MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İLİ ANADOLU YAKASI HAVA KALİTESİNİN BİYOMONİTÖR LİKENLER İLE İZLENMESİ

ELİF AYSU ÖZKÖK

520117014

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Programı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Gülşah ÖZYİĞİTOĞLU (ÇOBANOĞLU)

İSTANBUL, 2020

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İLİ ANADOLU YAKASI HAVA KALİTESİNİN BİYOMONİTÖR LİKENLER İLE İZLENMESİ

ELİF AYSU ÖZKÖK

520117014

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Biyoloji Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Gülşah ÖZYİĞİTOĞLU (ÇOBANOĞLU)

ISTANBUL, 2020

TEŞEKKÜR

Öncelikle bana bu tez çalışmasını yapabilmem için her türlü imkânı ve katkıyı sağlayan, bana ve çalışma arkadaşlarıma sadece öğrencisi olarak değil, aynı zamanda evladı gibi görerek sonsuz sevgisini veren, iyi ki tanımışım dediğim değerli hocam Sayın Prof. Dr. Gülşah ÇOBANOĞLU ÖZYİĞİTOĞLU'na içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca yaptığımız arazi çalışmalarında beni yalnız bırakmayan Hilye Çankaya, Ahmed AL-AMOODY arkadaşlarıma, Tuğçe KAAN, Damla YAYMAN, İrem TOK, Ahmet ÖZCAN ile eşine ve tüm arazi çalışmamız boyunca hep yanımda olan Ezgi ÖZEN'e candan teşekkür ederim. Çalışmamıza yardım ve desteklerinden dolayı İSKİ çalışanlarına, Kanlıca Orman Müdürlüğü Şefi Mustafa Yıldız'a, değerli arkadaşlarım Burcu KARPUZ, Nurdan GÜNGÖR'e, son olarak da her zaman bana destek olan ve arazi çalışmamda bana katılan canım nişanlım Uğurcan ALTIOK'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu tez çalışması konusundaki FEN-C-YLP-130319-0059 no'lu projeye desteklerinden dolayı Marmara Üniversitesi BAPKO birimine teşekkürlerimi sunuyorum. Analiz işlemleri için Mersin Üniversitesi'nde Öğr. Gör. Sevda İldan Özmen'e teşekkürlerimi sunarım. Haritalama programı konusunda yardımları için, öncelikle Medeniyet Üniversitesi'nden Doç. Dr. Mustafa YAVUZ'a teşekkür ederim. İstatistiksel analizlerde SPSS 21 programının kullanımında yardımını esirgemeyen Prof. Dr. Orhan SEVGİ hocama içtenlikle teşekkür ederim.

Ayrıca başarılı olsam da olmasam da yanımda olacaklarını bildiğim canım aileme, benden asla karşılık beklemeden sadece sevgilerini ve desteklerini vererek yanımda oldukları için minnettarım ve onları çok seviyorum.

Eylül-**2020** Elif Aysu Özkök

İÇİNDEKİLER

ÖZET ……... iv
ABSTRACT.....v
SEMBOLLER/SYMBOLS.....vi
KISALTMALAR/ ABBREVIATIONS vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....ix
ÇİZELGELER VE TABLOLAR DİZİNİ.....xi
BÖLÜM I. GİRİŞ ve AMAÇ 12
BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER.....14
II.1. LİKENLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....14
II.1.1. Likenlerin Biyolojisi 14
II.1.2. Likenlerin Ekolojisi 16
II.1.3. Biyoindikatör ve Biyomonitör Likenler.....18
II.2. HAVA KİRLİLİĞİ VE BİYOİZLEME 21
II.2.1. Hava Kirliliğinin Tanımı ve Kapsamı.....21
II.2.2. Kirletici Elementler 22
II.2.3. Hava Kirliliğiyle İlgili Biyoizleme Çalışmaları 27
II.2.3.1. Dünyada biyoizleme çalışmaları……..27
II.2.3.2. Türkiye genelinde biyoizleme çalışmaları……...29
II.2.3.3. İstanbul ve çevresinde biyoizleme çalışmaları……33
II.3. ÇALIŞMA BÖLGESİ.....34
II.3.1. İstanbul İlinin Coğrafi ve İklimsel Özellikleri 35
II.3.2. İstanbul Hava Kalitesi Hakkında Bilgiler 37
BÖLÜM III. MATERYAL VE YÖNTEM.....39
III.1. ÖRNEKLEME YAPILAN LOKALİTELER.....39
III.2. ÇALIŞILAN LİKEN TÜRLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....41
III.2.1. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.....42
III.2.2. *Physcia adscendens* H. Olivier.....42
III.3. MATERYAL TOPLAMA YÖNTEMİ 43
III.3.1. Liken Referans Materyali (IAEA).....43
III.4. ANALİZ YÖNTEMİ.....43
III.4.1. Çoklu Element (ICP-MS) Analizi.....43
III.4.2. Liken Materyalinin Temizlenme ve Kurutulma İşlemleri 44
III.4.3. Analiz Öncesi Hazırlık İşlemleri.....45
III.4.4. İstatistiksel Analizler 45

BÖLÜM IV. BULGULAR VE TARTIŞMA 46
IV.1. BULGULAR..... 46
IV.1.1. Örneklerin ICP-MS Sonuçları 46
IV.1.2. Elementlerin İstasyonlara Göre Dağılımı 47
IV.1.2.1. Al Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı……..48
IV.1.2.2. As Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı……..49
IV.1.2.3. Cr Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı……..51
IV.1.2.4. Cu Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı……....52
IV.1.2.5. Fe Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı …….....54
IV.1.2.6. Mn Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı……55
IV.1.2.7. Ni Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı…….....57
IV.1.2.8. Pb Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı…….....59
IV.1.2.9. V Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı…….....60
IV.1.2.10. Zn Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı…….....62
IV.1.3. İstatistiksel Analiz Sonuçları..... 63
IV.2. TARTIŞMA..... 65
BÖLÜM V. SON SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 73
KAYNAKLAR 75
ÖZGEÇMİŞ..... 84

ÖZET

İstanbul İli Anadolu Yakası Hava Kalitesinin Biyomonitör Likenler İle İzlenmesi

Hava kirliliği, insan sağlığına ve çevreye zararlı olmasından ötürü gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde önemli bir çevresel problemdir. Likenler birçok kirleticiye karşı hassas olmalarından dolayı, hava kalitesinin değerlendirilmesinde biyomonitör (biyoizleme aracı) olarak kullanılan canlılardır.

Bu çalışmanın temel amacı küresel ısınma, şehir içine dağılan sanayi, teknoloji etkilerinin yanı sıra yüksek nüfus, yoğun trafik ve kentleşmeye bağlı çevre problemlerine maruz kalan İstanbul şehrinin biyoizleme yöntemiyle hava kirliliği seviyesinin ve ilçelere göre dağılımının tespit edilmesidir. Ayrıca, son 20 yıldır artış gösteren kirlilik probleminin nedenlerinin anlaşılması ve fosil yakıt kullanımının azaltılması gibi alınması gereken tedbirlerin ortaya konup, gelecekteki biyoizleme çalışmalarına fayda sağlanması hedeflenmiştir. Bu tez çalışmasında, atmosferdeki ağır metal kirlilik düzeyini belirlemek amacıyla liken biyoizleme çalışması yapılmıştır. Türkiye'nin mega şehri olarak kabul edilen İstanbul'un Anadolu Yakası'nda belirlenen 16 lokalitede ağaç üzerinden, doğal olarak yayılış gösteren kozmopolit *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. ve *Physcia adscendens* H. Olivier epifitik yapraksı (foliose) liken türleri toplanmıştır. Örneklenen likenlerde kirlilik göstergesi olarak 11 element (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn) için çoklu-element analizi uygulanmıştır. Tüm likenlerde elde edilen element analiz veri değerlerinin ortalaması referans değeri ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Ayrıca sonuçlar SPSS 21 ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Elementlerin lokalitelerdeki mekânsal dağılımlarını göstermek için haritalama çalışmaları yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda en kirli bölgenin Al, Fe, Mn, V, Cr ve As elementleri bakımından Beykoz ilçesindeki Elmasburnu Tabiat Parkı olduğu görülmüştür. Çalışılan lokalitelerdeki hava kirliliği kaygılandırıcıdır. Sonuç olarak, sağlık riskini en aza indirmek için hava kalitesinin yönetimi gereklidir. Partikül madde (PM) ve ağır metal kirliliğinin ciddiyetine ilişkin bilgilerimizi genişletmenin bir amacı olarak, gelecekteki araştırmalardan faydalanmalı ve havadaki bilinmeyen bileşiklerin tanımlanmasına ve ölçülmesine odaklanılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Hava Kirliliği, Ağır Metal, PM, Likenler, Biyomonitör

ABSTRACT

Monitoring Of Air Quality Of Anatolian Side Of İstanbul By Biomonitor Lichens

Air pollution is an important environmental problem in developed and developing countries due to its harm to human health and the environment. Since lichens are sensitive to many pollutants, they are living things that are used as biomonitors (biomonitoring tool) in the assessment of air quality.

The main purpose of this study is to determine the level of air pollution and its distribution according to districts with the biomonitoring method of the city of Istanbul, which is exposed to environmental problems due to global warming, industry dispersed in the city, technology effects as well as high population, heavy traffic and urbanization. In addition, it is aimed to reveal the necessary measures such as understanding the causes of the pollution problem that has increased in the last 15 years and to reduce the use of fossil fuels, and to benefit future biomonitoring studies. In this thesis study, lichen biomonitoring study was carried out to determine the level of heavy metal pollution in the atmosphere. Turkey's megacity as defined adopted in Istanbul's Anatolian side 16 localities out of the trees, showing the spread naturally cosmopolitan *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. and *Physcia adscendens* H. Olivier epiphytic foliose lichen species were collected. Multi-element analysis was applied for 11 elements (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn) as pollution indicator in the sampled lichens. The average of the elemental analysis data values obtained in all lichens was evaluated by comparing it with the reference value. In addition, the results were statistically evaluated with SPSS 21. Mapping studies have been carried out to show the spatial distribution of elements in the localities.

As a result of the analysis, it was seen that the most polluted area was Elmasburnu Nature Park in Beykoz district in terms of Al, Fe, Mn, V, Cr and As elements. Air pollution in the localities studied is a concern. As a result, air quality management is necessary to minimize health risk. As a goal of expanding our knowledge of the severity of particulate matter (PM) and heavy metal contamination, we should benefit from future research and focus on the identification and measurement of unknown compounds in the air.

Keywords: Air Pollution, Heavy Metal, PM, Lichens, Biomonitor

SEMBOLLER/SYMBOLS

Al **:** Alüminyum

As : Arsenik

Cd : Kadmiyum

Cr : Krom

Cu : Bakır

F : Flor

Fe : Demir

HF : Hidrojen florür

H_2SO_4 : Sülfürik asit

HNO_3 : Nitrik asit

K : Potasyum

Mn : Manganez

N : Azot

Ni : Nikel

NO_2 : Nitrojen dioksit

NO_x : Azot monoksit

Pb : Kurşun

SO_2 : Kükürt dioksit

V_2O_5 : Vanadyum pentoksit

V : Vanadyum

Zn : Çinko

KISALTMALAR/ABBREVIATIONS

AAS : Atomik Absorpsiyon Spektrometresi

AB : Avrupa Birliği

CM : Santimetre

EPA : Çevre Koruma Ajansı

EDXRF : Enerji Dağılım X-Ray Floresan Spektroskopisi

FAAS : Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (Flame Atomic Absorption Spectrometry)

FTIR : Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier-Transform İnfrared Spectroscopy)

GC-MS : Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (Gas Chromatography Mass Spectrometry)

GPS : Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)

HA : Hektar Alan

HR-CS-GF AAS: Yüksek Çözünürlüklü Sürekli Kaynaklı Grafit Fırın Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (High Resolution Continuum Source Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry)

IAP : Atmosferik Saflık İndeksi (İndex of Atmosferic Purity)

IAEA : Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (İnternational Atomic Energy Agency)

ICP-MS : İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (İnductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer)

ICP-AES : İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi (İnductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy)

INAA : Enstrümantal Nötron Aktivasyon Analizi (İnstrumental Neutron Activation Analysis)

İBB : İstanbul Büyükşehir Belediyesi

MM : Milimetre

M : Metre

µg/g : Mikrogram/Gram

µg/m^3 : Mikrogram/Metreküp

PAN : Peroksi Asetil Nitrat

PAH : Polisiklik Aromatik Hidrokarbon

PCB : Poliklorlu Bifenil

PM : Partikül Madde

PH : Potansiyel Hidrojen (Potential Hydrogen)

PTE : Potansiyel Toksik Element

RAPD : Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA

SEM **:** Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)

UV **:** Ultraviyole (Ultraviolet)

XRD **:** X-Işını Difraksiyon (X-Ray Diffraction)

XRF **:** X-Işını Flüoresans

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

ŞEKİL II.1. Liken morfolojik yapıları **A)** Dalsı; *Usnea* sp. **B)** Yapraksı; *Xanthoria parietina* **C)** Kabuksu; *Lecanora* sp. [i1] 15
ŞEKİL II.2. Homeomerik tallus [i2] 16
ŞEKİL II.3. Heteromerik tallus [i3] 16
ŞEKİL II.4. Kayaların üzerindeki likenler. Half Moon Adası, Antarktika [i1] 17
ŞEKİL II.5. Eski bir araba üzerindeki likenler, Yeni Zelanda [i1] 17
ŞEKİL II.6. Demir parmaklık üzerindeki likenler. North Wales, UK. [i1] 17
ŞEKİL II.7. *Cladonia* sp. ve *Lycogala epidendrum* (J.C. Buxb. ex L.) Fr. Cairngorms Milli Parkı, İskoçya [i1] 18
ŞEKİL II.8. Kumtaşı üzerinde turuncu liken. Güney Afrika, Western Cape [i1] 18
ŞEKİL II.9. Hava kalitesi sınıflarının değerlendirme ölçeği (Kirschbaum ve Wirth yöntemi, 1997) 20
ŞEKİL II.10. Al elementinin sembolle gösterimi 22
ŞEKİL II.11. As elementinin sembolle gösterimi 23
ŞEKİL II.12. Cd elementinin sembolle gösterimi 23
ŞEKİL II.13. Cr elementinin sembolle gösterimi 24
ŞEKİL II.14. Cu elementinin sembolle gösterimi 24
ŞEKİL II.15. Fe elementinin sembolle gösterimi 25
ŞEKİL II.16. Mn elementinin sembolle gösterimi 25
ŞEKİL II.17. Ni elementinin sembolle gösterimi 25
ŞEKİL II.18. Pb elementinin sembolle gösterimi 26
ŞEKİL II.19. V elementinin sembolle gösterimi 27
ŞEKİL II.20. Zn elementinin sembolle gösterimi 27
ŞEKİL II.21. İstanbul İlinin ilçeleri ve Anadolu Yakasında çalışılan lokaliteler (1-10) 34
ŞEKİL II.22. İstanbul, Galata Kulesi [i3] 35
ŞEKİL II.23. İstanbul Anadolu Yakasındaki bazı sanayi bölgelerinin görüntüsü [i9] 38
ŞEKİL II.24. İstanbul'daki karayollarının görüntüsü [i9] 38
ŞEKİL III.25. Polenezköy Tabiat Parkında arazi çalışmasından bir görünüm 39
ŞEKİL III.26. Elmasburnu Tabiat Parkında liken kaplı kayadan bir görünüm 39
ŞEKİL III.27. Şile bölgesinde liken kaplı kayadan bir görünüm 41
ŞEKİL III.28. Şile bölgesindeki ağaç kabuğu üzerinde *Xanthoria parietina* Fotoğraf: U.Altıok 41
ŞEKİL III.29. Küçük Çamlıca Tepesinde ağaç kabuğu üzerindeki *Xanthoria parietina* 41

ŞEKİL III.30. ICP-MS Cihazı 44
ŞEKİL III.31. Örneklerin kurutulması 44
ŞEKİL III.32. Örneklerin kurutulması 44
ŞEKİL III.33. Örneklerin havanda öğütülmesi 44
ŞEKİL III.34. Örneklerin tartılması 44
ŞEKİL III.35. Örneklerin tartılması 45
ŞEKİL III.36. Örneklerin kral suyu eklenmesi 45
ŞEKİL III.37. ve ŞEKİL III.38. Örneklerin mikrodalgada bekletilmesi 45
ŞEKİL IV.39. Al element sonuç grafiği 48
ŞEKİL IV.40. Al elementinin mekansal dağılım haritası 48
ŞEKİL IV.41. As element sonuç grafiği 49
ŞEKİL IV.42. As elementinin mekansal dağılım haritası 50
ŞEKİL IV.43. Cr element sonuç grafiği 51
ŞEKİL IV.44. Cr elementinin mekansal dağılım haritası 51
ŞEKİL IV.45. Cu element sonuç grafiği 52
ŞEKİL IV.46. Cu elementinin mekansal dağılım haritası 53
ŞEKİL IV.47. Fe element sonuç grafiği 54
ŞEKİL IV.48. Fe elementinin mekansal dağılım haritası 54
ŞEKİL IV.49. Mn element sonuç grafiği 55
ŞEKİL IV.50. Mn elementinin mekansal dağılım haritası 56
ŞEKİL IV.51. Ni element sonuç grafiği 57
ŞEKİL IV.52. Ni elementinin mekansal dağılım haritası 58
ŞEKİL IV.53. Pb element sonuç grafiği 59
ŞEKİL IV.54. Pb elementinin mekansal dağılım haritası 59
ŞEKİL IV.55. V element sonuç grafiği 60
ŞEKİL IV.56. V elementinin mekansal dağılım haritası 61
ŞEKİL IV.57. Zn element sonuç grafiği 62
ŞEKİL IV.58. Zn elementinin mekansal dağılım harit ası 62
ŞEKİL IV.59. Örnek lokalitelerde (2= Kartal, 3= Maltepe, 5= Kınalıada, 6=Göztepe, 7= Şile, 8= Ataşehir, 9= Pendik, 10= Çamlıca) bulunan *Xanthoria parietina* liken türünün Al (ppm) değerlerinin ortalamaları 64
ŞEKİL IV.60. Örnek lokalitelerde (2= Kartal, 3= Maltepe, 5= Kınalıada, 6=Göztepe, 7= Şile, 8= Ataşehir, 9= Pendik, 10= Çamlıca) bulunan *Xanthoria parietina* liken türünün Pb (ppm) değerlerinin ortalamaları 65

ÇİZELGELER VE TABLOLAR DİZİNİ

SAYFA NO

Tablo II.1. Çalışılan lokalitelerin bulunduğu bölgelerdeki; lokalite numaraları, ilçe, lokalite adı, enlem, boylam, rakım ve toplandıkları tarih bilgileri gösterilmiştir. 34

Tablo IV.2. Liken örneklerinin ICP-MS ölçüm değerleri (ppm). 46

Tablo IV.3. *Xanthoria parietina* liken türünde Al (ppm) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri ve ortalamalarının karşılaştırılması. 63

Tablo IV.4. *Xanthoria parietina* liken türünde Pb (ppm) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri ve ortalamalarının karşılaştırılması. 64

BÖLÜM I. GİRİŞ ve AMAÇ

Kirli hava, doğal yapısında bulunan maddelerin miktarlarının yükselmesi veya atmosfer yapısına yabancı maddelerin girmesi sonucunda ortaya çıkan canlı ve cansız tüm ekosistemi olumsuz olarak etkileyen havadır. Havada bulunan birincil kirleticiler; Kükürt Dioksit (SO_2), Nitrojen Dioksit (NO_2) ve Flor (F) bileşiklerini kapsamakta olup ikincil kirleticiler ise atmosferde taşınma sırasında primer kirleticilerin kimyasal reaksiyonları sonucu ortaya çıkan ozon, peroksiasetil nitrat (PAN) ve asit yağmurlarından kaynaklanan sülfürik asit (H_2SO_4) ve nitrik asit (HNO_3) gibi asitlerdir. Havadaki toksinleri içine alan endüstriyel organik bileşikler ve tarımsal pestisitler de üçüncü bir grup kirletici olarak kabul edilmektedir (Çobanoğlu 2015). Hava kirliliğinin sağlık üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu bilinen bir gerçektir ve bu etkiler sonucunda göz, burun ve boğaz tahribatıyla öksürük, göğüs daralması, üst solunum sistemindeki akut bozuklukları gözlenebilmektedir. Bu gibi sağlık sorunları ise ülkemizdeki iş verimi ve üretimde düşüşe sebep olmaktadır. Ayrıca çok daha ileri boyutlarda zarara yol açabilmektedir. Örneğin; hava kirliliği sonucunda kronik astım krizi sıklığında, akciğer kanser vakalarında (özellikle partiküler madde [PM] nedeniyle) artış meydana gelebilmekte ve hatta ölüme bile yol açabilmektedir (Öztürk 2005). Likenler; hava kirliliğine hassastır ancak dayanıklı yapısı ile uzun yıllar hava kirliliği ile başa çıkabilmektedir. Kirliliğin bulunduğu yerde yaşayabilen özelliğe sahip türlerden oluşan ve bu özellikleri ile hava kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan biyoindikatör canlılardır (Çetin ve Sümbül 2010). Örneğin; hava kirliliğine duyarlılık gösteren türler doğada yok olurken, dirençli türler ise bizlere kirlilik hakkında önemli bilgiler sağlarlar.

Dünyada günümüze kadar artarak meydana gelen çevre kirliliği; nüfusun artışı, sanayi, gelişen teknoloji gibi etkenler sonucu oluşmuştur. Bu atmosferik kirliliğin ölçülebilmesi için ucuz, güvenilir ve uzun vadeli sonuçlar alınabilecek şekilde çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Büyük şehirlerde ve endüstriyel bölgelerde sınırlı olan hava kirliliği ölçüm lokaliteleri bu yöntemlerden biridir ve günlük PM ve SO_2 konsantrasyonunu kaydetmektedir. Fakat orta derecede kirlilik olan bölgelerde ve küçük şehirlerde genellikle bu lokaliteler bulunmamaktadır. Epifitik vejetasyona dayalı tahminlerde, çok yavaş büyüyen ve bir o kadar da uzun yaşayan likenlerin,

çevreleriyle denge kurabilen komüniteler olarak, hava kirliliği seviyesinin kalitatif (nitel) ve kantitatif (nicel) ölçümünde iyi birer indikatör olabilecekleri görülmüştür (Çobanoğlu 2015).

Bu çalışmada Pasif İzleme Metodu kullanılarak 16 belirlenmiş bölgedeki ağaç üzerinden toplanan doğal olarak yayılış gösteren *Xanthoria parietina* ve *Physcia adscendens* türlerine ait liken örneklerinde kantitatif laboratuvar analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına dayalı olarak kirleticilerin miktarıyla ilişkili mekânsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. İstanbul hava kalitesi elde edilen bu verilere göre değerlendirilmiştir.

BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER

II.1. LİKENLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

II.1.1. Likenlerin Biyolojisi

Likenler, bazı mantarlar (çoğunlukla Ascomycetes) ile yeşil alglerin (Chlorophyta) ve/veya siyanobakterilerin (Cyanobacteria) –daha çok bilinen adıyla mavi-yeşil alglerin– ortak yaşamıyla (simbiyoz) meydana gelmekte ve yaklaşık 20.000 tür ile ifade edilmektedir. Likenler sistematik sınıflandırmada Fungi âleminde yer alırlar ancak bazen bitki (Plantae) olarak anılırlar bunun sebebi ise yapılarında fotosentez yapabilen klorofilli alg ortaklarının (Chlorophyta) yapısında bulunmasıdır (Çobanoğlu 2015). Beş mantar türünden biri likenleşmiştir. Likenler, yaprağı, gövdesi veya kökü olmayan fakat kendi besinini üretebilen, yüzlerce yıl yaşayabilen, içerisinde bir veya daha çok sayıda alg türünün ve mantarın bulunduğu simbiyotik (ortak yaşam) birliklerdir. Liken bünyesinde bulunan algler serbest yaşayabilmelerine rağmen, mantarlar parazit karakterli olduğundan serbest yaşayamazlar (Nash III 2008). Pek çok araştırmacıya göre likenler mutualist (ortakların karşılıklı fayda sağladığı) yaşam örneği oluşturmasına karşın, Vernon Ahmadjian'nın görüşüne göre liken ortaklığında mantarın kontrolündeki parazitizm söz konusudur (Ahmadjian 1993). Çoğu likenlerin ikili doğası (mantar ve alg birlikteliği) günümüzde yaygın olarak bilinmesine rağmen, bazı likenlerin üç veya daha fazla ortak içeren simbiyontları olduğu daha az bilinmektedir.

Likenler, üç âlemi içeren simbiyotik bir birlik olsalar bile, birçok çalışmada bireyler olarak ayrı ayrı ele alınırlar. Genetik ve evrimsel bir bakış açısıyla, likenler kesinlikle tek birey olarak kabul edilemez ve bu gerçek, gelişimsel ve üreme çalışmaları gibi birçok araştırma alanı için önemli etkilere sahiptir. Likenin simbiyotik yaşam ortaklarından "simbiyont" olarak bahsedilirken, mantar ortağı için "mikobiyont", fotosentez yapan ortağı için "fotobiyont" terimleri kullanılmaktadır. Liken tallusunun morfolojisi, fotobiyont ile mikobiyontun doğrudan teması tarafından güçlü bir şekilde etkilenir. Doğada, moleküler tekniklerle tespit edildiği üzere, aynı mikobiyontun sırasıyla bir siyanobakteri ve bir yeşil alg ile iki farklı, tallus oluşturabildiği görülmüştür. Siyanobakteriler ve bakteriler arasındaki yakın ilişki uzun zamandır bilinmektedir. Siyanobakteriyel fotobiyont türlerinin tanımlanması, liken morfolojisinde, mikobiyont ortağının etkisiyle değiştiği için çoğunlukla imkânsızdır.

Ayrıca siyanobakteriler, likenleşmiş halde iken yaşam döngülerinin tüm karakteristik özelliklerini göstermezler. Bununla birlikte, moleküler teknikler kullanılarak cins düzeyinde belirlenmesi mümkündür.

Likenlerde yaklaşık olarak 40 cins alg ve siyanobakterinin fotobiyont olduğu bildirilmiştir ve üç cins *Trebouxia*, *Trentepohlia* ve *Nostoc* en yaygın görülen fotobiyontlardır. *Trebouxia* ve *Trentepohlia* cinsleri ökaryotiktir ve yeşil alglere aittir; *Nostoc* cinsi, oksijenik fotosentetik bakterilere (siyanobakteriler) aittir. Fotobiyont ve mikobiyont arasındaki simbiyotik dengenin değiştirilmesi, liken birliğinin bozulmasına yol açabilir.

Dünyanın karasal ototroflarından olan likenler değişik morfolojiler sergilemektedirler. Renkleri gri, kahverengi, siyah, beyaz hatta turuncu, sarı, kırmızı ve yeşil gibi çeşitli renklerde olabilirler. Boyları ise milimetre (mm) den metre (m) ye kadar değişebilir. Likenlerin hemen hemen hepsi çok yıllıktır ancak istisna olarak tek yıllık olanları da vardır. Örneğin; *Vezdaea*. Likenlerin bazılarının 1000 yıldan daha uzun süre hayatta kalabileceği tahmin edilmektedir (Nash III 2008).

Liken tallus tipleri 3 bölüme ayrılır. Ağaçlardan sarkan veya dik duran ancak substrata (=özortam) tek noktadan bağlanan **dalsı-çalımsı** likenler, örneğin; *Usnea* sp. (ŞEKİL II.1-A). Substrata rizinlerle tutunan ve üzerinde büyüklü küçüklü loblara sahip rozet şeklinde yayılan **yapraksı** likenler, örneğin; *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (ŞEKİL II.1-B). Substrata doğrudan medulla ile çok sıkı tutunan, bazen substratın içine gömülen 1-10 cm büyüklüğünde olabilen **kabuksu** likenler, örneğin; *Lecanora* sp. (ŞEKİL II.1-C). Ayrıca unsu, pulsu ve dimorfik (primer ve sekonder tipte iki farklı tallusa sahip olan) morfolojiye sahip liken türleri de mevcuttur (Çobanoğlu 2015).

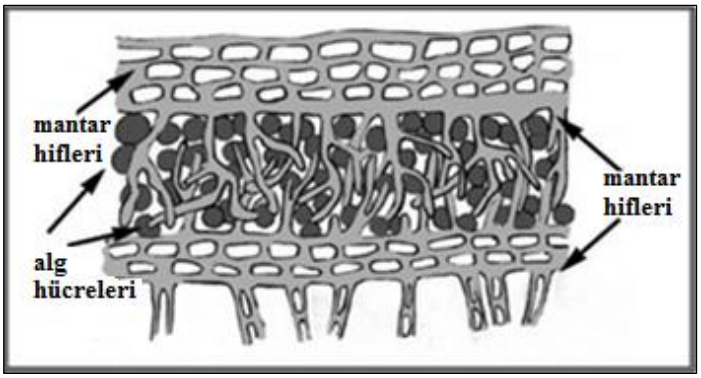


Şekil II.1. Liken morfolojik yapıları **A)** Dalsı; *Usnea* sp. **B)** Yapraksı; *Xanthoria parietina* **C)** Kabuksu; *Lecanora* sp. [i1]

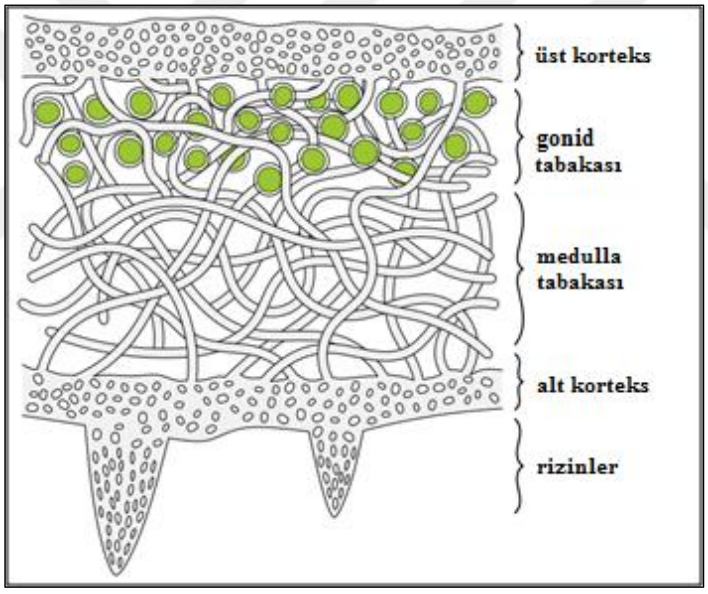
Anatomik olarak liken tallusu 2 tiptir. **Homeomerik** tallusta (Şekil II.2); algler ve mantarlar tallus içerisinde homojen olarak dağılmış ve tabakalaşmamış şekildedir. Daha çok Cyanobacteria (Örneğin; *Nostoc)* içeren likenlerde yaygındır. Örneğin;

Leptogium, Collema. **Heteromerik** tallusta (Şekil II.3); ise algler (gonid tabakası) ve mantarlar (medulla) tallus içerisinde ayrı ayrı tabakalar halinde yer alır.

Gelişmiş likenlerin tallus yapısı heteromeriktir. Örneğin; *Xanthoria parietina, Parmelia* sp. (Çobanoğlu 2009).



Şekil II.2. Homeomerik Tallus [i2]



Şekil II.3. Heteromerik Tallus [i3]

Likenlerde üreme, eşeyli (askosporlar) ve eşeysiz (vegetatif uzantılar, izid, sored gibi) olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Eşeyli üreme mantar ortağı tarafından sağlanır. Tallus yüzeyi üzerinde bulunan çanak şeklindeki üreme yapıları "apotesyum" adını alır ve sporların oluştuğu likenlerde yaygın olarak görülür (Çobanoğlu 2009).

II.1.2. Likenlerin Ekolojisi

Likenler genel olarak ağaç, kaya, toprak gibi substratlarda yaşamaktadır. Ancak bazı türler yalnızca tek bir substrat üzerinde barınırken bazı türler ise birkaç substrat tipinde bulunabilir. Örneğin; *Physcia adscendens* ve *Xanthoria parietina* hem epifitik hem de

epilitik olabilen kozmopolit (geniş yayılışlı) türlerdir. Bunun yanında Musikol likenler; karayosunları üzerinde, Likenikol likenler ise diğer likenlerin üzerinde yaşarlar (Çobanoğlu 2015).

Likenler toprak verimliliği ve ekolojik döngüde anahtar rol oynamaktadır. Çevremizi gözlemlediğimizde ağaç, kaya, toprak, taş ve beton zemin üzerinde likenleri görebiliriz ve hatta cam yüzeylerde, eski bir ayakkabı üzerinde dahi likenleri görmemiz mümkündür (Şekil II.4, Şekil II.5, Şekil II.6). Likenlerin en belirgin olanları epilitler olarak ortaya çıkar ve kayaların üzerinde büyürler. Endolitik likenler ise kayalarda birkaç mm'ye gömülü olarak bulunabilir. Örneğin; Antartika'daki bazı likenler endolitiktir (Nash III 2008).



Şekil II.4. Kayaların üzerindeki likenler. Half Moon Adası, Antarktika [i1]



Şekil II.5. Eski bir araba üzerindeki likenler. Yeni Zelanda [i1]



Şekil II.6. Demir parmaklık üzerindeki Likenler. North Wales [i1]

Likenler dünyanın karasal ekosistemlerinin çoğunda bulunur. Bu karasal ekosistemlerin %8-10' unda likenlerin hâkim olduğu tahmin edilmektedir. Birçok polar ve subpolar ekosistemde likenler baskın ototroflardır. Buna ek olarak, likenler güney yarımkürenin ılıman ormanları ve kuzey yarımkürenin taygaları gibi birçok dağ, kıyı ve orman ekosisteminin göze çarpan canlılarıdır.

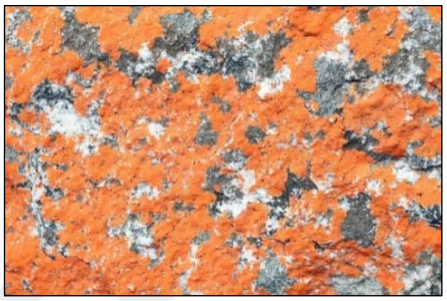
Hızlı büyüyen türler bir yıl içerisinde biyokütlelerini yılda %20-40 artırabilirler ve bu türler ekosistemlerinin mineral döngü düzeylerinde önemli bir rol oynayabilmektedir. Liken türlerinin dağılım şekilleri, çeşitli hava kirletici seviyelerini yansıtabilir, ancak liken türlerinin dağılımındaki değişkenlik de çeşitli abiyotik veya biyotik faktörlerden kaynaklanabilir (Şekil II.7, Şekil II.8). Bunun yanında, tüm

likenler tüm hava kirleticilerine karşı aynı derecede duyarlı değildir.

Farklı liken türlerinin spesifik hava kirleticilerine karşı hassasiyetleri değişebilir. Hassas olan türler, bir kirletici madde mevcut olduğunda yok olabilirler, ancak toleranslı türlerin hayatta kalması muhtemeldir. Bununla birlikte, bu hassasiyet, hava kirliliği etkilerini yorumlarken oldukça fayda sağlamaktadır. Sonuç olarak hava kirleticilerinin bulunduğu ekosistem sağlığını izlemek için likenler kullanılabilmektedir (Nash III 2008).



Şekil II.7. *Cladonia* sp. ve *Lycogala epidendrum* Cairngorms Milli Parkı, İskoçya [i1]



Şekil II.8. Kumtaşı üzerinde turuncu likenler. Güney Afrika, Western Cape [i1]

Biyolojik çeşitlilik, ormanların verimliliği ile artmaktadır. Ormanların da büyüklüğü, şekli ve habitatındaki heterojenlik liken çeşitliliğini etkilemektedir. Likenler, hem doğal hem de insan kaynaklı çevresel etkilerden büyük ölçüde etkilenirler. Bunun sonucunda habitatlar ve ekosistemler sadece yerel ve bölgesel düzeyde değil aynı zamanda küresel ölçekte de tahrip olmaktadır. Kuşkusuz insanoğlu; ormansızlaşma, tarımsal uygulamalar, kentleşme, hava, su, toprağın kirlenmesi ve doğal kaynakların sömürülmesi yoluyla dünya çapında ekosistemlerin bozulmasına neden olarak, şu anda liken tahribatının en önemli sebepleridir (Nash III 2008).

II.1.3. Biyoindikatör ve Biyomonitör Likenler

Çevre kirliliğinde organizmalar için kullanılan birçok terim birbirinden farklı anlamlar taşımaktadır. **"Biyoindikatör"** ya da biyolojik gösterge terimi organizmaların farklı seviyelerdeki kirleticilere verdikleri cevap ile ilişkili olarak atmosferdeki kirleticilerin varlığını ve miktarını gösterme yeteneklerini ifade etmektedir. Hava kirliliği seviyesinde nicel bilgi sağlayan biyolojik göstergeler **"biyoindikatörler"**, zamana göre değişikliklerin belirlenmesine de izin veren ve nitel veri sağlayan biyolojik

izleyiciler "**biyomonitörler**" olarak tanımlanmaktadır. Biyomonitörlerin kullanıldığı uygulama "biyolojik izleme" veya "biyoizleme" olayıdır (Çobanoğlu 2015).

Hava kalitesinin belirlenmesinde bilinen en iyi "biyomonitör" organizmalar likenlerdir (Garty 2001). Likenler, atmosferdeki elementlerin en uygun biyomonitörleridir. (Tuncel ve Karakaş 2003). Likenler kullanılarak ağır metal ve PM kaynaklı hava kirliliğinin kantitatif olarak belirlenmesi mümkündür. Likenlerin kök sistemleri bulunmaz bu yüzden madde alışverişini tüm yüzeyleri ile yaparlar ve dolayısıyla sadece hava kaynaklı kirleticiler tespit edilebilmektedir (Özdemir 1992). Likenler, hava kalitesinin izlenmesinde ve atmosferik kirletici miktarının belirlenmesinde sıkça kullanılan biyoindikatör organizmalardır. Biyoindikatör organizmalar ile hava kalitesinin belirlenmesinin avantajı, ölçümün o yöreye ait hava kalitesi hakkında anlık değil, uzun döneme ait bilgi vermesidir (Yolcubal ve Doğrul 2009). Atmosferik kirleticilere duyarlı organizmalar olan likenler, SO_2 ve NO_x kirliliği, ağır metaller, radyoaktif elementler, PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar) ve PCB (Poliklorlu bifeniller) gibi birçok kirletici türünün izlenmesi çalışmalarında kullanılmışlardır. Likenler, Avrupa ve Amerika'da hava kirliliğinin izlenmesi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Yolcubal ve Doğrul 2009). Likenler çok özel olarak SO_2 stresine tepki gösterir. Tallusun fizyolojik ve morfolojik özelliklerinin yanı sıra, substratın fiziko-kimyasal faktörleri emisyon yüklü alanlarda likenlerin büyümesinde ve hayatta kalmasında rol oynar (Türk ve Wirth 1975). Likenlerin hava kirliliğinin biyoindikatörleri olarak kullanılması için en güçlü örnek SO_2'dir (Nash III 2008).

Liken simbiyozunun bir özelliği, fotosentezin karanlık reaksiyonlarının bir sonucu olarak karbonhidratların alg ve siyanobakteriden mikobiyonta transferidir. Ancak bu karbonhidrat transferinin, likenlerin SO_2'ye maruz kalmasının ardından sıklıkla azaldığı görülmüştür. Likenlerde üreme de SO_2 tarafından inhibe edilir (Nash III 2008). Silberstein ve ark. 1996 yılında birçok fizyolojik ve biyokimyasal teknikler kullanarak, *Xanthoria parietina* 'nın SO_2'ye toleranslı olduğunu *Ramalina duriaei*'nin ise SO_2'ye duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir. Likenlerde SO_2 duyarlılığı türe göre değişmektedir. Bazı liken türleri yıllık ortalama 8-30 $\mu g/m^3$ (mikrogram/metreküp) SO_2 düzeyinde yok olurken, pek az liken türü 125 $\mu g/m^3$ SO_2 düzeyinde yaşamını sürdürebilmektedir. Buna göre, kışın ortalama SO_2 değeri 30 $\mu g/m^3$'ten az veya sıfır olan bölgelerde gelişen belirli liken türleri hava kirliliğine **en duyarlı türler** olmaktadır. Bu değer 30-100 $\mu g/m^3$ arasında olursa **orta derecede duyarlı** belli türler

bulunur. 100 µg/m^3'ten daha fazla olduğunda ise sadece **en dayanıklı** olan türler gelişebilir (Şekil II.9). (Blett ve ark. 2003).

Avrupa'da liken türlerinin hava kirliliğine duyarlılığını (kış ortalama SO_2 değerlerine bağlı) 1-10 arası rakamlarla gösteren cetveller hazırlanmıştır. Örneğin; Kirschbaum ve Wirth (1997).



Şekil II.9. Hava kalitesi sınıflarının SO_2 değerlerine göre değerlendirme ölçeği Kirschbaum ve Wirth yöntemi (Ait Hammou ve ark. 2016).

Hava kalitesinin belirlenmesinde kullanılan bazı metotlar mevcuttur bunlar; tüm liken florasını esas alan metot ve haritalama metodu (yayılış haritası) biyoindikatör türleri esas alan metot ve IAP metodu (index of atmospheric purity), aktif izleme yöntemi, transplantasyon, pasif izleme yöntemi (kantitatif laboratuvar analizleri). Ayrıca çalışılacak bölgeye en uygun olan analiz yöntemini seçmeden önce; ne kadar örnek gerektiği, yapılacak analizin süresi ve maliyeti ne kadar gibi sorular göz önüne alınmalıdır (Çobanoğlu 2009).

Havadan yaş ya da kuru olarak gelen partiküller, çözünmüş formlardaki radyonüklidler ve metaller likenler tarafından pasif transport (Örneğin; iyon değiştirme ve iyon difüzyonu) ile veya aktif iyon biriktirme yoluyla alınmaktadır. Likenlerle yapılan çalışmalar özellikle radyoaktivite ve ağır metal bulguları, bölgelerin ya da tüm ülkenin radyasyon veya ağır metal kirlilik düzeylerini gösteren haritaların eldesinde anlamlı yer tutmaktadır. Liken türleri sadece ağır metal ya da radyoaktif kontaminasyonda biyomonitör organizma olarak kullanılmamaktadır. Ayrıca birçok organik kirleticinin izlenmesinde de kullanılmaktadır. Kirli ortamlarda likenlerin tür dağılımı bile, tek başına SO_2 etkisinin derecesini ortaya koyabilmektedir. Dünyada likenoloji, özellikle son yıllarda büyük bir atılım içine girmiş ve hızla gelişmektedir (Kırbaşoğlu ve Topçuoğlu 2003).

Radyoaktif maddeler, ağır metaller ve SO_2 gibi kirleticiler likenlerin metabolik faaliyetlerine zarar verirler. Özellikle mavi-yeşil alg içeren likenler ve daha geniş yüzeye sahip olan dalsı ve yapraksı türler hava kirliliğine daha duyarlıdır. Kabuksu liken türleri ise daha dayanıklıdır. 1800'lü yıllarda ilk olarak İngiltere, Münih ve Paris'te, daha sonra 1900'lü yılların başından itibaren tüm Avrupa'da, şehirleşmiş ve

endüstriyel bölgelerde likenlerin çoktan ortadan kaybolduğunun farkına varılmıştır. Bunun üzerine yapılan çalışmalarda likenlerin hava kirleticilerine karşı çok duyarlı canlılar olduğu ve hidrojen florür (HF), bazı metaller, asit yağmurları, tarımda kullanılan kimyasallar ve SO_2 gibi maddelerin likenler üzerinde çeşitli olumsuz etkileri olduğu anlaşılmıştır.

Likenler NEDEN kirletici maddelere daha fazla duyarlıdır?

- Likenlerin biyolojik yapısı (kütikula tabakası ve stoma bulundurmazlar) ve simbiyotik dengenin korunma zorunluluğu nedeniyle duyarlılıkları çok daha fazladır.
- Bunun yanında, madde alışverişinin tallusun tüm yüzeyiyle, absorbsiyon yoluyla yapılması zorunluluğu bulunur.

Uzun yaşayan organizmalar olarak bütün yıl hava kirliliğine maruz kalan likenler, yüzeylerinde biriktirebildikleri bu hava kirleticilerinin tespit edilmesinde kullanılabilirler. Likenler, kirliliğe maruz kaldıklarında; kısaca morfoloji ve anatomilerinde (Örneğin; renk kaybı), ince yapı semptomlarında (kloroplastların şekillerinin değişmesi, membran sistem bozukluklarında (tallusun pH dengesinin bozulması), fizyolojik bozukluklar (fotosontez hızında azalma), üreme bozuklukları (sored ve izid üretiminde çoğalma vb.) gelişme ve büyüme bozuklukları, klorofil flüoresans bozuklukları meydana gelebilmektedir (Nash III 2008; Çobanoğlu 2009).

II.2. HAVA KİRLİLİĞİ VE BİYOİZLEME

II.2.1 Hava Kirliliğinin Tanımı ve Kapsamı

Hava kirliliği, havadaki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlılara ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır. "**Hava kirliliği**" terimi "**hava kalitesi**" ile aynı anlama gelmez. Hava kirliliği, kirleticiler ile hava kalitesi ise kirleticilerin etkileri ile tanımlanmaktadır (Çobanoğlu 2015).

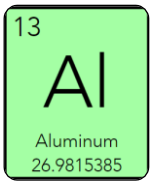
Hava kirleticilerinin miktarlarını ölçmek için çeşitli yöntemler mevcuttur. Ölçümler, analitik cihazlarla yapılabildiği gibi, biyoindikatör organizmalar yardımıyla da yapılabilmektedir (Yolcubal ve Doğrul 2009). Likenlerin yıllardır hava kirliliğine karşı çok hassas oldukları kabul edilmiştir (Hawksworth 1970; Nimis ve ark. 2002). 1800'lü yıllarda İngiltere, Münih ve Paris'te likenlerin kentsel alanlardan kaybolduğu belgelenmiştir. İngiltere'de 19.yy'ın başlarından itibaren hava kirliliği seviyelerinin

yükselmesiyle beraber ülkenin geniş bir bölgesinde epifitik likenler ortadan kalkmıştır (Nash III 2008). Likenlerin hava kirliliğine yüksek duyarlılıkları biyolojik sistemleri ile ilgilidir.

