MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İstanbul Asya Yakasında Havadaki Mikroplastik Parçacık Kirliliğinin Liken Biyoizleme ile Araştırılması

EZGİ ÖZEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Programı

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gülşah ÖZYİĞİTOĞLU (ÇOBANOĞLU)

İSTANBUL, 2020

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İstanbul Asya Yakasında Havadaki Mikroplastik Parçacık Kirliliğinin Liken Biyoizleme ile Araştırılması

EZGİ ÖZEN

520117027

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Biyoloji Anabilim Dalı
Biyoloji Programı

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gülşah ÖZYİĞİTOĞLU (ÇOBANOĞLU)

İSTANBUL, 2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca, ilgisini, desteğini, sabrını hiç esirgemeyen, bir danışmandan çok daha fazlası aile gibi olan, bilgi ve tecrübesi, görüş ve önerileriyle bu çalışmanın şekillenmesine vesile olan değerli tez danışman hocam Doç. Dr. Gülşah ÖZYİĞİTOĞLU (ÇOBANOĞLU)' na teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin floresan mikroskobu laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Filiz VARDAR'a, FT-IR kimyasal analizinin yapıldığı Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde araştırma görevlisi olan Dr. Emre GÜZEL'e, tezimin sonuçlarını yazma konusundaki desteklerinden Prof. Dr. Orhan SEVGİ'ye, FT-IR analizi grafiklerinin çözümlenmesindeki katkılarından dolayı Prof. Dr. Mehmet EROĞLU'na ve FT-IR analizi sonuçlarımın haritalandırılmasında ise Doç. Dr. Mustafa YAVUZ hocalarıma da teşekkürlerimi arz ederim. Tezimdeki arazi çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Orman Endüstri Mühendisi Mustafa YILDIZ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda yardımlarını hiç esirgemeyen, tezin her aşamalarında yardımcı ve destek olmuş sevgili Elif Aysu ÖZKÖK, Tuğçe KAAN, Damla YAYMAN, Ahmet ÖZCAN, Ahmed Ali AL-AMOODY ve Merve Tuğçe PALA arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Maddi, manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda olan ve bu günlere gelebilmem için gerekli gücü veren sevgili aileme de sonsuz teşekkür ederim.

Ağustos, 2020 Ezgi ÖZEN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR **I**

ÖZET **V**

ABSTRACT **VI**

ŞEKİLLER DİZİNİ **VII**

ÇİZELGELER VE TABLOLAR DİZİNİ **X**

SİMGELER DİZİNİ **XII**

KISALTMALAR DİZİNİ **XIII**

BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ **1**

BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER **4**

II. 1. PLASTİKLER **4**
II. 1. 1. Plastik Nedir 5
II. 1. 2. Plastik Kaynakları 5
II. 1. 3. Plastik Atıkları 6

II. 2. MİKROPLASTİKLER **9**
II. 2. 1. Mikroplastik Nedir 9
II. 2. 2. Mikroplastiklerin Morfolojik Özellikleri 10
II. 2. 3. Mikroplastik Çeşitleri 10
II. 2. 4. Mikoplastik Kaynakları 10
II. 2. 5. Mikroplastik Kirliliği 11
II. 2. 6. Mikroplastik Kirliliğinin Kaynakları 11
II. 2. 7. Mikroplastik Kirliliğinin Zararları 12
II. 2. 8. Mikroplastikleri Belirleme Teknikleri 15
II. 2. 8. 1. Mikroskop İle İnceleme 16
II. 2. 8. 2. Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre (FT- IR) 17
II. 2. 8. 3. Raman Spektroskopisi 17
II. 2. 8. 4. SEM/EDS 18
II. 2. 8. 5. Biyoizleme Yöntemi 19

BÖLÜM III. LİKENLER **21**

III. 1. Liken Nedir 21
III. 2. Likenlerin Morfolojik ve Ekolojik Özellikleri 21
III. 3. Likenlerin Morfolojik ve Anatomik Sınıflandırılması 22
III. 4. Likenlerin Biyoindikatör ve Biyomonitör Özellikleri 23

BÖLÜM IV. MATERYAL VE YÖNTEM **25**
IV. 1. LİKEN ÖRNEKLERİNİN TOPLANMASI 26

IV. 1. 1. ÇALIŞMA ALANI **26**
IV. 1. 1. 1. Tanıtımı 26
IV. 1. 1. 2. İklimi ve Bitki Örtüsü 26
IV. 1. 1. 3. Örneklerin Toplandığı İstasyonların Tanıtımı 27
IV. 1. 1. 4. İstasyon Tablosu 28
IV. 1. 1. 5. Örneklerin Teşhis Edilmesi 30
IV. 1. 2. ÖRNEK MATERYALİN TANITIMI **30**

IV. 2. KİMYASAL ANALİZLER **31**
IV. 2. 1. Örneklerin Yıkanması-Kurutulması 31
IV. 2. 2. Örneklerin toz haline getirilmesi 32
IV. 2. 3. FT-IR Analizi 32

IV.3. İSTASYONLARA GÖRE FT-IR GRAFİKLERİNİN MEKANSAL DAĞILIMI **33**

IV. 4. FLORESANS MİKROSKOBU İLE İNCELEME **33**
IV. 3. 1. Örneklerin Hazırlanması 34
IV. 3. 2. Tallus Yüzeyinin Boyanması ve Görüntülenmesi 35
IV. 3. 3. Anatomik Boyama ve Görüntüleme 35

BÖLÜM V. BULGULAR VE TARTIŞMA / RESULTS AND DISCUSSION **36**
V. 1. BULGULAR **36**
V. 1. 1. Örneklerin FT-IR Spektrumları 36
V. 1. 1. 1. IAEA 336 Liken Materyalinin FT-IR Spektrumları 36
V. 1. 1. 2. Aydos Ormanı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 37
V. 1. 1. 3. Başıbüyük Ormanı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 39
V. 1. 1. 4. Kayışdağı Ormanı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 41
V. 1. 1. 5. Büyükada İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 42
V. 1. 1. 6. Kanlıca Ormanı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 43
V. 1. 1. 7. Göztepe Tabiat Parkı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 45
V. 1. 1. 8. Elmasburnu Tabiat Parkı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 47
V. 1. 1. 9. Şile İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 49
V. 1. 1. 10. Küçük Çamlıca Tepesi İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 51
V. 1. 1. 11. Büyük Çamlıca Tepesi İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 54
V. 1. 1. 12. Gözdağı Korusu İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları 55
V. 1. 2. FT-IR Analizindeki Sonuç Bileşiklerinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritaları 57

V. 1. 2. 1. Aldehit Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 57
V. 1. 2. 2. Alken Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 58
V. 1. 2. 3. Alkol Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 59
V. 1. 2. 4. Amin Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 60
V. 1. 2. 5. Eter Bileşiğinin istasyonlara Göre Dağılım Haritası 61
V. 1. 2. 6. Hidrokarbon Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 62
V. 1. 2. 7. Hidroksit Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 63
V. 1. 2. 8. Keton Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 64
V. 1. 2. 9. SO_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 65
V. 1. 2. 10. CH_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 66
V. 1. 2. 11. CH_3 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 67
V. 1. 2. 12. NO_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası 68
V. 1. 3. Tüm İstasyonlardaki FT-IR Analizi Sonuçlarınının Karşılaştırılması 69
V. 1. 4. Örneklerin Floresan Mikroskobu İncelemesi Sonuçları 76
V. 1. 4. 1. Referans Materyali 76
V. 1. 4. 2. Başıbüyük Ormanı Örnekleri 77
V. 1. 4. 3. Büyükada Örnekleri 78
V. 1. 4. 4. Kanlıca Ormanı Örnekleri 80
V. 1. 4. 5. Elmasburnu Tabiat Parkı Örnekleri 81
V. 1. 4. 6. Şile Örnekleri 83
V. 1. 4. 7. Küçük Çamlıca Tepesi Örnekleri 84
V. 1. 4. 8. Büyük Çamlıca Tepesi Örnekleri 85
V. 1. 4. 9. Gözdağı Korusu Örnekleri 87

BÖLÜM VI. TARTIŞMA VE SONUÇLAR 89

VI.1. SON SONUÇLAR VE ÖNERİLER 92

KAYNAKLAR/REFERENCES 94

İNTERNET KAYNAKLARI 99

ÖZGEÇMİŞ 101

ÖZET

İstanbul Asya Yakasında Havadaki Mikroplastik Parçacık Kirliliğinin Liken Biyoizleme ile Araştırılması

Plastiklerin meydana getirdiği mikroplastik parçacıkları nedeniyle hava kirliliği gibi ekolojik sorunlar ortaya çıkmaktadır. Mikroplastik parçacıkları doğaya bırakılan plastik atıkların güneşteki UV ışınlar gibi dış etkenler sonucu meydana gelmektedir. Bu nedenle, liken biyoizleme yöntemi ile, mikroplastiklerin havada ne yoğunlukta bulunmasının bilinmesine gereksinim duyulmaktadır.

Bu bilgiler ışığında çalışmamızda, biyoindikatör özellikleri itibariyle dünyada eski zamanlardan beri kullanılan likenlerle mikroplastik parçacıklar araştırılmıştır. İstanbul Asya Yakası Aydos Ormanı, Başıbüyük Ormanı, Kayışdağı Ormanı, Büyükada, Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile, Küçük Çamlıca Tepesi, Büyük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı Korusu bölgelerinden toplanan *Xanthoria parietina* liken türü ile havadaki mikroplastik parçacıklarının ATR-FTIR ve floresan mikroskobu tekniklerinin etkinlikleri incelenmiştir. ATR-FTIR tekniği ile aldehit, alken, alkol, amin, eter, hidrokarbon, hidroksit, keton, kükürt dioksit, metil, metilen ve nitrojen dioksit bileşikleri belirlenmiştir. Hidrokarbonlar, aldehitler gibi bileşiklerle mikroplastiklerin kimyasal yapıları belirlenmiştir. Floresan boyama tekniğinde ise liken örnekleri Nile Red floresan boya ile boyanmış ve floresan mikroskobunda incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlarda İstanbul Asya yakası bölgesindeki havada mikroplastik parçacıkları görsel olarak ve kimyasal içeriklerine göre belirlenmiştir. *Xanthoria parietina* türü için biyoizleme potansiyelinin de çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Böylece liken biyoizleme yöntemi ile havadaki mikroplastikler gibi organik kirleticilerin de belirlenebilmesine dair bilgiler elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Hava Kirliliği, Mikroplastikler, Likenler, Biyoizleme

ABSTRACT

Investigation of Airborne Microplastic Particle Pollution on the Asian Side of İstanbul by Lichen Biomonitoring

Ecological problems such as air pollution arise due to microplastic particles created by plastics. Microplastic particles are the result of external factors such as UV rays in the sun. Therefore, it is necessary to know the density of microplastics in the air by the lichen bioysing method.

In the light of this information, microplastic particles with lichens used since ancient times in the world were investigated as bioindicator properties. Xanthoria parietina lichen species collected from İstanbul Asian side Aydos Forest, Başıbüyük Forest, Kayışdağı Forest, Büyükada, Kanlıca Forest, Goztepe Nature Park, Elmasburnu Nature Park, Şile, Küçük Çamlıca Hill, Büyük Çamlıca Hill and Gözdağı Grove regions and the activities of ATR-FTIR and fluorescence microscopy techniques of microplastic particles in the air were examined. Aldehyde, alkene, alcohol, amine, ether, hydrocarbon, hydroxide, ketone, sulfur dioxide, methyl, methylene and nitrogen dioxide compounds were determined by the ATR-FTIR technique. Compounds such as hydrocarbons and aldehydes have been found to be compounds that are in the chemical structures of microplastics. In fluorescence painting technique, lichen samples were painted with Nile Red fluorescent dye and examined under fluorescence microscope.

The results showed that microplastic particles were present in the air in all parts of the Asian coast of İstanbul and the bio-monitoring potential for Xanthoria parietina species was also high. Thus, information on the determination of pollutants such as microplastics in the air was obtained by lichen bio-monitoring method.

Keywords: Air pollution, Microplastics, Lichens, Biomonitoring

ŞEKİLLER DİZİNİ

	SAYFA NO
Şekil II. 1 Bakalit	4
Şekil II. 2 Plastiklerin kullanım alanları	5
Şekil II. 3 Doğaya bırakılan plastik atıklar	6
Şekil II. 4 Plastik atık kutusu	8
Şekil II. 5 Plastik geri dönüşümü	8
Şekil II. 6 "Yedinci Kıta" 16. İstanbul Bienali	8
Şekil II. 7 Mikroplastikler	9
Şekil II. 8 Havadaki kirleticiler	13
Şekil II. 9 Mikroskop çalışmaları	16
Şekil II. 10 Floresan mikroskobu	16
Şekil II. 11 FT-IR spektroskopisi	17
Şekil II. 12 Raman spektroskopisi	18
Şekil II. 13 SEM cihazı	18
Şekil III. 1 *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr	21
Şekil III. 2 Tallus yapılarına göre (a: homomerik tallus, b: heteromerik tallus	22
Şekil III. 3 Yapraksı likenler	23
Şekil IV. 1 Çalışma alanı ve örnek alınan istasyonlar	28
Şekil IV. 2 Örnek liken materyali **"***Xanthoria parietina*"	30
Şekil IV. 3 Örneklerin muhafaza edilmesi	31
Şekil IV. 4 Örneklerin yıkanması	32
Şekil IV. 5 Örneklerin etüvde kurutulması	32
Şekil IV. 6 Örneklerin tartılması	32
Şekil IV. 7 ATR-FTIR spektroskopisi	33
Şekil IV. 8 Nile red çözeltisi	34
Şekil IV. 9 Örneklerin hazırlanması	34
Şekil IV. 10 Örneklerin enine-boyuna kesitleri	34
Şekil IV. 11 Örneklerin tallus yüzeyinin boyanması	35

Şekil IV. 12 Anatomik boyama 35

Şekil V. 1 Aldehit bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 57

Şekil V. 2 Alken bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 58

Şekil V. 3 Alkol bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 59

Şekil V. 4 Amin bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 60

Şekil V. 5 Eter bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 61

Şekil V. 6 Hidrokarbon bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 62

Şekil V. 7 Hidroksit bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 63

Şekil V. 8 Keton bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 64

Şekil V. 9 SO_2 bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 65

Şekil V. 10 CH_2 bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 66

Şekil V. 11 CH_3 bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 67

Şekil V. 12 NO_2 bileşiğinin istasyonlara göre dağılım haritası 68

Şekil V. 13 Referans materyali floresan mikroskop görüntüsü 76

Şekil V. 14 Başıbüyük Ormanı örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop Görüntüleri 77

Şekil V. 15 Başıbüyük Ormanı örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 77

Şekil V. 16 Başıbüyük Ormanı örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 78

Şekil V. 17 Büyükada örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri 78

Şekil V. 18 Büyükada örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 79

Şekil V. 19 Büyükada örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 79

Şekil V. 20 Kanlıca Ormanı istasyonu örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop Görüntüleri 80

Şekil V. 21 Kanlıca Ormanı istasyonu örneklerinin enine kesitlerinin floresan

mikroskop görüntüleri 81
Şekil V.22 Kanlıca Ormanı istasyonu örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri 81
Şekil V. 23 Elmasburnu Tabiat Parkı örneklerin tallus yüzeyi floresan mikroskop Görüntüleri 82
Şekil V. 24 Elmasburnu Tabiat Parkı örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri 82
Şekil V.25 Elmasburnu Tabiat Parkı örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 82
Şekil V. 26 Şile örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri 83
Şekil V. 27 Şile örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri 83
Şekil V. 28 Şile örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri 84
Şekil V. 29 Küçük Çamlıca Tepesi örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop Görüntüleri 84
Şekil V. 30 Küçük Çamlıca Tepesi örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 85
Şekil V. 31 Küçük Çamlıca Tepesi örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 85
Şekil V. 32 Büyük Çamlıca Tepesi örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop Görüntüleri 86
Şekil V. 33 Büyük Çamlıca Tepesi örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 86
Şekil V. 34 Büyük Çamlıca Tepesi örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 86
Şekil V. 35 Gözdağı Korusu örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop Görüntüleri 87
Şekil V. 36 Gözdağı Korusu örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 87
Şekil V. 37 Gözdağı Korusu örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop Görüntüleri 88

ÇİZELGELER VE TABLOLAR DİZİNİ

Grafik I. Referans materyalinin FT-IR spektrumu 36
Grafik II. Aydos Ormanı istasyonundan alınan 1 numralı liken örneğinin FT-IR analizi Spektrumu 37
Grafik III. Aydos Ormanı istasyonundan alınan 2 numralı liken örneğinin FT-IR analizi Spektrumu 38
Grafik IV. Aydos Ormanı istasyonundan alınan 3 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi Spektrumu 38
Grafik V. Başıbüyük Ormanı istasyonundan alınan 4 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 39
Grafik VI. Başıbüyük Ormanı istasyonundan alınan 5 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 40
Grafik VII. Kayışdağı Ormanı istasyonundan alınan 6 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 41
Grafik VIII. Büyükada istasyonundan alınan 7 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi Spektrumu 42
Grafik IX. Büyükada istasyonundan alınan 8 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi Spektrumu 43
Grafik X. Kanlıca Ormanı istasyonundan alınan 9 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 44
Grafik XI. Kanlıca Ormanı istasyonundan alınan 10 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 44
Grafik XII. Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan 11 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 45
Grafik XIII. Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan 12 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 46
Grafik XIV. Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan 13 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 46
Grafik XV. Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan 14 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 47
Grafik XVI. Elmassburnu Tabiat Parkı istasyonundan alınan 15 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 48

Grafik XVII. Elmassburnu Tabiat Parkı istasyonundan alınan 16 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 48
Grafik XVIII. Şile istasyonundan alınan 17 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi Spektrumu 49
Grafik IXI. Şile istasyonundan alınan 18 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi Spektrumu 50
Grafik XX. Şile istasyonundan alınan 19 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi Spektrumu 50
Grafik XXI. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 20 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 51
Grafik XXII. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 21 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 52
Grafik XXIII. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 22 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 53
Grafik XXIV. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 23 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 53
Grafik XXV. Büyük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 24 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 54
Grafik XXVI. Gözdağı Korusu istasyonundan alınan 25 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 55
Grafik XXVII. Gözdağı Korusu istasyonundan alınan 26 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 56
Grafik XXVIII. Gözdağı Korusu istasyonundan alınan 27 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu 56
Tablo IV. 1. İstasyon tablosu 29
Tablo V. 1. Referans materyalinin FT-IR analizi sonuç tablosu 69
Tablo V. 2. Tüm istasyonlardaki örneklerin FT-IR analizinin sonuç tablosu 69

SİMGELER DİZİNİ

SO_2 : Kükürt dioksit

NO_2 : Nitrojen dioksit

CH_3 : Metil

CH_2 : Metilen

OH : Hidroksil

CH : Hidrokarbon

PAH : Polisiklik Aromatik Hidrokarbon

DDT : Diklorodifeniltrikloretan

PBDE : Polibromlu difenil eter

PCB : Poliklorlu bifeniller

HM : Ağır metaller

POP : Kalıcı organik kirleticiler

OCP : Organoklorin pestisitler

KISALTMALAR DİZİNİ

GPS : Global Positioninng System = Küresel Konumlama Sistemi

IAEA : The International Atomic Energy Agency = Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA)

MUFE : Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Herbaryumu

FT-IR : Fourier Transform Infrared Spectroscopy

SEM : Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

MP : Mikroplastik

NR : Nile Red Floresan Boyası

PCB : Poliklorlu bifenil

POP : Kalıcı organik kirletici

PET/PETE: Polietilen tereftalat

HDPE : Yüksek yoğunluklu Polietilen

PVC : Polivinil klorür

PVAC : Polivinil asetat

LDPE : Düşük yoğunluklu Polietilen

PP : Polipropilen

PS : Polistiren

PC : Polikarbonat

AS : Akrilonitril stiren

ABS : Akrilonitril bütadien stiren

NOAA : ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi

BÖLÜM I.

GİRİŞ VE AMAÇ

Canlıların yaşamında önemli bir yere sahip olan hava; katı, sıvı ve gaz moleküllerinin belli miktarlarda bir araya gelmesiyle oluşan bir karışımdır. Hava, atmosferi meydana getiren gazların bileşimidir. Havada; %78,09 azot, %20,95 oksijen, %0,093 argon ve %0,03 karbondioksit bulunmaktadır. Ancak bazı katı, sıvı ve gaz molekülleri canlı için tehlikelidir. Bu tehlikeli moleküllerin canlı yaşamına, çevresel dengeye zarar verecek yoğunluk ve sürede atmosferde bulunması hava kalitesini düşürür ve oluşan mevcut duruma ise kirli hava denilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise hava kirliliğini; "İnsan, bitki, hayvan veya madde üzerine zarar verebilen veya rahat yaşam şeklini ve maddeyi fazla bir şekilde etkileyen kum, toz, uçucu kül, kurum, is, duman, buğu, tütsü, gaz veya koku gibi bileşenlerin miktar, karakteristik ve zaman olarak çevre atmosferinde bulunma" olarak tanımlamıştır. Canlıların sağlığını veya doğayı bozacak şekilde hava bileşiminin değişimi olarak hava kirliliğini EPA (Environmental Protection Agency, Amerika Çevre koruma Ajansı) ise, "kirletici maddelerin insan sağlığına ve refahına zarar verecek veya başka zararlı çevresel etkiler oluşturacak şekilde havada bulunması" şeklinde tanımlamaktadır.

Dünyadaki doğal işleyiş; her alanlardaki gibi hava kalitesinde de ufak değişikliklerin dışında olumsuz bir etkisi yoktur. Dünyadaki doğal işleyişin bir parçası olan insanlar ise uzun bir zaman sürecinde, merak sonucu elde ettiği bilgileri yaşam kalitesini artırmak amacıyla kullanmış, bu amaçla alet ve araçlar geliştirip, üretmeye ve tüketmeye başlamıştır. Bu amaçla 20. yüzyılın başlarında kimya alanı plastikleri bulması ile dünyada plastik çağı başlamıştır.

1838'de Victor Regnault, laboratuvarda ilk kez polivinil klorür üretmeyi başarmış. 20. yüzyılın ortalarında ise plastik, bir milyon ton üzerinde bir yıllık üretim hacmine ulaşmıştır. Bugünün dünyasını plastik olmadan hayal etmek zordur. Dünya çapında her yıl yaklaşık 311 milyon ton plastik üretilmektedir. Ancak yapılan girişimler bol miktarda plastik atık madde oluşmasına neden olmuş, bunun sonucunda da diğer alanları etkilemek üzere öncelikle atmosferde plastik kirliliğe neden olmaktadır.

Plastik kirliliği kavramı, başta mikroplastikler olmak üzere kalıcı organik kirleticiler gibi pek çok zararlı bileşikler içeren kirleticiler içermektedir. Bu plastik kirliliği ise doğada hava, su gibi doğal yaşam ortamlarında ve canlı organizmalarda çeşitli olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Genelde insan kaynaklı olan hava kirliliğinin başlıca sebeplerini otomotivden sağlık sektörüne kadar her alanlarda plastik ürünlerin kullanılması, kişisel bakım ürünlerinde mikroplastiklerin içermesi ve bu ürünlerin atıklarının geri dönüştürülmemesi olarak sayılabilmektedir. Günlük yaşantıda tek kullanımlık plastik ürünlerin kullanılması, bu atıkların ayrıştırılmadan yerlere, çöplere atılması veya atık sularına bırakılması bir ekolojik kirlilik yaratmaktadır. Sucul ekosistemlerde çeşitli mikroplastikler tespit edilmiştir. Ancak bu parçacıkların şehir havasında da yer aldığına dahi sınırlı da olsa birkaç çalışmalar bulunmaktadır. Ülkemizde çeşitli su kaynaklarında mikroplastik tespitleri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Ancak sanayi başkenti İstanbul'da havadaki mikroplastiklerin tespiti ile ilgili herhangi bir çalışma yer almamaktadır. Halbuki havada bulunmasında da çok ciddi sorunlara neden olmaktadır.

Mikroplastikleri de içeren kirli hava insanlarda çeşitli solunum yetersizliği, astım gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle havada ne derece bulunduğu tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü ciddi seviyelerde bulunma düzeylerine gelmeden önlemler alınabilmektedir. İstanbul şehrinde hava kalitesi, havadaki önemli kirleticiler olan partikül maddeler, SO_2 ve NO_2 gibi maddelerin anlık takibi neredeyse her bölgesinde yapılmaktadır. Ancak mikroplastik partikülleri anlık olarak tespit edilmemektedir. Bu nedenle bu çalışmada İstanbul Asya yakasında havadaki mikroplastiklerin liken biyoizleme yöntemi ile tespit edilmesi amaçlanmıştır. Biyoizleme yöntemi pahalı teknik ekipmanlar gerektirmeden, çalışma alanı içerisinde yaşayan canlılarla yapılan bir işlemdir. Bu teknikte en sık likenler kullanılmaktadır. Likenler, çoğunlukla temiz ortamlarda yaşayan ama bazı türleri kirliliğe dayanıklı alg-mantar simbiyontu ile oluşan canlılardır. Likenlerin dış yüzeylerinde kütikula gibi bir tabaka olmadığı için havadaki tüm bileşikleri bünyelerinde biriktirebilmektedirler. Bu nedenle ağır metaller, radyonüklidler ve organik kirleticiler gibi havada bulunan kirleticilerin seviyesini gösterebilen likenler, biyoizleme ile hava kirliliğinin tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır. Buradan yola çıkılarak, havadaki mikroplastiklerin likenlere ne kadar geçtiğinin araştırılması planlanmıştır.

Bu yüksek lisans tezinin amacı, öncelikle literatür araştırması ile havadaki mikroplastiklerle ilgili bilimsel verileri saptamak ve çalışma alanında deneysel analiz çalışması ile sayısal verileri ortaya koymaktır.

Bu tez çalışmamızda, İstanbul Asya yakasında daha önce araştırılmamış olan havadaki mikroplastik kirliliğini, ilk kez kirliliğe toleranslı olan bazı liken türlerini kullanarak biyolojik yöntemle tespit etmek amaçlanmıştır. Biyolojik yapılarından dolayı özellikle havadaki kirleticileri bünyelerinde biriktirebilen likenler çevre kirliliğine karşı duyarlı organizmalardır. Likenler geniş tallus yapıları, uzun ömürlü olmaları nedeniyle daha güvenli sonuçları olmaktadır. Hava kirliliği, yaşayan organizmalar üzerinde en önemli sorunlardan biridir. Son yıllarda mikroplastiklerin artması insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle çevre kirliliğine neden olan mikroplastiklerin likenler ile biyoizlenmesi hedeflenmiştir.

BÖLÜM II.

GENEL BİLGİLER

II. 1. PLASTİKLER

Plastikler, petrol veya gazdan çıkarılan monomerlerin polimerizasyonundan sentezlenen organik polimerlerdir. Plastikler, birbirine bağlı bir moleküler monomer ağının makro moleküllerini oluşturmasıyla meydana gelir. Bugün, dünya çapında kullanılan yirmiden fazla farklı büyük plastik türü vardır [1]. 1907'de "Bakalit" olarak adlandırılan ilk modern gelişmeden bu yana (**Şekil II. 1**), küresel üretim 2010'da 0.3 milyar tondan 2017'de 348 milyon metrik tona ve 2019 yılında ise 1 milyon 746 bin tona yükselmiştir [2] [3].



Şekil II. 1 Bakalit [1]

Yeni bir teknoloji ile tanışan insanlık; hafiflik, şeffaflık, su geçirmez özellikleri, elektrik, ısı ve ses yalıtımı avantajları, dış etkenlerden kolay etkilenmemeleri, elastik özellikleri ve sınırlı doğal kaynakların aksine sınırsız üretim olanakları ile kısa sürede yaygınlaşmıştır. Yaklaşık M.Ö. 1600 'lü yıllarda antik Mezo-Amerikalı insanlar ilk toplarını, figürinleri ve bantlar içine doğal kauçukları işlemede polimerlerin kullanımından yararlanmışlardır. Plastik seri üretim yaklaşık yetmiş yıl önce başlamış ve üretim oranı önümüzdeki yirmi yıl içinde iki katına çıkması öngörülmektedir. Plastik ürünler 21.yüzyılla birlikte dünyanın en büyük endüstri kollarından biri olmuştur. Günümüzde plastikler, uygun maliyetli ve esnek uygulama olanakları nedeniyle dünya çapında ve tüm endüstrilerde kullanılmaktadır ve bu nedenle spor sektöründe, otomotiv endüstrisinde, tıpta, inşaatta, ambalaj endüstrisinde, tarım, sağlık veya iletişimde çeşitli yeniliklerle üretilmektedir (**Şekil II. 2**).



Şekil II. 2 Plastiklerin kullanım alanları [2]

II. 1. 1. Plastik Nedir?

Plastik kelimesi Yunanca πλαστικός (plastikos) "şekillendirilebilir, kalıplanabilir" anlamına gelmektedir. Plastikler sentetik veya doğal olarak oluşan, yumuşak olduğunda şekillendirilebilen ve verilen şekli sertleştirilebilen maddelerdir. Doğal olarak oluşan polimerler arasında; katran, kaplumbağa kabuğu, selüloz ve ağaç özünden lateks bulunur. Sentetik polimerler arasında ise; polietilen (plastik torbalar yapımında), polistiren (strafor kaplar yapımında), polipropilen (lifler ve şişeler yapımı), polivinil klorür (şişelerin yapımı) ve politetrafloroetilen veya teflon bulunur. Plastik, polimer olarak adlandırılan birbirine uzun zincirlerle bağlı esas olarak karbon ve hidrojenden oluşan yapıdır. Çoğu plastikler organik polimerler içermektedir [4].

II. 1. 2. Plastik Kaynakları

Endüstrinin birçok sektöründe plastikler bulaşık, giyim, gıda ambalajı, kişisel bakım ürünleri ve diğerleri dahil olmak üzere çeşitli ürünlerde cam, ahşap, lif ve metalin yerini almaktadır [1]. Günümüzde sıklıkla kullanılan birkaç plastik kaynaklarını kısaca aşağıdaki gibi gruplandırılabilmektedir:

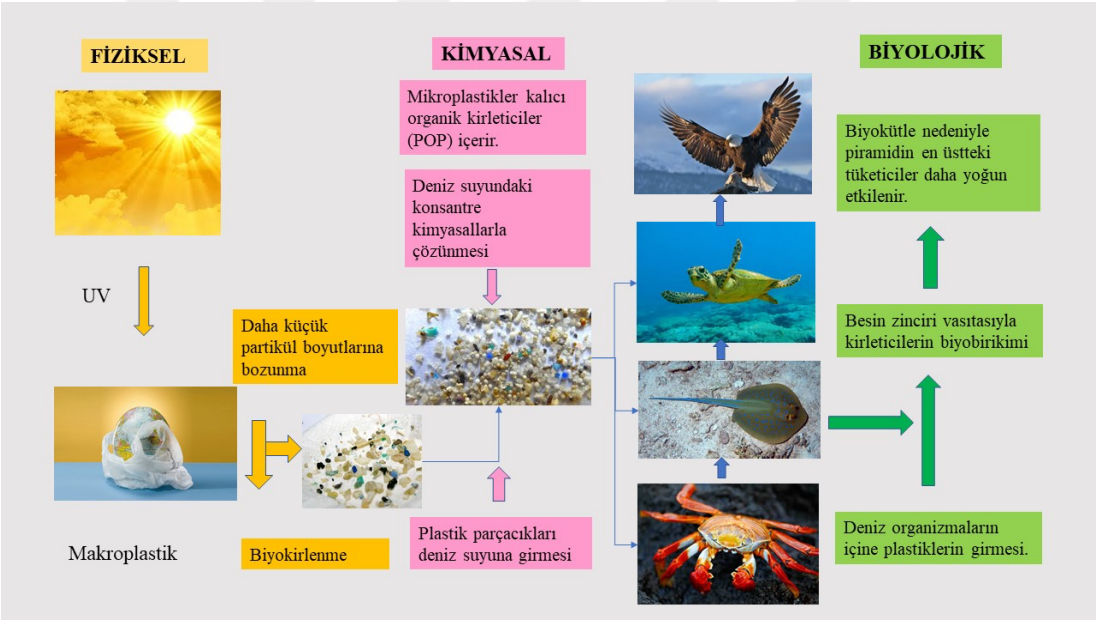
- *Plastik Peletler*; plastik üretim öncesi peletler veya reçine peletleri, plastiklerin kalıplandığı ham maddelerin işlenme sırasında yaygın olarak karşılaşılan sahil ve okyanus sularunda süspansiyon halinde bulunan küresel bir atık türüdür [5].
- *Yol İşaretleri*; yol yapımı sırasında çeşitli işaretleme türleri kullanılır. Yani kazalar gibi sonuçların olmaması için kullanılır. Bu hedefleri karşılamak için yollarda esas olarak termoplastik yol işaretleme boyası kullanılmaktadır. Bunların aşırı miktarlarda kullanımı mikroplastiklerin çevreye salınmasına yol açar.
- *Sentetik Tekstil;* İnorganik ürünlerden veya organiklerle kimyasalların karışımından yapılır. Tekstil sektöründe şimdilerde naylon, suni ipek,

polyester, spandex, akrilik ve asetat maddeleri de kullanılmaktadır. Naylon giysiler ve benzeri ürünler plastik ipliklerinden yapılır.

- *Lastikler;* Sentetik ve sentetik olmayan kauçuk bileşiklerin (lastik kütlesinden %80' inden fazlası) ve diğer çeşitli kimyasalların karışımıdır [6].

II. 1. 3. Plastik Atıkları

Plastik kentsel atıkların en hızlı büyüyen parçalarından biridir. Plastik türlerinin doğada bulunma süreleri değişiklik gösterse de, doğaya bırakılan bir plastik atık bir süre sonra parçalanması ile veya kimyasal ve fiziksel yıkım etkileriyle parçalanıp 5 mm'den küçük partiküller oluştuğunda mikroplastikler (MP) meydana gelmektedir. Ancak bu plastikler parçalanıp mikronik boyutlarda olsalar da polimer özelliklerini korumaktadır. 1 mikrometre ile 5 milimetre arasında boyutları olan plastik parçalara mikroplastik denir [7] [8] [9].



Şekil II. 3 Doğaya bırakılan plastik atıklar

Doğaya bırakılan bir plastik atık (**Şekil II. 3**) güneşteki UV ışınlar vasıtasıyla daha küçük partikül boyutlarına gelir. Deniz, okyanus gibi sularda ise, plastiklerin içerdiği kimyasal bileşiklerin vesilesiyle çözünerek su içinde dengeye gelmesine neden olur. Böylece deniz, okyanus gibi sucul ekosistemlerine de mikroplastik partiküller girmiş olur. Bunun sonucunda bu partikülleri besin sanarak yiyen suda yaşayan organizmaların da vücutlarına mikroplastik girişi olmaktadır. Bu canlıların içinde mikroplastiklerin içerdiği kalıcı organik kirleticiler depolanır. Besin zinciri vasıtası ile diğer organizmalara da geçmektedir. Besin zincirinin en tepesindeki tüketiciler

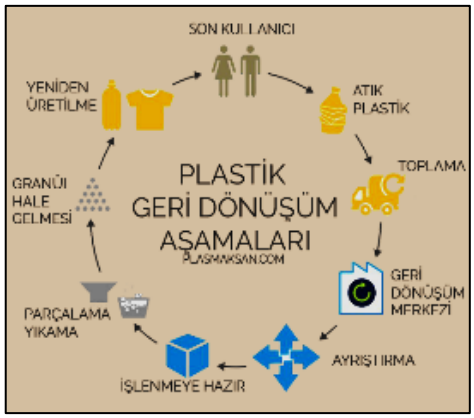
biyokütle artışı nedeniyle bu kirleticilerin zararını daha yoğun etkilemektedir.

Aynı zamanda kozmetik endüstrisi ve diğer endüstriler, ürünlerinde yapay aşındırıcılar olarak küçük plastik küreler kullanırlar ve bunlar insanlar tarafından kullanıldıktan sonra kanalizasyon sistemine geçmektedir. Rüzgar, yağış ve atık su arıtma tesisleri sonucu, bu plastikler nehirlere, göllere ve nihayetinde okyanuslara geçmektedir [10]. Plastik kirliliği küresel bir çevre sorunudur [11]. Okyanuslardaki plastik kirliliği tüm dünyada medya, halk ve hükümetler tarafından büyük bir ilgi görmektedir. Çünkü her yıl 8 milyon ton plastik atık okyanusa ulaşmakta, bu hacmin 2030 yılında iki katına çıkabileceği ve hatta 2050'de de bunun iki katına çıkabileceği tahmin edilmektedir [12]. Plastik kirliliğinin önemli çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri vardır. Ulusal sınırlar içinde ve özellikle kentsel alanlarda, plastik torbalar ve şişeler kanalizasyon ve diğer drenaj sistemlerini tıkayabilir ve şiddetli yağış sırasında sel riskini arttırabilir. Sokaklarda veya tarlalarda yatan plastik ürünler su içerebilir ve sivrisinekler için üreme alanı haline gelebilir. Bunun sonucunda sıtma, zika veya diğer hastalıkları yayarak sağlık sorunlarına neden olabilir. Plastiklerdeki kimyasal maddeler toprağa sızabilir, tarım alanlarına bulaşabilir ve yer altı sularına ulaşabilir [13].

