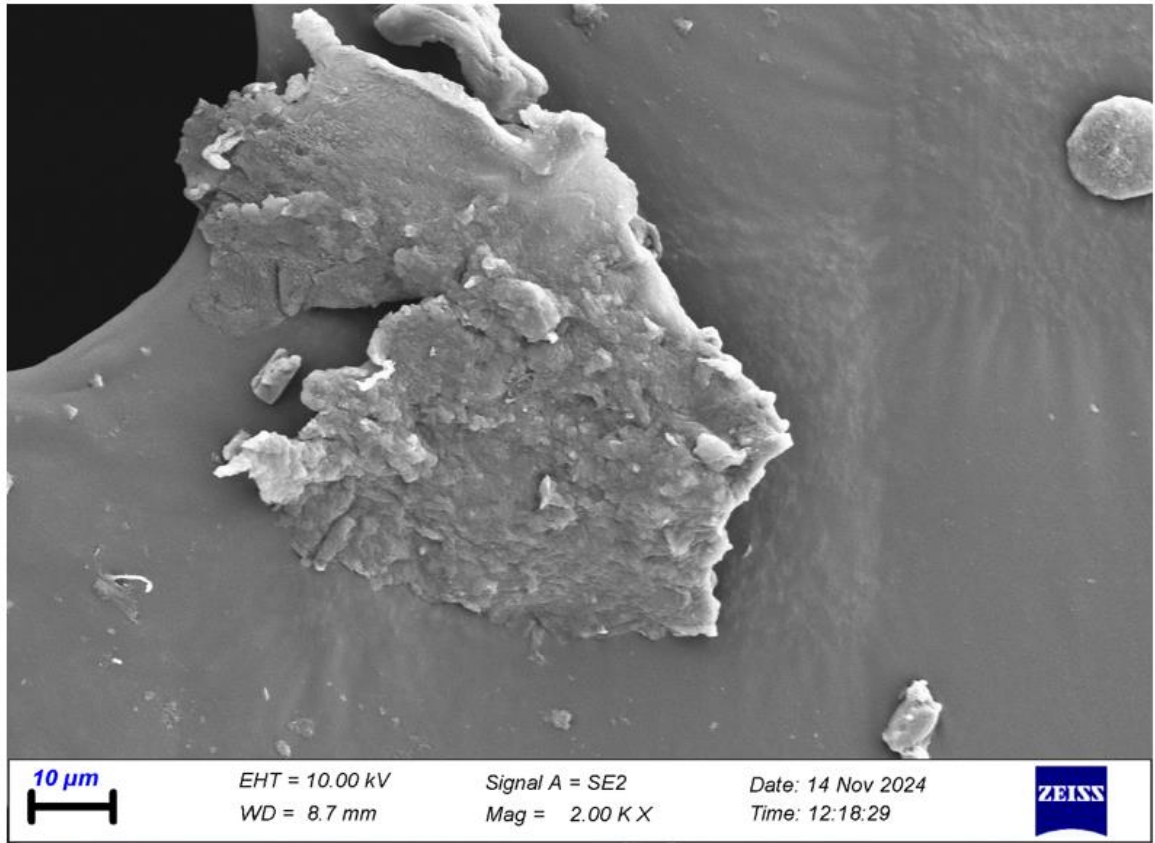
Şekil 32. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 4



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	57.89	64.02	538.12	7.53	0.9423	0.5147	1.0000
N K	8.67	8.22	24.87	19.07	0.9472	0.1622	1.0000
O K	33.44	27.76	208.07	10.82	0.9511	0.2908	1.0000

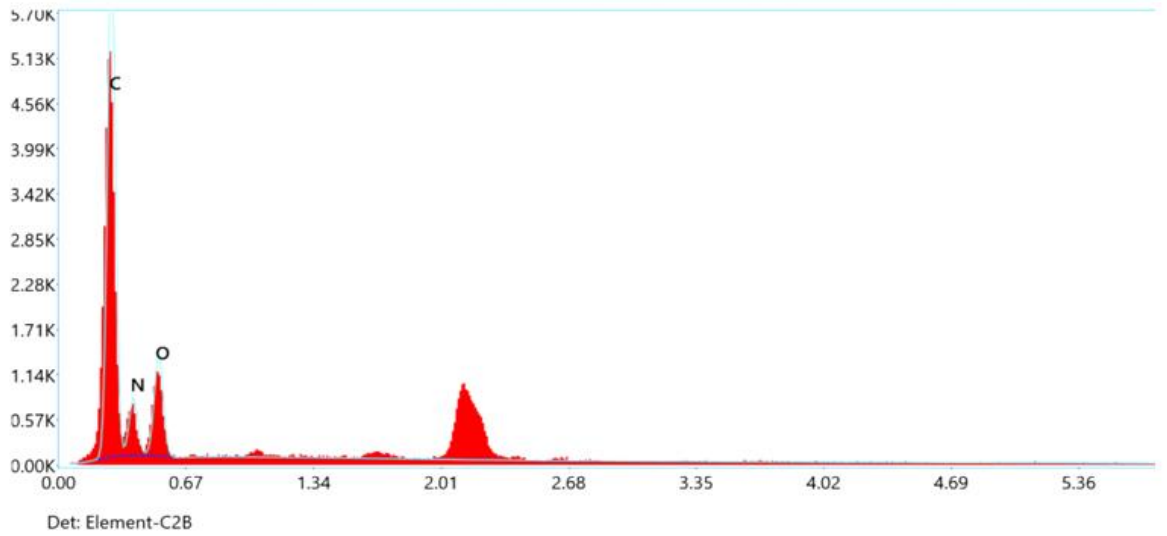
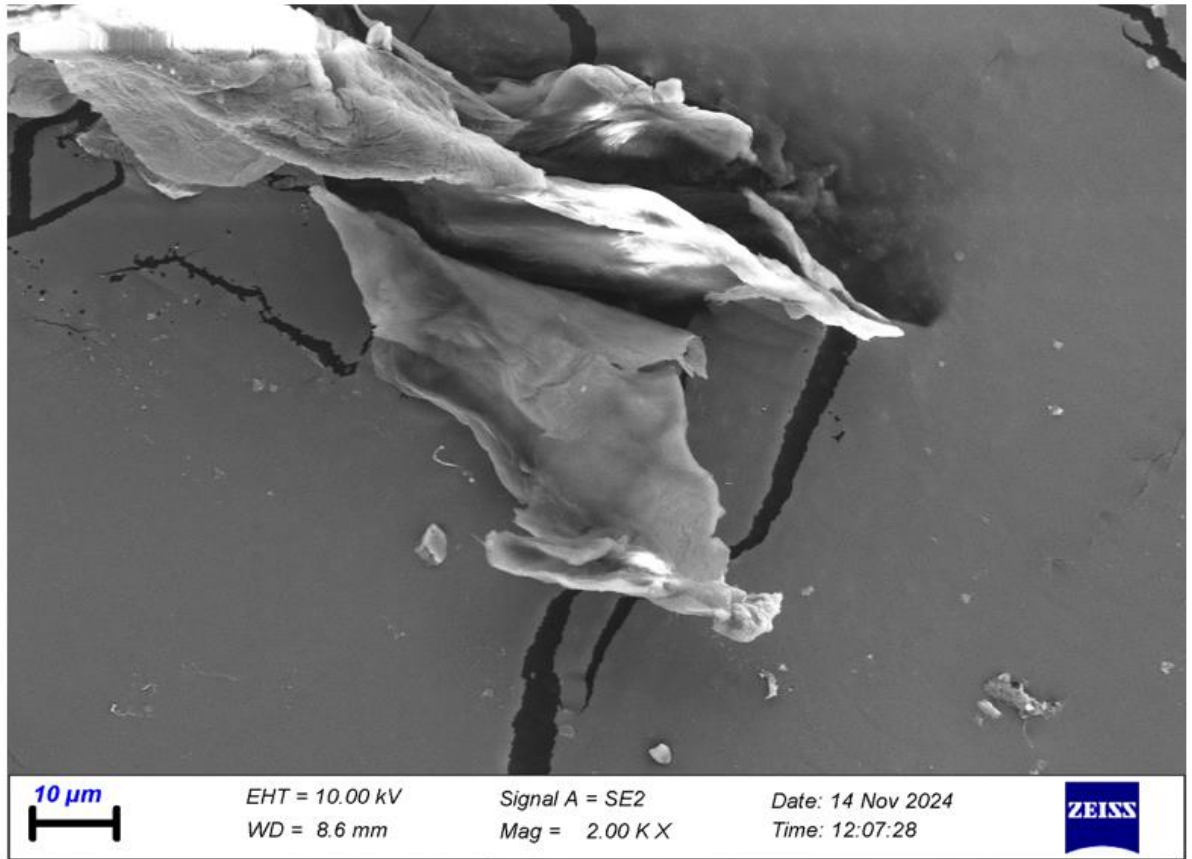
Şekil 33. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 5