Çoğu tür onlarca hatta yüzlerce yıl yaşar ve böylece uzun ömürlü olarak kirleticilerin etkisine maruz kalırlar. Likenlerin su veya besin iletimi için damar sistemleri yoktur bu yüzden atmosferik kaynaklardan su veya besin almak için etkili mekanizmalar geliştirmişlerdir. Likenlerin birçok vasküler bitkinin tersine, yaprak döken kısımları yoktur bu nedenle bu kısımları dökerek kirleticilerin maruz kalmasını önleyemezler. Ayrıca likenlerde stoma ve kütikül eksikliği aerosolleri tüm tallus yüzeyinin üzerinde emebilir; böylece likenler gaz değişimi açısından çok az biyolojik kontrole sahiptir. Havadaki kirletici gazların kolayca liken fotobiyont tabakasına yayıldığı düşünülmektedir (Nash III 2008).

II.2.2 Kirletici Elementler

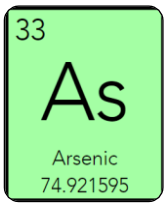
Doğal ve bozulan sistemlerde düşük derişimlerde bulunan ve belli dozlara yükseldiğinde canlı organizmalara toksik etki yapabilen elementler **ağır metal** olarak adlandırılmaktadır (Dündar ve ark. 2012). Bunun yanında ağır metaller düşük derişimlerde bile toksik etkiye sahip olabilirler (Özbolat ve Tuli 2016). Altmıştan fazla element ağır metallere örnek verilse de en çok tanınan ağır metaller: Civa (Hg), Mangan (Mn), Demir (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kadmiyum (Cd), Arsenik (As), Krom (Sn), Kurşun (Pb), Gümüş (Ag) ve Selenyum (Se) olarak söylenebilir (Özbolat ve Tuli 2016). Bilinen en zararlı ağır metaller kurşun, kadmiyum ve civadır. Bu metaller her derişimde zehirlidir ve biyolojik işlevleri yoktur (Dündar ve ark. 2012; Özbolat ve Tuli 2016).



Şekil II.10. Al elementinin sembolle gösterimi [i4].

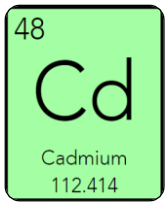
Alüminyum, atom numarası 13, yoğunluğu 2,70 gr/cm^3 olan bir elementtir. Al, yerkabuğunun yaklaşık %8'ini oluşturan oldukça önemli bir metaldir (Bakar ve Baba 2009). Asit yağmurları toprakta ve kayalarda doğal olarak bulunan alüminyumu eritmekte ve alüminyumun biyolojik sistemler tarafından alınmasını arttırmaktadır. Bu sayede alüminyumlu bileşikler toprağa ve suya geçebilmektedir. Alüminyumun birçok alanda kullanımı bulunmaktadır. Bakır, çinko, magnezyum ve manganez gibi

elementlerle alaşımlar yapabilmektedir. Bu alaşımlar hava taşıtlarında, arabalarda, kamyonlarda ve inşaat malzemelerinde kullanılmaktadırlar (Yavuz 2010).



Şekil II.11. As elementinin sembolle gösterimi

Arsenik, atom numarası 33, yoğunluğu 5,73 gr/cm^3 olan bir elementtir. Çevrede doğal olarak bulunan As, insan faaliyetleri sebebi ile çok daha büyük miktarlarda salınabilmektedir. As, metal ile ametal arasında bir özelliğe sahip bir element olduğu için yarı metal olarak sınıflandırılmaktadır (Yavuz 2010; Kumar Das ve ark. 2011; Özbolat ve Tuli 2016). As, bronz elementi elde edilmesinde, mermi sertliklerinin sağlanmasında kullanılmaktadır. Bazı bileşikleri tarım alanında böcek öldürücü veya zehir olarak kullanılmaktadır (Yavuz M. 2010). As'nin kanserojen olduğu bilinmektedir ve cilt kanseri, deri lezyonları, akciğer kanseri gibi kronik etkileri bulunmaktadır. 1980 yılında EPA (Çevre Koruma Ajansı) arseniği tehlikeli bir hava kirleticisi olarak ilan etmektedir ve bu toksik maddeye maruz kalan insanların kanser riski altında olduğunu bildirmektedir (Bakar ve Baba 2009).



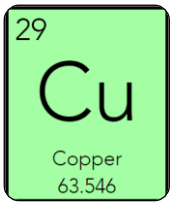
Şekil II.12. Cd elementinin sembolle gösterim

Kadmiyum, atom numarası 48, yoğunluğu 8,65 g/cm^3 olan bir elementtir. Cd oldukça toksik bir metaldir ve elektro kaplamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında batarya yapımında, boya ve plastik yapımında ve metal kaplama işlemlerinde de kullanılmaktadır. Havada bulunan Cd tozları atmosferde birikerek, Cd alımının artmasına yol açabilmektedir. Oldukça kanserojen olan Cd, sigara dumanında da bulunmaktadır bu yüzden sigara içen bireyler, içmeyenlere kıyasla çok daha yüksek seviyelerde maruz kalmaktadırlar. Bunun yanında Cd ile kontamine olan toprakta bulunan sebze, tahıl ve tohumların Cd içeriği yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Örün ve Yalçın 2011; Kumar Das ve ark. 2011).



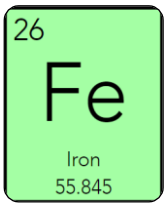
Şekil II.13. Cr elementinin sembolle gösterimi

Krom, atom numarası 24, yoğunluğu 7,15 g/cm^3 olan bir elementtir. Cr, doğada yaygın olarak bulunan bir elementtir. Sıvı, katı veya gaz formları olabilmektedir. Cr (VI) bileşikleri kanserojen iken, Cr (III) esansiyel (gerekli) bir besin kaynağıdır. Cr, uzun süre maruz kalındığında ciltte tahriş, karaciğer, böbrek, dolaşım sistemi ve sinir sisteminde zarara sebep olabilmektedir (Kumar Das ve ark. 2011). Cr'nin önemli bir kısmı çelik üretiminde kullanılmaktadır. Bunun dışında birçok alanda kullanılmaktadır. Cr; Fe, Ni, Mn ve Al ile önemli alaşımlar yapmaktadır. Elektrik fırınlarının yapımında ve deri sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca Cr kaplamacılıkta da kullanılmaktadır (Yalçın 2004). Cr'nin zehir etkisinin kontrol altında tutulması oksidasyon haline bağlı olmaktadır. Canlı organizmalarda gerekli eser element olan Cr (III)'ün insan vücudunda glukoz tolerans faktörünün ayarlanmasında önemli bir rolü vardır (Akhter ve Madany 1993).



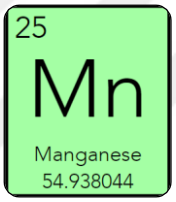
Şekil II.14. Cu elementinin sembolle gösterimi

Bakır, atom numarası 29, yoğunluğu 5g/cm³ olan bir elementtir. Cu, çeşitli kaya ve minerallerde bol bulunan esansiyel mikro besin elementlerinden biridir (Özbolat ve Tuli 2016). En önemli kullanım alanı elektrik-elektronik sanayidir. Ayrıca boya sanayide ahşap koruyucularda da kullanılmaktadır. Cu, iletkenliği yüksek olduğundan dolayı çeşitli metal alaşımlarının yapısında kullanılmaktadır. Örneğin; madeni para ve silah gibi alaşımlar Cu içermektedir. Ayrıca volkanik patlamalar ve yerde bulunan tozların havalanması gibi doğal sebeplerle hava ve suda Cu bulunabilmektedir (Yavuz 2010).



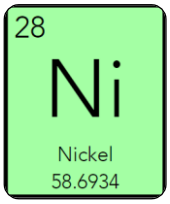
Şekil II.15. Fe elementinin sembolle gösterimi

Demir, atom numarası 26, yoğunluğu 7,56 g/cm^3 olan bir elementtir. Fe, çelik sanayinin hammaddesidir. Fe, inşaatlarda, binaların ve gemilerin yapımında, kiriş ve yüzeylerin güçlendirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca Fe oksitleri boya sanayinde kullanılmaktadır (Yavuz 2010). Fe, fotosentez ile görevli olan bir elementtir. Klorofil pigmentinin sentezinde gereklidir. Bitkilerde Fe, azot (N) bağlanmasında rol almaktadır. Fe eksikliğinde klorozis (sararma) görülmektedir. Bu yüzden Fe, bitkiler için mutlaka elzemdir (Özyürek 2016).



Şekil II.16. Mn elementinin sembolle gösterimi

Manganez, atom numarası 25, yoğunluğu 7,21 g/cm^{3}olan bir elementtir. Mn, pil üretiminde ve seramik sanayide, demir-çelik üretiminde ve cam malzemelerin temizliğinde kullanılmaktadır. Ayrıca Mn, metal alaşımlarda korozyon önleyici olarak da kullanılmaktadır. Motorlu taşıtlarda sürtünmeyi azaltmak amacıyla benzin eklenebilmektedir. Mn, boya ve parlatıcı maddelerde ve tuğlalarda kullanılan bir pigmenttir. Mn elementine yüksek dozlarda maruz kalan kişilerde zehirlenme görülmektedir. Özellikle madenlerde ve tuğla imalatı ile uğraşan bireylerde daha sık rastlanmaktadır (Yavuz 2010).

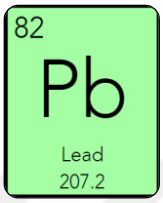


Şekil II.17. Ni elementinin sembolle gösterimi

Nikel, atom numarası 28, yoğunluğu 8,91 gr/cm^3 olan bir elementtir (Yavuz

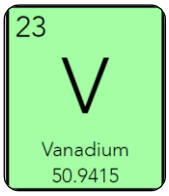
2010). Nikel elementi gümüş renginde, parlak ve sert bir metaldir.

Nikel; sert, korozyona dayanıklı ve parlak olması nedeni ile metal kaplamada önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle demir, çelik ve bakır, nikelle kaplanmaktadır. Ayrıca nikel, kimyasal maddelere dayanıklılığı nedeniyle laboratuvarlarda kullanılan araçların yapımında kullanılmaktadır. Altundağ (2002); Dündar ve ark. (2012), yaptıkları bir çalışmada Ni elementinin 0,001 mg/m^3'ü solunum yoluyla akciğerlerden birine girdiği takdirde kansere neden olabileceğini tespit etmişlerdir. Özyürek (2016), bitkilerin belirli dozlarda Ni elementine ihtiyaç duyduğunu gösteren bir çalışması bulunmaktadır.



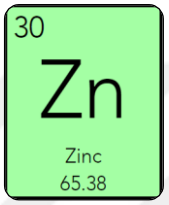
Şekil II.18. Pb elementinin sembolle gösterimi

Kurşun, atom numarası 82, atom ağırlığı 207,19 g/mol olan bir elementtir (Özbolat ve Tuli 2016). Pb, doğada, az miktarda ancak her yerde bulunabilen, mavimsi-gümüş renklerinde bulunmaktadır (Örün ve Yalçın 2011). Pb, insan sağlığını tehdit eden en önemli ağır metallerdendir. Aynı zamanda bir nörotoksin olan Pb, insanlar tarafından binlerce yıldır bilinmekte ve kullanılmaktadır. Bunun yanında Pb elementi endüstriyel olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır. Pb maddesine maruz kalma çevresel ve endüstriyel yollarla gerçekleşmektedir. Pb, kalsiyumun metabolik davranışını taklit etmesi ve birçok enzim sisteminin görevini engellemesi nedeniyle zehirli bir elementtir. İnsanlarda Pb zehirlenmesinin en önemli sebeplerinden biri beyin tahribatına yol açmasıdır. İnsanlarda günlük Pb alımı 20-400 mg arasında değişmektedir (Özbolat ve Tuli 2016). Pb'nin kullanım alanları oldukça geniştir. Kurşunlu benzin kullanımı atmosfere salınan Pb'nin en önemli kaynağıdır (Örün ve Yalçın 2011). Pb, su ve hava ortamında oksitlenme göstermediği için boruların yapımında kullanılabilmektedir ayrıca H_2SO_4'ten etkilenmediğinden dolayı sülfürik asit endüstrisinde de kullanılmaktadır. Bir diğer çalışma alanı radyoaktif ışınlara karşı koruyucu etkisi sebebiyle atom enerjisi çalışmalarında ve radyoaktif maddelerle yapılan çalışmalarda kullanılmasıdır (Yalçın 2004).



Şekil II.19. V elementinin sembolle gösterimi

Vanadyum, atom numarası 23, yoğunluğu 6,0 g/cm^3 olan bir elementtir. V, paslanmaz çelik üretiminde, çelik yüzeylerin kaplanması işleminde kullanılmaktadır. Vanadyum pentoksit (V_2O_5) bileşiği, seramik yapımında katalizör ve boya sabitleyici olarak kullanılmaktadır (Yavuz 2010).



Şekil II.20. Zn elementinin sembolle gösterimi

Çinko, atom numarası 30, yoğunluğu 7,14 g/cm^3 olan bir elementtir (Yavuz 2010). Zn, enzimlerin etki mekanizmasında bulunmaktadır (Yalçın ve ark. 1989). Zn, demir, alüminyum ve bakırdan sonra en çok kullanılan metaldir. Zn, pil yapımı, kaplamacılık ve alaşımların yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Yalçın ve ark. 1989). Zn, bitkilerde çoğu enzim için katalizör görevi görmektedir. Zn içeren enzimler de nişasta sentezinde azot metabolizmasında önemlidirler. Ayrıca Zn, triptofan aminoasidinin sentezini de kontrol etmektedir. Bu da büyüme hormonu olan oksinin uyarılmasını sağlayarak bitkide Zn ihtiyacını üst seviyelere taşımaktadır. Ayrıca en başta bakliyatlar olmak üzere, sebze ve meyveler de Zn eksikliğine hassastırlar (Özyürek 2016).

II.2.3. Hava Kirliliğiyle İlgili Biyoizleme Çalışmaları

II.2.3.1. Dünyada biyoizleme çalışmaları

Dünyada biyoizleme çalışmaları 1950'li yıllardan günümüze kadar devam etmiştir. Gorham (1959), Toronto şehrinde liken ve yosunlarda radyoaktivite birikimi üzerine çalışmıştır ve liken ve yosunlarda radyoaktif madde birikimi olabileceği sonucuna varmıştır. Daha sonra 1980'li yıllarda biyoizleme çalışmaları giderek artmıştır. Bunlardan bazıları;

Transplant çalışmaları (*Ramalina* liken cinsi ile yapılmıştır).

Garty (1982), İsrail'de, kırsal ve banliyo bölgelerinden transplante ettiği

Ramalina duriaei (De Not.) Bagl. likeni içerisindeki Cu, Cr, Cd, Pb, Zn ve Ni elementlerinin ölçümünü AAS ile analiz yöntemi ile gerçekleştirmiştir.

Çoklu element analizi çalışmaları (*Ramalina, Usnea, Parmelia, Lepraria, Xanthoria, Sphagnum, Hypogymnia, Pseudevernia, Pyxine, Usnea* liken cinslerinde ve *Hypnum* yosun cinsi ile yapılmıştır).

Pereira ve ark. (1970), *Ramalina* ve *Usnea* likenleri ile Cu içeriğine AAS analizi ile çalışmışlardır. Bargagli ve ark. (1987), İtalya'da San Rossore doğal parkında *Parmelia caperata* (L.) Ach. epifitik liken türü ile Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin ölçümü üzerine çalışmışlardır. Nimis ve ark. (1990), İtalya'da *Parmelia caperata, Lepraria incana* (L.) Ach. gibi biyomonitör liken türleri ile SO_2 kirliliğinin ölçümünü çalışmışlardır. Garty (2002), Negey Çölü'ndeki *Ramalina maciformis* (Delile) Bory., liken türü ile B, Cd, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Sr ve Zn elementlerin miktarlarını ICP-AES (indüktif eşleşmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi) ile ölçümünü çalışmıştır.

Dzubaj ve ark. (2008), Slovak Cumhuriyeti'nin Košice kentindeki *Xanthoria parietina* liken türü ile Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Sb ve Zn elementlerinin miktarlarını atmosferik kirlilik kaynaklarına toleransı değerlendirmek için AAS ile analizini yapmışlardır. Salo (2012), Finlandiya'da *Sphagnum papillosum* Lindb., yosun ve *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. liken türlerindeki Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Pb, Ti, V ve Z element birikimini ICP-AES, ICP-MS ve SEM (taramalı elektron mikroskobu) analizi yaparak değerlendirmişlerdir. İncerti ve Ark. (2017), *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. epifitik likeni ile Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co gibi 40 adet elementin ölçümünü ICP-MS analizinde çalışmışlardır.

Günümüzde ise Komendova (2019), Çek Cumhuriyeti, Brno şehrinde çeşitli kirleticilere maruz kalan *Hypogymnia physodes* likeninde Paladyum (Pd) element içeriğine HR-CS-GF AAS (yüksek çözünürlüklü sürekli kaynaklı grafit fırın atomik absorpsiyon spektrometrisi ve doğrudan katı numune analizi) analizi ile çalışmıştır. Parviainen ve ark. (2019), İspanya Huelva kentindeki *Xanthoria parietina* likeninde V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, As, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Er, Tm, Yb, Lu, Pb, Th, U elementlerinin içeriğine ICP-MS analizi ile bakmışlardır.

Daimari ve ark. (2020), Doğu Himalaya bölgesinde kentsel ve kırsal bölgelerdeki *Pyxine cocoes* (Sw.) Nyl. biyomonitör likeninde Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb ve Zn içeriğine ICP-AES analizi ile çalışmışlardır.

Klapstein ve ark. (2020), Kanada, Yeni İskoçya bölgesinde *Usnea* spp. epifitik likeninde Al, As, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Ni, Pb, Se, Sn ve Zn içeriğine potansiyel toksik elementlerin (PTEs) ICP-MS analizi ile çalışmışlardır. Capozzi ve ark. (2020), İtalya, Taburno-Camposauro Bölge Parkı'nda *Hypnum cupressiforme* Hedw. Yosun ve *Pseudevernia furfuracea* likeninde PAH içeriğine GC-MS (gaz kromatografisi kütle spektrometresi) analizi ile çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarının sonunda liken tallusunda PAH biriktirme potansiyelinin yosunlara oranla daha fazla olduğunu görmüşlerdir.

PM çalışmaları (*Parmotrema* liken cinsi ile yapılmıştır).

Arjantin, Tandil şehrinde Marie ve ark. (2019), *Parmotrema pilosum* türünü poşetlere nakledip 1 yıl boyunca farklı bölgelerde atmosferik kirleticilere (PM) maruz bırakmışlardır. Çeşitli analizler yaparak (FTIR, XRD, SEM) likenlerin kirletici partikülleri tutma miktarlarını ortaya koymuşlardır.

II.2.3.2. Türkiye genelinde biyoizleme çalışmaları

Türk araştırmacılarının yapmış oldukları çalışmalara bakıldığında ilk kez 1990'lı yıllarda başlamış olup hava kirliliği seviyesi ile liken tür dağılımı arasındaki ilişki değerlendirilmiştir ve böylece likenlerde atmosfer kaynaklı element birikimi ile ilgili biyoizleme çalışmaları günümüze kadar artmıştır (Çobanoğlu 2015). Ülkemizde likenlerle biyoizleme çalışmaları bugüne kadar, Tekirdağ, Kocaeli, Çanakkale, İstanbul, İzmir, Manisa, Aydın, Muğla, Denizli, Balıkesir, Ankara, Uşak, Trabzon, Rize, Erzurum, Artvin, Giresun, Ordu, Karabük, Samsun, Isparta, Düzce, Kayseri, Eskişehir, Kütahya illerinde yapıldığı görülmektedir.

Türkiye genelinde hava kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla yapılmış olan birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları;

Radyoaktivite çalışmaları (*Rhizoplaca, Cladonia, Peltigera, Pseudevernia, Evernia, Ramalina, Hypogymnia, Parmelia, Cetraria, Cetrelia, Lobaria, Usnea, Xanthoria, Dermatocarpon, Diploschistes, Flavoparmelia, Peltigera, Xanthoparmelia* liken cinsleri ve *Grimmia, Hypnum* karayosunu cinsleri ile yapılmıştır).

Uğur ve ark. (2003) tarafından, Muğla ili Yatağan Termik Santralinin bulunduğu Gökova ilçesinde liken (*Rhizoplaca melanophthalma* (DC.) Leuckert., *Cladonia convolut*a (Lam.) Anders., *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm. ve karayosunu (*Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm, *Hypnum cupressiforme*.) biyomonitör türlerinin ^{210}Po ve ^{210}Pb biriktirmesi üzerine gama spektroskopi analizi yapmışlardır. Bir başka çalışmada ise Türkiye'de radyoaktif kirleticilerin izlenmesi ile ilgilidir.

İlk defa Topçuoğlu ve ark. (1992), Çernobil kazasının etkilerini belirlemek amacıyla *Peltigera praetextata, Pseudevernia furfuracea, Evernia prunastri, Ramalina farinacea* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes, Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav., *Parmelia sulcata, Cetraria chlorophylla* (Willd.) Vain., *Cetrelia cetrarioides* (Del. ex Duby) W. Culb. & C Culb., *Lobaria scrobiculata* (Scop.) P. Gaertn., *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Usnea filipéndula* Stirt., Usnea hirta (L.) Wigg., *Xanthoria parietina* liken örneklerinde ^{134}Cs ve ^{137}Cs radyosezyum düzeyini ölçmüşlerdir. Daha sonra ise Yazıcı ve ark. (2008), Doğu Karadeniz bölgesinde Trabzon ve Rize illerindeki kazadan 20 yıl sonra toplanan liken örneklerinde (*Cladonia rangiformis, Cladonia foliacea* (Huds.) Willd., *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad., *Cladonia portentosa* (Dufour) Coem., *Dermatocarpon miniatum, Diploschistes ocellatus* (Fr.) Norman, *Flavoparmelia caperata, Peltigera praetextata, Xanthoria parietina* ve *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Hale, radyoaktif kontaminasyon seviyesini ölçerek önceki çalışmalarla karşılaştırmışlardır.

Çoklu element analizi çalışmaları (*Usnea, Dermatocarpon, Pseudevernia, Xanthoria, Rhizoplaca, Cladonia, Cetraria, Dermatocarpon, Lecanora, Pseudevernia, Ramalina, Xanthoparmelia, Evernia, Hypogymnia, Lecanora, Usnea, Collema, Dermatocarpon, Physcia, Peltigera, Flavoparmelia, Anaphtychia, Parmelia* ve *Ramalina* liken cinsleri ile *Hypnum* ve *Grimmia* karayosunu cinsleri ile yapılmıştır).

Akçin ve ark. 2001 yılında *Usnea florida, Dermatocarpon miniatum, Dermatocarpon intestiniforme* (Körb.) Hasse ve *Pseudevernia furfuracea* kuru likenlerinin sulu çözeltilerinde ağır metal (Cr III, Cu II ve Zn II) bağlama özelliği ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Yenisoy-Karakaş ve Tuncel (2004) tarafından, Ege Bölgesi'nde İzmir, Manisa, Aydın, Muğla, Denizli, Balıkesir, Kütahya Ve Uşak İllerinde *Xanthoria parietina* biyomonitör likeni ile 35 element (Al, As, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn vb.) için (INAA) ve ICP-AES ile çoklu-element analizi yapmışlardır.