Plastikler dünya çapında belediye atıklarının %10 'unu oluşturur. Gelişmekte olan ülkelerde, plastik atıkların çok küçük bir kısmı geri dönüştürülür. Plastik atıkların çoğu, güneş ışığına, mikroplara ve atmosfere maruz kalınan açık toprak atık depolama alanlarına dökülmektedir [14]. Bu nedenle plastikleri ortamdan kaldırmak için dört seçenek vardır: depolama, yakma, geri dönüşüm ve biyolojik bozunum. Tüm plastikler çöplere atılabilir veya yakılabilir. Ancak, depolama alanları belirli alan gerektirir ve plastik eşyalarda bulunan kimyasal bileşenler ve enerji genellikle bu yok etme yolunda kaybolmaktadır. İkinci seçenek olan yakma, enerjinin bir kısmını plastik üretiminden geri getirir, ancak olumsuz çevresel ve sağlık etkileri ürettiği bilinmektedir. Birçok plastik geri dönüştürülebilir (**Şekil II. 5**) ve plastik yapmak için kullanılan bazı malzemeler geri kazanılabilir. Bununla birlikte, plastik atıkların toplanması (**Şekil II. 4**) ve sınıflandırılması ile ilgili zorluklar nedeniyle bu yöntem tam olarak kullanılamamaktadır [1].



Şekil II. 4 Plastik atık kutusu [3]



Şekil II. 5 Plastik geri dönüşümü [4]

2016 yılında Japon bilim insanlarından oluşan bir ekip, alkolsüz içecekler ve su şişeleri yapmak için kullanılan bir plastik olan PET (polietilen tereftalat) ile beslenebilen vahşi doğada bulunan bir bakteri (*Ideonella sakaiensis*) tanımlamış ve adlandırılmıştır. Bu bakteri sadece pet üzerinden besleniyor gibi görünmektedir ve sadece iki enzim kullanarak sindirimini yapmaktadır. Bunu yapma kabiliyeti geliştirilmiş olmalı şeklinde düşünülmektedir [12]. Sonuç olarak, yanlış yerleştirilmiş "plastik atık" sorunu giderek toplumun odağı haline gelmektedir. 2009 yılında Werner Boote tarafından yayınlanan "Plastik Gezegen" belgesel filmiyle bu farkındalık çalışmaları başlamış.

2019 yılında 16. İstanbul Bienalinde "Yedinci Kıta", 3.4 km genişliğinde, 7 milyon ton ağırlığındaki bir plastik yığınından meydana geldiği gösterilen sergide halkın bu yapay malzemenin seri üretiminin sürdürülebilir olmadığı ve ekosistem için birçok tehlikeyle ilişkili olduğu konusundaki farkındalık etkinlikleri son yıllarda büyük önem kazanmıştır **(Şekil II. 6)**.



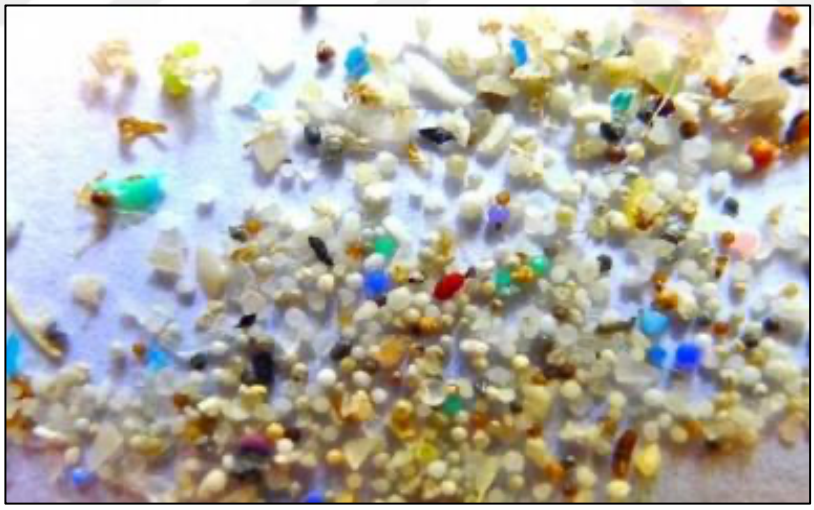
Şekil II. 6 "Yedinci Kıta", 16. İstanbul Bienali

Çevreye değişik kaynaklardan sürekli ve artan miktarlarda plastik salınımın bileşimi ve bu maddelerin çok uzun yıllar çevrede bulunarak zamanla daha küçük parçalara ayrılan mikroplastikler, çevresel etkilerinin artma potansiyeli nedeniyle ciddi bir sorun haline getirmektedir. Mikroplastikler konusu hala nispeten yeni olduğundan, şu anda tespit etme yöntemleri ve ekolojik etkileri hakkında sadece birkaç çalışma bulunmaktadır.

II. 2. MİKROPLASTİKLER

II. 2. 1. Mikroplastik Nedir

Mikroplastik terimi, Thompson ve arkadaşları tarafından ilk kez 2004 yılında ortaya çıkmıştır. ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi' ne (NOAA) göre, "mikroplastikler (MP), 1 nanometreden 5 mm ye kadar boyutlara sahip her türlü plastik maddeleridir." 5 mmden büyük plastikler ise makroplastiklerdir. 1 mikrometre ile 5 milimetre arasında boyutları olan plastik parçalarıdır. Bir başka tanıma göre ise boyu 5 mm'den küçük olan plastik parçacıklarına mikroplastik denir. Partikül moleküller olarak 1 mm'den küçük veya 5 mm olarak kabul edilen parçacıklardır [15]. (**Şekil II. 7**)



Şekil II. 7 Mikroplastikler [5]

II. 2. 2. Mikroplastiklerin Morfolojik Özellikleri

Mikroplastik parçacıkları; peletler, iplik-lifler, plastik granüler, straforlar, amorf, yuvarlak, küresel, düz ve oval şekillerde olabilmektedir. Mikroplastikler, 1D fiberler (bir büyük boyutta), 2D fragmanlar (düz parçacıklar) ve 3D kürecikler içeren geniş, değişken bir boyut ve şekil yelpazesini kapsar [16].

Mikroplastikler lipofilik özellikleri nedeniyle; diklorodifeniltrikloretan (DDT), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), polibromlu difenil eter (PBDE), poliklorlu bifeniller (PCB) gibi çeşitli kalıcı organik kirleticileri (POP), organoklorlu pestisitleri ve hormon bozucuları içine alarak yüzeylerinde bulundurabilmektedirler [17] [18]. Mikroplastikler parçalanma zorluğu nedeniyle uzun yıllar yüksek seviyelerde ortamda kalabilmektedir. Sağlığa zararlı olan kirleticilere; ağır metaller (HM), kalıcı organik kirleticiler (POP), poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), organoklorin pestisitler (OCP), poliklorlu bifeniller ve PCB bileşiklerine vektör görevi görürler [2].

II. 2. 3. Mikroplastik Çeşitleri

Mikroplastikler için birincil ve ikincil mikroplastikler şeklinde de bir ayrım yapılmaktadır.

- **Birincil Mikroplastikler;** Bilinçli olan kullanılan boyutları 1 mikrometre ile 5 mm arasında olan plastiklerdir. Sabun, şampuan, diş macunu ve diğer kozmetik, ilaç ve hava teknolojilerinde kullanılır.
- **İkincil Mikroplastikler;** Çeşitli çevresel etkilerin (fotodegradasyon veya diğer ayrışma süreçleri) veya biyolojik faaliyetlerin bir süre boyunca etkisi altında olmasına bağlı olan makroplastiklerin (plastik atıklar) bozulması sonucu oluşan küçük boyutlu plastik partiküller de ikincil mikroplastikler olarak adlandırılmıştır.

II. 2. 4. Mikroplastik Kaynakları

Mikroplastiklerin kaynakları dolaylı arazi temelli kaynaklar veya okyanus temelli kaynaklar olarak iki gruba ayrılabilir. Dolaylı arazi temelli kaynaklar; sanayi, tarım ve günlük yaşam, ulaşım dahil olmak üzere insan faaliyetleri sonucu meydana gelmektedir. Okyanus temelli kaynaklar ise; esas olarak su kültürü yetiştiriciliği ve paketlenmesi, deniz taşımacılığı endüstrisi, turizm dahil olmak üzere okyanuslar üzerindeki çeşitli insan aktivitelerinden kaynaklıdır [19]. Çoğu sentetik tekstil lifleri,

kozmetiklerde deterjan ve diş macunlarında bulunan mikroboncuklar, plastik fabrikaların atıkları, otomobil lastiklerinden aşınıp kopmuş parçalar ve çevredeki plastiklerin zamanla küçük parçacıklara dönüşmesi şeklinde sayılabilir [20] [21] [22].

II. 2. 5. Mikroplastik Kirliliği

Mikroplastikler kalıcı organik kirleticiler (POP) ve polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) içermesinden dolayı çevreye potansiyel toksik etki göstermektedir [17] [18]. Mikroplastikler ayrıca birçok ekosistemde mevcut olan poliklorlu bifenil (PCB) gibi kalıcı organik kirleticileri de absorbe eder [11]. Yaban hayatı ve insanlar için potansiyel olarak birçok olumsuz etkilere (kanser, immün sistemde ve üreme yeteneğinde bozulma) sebep olmaktadır [20].

Mikroplastikler tüm dünyadaki denizlerde bulunmuştur. Bu nedenle de mikroplastik kirliliğine ışık tutmak amacıyla Yang ve ark. (2015) yapmış oldukları bir çalışmada; deniz tuzlarının da doğrudan deniz suyu ile beslenmesi nedeniyle mikroplastikler içerebileceği varsayılmış. Bu çalışmadaki bu hipotezi test etmek için, Çin'deki süpermarketlerden 15 marka deniz tuzu, göl tuzu ve kaya tuzu toplanmış. Mikroplastik içeriği deniz tuzlarında 550-681 parçacık/kg, göl tuzlarında 43-364 parçacık/kg ve kaya tuzlarında 7-204 parçacık/kg çıkmıştır. Deniz tuzlarında, parçacıklar ve tamponlar, peletler ve tabakalara kıyasla yaygın parçacık tipleridir. 200 μm den daha küçük ölçülen mikroplastikler, toplam mikroplastiklerin %55'ini oluşturan partiküllerin çoğunu temsil etmiş ve en yaygın mikroplastikler polietilen tereftlat, ardından deniz tuzlarında polietilen ve selofandır. Deniz tuzlarındaki mikroplastiklerin bolluğu, göl tuzları ve kaya/kuyu tuzlarından çok daha fazladır. Bu sonuç, deniz tuzları gibi deniz ürünlerinin de mikroplastiklerle kontamine olduğunu gösterir. Bu çalışma abiyotik deniz ürünlerinde ilk kez mikroplastik kirlilik tespitini göstermiştir [23].

II. 2. 6. Mikroplastik Kirliliğinin Kaynakları

- Mikroplastikler genellikle ilaç ve kişisel bakım ürünleri (PPCP) ve diş macunu, peeling kremi, el ve yüz temizleyicileri, tıraş köpükleri gibi kozmetik ürünlerinin kullanımından kaynaklanır. Çünkü plastik mikro boncuklar bu ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu mikro boncuklar genellikle lavabolar ve kanalizasyon yoluyla atık su arıtma tesislerine gider.
- Endüstriyel dökülmeler ve nakliye; plastik peletler, üretim öncesi, fiili üretim veya post prodüksiyon (nakliye ve teslimat) sırasında plastik imalat süreçlerinde kaybolur. Ön üretim sırasında hurda ve toz gibi küçük plastik

reçine parçaları mikroplastik kirliliğinin kaynaklarından biridir.

- İç mekanlarda kullanılan plastik eşyalardan aşınma ve yıpranmadan kaynaklanır. Bunlar örneğin oyuncaklar, elektronik, mutfak eşyaları ve halıları içerir. Çamaşır sırasında tekstil ve kumaşların aşınması da yavaş yavaş atık suya salınan mikroplastik kirliliğine neden olur.
- Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm: Depolama alanları için kullanılan belediye atıkları, plastiklerden dışarı sızan plastik katkı maddeleri şeklinde belirli miktarda plastik içerir. Plastik çöp, plastik geri dönüşüm tesisleri, özel şirketler ve polietilen tereftalat (PET) şişelerinin ters geri dönüşümünde denizle sonuçlanabilir.
- Çöp: sokaklara atılan plastikler de kirliliğe neden olmaktadır.
- Deniz faaliyetleri: yüzen cihazlar, tekne boyaları, kaplamalar veya zehirli boya, plastik balıkçılık ekipmanları, büyük plastik parçalar, dalgalar ve yüksek enerjili kıyı şeritlerinde öğütme sonucu mikroplastikler meydana gelir.

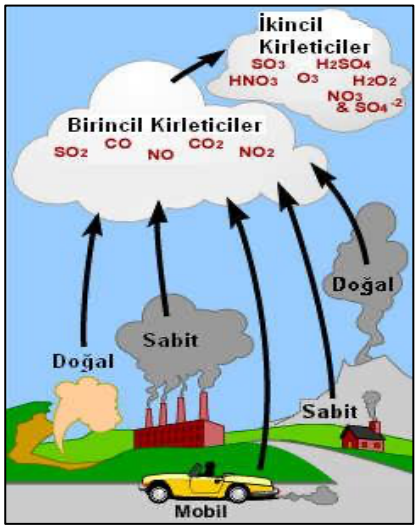
II. 2. 7. Mikroplastik Kirliliğinin Zararları

Mikroplastikler çevreye girdikten sonra, hidrolik ve hava faktörleri (rüzgar, gelgit, yağmur vb.), insan faaliyetleri gibi etkilere bağlı olarak su, toprak ve hava ortamlarına geçebilmektedirler. Mikroplastik kirliliği, günümüzde hem endüstride hem de akademik çalışmalarda önemli bir konudur ve bu alandaki çalışmalar dünya çapında medya ve bilimsel toplulukta hızla artan bir ölçekte ilgi çekmektedir. Plastikler veya mikroplastikler sucul ortamlarda bulunan ototrofik organizmaların (mikroalg, deniz yosunları, bazı fotosentetik bakteriler) ışığa nüfuz etmesini engelleyerek fotosentezini kısıtlar. Sudaki hayvanlar tarafından yanlışlıkla yutulan mikroplastikler; sindirim sistemi, yetersiz beslenme, metabolizma ve bağışıklık bozukluklarına neden olur [19]. Mikroplastikler işlenmiş atık sularla sulama ve mikroplastik içeren gübreleme uygulamaları sonucu ve açık hava plastik parçalarının bozunması veya boyalı yüzeylerden toprağa karışabilmektedir. Mikroplastikler toprakta yıllarca kalabilir. İnsanlar mikroplastikler içeren kozmetik ürünlerinden, besin yolu ile, içsel mekandaki tozun yutulmasıyla ve plastik veya boyalı/plastik yüzeylerin kullanılması ile mikroplastiklere maruz kalabilmektedir [7]. Havadaki mikroplastikler, havanın berraklığını azaltabilir ve ciddi durumlarda trafik kazalarına sebep olabilir. Cai ve ark. (2017) yapmış olduğu bir çalışmada, havadaki mikroplastiklerin bozunma modellerinin sucul ortamdakilerle benzer olduğunu, bu da havadaki mikroplastiklerin atmosferik birikimle su ortamına taşınabileceğini göstermektedir [24]. Havadaki mikroplastikler,

solunum sistemini tahriş etme ve iltihaplanma ile solunum yolu semptomlarına ve hatta kanser gibi insanlar için ciddi sağlık problemlerine neden olabilmektedir. Atmosferde bulunan mikroplastiklerin insan sağlığı üzerinde potansiyel olumsuz etkileri olmasına rağmen, havadaki mikroplastik kirliliği hakkındaki çalışmalar oldukça sınırlıdır [19].

Son zamanlarda hava kalitesinde mikroplastiklerin rolü potansiyel olarak önem kazanmıştır. Gasperi ve ark., (2015) yaptığı bir çalışmasında, iç ve dış havanın mikroplastiklerle kontaminasyonunu araştırmışlardır. Paris-Est Üniversitesi'nde iki özel daire ve bir ofiste mikroplastiklerin (partikül sayısı/m^3) iç hava konsantrasyonları ölçülmüş. Paris merkezine yaklaşık 10 km olan bir bölgede bulunan üniversite çatısında açık hava örnekleri toplanmış. Filtreler daha sonra bir stereo mikroskop Leica Mz12 ile birlikte mikroplastikleri gözlemlemişlerdir. Bu çalışmada ele alınan minimum mikroplastik parçacık boyutu yaklaşık 50 dir [16].

Havada mikroplastikler gibi kirletici partiküllerin bulunması hava kirliliğine neden olmaktadır. Hava kirliliği, volkanik patlamalar, orman yangınları gibi doğal kaynaklardan ve antropojenik (insan aktivitelerine bağlı olarak oluşan) yapay kaynaklardan meydana gelir. Kirleticilerin antropojenik kaynakları araçlardan kaynaklanan emisyonlar, fabrikalar, endüstriyel faaliyetler gibi örnekler verilebilir. Havadaki kirleticiler kaynaklarına göre birincil ve ikincil şekilde sınıflandırılırlar [25] (**Şekil II. 8**).



Şekil II. 8 Havadaki kirleticiler

Kirletici kaynaklarından doğrudan atmosfere verilen kirleticiler birincil kirleticiler, kirleticilerin atmosferin su ve oksijen gibi bileşenleriyle kimyasal tepkimeleri sonucu atmosfer içinde oluşan kirleticilere de ikincil kirleticiler denir. Hava kirliliğine neden olan ikincil kirleticilerden; azot dioksit, kükürt dioksit, ozon ve hidrokarbonlar gibi bileşiklerdir. Bu kirleticilerin kaynakları ise; atık çöpler, düşük kaliteli yakıt kullanımı, yoğun taşıt trafiği, yeşil alanların azlığı ve sanayi kuruluşlarında endüstriyel işlemlerde yanma sonucu meydana gelen atık gazların gerekli önlemler alınmadan havaya bırakılmasıdır [26]. Sekonder kirleticiler, primer kirleticilerin atmosferde bazı reaksiyonları sonucu meydana gelir. Ketonlar da karbonlu bileşikler sınıfına dahil edilen ikincil kirleticiler arasındadır. Endüstride çözücü kullanılması ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerdir [27]. Kirleticiler ayrıca fiziksel durumlarına göre de sınıflandırılır. Buna göre, gazlar ve partikül maddeler (asılı parçacıklar) şeklinde iki gruba ayrılır. Gazlar, filtre ortamına veya atmosferdeki bileşenlerle kimyasal tepkimeye girmedikçe filtrelerden geçebilen küçük moleküllerdir. Kükürt dioksit, azot oksitler, hidrokarbonlar, karbonmonoksit, ozon ve uçucu organik bileşikler şeklinde örnek verilebilir. Partikül maddeler ise atmosferde asılı kalan katı veya sıvı damlacık şeklinde bulunanlardır [28]. Partikül maddeler, kalp veya akciğer hastalığı olanlarda erken ölüm, kalp krizleri, astım atakları, akciğer fonksiyonlarında azalma, solunum yollarının tahrişi, öksürük veya nefes darlığı gibi solunum semptomlarıyla ilişkili olduğu bilinmektedir [29]. Hava kirliliği, sanayileşme ile biriken ve insan sağlığını tehdit eden bir sorundur. Sanayileşme, evsel atık, ısıtma ve motorlu taşıt trafiğine, toprak, su ve hava kirliliğine neden olmaktadır [30].

Hava kirliliği aktif veya pasif örnekleme tipleri olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak incelenir [31].

- **Aktif Örnekleme;** Atmosferdeki gaz ve partikül fazlarında bulunan yarı uçucu organik bileşikler (SVOC) için aktif örnekleme, uzun yıllar referans yöntemi olmuştur [32] [33]. Bu yöntem, hava kirleticilerini bir filtreden (parçacık bağlı bileşikleri yakalamak için) veya bir adsorban yatağından (gaz faz bileşiklerini yakalamak için) geçirilmesi ile yapılan bir işlemdir [33]. Pestisitler ve mikroplastikler gibi organik kirleticileri tespit edebilen bir yöntemdir [32] [34] [35] [36] [37]. Bu yöntemin güvenilir verileri iyi bilinmesine rağmen; hantal, ağır, zaman alıcı, pahalı ve bir güç kaynağı gerektirmesi gibi çok sayıda dezavantajları bulunmaktadır [38] [39].
- **Pasif Örnekleme;** Gaz halindeki kirletici örneklerini, atmosfer tabakası içinden

difüzyon gibi fiziksel bir işlemle, atmosferde bulunma değerini alabilen cihazdır [40]. Genellikle, yarı geçirgen membran cihazı (SMPD), katı fazlı mikro ekstraksiyon (SPME) fiber, poliüretan köpük (PUF) disk, polietilen (PE) cihaz gibi pasif örnekleyiciler kullanılır [41]. Pasif örnekleme tekniği, düşük maliyetli, düşük bakım gereksinimleri, gözetimsiz çalışma ve güç kaynaklarından bağımsızlığı nedeniyle aktif örnekleme yönteminden daha avantajlıdır [41] [42] [43] [44]. Bununla birlikte, bu örnekleme tekniğinde de; kısa süreli kirletici varyasyonların belirlenmesi, otomasyonda zorluk ve sıcaklık dalgalanmaları, nem ve hava hızı (Mar) gibi çevresel durumlara yüksek duyarlılığı gibi dezavantajları bulunmaktadır [33] [43].

Solunan havanın kalitesi, en yoğun sanayi kollarına ve trafik akışına sahip Türkiye'deki en yüksek nüfusa sahip İstanbul gibi büyük şehirlerde daha önemlidir. Hava kirliliği, İstanbul gibi şehirlerde özellikle en önemli çevre sorunlarından biridir. İstanbul'da hava kirliliği 1980'den beri en önemli çevre sorunu olmuştur. 1980'lerin sonlarında itibaren evsel ısıtma ve sanayi yanma amaçlı olarak kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklı SO_2 partiküllerine maruz kalmıştır. 1990lardan itibaren ise hava kirliliği insan sağlığını tehdit etmeye başlamıştır.

Bu nedenle İstanbul'da hemen hemen her bölgede hava kalitesi T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına bağlı SİM (Sürekli İzleme Merkezi) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesine bağlı İstanbul Hava Kalitesi sistemleri ile havadaki partikül maddeler, karbon monoksit, kükürt dioksit, azot dioksit ve ozon kirleticilerin yoğunlukları anlık olarak ölçülmektedir. Ancak bu kirleticiler arasında mikroplastikler yer almamaktadır.

Mikroplastik kirliliği insan faaliyetleri ve jeomorfolojiyle yüksek düzeyde ilişkili olduğunu göstermiştir. Mikroplastiklerin meydana gelme durumlarının ve dağılımının daha geniş ölçekte araştırılması ve temel toksikolojik araştırmaların yanı sıra standartlaştırılmış protokol geliştirilmesi, mikroplastik kirliliğinin bireysel, nüfus veya ekosistem üzerindeki ekolojik sorunların çözümüne yardımcı olacaktır [19].

II. 2. 8. Mikroplastikleri Belirleme Teknikleri

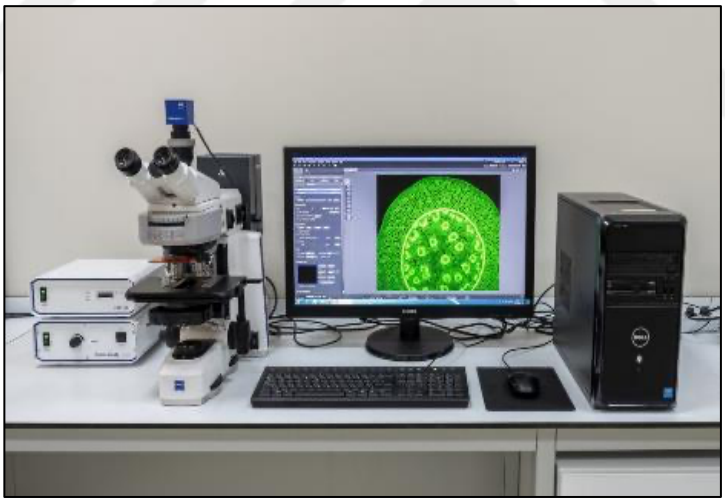
Mikroplastiklerin çok küçük boyutları sebebiyle, dünya çevresinde mikroplastik atıkların tam miktarını tespit etmek çok güçtür. Optik mikroskop, elektron mikroskobu, Raman spektroskopisi ve Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) gibi tekniklerle mikroplastiklerin saptanabileceği belirlenmiştir [20].

II. 2. 8. 1. Mikroskop ile İnceleme

Optik mikroskop, Taramalı Elektron mikroskobu (SEM), Atomik Kuvvet mikroskobu (AFM), Geçirimli Elektron mikroskobu (TEM) ve Floresan mikroskobu ile tanımlanabilmektedir. Mikroplastikleri görsel olarak karakterize etmesini sağlayan tekniktir [45] (**Şekil II. 9**) (**Şekil II. 10**).



Şekil II. 9 Mikroskop çalışmaları [6] [7] [8]



Şekil II. 10 Floresan mikroskobu [9]

Çevresel örneklerden mikroplastiklerin saptanmasında floresan boyaların kullanılması bu tekniğin uygun, verimli ve güvenilir hale getirmiştir. Lv ve arkadaşları mikroplastik tespiti için Nile Red, Safranin ve flöresin olmak üzere üç adet floresan boya önermiştir. Nile Red boyası, suda çözünür ve hidrofobik parçacıkların saptanmasına yardımcı olan bir floresan boyadır. Mikroplastik tespiti için Nile Red boyasının kullanımı hızlı, ucuz ve basit bir tekniktir. Nile Red boyası ile mikroplastiklerin miktarının belirlenmesi, bu partiküllerin diğer inorganik veya organik maddelerden ayırt edilmesini sağlayabilmektedir [46]. Ayrıca NR solvatokromiktir bu

nedenle floresan emisyon spektrumu çevresinin polaritesine bağlı olarak değişmektedir [47].

II. 2. 8. 2. Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre (FT-IR)

Fourier Transform Infrared (FT-IR) spektroskopisi günümüzde araştırma ve endüstriyel alanda polimer karakterizasyonu ve tanımlanması için yaygın bir tekniktir. FT-IR spektrumları ile mikroplastiklerin kimyasal doğasını otomatik olarak belirlemek için yöntemlerin geliştirilmesi önemli bir değişikliktir [48]. Mikroplastiklerin kimyasal bileşimini güvenilir tespiti için kullanılan bir tekniktir [45]. Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) sıklıkla çökelti örneklerinde plastikleri tespit etmek için kullanılmaktadır [49] **(Şekil II.11**).

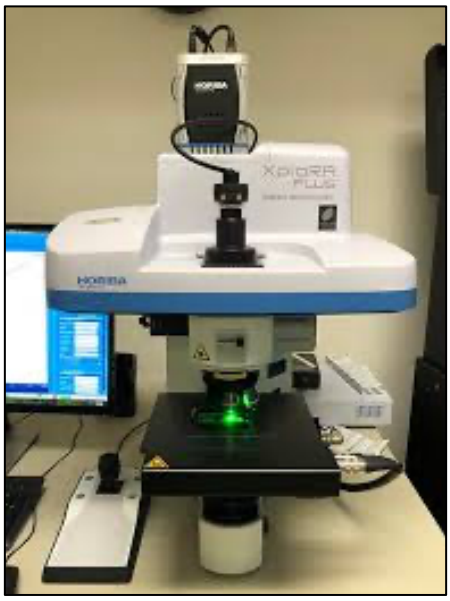


Şekil II. 11. FT-IR spektroskopisi [10]

FT-IR Spektrometreleri, spektrumun çok daha hızlı ve iyi çözünürlükte elde edilmesini, hassas ve doğru analiz yapılmasını sağlar. Burada tüm dalga boyları aynı anda taranmaktadır. Kısa sürede tarama işlemi olmaktadır. FT-IR biyolojik materyallerin analitik karakterini belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir [50].

II. 2. 8. 3. Raman Spektroskopisi

Kırmızı-altı spektroskopi tekniğinin tamamlayıcısı olan Raman spektroskopisinde, örnek moleküller üzerine görünür bölgedeki tek frekanslı bir elektromanyetik dalga gönderilerek saçılan ışınım incelenir **(Şekil II.12**).



Şekil II. 12 Raman spektroskopisi [11]

II. 2. 8. 4. SEM/EDS

Elektron mikroskopları bir elektron kaynağından salınan elektronların örnek ile etkileşimleri sonucunda görüntü oluşumunu sağlar. Taramalı elektron mikroskobu (SEM), yüksek enerji odaklı bir elektron ışını kullanarak belirli bir örnek bölgeyi büyütür. SEM ile değerlendirilen bölge, enerji dispersiyon spektroskopisi (EDS) kullanılarak belirli elemanlar için de test edilebilir. SEM/EDS yöntemi, x500.000 'a kadar büyütme özeliğine sahip mikro ölçekli ve nano ölçekli özelliklerinden dolayı bir numunede mikroplastiklerin ve bozunma sürecinin saptanmasını sağlar [2] (**Şekil II. 13**)



Şekil II. 13 SEM cihazı [12]

II. 2. 8. 5. Biyoizleme (Biyomonitör) Yöntemi

Hava kirliliğinin değerlendirilmesi pahalı ve kompleks bir işlemdir. Bu yüzden ucuz, kolay ve güvenilir sonuçlarıyla biyoizleme yöntemi yararlı bir tekniktir [51]. Biyoizleme yöntemi, hava filtreleri ve biriktirme toplayıcıları üzerinde; örnekleme kolaylığı, alanda kalıcı ve sık rastlanan olaylar, düşük maliyetle daha uzun izleme, uzak alanda izleme imkanı ve izleme için sahada pahalı ekipman ihtiyacı olmaması şeklinde avantajları bulunmaktadır. Biyoizleme, içinde bulunduğu çevrenin kalitesi hakkında bilgi veren bir hayvan, bitki veya mantar türünün kullanılmasıyla yapılan teknik olarak tanımlanmaktadır [52]. Biyoizleme, doğal biyolojik türler kullanılarak çevrenin kalitesini karakterize etmeye ve izlemeye izin veren süreçler ve faaliyetlerdir [53]. Biyolojik izleme iki şekilde gerçekleştirilir:

- İzlenen türlerin davranışlarındaki değişikliklerden bilgi sağlama,
- İzlenilen türlerin dokularındaki belirli kirletici maddelerin konsantrasyonlarını tespit etmek.

Bir biyoindikatör, ortamdaki çevrenin sağlığını ve durumunu göstermek için kullanılan bir organizma, nüfus, topluluk veya ekosistemin kalitesidir [54]. Biyoindikatörler, şehir ve kırsal çevrelerin her ikisinde de hava kalitesinin biyolojik izlenmesinde kullanılmaktadır [55]. Biyoindikatörlerle ilgili ilk çalışmalar 1960'lı yıllardan başlamıştır. Stöcker (1980) ve Philips (1977, 1980) biyoindikatörlerin ana karakteristik özelliklerini belirlemişlerdir. Buna göre biyoindikatörler:

- Ölümcül seviyesine gelmeksizin kirleticileri biriktirebilme,
- Geniş bir coğrafik yayılıma sahip olma,
- Toplama bölgesinde olabildiğince bol miktarda olmalı, o bölgede yerleşik veya sabit,
- Analiz için canlı dokuların toplanmasında bütün yıl ortamda bulunması,
- Toplanması kolay ve laboratuvar koşullarına dayanıklı olmalı
- Çalışma altında kontamine durumlarına yüksek miktarda dayanıklı olmalı,
- Çevredeki kontamine konsantrasyonları ile organizma içindeki kontaminasyon

arasında ilişki olmalı,

- Her çalışma alanında aynı kontamine seviyesine sahip olmalıdır [56].

Drosophila melanogaster Meigen, 1831 yılından beri hava kirliliğinin biyoindikatörü olarak kullanılmaktadır [57]. Çevre kirliliği biyoindikatörleri olarak kullanılan salyangozlar gibi hayvanlar, çeşitli kirleticilere karşı duyarlılıkları ve dokuları aracılığıyla biriktirebilme yetenekleri nedeniyle toksinlerin ortamdaki etkinliğine karşı koymak için birden fazla fizyolojik etki gösterir [52]. Çam iğneleri, atmosferik çalışmalarda alternatif biyoizleme ajanları olarak kullanılmaktadır. PCB, PAH ve OCP gibi havadaki organik kirleticilerin tespiti *Pinus pinea* ağacının iğneleri ve dalları biyoindikatör olarak kullanılarak belirlenmiştir [58]. Ancak mikroplastikler gibi organik kirleticilerin biyoindikatörleri olarak sıklıkla likenler ve yosunlar kullanılmaktadır [59]. Biyoindikatörler içinde, likenler çeşitli hava kirleticilerinin atmosferik birikimini izlemek için en çok kullanılan organizmalardır. Likenler Avrupa'da 1860'lı yıllardan beri hava kirliliğinin potansiyel biyoindikatörleri olarak kabul edilmiştir [55]. Spesifik biyolojik yapılara sahip likenler, hava kirliliğinin en iyi biyoindikatör organizmalarıdır. Likenler kükürt dioksit, iz element ve ağır metaller gibi kirleticiler için, biyoizleme çalışmalarında kullanılmaktadır [60]. Su değişimini sağlayan yapılarının bulunmaması, liken organizmasının dış uyaranlarına anında tepki vermesine katkıda bulunur ve bu da likenlerin hava kirliliği çalışmalarının izlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Likenler ile araştırmanın modern metodu iki yönde gelişmektedir. Birincisi, fraktal boyut araştırması dahil olmak üzere, antropojenik kirliliğin etkisi altında tallus yapısal oluşumlarındaki morfolojik değişikliklerin incelenmesi ve ikincisi, liken dokularındaki elementsel kompozisyonun belirlenmesidir. Likenlerin biyo birikim niteliklerinin kullanılması, şehrin geniş bir bölgesinde atmosferik havanın durumu hakkında güncel veriler elde edilmesini sağlar [61]. Liken tallusunun analizi ağır metaller, iz elementleri, partiküller veya radyoaktif maddeler gibi havadaki kirleticilerin seviyesini tespit etmek için kullanılan yaygın bir tekniktir [62]. Likenlerin yaygın oluşumu, uzun ömürlü, iz elementlerin ve diğer partikül maddelerin verimli emilim mekanizması biyoizleme için bu organizmaları ideal kılar [63]. Ancak, likenlerin İstanbul Asya Yakasında havadaki mikroplastik parçacıklarının belirlenmesinde kullanılması yapılmamıştır. Bu bakımdan havadaki mikroplastik parçacıkların liken biyoizleme ile tespiti bu çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

BÖLÜM III.

LİKENLER

III. 1. Liken Nedir

Likenler, mantar ve algler/mavi-yeşil alglerin simbiyotik ilişkisinden meydana gelen organizmalardır. Likenler; uzun yıllar yaşayabilen, kendi besinini üretebilen, bir ya da çok sayıda alg veya siyanobakteri ile mantardan oluşan simbiyotik birlikteliktir [64] [65].



Şekil III. 1 *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. [13]

III. 2. Likenlerin Morfolojik ve Ekolojik Özellikleri

Likenlerdeki simbiyotik birlik kökleri olmayan bir gövde (tallus) oluşturur. Tallus mantar dokudan oluşan korteks ve medulla tabakası ile mantar hifleri tarafından sarılmış fotobiyont tabakasından oluşur. Likenler fizyolojik ve morfolojik özellikleri nedeniyle hava kirliliğine çok hassas organizmalardır. Yüksek yapılı bitkiler gibi kökleri olmadığından, fotosentez için gerekli maddeler bakımından sadece atmosfere bağlıdırlar. Ayrıca likenlerin dış yüzeylerinde koruyucu bir tabaka bulunmamasından dolayı havadaki kirleticiler tallus yüzeylerinden doğrudan içeri geçebilmektedir [51] [62] [66].

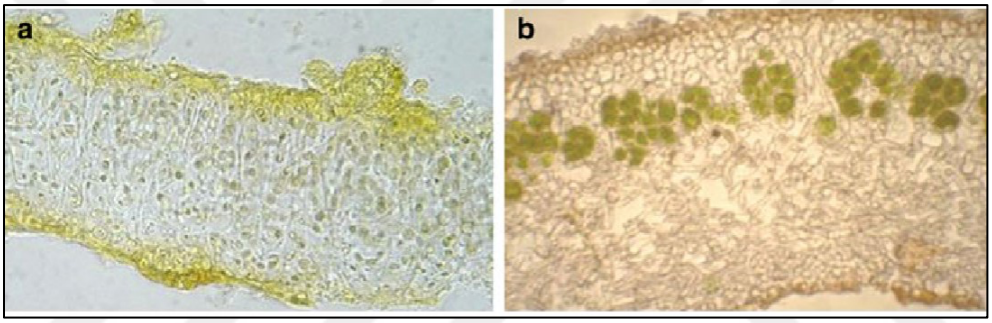
Likenlerin coğrafik dağılımı oldukça geniştir; Ekvatorda, kutup bölgelerinde, dağlık ve kıyı bölgelerde, tayga veya yağmur ormanları gibi çok değişik orman ekosistemlerinde ya da çöllerde olmak üzere tüm karasal ekosistemlerde bulunabilirler [67]. Kayaların üzerinde yaşayan likenlerin çoğunluğu, yüzey üzerinde epilitik olarak,

diğerleri ise kaya yüzeyleri arasında endolitik olarak bulunur. Toprak üzerinde yaşayanlar terrikol, ağaçların üzerinde yaşayanlar epifitik, yaprakların üzerinde hızlı koloni oluşturarak yer almış olan likenler de epifilik olarak adlandırılır. Liken çeşitlilik değerleri, özellikle hava kirliliği için biyoindikatörler olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle epifitik likenlerin çeşitliliğine dayanan biyoizleme yöntemleri dünya çapında en çok kullanılan yöntemlerden biridir [68] [69] [70].

III. 3. Likenlerin Morfolojik ve Anatomik Sınıflandırılması

Likenlerin sınıflandırılması; tallus yapılarına, morfolojik yapılarına, üzerinde bulundukları substratlara ve likeni oluşturan mantarın sınıfına bakılarak yapılmaktadır.