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	60.49	66.26	593.79	7.39	0.9430	0.5248	1.0000
N K	10.70	10.05	30.53	17.13	0.9478	0.1558	1.0000
O K	28.81	23.69	174.68	11.16	0.9516	0.2737	1.0000

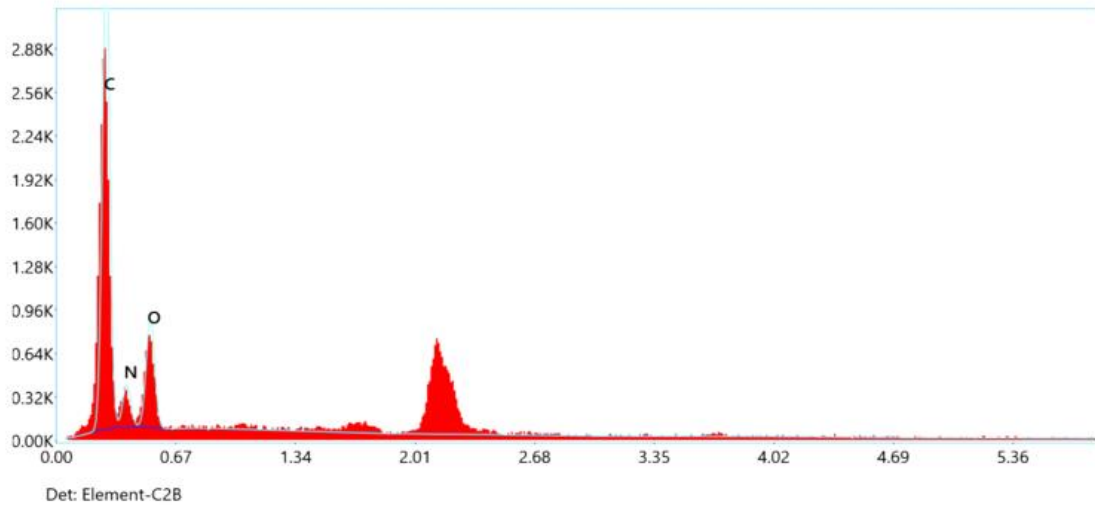
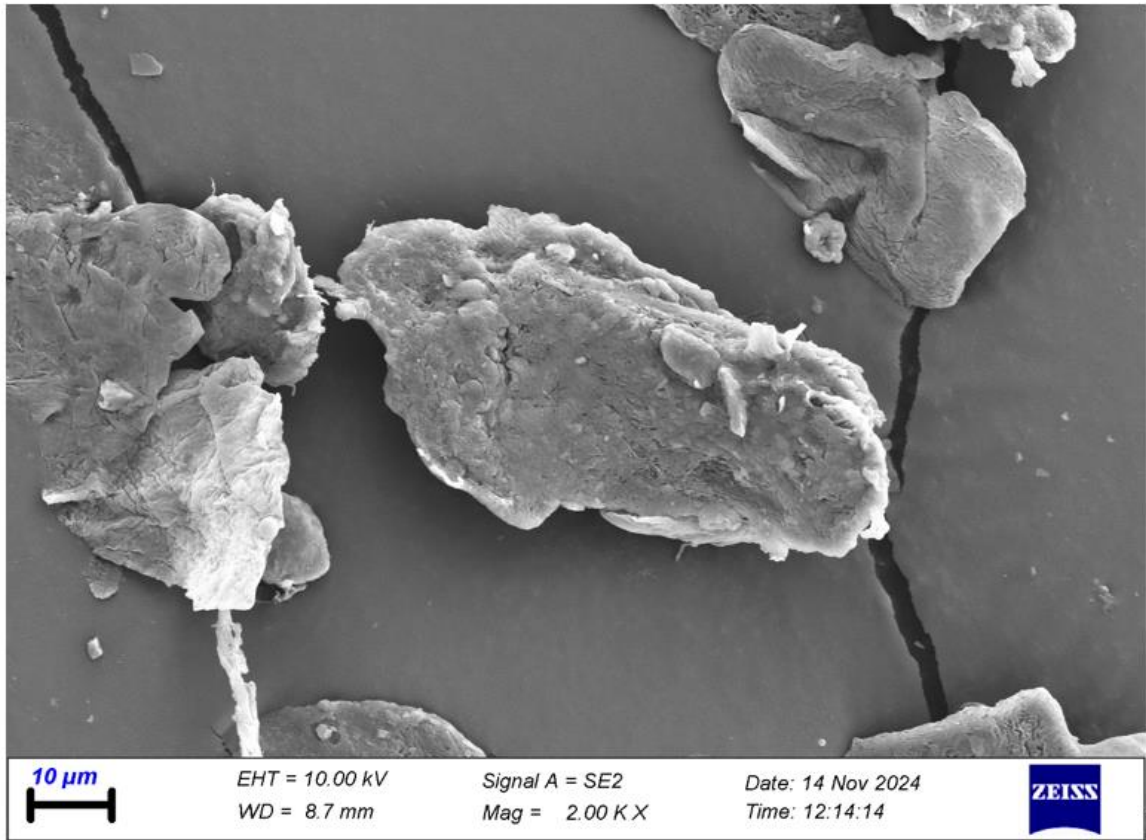
Şekil 34. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 6



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	55.99	61.32	1119.65	7.06	0.9431	0.5297	1.0000
N K	21.38	20.07	133.26	12.79	0.9479	0.1687	1.0000
O K	22.64	18.61	247.69	11.25	0.9517	0.2447	1.0000