Çiçek ve Koparal (2003), Eskişehir (İnönü, Sarıcakaya, Beylikova, Mihalıççık, Mahmudiye, Alpu, Porsuk Bulvarı, Kaymaz, Seyitgazi, Sivrihisar, Günyüzü, Kırka, Çifteler, Sakarya Nehri) bölgelerinden topladıkları *Xanthoria parietina* biyomonitör likeni ile Pb, Cd, Cr, Ni, Ag, Cu, Fe ve Zn ağır metallerini biriktirmesi üzerine AAS analizleri yapmışlardır. Uğur ve ark. (2004), Muğla ilinde Yatağan Termik Santrali, Peynirli, Kırtaş ve Ürnez bölgelerinden toplanan liken (*Rhizoplaca melanophthalma* (DC.) Leuckert 1977, *Cladonia convoluta, Cladonia pyxidata*) ve karayosunu (*Hypnum cupressiforme, Grimmia pulvinata*) biyomonitör liken türleri ile Pb, Cr, Cd, Co, Ni, Mn, Cu, Zn ve Fe ağır metallerini biriktirmesi üzerine AAS analizleri

yapmışlardır.

Bir başka çalışmada Aslan ve ark. (2004), Erzurum'da *Cetraria pinastri* (Scop.) Gray, *Dermatocarpon miniatum (*L.) W. Mann, *Lecanora muralis*, *Pseudevernia furfuracea*, *Ramalina capitata* (Ach.) Nyl., *Rhizoplaca chrysoleuca* (sm.) Zopf., *Rhizoplaca melanophthalma* ve *Xanthoparmelia somloensis* (Gyeln.) Hale. biyomonitör liken türlerinin biriktirdiği Ba, Ca, Fe, K, Sr ve Ti elementlerinin AAS ve X- Işını Flüoresans (XRF) analizleri üzerinedir. Yine benzer bir çalışmada Aslan ve ark. (2004), Artvin, Murgul bölgesinde 15 farklı liken türü ile (*Cetraria pinastri, Cladonia squamosa* (Scop.) Hoffm., *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes, Lecanora muralis, Usnea florida* (L.) F.H. Wigg., *Xanthoparmelia somloensis* vb.) Ba, Ca, Cu, Fe, K, Sr ve Ti elementlerinin birikimini AAS ve Enerji Dağılım X-Ray Floresan Spektroskopisi (EDXRF) ile analiz ederek çalışmışlardır.

Trabzon ilinden topladıkları Mendil ve ark. (2005), *Xanthoria parietina, Cladonia rangiformis* Hoffm., *Collema Subnigrescen* Degel., *Dermatocarpon miniatum* (L.) W. Mann., *Physcia adscendens, Collema crispum* Weber ex F.H. Wigg., *Peltigera praetextata* (Flk.) Zopf P. biyomonitör liken türleri ile Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn ağır metallerini biriktirmesi üzerine AAS analizi yapmışlardır. Aslan ve ark. (2006), Giresun ve Ordu illerinde *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata* (L.) Ach. *Hypogymnia physodes*, *Pseudevernia furfuracea, Usnea florida* ve *Usnea longissima* Ach. Biyomonitör liken türleri ile K, Ca, Ti, Fe ve Ba element birikimlerini AAS, nötron aktivasyon ve XRF analizleri, Çanakkale ve Balıkesir illerinde *Cladonia rangiformis* türünde çalışmışlardır.

(Çayır ve ark. 2007), Pb, Zn, Cr, Cu ve Cd element birikimini ICP-AES analizi ve yine Çayır ve ark. (2008), Çanakkale'de 10 lokalitede (Çan, Alancık, Esenli, Kozören, Bahçeli, Bayramiç, Çamoba, Ezine, Şahinli, Darıca) *Cladonia rangiformis* biyomonitör liken türü ile Al, Ba, Ca, Co, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni ve Ti elementlerinin birikimini ICP-AES analizleri yapmışlardır.

Ankara Çankırı Yapraklı Dağları'nda *Pseudevernia furfuracea* biyomonitör likeni ile Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallerini biriktirmesi üzerine ICP-MS analizleri yaparak Yıldız ve ark. 2008 yılında çalışmışlardır.

Karabük ilinde Yenice bölgesinden Duman-Cansaran ve ark. (2009), *Pseudevernia furfuracea* Biyomonitör liken türü toplanarak, Zn, Cu, Mn, Fe, Pb, Ni, Cd, Cr elementlerinin birikimini Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (FAAS) analizi yapmışlardır.

Yine Duman-Cansaran ve ark. 2014 yılında *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. biyomonitör likeni ile Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin birikimini Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA (RAPD) analizi ile çalışmışlardır.

Samsun şehrinde Kınalıoğlu ve ark. (2010), *Physcia adscendens* ve *Physcia tribacia* (Ach.) Nyl., *Xanthoria parietina, Anaphtychia ciliaris* (L.) Körb., *Evernia prunastri* ve *Pseudovernia furfuracea* (L.) Zopf var. *furfuracea* biyomonitör liken türleri ile Cd, Cu, Pb ve Zn hava kirleticilerinin likenlerdeki birikimleri üzerine AAS analizi yapmışlardır. Bir başka çalışmada ise Demiray ve ark. (2012), Kocaeli Dilovası bölgesinde kentsel ve endüstriyel bölgelerindeki havadaki metal birikimi ile alakalı biyoizleme çalışmasında *Xanthoria parietina* liken türü ile Al, As, Co, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Ti, Tl, V ve Zn içeriklerini ICP-MS ile analiz etmişlerdir.

Yavuz ve Çobanoğlu (2019), Isparta ilinde Epifitik yaprak liken örnekleri *Physcia aipolia* (Erh. Ex Humb.) Fürnr. liken türü ile 14 bölgeden 11 element (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V ve Zn) ICP-MS tarafından referans materyalle analizini yapmışlardır. Bozkurt (2017), Düzce'de hava kirliliğinin biyolojik göstergesi olan *Xanthoria parietina* likeni ile evsel ve araç kaynaklarından salınan element miktarları ICP-MS cihazı ile Al, Fe, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, V, Cd, Hg ve Pb analizini yapmışlardır.

Liken ve karayosunları ile yapılan bir çalışmalarda ise, Kocaeli ili Dilovası, Hereke, Körfez, Derince, Köseköy, Umuttepe, Yuvacık, Bahçecik, Yeniköy ve Değirmendere lokalitelerinde Doğrul ve ark. 2007 yılında ağır metal çökelimini değerlendirmek için biyomonitör organizma olan liken türleri *Cladonia convulata* (Lam.) Anders, *Cladonia rangiformis, Xanthoria parietina, Evernia prunastri, Physcia adscendes, Parmelia sulcata* Tayl., *Ramalina fastigiata* (Pers.) Ach. ve karayosunları kullanarak 35 elementin konsantrasyonlarını ICP-MS ile tayin etmişlerdir. Vardar (2011), doktora tezinde Kayseri iline ait 12 farklı lokalitede *Pseudevernia furfuracea* liken türünde hava kirliliği genotoksisitesini AAS cihazı ile Cd, Cu, Cr, Pb ve Zn elementlerinin moleküler olarak değerlendirilmesini çalışmıştır. Çevre kirliliğinin DNA üzerindeki olası etkilerini ise RAPD ve AFLP analizleri kullanılarak incelemiştir.

Ölgen ve Gür (2012), çalışmalarında Muğla, Yatağan Termik Santrali çevresinden topladıkları biyoindikatör *Xanthoria parietina* liken türünün bünyelerindeki ağır metal konsantrasyonlarının hava kirliliği ve çevreye etkileri değerlendirilmesi hakkındadır.

Çalışmada ICP-MS cihazı ile 6 elementin (Hg, Ni, Pb, Cu ve Fe) analizlerini yaparak elde ettikleri sonuçları haritalayarak önceki çalışmalarla karşılaştırmışlardır.

II.2.3.3. İstanbul ve çevresinde biyoizleme çalışmaları

Havadaki kirleticilerin izlenmesiyle ilgili olarak, İstanbul'da daha önce yapılan bazı biyolojik çalışmalar bulunmaktadır. İstanbul-Küçükçekmece ve Ordu ili liken (*Xanthoria parietina*) ve karayosunu (*Leucodon immersus* Lindb.) örneklerinde X-ışını spektrometrisi analizi ile ^{106}Cd, ^{57}Co, ^{139}Ce, ^{113}Sn, ^{137} Cs, ^{88}Y ve ^{60}Co radyonüklit araştırması Topçuoglu ve ark. (1995) tarafından yapılan ilk biyoizleme çalışmasıdır.

İstanbul'un (Bahçeköy, Alibeyköy, Emirgan, Edirnekapı, Bakırköy, Ümraniye, Çamlıca) ilçelerinden toprak ve yosun (*Hypnum cupressiforme*, *Scleropodium purum* (Hedw.) Limpr.) örneklerinde ağır metal (Cd, Cu, Co, Cr, Fe, Ni, Zn) AAS analizi ve radyoaktivite (^{137}Cs, ^{40}K, ^{238}U, ^{232}Th) ORTEC Maestro analizi ile konsantrasyonları Belivermiş ve ark. (2008), tarafından yayınlanmıştır. Bir sonraki yıl ise Coşkun ve ark. (2009)'da Trakya bölgesi 68 kareye bölünerek, Tekirdağ ve İstanbul çevresini de kapsayan bu bölgeler, her karenin merkezinde veya merkezine yakın yerlerde örnekler almışlardır. Topladıkları liken (*Cladonia rangiformis*) ve karayosunu (*Hypnum cupressiforme*) türlerinin element birikimlerini (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) AAS analizi ile karşılaştırmışlardır.

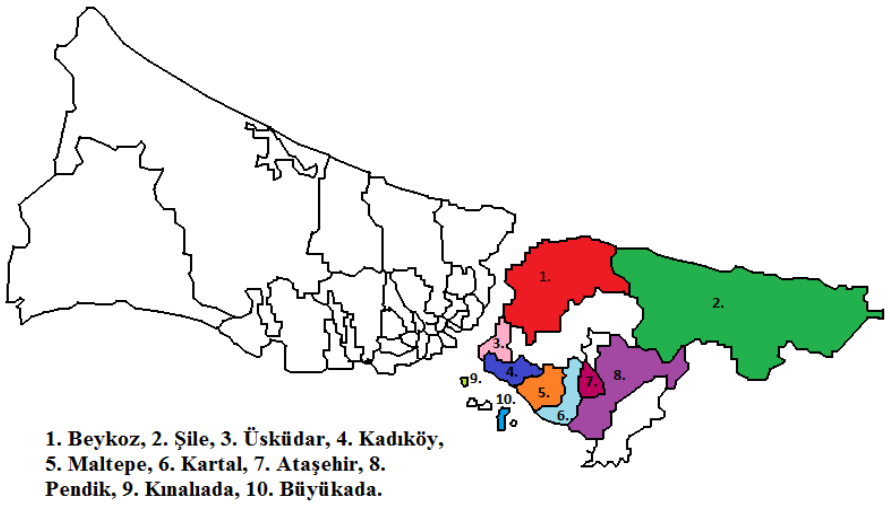
Belivermiş ve Çotuk (2010), Marmara Bölgesi'nde İstanbul'dan Alibeyköy, Bahçeköy, Ömerli, Ümraniye ve 47 lokaliteden toplanan yosun (*Hypnum cupressiforme*) ve liken (*Cladonia rangiformis*) türleri ile radyoaktivite konstantrasyonlarını ^{137}Cs, ^{40}K, ^{232}Th ve ^{238}U gama spektrometresi kullanarak ölçmüşlerdir.

Asya yakasındaki son çalışma olan, yine karayosunu ve liken örneklerinde ağır metal birikimleri İçel ve Çobanoğlu (2009) tarafından çalışılmıştır. Çalışmada Asya yakasından 8 lokalite (Polonezköy, Çamlıca Tepesi, Şile, Beykoz-Hidiv Kasrı, Büyükada, Heybeliada, Kınalıada, Maltepe,) Avrupa yakasından 2 lokalite (Belgrad Ormanı, Maslak) bulunmaktadır. Liken (*Cladonia sp., Evernia prunastri, Flavoparmelia caperata, Hypogymnia tubulosa, Parmelia sulcata, Physcia adscendens, Xanthoparmelia tinctina* (Maheu & A. Gillet) Hale, *Xanthoria parietina*) ve karayosunu (*Didymodon vinealis* (Brid.) R.H. Zander, *Hypnum cupressiforme, Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp.) türlerinin element birikimini (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) AAS analizi ile yapmışlardır.

Kurnaz ve Çobanoğlu (2017), İstanbul Avrupa Yakası'nda 12 lokalitede (47 Motorlu Piyade Alayı, Avcılar, Şişli, İstanbul Teknik Üniversitesi, Arnavutköy, Bakırköy, Bakırköy Psikiyatri Hastanesi, Beşiktaş, Eyüp, Beyoğlu, Bağcılar, Bağcılar Devlet Hastanesi) *Physcia adscendens* epifitik likeninde element birikimini (Al, As, Cd, Cr, Fe, Ni, Mn, Pb, V, Zn) ICP-MS analizi ile biyoizleme çalışması gerçekleştirilmiş olup son yıllarda İstanbul Anadolu yakasında ise detaylı bir biyoizleme çalışması yapılmamıştır.

II.3. ÇALIŞMA BÖLGESİ

Çalışma alanı İstanbul ili Anadolu Yakasında bulunan toplam 10 ilçeden oluşmaktadır (Şekil II.21). Anadolu Yakası İstanbul haritasında renklendirilmiş olup lokalitelerin tamamı ilçe, lokalite adı, enlem, boylam, rakım ve toplandıkları tarih bilgileri ile Tablo II.1'de gösterilmiştir.



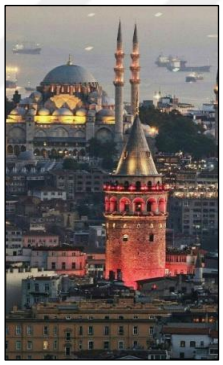
ŞEKİL II.21. İstanbul İlinin ilçeleri ve Anadolu Yakasında çalışılan lokaliteler (1-10)

Tablo II.1. Çalışılan lokalitelerdeki; lokalite numaraları, ilçe, lokalite adı, enlem, boylam, rakım ve toplandıkları tarih bilgileri gösterilmiştir.

Lok. No.	İlçe	Lokalite Adı	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Toplandığı Tarih
1	Beykoz	Polonezköy Tabiat Parkı	41.653°	29.1240°	160	28.10.2018
2	Beykoz	Elmasburnu Tabiat Parkı	41.2277°	29.2185°	67	07.06.2019
3	Beykoz	Kanlıca Orman Müdürlüğü	41.09.52	29.0716°	125	07.06.2019
4	Kartal	Aydos Ormanı	40.9445°	29.2268°	232	08.12.2018

5	Maltepe	Başıbüyük Ormanı	40.9596°	29.1679°	268	22.12.2018
6	Adalar	Kınalıada	409122°	29.0519°	49	24.03.2019
7	Adalar	Büyükada	408603°	29.1171°	66	25.04.2019
8	Ataşehir	Kayışdağ Ormanı	40.9743°	29.1543°	198	25.05.2019
9	Göztepe	Göztepe Tabiat Parkı	41.0952°	29.0716°	125	07.06.2019
10	Şile	Şile Merkez Giriş Yolu	41.1669°	29.5944°	33	11.09.2019
11	Şile	Şile Kalesi	41.1817°	29.6066°	31	11.09.2019
12	Şile	Serintepe Piknik Alanı	41.1692°	29.6003°	111	11.09.2019
13	Şile	Atatürk Ormanı	41.1636°	29.6389°	126	11.09.2019
14	Çamlıca	Büyük Çamlıca Tepesi	41.0273°	29.0685°	306	29.09.2019
15	Çamlıca	Küçük Çamlıca Tepesi	41.0197°	29.0649°	206	29.09.2019
16	Pendik	Gözdağı Korusu	40.53434°	29.15294°	179	07.10.2019

II.3.1. İstanbul İlinin Coğrafi ve İklimsel Özellikleri



Şekil II.22. İstanbul, Galata Kulesi [i5]

İstanbul, Türkiye'nin megaşehri ve dünyanın en eski şehirlerinden biridir. Ülkenin en kalabalık, ekonomik, tarihi ve sosyo-kültürel bakımdan en önemli şehridir. Şehir, iktisadi büyüklük açısından dünyada otuz dördüncü nüfus açısından ise Avrupa'da birinci dünyada altıncı sırada yer almaktadır. İstanbul ili, Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara kıyısı ve Boğazı boyunca Haliç'i çevreleyecek şekilde kurulmuştur (Şekil II.22).

İstanbul kıtalararası bir şehir olduğundan Avrupa'daki bölümüne Avrupa Yakası veya Rumeli Yakası, Asya'daki bölümüne ise Anadolu Yakası veya Asya Yakası denmektedir. Tarihte ilk olarak, üç tarafı Marmara Denizi, Boğaziçi ve

Haliç'in sardığı bir yarımada üzerine kurulu olan İstanbul'un batıdaki sınırını İstanbul surları oluşturmaktaydı.

Gelişme ve büyüme süreci içerisine surlar, her seferinde daha da batıya ilerletilerek inşa edilmiştir ve 4 defa genişletilmiştir. Şehrin 39 ilçesi ve sınırları içerisinde toplam 40 belediye bulunmaktadır.

Karadeniz ile Marmara Denizi'ni bağlayan ve Asya Kıtası ile Avrupa Kıtasını ayıran İstanbul Boğazı'na ev sahipliği yapması nedeniyle, İstanbul'un jeopolitik önemi oldukça yüksektir. Cumhuriyet dönemi öncesinde, egemenliği altında olduğu devletlere yüzlerce yıl başkentlik yapmış olan İstanbul, 1923'te başkentin Ankara olmasıyla bu özelliğini yitirmiştir fakat ülkenin ticaret, sanayi, ulaşım, turizm, eğitim, kültür ve sanat merkezi olma özelliğini sürdürmüştür.

İstanbul'un iklimi, Türkiye'de Karadeniz iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçiş özelliği göstermektedir. Bu yüzden şehir, ılıman bir iklime sahiptir. İstanbul'un yazları sıcak ve nemli; kışları soğuk, yağışlı ve bazı zamanlar karlıdır. Nemden dolayı yazlar daha sıcak, kışlar ise oluğundan daha soğuk hissedilebilmektedir. Kış aylarında ortalama sıcaklık 2 °C ile 9 °C civarındadır ve genelde yağmur ve karla karışık yağmur görülmektedir. Bazen bir iki hafta kar yağabilir. Yaz aylarındaki ortalama sıcaklık 18 °C ile 28 °C civarındadır ve genelde yağmur ve sel görülmektedir. En sıcak aylar Temmuz ve Ağustos aylarıdır ve ortalama sıcaklık 23 °C dir. En soğuk aylar ise Ocak ve Şubat aylarıdır ve ortalama sıcaklık 5 °C'dir. İstanbul'da yılın ortalama sıcaklığı 13,7 derecedir.

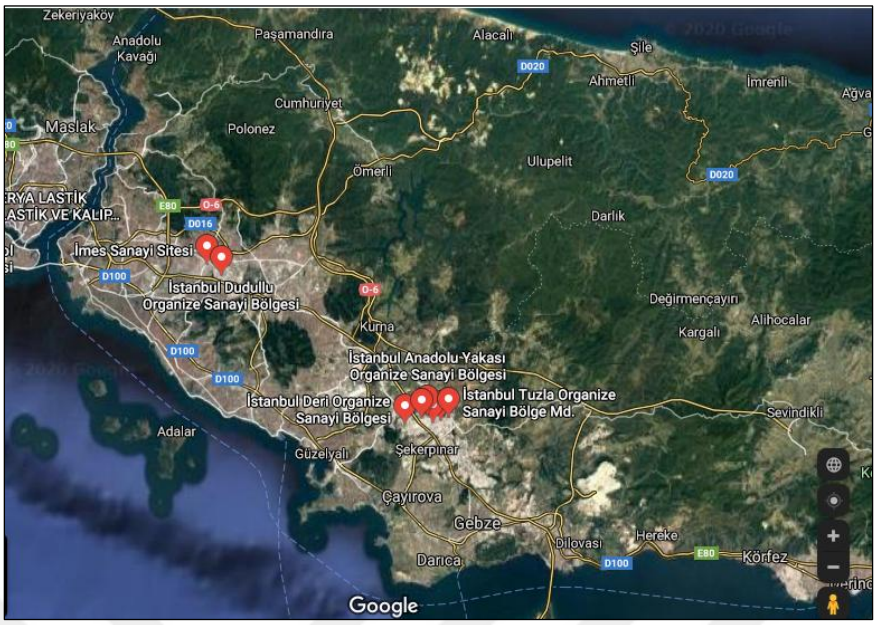
İstanbul ilinin yüksek nüfusa sahip olması, ileri sanayi sektörü gibi çevresel konular birçok sıkıntıyı beraberinde getirmektedir. Hava, su ve toprak kirliliği gibi ana sorunların yanı sıra çarpık kentleşme ve denetimsizlikten kaynaklanan görüntü ve gürültü kirliliği gibi ikinci sorunlar da dikkat çekmektedir. İl genelinde bu sorunlarla birlikte hafriyat, atık yağ, kömür, kimyevî madde ve tıbbî atık denetimleri de İBB 'ye bağlı Çevre Koruma Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. İstanbul'da hava kirliliği ise doğalgazın il genelinde yaygınlaştırılmasıyla beraber büyük ölçüde azalma göstermiştir ancak hala büyük bir çevre sorunudur. Türkiye'de çevreyi en fazla kirleten il İstanbul'dur [i6]. TÜİK'e göre İstanbul'un nüfusu 2018 yılında 15 milyon 67 bin 724 kişidir. İstanbul'un en kalabalık ilçeleri sırasıyla; 891 bin 120 kişi ile Esenyurt, 770 bin 317 kişi ile Küçükçekmece ve 734 bin 369 kişi ile Bağcılar'dır. İstanbul'un en düşük nüfuslu ilçeleri sırasıyla; 16 bin 119 kişi ile Adalar, 36 bin 516 kişi ile Şile ve 72 bin 966 kişi ile Çatalca'dır [i7].

II.3.2. İstanbul Hava Kalitesi Hakkında Bilgiler

İstanbul ilinde 15 milyona ulaşan hızlı nüfus artışı ve kalitesiz yakıt kullanımı sebebiyle 1985'li yıllardan itibaren hava kirliliği yaşanır olmaya başlamıştır.
İstanbul'da hava kirliliği sorunu özellikle 1990 yılından itibaren endişe verici boyutlara ulaşmıştır. Kirleticilerin (SO_2, NO_x, PM vb.) konsantrasyonları WHO'nun belirlemiş olduğu hava kalitesi standartlarının birkaç kat üzerine çıkmıştır [i8].

İstanbul'da hava kirliliğinin sorun olmaya başlamasıyla birlikte çözüm yolları araştırılmış olup, hava kalitesi ölçüm sisteminin kurulması zorunlu hale gelmiştir. İstanbul'da ilk hava kalitesi ölçümleri manuel bir şekilde SO_2 ve PM parametreleri için 1985 yılında Hıfzıssıhha Enstitüsü tarafından 7 bölgede başlamıştır. 1989 ortalarında ise 10 bölgede daha ölçümlere başlanmıştır. Hava kirliliği otomatik ve çevrimiçi ölçümleri ise biri Anadolu diğeri ise Avrupa yakasında olmak üzere 2 adet mobil ölçüm istasyonu ile 1995 yılının Ekim ayında İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından başlanmıştır [i9]. İstanbul'da çeşitli ilçelerde yer alan; Alibeyköy, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy, Kartal, Saraçhane, Sarıyer, Ümraniye, Üsküdar ve Yenibosna'da olmak üzere toplam 10 adet ölçüm istasyonu bulunmaktadır (Özdemir 2008).