Tallus Yapılarına Göre;



a **b**

Şekil III. 2 Tallus yapılarına göre (a: homomerik tallus, b: heteromerous tallus)

Fotobiyont ve mikobiyont hücrelerinin ayrı bir katman şeklinde bulunulan tallus yapısına heteromerik tallus (**Şekil III. 2.** b) denir. Bazı liken tallusunda, fungal hif ve fotobiyont hücreleri homojen ve farklılaşmamış bir tabaka oluştururlar. Bu tallus yapılarına ise homomerik tallus (**Şekil III. 2.** a) denilmektedir.

Morfolojik Özelliklerine Göre;

- **Kabuksu Likenler;** Sıklıkla kayaların üzerinde bulunurlar.

- **Yapraksı Likenler;** Rizin adı verilen yapılar tarafından genellikle ağaçların gövdelerine bağlıdır. (**Şekil III. 3**). Hava kirliliği biyoizleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.



I **II**

Şekil III. 3 Yapraksı likenler (Foto I: Özen, E., 2019; Foto II: Kaya, A. 2018).

- **Dalsı Likenler;** Üç boyutlu bir gelişme gösterir; alt tabaka ile küçük bir teması ve hava ile büyük bir teması vardır, bu da atmosferik ajanlara daha fazla maruz kalmasını sağlamaktadır [67].

Likenlerin ayrıca taksonomik olarak sınıflandırılmasında ise likeni oluşturan mantarın türleri esas alınarak yapılır. Buna göre likenlerin 13500-17000 arası türe sahip olabilmektedir [71].

III. 4. Likenlerin Biyoindikatör ve Biyomonitör Özellikleri

19. yüzyılın ikinci yarısında Paris'te kaldığı süre boyunca, bir likenolog olan Wilhelm Nylander likenlerin hava kalitesinin "hijyometreleri" (biyoindikatör anlamına gelen terim) olarak kabul edilebileceğini ve atmosferik kirlilik konusunda bilgi verebileceğini öne süren ilk kişidir [72]. 1950'lerde nükleer testlerden kaynaklanan kirlilik nedeniyle likenler kullanılarak ilk biyoizleme çalışmaları araştırılmış. 1960'ların sonlarında ve 1970'lerde *Parmelia saxatilis* ve *Hypogymnia physodes* likenleri ile yapılan çalışmalarla, ağır metallerin ve metal içeriğinin atmosferik birikimi arasında bir korelasyon olduğu gözlenmiş [73]. Liken türlerinin dağılım desenleri biyotik ve abiyotik faktörlü hava kirleticilerinin seviyelerindeki değişimleri yansıtır. Likenler, metallerin ve kalıcı organik kirleticilerin verimli indikatörleridir ve sık sık bu tür maddelerin birikimini izlemek için kullanılır. Likenler;

hava kirliliğine hassas, dayanıklı ve kirli çevrelerde de yaşayabilme özelliğine sahip ve bundan dolayı hava kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan biyoindikatör organizmalardır. Biyoindikatör liken türleri kirlilik seviyesine bağlı olarak yayılış gösterebilir veya kirlilik çok yüksek olduğunda ortamdan yok olurlar. Bu canlıların varlığı veya yokluğu hava kirliliği özellikle SO_2 (Kükürt dioksit = Sülfür dioksit) hakkında bilgi verir [74].

Hava kalitesinde biyoindikatör organizma olarak likenler sıklıkla çalışılmaktadır. Likenler biyoindikatör veya biyoizleme olarak iki farklı yollarla çalışılır:

1. Belirli bir alanda bulunan tüm türlerin haritalanması ile,
2. Liken türünün belirli örneğinden tallusları ile kirleticinin ölçülmesi veya kontamine olmayan alanla kontamine alandan likenlerin alınması, sonra liken tallusunda morfolojik değişikliklerin ölçülmesi veya fizyolojik parameterlerin ölçülmesidir.

Hava kirliliğine hassaslık bakımından liken türleri üç gruba ayrılır. Kirleticilerin etkisi ile hemen ortadan kalkan duyarlı türler; *Usnea*, *Ramalina* cinslerine ait türler ve *Pseudevernia furfuracea* türü örnek olabilir. Hava kirliliğine rağmen ortamlarındaki gelişimini sürdürebilen dayanıklı türler; *Hypogymnia physodes*, *Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens*, *Buellia punctata*, *Lepraria incana* türleridir. Bu türler kirliliğe dayanıklı olmalarına rağmen kirlilik seviyesi çok artarsa ortadan kalkmaktadır. Liken türlerinin büyük bir kısmı ortadan kalktıktan sonra bile gelişimini sürdüren türler de ise; *Lecanora conizeaoides* türü en bilinen örnektir [75].

Liken tallusunun analizi havadaki ağır metaller, iz elementler, partiküller veya radyoaktif maddeler gibi kirleticilerin seviyelerini tespit etmek için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Günümüzde çoklu element analizi, liken çantaları, nakledilen likenler veya polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi diğer atmosferik kirleticileri gibi likenleri kullanarak hava kirliliğini biyoizleme çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Biyoizleme çalışmaları için *X. parietina (L.)* Th.Fr*., Flavoparmelia caperata* L. (Hale*), Parmelia sulcata* Taylor gibi geniş yüzeyli foliose liken türleri tercih edilmektedir. Ülkemizdeki biyoizleme çalışmalarında sıklıkla *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. ve *Cladonia rangiformis* Hoffm. gibi liken türleri de kullanılmaktadır [62].

Likenlerin mikroplastikleri de içeren organik kirleticileri biriktirme mekanizmalarıyla ilgili çalışmalar azdır. Yapılan bir çalışmada kıyı likenlerinin ham petrolü biriktirebildiği tespit edilmiştir. Herbisit ve pestisitlerinde etkileri incelenmiş, liken biyoçeşitliliğini ters oranda etkilendikleri gözlenmiştir [76]. Bu tezle İstanbul Asya Yakasında havadaki mikroplastiklerin liken biyoizleme yöntemi ile tespiti ülkemizde öncü bir çalışma olması hedeflenmiştir.

BÖLÜM IV.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal: İstanbul Asya Yakasındaki çalışma alanında belirlenen bölgelerden toplanmış liken örnekleri, IAEA referans materyali.

Araç ve Gereçler: Kese kağıdı, Herbaryum zarfı, Stereomikroskop, Hassas terazi, Cam malzemeler, Falkon tüp, Distile su, Havan-tokmak, Etüv, ATR-FTIR Spektroskopisi, Nile-Red floresan boya, Aseton, Floresan mikroskobu.

Yapılan Çalışma: Hava kirliliği sorununun derecesini ve kaynaklarını belirleyebilmek için pasif izleme yöntemiyle biyoindikatör likenlerin incelenmesi temeline dayanmaktadır. Bu çalışmada liken örnekleri çalışma bölgesi olan İstanbul ili Asya Yakasında; Adalar, Ataşehir, Beykoz, Kartal, Maltepe, Sancaktepe, Sultanbeyli, Şile ve Pendik ilçelerinde belirlenmiş olan 27 adet istasyon bölgesindeki ağaçların üzerinden toplanmıştır. Materyal toplama işlemi 4.4.2019 ile 7.10.2019 tarihleri arasında yapılmıştır. Toplanan örnekler, üzerinde istasyon adı, enlem, boylam, yükseklik, tarih, saat bilgileri yazılı herbaryum zarfları içinde MUFE'de muhafaza edilmiştir. Bütün liken örnekleri hava kirliliğinin daha sağlıklı ölçülebilmesi için yerden en az 1 m yükseklikte, ağaç gövdesi üzerinden alınmıştır. Toplama sırasında x10 büyütmeli el lensiyle birlikte, çakı, bıçak, spatula gibi kesici aletlerden yararlanılmıştır. Tez çalışmasının materyal-yöntem bölümü; liken örneklerinin toplanması, kimyasal analizi, analiz sonucunda istasyonların mekânsal dağılımı ve floresan analizi olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır.

IV. 1. LİKEN ÖRNEKLERİNİN TOPLANMASI

IV. 1. 1. ÇALIŞMA ALANI

IV. 1. 1. 1. Çalışma Alanının Tanıtımı

İstanbul ili, 4. yüzyıldan 20. yüzyıla kadar on altı yüzyıl boyunca dünyanın en büyük ve en önemli şehirleri arasında yer almıştır. Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarının kesiştiği bölgededir ve bu yüzden değişken coğrafik koşulların etkisi altındadır. İstanbul ilinin kurulduğu, Çatalca ve Kocaeli yarımadaları aşınmış bir platodur. Bu platoların ortasından kabaca kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda İstanbul Boğazı geçer. İldeki en yüksek üç nokta sırasıyla Aydos (537 m) Dağı, Alemdağ (442 m) ve Kayışdağı (438 m)'dır. İlin topraklarının %74'ünü platolar, %9.5'ini ovalar, %16.1'ini ise alçak dağ ve tepeler kaplamaktadır. İldeki en önemli göllerden olan Büyükçekmece, Küçükçekmece ve Durusu gölleri birer lagündür. İstanbul, 28° 01' ve 29° 55' doğu boylamları ve 41° 33' ve 40° 28 kuzey enlemlerinin koordinatlarında yer almaktadır.

IV. 1. 1. 2. İklimi ve Bitki Örtüsü

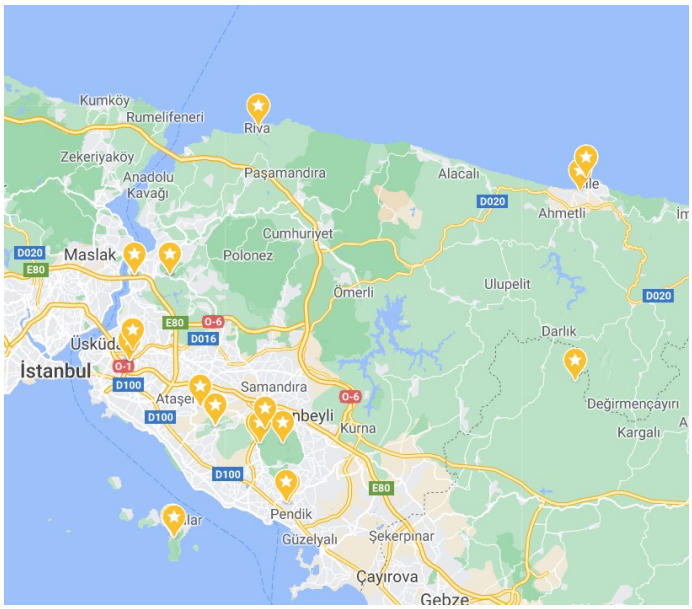
Tüm İstanbul şehri için iklim tipini, belirgin bir iklim tipi için değerlendirmek mümkün değildir. Coğrafi konumu ve fiziki coğrafi özellikleri nedeniyle aynı enlemde yer alan birçok yerleşim yerlerinin ikliminden daha farklı iklim özelliklerine sahiptir. Yerküre üzerinde ekvatordan başlayıp sırasıyla ikişer kez yinelenen alçak ve yüksek basınç kuşakları içinde, İstanbul (41ºC Kuzey enlemi, 29ºC Doğu boylamındaki konumu ile), subtropikal yüksek basınç kuşağı ile soğuk-ılık bölgenin alçak basınçlarının ya da karasal (alize) rüzgarları ile denizsel (nemli ve yağışlı) batı rüzgarlarının sınırındadır. Karadeniz ve Akdeniz iklimi arasında bir geçiş gösterir. İstanbul, subtropikal yüksek basınç kemeri ve soğuk-sıcak alçak basınç bölgesinde veya batı rüzgarlarının sınırındaki deniz ticareti (nemli ve yağmurlu) ile karasal (kuru) arasında yer almaktadır. Marmara bölgesindeki meteorolojik durum, başlıca kuzeyden esen rüzgarlarca karakterize edilir. İlave deniz/kara meltemi rüzgar sistemleri, dağ/vadi rüzgar sistemleri ile birlikte topografik yapı kaynaklı hakim rüzgar yönünü örtmektedir. Bir hava kirliliği değerlendirmesinde önemli bir konuda yerel yayılan kirleticilerin dağılımını değerlendirerek bu rüzgar sistemlerinin incelenmesidir. Hakim rüzgar kuzeyden esmekte olup, çoğunlukla Marmara bölgesinin güney kısmını etkilemektedir [77]. İstanbul'da yıl boyunca üç hava tipi egemendir. Bunlar kuzeyden

ve güneyden sokulan hava tipleri ile sakin hava tipidir. Üç hava tipi arasında, en yüksek frekansı göstereni, kuzey rüzgarlarının egemen olduğu sırada görülen hava tipidir.

İstanbul'da genel olarak orman, maki, psödomaki (Karadeniz iklimine uymuş, değişime uğramış, nemli karakterli daha ağaçsıl maki bitki toplulukları) ile kıyı bitkilerinden meydana gelen bir bitki örtüsüne sahiptir. Nemli ormanı karakterize eden ağaç türleri, daha çok Alemdağ'ın kuzeyi ve Polonezköy çevresinde görülen kestane, kayın, adi gürgen ve saplı meşedir. Riva deresi ve Ağva'daki Gökdere arasındaki bölgede batıda saplı meşe, doğuda Macar meşesi hakim türlerdir.

IV. 1. 1. 3. Örneklerin Toplandığı İstasyonların Tanıtımı

Bu çalışmada araştırma bölgesi olarak İstanbul ili Asya Yakasında belirlenen 27 adet istasyon bölgeleri çalışılmıştır. Kirli havanın yoğun olduğu bölgelerde likenlerin hassasiyetlerinden dolayı pek fazla yayılım göstermediği görülmüş, bu sebeple örneklerin bulunması uzun sürmüştür. Yapılan arazi gezilerinde *Xanthoria* cinslerinin tüm istasyonda geliştiği görülmüş, sağlıklı bir karşılaştırma yapılabilmesi için sadece bu cins tercih edilmiştir. İstasyonlardan seçilen 27 adet bölgelerde ağaçların üzerinden örnekler toplanmış, Google haritalar programında daha önceden kaydedilen GPS (Global Positioning System= Küresel Konumlama Sistemi) adresleri izlenerek tespit edilmiş ve yıldız figürleriyle işaretlenmiştir. (**Şekil IV. 1.**) Ancak Elmasburnu Tabiat Parkı gibi çalşma alanlarında ağaçların üzerinde olan likenler aynı bölgelerden bulunabilmiştir. Hava analizleri açısından ağaçlardan toplamak önemli olduğundan bazı istasyonlarda bu nedenle hemen hemen aynı GPS konumlarından alınmıştır.



Şekil IV. 1. Çalışma alanı ve örnek alınan istasyonlar

IV. 1. 1. 4. İstasyon Tablosu

İstanbul Asya Yakasında; Aydos Ormanı, Başıbüyük Ormanı, Kayışdağı Ormanı, Büyükada, Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile, Küçük Çamlıca Tepesi, Büyük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı Korusu bölgelerinde belirlenen ormanlık alanlardaki ağaçlardan liken örnekleri toplanmıştır. Örneklerin toplanma anında ayrıca GPS cihazı ile tam konumları alınarak aşağıdaki istasyon tablosu oluşturulmuştur.

İstasyon No	İstasyon	İlçe	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
1	Aydos Ormanı	Kartal	40° 56' 38.4"	29° 12' 58.68"	272
2	Aydos Gülbahar Sultan Kır Düğünü Alanı	Kartal	40° 56' 40.1994"	29° 13' 13.08"	272
3	Aydos Göl piknik alanı	Kartal	40° 57' 24.8394"	29° 13' 36.48"	232
4	Başıbüyük piknik ve mesire alanı	Maltepe	40° 57' 34.56"	29° 10' 4.4394"	268
5	Başıbüyük Ormanı	Maltepe	40° 57' 37.4394"	29° 10' 4.4394"	272
6	Kayışdağı Ormanı	Ataşehir	40° 58' 35.7594"	29° 9' 0.3594"	210
7	Büyükada Aşıklar çay bahçesi	Adalar	40° 51' 37.08"	29° 7' 1.56"	66
8	Büyükada Aşıklar tepesi	Adalar	40° 51' 33.84"	29° 7' 6.96"	82
9	Kanlıca Orman işletme müdürlüğü	Beykoz	41° 5' 42.7194"	29° 4' 17.76"	125
10	Kanlıca ormanı	Beykoz	41° 5' 42.7194"	29° 4' 17.76"	125
11	Göztepe Tabiat Parkı	Beykoz	41° 5' 40.92"	29° 6' 48.5994"	258
12	Göztepe Tabiat parkı, Mesire alanı	Beykoz	41° 5' 42.7194"	29° 6' 48.96"	280
13	Göztepe Mesire Yeri	Beykoz	41° 5' 43.08"	29° 6' 48.5994"	256
14	Mihribat korusu	Beykoz	41° 5' 42.7194"	29° 4' 17.76"	125
15	Elmasburnu Tabiat Parkı, Riva	Beykoz	41° 13' 39.7194"	29° 13' 6.5994"	67
16	Riva	Beykoz	41° 13' 39.7194"	29° 13' 6.5994"	67
17	Hacı Kasım, İskele	Şile	41° 10' 54.1194"	29° 36' 23.76"	31
18	Şile, *Fraxinus* sp.	Şile	41° 0' 0"	29° 35' 39.84"	33
19	Serintepe Piknik alanı	Şile	41° 10' 9.1194"	29° 36' 1.08"	111
20	Küçük Çamlıca Korusu	Üsküdar	41° 1' 10.5594"	29° 3' 58.6794"	195
21	Küçük Çamlıca Tepesi	Üsküdar	41° 1' 10.92"	29° 3' 53.64"	206
22	Küçük Çamlıca Tepesi Su Köşkü	Üsküdar	41° 1' 5.52"	29° 3' 59.04"	237
23	Küçük Çamlıca Tepesi Su Köşkü yakınları	Üsküdar	41° 1' 5.1594"	29° 3' 58.3194"	240
24	Büyük Çamlıca Tepesi	Üsküdar	41° 1' 37.5594"	29° 4' 9.84"	304
25	Dumlupınar Gözdağı Tepesi	Pendik	40°53.417'N	029°15.292'E	164
26	Gözdağı Korusu, *Ginkgo biloba*	Pendik	40°53.434' N	029°15.294'E	179
27	Gözdağı Korusu	Pendik	40°53.487'N	029°15.116'E	162

Tablo IV. 1. İstasyon Tablosu

IV. 1. 1. 5. Örneklerin Teşhis Edilmesi

İstasyonlardan toplanan liken örneklerinin tür tayini Doç. Dr. Gülşah ÖZYİĞİTOĞLU moderatörlüğünde yapılmıştır. Tür tayinleri teşhis anahtarı ile yapıldıktan sonra, örnekler; tür adı, istasyon adı, GPS adresi, yükseklik, tarih ve substrat türü bilgilerinin yazıldığı kağıt etiketli steril falkon tüplerinin içerisinde analiz aşamasına kadar hava almayacak şekilde herbaryumda muhafaza edilmiştir. Herbaryumda (MUFE); hava dolaşımına maruz kalmadan gün ışığında kurutulmuştur. Bu çalışmada arazi aşamasında istasyonların tümünde bulunan *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. türü seçilmiştir. Bu türün genel tanıtımı aşağıda verilmiştir.

IV. 1. 2. ÖRNEK MATERYALİN TANITIMI

- ***Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. Hakkında Genel Bilgiler**

Tallus 15 cm ye kadar yayılabilen oldukça düzgün rozet şeklinde, sarı-turuncu renkte, yapraksı, birbirine yakın ve az-çok kıvrımlı yatay veya kısmen dik loblu morfolojik özelliği bulunmaktadır. K (+) koyu menekşe-kırmızı renk verir.

Habitat olarak geniş yayılım alanına sahiptir. Besince zengin substratların çoğunda; ağaç, odun, kiremit üzerinde bulunmaktadır. Yayılış için karasal alanlar veya sahil bölgelerindeki asitli ve kalkerli kayalar üzerini tercih eden kozmopolit bir türdür.



Şekil IV. 2 Örnek materyal "*Xanthoria parietina*"

Liken örnekleri analiz öncesi falkon tüplerinin içinde **(Şekil IV. 3)** MUFE herbaryumunda muhafaza edilmiştir.



Şekil IV. 3 Örneklerin muhafaza edilmesi

IV. 2. KİMYASAL ANALİZLER

Toplanan örnekler 2 aşamada kimyasal analize hazır hale getirildikten sonra ATR-FTIR cihazında analizi yapılmıştır.

IV. 2. 1. Örneklerin Yıkanması-Kurutulması

Analiz için toplanan örnekler jilet vasıtasıyla substratlarından ayrılmıştır. Substratlar ağaç kabuğu ve incelenen liken türü rizinleriyle kabuğa sıkıca tutunmuş olduğundan ayırma işlemi dikkatli ve titiz bir şekilde gerçekleşmiş, ağaç kabuğunun likenle birlikte alınmamasına özen gösterilmiştir. Substratlarından ayrılan örnekler stereo mikroskop altında tekrar incelenerek kontamine olduğu daha küçük maddelerden arındırılmıştır.

Örnekleri hazırlama aşamasında, aparatın, özellikle cam eşyaların, distile su, etanol veya aseton ile farklı kısımlarını temizleyerek kirlenme risklerinden kaçınılmıştır [78]. Liken örnekleri, polenler, ölü böcekler, örümcek ağı gibi herhangi bir dış kirlilik kaynağını ortadan kaldırmak için distile su ile üç kez yıkanmıştır ve daha sonra oda sıcaklığında havada kurutulmuştur [79]. (**Şekil IV. 4**)

Sonrasında ise cam petri kaplarının içerisinde etüve yerleştirilmiş (**Şekil IV. 5**), örneklerin yanmamasına dikkat ederek 60°C'de 24 saat boyunca inkübe edilmiştir.



Şekil IV. 4 Örneklerin yıkanması



Şekil IV. 5 Örneklerin etüvde kurutulması

IV. 2. 2. Örneklerin Toz Haline Getirilmesi

Nemini tamamen kaybettiğine karar verilen örnekler sırasıyla etüvden çıkarılarak seramik havanda toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür.

Öğütülme işleminden sonra homojen hale gelen örnekler analiz işlemine kadar saklanmak üzere, üzerinde örnekle ilgili bilgilerin yer aldığı steril falkon tüplere konarak muhafaza edilmiştir.

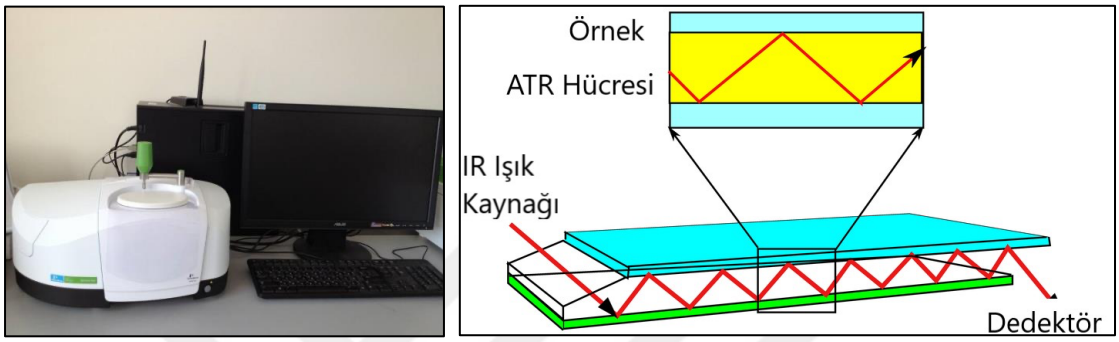
IV. 2. 3. FT-IR Analizi

Steril falkon tüplere birer gramlık temiz toz halindeki liken örnekleri tartılarak **(Şekil IV. 6)** konulmuştur. Böylece FT-IR analizi için örnekler hazırlanmıştır. FT-IR spektrometre analizi yapılmıştır. Referans materyali de bir gram tartılarak falkon tüpe konulmuştur.



Şekil IV. 6 Örneklerin tartılması

Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünde bulunan 400 cm^{-1}-4000 cm^{-1} çalışma aralığı; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16 cm^{-1} çözünürlük özelliklerine sahip ATR-FTIR cihazında (**Şekil IV. 7.** a) mikroplastik analizi yapılmıştır. ATR-FTIR tekniği, absorblama yeteneği yüksek olduğundan düşük geçirgenliğe neden olan ve yoğun miktarlardaki örneklerin IR spektrumlarını almak için avantajlıdır. (**Şekil IV. 7.** b) Analiz sonunda elde edilen sonuçlar yorumlanmak üzere elektronik ortamda Word dosyası şeklinde hazırlanmıştır.



Şekil IV. 7. ATR-FTIR Spektroskopisi a. Cihazı; b. Şematik olarak gösterimi (Misra ve Cullen, 2015)

Analitik ölçüm kalite kontrol materyali olarak, IAEA (The International Atomic Energy Agency =Uluslararası Atom Enerji Ajansı (UAEA)) alınan referans maddesi kullanılmıştır. Bu örnek analitik kimya laboratuvarlarında hem bir kalite kontrol materyali hem de likenlerde eser ve minör elementlerin ölçümünde bir referans maddesi olarak kullanılır. Epifitik bir liken olan *Evernia prunastri*' nin Portekiz'de kirletici kaynaklarından uzaktaki alanlarda (Gaviao, Ourique ve Serra do Cladeirao) *Cistus ladanifer* ve *Quercus* sp. ağaçlarından toplanmasıyla IAEA-336 materyali hazırlanmıştır.

IV. 3. İSTASYONLARA GÖRE FT-IR GRAFİKLERİNİN MEKANSAL DAĞILIMI

İstasyonlardan toplanılan örneklerin FT-IR kimyasal analiz sonuçlarındaki bileşiklerin bulunma oranlarının tüm istasyon bölgelerinde dağılımları Surfer 17.1 bilgisayar programında yapılmıştır.

IV. 4. FLORESAN MİKROSKOBU İLE İNCELEME

Mikroplastiklerin floresan mikroskobunda tespit edilmesi ve görüntülenmesinde Nile Red floresan boyası kullanılmaktadır [81]. Boya çözeltisi hazırlamak için 1 mg/ml^{-1} Nile red boya içeren aseton çözeltisi hazırlanır ve temiz bir

şişeye konulur (**Şekil IV. 8**). Boyama işlemleri bu çözeltiden yapılır [47].

IV. 3. 1. Örneklerin Hazırlanması

- 5 µg / mL'lik Nile Red floresan boyası için 1 mg/mL aseton içeren çözelti hazırlanmıştır (**Şekil IV. 8**). Örnekler, morfolojik boyama için filtre kağıtlı cam petri kaplarına aktarılmıştır (**Şekil IV. 9**).



Şekil IV. 8 Nile Red çözeltisi



Şekil IV. 9 Örneklerin hazırlanması

- Anatomik boyama için örneklerin enine ve boyuna kesitleri alınmıştır (**Şekil IV. 10**).



Şekil IV. 10 Örneklerin enine-boyuna kesitleri

IV. 3. 2. Liken Tallus Yüzeyinin Boyanması ve Görüntülenmesi

Nile Red floresan boya, gözlemden yarım saat önce filtre kağıdındaki örneklerin yüzeylerine (**Şekil IV. 11**) mümkün olduğunca eşit şekilde yayılmıştır. Filtre kağıtları araştırma sınıfı bir kamera ile donatılmış bir floresan mikroskop altında gözlemlenmiştir [78].



Şekil IV. 11 Örneklerin tallus yüzeyinin boyanması

IV. 3. 3. Anatomik Boyama ve Görüntüleme

Kesitleri alınan örnekler NR floresan boya ile boyanmıştır (**Şekil IV. 12**) ve floresan mikroskop altında incelenmiştir.



Şekil IV. 12 Anatomik boyama

BÖLÜM V.

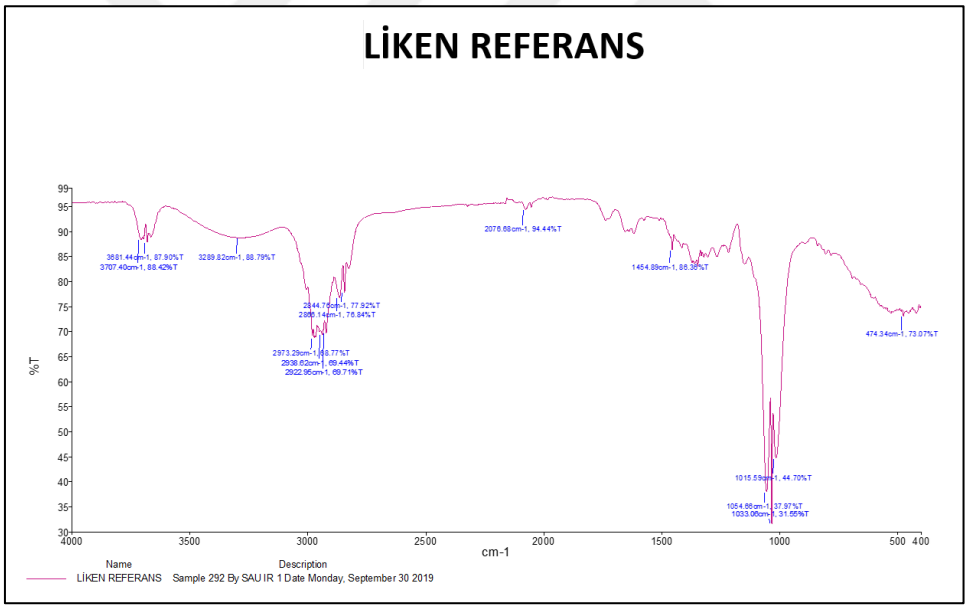
BULGULAR VE TARTIŞMA

V. 1. BULGULAR

V. 1. 1. Örneklerin FT-IR Spektrumları

Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümü laboratuvarında bulunan ATR-FTIR cihazı ile kimyasal analizi yapıldıktan sonra, sonuçları Araş. Gör. Dr. Emre GÜZEL tarafından Microsoft Word programında spektrum grafikleri oluşturulur. Prof. Dr. İ. Uslu ve Doç. Dr. Z. Özbek'in "FT-IR spektroskopisi" adlı sunumlarından yararlanılarak FT-IR analiz sonuç grafikleri yorumlanmıştır.

V. 1. 1. 1. IAEA 336 Liken Materyalinin FT-IR Spektrumları

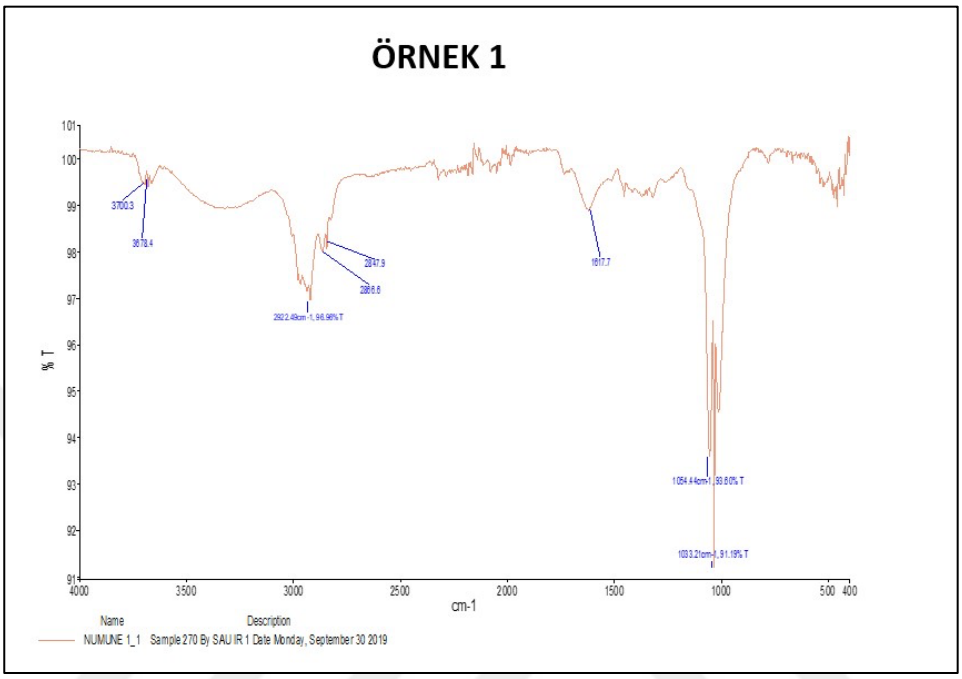


Grafik I. Referans materyalinin FT-IR analizi spektrumu

FT-IR analizinde temiz ortamdan alınan referans liken örneğindeki (IAEA-336 materyali) sonuçta soldan sağa doğru sırasıyla; Hidroksit (OH), CH, Keton ve Eter bileşikleri çıkmıştır. Canlı organizmalar olduğundan dolayı organik bileşikler bulundurabilmesinden kirli parçacık olarak değerlendirilememektedir. Referans materyalin floresan mikroskobunda da zaten herhangi bir mikroplastik parçacığa rastlanmamıştır.

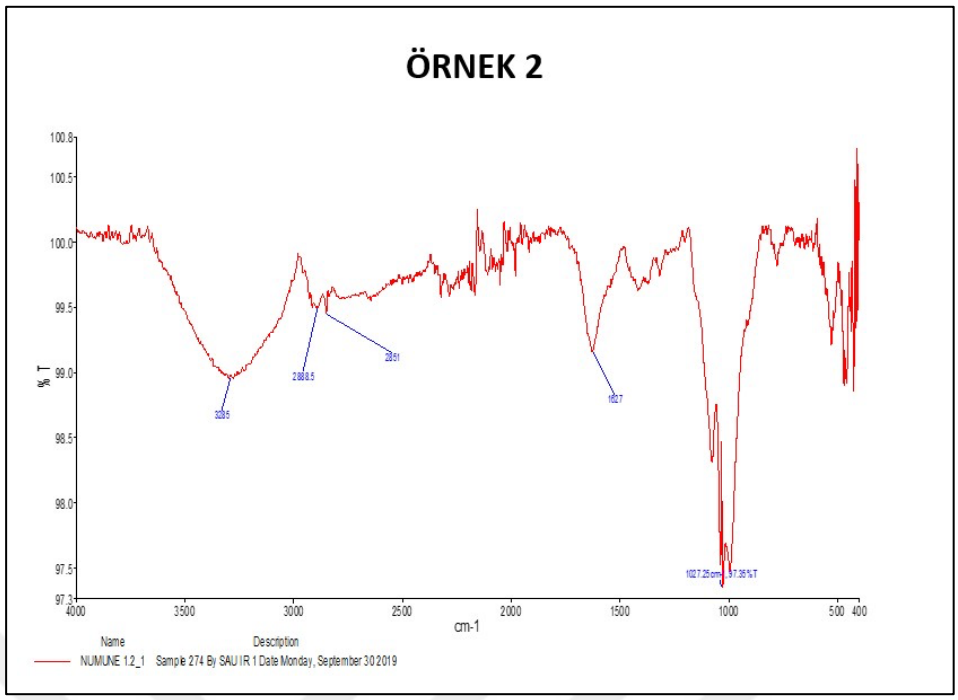
V. 1. 1. 2. Aydos Ormanı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Kartal Aydos Ormanından toplanan liken örnekleri 1, 2 ve 3 numaralı örnekler olup FT-IR spektrumları Grafik II, III ve IV ile gösterilmiştir.



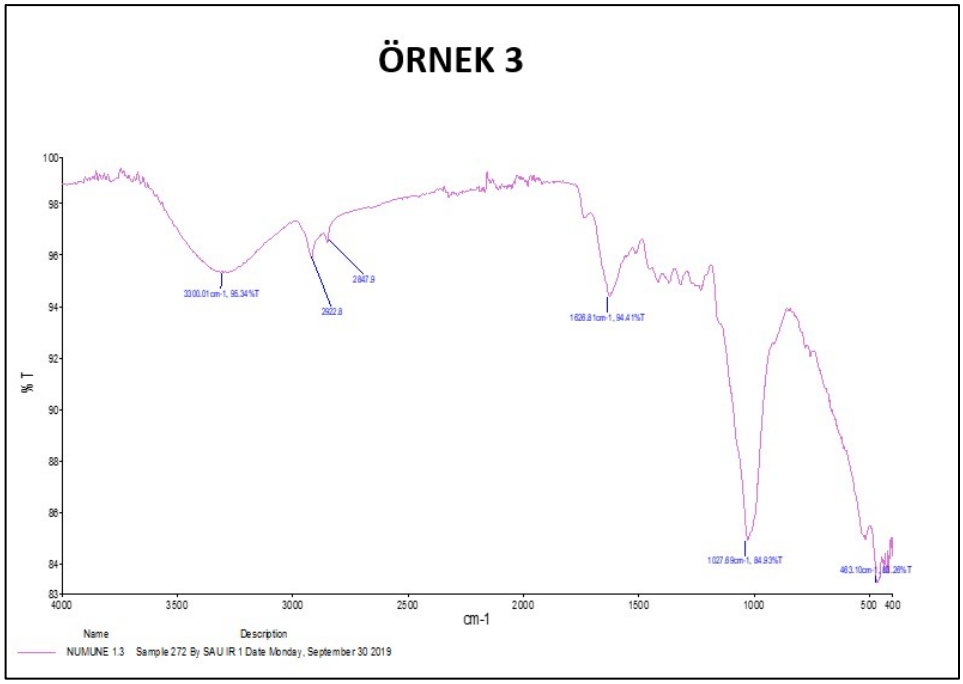
Grafik II. Aydos Ormanı istasyonundan alınan 1 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Aydos Ormanından alınan liken örneğinin FT-IR analizinde spektrumdaki her bir pik soldan sağa doğru sırasıyla; Hidrokarbon (CH), Alken ve Eter bileşikleridir.