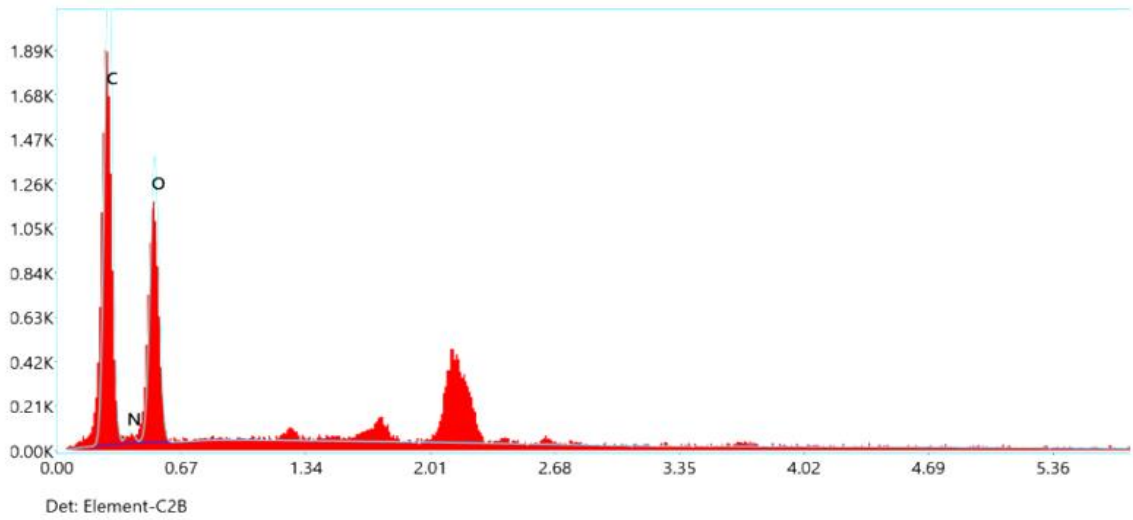
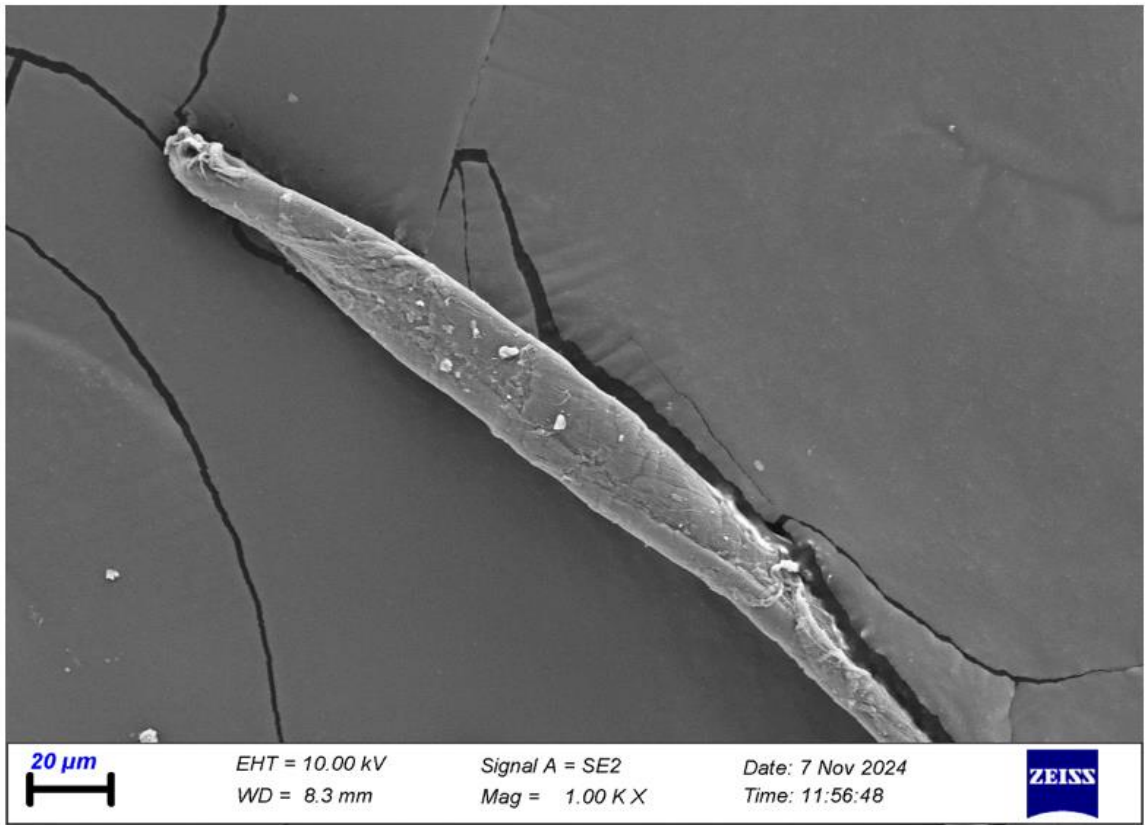
Şekil 35. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 7



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	57.21	62.74	617.63	7.35	0.9429	0.5265	1.0000
N K	17.33	16.30	57.37	15.36	0.9478	0.1649	1.0000
O K	25.46	20.96	158.55	11.43	0.9516	0.2564	1.0000

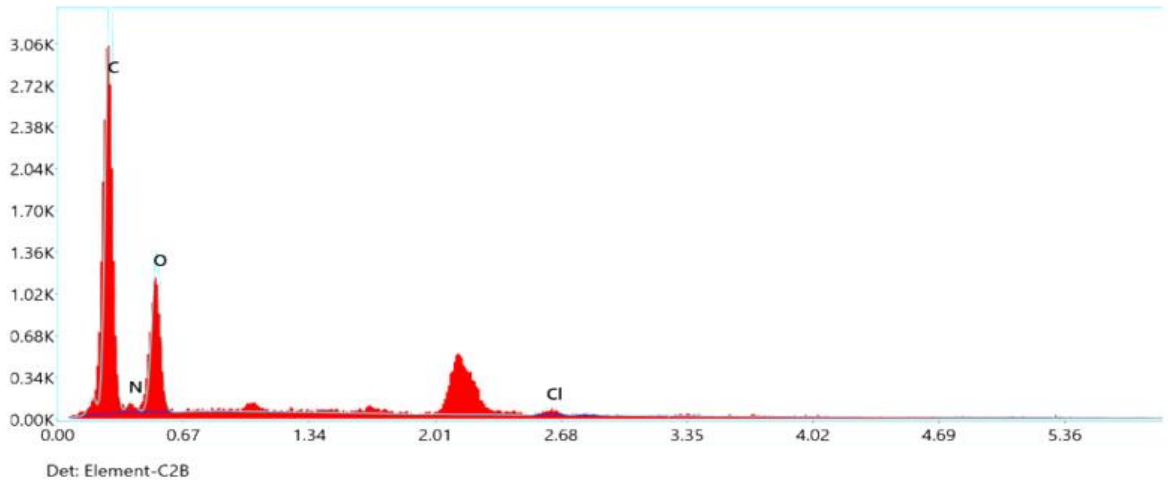
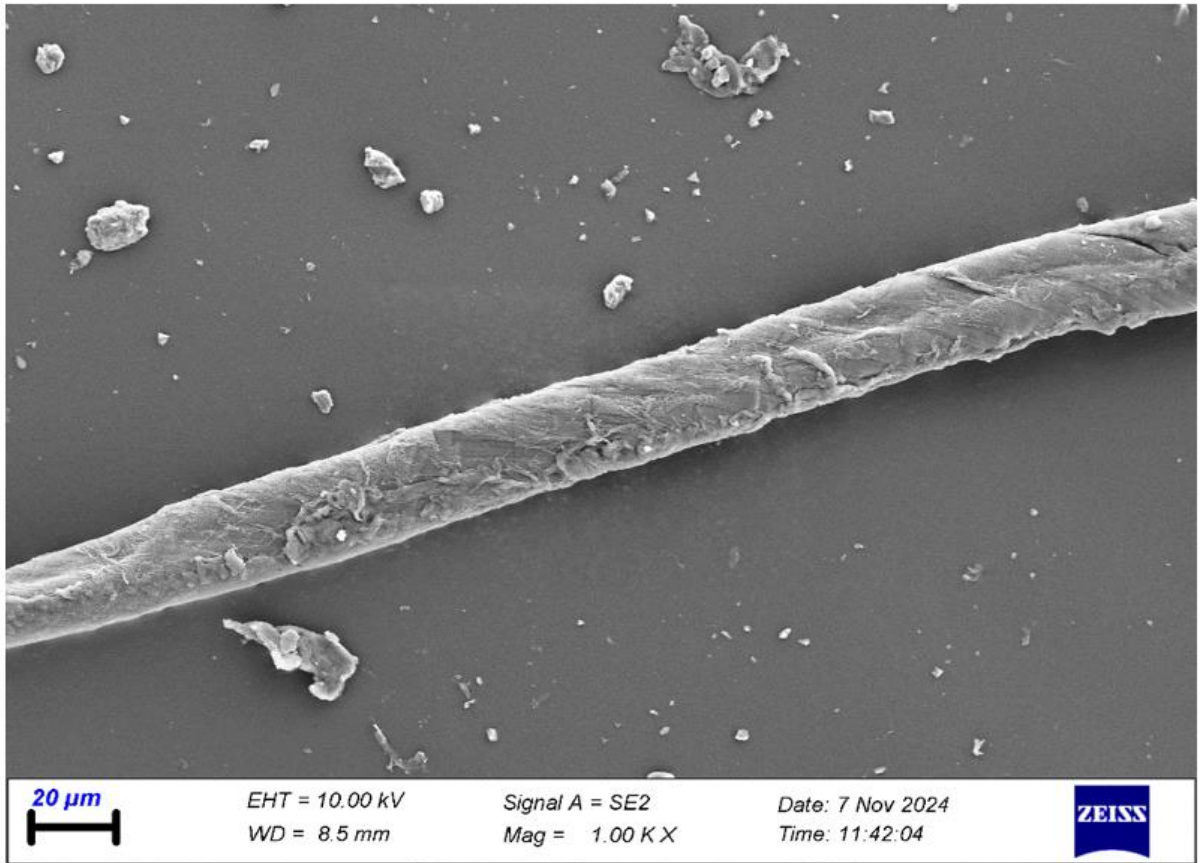
Şekil 36. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 8