İstanbul ilinde emisyon kaynakları zamanla değişmiştir. 1980'li yıllarda yaklaşık 0,3 milyon olan kayıtlı araç sayısı 2010'lu yıllarda ise üç milyona yaklaşmış durumdadır. Günümüzdeki en önemli insan kaynaklı kirleticiler, endüstri kirliliği haricinde araç trafiği olmaktadır (Şekil II.23, Şekil II.24). Bunun devamında gemi ve uçak trafiğindeki artış da sayılabilmektedir. En önemli kirleticilerden olan NO_2 konsantrasyonları AB (Avrupa birliği) sınır değerlerinin üzerindedir. Ayrıca kirletici kaynaklarının yanı sıra iklimsel sebepler (Örneğin; rüzgâr hızı ve yönü) kirletici maddelerin dağılımını ve yayılımını kolaylaştıran etkenlerdendir. Bu yüzden İstanbul hava kirliliği hakkında yorum yaparken bu faktörler de göz önüne alınmalıdır. Örneğin; sahra çölünden ülkemize doğru gelmiş olan kum fırtınası İstanbul ilinde PM konsantrasyonlarının artışını büyük miktarda etkilemiştir [i9].



Şekil II.23. İstanbul Anadolu Yakasındaki bazı sanayi bölgelerinin görüntüsü [i10].



Şekil II.24. İstanbul'daki karayollarının görüntüsü [i11].

İstanbul şehrinde 2 milyon nüfusun yaşadığı bölgede kirlilik ölçümü 2018 yılında hemen hemen hiç yapılmamış olup, bu bölgede solunan havanın kirlilik durumu tespit edilememiştir. Bunun yanında, İstanbul'da ölçümü yapılan ancak güvenilir veri alımının olmadığı ilçelerde 6 milyona yakın kişi yaşamaktadır. İBB'nin http://mobil.havaizleme.gov.tr'de yayınladığı verilere bakılarak ölçülen günler içerisinde hava kirliliği verilerinde iyiye gidiş söz konusu gibi görünse de ölçüm yapılmayan günlerdeki artış durumun ciddiyetini yansıtmaktadır. Son olarak, İstanbul ilindeki tüm illeri kapsayan bir ölçüm yapılmamaktadır (İstanbul Çevre Durum Raporu 2019).

BÖLÜM III. MATERYAL VE YÖNTEM

III.1. ÖRNEKLEME YAPILAN LOKALİTELER

İstanbul'un Beykoz ilçesinde bulunan **"Polonezköy Tabiat Parkı"** 1994 yılında ilan edilmiştir ve İstanbul'un ilk ilan edilen tabiat parkıdır. 3000 hektarlık alana (ha) sahip olan Polonezköy Tabiat Parkı oldukça zengin flora ve fauna varlığına sahiptir (Şekil III.25.) [i12].



Şekil III.25. Polenezköy Tabiat Parkında ağaç kabuğu üzerindeki *Xanthoria parietina* ve *Physcia adscendens*

Beykoz ilçesinde yer alan **"Elmasburnu Tabiat Parkı"** 13,34 ha'a sahiptir (Şekil III.26.). Bitki örtüsü ise genellikle maki vejetasyonuna ait türlerden oluşmaktadır. Ör; *Arbutus unedo* (L.) *Quercus* sp. vb. [i13].



Şekil III.26. Elmasburnu Tabiat Parkında liken kaplı kayadan bir görünüm

İstanbul Anadolu Yakası'nda Beykoz ilçesinde yer alan **"Kanlıca Orman Müdürlüğü"** İstanbul boğazı ve çevresi ile Marmara Denizi kıyılarında bulunan bölümü Akdeniz ikliminin, kuzey bölümü ise Karadeniz ikliminin etkisi altındadır. Yükseltisi deniz seviyesinden 400 m'lere kadar çıkmaktadır. Ormanın yapısını oluşturan, *Quercus* sp. (meşe), *Castanea* sp. (kestane), *Tilia* sp. (ıhlamur) gibi türlerdir [i14].

İstanbul'un Kartal ilçesinde bulunan **"Aydos Ormanı"** Mesire Yeri ve Aydos Göleti ile komşu konumda yer almaktadır. 537 m yükseklikteki Aydos Tepesi İstanbul'un en yüksek yeridir. Tepenin aşağıda kalan yerlerinde doğal su kaynakları bulunmaktadır. Tepeye İstanbul'a kuş bakışı olarak bakıldığında Kınalıada, Burgazada, Heybeliada, Büyükada ve Sedef Adası görülmektedir. Bölgede *Pinus* sp. Türleri görülmektedir. Kuzey taraflarında ise *Quercus* sp. türleri görülmektedir [i15].

Maltepe ilçesinde yer alan **"Başıbüyük Ormanı"** Kayışdağ ve Aydos orman hattının arasında bulunmaktadır.

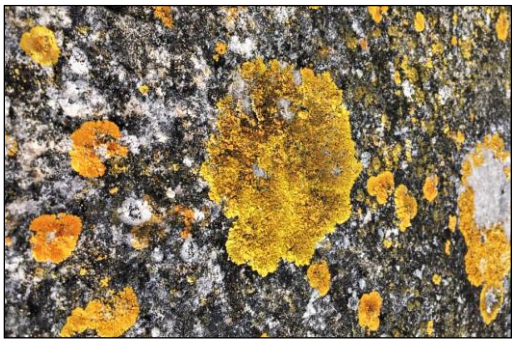
"Kınalıada" Prens Adaları olarak da bilinmektedir. Kınalıada ismini, üzeri makilerle kaplı olduğu dönemlerde kızıl rengine benzer bir görünüm alaması nedeniyle almıştır. İstanbul'a en yakın ve en küçük olan adadır. Ağaçların en az bulunduğu ada bu adadır. Adalar'da Ermeni Kilisesi ve Manastır Tepesi yer almaktadır [i16].

"Büyükada" İstanbul adalarının en büyüğüdür. Yüzölçümü 5,4 km'dir. Maltepe sahiline olan uzaklığı 2300 m'dir. Adalar'da biri Güneyde diğeri Kuzeyde olmak üzere iki tepe bulunmaktadır. Güneydeki tepe, 203 m yükseklikteki Yücetepe'dir. Kuzeydeki tepe ise İsa Tepesidir. Büyükada'nın en yüksek tepesinde Aya Yorgi kilisesi bulunmaktadır [i17].

Ataşehir ve Maltepe ilçeleri arasında yer alan **"Kayışdağ Ormanı"** çevresinde yerleşim birimleri görülmektedir. Kayışdağ, Başıbüyük ve Aydos orman hattının en batısında bulunmaktadır [i18].

İstanbul, Beykoz ilçesinde yer alan **"Göztepe Tabiat Parkı"** 59 ha'lık alanı ile Tabiat Parkı ilan edilmiştir [i19].

"Şile" İstanbul iline bağlı bir ilçedir (Şekil III.27, Şekil III.28). Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Rakımı 126 m' dir. Yüzölçümü ise 755 km^{2}' dir. İlçenin yüzölçümünün %79' u orman, %10' u tarım alanı, %11' i ise diğer alanlardan oluşmaktadır. Çevresi köy ve plaj olan bölge 60 km'lik sahil şeridine sahiptir. Turizm Şile ekonomisi için çok önemli bir gelir kaynağıdır. Gezilecek yerler arasında Saklıgöl, Şile Kalesi, Serintepe, Atatürk Ormanı yer almaktadır [i20].



Şekil III.27. Şile bölgesinde liken kaplı kayadan bir görünüm



Şekil III.28. Şile bölgesinde ağaç üzerindeki *Xanthoria parietina*

Üsküdar ilçesinde yer alan **"Küçük Çamlıca Tepesi"** Yüzölçümü 271.443 m^{2}dir. 277 m yükseliktedir. Genel ağaç örtüsü *Pinus pinea* (Fıstık çamı) *Pinus nigra* (Karaçam), *Pinus brutia* (Kızılçam), *Cupressus* (Servi), *Platanus* (Çınar) vb. ağaçlarla çevrilidir (Şekil III.29.) [i22].



Şekil III.29. Küçük Çamlıca Tepesinde ağaç kabuğu üzerindeki *Xanthoria parietina*

İstanbul Anadolu Yakası Üsküdar ilçesi sınırlarında yer alan **"Büyük Çamlıca Tepesi"** 268 m yüksekliğe sahiptir [i21].

İstanbul Anadolu Yakası'nda Pendik ilçesinde yer alan **"Gözdağı Korusu"** Marmara Denizi, Yalova ve Adaları gören tepesi, 206 m yükseliktedir. Çevresinde piknik alanları, İBB'nin Gözdağı Sosyal Tesisi yer almaktadır [i23].

III.2. ÇALIŞILAN LİKEN TÜRLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Hava kirliliğine rağmen doğal ortamlarındaki gelişmelerini sürdürebilen dayanıklı türler arasında *Xanthoria parietina, Physcia adscendens, Hypogymnia physodes* ve *Lepraria incana* örnek olarak verilebilir. Ancak bu türler kirlilik miktarı çok arttığı zaman ortamdan kalkabilirler (Çetin ve Sümbül 2010).

III.2.1. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.

Xanthoria parietina kozmopolit bir türdür. Dünya çapında atmosfer kirliliğinin biyoindikatörü olarak başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Scerbo ve ark. 2002; Brunialti ve Frati 2007; Hissler ve ark. 2008; Demiray ve ark. 2012; Dzubaj ve ark. 2008; Parviainen ve ark. 2019).

Xanthoria parietina'nın tallusunda metal birikimi nedeniyle fizyolojik veya anatomik bir stres bulunamamıştır, bu yüzden hava kirliliğinin dağılımını ölçmek için uygun bir toksitolerant (toksik maddelere karşı dayanıklı) bir tür olduğu sonucuna varılmıştır (Parviainen ve ark. 2019). Türün içerisindeki parietin maddesi likeni güneş ışınlarına karşı korur (Nash III 2008).

Bu tür sarı-turuncu renklerinde, yapraksı veya kabuksu bir liken türüdür. Tür tayini yapılırken tallusuna K (potasyum) damlatıldığında mor renk almaktadır. Üst yüzeyindeki apotesyumlar koyu turuncudur. Sporları 2 hücrelidir. Ascus yapıları 8 hücrelidir. *Xanthoria* dünya çapında yaklaşık olarak 15 türden oluşmaktadır. Ilıman, soğuk veya sıcak birçok iklim şartlarında hayatta kalabilmektedir (Goward ve ark. 1994).

III.2.2. *Physcia adscendens* H. Olivier

Physcia adscendens kozmopolit ve kirliliğe orta derece duyarlı bir türdür. Hava kirliliğine rağmen doğal ortamlarındaki gelişmelerini sürdürebilen dayanıklı türler arasında *Hypogymnia physodes, Xanthoria parietina, Physcia adscendens, Buellia punctata* (Hoffm.) A. Massal., *Lepraria incana* örnek gösterilebilir. Bu türler hava kirliliğine dayanıklı olmalarına rağmen kirlilik çok fazla arttığında ortamdan kalkmaktadırlar (Çetin ve Sümbül 2010). *Physcia adscendens* ağaç gövdelerinde ve dallarda veya kayalarda büyüme gösterir. Kozmopolit bir tür olduğu için tüm kıtaların ılıman ve kuzey bölgelerinde dağılış gösterir. Ancak 65º kuzey ve 60º güney enlemlerde daha yaygındır.

Tallus çapı 1 mm' den 2 cm'ye kadar büyüyebilmekte olan yapraksı bir türdür. Genellikle 1 mm uzunluktadır. Türün kenarları kirpiksi (siliat), üst yüzeyi açık gri veya koyu gri renklerindedir. Lob uçları çoğunlukla daha koyu renktedir, apotesyumları daima siyahtır. Medullası beyazdır. Alt yüzeyi beyaz ile grimsidir. Rizinleri beyaz başlayıp siyaha doğru devam eder. Askosporları kahverengidir. Üst korteksinde "atranorin" sekonder metaboliti bulunur. Tür tayini yapılırken tallusuna K+ veya P (fosfor) damlatıldığında sarı renk almaktadır. Türün lob kenarlarındaki kirpikler ve soralleri sayesinde tanınması kolaydır [i24].

III.3. MATERYAL TOPLAMA YÖNTEMİ

Bu tez çalışmasında, Ekim 2018 – Ekim 2019 döneminde İstanbul Anadolu Yakası'ndan 10 bölge (Beykoz, Şile, Üsküdar, Kadıköy, Maltepe, Kartal, Ataşehir, Pendik, Kınalıada, Büyükada) ve toplam 16 lokalite (Polonezköy Tabiat Parkı, Elmasburmu Tabiat Parkı, Kanlıca Orman Müdürlüğü, Aydos Ormanı, Başıbüyük Ormanı, Kınalıada, Büyükada, Kayışdağ Ormanı, Göztepe Tabiat Parkı, Şile Merkez Giriş Yolu, Şile Kalesi, Serintepe Piknik Alanı, Atatürk Ormanı, Büyük Çamlıca Tepesi, Küçük Çamlıca Tepesi, Gözdağı Korusu) materyal toplanması için seçilmiştir.

Kozmopolit (yaygın) ve kirliliğe orta derece duyarlı olduklarından dolayı *Xanthoria parietina* ile *Physcia adscendens* liken türleri tercih edilmiştir.

Arazi çalışmaları için; herbaryum zarfları, pens, keski, bıçak, kâğıt havlu, eldiven, poşet, kalem, kâğıt, GPS ölçer araçları kullanılmıştır. Likenlerin, ağaçların üzerinden en az 1 m yükseklikten alınmasına özen gösterilmiştir. Toplanan likenler, zarfların arasına konarak herbaryuma (MUFE- G.Ç. Liken koleksiyonu bölümü) götürülmüştür. Herbaryumda, steril falkon tüplerde analiz edilmek üzere saklanmıştır.

III.3.1. Liken Referans Materyali (IAEA)

IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı), nükleer analitik tekniklerle elde edilen standart değerler ile dünya çapında laboratuvarlara referans materyalleri sağlamaktadır. Gavião (Portekiz'in merkezi), Ourique ve Serra do Cladeirão (Portekiz'in güneyinde) bölgelerinden toplanarak Portekiz'deki kirlilik kaynaklarından uzak bir bölgeden getirilen liken referans materyali, kargo yolu teslim alınarak steril koşullarda herbaryumda saklanmıştır [i25].

III.4. ANALİZ YÖNTEMİ

III.4.1. Çoklu Element (ICP-MS) Analizi

ICP-MS iki üniteden oluşmaktadır. 1) İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma 2) Kütle spektrometresi. Birden fazla elementi aynı anda analiz edebildiği için başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun nicel ve yarı-nitel tayinlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil III.30.) (Kaya 2007). Mersin Üniversitesi'nde liken örneklerinin çözünürleştirme işlemleri 3 kez tekrar edilerek yapılmıştır.

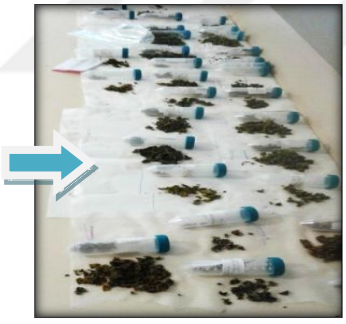


Şekil III.30. ICP-MS Cihazı

Mersin Üniversitesi'nde ICP-MS cihazında, Referans madde (IAEA-336) ile birlikte, hazırlanan örneklerin element analiz ölçümleri yapılmıştır.

III.4.2. Liken Materyalinin Temizlenme ve Kurutulma İşlemleri

58 adet liken örneği analiz için toplanan liken örnekleri pens yardımı ile substratlarından ayrılarak streomikroskop altında incelenmiş ve toz vd. maddelerden arındırılmıştır.



Şekil III.31. Örneklerin kurutulması



Şekil III.32. Örneklerin kurutulması



Şekil III.33. Örneklerin havanda öğütülmesi



Şekil III.34. Örneklerin tartılması

Liken örnekleri petri kapları içerisinde iki defa distile su ile yıkanmıştır ve

kurumaya bırakılmıştır (Şekil III.31, Şekil III.32). Kurutulan örnekler etüv içerisine alınarak 12 saat 60 °C'de tekrar kurutulmuştur. Daha sonra toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür, tartılarak gramaj değerleri ölçülmüştür ve tartılarak ağzı kapalı falcon tüplerde analizleri yapılmak üzere saklanmıştır (Şekil III.33, Şekil III.34).

III.4.3. Analiz Öncesi Hazırlık İşlemleri

Liken örnekleri analiz için Mersin Üniversitesi'nde Öğr. Gör. Sevda İldan Özmen tarafından hazırlanmıştır.

Numune hazırlama işlemi:

Liken örneklerinden 0,1 g tartıldıktan sonra mikrodalga kaplarına konulmuştur. Çeker ocakta 6 mL Kral suyu (3:1 oranında HCI: HNO_3) eklendikten sonra, reaksiyon sonucu oluşan gazın uzaklaşması için beklenmiştir (Şekil III.35, Şekil III.36). Sonra kapların ağzı kapatılarak mikrodalgada 160 °C'de 15 dk bekletilmiştir. İşlem sonrası çözünürleştirilen örnekler 50 mL lik falkon tüplere alınarak UPW (Ultrasaf su) ile 50 mL' ye tamamlanmıştır (Şekil III.37, Şekil III.38).



Şekil III.35. Örneklerin tartılması



Şekil III.36. Örneklerin kral suyu eklenmesi





Şekil III.37. ve **Şekil III.38.** Örneklerin mikrodalgada bekletilmesi

III.4.4. İstatistiksel Analizler

İstatistik programı olarak SPSS 21 kullanılmıştır. Örnek alanların tanımlayıcı

istatistikleri ortaya konulmuş, daha sonra her bir değişkene göre oluşan lokalitelerin normal dağılım gösterip göstermediği belirlenmiştir. Örneklenen lokalitelerin dağılımının normal olduğu belirlenmiştir. Normal dağılım gösteren lokalitelerin varyansları homojen olduğundan ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey testi kullanılmıştır (Kalıpsız 1981; Özdamar 2002).

BÖLÜM IV. BULGULAR VE TARTIŞMA / RESULTS AND DISCUSSION

IV.1. BULGULAR

IV.1.1. Örneklerin ICP-MS Sonuçları

Mersin Üniversitesi'nden hizmet alımı yolu ile ICP-MS analizleri sonuçları elde edilmiş olup tabloda lokalite numaraları ve ölçümü yapılan elementlerin değerleri (pmm) gösterilmiştir (Tablo IV.2.).

Tablo IV.2. Liken örneklerinin ICP-MS ölçüm değerleri (ppm).

Ppm	Al	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
Lok. 8	1375	DL	DL	32,89	1402	DL	11,92	57,24	DL	DL	5,95
Lok.16	3238	4,15	8,50	88,30	3190	5,85	32,09	101,2	0,86	DL	9,34
Lok.15	2998	7,17	13,20	74,70	2832	6,04	15,88	81,69	DL	DL	6,53
Lok.2	13390	28,14	19,15	154,80	8454	DL	41,96	38,79	3,08	DL	5,39
Lok.9	2437	13,39	36,30	49,99	2525	DL	15,18	48,14	0,87	DL	5,90
Lok.9	2515	16,30	45,70	40,81	2244	DL	9,69	32,99	0,99	DL	6,41
Lok.4	1074	11,01	34,65	26,66	1073	DL	9,50	25,28	DL	DL	DL
Lok.5	3564	12,17	37,35	86,90	4364	8,41	33,72	227,79	0,94	DL	9,52
Lok.14	1936	13,93	42,55	43,06	1717	DL	6,94	118,59	0,57	DL	5,66
Lok.14	1362	10,34	24,65	43,70	1361	DL	19,59	180,69	DL	DL	12,97
Lok.7	3032	16,29	49,05	74,00	3878	5,99	27,75	139,84	2,26	DL	29,34
Lok.16	3050	17,52	54,60	66,55	3334	5,63	36,19	75,74	1,61	DL	10,75
Lok.5	1182	18,78	61,65	29,52	1267	DL	9,72	37,44	1,20	DL	<DL
Lok.5	1443	28,71	98,60	33,66	1595	DL	13,15	55,64	3,85	DL	DL
Lok.5	2770	27,52	93,75	66,55	2982	5,80	25,19	92,79	4,37	DL	8,10
Lok.3	6685	29,53	66,25	79,50	5539	7,47	12,04	45,39	3,79	DL	10,07
Lok.16	2228	22,45	79,50	47,54	2316	DL	18,64	43,39	3,65	DL	<DL
Lok.5	4474	26,18	83,25	85,05	4694	7,34	26,25	102,44	3,06	DL	9,60
Lok.14	1161	8,51	25,05	28,85	1132	DL	DL	30,34	DL	DL	DL
Lok.9	4465	14,67	32,40	70,30	4672	6,24	18,52	60,09	0,22	DL	8,83
Lok.6	1557	6,68	17,55	49,53	2169	9,26	6,19	120,04	5,02	DL	5,71
Lok.5	1556	8,93	28,45	35,91	1553	DL	13,04	71,59	0,63	DL	DL
Lok.9	2980	16,22	42,95	49,18	2733	DL	10,78	67,39	1,63	DL	8,14
Lok.2	9350	21,63	16,45	341,10	8804	11,16	21,52	95,69	0,82	DL	14,03
Lok.5	3038	7,90	16,05	76,75	3180	8,34	17,98	56,69	DL	DL	6,03
Lok.15	1272	16,44	54,35	35,97	1190	DL	7,75	24,97	0,13	DL	DL
Lok.13	1895	20,34	71,90	105,30	1638	7,28	6,40	18,02	1,10	DL	DL