Grafik III. Aydos Ormanı istasyonundan alınan 2 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Aydos ormanı Gülbahar Sultan kır düğün alanı istasyonundan toplanan liken örneğinin FT-IR analizinde; Hidroksit (OH), Hidrokarbon (CH), Keton, Amin (NH_2) ve Eter bileşikleri tespit edilmiştir.

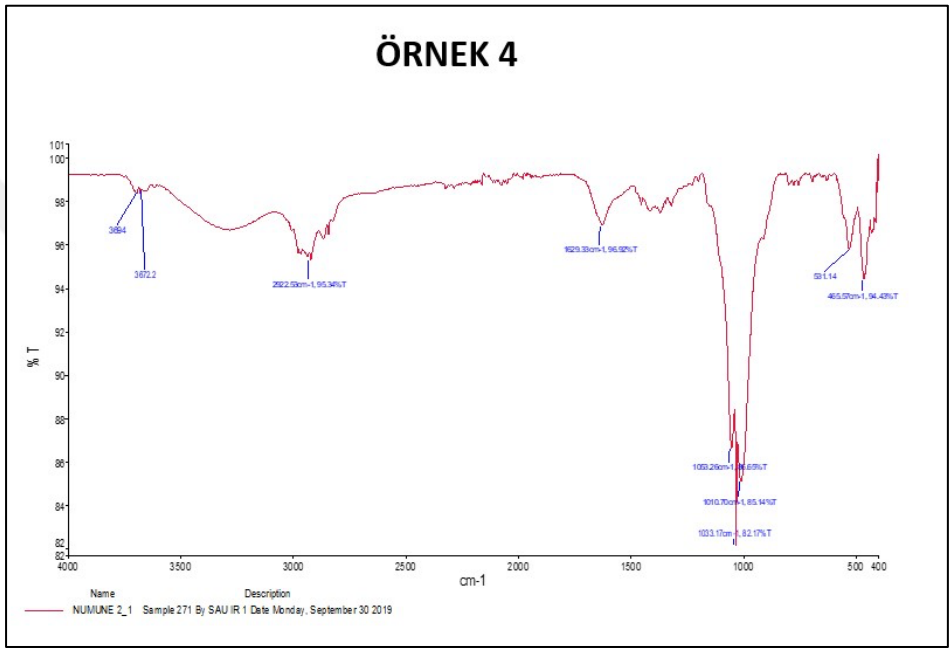


Grafik IV. Aydos Ormanı istasyonundan alınan 3 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Aydos Ormanı Göl piknik alanından toplanan örneklerin FT-IR analiz spektrumlarında soldan sağa doğru her bir pikteki bileşikler; Hidroksit (OH), Hidrokarbon (CH), Amin, Eter ve SO_2 (Kükürt dioksit) dir.

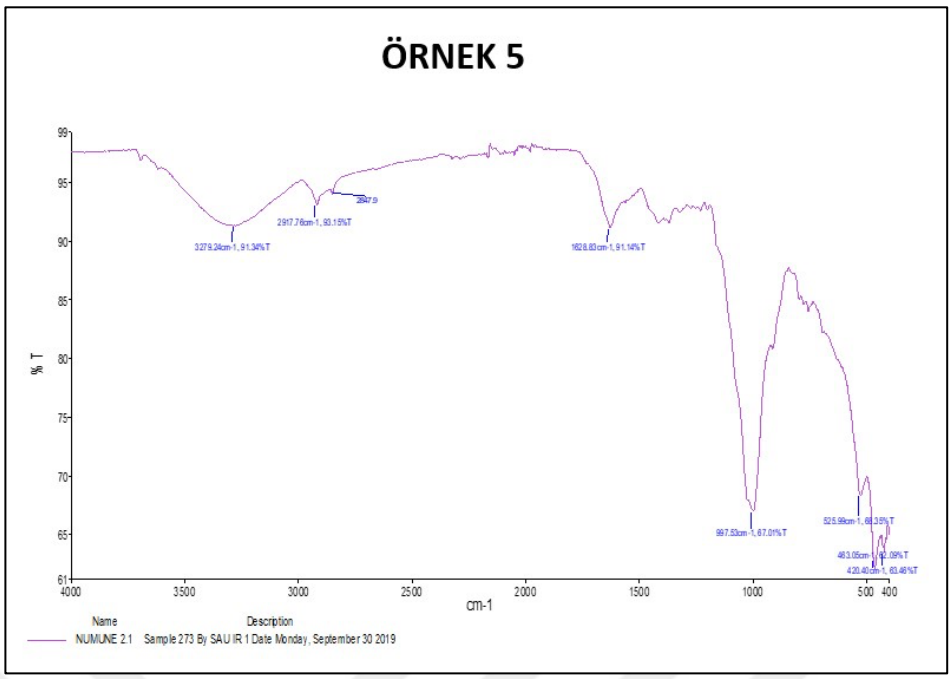
V. 1. 1. 3. Başıbüyük Ormanı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Maltepe Başıbüyük Ormanından toplanan liken örnekleri 4 ve 5 nolu örnekler olup FT-IR spektrumları Grafik V, Grafik VI ile gösterilmiştir.



Grafik V. Başıbüyük Ormanı istasyonundan alınan 4 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Başıbüyük Ormanı Piknik ve Mesire alanı istasyonundan alınan liken örneğindeki sonuçlarda; CH, Amin ve Eter bileşikleri tespit edilmiştir.

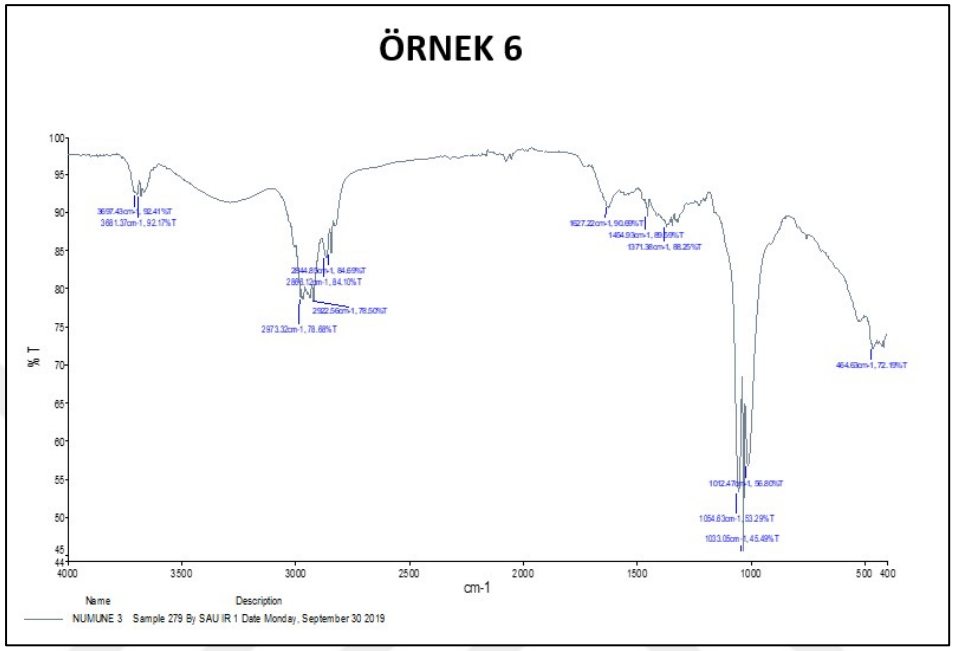


Grafik VI. Başıbüyük Ormanı istasyonundan alınan 5 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Başıbüyük Ormanından alınan liken örneğindeki analiz sonuçları; Hidroksit, CH, Amin, Aldehit ve NO_2 (Nitrojen dioksit) bileşiklerini göstermektedir.

V. 1. 1. 4. Kayışdağı Ormanı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Ataşehir Kayışdağı Ormanı istasyonundan toplanan likenler örnek 6 olup FT-IR spektrumu Grafik VII. ile gösterilmiştir.

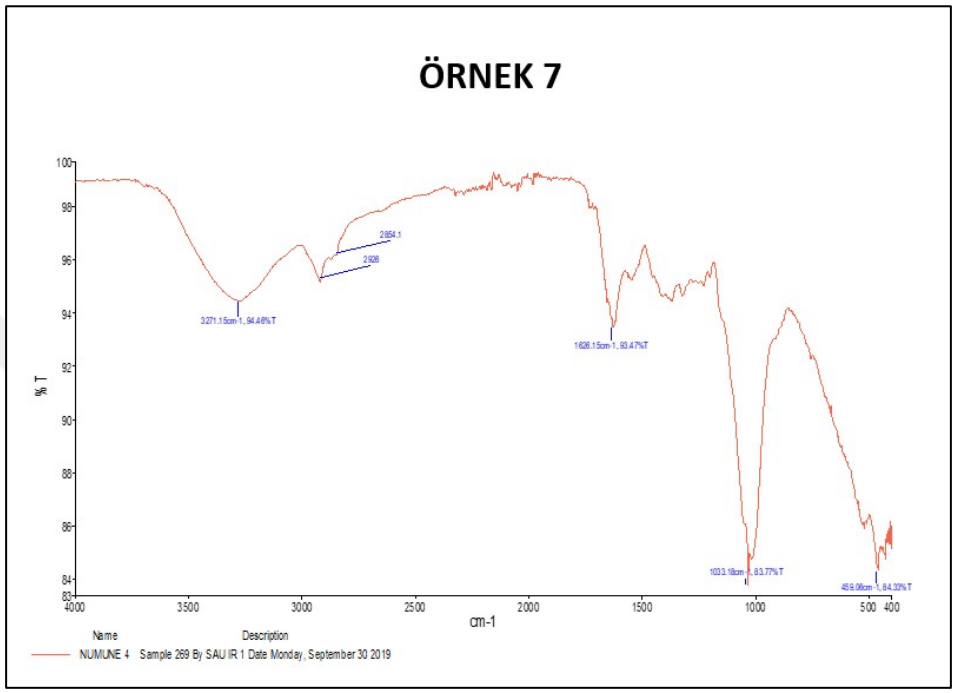


Grafik VII. Kayışdağı Ormanı istasyonundan alınan 6 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Kayışdağı Ormanı istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde ise; CH, Amin, Metilen (CH_2), NO_2, SO_2 ve Eter bileşikleri gözlenmiştir.

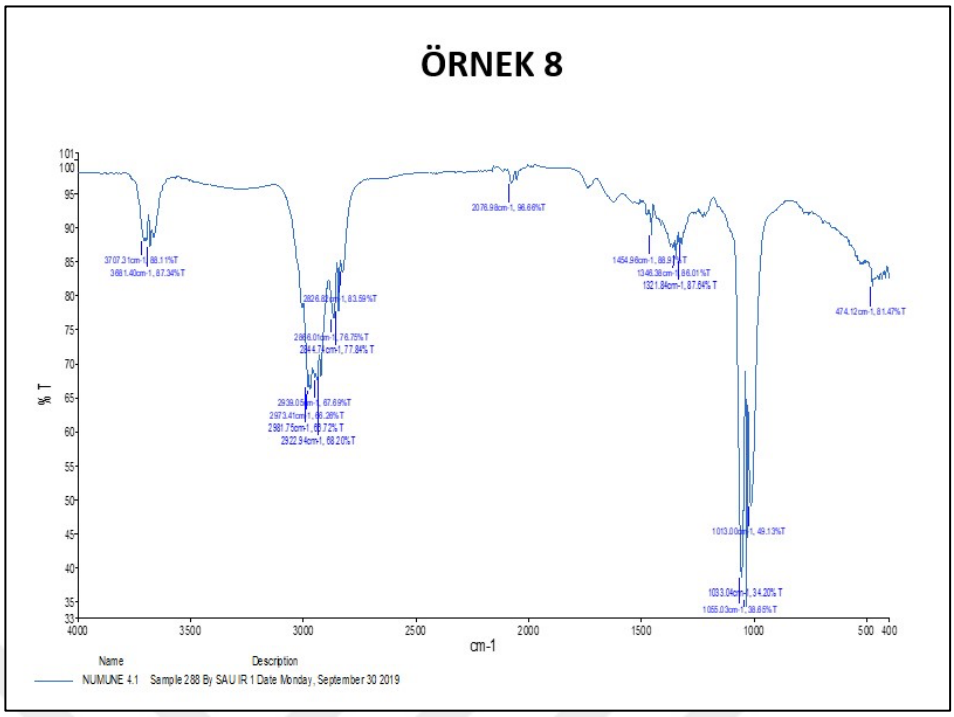
V. 1. 1. 5. Büyükada İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Adalar Büyükada istasyonundan toplanan 7 ve 8 numaralı örneklerin FT-IR spektrumları Grafik VIII, IX ile gösterilmiştir.



Grafik VIII. Büyükada istasyonundan alınan 7 numaralı liken örneğinin FTIR analizi spektrumu

Büyükada Aşıklar Çay Bahçesi istasyonundan alınan liken örneğinde; OH, CH, NH_2, Eter ve SO_2 bileşikleri gözlenmiştir.

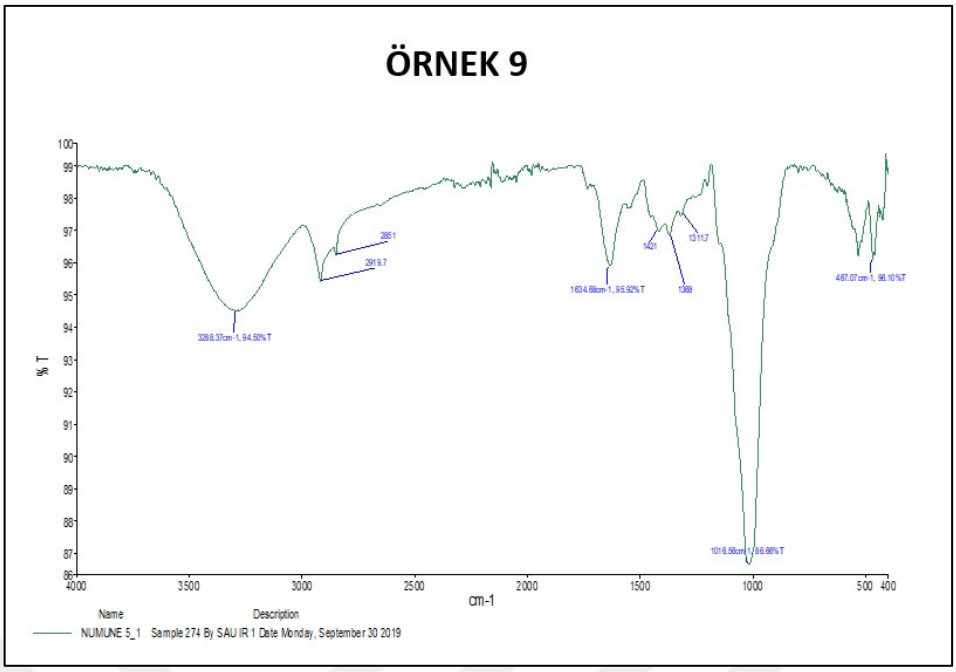


Grafik IX. Büyükada istasyonundan alınan 8 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Büyükada Aşıklar Tepesi istasyonundan alınan liken örneğinde; CH, Metil (CH_3), SO_2, Eter ve NO_2 bileşikleri çıkmıştır.

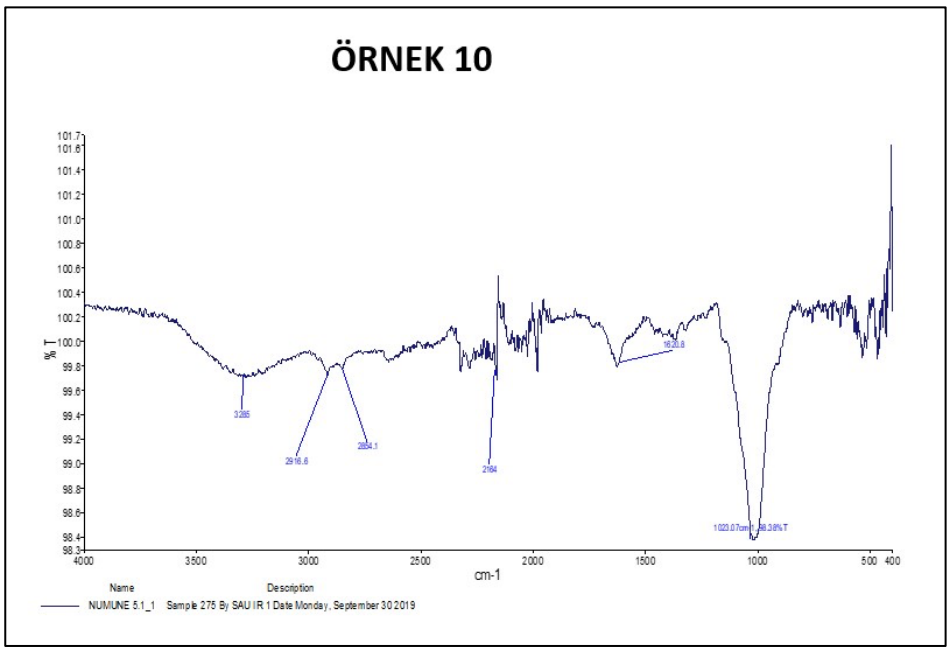
V. 1. 1. 6. Kanlıca Ormanı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Beykoz Kanlıca Ormanı istasyonlarından toplanan 9 ve 10 numaralı örneklerin FT-IR spektrumları Grafik X ve XI ile gösterilmiştir.



Grafik X. Kanlıca Ormanı istasyonundan alınan 9 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Kanlıca Ormanı istasyonunda yer alan Kanlıca Orman İşletme Müdürlüğü bölgesinden alınan liken örneğinin analizinde; OH, CH, NH_2, NO_2, Alkol (C-OH), SO_2 ve Eter bileşikleri tespit edilmiştir.

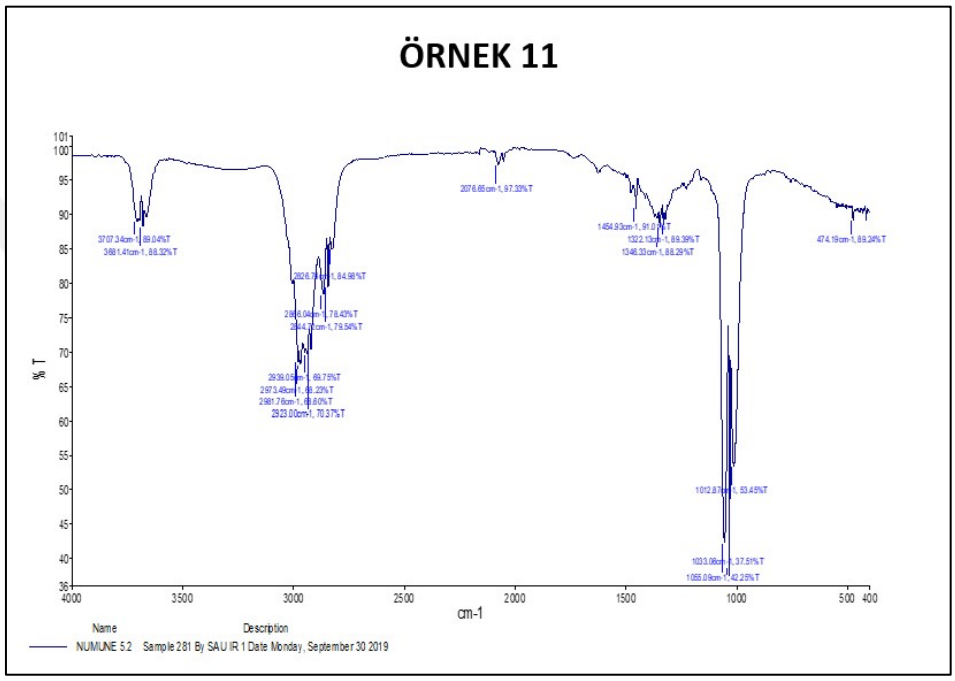


Grafik XI. Kanlıca Ormanı istasyonundan alınan 10 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Kanlıca Ormanı istasyonunda Kanlıca ormanı bölgesinden alınan liken örneğinin analizinde; OH, CH, NH_2 ve Eter bileşikleri tespit edilmiştir.

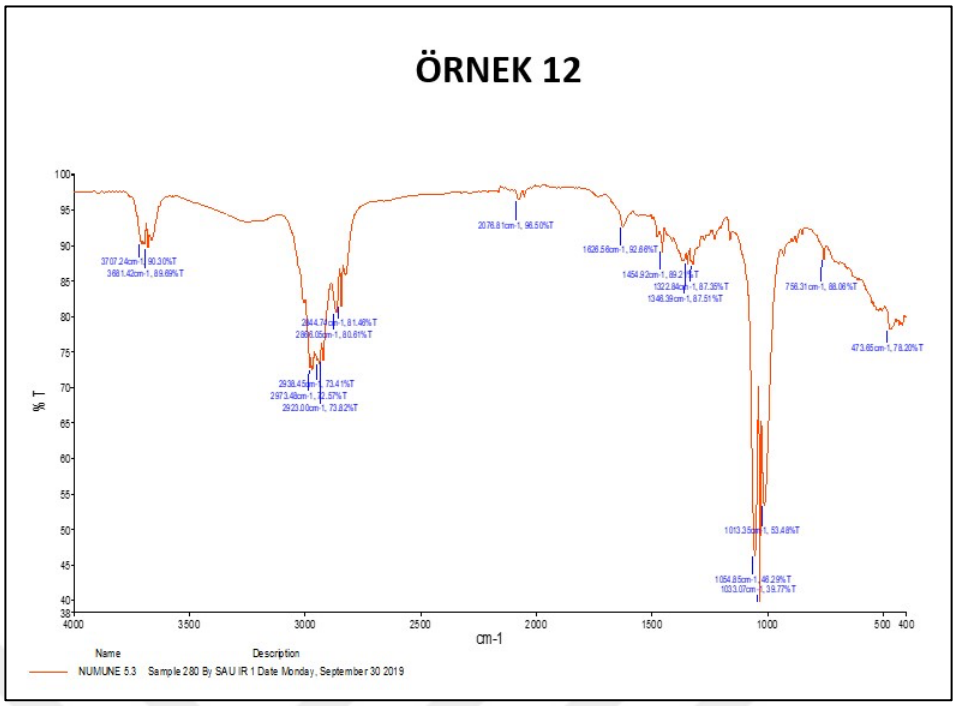
V. 1. 1. 7. Göztepe Tabiat Parkı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Beykoz Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan toplanan 11,12,13 ve 14 numaralı örneklerin FT-IR spektrumları Grafik XII, XIII, XIV ve XV ile gösterilmiştir.



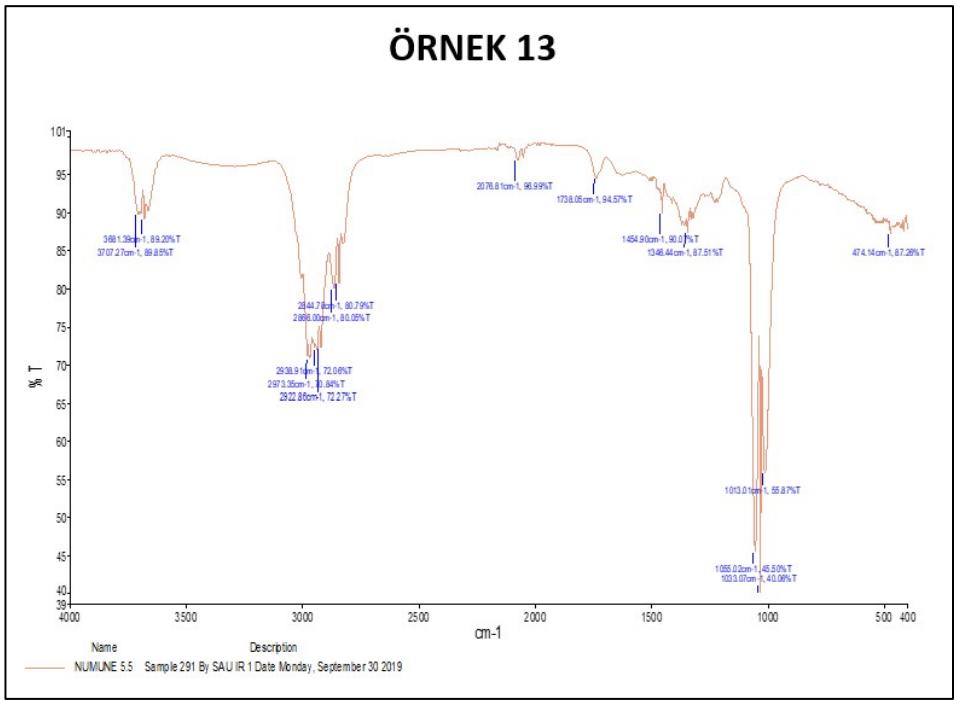
Grafik XII. Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan 11 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Göztepe Tabiat Parkı organize sanayi bölgesi (OSB) istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde; CH, Metilen (CH_2), SO_2, Eter ve NO_2 bileşikleri gözlenmiştir.



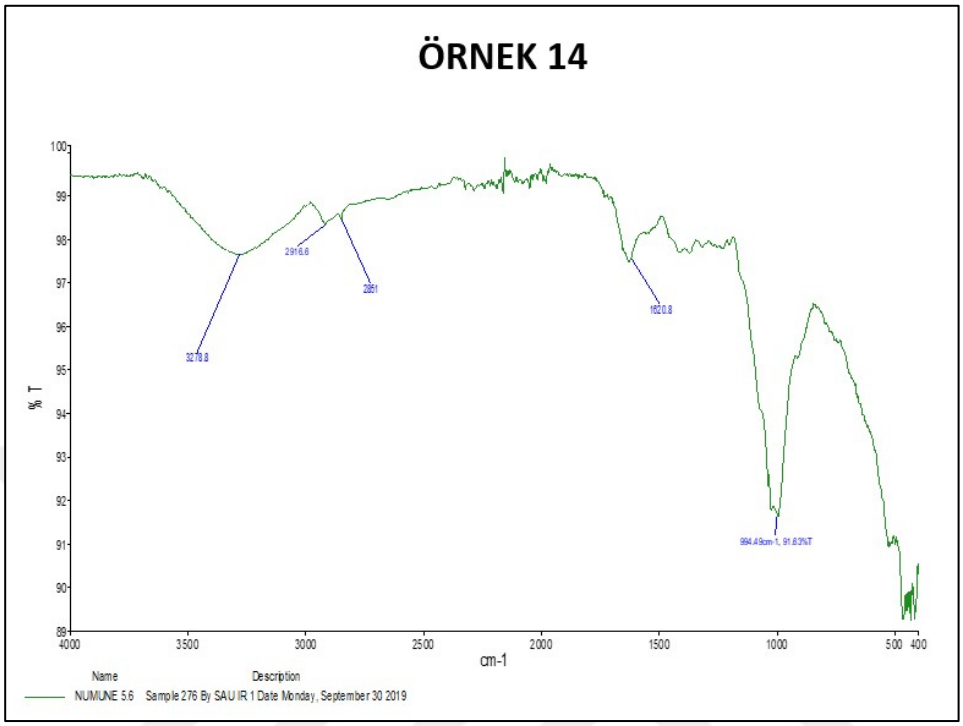
Grafik XIII. Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan 12 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde; CH, NH_2, CH_2, C-OH, NO_2 ve Eter bileşikleri tespit edilmiştir.



Grafik XIV. Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan 13 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Göztepe Tabiat Parkından alınan liken örneğinin analizinde; CH, C=O (Keton), CH_3, SO_2, Eter ve NO_2 bileşikleri görülmüştür.

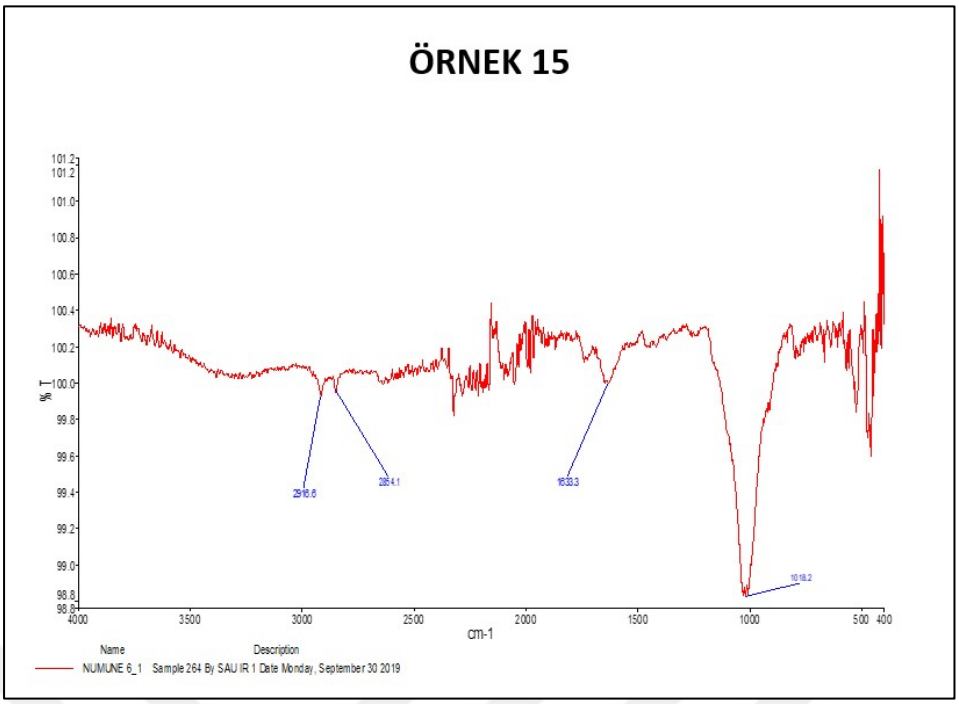


Grafik XV. Göztepe Tabiat Parkı istasyonundan alınan 14 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Göztepe Tabiat Parkı Mihribat Korusu istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde; Hidroksit (OH), CH, NH_2 ve Aldehit (=C-H) bileşikleri gözlenmiştir.

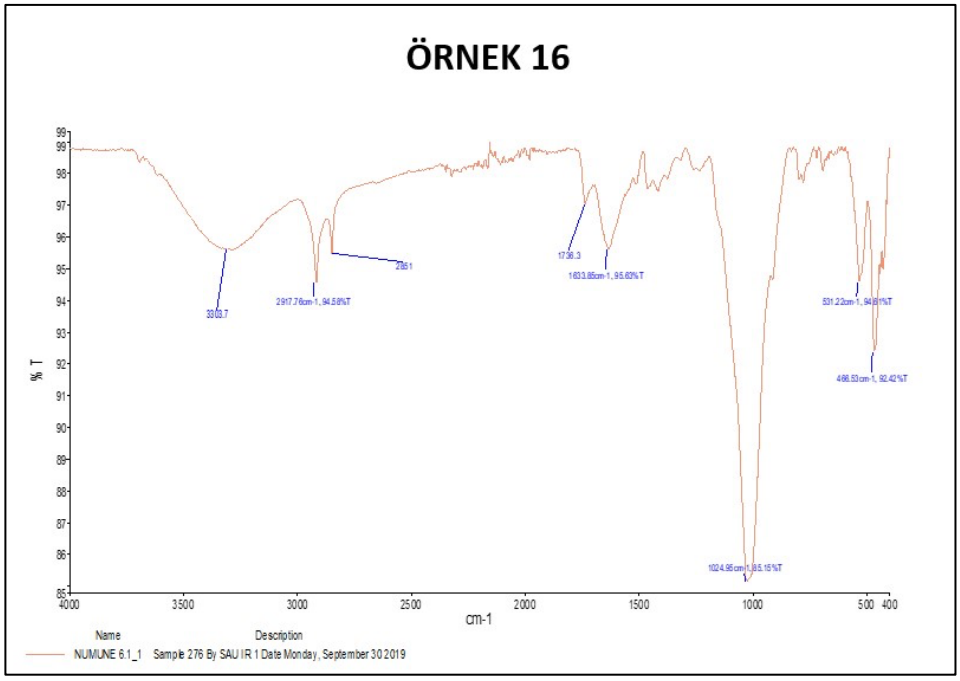
V. 1. 1. 9. Elmasburnu Tabiat Parkı İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Beykoz Elmasburnu Tabiat Parkı istasyon bölgesinde ağaçlık alanların aynı GPS konumlarında bulunmasından dolayı buradan toplanan 15 ve 16 numaralı örneklerin FT-IR analizleri Grafik XVI ve XVII ile gösterilmiştir.



Grafik XVI. Elmassburnu Tabiat Parkı istasyonundan alınan 15 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Elmasburnu Tabiat Parkı Riva istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde; CH, NH_2 ve Eter bileşikleri tespit edilmiştir.

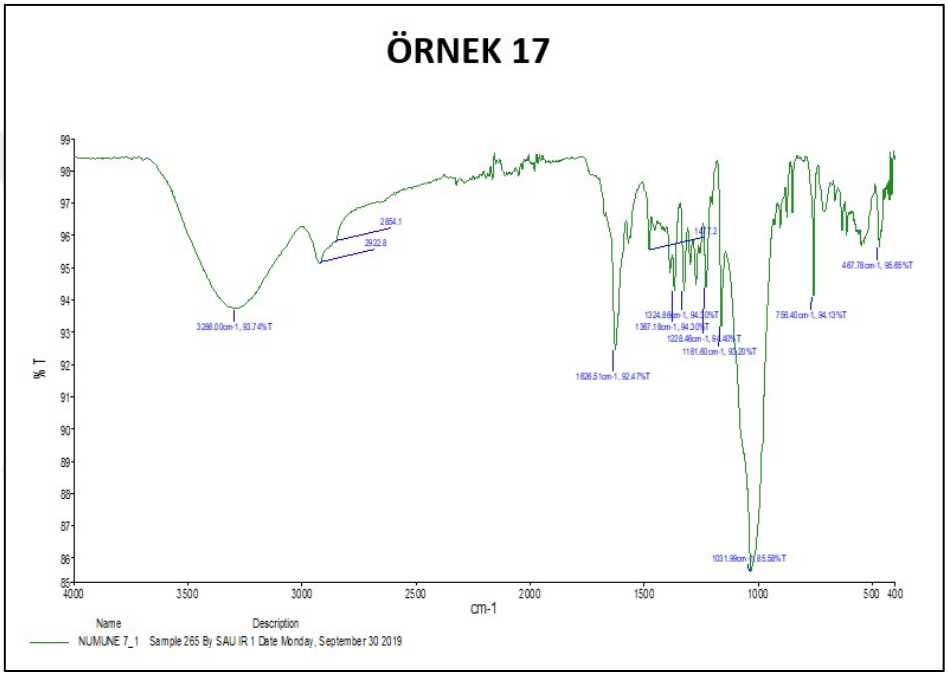


Grafik XVII. Elmassburnu Tabiat Parkı istasyonundan alınan 16 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Elmasburnu Tabiat Parkı Riva istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde; CH, C=O, NH_2 ve Eter bileşikleri çıkmıştır.

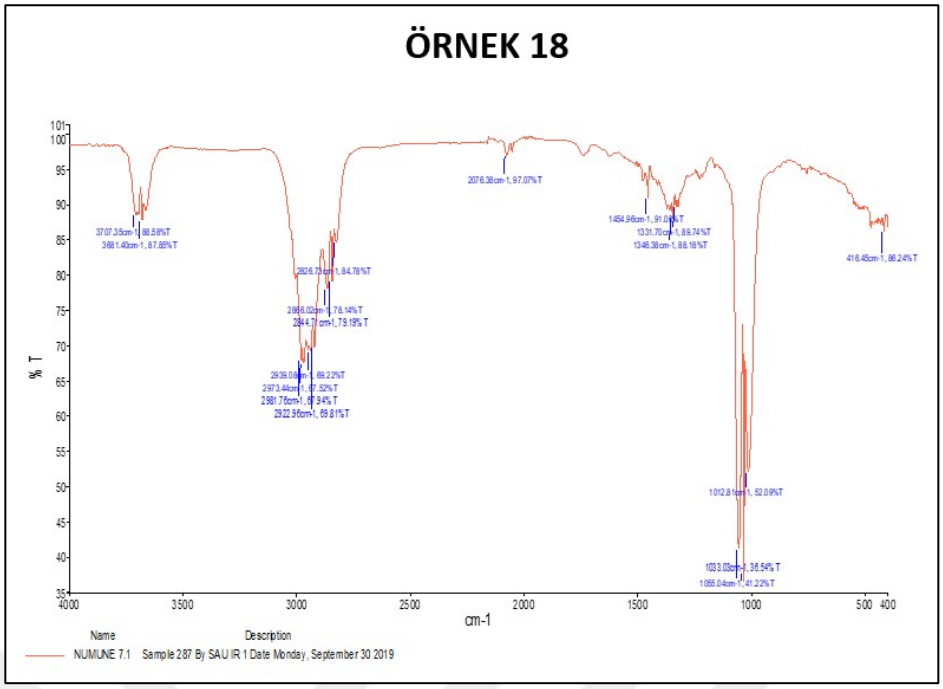
V. 1. 1. 10. Şile İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Şile istasyon bölgesinden toplanan 17,18 ve 19 numaralı örneklerin FT-IR analizleri Grafik XVIII, XIX ve XX ile gösterilmiştir.