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	52.87	59.63	412.68	7.85	0.9410	0.4948	1.0000
N K	3.92	3.79	10.65	24.78	0.9460	0.1759	1.0000
O K	43.21	36.58	269.43	9.81	0.9499	0.3337	1.0000

Şekil 37. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 9



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
C K	60.89	67.74	649.10	8.07	0.9411	0.4465	1.0000
N K	5.09	4.85	17.69	22.46	0.9460	0.1487	1.0000
O K	31.83	26.58	260.46	10.29	0.9500	0.2893	1.0000
Cl K	2.19	0.83	20.77	17.52	0.9758	0.9731	1.0128

Şekil 38. MP SEM görüntüsü ve EDS değerleri 10

Stereo mikroskop ile yapılan incelemeler ile içme sularında ister arıtma kullanılsın isterse de hazır plastik şişelerden su temin edilsin MP varlığının inkar edilemeyeceği, hatta Şekil 21’de görüleceği üzere nano boyutta da birçok plastiğin içme suları ile vücuda alınabileceği belirlenmiştir. Yine şekil 21’de görülen bir su akarının da aslında içme suyu kalitesinin ne kadar tartışılmaya açık bir konu olduğunun göstergesidir.

Çalışmamızda Van YYÜ BUAM’da (Bilimsel Uygulama ve Araştırma Merkezi) elimizde ki numunelerin FTIR analizi için çok küçük olduğu gerekçesi ile analiz yapılamamıştır ve FTIR sonucu elde edilememiştir. FTIR analizi yerine SEM (scanning electron microscope) görüntüleme ve EDS ile analiz edilebilecek olan numunelere SEM – EDS analizleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda tespit edilen plastik örneklerinin büyük çoğunluğunun “C” değeri yüksek bulunmuştur. Birçok örnekte ise “Cl” değeri gözlenmiştir. SEM incelemesinde 2 µm ile 50 µm arasında alınan ölçümlere ait görseller şekil olarak verilmiştir (Şekil 29 – 38).

Stereo mikroskop ve SEM – EDS analizleri sonuçları doğrultusunda alınan su örneklerinde polivinil klorür (PVC), Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polistiren (PS) mikoplastik kalıntılarının olduğu belirlenmiştir.

5. TARTIŞMA SONUÇ

Kullanılmakta olan, kullanıp atılan her bir plastik parçası, belli bir süre sonra parçalanarak milyonlarca parçacığa dönüşmektedir. Plastik parçaları ne kadar küçülürse küçülsün polimer özelliğini kaybetmediği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. MP kaynaklı çevre zararı nedeni ile birçok ülkenin birincil MP kullanımına ilişkin sınırlamalar getirdiği bilinmektedir.

MP konusunda farklı kaynaklarda MP varlığına dair araştırmalar yapılmış ve havada, suda (kirli su- atık su- göl, deniz suları vb), atıklarda tespit edilmiştir. Farklı canlı dokularında ve atıklarında da arama ve tespit çalışmaları mevcuttur. Maalesef ki canlı dokularda bulunması ile sağlık sorunlarına dair endişe ve hipotezler de artmıştır. Araştırmacılar MP ile sağlık etkileşimini inceler iken tutucu özelliği ile farklı maddeleri taşıdığını, ağır metallerin ve ilaçların MP tarafından tutulduğunu nano ve mikro boyutta plastiklerin canlılar tarafından alınması ile sağlık sorunlarının ortaya çıktığını iddia etmişlerdir. Fakat MPin toksikokinetiği ve toksik etkileri hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu noktada, mevcut bilimsel kısıtlılıklar nedeniyle MP ve nanoplastikler için henüz bir mevzuat (gıda) bulunmamaktadır. Örnek çalışma ve araştırmalar aşağıda verilmiştir.

Dünya genelinde havadaki MP'lerin hacmini tahmin eden araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Londra'nın merkezinde yapılan bir çalışmada atmosferik MP birikimi test edilmiş ve daha uzak bir yere göre 20 kat daha fazla olduğu bulunmuştur (Wright ve ark. 2020). Ayrıca, lifli MP'lerin bulunan plastiklerin büyük çoğunluğunu (%92) oluşturduğunu bulmuşlardır. Asılı atmosferik MP'ler Şangay'da test edilmiş ve 0-4,18 m³ (metreküp hava başına madde) bulunmuştur (Liu ve ark. 2019).

Bergman ve arkadaşları (2019) tarafından kardaki MP içeriği üzerine yapılan araştırma, MP kirliliğinin özellikle Kuzey Kutbu olmak üzere ıssız uzak yerlere ulaştığını göstermektedir. Baalkhuyur ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada 26 türe ait 178 balık örneğinin gastrointestinal sistem içeriğini incelemiş, örneklerin %26'sında boyutları ortalama 2.39±0,28 mm olan MP parça bulmuşlardır. Başka bir çalışmada, 3 türden 150 balık incelenmiş ve %49'unda MP olduğu, bunun %32'sinin balığın dorsal kasında

bulunduğu ve gram başına ortalama 0,054 öge olduğu bulunmuştur (Barboza ve ark. 2020).

Kısa kuyruklu yelkovan kuşları üzerinde yapılan bir çalışmadan elde edilen veriler, yutulan plastiklerden kuşların dokularına plastik türevi kimyasalların aktarıldığını göstermiştir (Tanaka ve ark. 2013). Kuşlarda yapılan bir çalışmada, kuşların doğal avlarında bulunmayan ancak muhtemelen bazı kuşların midelerinde bulunan plastikten kaynaklanan bromlu kimyasallar olduğu bildirilmiştir (Blackburn ve Green, 2022).

MP'ler ve kimyasal kirleticilerin etkileşimi yaygın olarak çalışılan bir alandır (Crawford ve Quinn 2017). Kalıcı organik kirleticilerin (KOK'lar) okyanuslar da dahil olmak üzere tüm çevrede yaygın olarak bulunduğu bilinmektedir. Bu kirleticiler hidrofobiktir ve MP'lere kolayca adsorbe oldukları bulunmuştur (Velzeboer ve ark. 2014). Örneğin, tarımda kullanılan polietilen malçlama levhaları kolayca MP'lere ayrılır. Plastik malç örtüleri tarımda ne kadar uzun süre kullanılırsa, toprakta o kadar fazla MP bulunabilir ve bu da ekilebilir toprakta önemli bir MP kaynağı olduklarını gösterir (Huang ve ark. 2020).