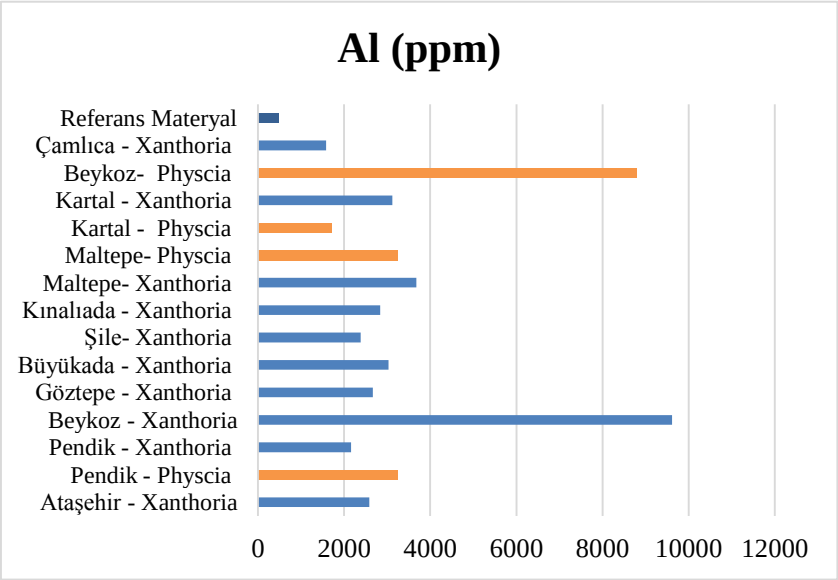
Lok.13	2320	13,29	37,90	35,36	2043	DL	10,69	31,49	DL	DL	5,50
Lok.4	3240	16,70	45,30	87,70	2968	5,72	17,23	58,04	0,17	DL	7,98
Lok.14	775	9,56	32,35	26,99	745	DL	DL	20,49	DL	DL	DL
Lok.11	4345	19,89	44,90	64,25	4147	5,70	22,50	43,14	1,33	DL	7,49
Lok.4	3164	23,47	67,20	61,90	3033	5,92	14,18	52,64	2,09	DL	7,70
Lok.4	5410	19,56	45,35	104,40	5924	9,37	39,20	132,59	1,71	DL	11,61
Lok.4	2363	18,32	55,80	48,06	2204	DL	9,38	31,49	0,79	DL	14,54
Lok.5	3240	16,24	40,50	87,55	2781	DL	20,38	34,29	0,64	DL	5,41
Lok.2	7340	23,89	36,15	266,35	7274	9,37	17,15	75,64	1,42	DL	11,87
Lok.16	2378	12,34	38,60	82,50	2927	5,47	32,41	68,04	0,01	DL	9,65
Lok.6	4123	28,23	81,35	53,75	3640	5,80	15,15	100,09	2,68	DL	37,05
Lok.7	3034	18,48	54,50	64,60	4194	5,53	23,34	138,04	2,73	DL	16,50
Lok.9	1899	9,60	22,50	31,25	1913	DL	17,05	38,54	4,54	DL	7,47
Lok.4	3968	14,39	34,85	177,25	3984	6,54	15,86	54,39	2,26	DL	10,25
Lok.4	3588	8,59	11,60	121,10	3441	5,43	13,11	22,93	DL	DL	5,05
Lok.10	1723	14,97	42,40	132,90	1418	DL	7,13	19,70	0,58	DL	5,51
Lok.4	2719	23,66	77,23	51,57	2345	DL	15,55	63,46	2,02	DL	7,44
Lok.9	2027	23,98	75,55	29,44	1691	DL	10,00	34,69	2,50	DL	5,43
Lok.9	2343	29,68	83,20	41,25	2146	DL	9,11	49,94	2,93	DL	5,77
Lok.12	1649	24,58	88,05	25,71	1497	DL	DL	27,74	2,61	DL	DL
Lok.16	1094	17,43	61,15	32,19	1136	DL	9,85	43,44	0,60	DL	DL
Lok.5	2286	20,24	59,50	64,20	2667	DL	DL	35,94	1,31	DL	DL
Lok.1	8780	26,60	54,75	169,55	7679	6,78	11,60	83,49	2,54	DL	8,21
Lok.5	4823	20,37	52,55	82,70	4000	DL	11,67	46,14	1,93	DL	6,72
Lok.3	11320	26,96	24,55	381,90	10744	12,95	22,46	124,89	1,52	DL	16,62
Lok.5	3668	10,19	29,15	72,35	3914	5,98	25,35	88,39	0,45	DL	8,02
Lok.4	2572	17,50	49,40	70,30	2943	DL	20,03	63,74	0,50	DL	7,71
Lok.5	2776	13,05	26,20	87,60	3419	5,42	23,41	56,89	DL	DL	6,14
Lok.4	1693	8,39	19,95	89,00	1939	16,10	30,16	65,59	DL	DL	5,34
Lok.5	4072	16,61	39,25	129,25	4838	7,32	20,07	76,49	0,79	DL	8,48
Ref.	460	2,97	3,45	58,50	648	DL	DL	15,51	3,34	DL	6,89

DL: dedeksiyon limiti (seyreltme sonucu, analiz sırasında ölçülemeyen değer)
Ref: Referans materyal

IV.1.2. Elementlerin İstasyonlara Göre Dağılımı

Çoklu element analiz sonuçlarındaki ölçüm değerlerine göre (ppm) örnekleme lokalitelerinin ortalamaları alınarak hesaplanan elementlerin (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn) grafiksel olarak gösterimi aşağıdaki gibidir.

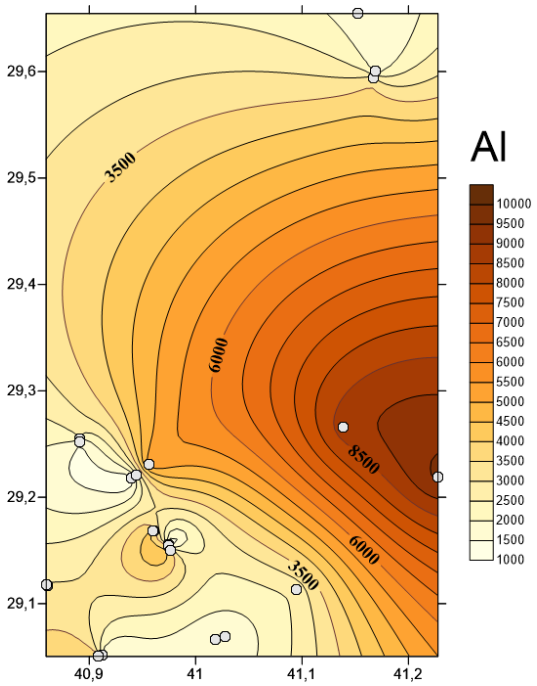
IV.1.2.1. Al Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.39. Al element sonuç grafiği

ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki Al element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Beykoz ilçesindeki Al miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Physcia* cinsinde 8780 ppm, *Xanthoria* cinsinde ise 9617 ppm' dir. Kartal ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 1693 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 460,4 ppm olarak görülmüştür.

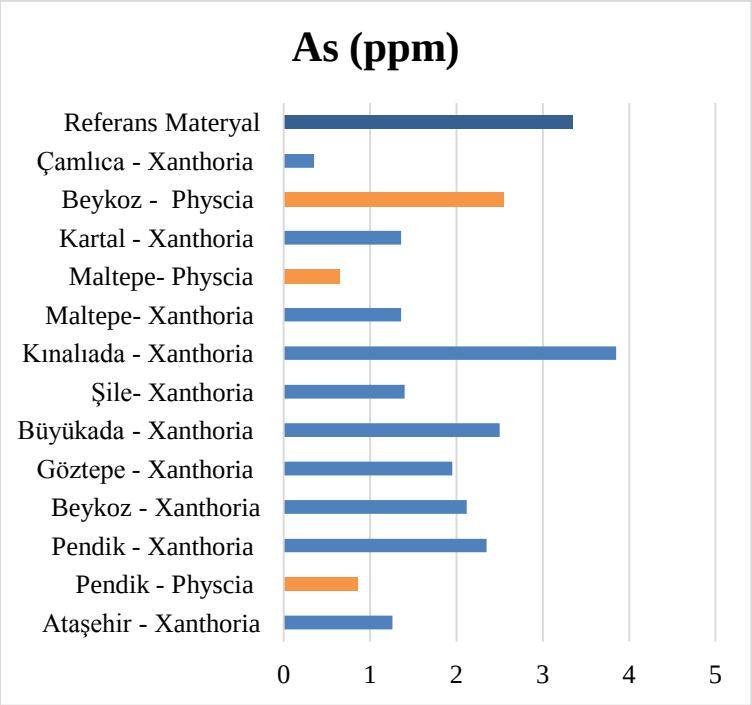
ICP-MS ölçüm değerleri (ppm) alınan liken örnekleri, Surfer programı ile haritalandırılmıştır.



Şekil IV.40. Al elementinin mekânsal dağılım haritası

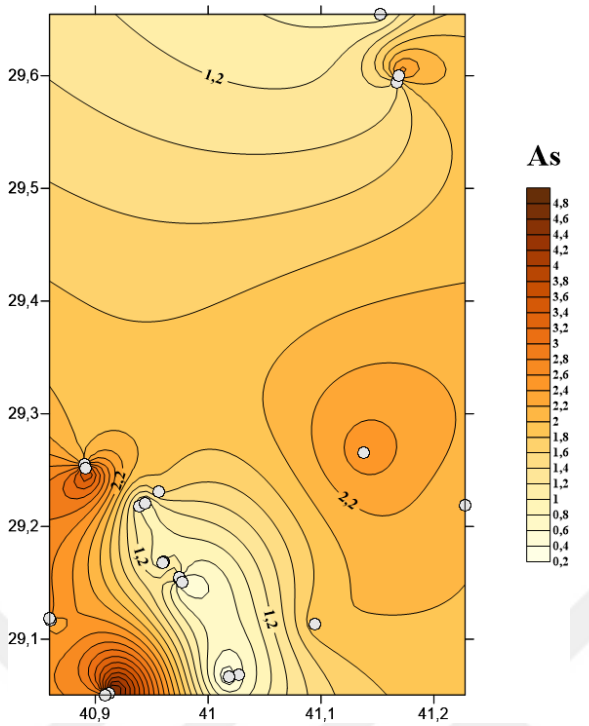
Çalışma alanındaki Al dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.40). Al değerleri, Beykoz ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 9617 ppm' dir. Kartal ilçesinde ise *Physcia* cinsinde 1693 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 460,4 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.2. As Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.41. As element sonuç grafiği

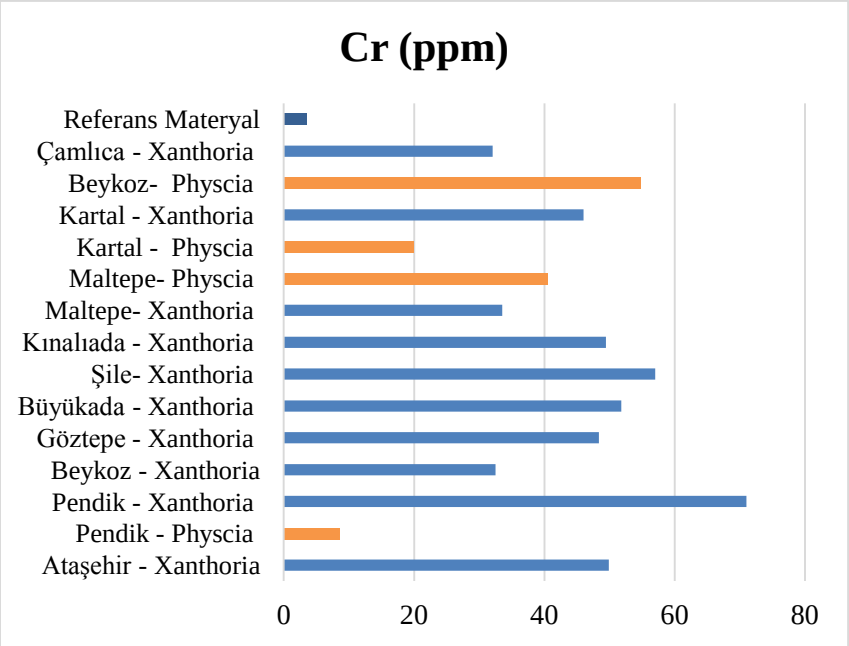
ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki As element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Kınalıada'daki As miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 3,85 ppm' dir. Çamlıca ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 0,35 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 3,34 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.42. As elementinin mekânsal dağılım haritası

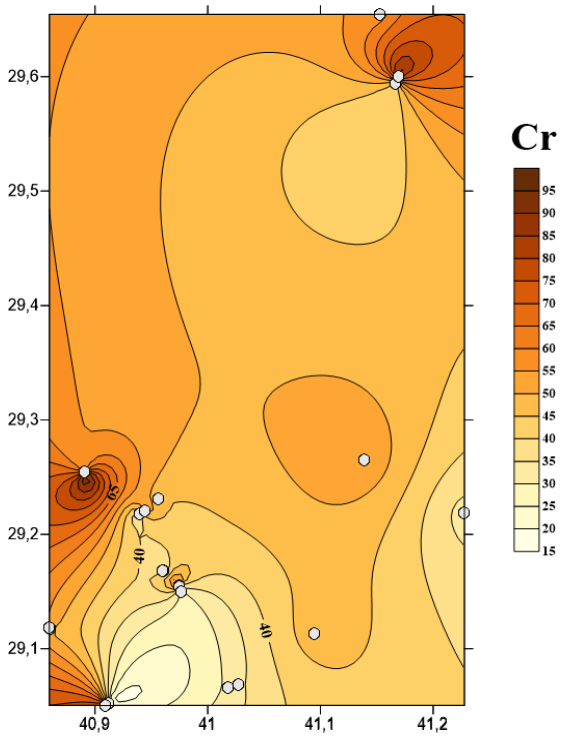
Çalışma alanındaki As dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.42). As değerleri, Kınalıada ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 3,85 ppm' dir. Çamlıca ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 0,35 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 3,34 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.3. Cr Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.43. Cr element sonuç grafiği

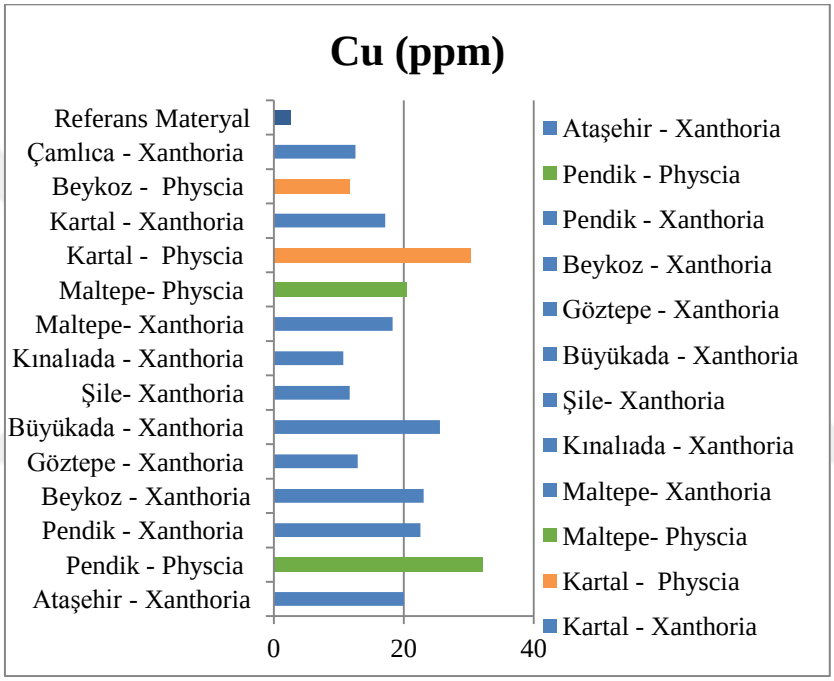
ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki Cr element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Pendik ilçesindeki Cr miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 71,03 ppm dir. Yine Pendik ilçesinde ise *Physcia* cinsinde 8,5 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 3,45 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.44. Cr elementinin mekânsal dağılım haritası

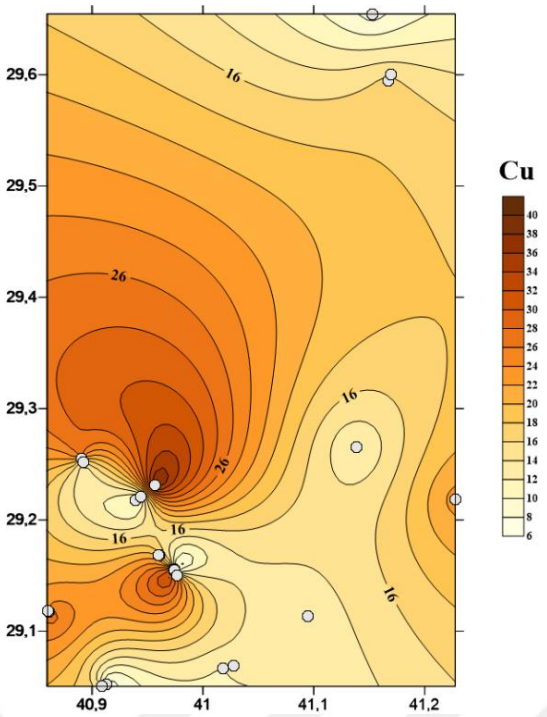
Çalışma alanındaki Cr dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.44). Cr değerleri, Pendik ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 71,03 ppm' dir. Yine Pendik ilçesinde *Physcia* cinsinde 8,5 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 3,45 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.4. Cu Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.45. Cu element sonuç grafiği

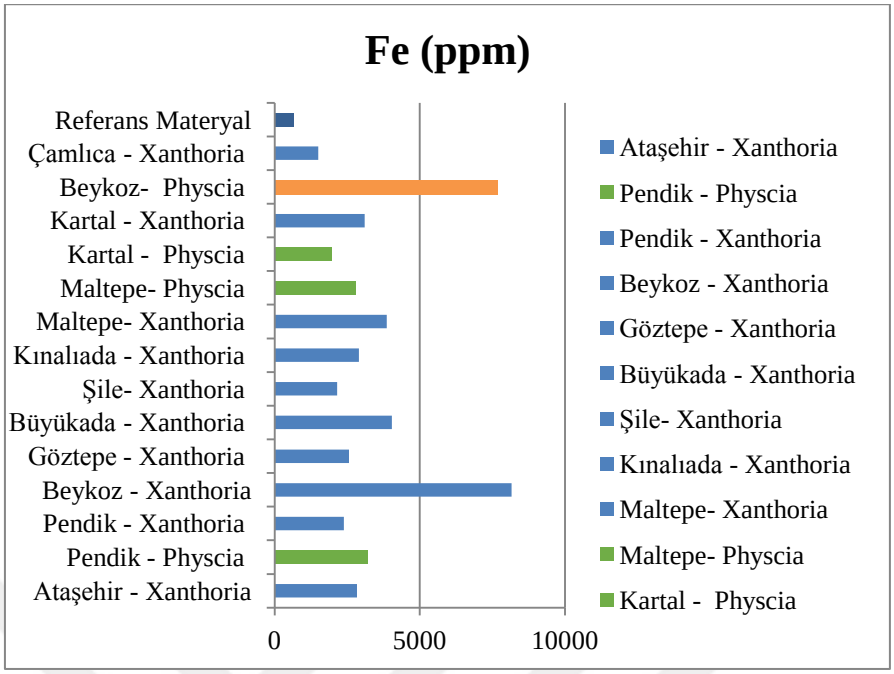
ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki Cu element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Pendik ilçesindeki Cu miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Physcia* cinsinde ise 32,09 ppm' dir. Kınalıada'da ise *Xanthoria* cinsinde 10,67 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 2,52 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.46. Cu elementinin mekânsal dağılım haritası

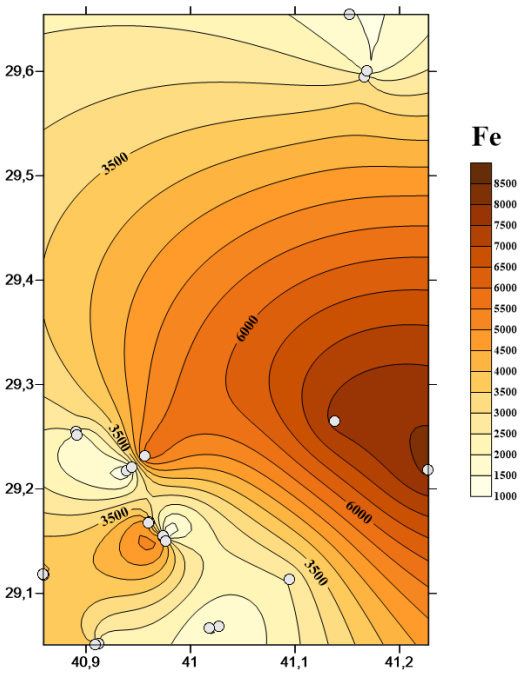
Çalışma alanındaki Cu dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.46). Cu değerleri, Pendik ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Physcia* cinsinde ise 32,09 ppm' dir. Kınalıada ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 10,67 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 2,52 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.5. Fe Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.47. Fe element sonuç grafiği

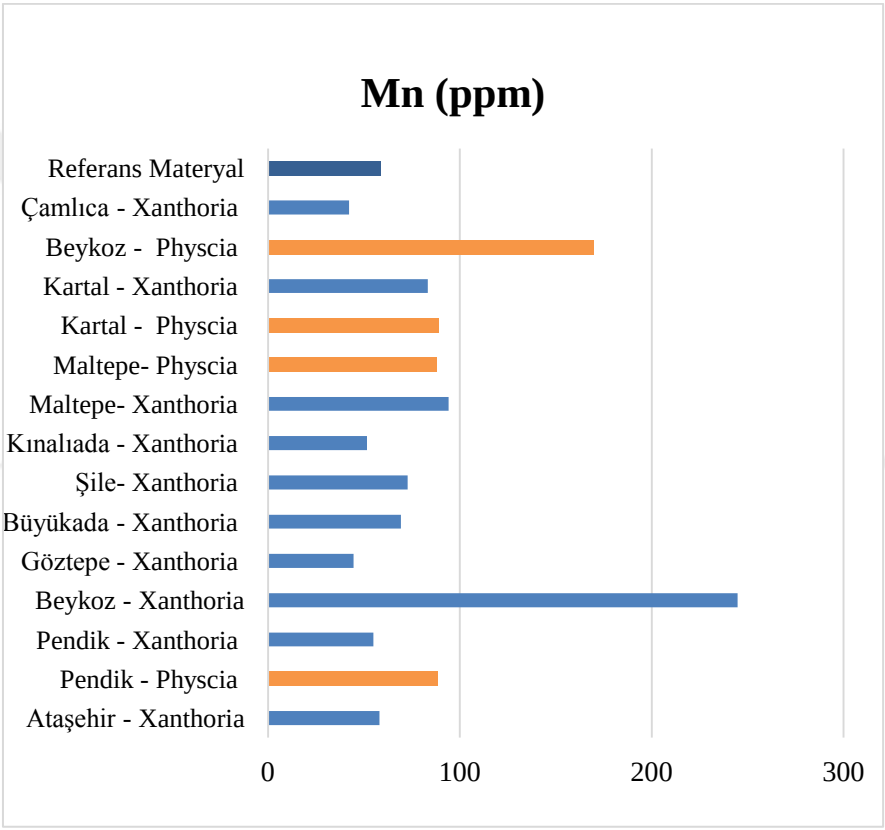
ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki Fe element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Beykoz ilçesindeki Fe miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 8163 ppm dir. Çamlıca'da ise *Xanthoria* cinsinde 1496 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 648 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.48. Fe elementinin mekânsal dağılım haritası

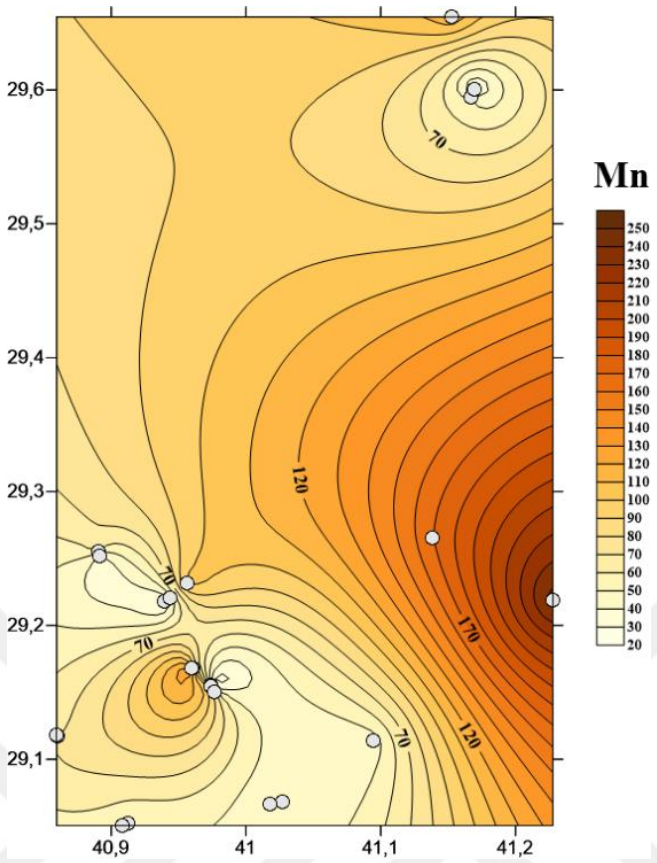
Çalışma alanındaki Fe dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.48). Fe değerleri, Beykoz ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 8163 ppm' dir. Çamlıca ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 1496 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 648 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.6. Mn Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.49. Mn element sonuç grafiği