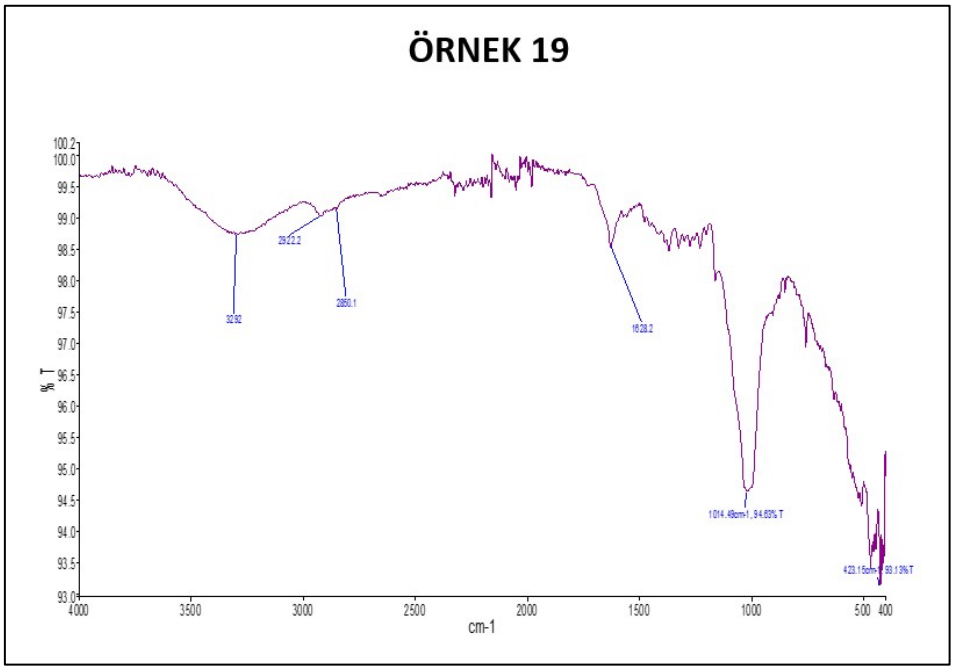
Grafik XVIII. Şile istasyonundan alınan 17 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Şile Hacı Kasım, iskele istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde; CH, NH_2, NO_2, SO_2, Aldehit ve Eter bileşikleri gözlenmiştir.



Grafik IXI. Şile istasyonundan alınan 18 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Şile istasyonundaki Dişbudak ağacından alınan liken örneğinin analizinde; hidrokarbon (CH), alken (C=C), alkol (C-OH) ve eter bileşikleri gözlenmiştir.

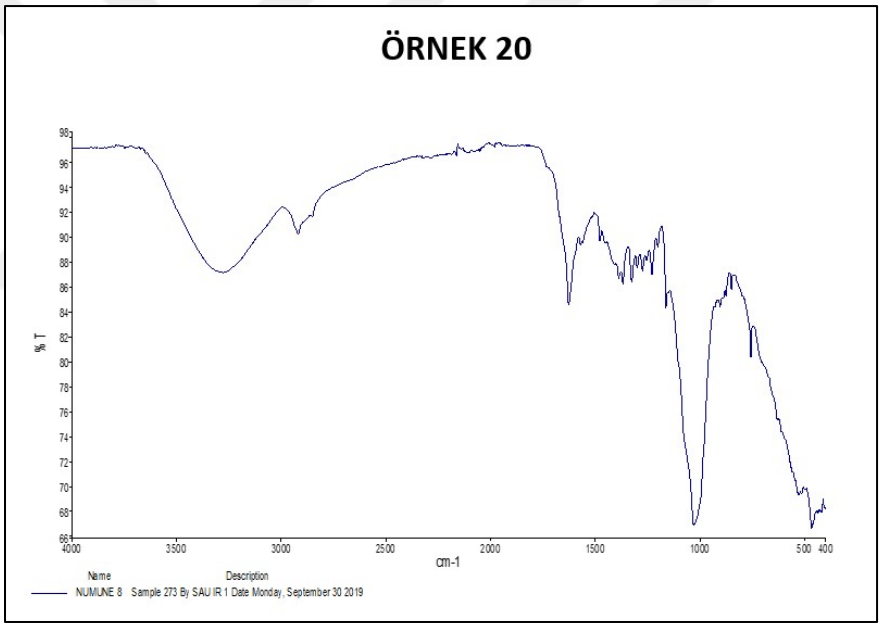


Grafik XX. Şile istasyonundan alınan 19 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Şile Serintepe Piknik alanı istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde; hidroksit (OH), hidrokarbon (CH) ve eter bileşikleri çıkmıştır.

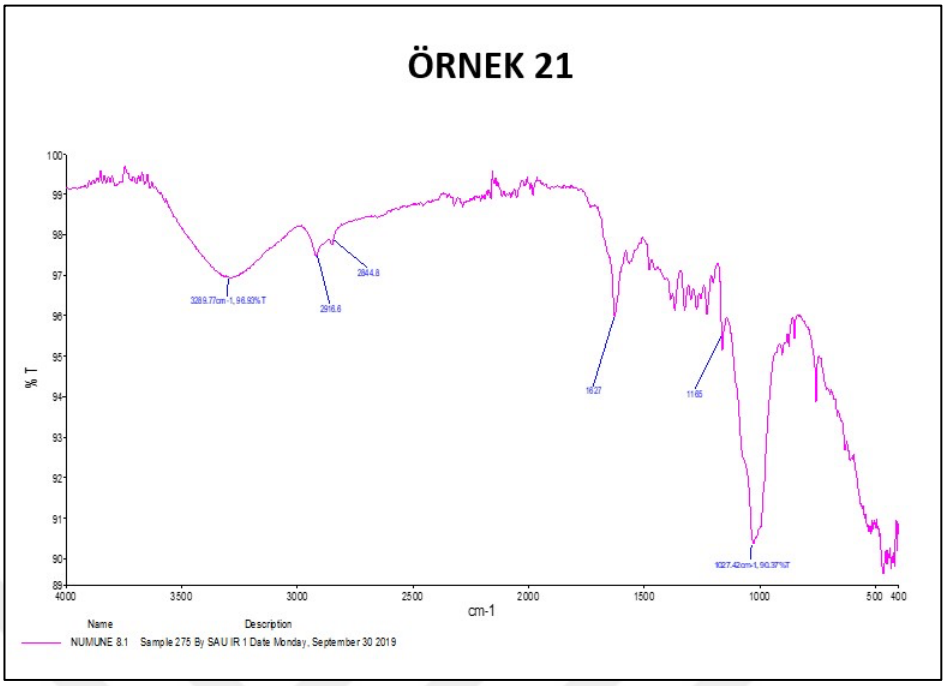
V. 1. 1. 11. Küçük Çamlıca Tepesi İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Üsküdar Küçük Çamlıca Tepesi bölgesinden toplanan 20, 21, 22 ve 23 numaralı örneklerin FT-IR analizi spektrumları Grafik XXI, XXII, XXIII ve XXIV ile gösterilmiştir.



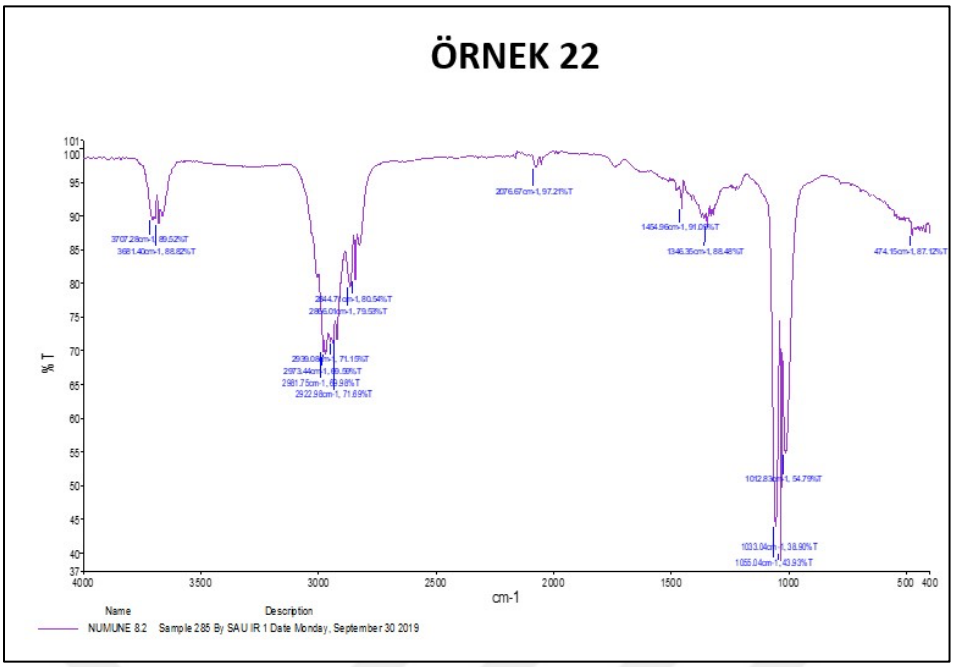
Grafik XXI. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 20 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Küçük Çamlıca Tepesi istasyonunun Küçük Çamlıca Korusu bölgesinden alınan örneğin analizinde; eter, amin, alken, metilen (CH_2) ve keton bileşikleri görülmüştür.



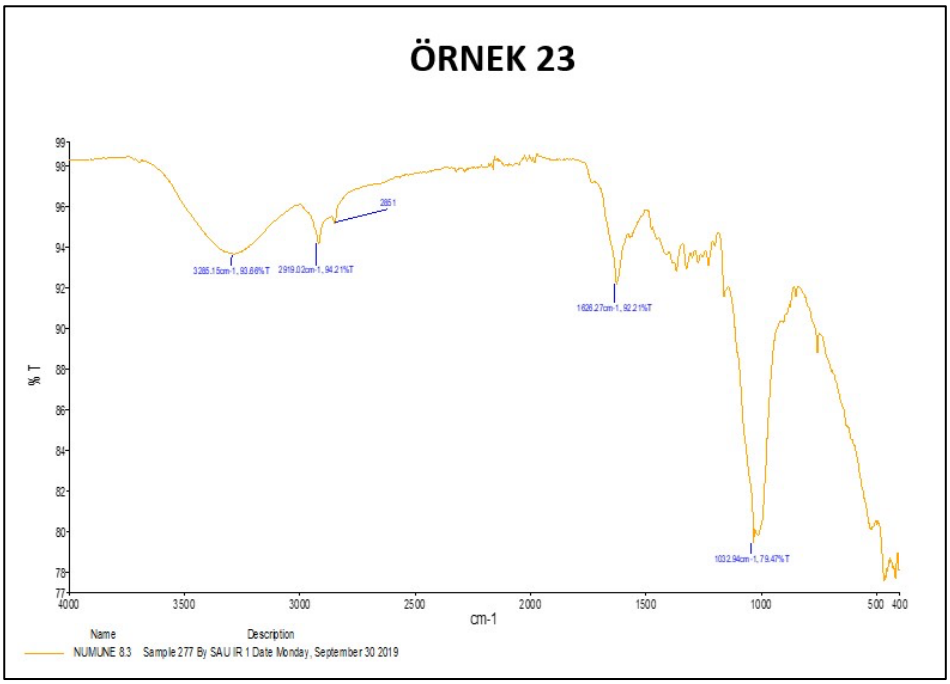
Grafik XXII. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 21 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan liken örneğinin analizinde; hidrokarbonlar, amin, kükürt dioksit ve eter bileşikleri gözlenmiştir.



Grafik XXIII. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 22 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Küçük Çamlıca Tepesi istasyonunun Su Köşkü bölgesinden alınan liken örneğinin analizinde; hidrokarbon (CH), metilen (CH_2), alkol (C-OH), nitrojen dioksit (NO_2) ve eter bileşikleri gözlenmiştir.

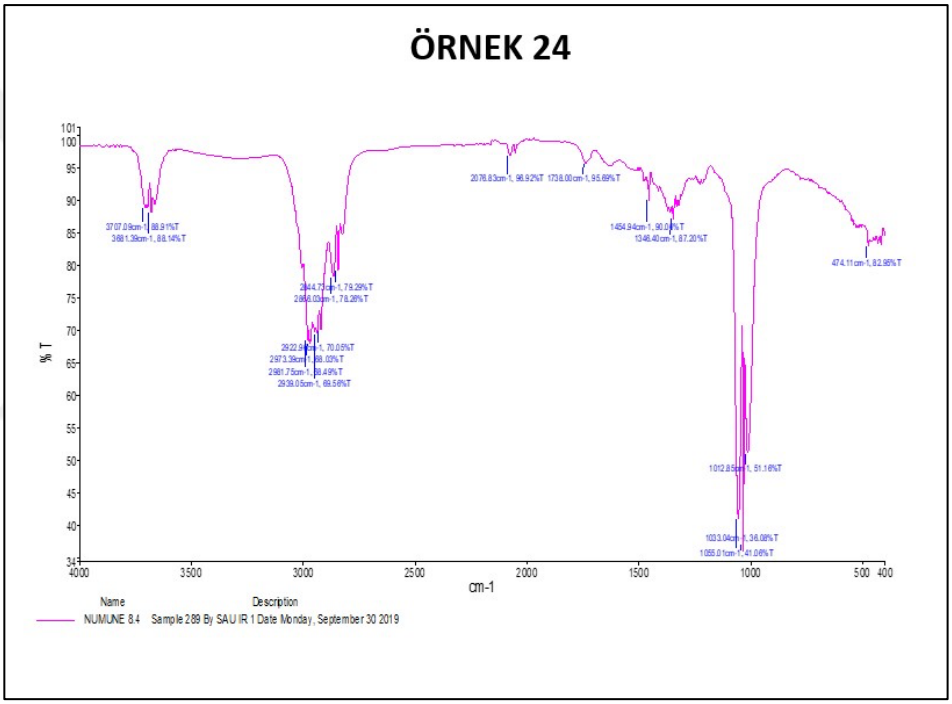


Grafik XXIV. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 23 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundaki Su Köşkü yakınlarındaki ağaçtan alınan örneklerin analizinde; hidrokarbonlar (CH), amin (NH_2) ve eter bileşikleri gözlenmiştir.

V. 1. 1. 12. Büyük Çamlıca Tepesi İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumu

Üsküdar Büyük Çamlıca Tepesi istasyonundan toplanılan 24 numaralı liken örneğinin FT-IR analiz spektrumu Grafik XXV ile gösterilmiştir.

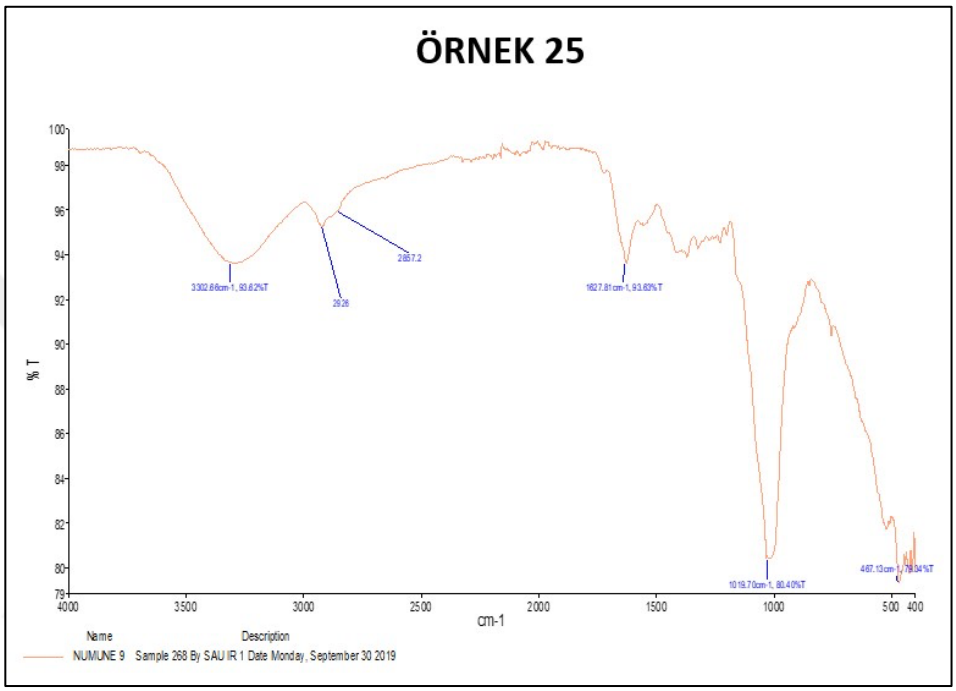


Grafik XXV. Büyük Çamlıca Tepesi istasyonundan alınan 24 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Büyük Çamlıca Tepesi bölgesinden alınan liken örneğinin analizinde; hidrokarbonlar (CH), metil (CH_3), kükürt dioksit (SO_2), nitrojen dioksit (NO_2) ve eter bileşikleri görülmüştür.

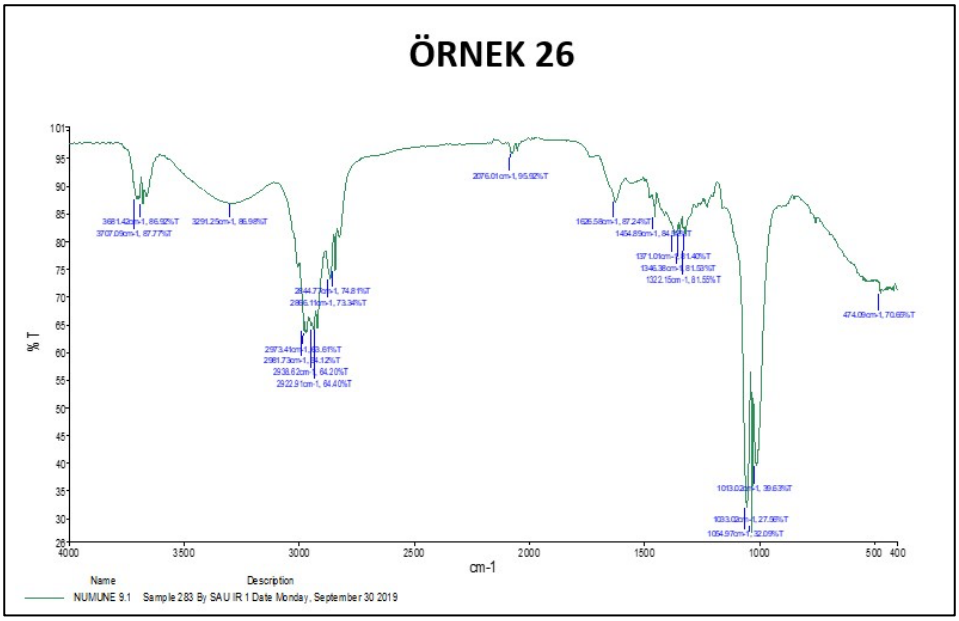
V.1.1.12. Gözdağı Korusu İstasyonundan Toplanan Liken Örneklerinin FT-IR Spektrumları

Pendik Gözdağı Korusu istasyonundan toplanılan 25, 26 ve 27 numaralı örneklerin FT-IR analiz spektrumları Grafik XXVI, XXVII ve XXVIII ile gösterilmiştir.



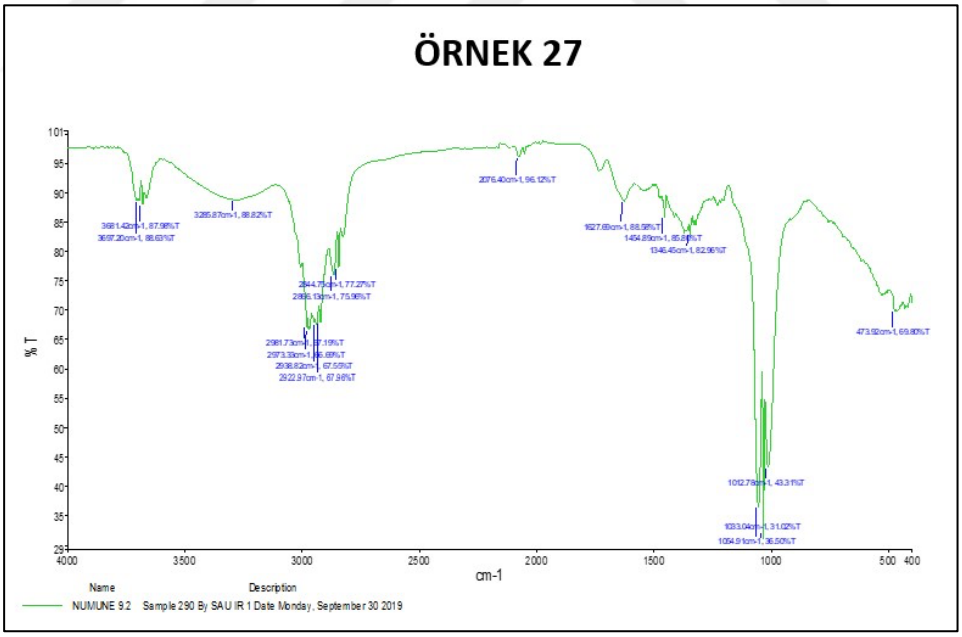
Grafik XXVI. Gözdağı Korusu istasyonundaki 25 numaralı liken örneğin FT-IR analiz spektrumu

Gözdağı Korusu istasyonundaki Dumlupınar Gözdağı tepesi bölgesinden alınan liken örneğinin analizinde; hidroksit (OH), hidrokarbon (CH), amin (NH_2) ve eter bileşikleri gözlenmiştir.



Grafik XXVII. Gözdağı Korusu istasyonundan alınan 26 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Gözdağı Korusu istasyonunda bulunan *Ginkgo biloba* ağacından alınan liken örneğinin analizinde; hidroksit (OH), hidrokarbon (CH), amin (NH_2), metil (CH_3), nitrojen dioksit (NO_2), alkol (C-OH) ve eter bileşikleri görülmüştür.



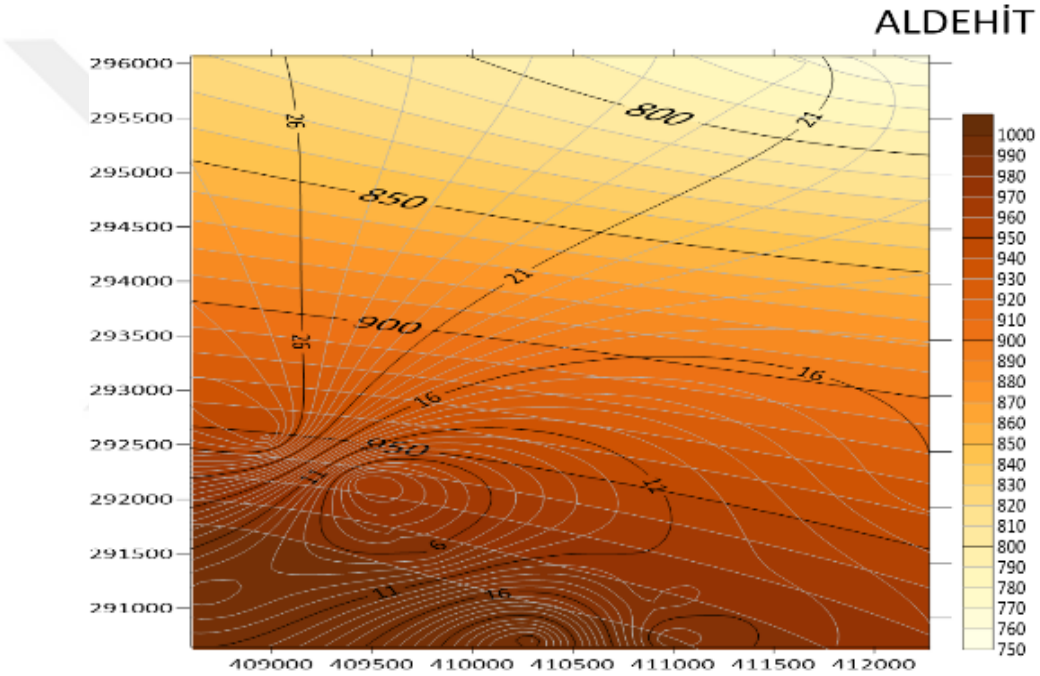
Grafik XXVIII. Gözdağı Korusu istasyonundan alınan 27 numaralı liken örneğinin FT-IR analizi spektrumu

Gözdağı Korusu istasyonunda yer alan meyve ağaçlarından alınan örneklerin analizinde; hidroksit (OH), hidrokarbon (CH), amin (NH_2), metilen (CH_2), alkol (C-OH), nitrojen dioksit (NO_2) ve eter bileşikleri görülmüştür.

V. 1. 2. FT-IR Analizindeki Sonuç Bileşiklerinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritaları

FT-IR analizi sonuç grafiklerindeki her bir pik yorumlandığında çıkan bileşikler; aldehit, alken, alkol, amin, eter, hidrokarbon, hidroksil, keton, kükürt dioksit, metil, metilen ve nitrojen dioksittir. Bu bileşiklerin gözlendiği tüm istasyonlardaki dağılımı Surfer 17.1 haritalama programında yapılmıştır.

V. 1. 2. 1. Aldehit Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

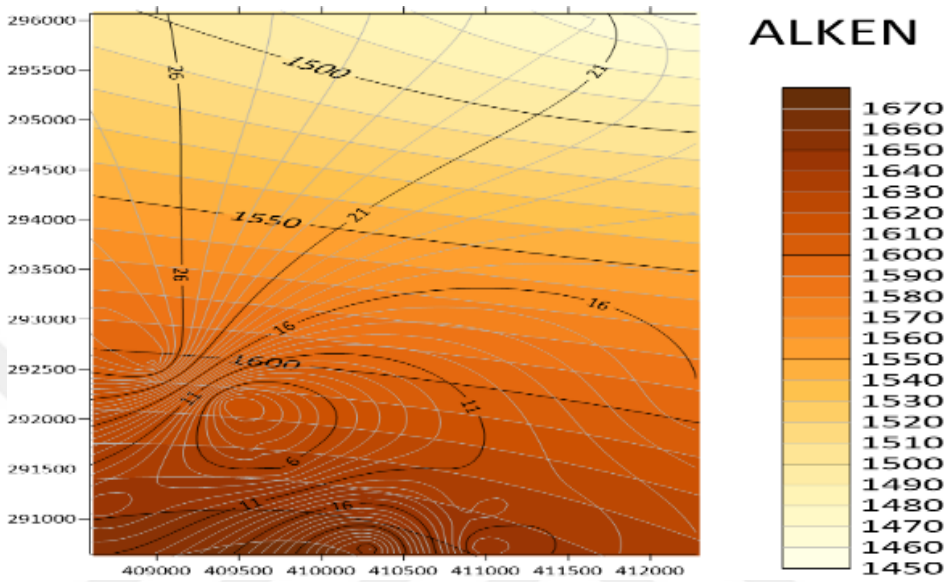


Şekil V. 1 Aldehit Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

Aldehit bileşiği; Başıbüyük Ormanı, Kanlıca Ormanı ve Şile istasyonlarından toplanan örneklerde çıkmıştır. İstasyonları her ne kadar ormanlık, temiz olabilecek alanlar olarak düşünülse de aldehit, ikincil organik kirletici bileşiği çıkmaktadır. Bu da kirleticilerin havada uzak mesafelerde bile olsa taşınabileceğini göstermektedir. Başıbüyük Ormanı istasyonu ve Kanlıca Ormanı istasyonlarında yoğun ve yüksek, Şile istasyonunda ise daha az miktarda görülmüştür. Aldehitler, plastikler, boyalar gibi polimerlerin ham maddesi olarak kullanılmaktadır. Başıbüyük Ormanı istasyonunda piknik alanlarının da yer alması ve piknik için gelenlerin plastik atıkların etrafa

atılmasından kaynaklıdır. Aldehitler, plastikler gibi polimerlerin bileşeni, ham maddesidir. Plastikler mikro boyutlarda olsalar da kimyasal yapılarını korumaktadırlar.

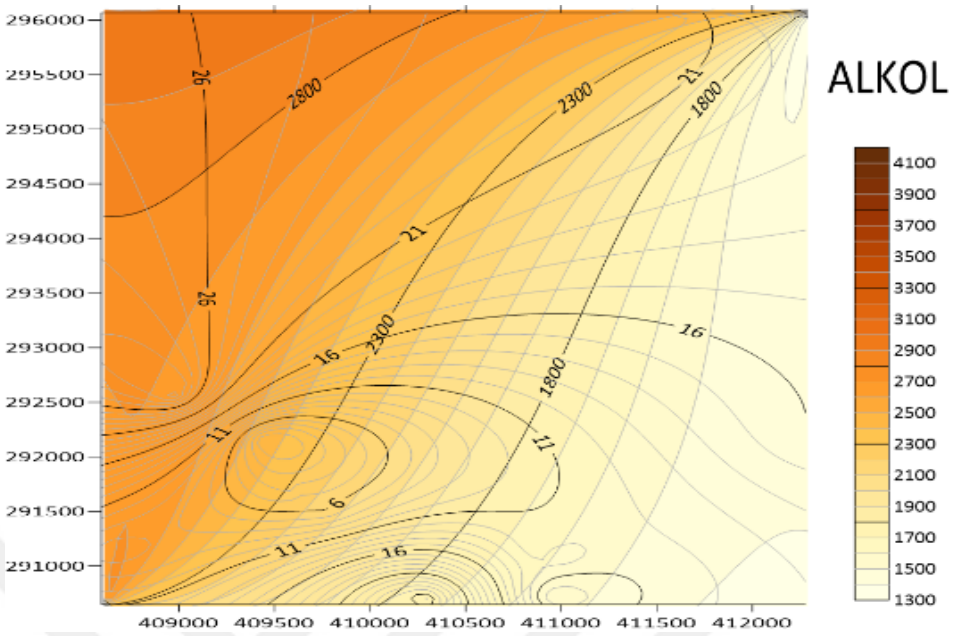
V. 1. 2. 2. Alken Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 2 Alken Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

Alken; Aydos, Şile ve Küçük Çamlıca Tepesi istasyonlarından toplanan örneklerde çıkmıştır. Aydos ormanında düşük miktarda, Küçük Çamlıca Tepesi'nde ise yüksek miktarda alken bileşiği bulunmaktadır. Küçük Çamlıca Tepesi bulunduğu yer itibari ile şehir içinde bulunmasından, yoğun iş, sanayi faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonunda yoğun miktarda (haritada koyu olarak gösterilen), sonrasında Aydos Ormanı istasyonu gelmektedir. Şile istasyonunda ise düşük miktarlarda olduğu gösterilmiştir. Alkenler motorlu taşıtların yanması sonucu egzoz emisyonlarından meydana gelir. Küçük Çamlıca Tepesi istasyonunda bulunduğu yer ile yoğun araç trafiği olan bir yolun kenarında olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda alkenler plastiklerin polimerizasyonu sonucu da meydana gelmektedir. Bu nedenle plastiklerin kimyasal içeriklerinde de alkenler bulunmaktadır. Mikroplastik parçacıklarında da yer alır. Alken bileşiği çıkan istasyonlarda tek kullanımlık plastiklerin kullanılması ve çöp olarak bırakılmasından da kaynaklıdır.

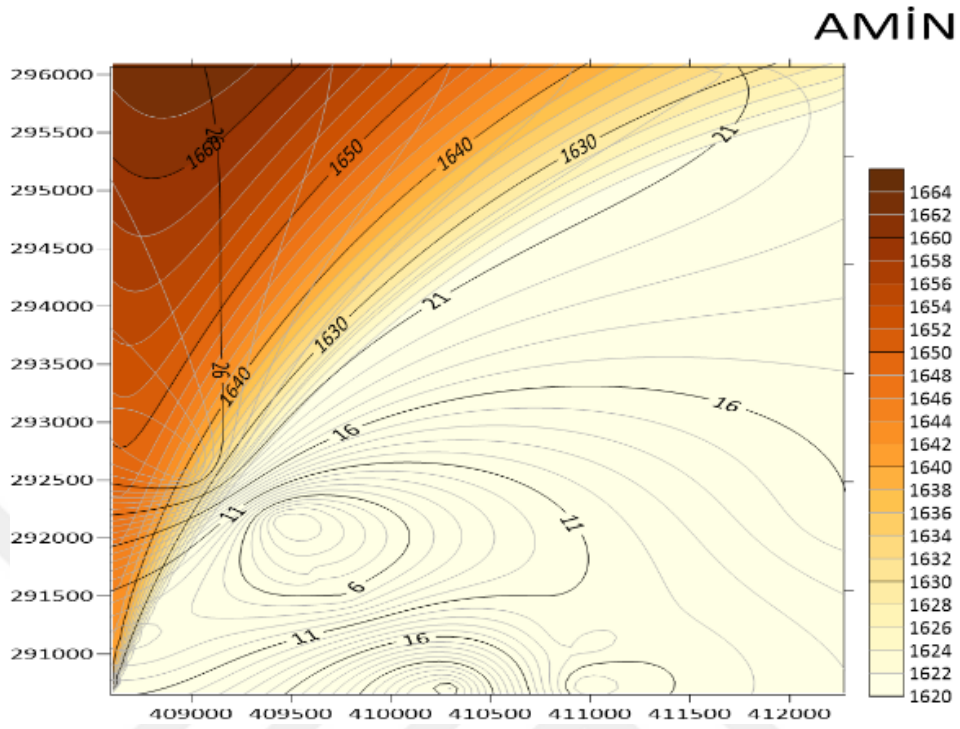
V. 1. 2. 3. Alkol Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 3 Alkol Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

Alkol; Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Şile, Küçük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı istasyonlarından toplanan örneklerde düşük miktarlarda gözlenmiştir. Alkol bileşiği en yoğun miktarda Gözdağı ve Şile istasyonlarında, akabinde Göztepe Tabiat Parkı istasyonunda koyu renkli şekilde haritada da gösterilmiştir. Kanlıca Ormanı istasyonunda ise daha az miktarlarda olduğu açık renk tonlarında belirtilmiştir. Alkol bileşiği elektrik üretimi ve sanayi bölgelerinden salınan gazlar neticesinde meydana gelir. Gözdağı korusu istasyonunun çevrelerinde tekstil, plastik sanayi gibi kuruluşlar yer almaktadır. Bu kurumlardan havaya salınan gazların geniş bir bölgede bulunabildiği görülmüştür.

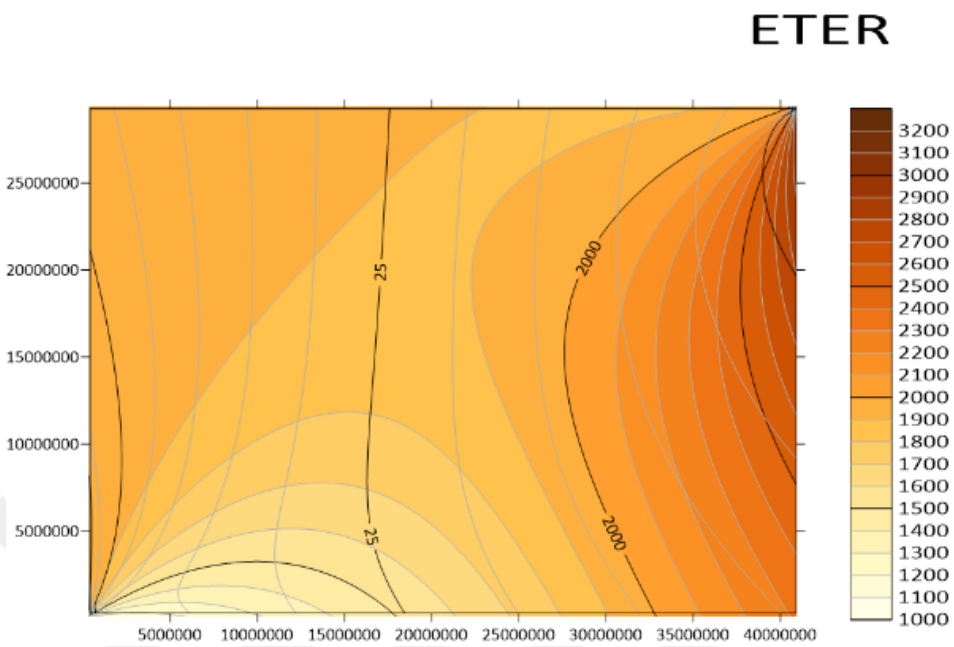
V. 1. 2. 4. Amin Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 4 Amin Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

Amin; Aydos, Başıbüyük Ormanı, Kayışdağı Ormanı, Büyükada, Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile, Küçük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı istasyonlarındaki örneklerde çıkmıştır. Amin bileşiği genel itibari ile canlı organizmalarda bulunan, aminoasitlerin parçalanması neticesinde oluşur. Aynı zamanda amin bileşiği ligand-metal kompleksi oluşturarak atmosferik kirliliğe neden olur. Bu nedenle metal fabrikalarının olduğu çevrelerde gözlenmektedir. Amin bileşiğinin en fazla bulunduğu bölge Kanlıca Ormanı istasyonu koyu renkli olarak belirtilmiştir. Sonrasında GöztepeTabiat Parkı, Küçük Çamlıca Tepesi, Elmasburnu Tabiat Parkı, Gözdağı Korusu, Başıbüyük, Aydos, Kayışdağı, Şile ve Büyükada istasyonları bileşiğin çoktan aza bulunmasına göre, haritada da koyudan açık renge göre gösterilmektedir.