Antibiyotikler kirlenmiş sulardaki MP'lere adsorbe olabilir ve uzun mesafelere taşınmalarına neden olabilir. Yapılan bir çalışmada poliamidin (PA) en yüksek antibiyotik adsorpsiyonuna sahip olduğu bulunmuştur (Li ve ark. 2018). Beş antibiyotik (sülfadiazin, amoksisilin, tetrasiklin, siprofloksasin ve trimetoprim) ve beş MP (polietilen, polistiren, polipropilen, PA ve PVC) hem tatlı suda hem de deniz suyunda incelenmiş ve deniz suyuna kıyasla tatlı suda daha yüksek antibiyotik adsorpsiyon oranı bulunmuştur. Aynı adsorpsiyon kinetiği, daha az derinlikte olmasına rağmen steroid hormonlarla da çalışılmıştır. Sentetik hormon türleri olan 17b-estradiol ve 17a-etinilestradiolün MP'lere kolayca adsorbe olacağı bulunmuştur (Lu ve ark. 2020). Yapılan bir çalışmada, MP'lerdeki antibiyotiğe dirençli bakteriler (ADB) sayılarının sudakilerden 100-500 kat daha yüksek olduğu ve ADB'nin MP'lerdeki toplam bakterilere oranının sudakilerden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Zhang ve ark. 2020). Ayrıca çoklu antibiyotik dirençli bakterilere (MARB) de bakılmışlar ve penisilin, sülfafurazol, eritromisin ve tetrasikline dirençli bakterilerin, sudaki %23,9'a kıyasla MP'lerde %25,4 olduğunu bulmuşlardır. MP'lerin ADB'nin biyofilm oluşturması için faydalı bir yüzey sağlayabileceği ve yatay gen transferini kolaylaştırabileceği, aksi takdirde sadece suda

yapamayacakları ve bunun süper böceklerin zenginleşmesine yol açabileceği sonucuna varılmıştır.

Potansiyel olarak patojenik *Vibrio* spp. Kuzey ve Baltık Denizi'nden alınan su örneklerinde yüzen MP'ler üzerinde bulunmuştur, bu da MP'lerin patojenlerin yayılması için vektör işlevi görebileceğini göstermektedir (Kirstein ve ark. 2016).

İnsan kanındaki belirli immün hücrelerine (monositler ve dendritik hücreler) etkilerini anlamak amacıyla Nanoplastik PVC lifleri kullanılarak yapılan başka bir çalışma (Weber ve ark., 2018) ise, hücrelerin nanoplastik PVC ile etkileştiğini ve plastik parçacıklarının immün hücrelerde sitokin salınımını indüklediğini, dolayısıyla inflamasyonun meydana geldiğini göstermiştir (Waring ve ark., 2018).

MPin sularda bulunduğunu ve sucul yaşam ve diğer canlılar üzerine etkilerine dair çalışmalar da aşağıda belirtilmiştir.

Pivokonsky ve ark. (2018) Çek Cumhuriyeti'nin kentsel alanlarında yer alan ve önemli sayıda kişiye su sağladığı bilinen su arıtma tesislerinden aldıkları örneklerde MP varlığını incelemiş, 3 farklı bölgeden alınan tüm numunelerde MP varlığının farklı büyüklüklerde (1- 100 µm) olmak üzere; 1473, 1812 ve 3605 gibi sayılarla tespit edildiğini, MP'lerin fragment- küresel- fibrin şekillerinde olduklarını analizler sonunda PET, PP, PE den oluşan polimerlerin belirlendiğini rapor etmiştir.

Kuzey batı İyon denizinde, su ürünleri yetiştiriciliği ortamından, deniz levrek (*Dicentrarchus labrax*), çipura (*Sparus aurata*) ile midyelerden (*Mytilus galloprovincialis*) alınan örneklerde MP miktarları ve türleri hakkında yapılan araştırmada MP varlığı belirlenmiş, PE 'nin en yaygın MP türü olduğu bildirilmiştir. Bu tür balık türlerinde ilk kez PVB (%25) ve PBMA (%25) polimerlerinin tespiti belgelenmiştir. Deniz suyunda örneklenen MP'lerin çoğunun lif ve parça şeklinde olduğu, deniz suyu örneklerinden analiz edilen polimerlerde karbonilasyon indeksinin > 0,31, foto-oksidasyon ve/veya bakteriyel bozunmadan kaynaklanan kimyasal aşınmayı kanıtladığı rapor edilmiştir (Miserli ve ark., 2023).

Kirstein ve ark. (2021) İsveç'te DWTP Vombandrkjet tarafından arıtılan suları inceleyerek, içme suyu örneklerinde µFTIR ile tespit edilen MPi sekiz farklı polimer

grubuna ayırmışlar, en fazla poliamid, polyester, PVC ve polistiren MPinin tespit edildiğini bildirmiştir.

Koelmans ve ark. (2019) “Tatlı sularda ve içme suyunda MP: Eleştirel inceleme ve veri kalitesinin değerlendirilmesi” isimli derleme makalesinde MPin örnekleme analiz ve kalite güvencesinin önemini anlatırken araştırdığı makalelerde küresel olarak sularda PE > PP > PS > PVC > PET sırası ile polimerlerin yoğunluk gösterdiğini, fragment, fibrin, film köpük ve pelet şeklinde plastiklerin en sık bildirilen plastikler olduğunu ve sağlık risk değerlendirmeleri için daha fazla veriye gereksinim olduğunu rapor etmiştir.

Almanya’da içme sularında yapılan bir araştırmada alınan örnekler FTIR görüntüleme ile incelenmiş, MP’lerin (N20 µm) varlığı açısından yeraltı suyu ve içme suyunu analiz edilmiş, konsantrasyonlar 0 ila 7 MP m3 (ham su veya içme suyu) arasında değişmekte olup genel ortalama 0,7 MP m3 olduğunu rapor etmişlerdir (Mintenig ve ark. 2019).

Danimarka musluk sularında yapılarında bir araştırmada 3 farklı bölgeden alınan örnekler µ-FTIR ile incelenmiş, sonuçta düşük seviyede MP bulunduğunu ve tüm örneklerde PET, PP, PS ve ABS'den oluşan toplam yedi MP partikülü bulunduğunu bildirmişlerdir (Feld ve ark. 2021). 2018 de yapılan Danimarka daki başka bir çalışmada ise 17 farklı yerden toplanan musluk suyunda, 50 L örnek başına ortalama 15,6 (aralık 4-30) adet 100 µm'den büyük boyutta MP benzeri partikül gözlenmiştir. Kategorize edilemeyen belirsiz birçok partikül bulunduğu da rapor edilmiştir (Strve ve ark. 2018).

Luqman ve ark. (2021) yılında insan gaitası, gıdalar ve içme sularında MPin kontaminasyonu ve Endonezya kıyı nüfusu üzerine yaptığı araştırmalarında dışkı örneklerinde 3- 13 µg/g (dışkı başına) arasında değişen oranlarda MP tespit etmişlerdir. Tüm örneklerde HDPE, LDPE, LLDPE, PP, PS ve PET dahil olmak üzere altı tür MP tespit edildiği bildirilmiştir. En yaygın gözlenen kalıntının HDPE ve PS türleri olduğu da bildirilmiştir. Aynı çalışmada şişelenmiş içme sularında 7,585 µg/g (gram su başına mikrogram MP) bulunurken, su dolum istasyonlarından birinde yüksek konsantrasyonlarda LDPE (30,21 µg/g) gözleendiği rapor edilmiştir. Devamında gıdalarda ki plastik oranları da verilmiş, tuzlanmış deniz balıklarında PP formunda MP tespit edilirken, deniz yayın balıklarında her biri sırasıyla 11,61 ve 5,15 µg/g

konsantrasyonlarda LDPE bulunduğu, Endonezya'daki iki popüler temel gıda olan pirinçte (15,36 µg/g) ve tempeh'te (4,07 µg/g) de yüksek PP konsantrasyonları tespit edildiği bildirilmiştir. Ayrıca insanların tüketimine sunulan katılımcılar tarafından düzenli olarak kullanılan farklı marka sofrta tuzları ve diş macunlarındaki MP de ölçülmüş, analiz edilen tüm tuz ve diş macunu örneklerinin MP ile kontamine olduğu tespit edilmiş, sofrta tuzlarında yüksek konsantrasyonlarda PP (8,69 µg/g) ve LLDPE (26,27 µg/g) bulunurken, diş macunu yüksek miktarda PP (23,47 µg/g) ve HDPE (14,79 µg/g) içerdđi rapor edilmiştir.