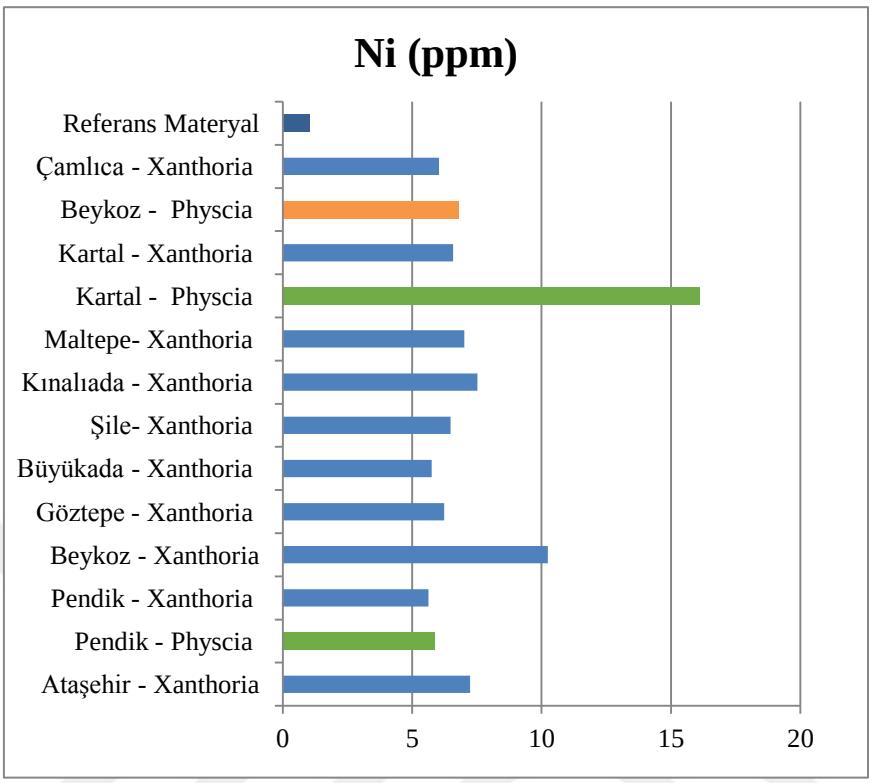
ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki Mn element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Beykoz ilçesindeki Mn miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 244,73 ppm' dir. Çamlıca'da ise *Xanthoria* cinsinde 42,21 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 58,5 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.50. Mn elementinin mekânsal dağılım haritası

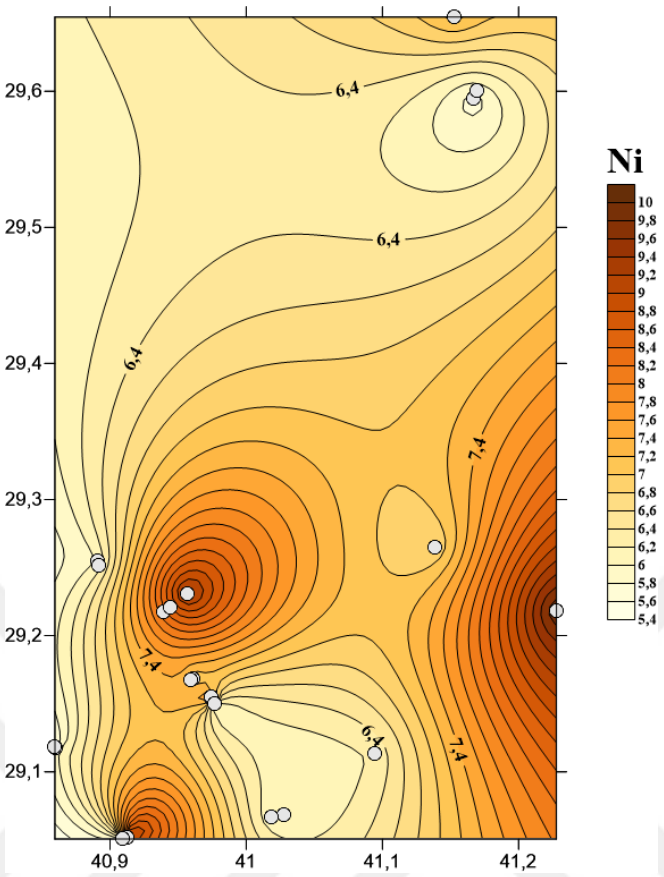
Çalışma alanındaki Mn dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.50). Mn değerleri, Beykoz ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 244,73 ppm' dir. Çamlıca ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 42,21 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 58,5 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.7. Ni Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.51. Ni element sonuç grafiği

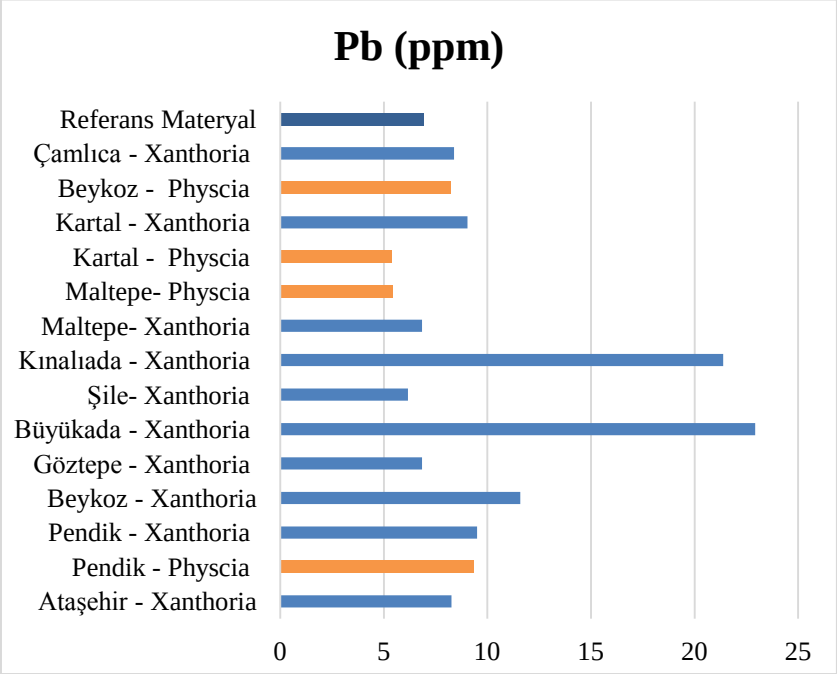
ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki Ni element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Kartal ilçesindeki Ni miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Physcia* cinsinde ise 16,1 ppm' dir. Pendik ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 5,63 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 1,05 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.52. Ni elementinin mekânsal dağılım haritası

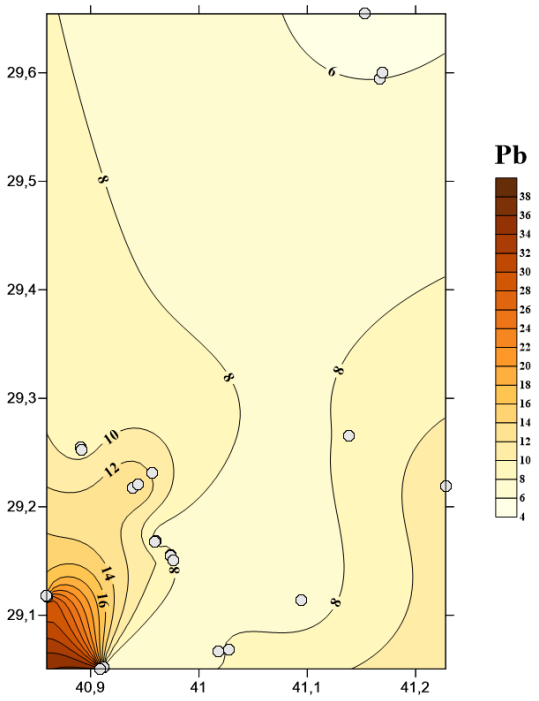
Çalışma alanındaki Ni dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.52). Ni değerleri, Kartal ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Physcia* cinsinde ise 16,1 ppm' dir. Pendik ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 5,63 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 1,05 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.8. Pb Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.53. Pb element sonuç grafiği

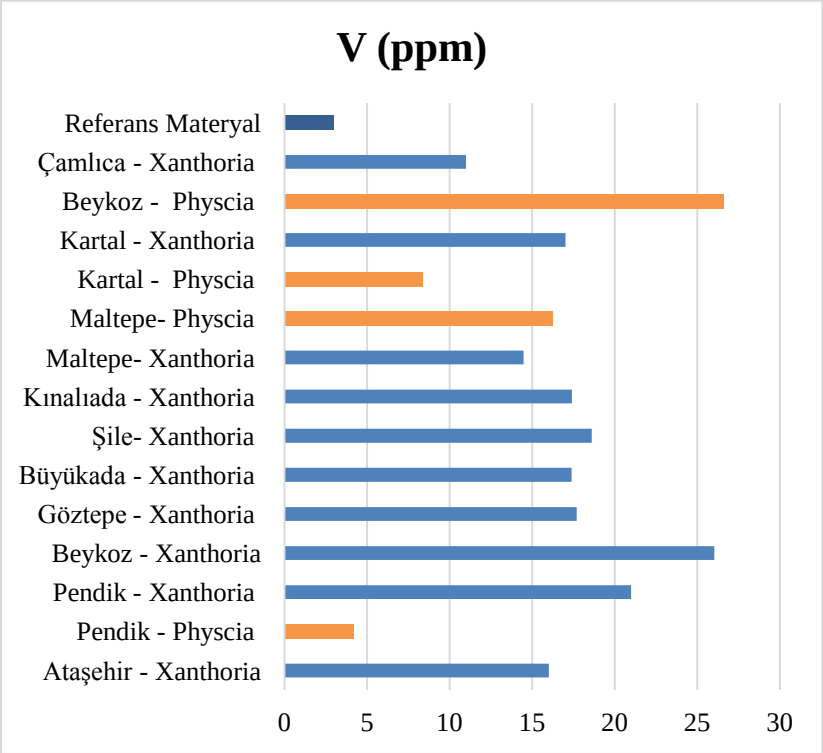
ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki Pb element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Büyükada'daki Pb miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 22,92 ppm' dir. Kartal ilçesinde ise *Physcia* cinsinde 5,34 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 6,89 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.54. Pb elementinin mekânsal dağılım haritası

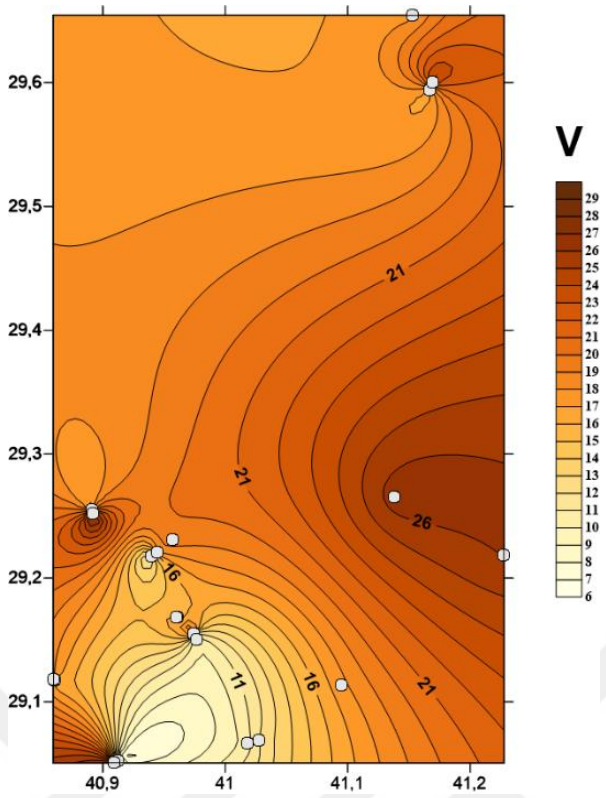
Çalışma alanındaki Pb dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.54). Pb değerleri, Büyükada ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 22,92 ppm' dir. Kartal ilçesinde ise *Physcia* cinsinde 5,34 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 6,89 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.9. V Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.55. V element sonuç grafiği

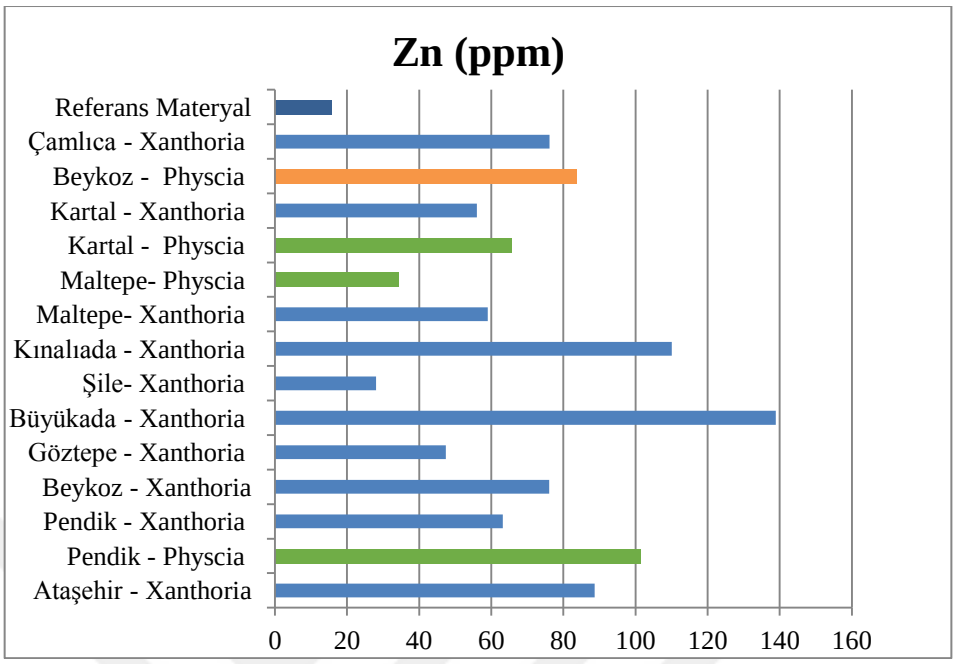
ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki V element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Beykoz ilçesindeki V miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Physcia* cinsinde ise 26,6 ppm' dir. Pendik ilçesinde ise *Physcia* cinsinde 4,15 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 2,97 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.56. V elementinin mekânsal dağılım haritası

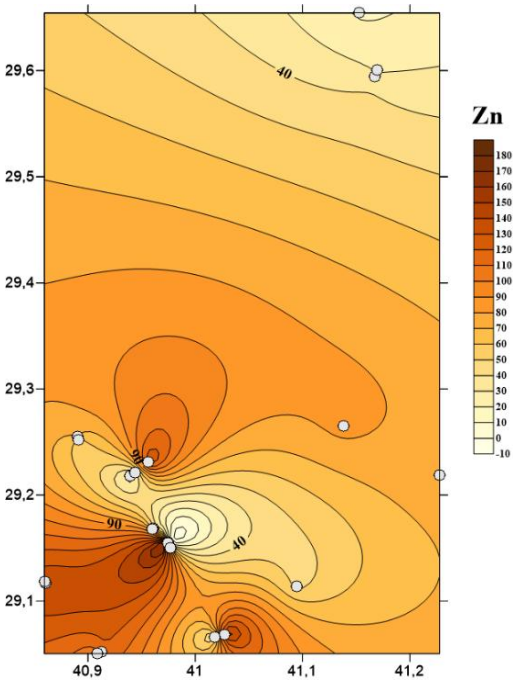
Çalışma alanındaki V dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.56). V değerleri, Beykoz ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Physcia* cinsinde ise 26,6 ppm' dir. Pendik ilçesinde ise *Physcia* cinsinde 4,15 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 2,97 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.2.10. Zn Elementinin İstasyonlara Göre Dağılımı



Şekil IV.57. Zn element sonuç grafiği

ICP-MS analiz sonuçlarına göre yukarıdaki Zn element grafiği oluşturulmuştur. Oluşan grafikteki değerlere bakıldığında Büyükada'daki Zn miktarının en yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 138,94 ppm' dir. Şile ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 28,02 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 15,51 ppm olarak görülmüştür.



Şekil IV.58. Zn elementinin mekânsal dağılım haritası

Çalışma alanındaki Zn dağılımının görüldüğü haritada, kahverengi olarak görülen yerler kirlilik açısından daha yoğundur. Koyudan açığa doğru kirlilik miktarı düşmektedir (Şekil IV.58). Zn değerleri, Büyükada ilçesinde en yüksektir. Bu ilçedeki değerler; *Xanthoria* cinsinde ise 138,94 ppm' dir. Şile ilçesinde ise *Xanthoria* cinsinde 28,02 ppm değerinde en düşük miktarda görülmüştür. Referans materyal ise 15,51 ppm olarak görülmüştür.

IV.1.3. İstatistiksel Analiz Sonuçları

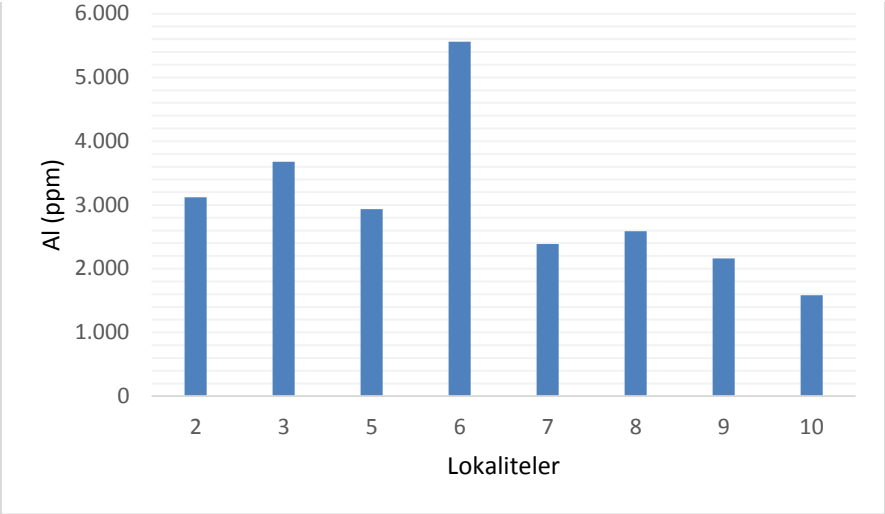
Tablo IV.3' te Kartal bölgesi likenlerinin Al (ppm) değerleri 1074 ile 5410, Maltepe bölgesi likenlerinin Al değerleri (ppm) 2776 ile 4823, Kınalıada bölgesi likenlerinin Al değerleri (ppm) 1557 ile 4123, Göztepe bölgesi likenlerinin Al değerleri (ppm) 1899 ile 4465, Şile bölgesi likenlerinin Al değerleri (ppm) 1649 ile 4345, Ataşehir bölgesi likenlerinin Al değerleri (ppm) 1182 ile 4474, Pendik bölgesi likenlerinin Al değerleri 1094 ile 3050 (ppm) ve Çamlıca bölgesi likenlerinin Al değerleri (ppm) 775 ile 2998 arasında değişmektedir.

Standart sapması en düşük olan lokalite Pendik bölgesidir. Standart sapması en yüksek olan lokalite ise Göztepe bölgesidir.

Tablo IV.3. *Xanthoria parietina* liken türünde Al (ppm) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri ve ortalamalarının karşılaştırılması.

Lokalite	Örnek Sayısı	Genlik	En düşük	En Yüksek	Ortalama	Ortalamanın Standart Hatası	Standart Sapma	Varyans
Kartal	9	4336	1074	5410	3122 [a]	398	1195	1427350
Maltepe	4	2047	2776	4823	3677 [a]	473	947	896488
Kınalıada	4	2566	1557	4123	2937 [a]	527	1053	1109810
Göztepe	12	11491	1899	13390	5563 [a]	1156	4005	16036293
Şile	5	2696	1649	4345	2386 [a]	503	1125	1266464
Ataşehir	7	3292	1182	4474	2586 [a]	495	1309	1713398
Pendik	6	1956	1094	3050	2161 [a]	309	757	573358
Çamlıca	6	2223	775	2998	1584 [a]	322	788	620668

Likenlerin Al (ppm) değerlerinin ortalamaları Tukey karşılaştırılma testine göre $p<0,05$ anlam düzeyinde aynı grupta oldukları belirlenmiştir. Bununla birlikte Göztepe bölgesinde bulunan liken türlerinin Al (ppm) değerlerinin diğerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo IV.3, Şekil IV.59.).



Şekil IV.59. Örnek lokalitelerde (2= Kartal, 3= Maltepe, 5= Kınalıada, 6=Göztepe, 7= Şile, 8= Ataşehir, 9= Pendik, 10= Çamlıca) bulunan *Xanthoria parietina* liken türünün Al (ppm) değerlerinin ortalamaları.

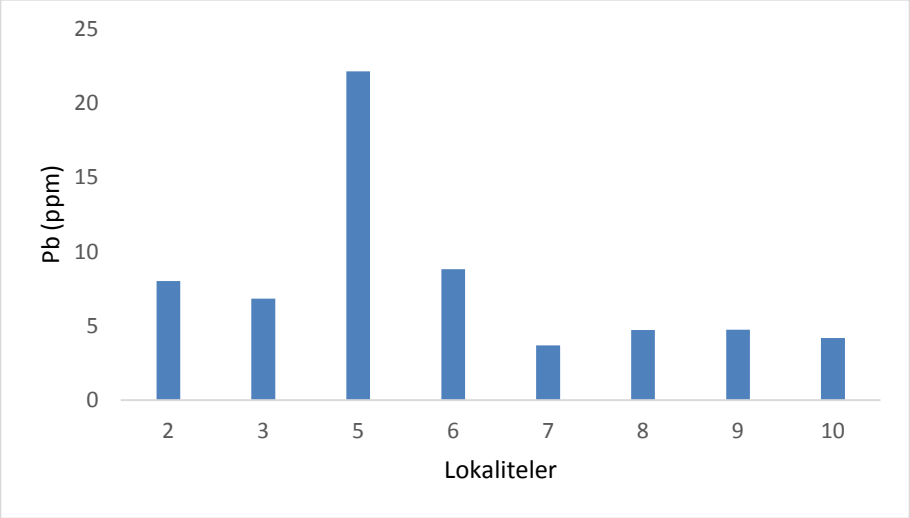
Tablo IV.4'te Kartal bölgesi likenlerinin Pb (ppm) değerleri 5,05 ile 14,54, Maltepe bölgesi likenlerinin Pb değerleri (ppm) 6,03 ile 8,48, Kınalıada bölgesi likenlerinin Pb (ppm) değerleri 5,71 ile 37,05, Göztepe bölgesi likenlerinin Pb (ppm) değerleri 5,43 ile 8,14, Şile bölgesi likenlerinin Pb (ppm) değerleri 5,50 ile 7,49, Ataşehir bölgesi likenlerinin Pb (ppm) değerleri 5,95 ile 9,60 ve Pendik bölgesi likenlerinin Pb (ppm) değerleri 8,10 ile 10,75 arasında değişmektedir.