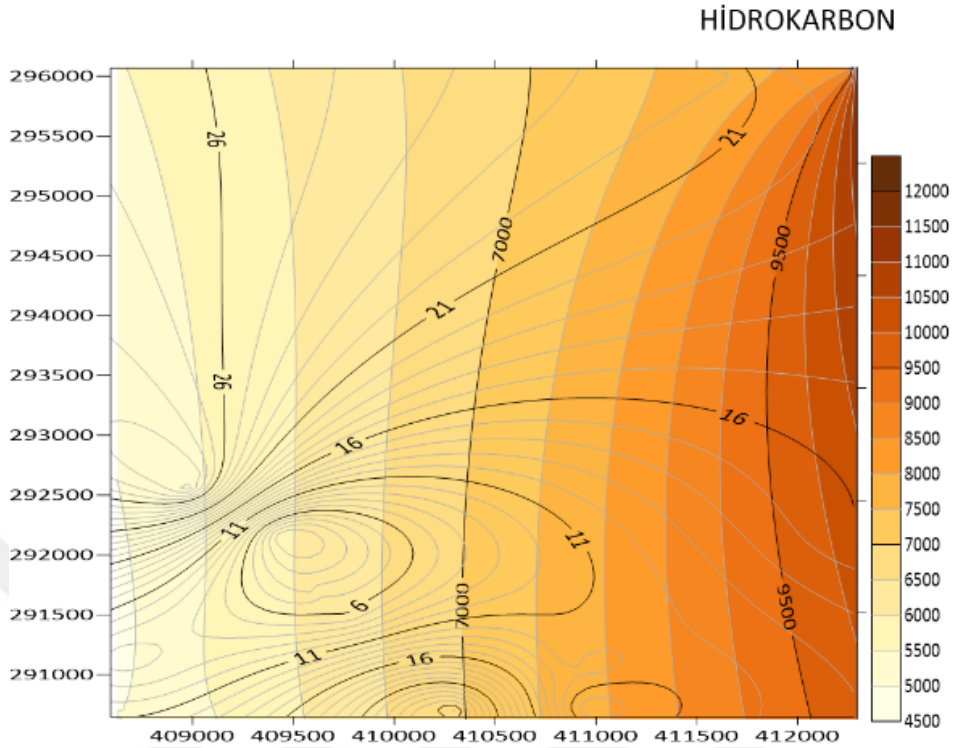
V. 1. 2. 5. Eter Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 5 Eter Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

Eter; Aydos, Başıbüyük Ormanı, Kayışdağı Ormanı, Büyükada, Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile, Küçük ve Büyük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı Korusu istasyonlarındaki örneklerde gözlenmiştir. En yoğundan aza doğru; Şile, Elmasburnu Tabiat Parkı, Kanlıca Ormanı, Gözdağı Korusu, Küçük Çamlıca Tepesi, Aydos ormanı, Büyükada, Kayışdağı Ormanı, Büyük Çamlıca Tepesi, Başıbüyük Ormanı ve Göztepe Tabiat Parkı istasyonlarında koyu renkten açık renge göre haritada da gözlenmiştir. Eter uçucu organik bileşikler grubunda yer almaktadır. Eterler plastiklerin üretiminde çözücü madde olarak kullanılır. Ortama atılan plastik atıklarından kaynaklı olabilmektedir. Ayrıca eterler ağaç gövdelerinde yer alan reçinelerde de bulunabilmektedir. Toplanılan liken örneklerinin bulunduğu ağaç gövdelerinden de kaynaklanabilmektedir.

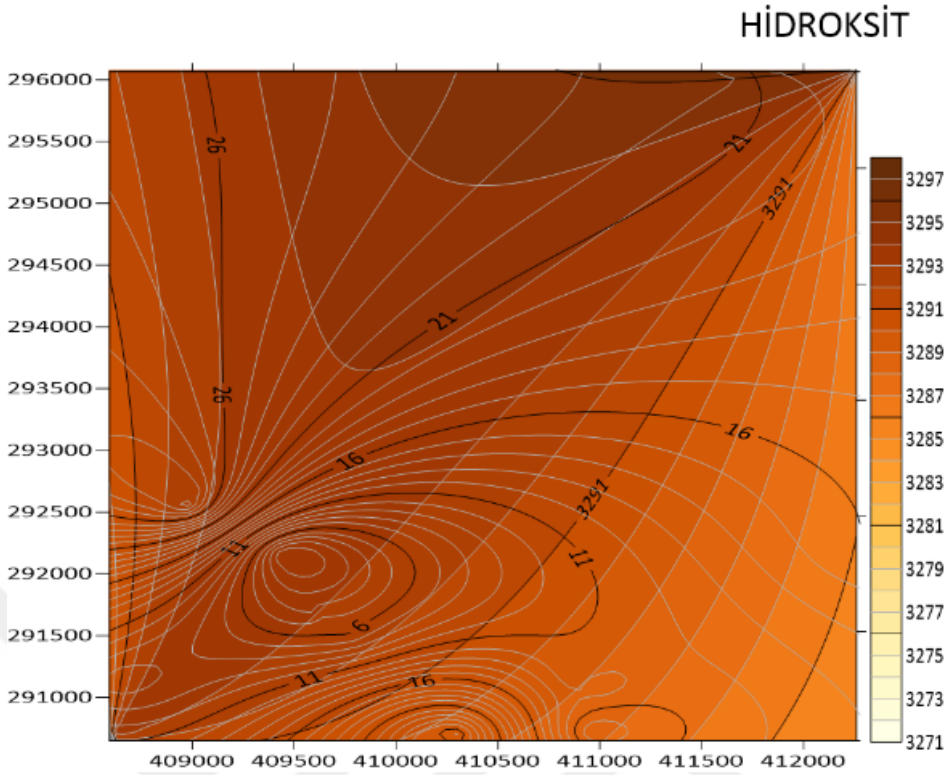
V. 1. 2. 6. Hidrokarbon Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 6 Hidrokarbon Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

Hidrokarbon; Aydos, Başıbüyük, Kayışdağı, Büyükada, Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile, Küçük ve Büyük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı Korusu istasyonlarında çıkmıştır. Göztepe Tabiat Parkı, Kanlıca Ormanı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Gözdağı Korusu, Küçük Çamlıca, Büyükada, Şile, Büyük Çamlıca, Aydos, Kayışdağı ve Başıbüyük istasyonları en çok bulunmasından en az bulunmasına göre sıralanışıdır. Haritada da koyu renk tonu ve açık renk tonları şeklinde belirtilmektedir. Hidrokarbonlar; benzinin yanması sonucu egzoz emisyonlarından meydana gelir. Ayrıca mikroplastik kirliliğinden de kaynaklıdır. Örneklerin toplandığı istasyonların konumlarında yakınlarında yoğun trafikli araç yolu veya plastik atıkların etrafında olmasından kaynaklı olabilir. Hidrokarbonlar plastik üretimlerinde kullanılan bileşiklerdir. Kullanılan plastik atıkların doğada uzun zaman kalması sonucu havada mikroplastikler şeklinde bulunmasıdır.

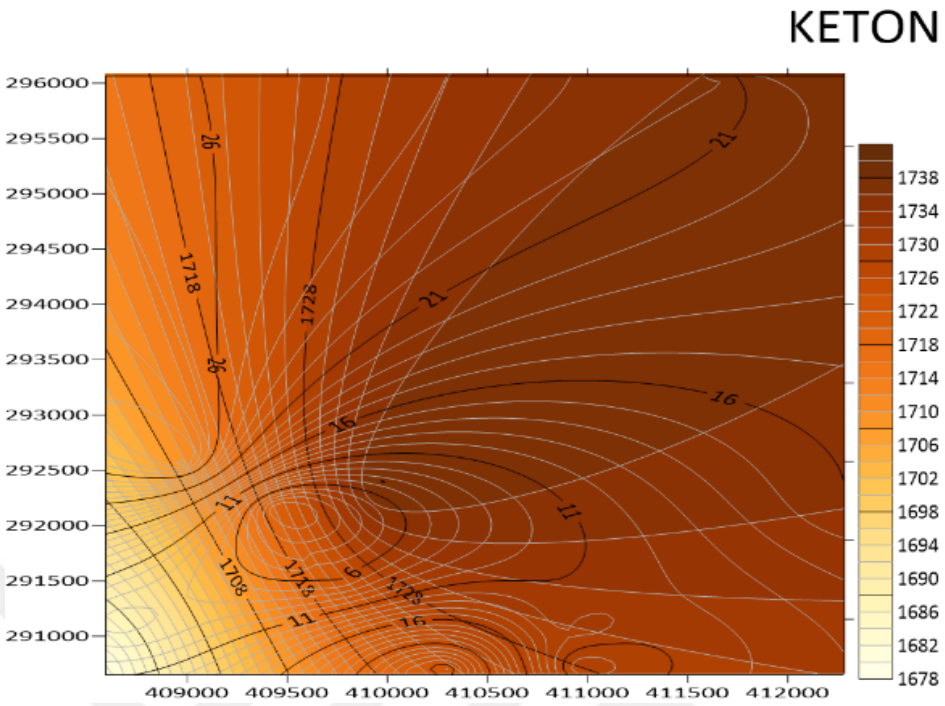
V. 1. 2. 7. Hidroksit Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 7 Hidroksit Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

Hidroksit; Aydos, Başıbüyük, Büyükada, Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Şile ve Gözdağı istasyonlarında orta yoğunluk seviyelerinde gözlenmiştir. En çok bulunandan en aza doğru istasyonlardaki örnekler ise; Gözdağı Korusu, Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Aydos Ormanı, Şile ve Büyükada istasyonlarıdır. Hidroksit metan gibi önemli hava kirleticilerini oksitleyerek havayı temizleyen bir maddedir. Bu bakımdan Gözdağı Korusu istasyonunun havası kirleticiler bakımından temiz olduğu söylenebilir. Büyükada istasyonu ise sanayi alanlarından, araçlardan uzakta bulunmasına rağmen, havasının temiz olduğu söylenememektedir. Adanın tam karşısında Kartal sanayi bölgesi yer almasından dolayı kirleticilerin havada uzak mesafelere taşınabildiğini göstermektedir.

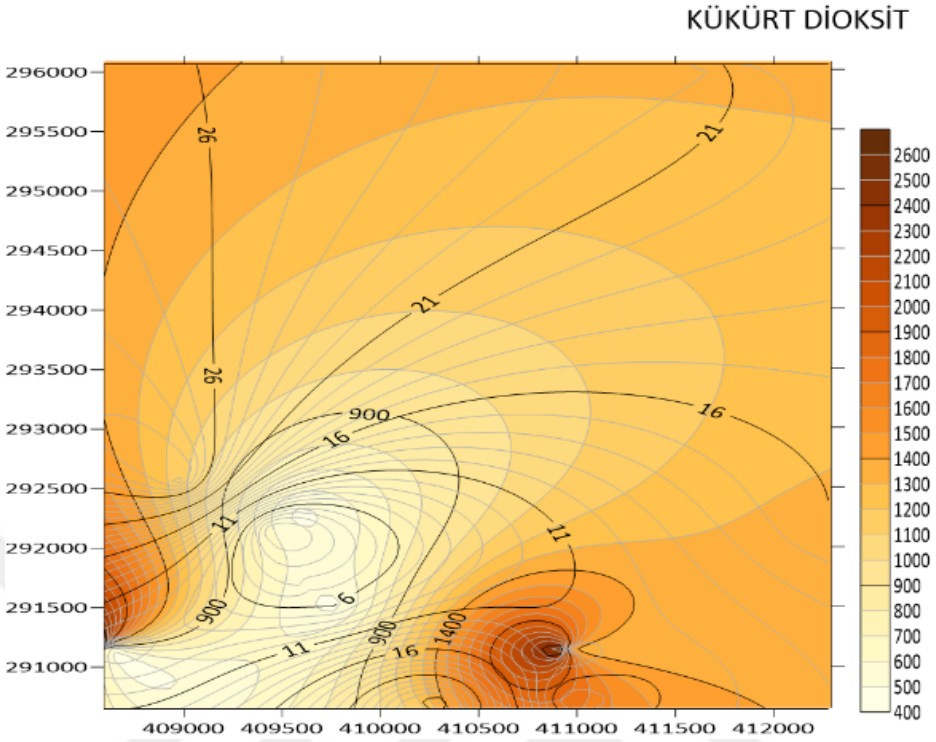
V. 1. 2. 8. Keton Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 8 Keton Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

Keton; Göztepe, Elmasburnu Tabiat Parkları ile Küçük Çamlıca Tepesi istasyonlarından alınan örneklerde görülen bir bileşiktir. Göztepe Tabiat Parkı ve Elmasburnu Tabiat Parkı istasyonlarında yoğun olarak bulunduğu, Küçük Çamlıca Tepesi istasyonunda daha az olduğu görülmektedir. Örneklerin toplandığı istasyon bölgelerinden Göztepe Tabiat Parkı istasyonu yoğun trafik yolundaki araçların emisyonundan kaynaklanmaktadır. Diğer istasyonlarda ise petrol türevleri olan plastiklerin atıkların ortamda bulunmasındandır.

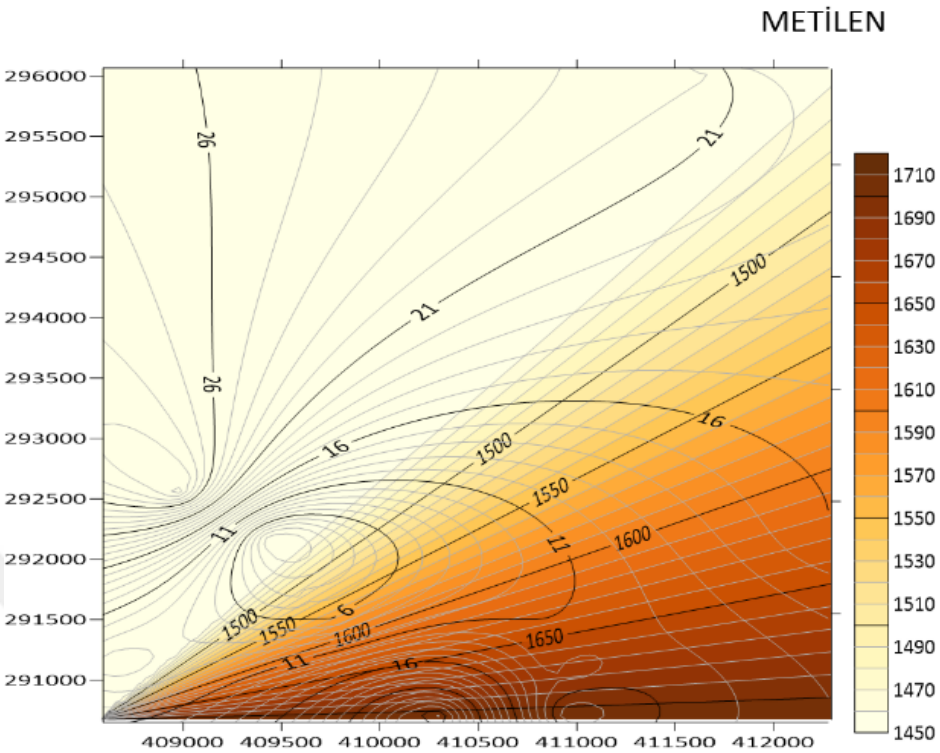
V. 1. 2. 9. SO_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 9 SO_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

SO_2; Aydos, Kayışdağı, Büyükada, Kanlıca Ormanı, Göztepe, Elmasburnu Tabiat Parkları, Şile, Küçük ve Büyük Çamlıca Tepelerinde tespit edilmiştir. Çok yoğun miktarlarda olmaması kısmen iyi fakat ormanlık alanlardan önemli bir hava kirleticisi belirlenmesi sadece sanayi yakınlarında değil her alanlarda bulunduğunun göstergesidir. Bu bileşiğin en yoğun olduğundan en aza doğru bulunulan istasyonların sıralaması ise; Göztepe Tabiat Parkı, Büyükada, Büyük Çamlıca Tepesi, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile, Kanlıca Ormanı, Küçük Çamlıca Tepesi, Kayışdağı Ormanı ve Aydos Ormanı istasyonlarıdır. Kükürt dioksit kirleticisi hava kirleticileri arasında önemli bir maddedir. Genellikle kükürtlü gazların yanmasından, sanayi alanlarından kaynaklı bir kirleticidir. Bu kirleticinin çıktığı istasyonlarda örnekler ilkbahar ve yaz aylarında toplanmış olduğu ve bu nedenle herhangi bir ısınma, yanma olaylarının gerçekleşmemesi neticesinde yüksek oranlarda çıkmamıştır. Koyu renk tonunda gösterilen alandaki Göztepe Tabiat Parkı istasyonunda ise, yoldaki kükürtlü benzinin yanması neticesinden kaynaklanmış olabilmektedir.

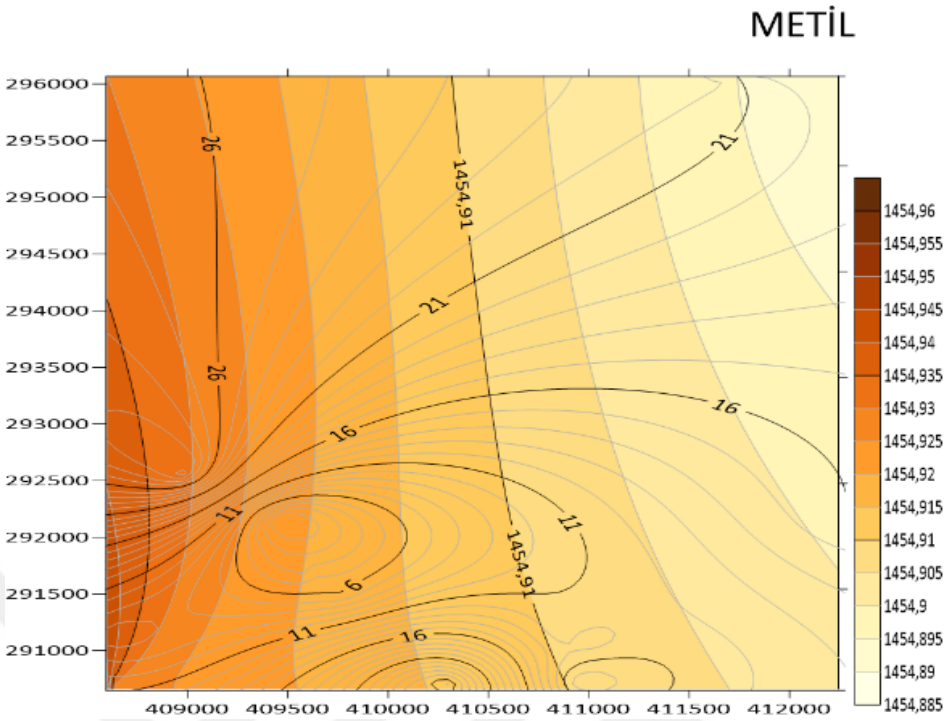
V. 1. 2. 10. CH_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 10 CH_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

CH_2; Kayışdağı, Göztepe Tabiat Parkı, Şile, Küçük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı istasyonlarından toplanan örneklerde tespit edilmiştir. Küçük Çamlıca Tepesi, Göztepe Tabiat Parkı, Şile, Kayışdağı ve Gözdağı istasyonlarında bileşiklerin çoktan aza bulunma sıralaması belirtilmiştir. Metilen bileşiği, örneklerin toplandığı istasyonlarda yerleşim yerlerinde bulunması ve motorlu taşıtların emisyonlarından kaynaklıdır.

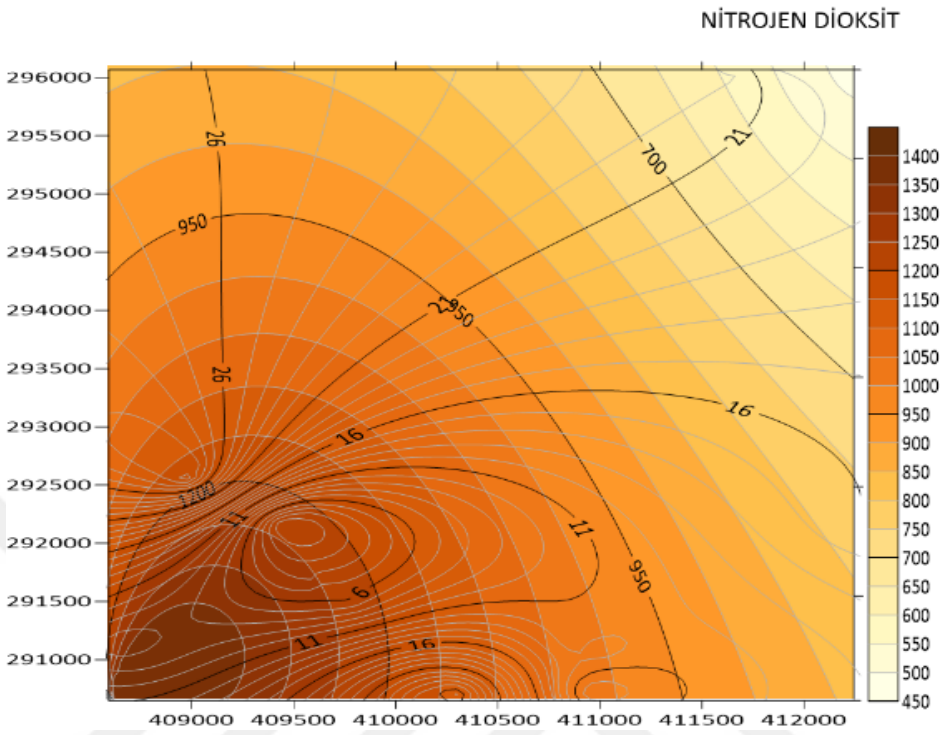
V. 1. 2. 11. CH_3 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 11 CH_3 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

CH_3; Büyükada, Göztepe Tabiat Parkı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Büyük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarındaki örneklerde tespit edilmiştir. Elmasburnu Tabiat Parkı, Büyükada, Büyük Çamlıca Tepesi, Göztepe Tabiat Parkı ve Gözdağı Korusu istasyonlarında bulunan bileşiklerin çoktan aza göre sıralamasıdır. Metil bileşiği birçok organik bileşikte bulunmaktadır. Bu istasyonlardan toplanan örneklerden yani likenden kaynaklı olabilir.

V. 1. 2. 12. NO_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası



Şekil V. 12 NO_2 Bileşiğinin İstasyonlara Göre Dağılım Haritası

NO_2; Başıbüyük, Kayışdağı, Büyükada, Kanlıca, Göztepe Tabiat Parkı, Şile, Küçük ve Büyük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı istasyonlarındaki örneklerde tespit edilmiştir. Kanlıca Ormanı, Kayışdağı, Göztepe Tabiat Parkı, Şile, Gözdağı Korusu, Başıbüyük, Küçük Çamlıca Tepesi, Büyükada ve Büyük Çamlıca Tepesi istasyonlarında çoktan aza doğru bulunana doğru, sıralamasıdır. Haritada koyu ve açık renk tonlarında belirtilmiştir. Nitrojen dioksit bileşiği araçlardaki egzoz emisyonlarından kaynaklanmaktadır. İstasyonlardaki en yoğun çıkan bölge yoğun araç trafiği olan yol kenarından kaynaklanmaktadır. Kayışdağı istasyon bölgesinde de ormanın yanında üniversite olmasından dolayı, bulunduğu konumda araç trafiği bakımından yoğun bir yol bulunmaktadır.

V. 1. 3. Tüm İstasyonlardaki FT-IR Analizi Sonuçlarınının Karşılaştırılması

Her bir istasyondan toplanan örneklerin FT-IR analizinde çıkan bileşiklerin değerleri hesaplanarak tablo oluşturulmuştur. Sonra da bu tablodaki değerlerle diğer istasyonlarla ve referans materyali ile karşılaştırılması yapılmıştır.

	Eter	**CH**	**OH**	**Keton**
Referans Materyali	3103.31	14545.76	10678.66	2076.68

Tablo V. 1 Referans materyalinin FT-IR Analizinin sonuç tablosu

	Aldehit	**Alken**	**Alkol**	**Amin**	**Eter**	**CH**	**OH**	**Keton**	**SO_2**	**CH_3**	**CH_2**	**NO_2**
Aydos Ormanı		1617.7		3253.81	8295.27	23257.65	21357.32	4153.36	463.10			
Başıbüyük Ormanı	5840.29				3097.13	5840.29	3279.24					525.99
Büyükada				1626.15	4134.6	14544.46	3271.15		3127.28	1454.96		474.12
Kayışdağı Ormanı				1627.22	3100.15	8782.00			464.63		1454.93	1371.38
Kanlıca Ormanı			1421	3.255,48	2039,63	11541,4	6573,37		1311,7			1421
Göztepe Tabiat Parkı	994.49		2669.23	3.247,36	9303,3	40871,48	3278,8	1738.05	4.481,97	1454.90	2909.85	1368,38
Elmasburnu Tabiat Parkı				3.267,15	2043,15	11.539,46		1736.3				
Şile	750.40	1454.96	2678.08	1626.51	9476.79	42412.89	3292		1324.86		1454.97	1367.18
Küçük Çamlıca Tepesi		1665	1346.35	6019.27	6171.77	20388.33		1679	1165		4470.96	474.15
Büyük Çamlıca Tepesi					3100.01	11701.43			1346.40	1454.94		474.11
Gözdağı Korusu			5385.99	4882.08	7221.44	29191.5	9879.78			1454.89	1454.89	948.01

Tablo V. 2 Tüm istayonların FT-IR Analiz Sonuç Tablosu

Referans materyaline göre: Aydos Ormanı örneklerinin analizinde; eter, hidrokarbon, hidroksit ve keton bileşikleri daha yüksektir. Başıbüyük Ormanı örneklerinin analizinde eter, hidrokarbon ve hidroksit bileşikleri; Büyükada örneklerinin analizinde; eter, hidrokarbon ve hidroksit bileşikleri ve Kayışdağı Ormanı örneklerinin analizi ise; eter ve hidrokarbon bileşikleri daha düşük çıkmıştır. Kanlıca Ormanı istasyonundan alınan örneklerin analizinde; eter, hidrokarbon ve hidroksit bileşikleri daha düşüktür. Büyük Çamlıca Tepesi örneklerinin analizi; eter ve hidrokarbon bileşikleri daha düşük miktarlarda bulunmaktadır. Göztepe Tabiat parkı örneklerinin analizinde hidroksit ve keton değerleri düşük, eter ve hidrokarbonlar ise yüksek; Elmasburnu Tabiat Parkı örneklerinin analizi ise; eter ve hidrokarbon çok daha yüksek, keton ise daha düşük miktarda olduğu belirlenmiştir. Şile örneklerinin analizinde eter ve hidrokarbon daha yüksek, hidroksit ise daha düşük miktarlarda olduğu bir de Küçük Çamlıca Tepesi örneklerinin analizinde de eter ve hidrokarbon daha yüksek, keton ise daha düşüktür. Son olarak Gözdağı Korusu örneklerinin analizindeyse; eter ve hidrokarbon daha yüksek, hidroksit ise daha düşüktür.

Aydos Ormanı örneklerinin analiziyle;

- Hidrokarbon bakımından Başıbüyük, Büyükada, Kayışdağı Ormanı, Kanlıca Ormanı, Küçük ve Büyük Çamlıca Tepesi istasyonlarından daha çok bulunmaktadır. Bunun yanı sıra Göztepe Tabiat Parkı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile ve Gözdağı Korusu istasyonlarından daha az olduğu tespit edilmiştir.
- Eter bileşiği Göztepe Tabiat Parkı ve Şile istasyonlarında daha yüksek miktarlarda çıkmıştır. Diğer istasyonlarda daha azdır.
- Alken bileşiği bakımından Şile istasyonundan daha yüksek, Küçük Çamlıca Tepesi istasyonundan daha düşük çıkmıştır.
- Amin bileşiğinde ise; Şile, Kayışdağı ve Büyükada istasyonlarında daha düşük; Gözdağı, Küçük Çamlıca, Kanlıca Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı ve Elmasburnu Tabiat Parkı istasyonlarında ise daha yüksek çıkmıştır.
- Kükürt dioksit açısından ise; Büyükada, Kayışdağı, Kanlıca, Göztepe, Elmasburnu, Şile, Küçük ve Büyük Çamlıca istasyonlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Başıbüyük Ormanı örneklerinin analiziyle;

- Aldehit bileşiği açısından; Göztepe Tabiat Parkı ve Şile istasyonlarından daha yüksektir.
- Eter bileşiğinde ise; Şile, Küçük Çamlıca, Büyük Çamlıca, Gözdağı, Göztepe, Elmasburnu, Kayışdağı, Büyükada, Aydos istasyonlarında daha yüksek, Kanlıca Ormanında ise daha düşüktür.
- Hidrokarbon bakımından ise; tüm istasyonlarda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır.
- Hidroksit ise; Aydos, Kanlıca, Şile ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksek, Büyükada ve Göztepe'de ise daha düşük bulunmuştur.
- Nitrojen dioksit ise; Kayışdağı, Göztepe, Kanlıca, Şile ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksek, Büyükada, Büyük Çamlıca ve Küçük Çamlıca istasyonlarında daha düşüktür.

Büyükada örneklerinin analiziyle;

- Amin bileşiği bakımından bu istasyondan daha yüksek; Aydos, Kayışdağı, Kanlıca, Göztepe, Elmasburnu, Şile, Küçük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarıdır.
- Eter bileşiğinde ise; Aydos, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir. Başıbüyük, Elmasburnu, Kanlıca, Kayışdağı ve Büyük Çamlıca istasyonlarında ise daha düşüktür.
- Hidrokarbon ise; Aydos, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir. Başıbüyük, Elmasburnu, Kanlıca, Kayışdağı ve Büyük Çamlıca istasyonlarında daha düşüktür.
- Hidroksitte; Aydos, Başıbüyük, Kanlıca, Göztepe, Şile ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir.
- SO_2 ise; Aydos, Kayışdağı, Kanlıca, Şile, Küçük ve Büyük Çamlıca istasyonlarında daha düşük, Göztepe Tabiat Parkında ise daha yüksektir.
- Metil; Göztepe, Büyük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha düşük, Göztepe istasyonunda ise daha yüksektir.
- NO_2 de ise; Gözdağı, Küçük Çamlıca, Şile, Göztepe, Kanlıca, Kayışdağı ve Başıbüyük istasyonlarında daha yüksektir. Büyük Çamlıca istasyonunda ise daha düşüktür.

Kayışdağı ormanı örneklerinin analiziyle;

- Amin bileşiği; Aydos, Kanlıca, Göztepe, Elmasburnu, Küçük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir. Büyükada ve Şile istasyonlarında ise daha düşüktür.
- Eter; Aydos, Büyükada, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir. Buna karşılık Kanlıca, Elmasburnu, Başıbüyük ve Büyük Çamlıca istasyonlarında daha düşüktür.
- Hidrokarbon; Aydos, Büyükada, Kanlıca, Göztepe, Elmasburnu, Şile, Küçük Çamlıca, Büyük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksek, Başıbüyük istasyonunda daha düşüktür.
- SO_2; Büyükada, Kanlıca, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca ve Büyük Çamlıca istasyonlarında daha yüksek, Aydos ormanı istasyonunda ise daha düşüktür.
- Metilen; Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca istasyonlarında daha yüksek, Gözdağı istasyonunda daha düşüktür.
- NO_2; Başıbüyük, Büyükada, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca, Büyük Çamlıca, Gözdağı Korusu istasyonlarında daha düşük, Kanlıca istasyonunda ise daha yüksektir.

Kanlıca Ormanı örneklerinin analiziyle;

- Alkol: Göztepe, Şile ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksek, Küçük Çamlıca istasyonunda daha düşüktür.
- Amin: Aydos, Büyükada, Kayışdağı, Göztepe ve Şile istasyonlarında daha düşüktür. Elmasburnu, Küçük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir.
- Eter: diğer tüm istasyonlarda daha yüksektir.
- CH: Aydos, Büyükada, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca, Büyük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksek iken Başıbüyük, Kayışdağı ve Elmasburnu istasyonlarında daha düşüktür.
- OH: Aydos ve Gözdağında daha yüksek, Başıbüyük, Büyükada, Göztepe ve Şile de daha düşüktür.
- SO_2: Büyükada, Göztepe, Şile ve Büyük Çamlıca'da daha yüksektir. Aydos, Kayışdağı ve Küçük Çamlıca'da daha düşüktür.
- NO_2: Başıbüyük, Büyükada, Kayışdağı, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca, Büyük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha düşüktür.

Göztepe Tabiat Parkı örneklerinin analiziyle;

- Aldehit; Başıbüyük istasyonunda daha yüksek, Şile istasyonunda ise daha düşüktür.
- Alkol; Şile ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksekken Küçük Çamlıca ve Kanlıca istasyonlarında daha düşüktür.
- Amin; Aydos, Kanlıca, Elmasburnu ve Gözdağında daha yüksek iken Büyükada, Kayışdağı, Şile ve Küçük Çamlıca istasyonlarında daha düşüktür.
- Eter, Şile dışında diğer tüm istasyonlarda daha düşük olduğu tespit edilmiştir.
- Hidrokarbon bileşiğinde de Şile dışında diğer tüm istasyonlarda çok daha düşük değerlerde bulunduğu belirlenmiştir.
- Hidroksit; Aydos, Başıbüyük, Kanlıca, Şile ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksek, Büyükada istasyonunda daha düşük oranlarda bulunmaktadır.
- Keton; Küçük Çamlıca ve Elmasburnu istasyonlarında düşük, Aydos ormanında daha çok bulunduğu belirlenmiştir.
- SO_2; Aydos, Büyükada, Kayışdağı, Kanlıca, Şile, Küçük Çamlıca ve Büyük Çamlıca istasyonlarında daha düşük oranlarda bulunmaktadır.
- Metil; Büyükada, Büyük Çamlıca istasyonlarında daha yüksek, Gözdağı istasyonunda daha düşük bulunduğu tespit edilmiştir.
- Metilen; Kayışdağı, Şile, Gözdağı istasyonlarında daha düşük ancak Küçük Çamlıca istasyonunda daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır.
- NO_2; Başıbüyük, Büyükada, Şile, Küçük Çamlıca, Büyük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha azken Kayışdağı ve Kanlıca istasyonlarında daha çok bulunmuştur.

Elmasburnu Tabiat Parkı örneklerinin analiziyle;

- Amin; Aydos, Büyükada, Kayışdağı, Kanlıca, Göztepe ve Şile istasyonlarında daha düşük oranda iken Gözdağı ve Küçük Çamlıcada daha yüksek bulunmuştur.
- Eter; Kanlıca dışında diğer tüm istasyonlarda daha yüksek oranlarda bulunmuştur.
- Hidrokarbon; Aydos, Büyükada, Kanlıca, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca, Büyük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir. Başıbüyük ve Kayışdağı istasyonlarında daha düşüktür.
- Keton; Aydos, Göztepe daha yüksek iken, Küçük Çamlıca istasyonunda daha düşüktür.

Şile örneklerinin analiziyle;

- Aldehit; Başıbüyük ve Göztepe istasyonlarında daha yüksek oranlarda bulunmaktadır.
- Alken; Aydos ve Küçük Çamlıca istasyonlarında daha yüksektir.
- Alkol; Göztepe, Kanlıca ve Küçük Çamlıca istasyonlarında daha düşük ancak Gözdağı istasyonunda daha yüksek oranda bulunmaktadır.
- Amin; Gözdağı, Küçük Çamlıca, Elmasburnu, Göztepe, Kanlıca, Kayışdağı ve Aydos istasyonlarında daha yüksek iken Büyükada istasyonunda daha düşük bulunmaktadır.
- Eter; diğer tüm istasyonlarda daha düşük miktardadır.
- Hidrokarbon bileşiğinde de diğer tüm istasyonlarda daha düşüktür.
- Hidroksit; Aydos, Kanlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksek, Göztepe, Başıbüyük ve Büyükada istasyonlarında daha düşük bulunmaktadır.
- SO_2; Aydos, Kayışdağı, Kanlıca, Küçük Çamlıca istasyonlarında daha düşük oranda iken Büyükada, Göztepe, Büyük Çamlıca istasyonlarında daha yüksek miktarda bulunur.
- Metilen; Gözdağı, Kayışdağı istasyonlarında daha düşük, Küçük Çamlıca ve Göztepe istasyonlarında daha yüksek miktarda bulunur.
- NO_2; Başıbüyük, Büyükada, Gözdağı, Küçük ve Büyük Çamlıca istasyonlarında daha düşük, Kayışdağı, Kanlıca ve Göztepe istasyonlarında ise daha yüksektir.

Küçük Çamlıca Tepesi örneklerinin analiziyle;

- Alken; Aydos ve Şile istasyonlarında daha düşük miktarlarda bulunur.
- Alkol; Gözdağı, Şile ve Göztepe istasyonlarında daha yüksek, Kanlıca istasyonunda düşüktür.
- Amin; Aydos, Büyükada, Kayışdağı, Kanlıca, Göztepe Elmasburnu, Şile ve Gözdağı istasyonlarında daha düşüktür.
- Eter; diğer tüm istasyonlar daha düşüktür.
- Keton; Aydos, Göztepe ve Elmasburnu istasyonlarında daha yüksek oranda bulunur.
- SO_2; Büyük Çamlıca, Şile, Göztepe, Kanlıca ve Büyükada istasyonlarında daha yüksek iken Kayışdağı ve Aydos istasyonlarında daha düşük miktarda bulunur.
- Metilen; Kayışdağı, Göztepe, Şile ve Gözdağı istasyonlarında daha düşüktür.
- NO_2; Gözdağı, Şile, Göztepe, Kanlıca, Kayışdağı ve Başıbüyük istasyonları daha yüksekken Büyük Çamlıca, Büyükada ve Aydos istasyonları ise daha düşüktür.

Büyük Çamlıca Tepesi örneklerinin analiziyle;

- Eter; Başıbüyük, Kanlıca ve Elmasburnu istasyonlarında düşük diğer istasyonlarda ise daha yüksektir.
- Hidrokarbon; Aydos, Büyükada, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir. Başıbüyük, Kayışdağı ve Kanlıca istasyonları daha düşüktür.
- SO_2; Aydos, Kayışdağı, Kanlıca, Şile ve Küçük Çamlıca istasyonlarında daha düşük Büyükada ve Göztepe istasyonlarında daha yüksektir.
- Metil; Gözdağı ve Göztepe istasyonları daha düşüktür. Ancak Büyükada istasyonu ise daha yüksektir.
- NO_2; Başıbüyük, Büyükada, Kayışdağı, Göztepe, Şile, Küçük Çamlıca ve Gözdağı istasyonlarında daha yüksektir. Ancak Kanlıca istasyonunda daha düşüktür.