Tayland da yapılan içme suyu incelemesinde Nil Kırmızısı etiketleme ile sınıflandırılan ortalama MP sayıları 56.0 ± 14.0 p/L (6.5-53 µm) ve 21.0 ± 7.0 p/L (53-300 µm) iken, optik mikroskopik gözlemlerle bulunanlar 13.0 ± 5.0 p/L (300-500 µm) ve 6.0 ± 3.0 p/L (≥ 500 µm) olduğu, 6,5-53 µm fraksiyonunda önemli ölçüde yüksek bir MP miktarı gözlemlendiği bildirilmiştir. ATR-FT-IR spektroskopisi ile test edilen ≥ 300 µm partiküllerin çoğunun polimerik olduğu doğrulanmış ve PE, PVC, PET, PA, PTFE, PP ve PAM olarak tanımlandığı bildirilmiştir (Ta ve Babel, 2020).

Van gölü havzasındaki sularda da MP kalıntısı incelenmiştir.

Atıcı ve ark. (2021) Van Körfezi'nin yüzey sularındaki MP kirliliğinin ilk değerdendirmesini yapmış, Van gölünün 15 farklı yerinden yüzey su numunesi olarak MP kirlilik seviyesini incelemiştir. MP parçacıklarının yüzey sularında km² başına 641424 ila 1426638 arasında değıştiğini, En sık gözlenen MP tipi, boyutu, şekli ve renk sınıflarının sırasıyla fiber (%40,5), <0,1 mm (%52,3), düzensiz (%40,8) ve mavi (%57,1) olduğunu, incelenen tüm MP'lerin kimyasal yapısına bakıldığında, polietilen (%60,2), polipropilen (%20,4), polietilen tereftalat (%17,2) ve poli(metil akrilat) (%2,2) şeklinde sıralandığını bildirmiştir.

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada Van gölü sedimentinde ve yüzey suyunda MP kalıntısı ve türü incelemesi sonucunda alınan örneklerde baskın polimer plastik türü olarak PS bulunduğu, diğer numunelerin PE, PP, PET şeklinde belirlendiği bildirilmiştir (Gök ve ark., 2024).

Çalışmamızda Van ili içme sularından 14 farklı yerden 3 farklı zaman da alınan su numunelerinde MP varlığı belirlenmiştir. Toplanan numunelerden (40) elde edilen MP

steromikroskop altında sayımı sayılarak 1980 adet olarak tespit edilmiştir. Aylara göre bakıldığı zaman; mart ayında il içerisindeki içme sularında MP oranının Nisan ve Mayıs aylarına göre daha yüksek (%54) ve istatistiksel olarak ta farklı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Diğer aylarda bulunan plastik oranları nisan ayında %22, mayıs ayında ise %24 olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda alınan su örneklerinde tespit edilen MP büyüklük, şekil ve renk sınıflandırmasına tabi tutulmuştur. Büyüklüklerine göre $<0,1$ mm %26,6, 0,1-05 mm %18,4, 0,5-1 mm %26,5, 1-2 mm %24,4, 2-5 mm ise %3,9 olarak tespit edilmiştir. Şekillerine göre elde edilen verilere göre; fiber, fragment, flament, pelet, foam olarak 5 şekil altında sayım yapılmıştır. Buna göre fiber diğer tüm şekillere göre baskın oranda (%61,4) fazla bulunmuştur. Diğerleri fragment %12,4, flament %7,6, pelet %16,1, foam %2,3 şeklinde belirlenmiştir.

Çalışmamızda alınan numunelerde tespit edilen MP'lerin renk analizi sonuçlarına göre; beyaz, siyah, mavi, saydam, kırmızı, sarı, kahverengi olmak üzere toplamda 7 farklı renk belirlenmiştir. Beyaz mavi ve siyah renk diğer renklere göre sayca fazla bulunmuştur. Renklerine göre yüzde oranlarına göre; beyaz renk %32,6, siyah %15,3, mavi %20,5, saydam %24,9, kırmızı %3,2, sarı %0,8, kahverengi %2,5 oranında belirlenmiştir.

Yapılan bu tez çalışmasında stereo mikroskop ile yapılan incelemeler ile çeşme, depo, arıtma ya da hazır plastik şişelerden temin etmeye çalıştığımız içme sularımızda MP varlığının inkar edilemeyeceği, hatta nano plastik şeklinde birçok plastiğin içme su yolu ile vücudumuza alınabileceği belirlenmiştir. Numunelerden elde edilen MP büyüklüğünün FTIR için uygun olmadığı görüldüğü için ileride yapılacak olan MP çalışmalarımızda Raman spektrofotometresi ile incelemenin yapılması uygun bulunmuştur. Stero mikroskop ve SEM analizleri sonuçları doğrultusunda alınan su örneklerinde polivinil klorür (PVC), Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polistiren (PS) mikoplastik kalıntılarının olduğu belirlenmiştir. Bulgularımız Van gölü üzerinde yapılan önceki çalışmalarla uyumludur.

Bu sonuçlar Van ili içme sularına çevre kaynaklı polivinil klorür (PVC), Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polistiren (PS) mikoplastiklerin karıştığını göstermektedir.

Ayrıca MP'lerin pürüzlü yüzeyi, mikrobiyal kolonizatörlerin biyofilm oluşturmaları için ideal bir habitat sağladığından patojenlerin yayılması için vektör işlevi sağlayabileceği SEM ile açıkça gösterilmiştir.

Sonuç olarak çalışmamız Van ili içme sularının MP'lerle kontamine olduğunu ortaya koymuştur. Yapılacak çalışmalar ile bölge halk ve hayvan sağlığı için tehlike arz edecek olan MP kirliliğinin izlenmesinin önemi görülmekte ve ileride yapılacak olan deneysel çalışmalar ile kinetik açıdan incelemelerin temelini oluşturmaları açısından farmakoloji – toksikoloji alanında bir ilk olan bu çalışmanın gelecek araştırmalara ışık olması ümit edilmektedir.



KAYNAKLAR

- Ahmed R, Hamid AK, Krebsbach SA, He J, Wang D. Critical review of microplastics removal from the environment. *Chemosphere*. 2022; 293.
- Akça MO, Sözüdoğru OS. Toprak ekosistemi üzerine mikroplastiklerin etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 2021, 9(2): 79 - 91.
- Akhbarizadeh R, Dobaradaran S, Nabipour I, Tajbakhsh S, Darabi A H., Spitz J. Abundance, composition, ve potential intake of microplastics in canned fish. *Marine Pollution Bulletin*. 2020; 160, 111633.
- Anonim. Mikroplastik nedir? <https://mikroplastik.org/mikroplastik-nedir/> (son erişim tarih: 24/12/2024).
- Arı M, Söğüt S. Mikroplastikler ve Çevresel Etkileri, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi. 2021;9: 864-877.
- Arienzo M, Ferrara L, Trifuoggi M. The dual role of microplastics in marine environment: Sink ve vectors of pollutants. *J Mar Sci Eng*. 2021; 9(6):642.
- Aslan R. Mikroplastikler: Hayatı Kuşatan Yeni Tehlike. *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi*. 2018; 6:66.
- Atici AA, Sepil A, Sen F, Karagoz MH. First evaluation of microplastic pollution in the surface waters of the Van Bay from Van Lake, Turkey. *Chem Ecol*. 2022; 38:1, 1–16.
- Auguet T, Bertran L, Andrea BR, Blanca F, Beatriz V, et all. Are Ingested or Inhaled Microplastics Involved in Nonalcoholic Fatty Liver Disease? *Int J Environ Res Public Health*. 2022, 19: 13495.
- Baalkhuyur FM, Dohaish EJAB, Elhalwagy ME, Alikunhi NM, et al. Microplastic in the Gastrointestinal Tract of Fishes along the Saudi Arabian Red Sea Coast. *Mar Pollut Bull*. 2018; 131: 407-415.
- Banaee M, Gholamhosseini A, Sureda A, Soltanian S, Fereidouni MS, Ibrahim ATA. Effects of Microplastic Exposure on the Blood Biochemical Parameters in the Pond Turtle (*Emys Orbicularis*). *Environ Sci Pollut Res*. 2021; 28: 9221–9234.
- Barboza LGA, Lopes C, Oliveira P, Bessa F, Otero V, Henriques B et al. Microplastics in wild fish from North East Atlantic ocean ve its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, ve human health risks associated with ingestion exposure. *Sci Total Environ*. 2020; 717:134625.
- Besseling E, Wegner A, Foekema EM, van den Heuvel-Greve MJ. Effects of microplastic on fitness ve PCB bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina*, *Environmental Science Tecnology*. 2013; 41(1):593-600.
- Blackburn K, Green D. The potential effects of microplastics on human health: What is known ve what is unknown. *Ambio*. 2022; 51: 818-830.
- Bouwmeester H, Hollman PC, Peters RJ. Potential health impacts of environmental released micro- ve nanoplastics in the human food chain production chain: experiences from nanotoxicity. *Environ Sci Technol*. 2015; 49(15):8932-8947.

Brennecke D, Duarte B, Paiva F, Caçador I, Canning-Clode J. Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment, *ECSA*. 2016; 178:189-195.

Brüge A, Dhamelin-court M, Lanceleur L, Monperrus M, Gasperi J, Tassin B. A first estimation of uncertainties related to microplastic sampling in rivers. *Sci Total Environ*. 2020; 718, 5.

Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human consumption of microplastics, *Environ Sci & Technol*. 2019;53(12): 7068-7074.

Crawford CB, Quinn B. The interactions of microplastics ve chemical pollutants. *Microplastic Pollutants*. 2017, 131-157

Dafu H, Yongming L, Shibo L, Mengting L, Yang S, Lili L. Microplastics in soils: analytical methods, pollution characteristics ve ecological risks, *Trends in Analytical Chemistry*. 2018; 109:163-172.

Deng Y, Zhang Y, Lemos B, Ren H. Tissue accumulation of microplastics in mice ve biomarker responses suggest widespread health risks of exposure, *Scientific Reports*. 2017; 7:46687.

Dris R, Gasperi J, RocherV, Saad M, Renault N, Tassin B. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris, *Environmental Chemistry*. 2015; 12:592-599.

Dutta A. Fourier Transform Infrared Spectroscopy in: Spectroscopic methods for nanomaterials characterization. Ed. Thomas S, Thomas R, Zachariah AK Mishra RK. Elsevier. United States. 2017;2.

Eriksen M, Mason S, Wilson S, Box X, Zellers A ve ark. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar Pollut Bull*. 2013; 77, 177-182.

Esmeray E, Armutcu C. Mikroplastikler, Çevre-İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz Yöntemleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2020; 8, 839-868.

Free CM, Jensen OP, Mason SA, Eriksen M, Williamsın NJ, Boldgiv B. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Mar Pollut Bull*. 2014; 85, 156-163.

Gök H, Osmanağaoğlu O, Önlü H. Microplastic Accumulation in Lake VAN Sediment. *Earth Envi Scie Res & Rev*. 2024; 7(3): 01-17.

Gündoğdu S, Çevik C, Ataş NT. Stuffed with microplastics: Microplastic occurrence in traditional stuffed mussels sold in the Turkish market. *Food Bioscience*, 2020; 37, 100715.

Hale RC, Seeley ME, La Guardia MJ, Mai L, Zeng EY. A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research. Oceans*. 2020; 125: e2018JC014719.

Hamamcı B, Çiftçi M, Aktaş T. Yeşil Kompozitlerde Biyopolimerlerin Kullanımının Önemi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*. 2018; 12-24.

Hamed M, Soliman HAM, Osman AGM, Sayed AEDH. Assessment the Effect of Exposure to Microplastics in Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Early Juvenile: I. Blood Biomarkers. *Chemosphere*. 2019; 228:345–350.

Hirt N, Body-Malapel M. Immunotoxicity ve intestinal effects of nano- ve microplastics: a review of the literature. *Part Fibre Toxicol.* 2020;17: 57.

Huang Y, Liu Q, Jia W, Yan C, Wang J. Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environ Poll.* 2020; 260.

Ibrahim YS, Tuan Anuar S, Azmi, AA, Wan Mohd Khalik, WMA, Lehata S, Hamzah SR, ve ark. Detection of microplastics in human colectomy specimens. *JGH Open.* 2021; 5:116–121.

Igalavithana AD, Mahagamage MGY, Gajanayake P, Abeynayaka A, Gamaralalage PJD, ve ark. Microplastics ve potentially toxic elements: Potential human exposure pathways through agricultural lves ve policy based countermeasures. *Microplastics.* 2022; 1(1): 102-120.

Karami A, Golieskardi A, Choo CK, Romano N, Ho YB, Salamatinia B. A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. *Sci Total Environ.* 2017; 578: 485-494.

Kik K, Bukowska B, Sicińska P. Polystyrene nanoparticles: sources, occurrence in the environment, distribution in tissues, accumulation ve toxicity to various organisms. *Environ Pollut.* 2020; 262: 114297.

Kirstein IV, Hensel F, Gomiero A, Iordachescu L, Vianello A ve ark. Drinking plastics? Quantification and qualification of microplastics in drinking water distribution systems by μ FTIR and Py-GCMS. *Water Research.* 2021;188: 116519.

Kirstein IV, Kirmizi S, Wichels A, Garin-Fernandez A, Erler R ve ark. Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. *Marine Environ Res.* 2016; 120:1-8.

Koelmans AA, Mohammed Nor NH, Hermesen E, Kooi M, Mintenig SM, De France J. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research.* 2019; 155(15): 410-422.

Lehner R, Weder C, Petri-Fink A, Rothen-Rutishauser B. Emergence of nanoplastic in the environment ve possible impact on human health, *Environ Sci Technol.* 2019; 53(4): 1748- 1765.

Li J, Zhang K, Zhang H. Adsorption of antibiotics on microplastics. *Environ Poll.* 2018; 237: 460–467.

Li Q, Feng Z, Zhang T, Ma C, Shi H. Microplastics in the commercial seaweed nori. *J Hazardous Material.* 2020; 388: 122060.

Liu K, Wang X, Fang T, Xu P, Zhu L, Li D. Source ve potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. *Sci Total Environ.* 2019; 675: 462–471.

Löder M, Gerdt G. Methodology Used for the Detection and Identification of Microplastics—A Critical Appraisal. *Marine Anthropogenic Litter.* 2015; 201-227.

Lu J, J Wu, J Wu, C Zhang, Y Luo. Adsorption ve desorption of steroid hormones by microplastics in seawater. *Bul Environ Contamin Toxicol.* 2020, 107(4):730-735.

Lu L, Luo T, Zhao Y, Cai C, Fu Z, Jin Y. Interaction between microplastics ve microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal ve human health, *Sci Total Environ*. 2019; 667:94-100.