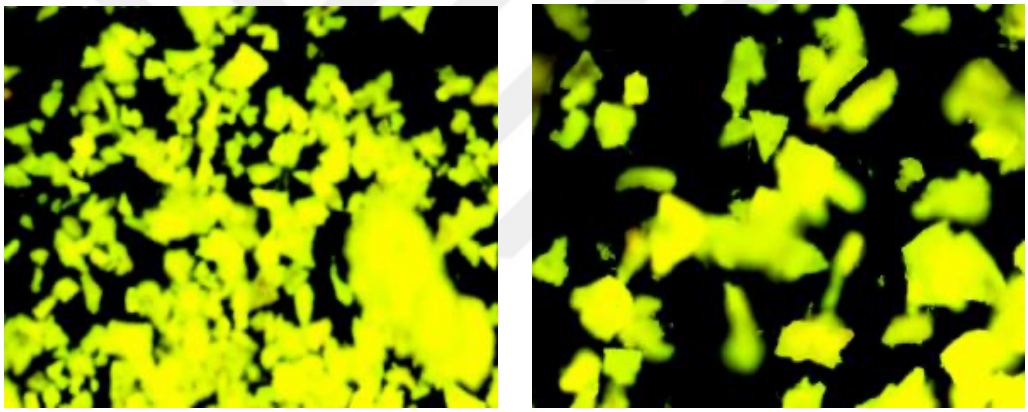
Son olarak Gözdağı Korusu örneklerinin analiziyle karşılaştırıldığında;

- Alkol; Göztepe, Kanlıca, Şile ve Küçük Çamlıca istasyonlarında daha düşüktür.
- Amin; Şile, Elmasburnu, Göztepe, Kanlıca, Kayışdağı, Büyükada ve Aydos istasyonlarında daha düşüktür. Küçük Çamlıca, istasyonlarında ise daha yüksektir.
- Eter; Başıbüyük, Büyükada, Kayışdağı, Kanlıca, Elmasburnu, Küçük ve Büyük Çamlıca istasyonlarında daha düşüktür. Kalan diğer istasyonlarda daha yüksek bulunmuştur.
- Hidrokarbon; Göztepe istasyonu dışında diğer tüm istasyonlarda daha düşük bulunmaktadır.
- Hidroksit; Başıbüyük, Büyükada, Kanlıca, Göztepe, Şile istasyonları daha düşüktür. Ancak Aydos istasyonu daha yüksektir.
- Metil; Büyük Çamlıca, Göztepe ve Büyükada istasyonları daha yüksektir.
- Metilen; Kayışdağı, Göztepe, Şile ve Küçük Çamlıca istasyonları daha yüksektir.
- NO_2; Büyük ve Küçük Çamlıca, Büyükada, Başıbüyük istasyonları daha düşükken Şile, Göztepe, Kanlıca ve Kayışdağı istasyonları ise daha yüksektir.

V. 1. 4. Örneklerin Floresan Mikroskobu İncelemesi Sonuçları

Nile Red boyası ile liken örneklerinin tallus yüzeyi ve anatomik kesitleri boyandıktan yarım saat sonra floresan mikroskop altında incelenmiştir. Mikroplastik parçacıkların tespitleri Shim ve ark (2016), Dowara ve ark (2020) ve Helmberger ve ark (2020) makalelerinden yararlanılarak yapılmıştır [80] [81] [82]. Buna göre sarı parlak renklerde olan parçacıklar mikroplastiklerdir. Ancak mikroplastiklerin çeşitleri, kimyasal yapılarındaki farklılıklar tespit edilememektedir.

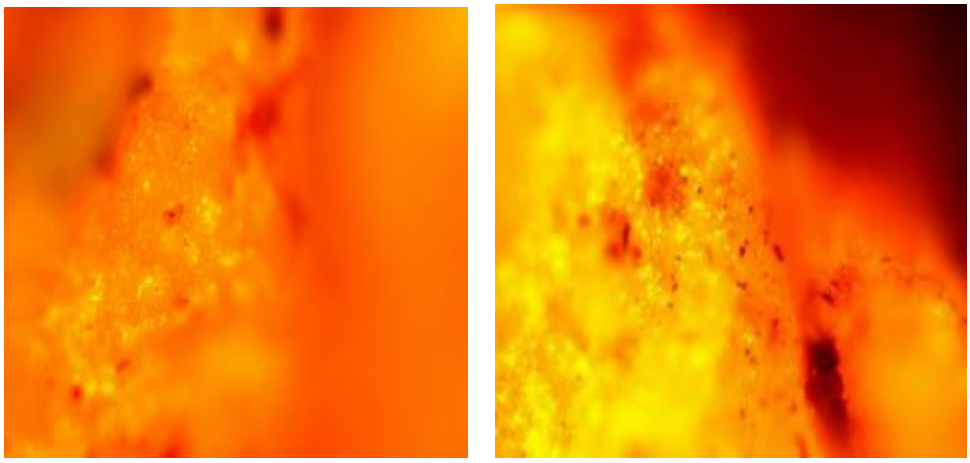
V. 1. 4. 1. Referans Materyali



Şekil V. 13. Referans materyalinin floresan mikroskobu görüntüsü

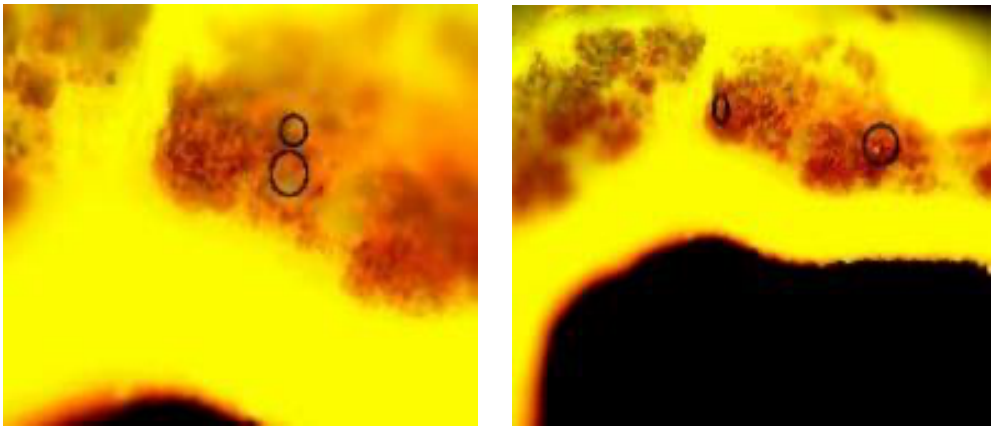
Referans materyalin FT-IR analizinde ise; Hidroksit (OH), hidrokarbon (CH), Keton ve Eter bileşikleri gözlenmiştir. Keton bileşiği yağ asitlerinin parçalanması sonucu oluşan bileşiklerdir. Nile Red floresan boyası, floresan mikroskop altında lipit moleküllerini boyamaktadır. Bu nedenle sarı partiküller eter ve keton bileşiklerinin varlığından kaynaklıdır.

V. 1. 4. 2. Başıbüyük Ormanı İstasyon 4 Örnekleri

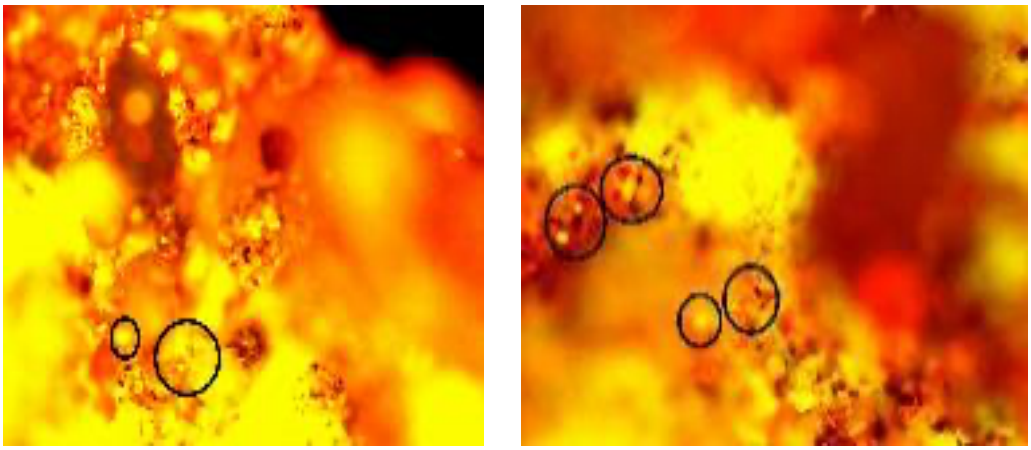


Şekil V. 14 Başıbüyük Ormanı örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri

Başıbüyük Ormanı istasyonundaki piknik ve mesire alanı bölgesinden alınan liken örneğinin tallus yüzeyinin boyanmasından sonra floresan mikroskop görüntülerinde sarı parlak floresan ışımalar gözlenmiştir. (**Şekil V. 2**) Bu sarı parlak partiküller mikroplastiklerdir. Ayrıca bu örneklerin enine ve boyuna kesitleri alınarak boyaması yapılmış ve mikroskop altında gözlenmiştir. Bu görüntüler de sarı parlak parçacıklar tespit edilmiştir.



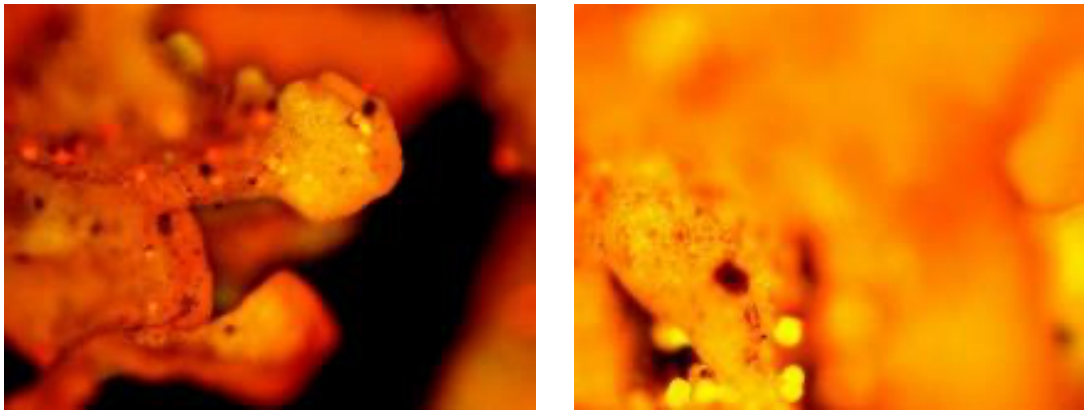
Şekil V. 15 Başıbüyük Ormanı örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri (10x,20x büyütme)



Şekil V. 16 Başıbüyük Ormanı örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri (10x, 20x)

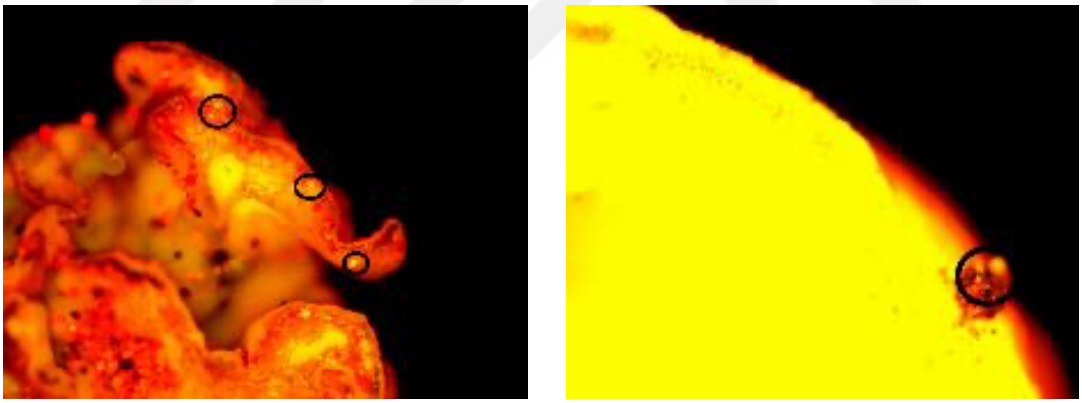
Anatomik boyama görüntülerinde yuvarlak siyahla gösterilen parçacıklardır. Bu durumda mikroplastik parçacıklarını da likenler bünyelerinde biriktirebilmektedir. Başıbüyük örneklerinin ayrıca FT-IR analizlerinde ise; hidrokarbon, amin ve eter bileşikleri gözlenmiştir. Hidrokarbon bileşikleri plastiklerin üretiminde kullanılmaktadır. Plastiklerin, mikroplastiklerin kimyasal yapısında olan bileşiklerden biridir.

V. 1. 4. 3. Büyükada İstasyon 7 Örnekleri

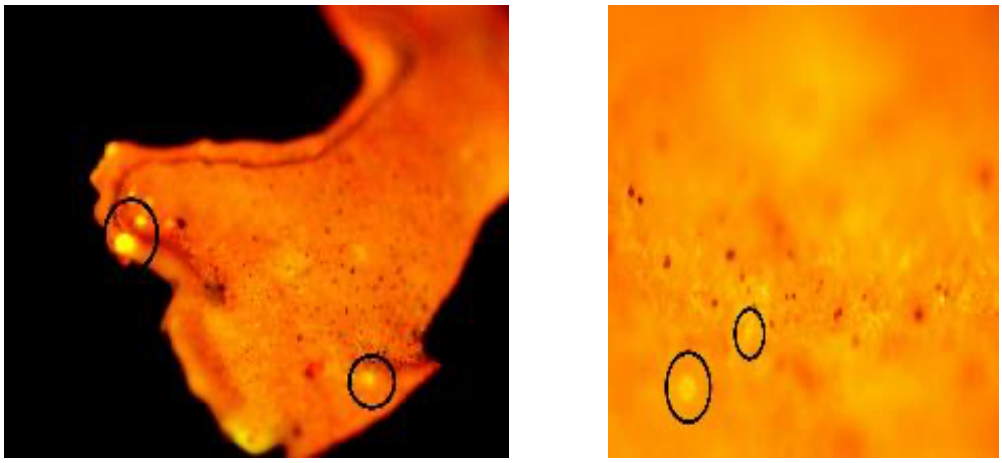


Şekil V. 17 Büyükada örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri

Büyükada istasyonunda yer alan Aşıklar çay bahçesi bölgesinden alınan liken örneğinin tallus yüzeyi boyamasında mikroplastikler tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu örneğin enine ve boyuna kesitleri alınarak anatomik boyaması da yapılmıştır.



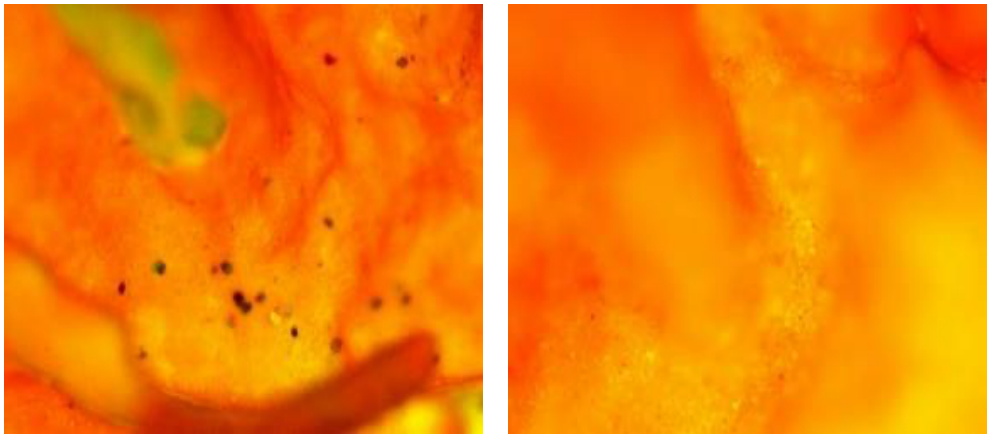
Şekil V. 18. Büyükada örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri



Şekil V. 19. Büyükada örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri

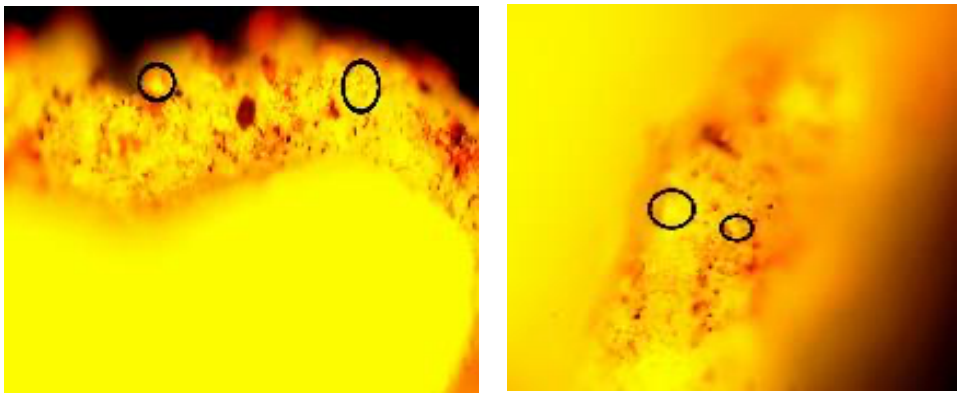
Anatomik ve tallus yüzeyi boyamasında da mikroplastik parçacıkları tespit edilmiştir. Bu örneklerin FT-IR analizlerinde ise; OH, CH, NH_2, Eter ve SO_2 bileşikleri gözlenmiştir. Hidrokarbon bileşikleri mikroplastiklerin kimyasal yapısında bulunmaktadır.

V. 1. 4. 4. Kanlıca Ormanı İstasyon 9 Örnekleri



Şekil V. 20 Kanlıca Ormanı istasyonu örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri

Beykoz ilçesindeki Kanlıca Ormanı istasyonunda yer alan Kanlıca Orman İşleri Müdürlüğü bölgesinden alınan liken örneklerinin tallus yüzeyi ve anatomik boyama sonuçlarında sarı parlak floresan ışımaların mikroplastiklerden kaynaklıdır. Bu örneklerin FT-IR analizinde ise; Hidrokarbon, hidroksil ve eter bileşikleri çıkmıştır.



Şekil V. 21 Kanlıca Ormanı istasyonu örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri



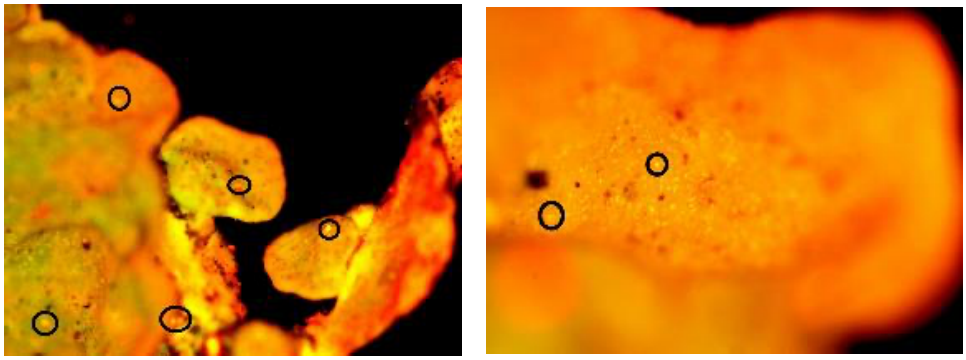
Şekil V. 22. Kanlıca Ormanı istasyonu örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri

V. 1. 4. 5. Elmasburnu Tabiat Parkı İstasyon 15 Örnekleri

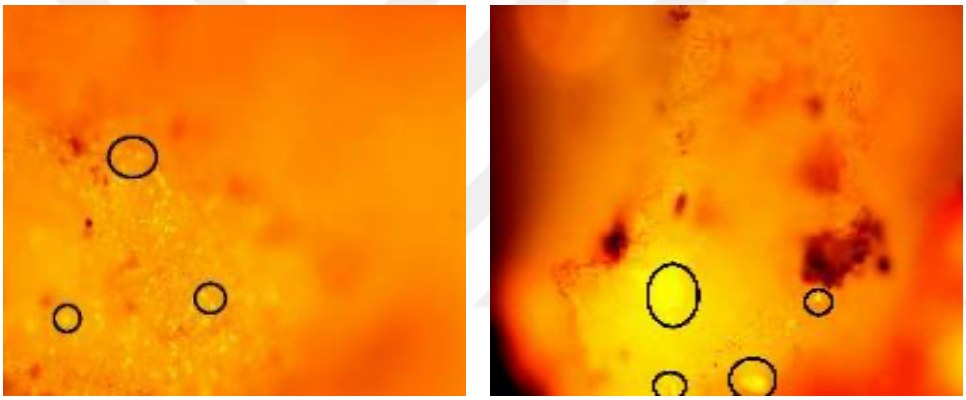
Elmasburnu Tabiat Parkı istasyonunun Riva bölgesinden toplanan liken örneklerinin tallus yüzeyi ve anatomik boyamalarında mikroplastikler tespit edilmiştir. Bu örneklerin FT-IR analizinde ise CH, NH_2 ve Eter bileşikleri gözlenmiştir.



Şekil V. 23 Elmasburnu Tabiat Parkı örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri



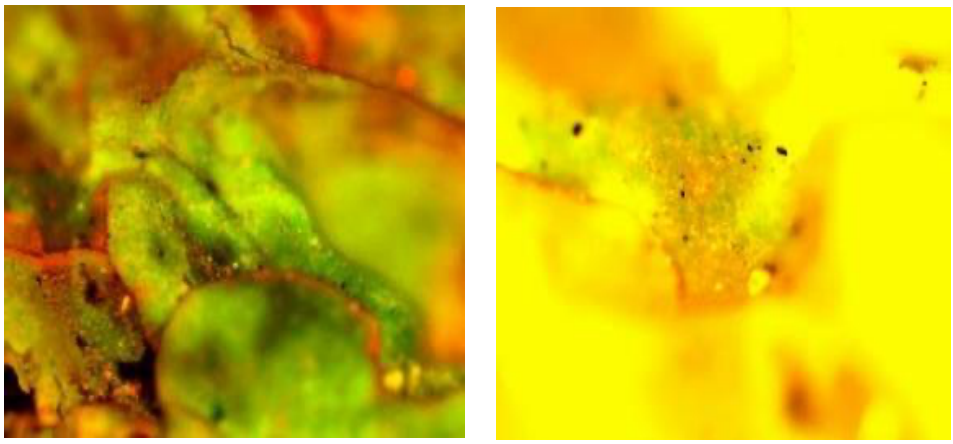
Şekil V. 24. Elmasburnu Tabiat Parkı örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri



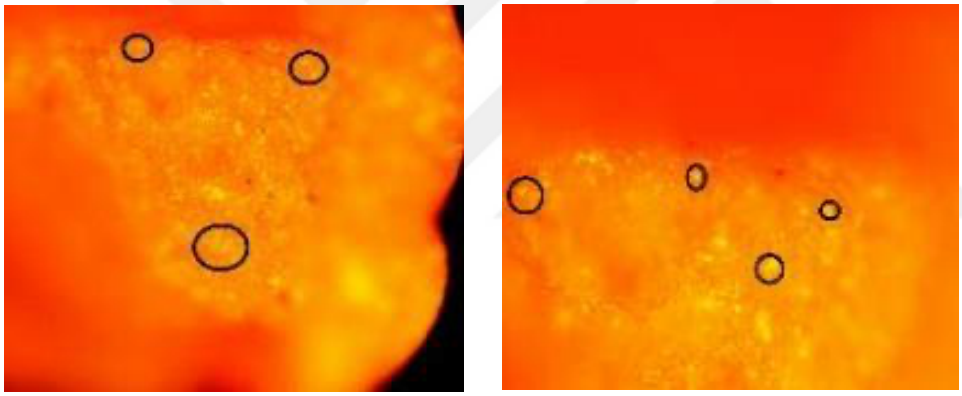
Şekil V. 25. Elmasburnu Tabiat Parkı örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri

V. 1. 4. 6. Şile İstasyon 19 Örnekleri

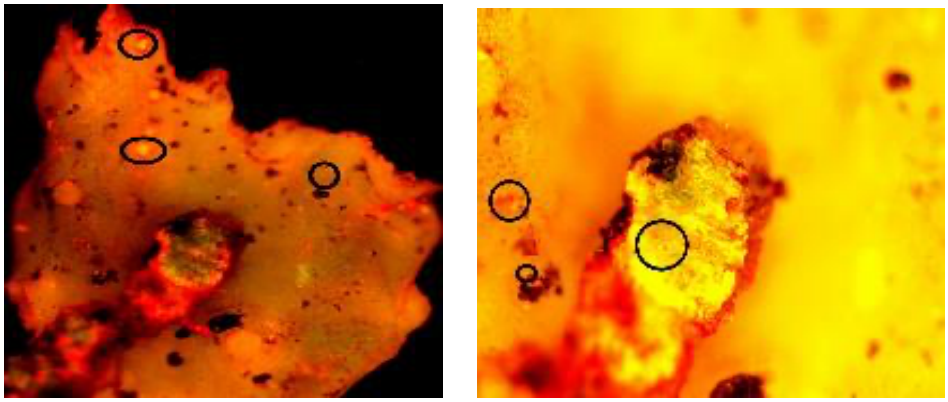
Şile istasyonunun Serintepe Piknik alanı bölgesinden toplanan liken örneklerinin talluss yüzeyi ve anatomik boyamalarında floresan mikroskobun (x4 ve x10) büyütmelerinde sarı parlak floresan ışımalar gözlenmiştir. Bunların nedeni mikroplastiklerin varlığından kaynaklanır. FT-IR analizinde ise Hidroksit (OH), hidrokarbon (CH) ve eter bileşikleri çıkmıştır.



Şekil V. 26. Şile örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri



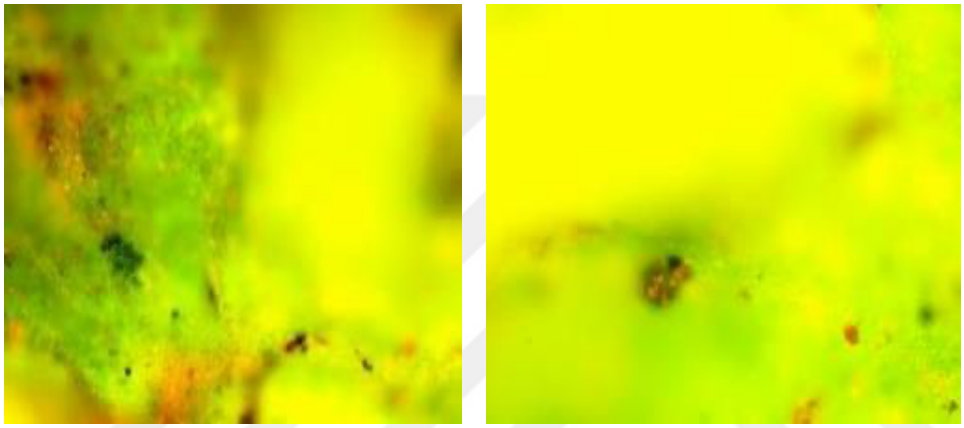
Şekil V. 27. Şile örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri



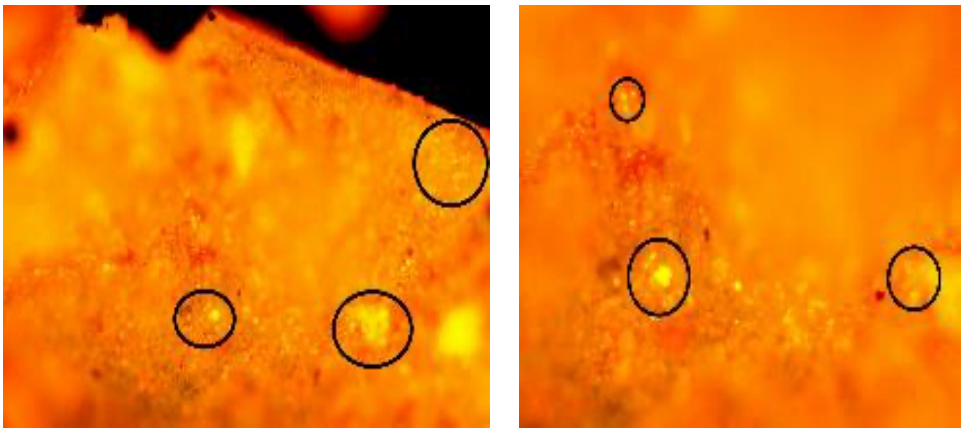
Şekil V. 28. Şile örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri

V. 1. 4. 7. Küçük Çamlıca Tepesi İstasyon 21 Örnekleri

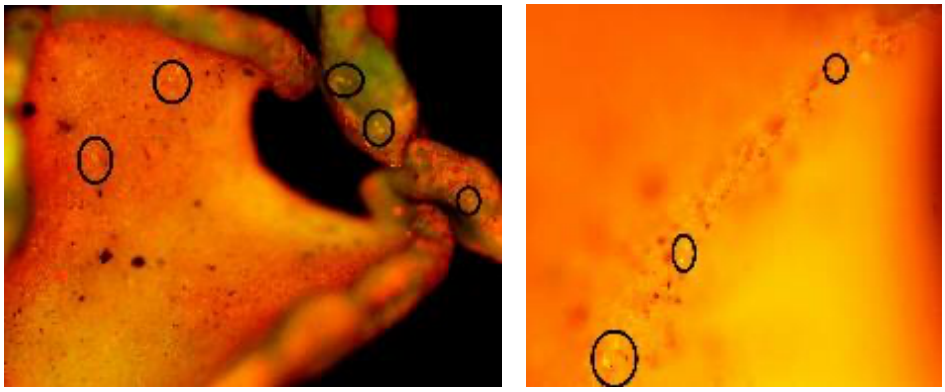
Küçük Çamlıca Tepesi istasyonunun Küçük Çamlıca bölgesinden alınan liken örneklerinin tallus yüzeyi ve anatomik boyamasının sonucunda mikroplastikler tespit edilmiştir. FT-IR analizinde ise 21 numaralı örneğin spektrum grafiğinde hidrokarbonlar, amin, kükürt dioksit ve eter bileşikleri gözlenmiştir. Mikroplastiklerin yapılarında hidrokarbonlar bulunmaktadır.



Şekil V. 29. Küçük Çamlıca Tepesi örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri



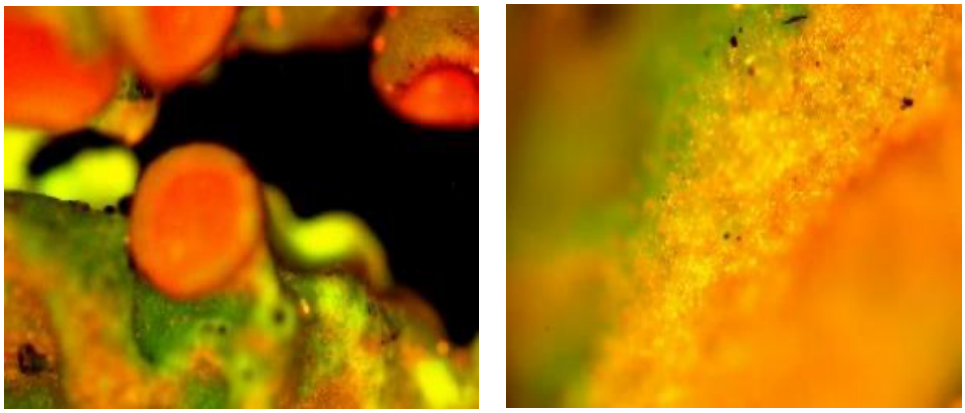
Şekil V. 30. Küçük Çamlıca Tepesi örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri



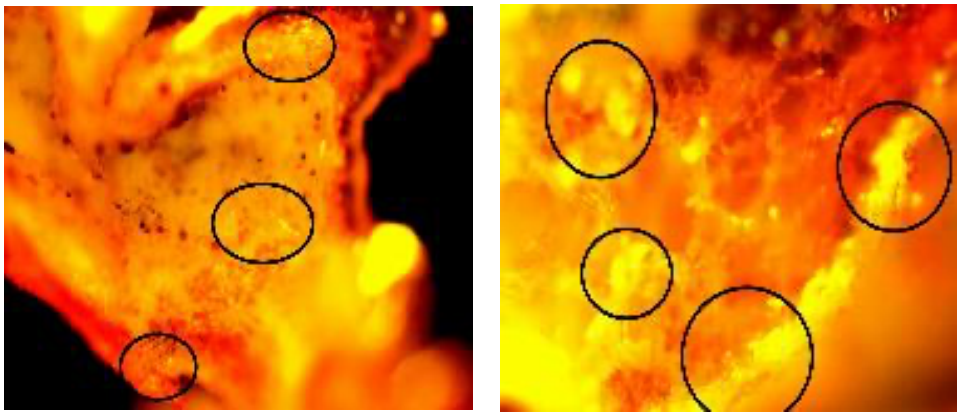
Şekil V. 31. Küçük Çamlıca Tepesi örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri

V. 1. 4. 8. Büyük Çamlıca Tepesi İstasyon 24 Örnekleri

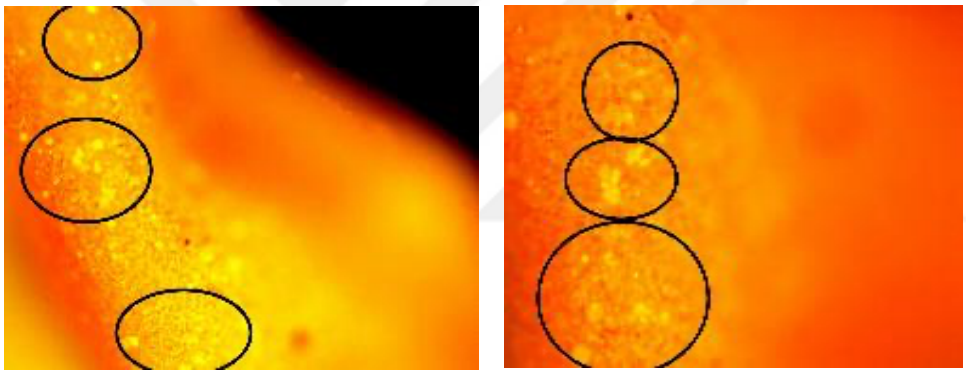
Büyük Çamlıca Tepesi istasyonundan toplanılan örneklerinin tallus yüzeyi ve anatomik boyamasından mikroplastikler tespit edilmiştir. Bu örneklerin FT-IR analizinde ise; Hidrokarbonlar (CH), metil (CH_3), kükürt dioksit (SO_2), nitrojen dioksit (NO_2) ve eter bileşikleri gözlenmiştir.



Şekil V. 32. Büyük Çamlıca Tepesi örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri



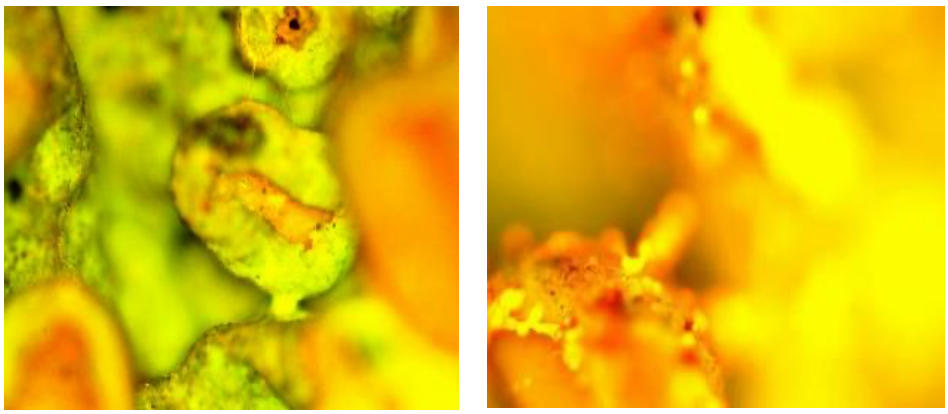
Şekil V. 33 Büyük Çamlıca Tepesi örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri



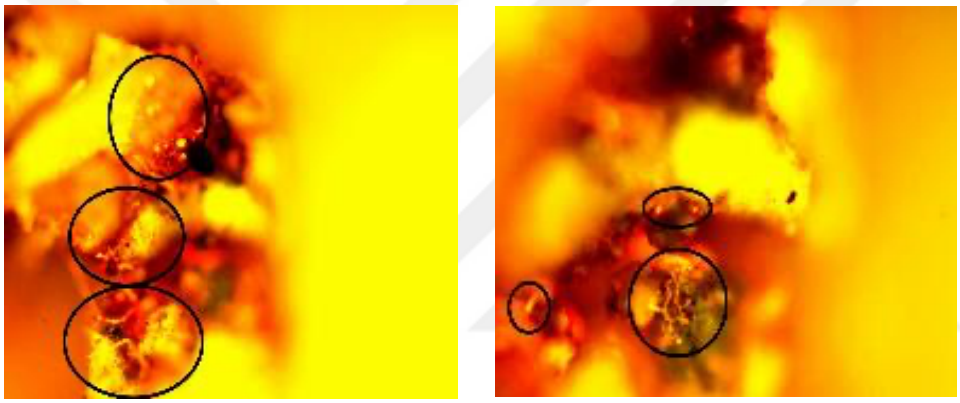
Şekil V. 34. Büyük Çamlıca Tepesi örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri

V. 1. 4. 9. Gözdağı Korusu İstasyon 25 Örnekleri

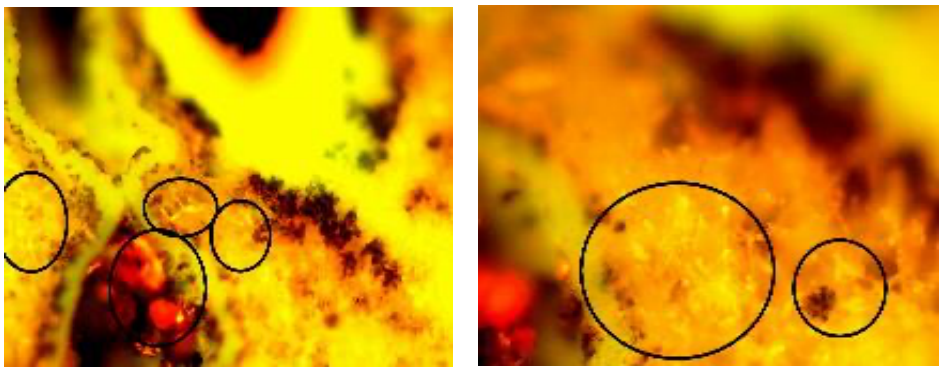
Gözdağı Korusu istasyonunun Dumlupınar Gözdağı tepesi bölgesinden alınan örneklerinin tallus yüzeyi ve anatomik boyamasında mikroplastikler tespit edilmiştir. Bu örneklerin FT-IR analizinde ise; hidroksit (OH), hidrokarbon (CH), amin (NH_2) ve eter bileşikleri gözlenmiştir.