Luqman A, Nugrahapraja H, Wahyuono RA, Islami I, Haekal MH, Fardiansyah Y ve ark. Microplastic Contamination in Human Stools, Foods, and Drinking Water Associated with Indonesian Coastal Population. *Environments*. 2021;8: 138.

Miserli K, Lykos C, Kalampounias AG, Konstantinou I. Screening of Microplastics in Aquaculture Systems (Fish, Mussel, and Water Samples) by FTIR, Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive Spectroscopy and Micro-Raman Spectroscopies. *Appl Sci*. 2023;13: 9705.

Peng X, Chen M, Chen S, Dasgupta S, Xu H ve ark. Microplastics contaminate the deepest part of the world’s ocean. *Geochem Perspect Lett*. 2018; 9: 1-5.

Prata JC, da Costa JP, Lopes I, Duarte AC, Rocha-Santos T. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Sci Total Environ*. 2020; 702: 134455.

Prata JC, da Costa JP., Lopes I, Verady AL., Duarte AC., Rocha-Santos T. A one health perspective of the impacts of microplastics on animal, human ve environmental health. *Sci Total Environ*. 2021; 777: 146094.

Rafiee M, Dargahi L, Eslami A, Beirami E, Jahangiri-rad M ve ark. Neurobehavioral assessment of rats exposed to pristine polystyrene nanoplastics upon oral exposure. *Chemosphere*. 2018; 193: 745-753.

Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, Catalano P, Notarstefano V, Carnevali O ve ark. Plasticenta: First Evidence of Microplastics in Human Placenta. *Environ Int*. 2021; 146: 106274.

Rai PK, Lee J, Brown RJC, Kim KH. Environmental fate, ecotoxicity biomarkers, ve potential health effects of micro- ve nano-scale plastic contamination. *J Hazard Mater*. 2021; 403: 123910.

Revel M, Châtel A, Mouneyrac C. Micro(nano)plastics: A threat to human health? *Cur Opin Environ Sci & Health*. 2018;1: 17-23.

Rochman CM, Hoh E, Kurobe T, Teh SJ. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish ve induces hepatic stress, *Scientific Reports*. 2013; 3:3263.

Rochman CM, Hoellein T. The global odyssey of plastic pollution. *Science*. 2020; 368 (6496): 1184–1185.

Rochman CM, Tahir A, Williams SL, Baxa DV, Lam R ve ark. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris ve fibers from textiles in fish ve bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*. 2015; 5:14340.

Ryan PG. A brief history of marine litter research. In: *Marine Anthropogenic Litter*. Springer International Publishing. Germany. 2015.

Sharma S, Chatterjee S. Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem ve human health: a short review. *Environ Sci Pollut Res*. 2017; 24:21530–21547.

Silva AB, Ana SB, Celine IJ, Costa JP, Duarte AC, ve Rocha-Santos TA. Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry, *Analytica Chimica Acta*. 2018; 1017: 1-19.

Ta AT, Babel S. Current status of microplastics contamination in marine ve freshwater environments. *Water Perspect Emerg Count*. 2019; 2-10.

Tanaka K, Takada H, Yamashita R, Mizukawa K, Fukuwaka M, Watanuki Y. Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Marine Poll Bull*. 2013; 69: 219–222.

Tunçelli İC, Erkan N. Gıda güvenliği açısından su ürünlerinde mikroplastik riski ve araştırma yöntemleri. *Aquatic Research*. 2020; 4(1): 73-87.

Van Cauwenberghe L, Janssen CR. Microplastics in bivalves cultured for human consumption, *Environ Poll*. 2014; 193:65-70.

Velzeboer I, Kwadijk CJAF, Koelmans AA. Strong sorption of PCBs to nanoplastics, microplastics, carbon nanotubes, ve fullerenes. *Environ Sci Technol*. 2014; 48: 4869–4876.

Virsek M K, Palatinus A, Koren S, Peterlin M, Horvat M, Krzan A. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface ve Sample Analysis. *J Vis Exp*. 2016; 118: 1-9.

Wang C, Zhao J, Xing B. Environmental source, fate, ve toxicity of microplastics. *J Hazard Materials*. 2021; 407: 124357.

Waring RH, Harris RM, Mitchell SC. Plastic contamination of the food chain: A threat to human health?. *Maturitas*. 2018; 115: 64-68.

Wen S, Zhao Y, Liu S, Yuan H, You T, Xu H. Microplastics-perturbed gut microbiota triggered the testicular disorder in male mice: via fecal microbiota transplantation. *Environ Pollut*. 2022; 309: 119789.

Wright SL, Kelly FJ. Plastic ve human health: a micro issue? *Environ Sci Tecnol*. 2017; 51(12): 6634e6647.

Wright S L, Thompson RC, Galloway TS. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review, *Environ Poll*. 2013;178: 483-492.

Wright SL, Ulke J, Font A, Chan KLA, Kelly FJ. Atmospheric microplastic deposition in an urban environment ve an evaluation of transport. *Environ Internat*. 2020; 136: 105411.

Yee MSL, Hii LW, Looi CK, Lim WM, Wong SF, Kok YY ve ark. Impact of microplastics ve nanoplastics on human health. *Nanomaterials*. 2021;11(2): 496.

Yu F, Yang C, Zhu Z, Bai X, Ma J. Adsorption behavior of organic pollutants ve metals on micro/nanoplastics in the aquatic environment. *Sci Total Environ*. 2019; 694: 133643.

Yurtsever M. Küresel plastik kirliliği, nano mikroplastik tehlikesi. Çevre bilim ve teknoloji. 2018; 171-197.

Yurtsever M. Nano- ve Mikroplastik’lerin İnsan Sağlığı ve Ekosistem Üzerindeki Olası Etkileri. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. 2019; 5(2): 17-24.

Zhang Y, Lu J, Wu J, Wang J, Luo Y. Potential risks of microplastics combined with superbugs: Enrichment of antibiotic resistant bacteria on the surface of microplastics in mariculture system. Ecotoxicol Environmen Safety. 2020;187: 109852.

Zhang J, Wang L, Trasvee L, Kannan K. Occurrence of polyethylene terephthalate ve polycarbonate microplastics in infant ve adult feces. Environ Sci Technol Lett. 2021; 8:989–994.

Zhu L, Wang H, Chen B, Sun X, Qu K, Xia B. Microplastic ingestion in deep-sea fish from the South China Sea. Sci Total Environ. 2019; 677: 493–501.



EKLER

EK-1. Tez Orijinallik Raporu



T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



G19 –TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tez Başlığı / Konusu	Van ili içme sularında mikropplastik kalıntısının araştırılması			
İntihal taraması yapılan bölümler ve sayfa sayıları				
Kapak sayfası	Giriş	Ana bölümler	Sonuç bölümleri	Toplam sayfa sayısı
1	4	37	6	48
İntihal taraması yapılan program			Taramanın yapıldığı tarih	Benzerlik oranı %
Turn it in			24/12/2024	%18
*Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:				
- Kabul ve onay sayfası hariç, - Gereç ve yöntemler hariç, - Teşekkür hariç, - Kaynakça hariç, - İçindekiler hariç, - Alıntılar hariç, - Simge ve kısaltmalar hariç, - Tezden çıkan yayınlar hariç, - 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)				
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihali içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabulettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Gereğini bilgilerinize arz ederim. Berivan AYŞİN İmza				

Öğrencinin Adı Soyadı	Berivan AYŞİN
Anabilim Dalı	Farmakoloji ve Toksikoloji (Veteriner)
Öğrenci No	21930001044
Programı	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN ONAYI UYGUNDUR Dr. Öğr. Ü. Ahmet Cihat ÖNER (Unvan, Ad Soyad, İmza)	ENSTİTÜ ONAYI UYGUNDUR (Unvan, Ad Soyad, İmza)
---	---