Şekil V. 35. Gözdağı Korusu örneklerinin tallus yüzeyi floresan mikroskop görüntüleri



Şekil V. 36. Gözdağı Korusu örneklerinin enine kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri



Şekil V. 37. Gözdağı Korusu örneklerinin boyuna kesitlerinin floresan mikroskop görüntüleri

Başıbüyük, Büyükada, Kanlıca Ormanı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile, Küçük ve Büyük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı Korusu istasyonlarından toplanılan liken örneklerinde Nile Red boyasıyla boyandıktan sonra floresan mikroskobunda (x4, x10 ve x20 objektiflerinde) incelenmiştir. Floresan mikroskobu analizi sonucunda; tüm bu istasyonlarda sarı parlak floresan ışımalar şeklinde mikroplastik partikülleri tespit edilmiştir. FT-IR analizlerinde ise; Hidroksit (OH), hidrokarbon (CH), amin (NH_2), alken (C=C) ve eter bileşikleri gözlenmiştir. Mikroplastiklerin tespit edildiği istasyonların FT-IR analizlerinde ise hidrokarbonlar gözlenmiştir. Bundan dolayı hidrokarbonların mikroplastik parçacıklarından kaynakladığı gözlenmiştir. Örneklerin toplandığı istasyonlardaki plastik atıklarından kaynaklanabileceği görülmektedir. Bu örneklerin FT-IR analizinde ise hidrokarbonlar plastiklerin ham maddesi olarak gözlenmiştir. Eter bileşikleri ise bulundukları ağaç gövdelerinin reçinelerinden kaynaklanmaktadır.

BÖLÜM VI.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Plastiklerden kaynaklı mikroplastikler nedeniyle özellikle son zamanlarda organik kirletici kaynaklı çevre kirliliği sorunları yaşanmaktadır. Yüz binlerce ton mikroplastik parçacıkları denizleri, okyanusları ve hatta havayı da kirlettiği belirtilmektedir [85]. Su, hava, toprak ortamlarındaki mikroplastik kirliliği sonucunda bu ekosistemlerde kalıcı organik kirleticiler (PAH) gibi zararlı kirleticileri ortaya çıkarmakta ve canlıların yaşamını tehdit etmektedir. Bu nedenle mikroplastiklerin su, toprak, hava ekosistemlerinde tespit edilmesi ile ilgili literatürdeki çalışmalarda yer almaktadır. Mikroplastiklerin havada ne yoğunlukta bulunduğunun tespit edilmesiyle bu parçacıkların zararlarının bileneceği ve plastik kullanımının azaltılabileceği düşünülmektedir. Literatürde yer alan çalışmalarda kurbağaların biyoizleme tekniğiyle tatlı sularda ve karasal ortamlarda mikroplastikleri tespit ettikleri bildirilmektedir [84].

Doğada bulunan mikroplastikleri biyoizleme yöntemiyle tespit edilebilen pek çok çalışma bulunmaktadır. Biyoizleme yönteminde dış yüzeylerinde kütikula tabakası bulunmaması, geniş dağılım göstermesi ve uzun yıllar bir bölgede bulunabilmesi özellikleri nedeniyle biyoindikatör organizma olarak likenlerde yer almaktadır. Likenlerin organik kirleticileri tespit etmesi ile ilgili çalışmalar literatürde yeni yer almaya başlamıştır. Bu nedenle mikroplastiklerin liken biyoizleme ile araştırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada *Xanthoria parietina* türü ile İstanbul Asya yakasında havadaki mikroplastik parçacıkları araştırılmıştır. Marie ve ark.'larının yaptıkları çalışmada, *Parmotrema pilosum* türlerini poşetlere nakledip bir yıl boyunca farklı bölgelerde atmosferik kirleticilere maruz bırakılmıştır. Maruz kalan liken, çevresel manyetizma yöntemleri, x-ışını kırınım analizi (XRD), fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile tanımlanan

ve karakterize edilen antropojenik ferrimanyetik demir oksitleri tutmuştur [83]. Jin ve ark.'larının çalışmasında, *Usnea longissima* türü ile Tibet plato bölgesinde PAH organik hava kirleticilerini lipit içerikleri ve toplam organik içerikleri belirlenerek tespit edilmiştir [90]. Capozzi ve ark.'larının yaptığı çalışma sonucunda *Pseudovernia furfuracea* türü ile havada yer alan PAH kirletici konsantrasyonları belirlenmiştir [91]. Likenlerle kalıcı organik kirleticileri içeren mikroplastik parçacıkların tespit edilebildiği literatürde yer alan çalışmalar da desteklemektedir.

Çalışmamızda, *Xanthoria parietina* türü ile İstanbul Asya yakası bölgesinin havasında mikroplastik parçacıkları tespit edilmiştir. *Xanthoria parietina* sıklıkla biyoizleme çalışmalarında kullanılan organizmalardan biridir [89]. Havadaki mikroplastik parçacıkların liken biyoizleme ile araştırılmasında ATR-FTIR ve Floresan Mikroskobu teknikleri kullanılmıştır. ATR-FTIR tekniğinde hidrokarbonlar, aldehitler gibi mikroplastiklerin kimyasal yapısı belirlenmiştir. Floresan mikroskobu tekniğinde ise mikroplastiklerin varlığında sarı ışımalar gözlenmektedir. Bu nedenle çalışmamızda örnekler üzerinde floresan mikroskobu testleri de gerçekleştirilmiştir.

Mikroplastik parçacıkların tespitlerindeki floresan mikroskobu tekniği sonucunda, İstanbul Asya Yakasında yer alan Adalar, Ataşehir, Beykoz, Kartal, Maltepe, Pendik, Şile ve Üsküdar ilçelerinde belirlenmiştir. Bu bölgelerin FT-IR analizlerinde ise mikroplastiklerin yapı taşı olan hidrokarbon bileşikleri bulunmuştur. Mikroplastik partiküllerin en fazla bulunduğu yerler Şile ve Beykoz ilçeleridir. Özellikle sanayi alanından uzak Şile bölgesinde, atmosferik organik kirleticilerin uzak mesafelere dahi taşınabildiği düşünülmektedir. Havada mikroplastik parçacıkların belirlenmesi konusunda daha pek çok çalışma yapılmasına gereksinim duyulmaktadır.

Cindoruk ve ark.'ları, çam ağaçlarının tohum ve dallarını kullanarak Marmara bölgesinde yer alan Gebze'de havadaki kalıcı organik kirleticilerin seviyelerini incelemişlerdir. Tohum ve dal örneklerini GPC ayırıcı ile PAH, PCB ve OCP lerin seviyelerini başarılı bir şekilde belirlemişlerdir [58]. Çalışmamızda kullanılan liken ile mikroplastik tespitlerinde PAH gibi maddeler gözlenmemiştir. Ancak, liken türündeki analizlerinde mikroplastiklerin hidrokarbonlar gibi kimyasal yapıları belirlenmiştir. Likenler ile FT-IR testinde, mikroplastiklerin yapısında olan hidrokarbonların en fazla miktarda İstanbul Asya yakası Şile istasyonunda gözlenmiştir. Ardından Göztepe Tabiat Parkı istasyonu, Gözdağı Korusu, Aydos Ormanı, Küçük Çamlıca Tepesi, Büyükada, Büyük Çamlıca Tepesi, Kanlıca Ormanı, Elmasburnu Tabiat Parkı, Kayışdağı ve

Başıbüyük istasyonları şeklinde sıralanabilmektedir. Bu istasyonların örneklerinin floresan mikroskop tekniği testinde de sarı floresan ışımalarla mikroplastik partikülleri göstermiştir. *Xanthoria parietina* gibi yapraksı likenler PAH gibi kalıcı organik kirleticileri, mikroplastik parçacıkları için geniş yüzey alanına sahip olmalarından dolayı biyoizlemede sıklıkla kullanılmaktadır [88].

Literatürde PAH gibi kalıcı organik kirleticilerin liken biyoizleme ile belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yer almaktadır. Cecconi ve ark.'ların yaptığı çalışmada, *Pseudevernia furfuracea var. furfuracea* türü ile EPA methodu ile PAH ekstraktı ve ardından gaz kromotografisi ile bu kirletici maddenin içeriği tespit edilmiştir [86]. Landis ve ark.'ların yaptığı çalışmada ise, *Hypogymnia physodes* türünü sanayi bölgesinden alınarak PAH organik kirleticilerin içeriğini gaz kromotografisi ile belirlemişlerdir [87]. Çalışmamızda kullanılan *Xanthoria parietina* örneğini toz haline getirilip FT-IR spekstrokopisi yapıldığında mikroplastik parçacıkların kimyasal içeriklerini göstermiştir. Literatürde yer alan diğer çalışmalarla da karşılaştırıldığında likenlerin potansiyel bir mikroplastik tespitinde biyoindikatör olabileceği görülmüştür.

Floresan mikroskobu testlerinin sonuçları değerlendirildiğinde Büyükada, Başıbüyük, Kanlıca, Elmasburnu Tabiat Parkı, Şile, Küçük Çamlıca Tepesi, Büyük Çamlıca Tepesi ve Gözdağı Korusu istasyonlarından alınan *Xanthoria parietina* liken örneklerinin tallus yüzeyi ve anatomik boyamaları sonucunda floresan mikroskop altında sarı parlak floresan ışımalar yaptığı gözlenmiştir. Bunun nedeni mikroplastik partiküllerinin bulunmasıdır. Liken floresan mikroskobu tekniği testinde en fazla ışımalar Şile istasyonunda görülmüştür.

Dowarah ve ark.'ların yaptıkları bir çalışmada Hindistan'ın Pondicherry kentindeki Ariyankuppam, Panithittu ve Chunnambar iki adet midye/istiridye çift kabuklu tür *Perna viridis* ve *Meretrix meretrix* tarafından yutulan mikroplastikler bu çalışmada Nile Red boyası ile floresan mikroskobu tekniğiyle ilk kez analiz edilmiştir. Mikroplastik partiküllerin küçük boyutları sayesinde floresan ile hızlı ve kolay tespit edilmiştir [80]. Helmberger ve ark.'ların yaptığı çalışmada, canlı su, tortu örneklerinde olduğu gibi, biyolojik örneklerinden olan ahtapotların üzerinde mikroplastiklerin tespiti için floresan boyamanın ardından floresan mikroskop altında inceleme yapılmıştır [82]. Çalışmamızda kullanılan liken türü *Xanthoria parietina*'nın Nile Red floresan boyama ile mikroplastiklerin tespiti için biyoindikatör olabileceği de görülmüştür.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile literatürde yer alan çalışmalar

değerlendirildiğinde *Xanthoria parietina* liken türünün mikroplastikler gibi organik kirleticileri için de biyoindikatör olabileceği görülmüştür. Ayrıca Nile Red ile floresan mikroskobunda mikroplastiklerin tespitinde de kullanılabileceği öngörülmektedir.

Liken biyoizleme ile mikroplastiklerin tespitine yönelik çalışmalar literatürde sınırlı sayıda bulunmaktadır. Dünya çapında liken biyoizleme ile organik kirleticilerin konsantrasyonların belirlenmesi son yıllarda hız kazanmıştır. Ancak, Türkiye'de liken biyoizleme yöntemi ile iz elementleri, ağır metalleri tespit edilmesi ile ilgili çalışma bulunmasına rağmen mikroplastikleri belirleme çalışmaları henüz yapılmamıştır. Bu nedenle çalışmadan elde edilen sonuçları karşılaştırmak amacıyla yeterli kaynak bulunmamaktadır. Bu tez çalışması bu konuda elde edilen ilk verileri literatüre kazandırmayı sağlamaktadır. İleride daha detaylı yapılacak çalışmalar ile daha açık bilgilere ulaşabileceği öngörülmektedir.

VI. 1. SON SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İstanbul Asya Yakası bölgesinin havadaki mikroplastik parçacıklarının tespiti için seçilen ormanlık bölgelerden toplanılan liken örnekleri FT-IR analizi ile mikroplastiklerin içeriğindeki aldehit, alkol, amin, alken, hidroksit, hidrokarbon, keton gibi bileşiklerin yanı sıra havada önemli kirleticiler arasında olan SO_2 ve NO_2 gazları da bulunmuştur. Mikroplastikleri görsel olarak da görüntülemek amacıyla Nile Red floresan boyayla boyayıp floresan mikroskop altında incelenmiştir. Likenler bünyelerinde ağır metaller, SO_2, NO_2 gibi kirleticilerin yanı sıra mikroplastikler gibi organik kirleticiler de biriktirebilmektedir. Bu da çalışmanın özgün yanını ortaya koymuştur. Temiz olarak düşünülebilen şehir içindeki seçilen ormanlık alanların analizlerinden kirleticilerin çıkması, bu kirleticilerin uzak mesafelere taşınabildiğini göstermiştir. Havada yer alan mikroplastikler atmosfer döngüleriyle suya, toprağa geçebilir. Sonuç olarak, İstanbul Asya Yakasında Adalar, Ataşehir, Beykoz, Kartal, Maltepe, Pendik, Şile ve Üsküdar ilçelerinde havada mikroplastiklerin yoğun olduğu bulunmuştur. Bu çalışma ile biyoindikatör likenler ile önemli hava kirleticileri SO_2, NO_2 ve partikül maddelerin yanı sıra mikroplastik parçacıklar da tespit edilebileceği gösterilmiştir. Pahalı, ağır ve hantal tespit yöntemlerinin yanı sıra biyoizleme yöntemi daha uygun, kolay ve doğru sonuçlar vermektedir.

Bu nedenle bu çalışmanın öncülüğünde İstanbul başta olmak üzere ülkemizin diğer her şehrinde ve dünyada mikroplastiklerin de tespitinde liken biyoizleme tekniği güncel olarak kullanılması öngörülmektedir. Ayrıca liken örnekleri kullanılarak yapılan floresan boyama tekniği ile kısa sürede ve doğru sonuçlar alınarak mikroplastikler tespit edilebilmektedir. Mikroplastiklerin tespiti için floresan mikroskobu yönteminde likenlerin kullanılması dünyada ilk olma özelliğini taşımaktadır.

Dünyamız plastik gezegen olma yolunda hızla ilerlemektedir. Plastiklerle çevrili yaşamımızda, etkilerini sadece suda değil hava ortamında da görebilmekteyiz. Plastik ürünlerin kullanılmasının sürekliliği neticesinde mikroplastik parçacıkların bulunma oranının artmasıdır. Bu nedenle plastik üretimlerin ve kullanımların sınırlandırılması büyük öneme sahiptir. Bir diğer önemli yan ise kullanılıp atılmış plastiklerdir. Çünkü doğaya bırakılan her plastik atık mikro boyutlarına parçalanarak havaya, suya ve toprağa karışmaktadır. Bunun sonucunda bitkiler, hayvanlar ve insanlar dahil yaşayan tüm canlı organizmaları olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle bu atıkların geri dönüşümü gerçekleştirilmelidir. Geri dönüşümü mümkün olmayan ürünlerinde doğaya zarar vermeyecek şekilde plastik evler, yollar veya banklar şeklinde yeniden yapılandırılarak değerlendirilebilmektedir.

Bu gezegenin sahipleri değil konuklarıyız. Bu nedenle sağlıklı bir hayat için çevreyi korumalıyız.

KAYNAKLAR

[1] North, E.J., Halden, R. U., (2013). Plastics and Environmental Health: The Road Ahead. Rev Environ Health, 28 (1): 1-8.

[2] Wirnkor, V.A., Ebere, E.C., Ngozi, V.E., (2019). Microplastics, an emerging concern: A review of analytical techniques for detecting and quantifying microplastics. Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal, 2: 15-32.

[3] Eroğlu, 2019 Pagev Türkiye Plastik Ambalaj Sektör İzleme Raporu, 2019

[4] Eroğlu, Y., (1989). Plastiklerle ilgili güncel konular pratik öneriler. PAGEV, (2018), https://www.pagev.org/plastiklerle-ilgili-guncel-konular-ve-pratik-oneriler.

[5] Ashton, K., Holmes, L., Turner, A., (2010). Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. Marine Pollution Bulletin, 60: 2050-2055.

[6] Setala, O., Fjader, P., Hakala, O., Kautto, P., Lehtiniemi, M., Raitanen, E., Sillanpaa, M., Talvitie, J., Aystö, L., Microplastics-a growing environmental risk. Syke Policy Brief, 21.3.2017.

[7] Deniz, A., Yavuz, H., (2017). Mikroplastikler ve Dünyamız. Tüba Günce, 64-66.

[8] Horton, A.A., Walton, A., Spurgeon, D.J., Lahive, E., Svendsen, C., (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. Science of the total environment, 586: 127-141.

[9] Qiu, Q., Tan, Z., Wang, J., Peng, J., Li, M., Zhan, Z., (2016). Extraction, enumeration and identification methods for monitoring microplastics in the environment. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 176: 102-109.

[10] Scalenghe, R., (2018). Resource or waste? A perspective of plastics degradation in soil with a focus on end-of-life options. Heliyon 4, 1-39.

[11] Royer, S.J., Ferron, S., Wilson, S.T., Karl, D.M., (2018). Production of methane and ethylene from plastic in the environment. PLoSONE 13(8): 1-13.

[12] Ballerini, T., Andrady, A., Cole, M., Galgani, F., (2018). Plastic pollution in the ocean: what we know and what we don't know about. Technical Report, DOI: 10.13140/RG.2.2.36720.92160.

[13] Simon, N., Schulte, M.L., (2017). Stopping global plastic pollution: The case for an International convention, 43, 1st Edition, Adelphi, Berlin, Germany.

[14] Dehghani, S., Moore, F., Akhbarizadeh, R., (2017). Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. Environ Sci Pollut Res, 1

[15] Aslan, R., (2018). Mikroplastikler: Hayatı kuşatan yeni tehlike. Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi, 6(66): 1-7.

[16] Gasperi, J., Dris, R., Mirande, C., Mandin, C., Langlois, V., Tassin, B., (2015). First Overview of microplastics in indoor and outdoor air. 15th EuCheMS International Conference on Chemistry and the Environment.

[17] Silva, A.B., Bastos, A.S., Justino, C. I. L., Costa, J. P., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T. A.P., (2018). Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry. Analytica Chimica Acta, 1017: 1-19.

18] Yurtsever, M. (2018). Microplastic pollution threat in table salt that an abiotic sea product. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 35(3), 243-249. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.03.

[19] Fu, D., Chen, C.M., Qi, H., Fan, Z., Wang, Z., Peng, L., Li, B., (2020). Occurrences and distribution of microplastic pollution and the control measures in China. Marine Pollution Bulletin 153: 110963.

[20] Yurtsever, M., (2014). Mikroplastiklere Genel bir bakış. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 17(2): 68-83.

[21] Yurtsever, M., (2015). Mikroplastikler'e Genel bir Bakış. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, 17(2): 68-83.
[22] Yurtsever, M., Ünlü, Y.S., Yılmaz, M., Kartal, A.H., (2017). İç ve Dış ortam havasındaki mikroplastiklerin incelenmesi: bir kampüs örneği. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 19-22 Nisan/İzmir, 1638-1648.
[23] Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K., Kolandhasamy, P., (2015). Microplastic Pollution in Table Salts from China. Environmental Science&Technology, 49: 13622-13627. DOI: 10.1021/acs.est.5b03163
[24] Cai, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X., Chen, Q., (2017). Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence. Environ Sci Pollut Res, 24: 24928-24935.
[25] Zeydan, Ö., (2019). Hava Kirliliği Modellemesi ve Uygulamaları. Bülent Ecevit Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, Hava Kalitesi Modellemesine Giriş Ders Notu.
[26] Hayta, A. B., (2006). Çevre Kirliliğinin Önlenmesinde Ailenin Yeri ve Önemi. Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD), 7(2): 359-376.
[27] Müezzinoğlu, A., (1995). Hava Kirlenmesi Sorunları ve Hava Kirlenmesi Mühendisliği. TBTAK Araştırma, 1-28.
[28] Yatkın, S., Bayram, A., (2007). İzmir Bölgesinde Partikül Madde Kirliliği: Ölçüm ve Değerlendirme. Deü Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2): 15-27.
[29] Zencirci SA, Işıklı B. Hava Kirliliği. Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi. 2017; 2(2),24-36.
[30] Yolsal, H., (2016). Estimation of the air quality trends in Istanbul. Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 38(1): 375-399.
[31] Asl-Hariri, S., Gomez-Rios, G. A., Gionfriddo, E., Dawes, P., Pawliszyn, J., (2014). Development of Needle Trap Technology for on-site determinations: Active and Passive Sampling. Anal. Chem., 86(12): 5889–5897.
[32] Melymuk L, Bohlin-Nizzetto P, Prokeš R, Kukučka P, Klánová J , 2016, Sampling artifacts in active air sampling of semivolatile organic contaminants: comparing theoretical and measured artifacts and evaluating implications for monitoring networks. Environ Pollut 217:97–106.
[33] Tuduri, L., Millet, M., Briand, O., Montury, M., (2012). Passive air sampling of semi-volatile organic compounds. TrAC Trends Anal Chem, 31:38– 49.
[34] Schummer C, Mothiron E, Appenzeller BMR, Rizet A-L, Wennig R, Millet M, 2010, Temporal variations of concentrations of currently used pesticides in the atmosphere of Strasbourg, France. Environ Pollut 158:576–584
[35] MorvilleS,ScheyerA,MirabelP,MilletM, 2004, Samplingandanalysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban and rural atmospheres: spatial and geographical variations of concentrations. Polycycl Aromat Compd 24:617–634.
[36] Miliou, A., Hofer, S., Maridakis, C., Almeida, M., Cox, R., (2016). Assesment of microplastic fibre contamination in the Eastern Aegean sea, with the use of Holothurians as indicator species. Rapp. Comm. int. Mer Medit, 41: 231-232.
[37] Yeo, H. G., Choi, M., Chun, M. Y., Sunwoo, Y., (2003). Gas/particle concentractions and partitioning of PCBs in the atmosphere of Korea. Atmospheric Environment, 37(25): 3561-3570.
[38] Kot, A., Zabiegala, B., Namiesnik, J., (2000). Passive sampling for long-term monitoring of organic pollutants in water. TrAC Trends Anal Chem, 19: 446-459.
[39] Wang, J., Tuduri, L., Mercury, M., Millet, M., Briand, O., Montury, M., (2009). Sampling atmospheric pesticides with SPME: laboratory developments and field study. Environ Pollut, 157: 365-370.
[40] Aydınlar, B., Güven, H., Kırksekiz, S., (2009). Hava Kirliliği Nedir, Ölçüm ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir Hava Kirliliği ve Modellemesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, 1-19.

[41] Bao, L. J., Zeng, E. Y., (2014). Field application of passive sampling techniques for sensing hydrophobic organic contaminants. Trends in Environmental Analytical Chemistry, 1: 19-24.
[42] Marc, M. Tobiszewski, M., Zabiegala, B., Guardia, M. D.L., (2015). Current air quality analytics and monitoring: a review. Analytica Chimica Acta, 1-4. http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2014.10.018.
[43] Seethapathy, S., Gorecki, T., Li, X., (2008). Passive sampling in environmental analysis. J. Chromatogr, A, 1184: 234-253.
[44] Wania, F., Shen, L., Lei, Y. D., Teixeira, C., Muir, D. C., (2003). Development and calibration of a resin-based passive sampling system for monitoring persistent organic pollutants in the atmosphere. Environ. Sci. Technol., 37: 1352-1359.
[45] Gatidou, G., Arvaniti, O. S., Stasinakis, A. S., (2018). Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants. Journal of Hazardous Materials, 1-34. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.12.081.
[46] Tamminga, M., Hengstmann, E., Fischer, E.K., (2017). Nile REd Staining as a subsidiary method for microplastic quantification: a comparison of three solvents and factors influencing application reliabilty. SDRP Journal of Earth Sciences&Environmental studies, 2(2): 1-8.
[47] Maes, T. et al. A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. Sci. Rep. 7, 44501; doi: 10.1038/srep44501 (2017).
[48] Kedzierski, M., Falcou-Préfol, M., Kerros, M. E., Henry, M., Pedrotti, M. L., Bruzaud, S., (2019). A machine learning algorithm for high throughput identification of FTIR spectra: Application on microplastics collected in the Mediterranean Sea. Chemosphere, 1-30,
doi: https:// doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.113.
[49] Hahn, A., Gerdts, G., Völker, C., Niebühr, V., (2019). Using FTIRS as pre-screening method for detection of microplastic in bulk sediment samples. Science of the Total Environment, 689: 341-346.
[50] Rehman, I., Bonfield, W., (1997). Characterization of hydroxyapatite and carbonated apatite by photo acoustic FTIR spectroscopy. Journal of Materials Science: Materials in medicine, 8: 1-4.
[51] Agnan, Y., Probst, A., Sejalon-Delmas, N., (2017). Evaluation of lichen species resistance to atmospheric metal pollution by coupling diversity and bioaccumulation approaches: A new bioindication scale for French forested areas. Ecological Indicators, 72: 99-110.
[52] Baroudi, F., Al Alam, J., Fajloun, Z., Millet, M., (2020). Snail as sentiner organism for monitoring the environmental polution; a review. Ecological Indicators, 113: 106240, 1-9.
[53] Harner, T., Bartkow, M., Holoubek, I., Klanova, J., Wania, F., Gionia, R., Moeckel, C., Sweetman, A. J., Jones, K. C., (2006). Passive air sampling for persistent organic pollutants: introductory remarks to the special issue. Environ. Pollut., 144: 361-364.
[54] Jovan, S., Branquinho, C., Ribeiro, M. C., Augusto, S., Kretsch, E., (2015). Biodiversity indicators fora ir quality and related health ıssues. Bioindicators and human health (air quality), 1-11.
[55] Boamponsem, L. K., Adam, J. I., Dampare, S. B., Nyarko, B. J. B., Essumang, D. K., (2010). Assesment of atmospheric heavy metal deposition in the Tarkwa gold mining area of Ghana using epiphytic lichens. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 268: 1492-1501.
[56] Conti, M.E., Cecchetti, G., (2001). Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assesment. Environmental Pollution, 114: 471-492.
[57] Rudenko, S.S., Leheta, U.V., Rudenko, V.P., Kostyshyn, S.S., Bialyk, V.D., (2020). Overall D. melanogaster cohort viability as a pollution indicator of the

atmospheric air of urban landscapes. Pollution, 6(2): 307-323.
[58] Cindoruk, S. S., Sakin, A.E., Taşdemir, Y., (2020). Levels of persistent organic pollutants in pine tree components and ambient air. Environmental Pollution, 256: 113418.
[59] Jin, R., Bu, D., Liu, G., Zheng, M., Lammel, G., Fu, J., Yang, L., Li, C., Habib, A., Yang, Y., Liu, X., (2020). New classes of organic pollutants in the remote continental environment- Chlorinated and brominated polycyclic aromatic hydrocarbons on the Tibetan Plateau. Environment International, 137: 105574.
[60] Çobanoğlu, G., Sevgi, O., (2009). Analysis of the distribution of epiphytic lichens on Cedrus libani in Elmalı Research forest (Antalya, Turkey). J. Environ. Biol., 30(2), 205-212.
[61] Trifonova, T.A., Salmin, A.S., (2019). Application of the Hypogymnia physodes lichen as an accumulative bioindicator of anthropogenic atmosphere pollution. South of Russia: Ecology, Development, 14(2): 150-163.
[62] Kurnaz, K., Çobanoğlu, G., (2017). Biomonitoring of Air Quality in Istanbul Metropolitan Territory with Epiphytic Lichen *Physcia adscendes* (FR.) H. OLIVIER. Fresenius Environmental Bulletin, 26(12): 7296-7308.
[63] Chenan, A., (2015). Biomonitoring using Lichens- a pilot study carried out in a Western Ghats region. Manipal Centre for Natural Sciences Manipal University Technical Report, 1-45.
[64] Muggia, L., Grube, M., (2018). Fungal diversity in lichens: from extremotolerance to interactions wih algae. Life, 8(15): 1-14.
[65] Gandhi, A. D., Marugan, K., Umamahesh, K., Babujanarthanam, R., Kavitha, P., Selvi, A., (2019). Lichen Parmelia sulcata mediated synthesis of gold nanoparticles: an eco-friendly tool against Anopheles stephensi and Aedes aegypti. Environmental Science and Pollution Research, 1-13.
[66] Çobanoğlu, G., (2015). The use of lichens for biomonitoring of atmospheric pollution. Sigma J Eng & Nat Sci., 33(4): 591-613.
[67] Giordani, P., Benesperi, R., Bianchi, E., Malaspina, P., Nascimbene, J., (2020). Threats and Conservation Strategies for Overlooked Organisms: The Case of Epiphytic Lichens. Environmental Concerns and Sustainable Development, 1-26. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6358-0_1.
[68] Upreti, D.K., Divakar, P.K., Shukla, V., Bajpai, R., (2015). Recent Advances in Lichenology, Springer, India.
[69] Koch, N.M., Matos, P., Branquinho, C., Pinho, P., Lucheta, F., Martins, S.M.A., Vargas, V.M.F., (2019). Selecting lichen functional traits as ecological indicators of the effects of urban environment. Science of the Total Environment, 654: 705-713.
[70] Aragon, G., Martinez, I., Hurtado, P., Benitez, A., Rodriguez, C., Prieto, M., (2019). Using Growth Forms to Predict Epiphytic Lichen Abundance in a Wide Variety of Forest Types. Diversity, 11, 51; 1-13. doi:10.3390/d11040051.
[71] NASH III, T. H.: "Lichen Biology", Cambridge University Press, (2008).
[72] Correia, C. M., Constantin, J., Ibrom, A., Gravenhorst, G., (2003). Atmospheric Nitrogen and Sülphür Dry Deposition into Forest Stands. International Atomic Energy Agency (IAEA), 34(1): 169.
[73] Purvis, O.W., Williamson, B.J., Spiro, B., Udachin, V., Mikhailova, I.N., Dolgopolova, A., (2014). Lichen monitoring as a potential tool in environmental forensics: case study of the Cu smelter and former mining town of Karabash, Russia. Environmental and Criminal Geoforensics, 384: 133-146.
[74] İçel, Y., Çobanoğlu G., (2009). Biomonitoring of Atmospheric Heavy Metal Pollution Using Lichens and Mosses In the City of Istanbul, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 18(11): 2066-2071.
[75] Çetin, Ö.T., Sümbül, H., (2010). Hava Kirliliğinin Belirlenmesinde Likenlerin Kullanımı. MAKUFEBED, 2: 73-85.

[76] Caoduro, G., Battiston, R., Giachino, P. M., Guidolin, L., Lazzarin, G., (2014). Biodiversity indices for the assessment of air, water and soil quality of the "Biodiversity Friend" certification in temperate areas. Biodiversity Journal, 5(1): 69-86.
[77] Yılmaz, A. G., (2010). Hava Kalitesi Yönetimi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 1-63.
[78] Kedzierski, M., Falcou-Préfol, M., Kerros, M.E., Henry, M., Pedrotti, M.L., Bruzaud, S., (2019). A machine learning algorithm for high throughput identification of FTIR spectra: Application on microplastics collected in the Mediterranean Sea. Chemosphere, 1-30.
doi: https:// doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.113.
[79] Ciezka, M.M., Gorka, M., Modelska, M., Tyszka, R., Cymerman, A.S., Lewinska, A., Lubek, A., Widory, D., (2018). The coupled study of metal concentrations and electron paramagnetic resonance (EPR) of lichens (*Hypogymnia physodes*) from the Świętokrzyski National Park environmental implications. Environmental Science and Pollution Research, 25: 25348–25362.
[80] Dowarah, K., Patchaiyappan, A., Thirunavukkarasu, C., Jayakumar, S., Devipriya, S. P., (2020). Quantification of microplastics using Nile Red in two bivalve species Perna viridis and Meretrix meretrix from three estuaries in Pondicherry, India and microplastic uptake by local communities through bivalve diet. Marine Pollution Bulletin, 153: 1-9.
[81] Shim, W. J., Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., (2016). Identication and quantification of microplastics using Nile Red staining. Marine Pollution Bulletin, 113: 469-476. 201
[82] Helmberger, M. S., Frame, M. K., Grieshop, M., (2020). Counterstaining to separate Nile Red-stained microplastic particles from terrestrial invertebrate biomass. Environ. Sci. Technol., 1-27.
[83] Marie, D.C., Chaparro, M.A.E., Sinito, A.M., Lavat, A., (2019). Magnetic biomonitoring of airborne particles using lichen transplants over controlled exposure periods. SN Applied Sciences, 2:104.
[84] Karaoğlu, K., Gül, S., Characterization of microplastic pollution in tadpoles living in small water-bodies from Rize, the northeast of Turkey, Chemosphere (2020), doi: https:// doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126915.
[85] Stack, L., (2019). Ocean-Clogging Microplastics Also Pollute the Air, Study Finds. The New York Times, April 18,
https://www.nytimes.com/2019/04/18/science/what-are-microplastics.html.
[86] Cecconi, E., Fortuna, L., Pellegrini, E., Bertuzzi, S., Lorenzini, G., Nali, C., Tretiach, M. (2019). Beyond ozone-tolerance: Effect of ozone fumigation on trace element and PAH enriched thalli of the lichen biomonitor *Pseudovernia furfuracea*. Atmospheric Environment, 210: 132-142.
[87] Landis, M. S., Studabaker, W. B., Pancras, J. P., Graney, J. R., Puckett, K., White, E. M., Edgerton, E. S., (2019). Source apportionment of an epiphytic lichen biomonitor to elucidate the sources and spatial distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Athabasca Oil Sands Region, Alberta, Canada. Science of the Total Environment, 654: 1241-1257.
[88] Mukhopadhyay, S., Dutta, R., Das, P., (2020). A critical review on plant biomonitors for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air through solvent extraction techniques. Chemosphere, 251: 126441.
[89] Dörter, M., Karadeniz, H., Saklangıç, U., Yenisoy-Karakaş, S., (2020). The use of passive lichen monitoring in combination with positive matrix factor analysis and stable isotopic ratios to assess the metal pollution sources in throughfall deposition of Bolu plain, Turkey. Ecological Indicators, 113: 106212.
[90] Jin, R., Bu, D., Liu, G., Zheng, M., Lammel, G., Fu, J., Yang, L., Li, C., Habib, A., Yang, Y., Liu, X., (2020). New classes of organic pollutants in the remote continental

environment Chlorinated and brominated polycyclic aromatic hydrocarbons on the Tibetan Plateau. Environment International, 137: 105574.
[91] Capozzi, F., Sorrentino, M. C., Palma, A. D., Mele, F., Arena, C., Adamo, P., Spagnuolo, V., Giordano, S., (2020). Implication of vitality, seasonality and specific leaf area on PAH uptake in moss and lichen transplanted in bags. Ecological Indicators, 108: 1-8.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] Bakalit: https://www.nedir.com/bakalit.

[2] Plastiklerin kullanım alanları What are plastics?. (2019). PlasticsEurope, http://www.plasticseurope.org/ (erişim tarihi: 2019).

[3] Plastik atık kutusu: https://www.neokurumsal.com.tr/sifir-atik-geri-donusum-kutusu-plastik-atik-70-litre

[4] Plastik geri dönüşümü: https://www.cevremuhendisligi.org/index.php/sifir-atik/1106-plastik-atiklarin-geri-kazanimi

[5] Mikroplastikler: https://www.dw.com/tr/plastik-parçacıklar-hava-yoluyla-yayılıyor/a-50036937

[6] Mikroskop x: https://turkish.alibaba.com/product-detail/boshida-factory-price-light-optical-compound-biological-binocular-microscope-60442940639.html

[7] Mikroskop y: http://www.futurelabs.co.in/?page_id=28

[8] mikroskop z: http://kisi.deu.edu.tr/umit.erdogan/AKM.pdf

[9] Floresan mikroskobu: https://daytam.atauni.edu.tr/cihazlar/floresan-mikroskobu/

[10] FT-IR: https://potkam.arel.edu.tr/cihazlar/fouirer-transform-infrared-spektrofotometre-ftir

[11] Raman: http://www.snlabs.com/raman-spectroscopy.html

[12] SEM: https://nbuam.marmara.edu.tr/hizmetler/cihazlar

[13] Şekil III.1. *Xanthoria parietina*: http://dogalhayat.org/property/xanthoria-parietina-turuncu-liken/

ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Tarsus'da doğdu. İlköğrenimini 2000-2008 yılları arasında Borusan Otomotiv Zehra Nurhan Kocabıyık İlköğretim Okulunda; ortaöğretimi ise 2008-2012 yılları arasında Gümüşpala Lisesinde tamamladı. 2012-2016 yılları arasında Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji bölümünden mezun oldu. Yabancı dili İngilizce'dir.