Standart sapması en düşük olan lokalite Maltepe bölgesidir. Standart sapması en yüksek olan lokalite ise Kınalıada bölgesidir.

Tablo IV.4. *Xanthoria parietina* liken türünde Pb (ppm) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri ve ortalamalarının karşılaştırılması.

Lokalite	Örnek Sayısı	Genlik	En düşük	En Yüksek	Ortalama	Ortalamanın Standart Hatası	Standart Sapma	Varyans
2=Kartal	9	14,54	0,00	14,54	8,03 [a]	1,36	4,09	16,76
3= Maltepe	4	2,45	6,03	8,48	6,84	0,57	1,13	1,28
5=Kınalıada	4	31,34	5,71	37,05	22,15 [b]	6,93	13,86	191,97
6=Göztepe	12	11,23	5,39	16,62	8,83 [a]	1,06	3,67	13,46
7=Şile	5	7,49	0,00	7,49	3,70 [a]	1,55	3,47	12,07
8=Ataşehir	7	9,60	0,00	9,60	4,73 [a]	1,73	4,58	21,02
9=Pendik	6	10,75	0,00	10,75	4,75 [a]	2,15	5,27	27,78
10=Çamlıca	6	12,97	0,00	12,97	4,19 [a]	2,14	5,24	27,48

Likenlerin Pb (ppm) değerlerinin ortalamaları Tukey karşılaştırılma testine göre $p<0,05$ anlam düzeyinde iki ayrı grupta oldukları belirlenmiştir. Birinci grupta yer alan örnek lokalite grupları 2, 3, 6, 7, 8, 9 ve 10 iken ikinci grupta sadece 5. lokalite bulunmaktadır (Tablo IV.4, Şekil IV.60.).



Şekil IV.60. Örnek lokalitelerde (2= Kartal, 3= Maltepe, 5= Kınalıada, 6=Göztepe, 7= Şile, 8= Ataşehir, 9= Pendik, 10= Çamlıca) bulunan *Xanthoria parietina* liken türünün Pb (ppm) değerlerinin ortalamaları.

IV.2. TARTIŞMA

Günümüzde bilimsel çalışmaların ilerlemesiyle beraber sanayi, teknoloji, ulaşım gibi alanlardaki gelişim hız kazanmıştır. Ancak tüm bunların olumlu etkisi olduğu gibi doğaya olumsuz etkileri sürmeye devam etmektedir. Örneğin; nükleer santraller faydalı olduğu gibi zararlı yönleri yadsınmamalıdır. Fabrikaların atık maddesi olan gazlar yine havadaki kirliliği arttırmaktadır. Hava kirliliği çevreye, insan sağlığına ve tüm canlılara olumsuz etkiler yapabilen bir kirlilik çeşididir.

Bu çalışmada, hava kirliliğini izlemek amacıyla biyomonitör likenler kullanılmıştır. Kirliliğe orta derecede duyarlı olan 2 tür liken ile çalışılmıştır. ICP-MS analizi yapılarak kirlilik miktarı (ppm) hakkında bazı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma bölgesinden toplanan likenler referans değer ile kıyaslandığında tüm lokalitelerin kirlilik miktarları çoktan aza doğru sıralanacak olursa;

X. parietina için Al > Fe > Mn > Zn > Cr > V > Cu > Pb > Ni > As

P. adscendens için Al > Fe > Mn > Zn > Cr > Cu > V > Ni > Pb > As

V, Cu, Pb ve Ni haricinde diğer elementlerin iki tür arasında aynı şekilde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi türlerin birbirlerine benzer özellikte olmasından kaynaklı olabilir. Her ikisi de aynı ortamda yaşayabilen türlerdir. Al, Fe, Mn, Zn ve Cr elementlerinin özellikle sanayi alanında ve taşıtlarda kullanımının yaygın olduğu görülmüştür. Bunun yanında Al, Zn ve Mn elementleri ile alaşımlar yapmaktadır. Zn ise Al elementinden sonra en çok kullanılan elementtir.

7 Haziran 2019 tarihinde Göztepe bölgesinde trafiğin yoğun olduğu Kadıköy

ilçesinde İBB'nin yapmış olduğu PM10 ölçüm değerleri; 27.5 μg/m^3 olarak elde etmişlerdir. PM10' un sınır değeri AB standartlarına göre 50 μg/$m^{3,}$' tür. Bu bilgiye göre belediye ölçüm sonuçları sınır değerin altındadır. Bizim ise o tarihte yapmış olduğumuz Göztepe Tabiat Parkı arazi çalışmasından toplanan liken örneklerinin analiz sonuçları; Al 2.666, Cr, 48.37, Mn 44.6 ve Fe 2.561 μg/g ölçülmüştür. Beykoz'daki *Xanthoria* ve *Physcia* türlerinin ortalamaları alınarak elde eldilen analiz sonuçları ise Al, 9.198, Cr, 62.89, Mn, 207,14 ve Fe, 7.921 μg/g olarak ölçülmüştür.

Bu elementlerin standart değerleri sırasıyla Al, 680, Cr, 1.06, Mn, 63, Fe, 430 μg/g olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları IAEA sınır değerlerinin üzerindedir [i25]. Bahsi geçen bölgeler anayola yakın olup çevresinde oldukça fazla yerleşim alanı barındırmaktadır. Medipol Üniversitesi Kampüsü, piknik alanları, otomotiv firması, oto yıkama merkezi, gıda ve su ürünleri sanayi, tekstil sanayi arazi yaptığımız bölgelerin çevresinde yer almaktadır. Bu bilgilere bakılarak analiz sonuçlarımıza göre Al, Fe, Mn, Zn ve Cr elementlerin miktarlarının özellikle yüksek görülmesi PM'nin hava yolu ile taşınmış olabileceği ihtimali dâhilindedir. Bunun yanında çevre bölgelerdeki özellikle sanayi firmalarından yayılan kirli atıklar, otomotiv firmalarında üretilen motorlu taşıtlarda bulunan Al, Zn ve Mn elementleri kirliliğin yüksek olasılıkla artmasına yol açmıştır.

İki değişkenin sınırlı istatistikleri büyükten küçüğe doğru kıyaslanacak olursa,
X. parietina için Al değerleri,

Göztepe > Maltepe > Kartal > Kınalıada > Ataşehir > Şile > Pendik > Çamlıca

Bu sonuçlara göre, en kirli lokalitenin Göztepe, en temiz bölgenin ise Çamlıca olduğu görülmektedir.
X. parietina için Pb değerleri,

Kınalıada > Göztepe > Kartal > Maltepe > Pendik > Ataşehir > Çamlıca > Şile

Bu sonuçlara göre, en kirli lokalitenin Kınalıada, en temiz bölgenin ise Şile olduğu görülmektedir.

İstanbul Anadolu Yakası'ndan toplanan tüm likenlerde element analiz değerlerinin ortalaması, referans değerleri ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

Buna göre ilçelerde yüksek bulunan elementler şöyledir;

- *Xanthoria* Beykoz ilçesinde: Al, Fe, Mn, V
- *Physcia* Beykoz ilçesinde: V, Al, As, Cr, Fe
- *Xanthoria* Kınalıada: As, Pb, Zn

- *Xanthoria* Büyükada: Zn, Pb
- Xanthoria Pendik ilçesinde: Cr
- *Physcia* Pendik ilçesinde: Cu
- *Physcia* Kartal ilçesinde: Ni, Cu

Çalışılan lokalitelerdeki hava kirliliği kaygılandırıcıdır. Yapılan analizler sonucunda en kirli lokalitenin Al, Fe, Mn, V, Cr ve As elementleri bakımından Beykoz ilçesindeki Elmasburnu Tabiat Parkı olduğu görülmüştür. WHO'nun belirlemiş olduğu standart Pb değeri, AB'de 10 µg / l' dir [i8]. Büyükada ilçesinde analizlerimiz sonucu elde ettiğimiz değer 2000 µg olup, insan sağlığı için tehlikeli sınır değerlerinin çok üstünde görülmüştür.

Kirleticiler, rüzgâr etkisi ile yayılarak uzak noktalara taşınabilmektedir. Cu, Pb, Zn, Cr ve Ni gibi ağır metaller toprak yüzeyine tutunarak bitkilerde birikir (Dartan ve Toröz 2013). Kirlenme 3 yolla olabilmektedir. Bunlardan ilki kirletici maddelerin taşıtlar yoluyla taşınması, ikincisi ağır metallerin havada salınımı ve sonuncusu tozların birikmesidir (Dartan ve Toröz 2013).

Alüminyumun birçok alanda kullanımı bulunmaktadır. Bu element bakır, çinko, magnezyum ve manganez gibi elementlerle alaşımlar yapabilmektedir. Bu alaşımlar hava taşıtlarında, arabalarda, kamyonlarda ve inşaat malzemelerinde kullanılmaktadır (Yavuz 2010).

Al'nin Beykoz'da yüksek çıkmasının sebepleri arasında çalışılan lokalitelerin köprüye yakınlığı ve trafiğin yoğunluğu sayılabilir. Maltepe'de ise minibüs taşıtlarının geçtiği bir alan olması sebebiyle Al yüksek çıkmış olabilir. Çamlıca'da ise en az miktarda Al görülmüştür. Çamlıca İstanbul'un en yüksek tepesidir. Rakım arttıkça kirlilik miktarının azalması bunun sebebi olabilir.

Cr, deri sanayisinde kullanılan bir ağır metaldir. Pendik'te bulunan deri sanayisi taşınma yoluyla Cr miktarını arttırmış olabilir.

Yerde bulunan tozların havalanması gibi doğal sebeplerle hava ve suda Cu bulunabilmektedir (Yavuz 2010). Çalışmamızda Cu değerleri en fazla Pendik ve Kartal bölgelerinde görülmüştür. Pendik ve Kartal ilçelerinin sanayi kuruluşlarına ve Samandıra Kartal yoluna yakın olması Cu miktarının artmasına sebep olmuş olabilir.

Partikül maddelerin bazıları doğal kaynaklı olabilir; örneğin volkan patlamaları yolu ile taşınabilir ya da ormanlarda meydana gelen yangınlardan kaynaklanabilir. Bunun yanında insan etkisi ile de meydana gelebilir. Tozların içerisinde bulunabilir. Örneğin; endüstriyel faaliyetler ile, fosil yakıtların kullanımı ile veya trafik kaynaklı olarak PM meydana gelebilir [i26]. Bu bilgilere bakılarak, PM'nin ne kadarının liken

bünyesine alındığını tahmin etmek oldukça güç olmakla birlikte, çalışmamızda liken tallusunda tespit edilen kirletici elementlerin PM ile tutulmuş olarak birikmiş olması da mümkündür.

İstanbul Anadolu Yakası'ndaki 16 lokaliteden toplanan liken örnekleri ile yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, bu konu ile ilgili yapılmış olan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Hava kirliliğinin likenler ile izlenmesi ile ilgili ülkemiz ve dünya literatüründe birçok çalışma bulunmaktadır.

İstanbul'da yapılmış olan biyoizleme çalışmalarına bakıldığında,

Kurnaz ve Çobanoğlu (2017), İstanbul Avrupa Yakası'nda *Physcia adscendens* epifitik likeni ile biyoizleme çalışması gerçekleştirmiştir. Son yıllarda İstanbul Anadolu Yakası'nda ise detaylı bir biyoizleme çalışması yapılmamıştır. Kurnaz ve Çobanoğlu (2017), çalışmalarının sonucunda, likenlerin tüm element birikimlerinin ortalama değerlerinin referans değerlerden daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Likenlerin havadaki kirleticiler için birer biyomonitör olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Havadaki kirleticilerin izlenmesiyle ilgili olarak, İstanbul'da daha önce yapılan bazı biyolojik çalışmalar bulunmaktadır. İstanbul'un (Bahçeköy, Alibeyköy, Emirgan, Edirnekapı, Bakırköy, Ümraniye, Çamlıca) ilçelerinden toprak ve yosun (*Hypnum cupressiforme, Scleropodium purum* (Hedw.) Limpr.) örneklerinde AAS ve radyoaktivite (^{137}Cs, ^{40}K, ^{238}U, ^{232}Th) ORTEC Maestro analizi ile ağır metal (Cd, Cu, Co, Cr, Fe, Ni, Zn) konsantrasyonları Belivermiş ve ark. (2008), tarafından yayınlanmıştır. Çalışmalarında elde ettikleri sonuçlar şöyledir. Yosun türlerinin ağır metal varlığı yaklaşık olarak son üç yıllık birikimi yansıtırken, topraktaki ağır metal birikiminin uzun vadeli bir süreç olduğu ve yosun örneklerinden elde ettikleri Çamlıca ilçesindeki Zn değerleri 2004 yılında 72,2 μg g^{-1} ve 2006 yılında 78,2 μg g^{-1}'dir. Bu çalışmada ise liken örneklerinden elde ettiğimiz Zn değerleri Çamlıca ilçesinde 76,13 μg g^{-1} olup, bu değerler çalışmamızla yaklaşık çıkmıştır.

İstanbul Anadolu Yakası'nda karayosunu ve liken örneklerinde ağır metal birikimleri ile ilgili yapılan ilk biyoizleme çalışması İçel ve Çobanoğlu (2009), tarafından yapılmıştır. Ülkemizde likenoloji bilimi gelişmeye devam etmektedir. Ancak bu konuda hala eksikler mevcuttur. 2020 yılında olmamıza rağmen İstanbul'daki çalışmalar hala sınırlı sayıdadır ve bizim çalışmamız yalnızca liken çalışması olmasından ve yalnızca iki tür çalıştığımız için farklılık göstermektedir. Spesifik iki liken türü, çalışmamızı (*Xanthoria parietina* ve *Physcia adscendens*) istatistiki açıdan daha güvenilir, tutarlı kılmaktadır. İstanbul Anadolu Yakası'ndaki en

eski çalışma 2009 senesinde gerçekleşmiştir. Bizim çalışmamızla birlikte neredeyse Anadolu Yakası'ndaki ormanlık alanların tamamı çalışılarak hava kirliliği hakkında kapsamlı sonuçlar elde edilmiştir. İçel ve Çobanoğlu (2009), öncü çalışmasının katkıları ile birlikte bizim çalışmamız gelecekteki hava kirliliği hakkında elde edilecek daha ayrıntılı çalışmalara önemli bir katkı sağlayacaktır. Bu bakımdan tez konumuz ilerideki çalışmalar için geliştirici niteliktedir.

İçel ve Çobanoğlu (2009), tarafından yapılan çalışmada Kınalıada bölgesindeki Cu elementi 24.504 mikrogram/gram (µg/g) görülmüştür. Çalışmamızda ise Kınalıada bölgesinde Cu elementi 11 (µg/g) olarak gözlenmiştir. Bu bilgiler ışığında son 10 yılda meydana gelen Cu kirliliğinde azalma olduğu söylenebilir. İstanbul Anadolu Yakası'nda 10 kentsel ve banliyö bölgesinden örneklenen liken ve yosunlardaki hava kirleticilerinin analizini yapmışlardır. Sekiz liken türü (*Cladonia* spp., *Evernia prunastri, Flavoparmelia caperata, Hipogymnia tubulosa, Parmelia sulcata, Physcia adscendens, Xanthoparmelia tinctina, Xanthoria parietina*) ve 3 karayosunu türü ile (*Didymodon vinealis, Hypnum cupressiforme, Pylaisia polyantha)* 10 element için (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) AAS ile liken tallusundaki kirletici miktarını ölçmüşlerdir.

İçel ve Çobanoğlu (2009) çalışmasından elde edilen sonuçlar, en yüksekten en düşüğe doğru ağır metal konsantrasyonları, Mn> Zn> Pb> Cu> Al> Ni> Cr> Fe> Co> Cd şeklindedir. Liken ve karayosunu için en yüksek ortalama değerlerini Mn, Zn, Pb ve Cu elementlerinde bulmuşlardır. Bu sonuçlarla likenlerin ve yosunların biyoizleme rolünün benzer olduğunu elde etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise Al, Fe, Mn ve Zn en yüksek ortalama değerlerdir. Liken örneklerinde Heybeliada'yı en kirli lokalite olarak bulmuşlardır. Ardından, Maslak, Büyükada, Polonezköy, Çamlıca Tepesi, Kınalıada, Maltepe, Hidiv Kasrı, Belgrad Ormanı ve Şile gelmektedir.

Büyükada için *X. parietina* analiz sonuçlarına göre; Al 14.040, Fe 5.330, Cr, 17.906, Pb 55.610, Ni, 11.712, Zn, 243.368, Cd, 0.498, Co, 1.760, Mn, 125.140, Cu, 23.918 (µg/g) olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise Büyükada'dan elde ettiğimiz sonuçlarda, Al değerleri *X. parietina* için 3.033, Fe, 4.036, Cr, 51,78, Pb, 22,92, Ni, 5,76, Zn, 138,94, Mn, 69,3 ve Cu ise 25,5 (µg/g) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak, aynı tür için Fe ve Cu elementlerinin benzer miktarlarda olmasına rağmen diğer elementlerin miktarlarının farklı olduğu görülmüştür.

Kınalıada için *X. tinctina* analiz sonuçlarına göre; Al 12.440, Fe 4.720, Cr, 1.2, Pb 86.570, Ni, 5.518, Zn, 136.178, Cd, 0.565, Co, 0.903, Mn, 59.059, Cu, 24.504 (µg/g) olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise Kınalıada'dan elde ettiğimiz

sonuçlarda, Al değerleri *X. parietina* için 2.840, Fe, 2.905, Cr, 49,45, Pb, 21,38, Ni, 7,53, Zn, 110,07, Mn, 51,64 ve Cu ise 10,67 (µg/g) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak, Fe, Ni, Zn ve Mn elementlerinin benzer çıktığı görülmüştür.

İçel ve Çobanoğlu (2009), Pb elementi için en yüksek örneklere, Heybeliada ve Büyükada lokalitelerinde rastlamışlardır. Pb için ölçümlerden elde ettikleri analize dâhil olan türlerin ortalama değeri, 52.701 µg/g'dır. En yüksek Pb konsantrasyonunu, 119.55 µg/g ile Heybeliada *Xanthoria* örneğinde ölçmüşlerdir. Bizim çalışmamızdaki Pb element sonuç grafiğinde ise Kınalıada ve Büyükada lokalitelerinde sırasıyla bu değerler 21.38 ve 22,92 µg/g olarak ölçülmüştür.

Topraktaki kurşunun çoğu havadan kaynaklanır. Kurşun, toprak partiküllerine yapışır ve topraktaki kurşun asidik ve yumuşak olmadıkça yeraltı sularına karışmaz. Toprak ve suda uzun süre kalabilir (Dartan ve Toröz 2013). Kınalıada ve Büyükada karşısında Maltepe-Kartal bölgeleri bulunmaktadır. Kurşunun bu bölgelerden rüzgârla Kınalıada'ya taşınmış olması ihtimal dâhilindedir. Pb'nin yine de bu denli yüksek miktarda çıkması adalarda motorlu taşıt vb. bulunmamasından dolayı ilginç bir sonuçtur. Ancak deniz taşıtları ve PM adalardaki Pb kirliliğine yol açmış olabilir.

Mustafa Yavuz, 2010 yılında, Gölcük Tabiat Parkı Liken Florası ve Isparta Hava Kirliliğinin Likenlerle Derecelendirmesi hakkındaki doktora tez çalışmasında, hava kirliliği analizleri için 34 farklı lokaliteden topladığı örnekleri temizleyip tayin ettikten sonra ICP-MS cihazı ile 14 element için (Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, V ve Zn) ölçmüştür. *Melanohalea exasperata, Physcia aipolia* ve *Xanthoria parietina* gibi biyomonitör türlere ait 21 liken örneği 17 lokaliteden toplamıştır. Analiz sonuçlarına göre aşağıdaki sıralamayı elde etmiştir.

X. parietina için V> Ni >Cr >Fe >As >Al >Zn> Cu >Mn >Pb >Cd

P. aipolia için Ni >Cr> V> Fe >As >Al >Zn> Cu >Mn >Pb >Cd

İki türde de elementlerin birbirlerine benzer oranlarda olmaları ise hem aynı habitatta gelişmiş olmaları hem de her iki türün de yapraksı likenler olmalarından dolayıdır. Yani bu iki tür birbirlerine benzerdir. Aynı şekilde bizim elde ettiğimiz sonuçlarda da *X. parietina* ve *P. adscendens* epifitik likenleri ile element sıralaması yapıldığında benzer sonuçlar görülmüştür.

Başka bir çalışmada ise *Pseudevernia furfuracea* epifitik likeni ile Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce ve Co gibi 40 adet elementin ölçümünü ICP-MS analizi ile yapmışlardır. Bu çalışmada aktif biyoizleme araştırmalarında en sık kullanılan likenlerden biri olan *Pseudevernia furfuracea*'daki temel element içeriğinin geniş

ölçekli olarak anlaşılmasını sağlamışlardır. Verilerdeki değişkenlikten dolayı daha fazla araştırma gereksinim olduğunu vurgulamışlardır (İncerti ve ark. 2017).

İstanbul'da yapılmış olan radyoaktivite çalışmalarına bakıldığında,

İstanbul-Küçükçekmece ve Ordu ili liken (*Xanthoria parietina*) ve karayosunu (*Leucodon immersus*) örneklerinde X-ışını spektrometrisi analizi ile ^{106}Cd, ^{57}Co, ^{139}Ce, ^{113}Sn, ^{137} Cs, ^{88}Y ve ^{60}Co radyonüklit araştırması Topçuoğlu ve ark. (1995), tarafından gerçekleştirilmiştir.

Dünyada yapılmış olan radyoaktivite çalışmalarına bakıldığında,

Dünyada; radyoaktivite, transplantasyon ve biyoizleme vb. çalışmalar 1950'li yıllardan günümüze kadar devam etmiştir.

Bunlardan bazıları; Gorham (1959), Toronto şehrinde liken ve yosunlarda radyoaktivite birikimini çalışmıştır. Liken ve yosunlarda radyoaktif madde birikimi olabileceği sonucuna varmıştır.

Dünyada yapılmış olan transplantasyon çalışmasına bakıldığında,

Garty (1982), İsrail'de kentsel, kırsal ve banliyo bölgelerinden transplante ettiği *Ramalina duriaei* likeninin içerisindeki Cu, Cr, Cd, Pb, Zn ve Ni elementlerinin ölçümünü AAS ile yapmıştır. 30 bölgede 1 sene boyunca maruz bıraktığı *R. duriaei* likeninin 6 element ile korelasyon analizini yapmıştır. Yeni nakledilen *R. duriaei*'de Cu, Zn, Cr, Pb, Cd ve Ni miktarlarında artış meydana gelmiştir. Çalışma alanındaki ortak emisyon kaynağı nedeniyle bu ağır metallerin tüm çiftleri arasındaki korelasyon katsayılarında artış görmüştür.

Dünyada yapılmış olan biyoizleme çalışmalarına bakıldığında,

Bargagli ve ark. (1987), İtalya'daki San Rossore doğal parkından *Parmelia caperata* epifitik liken türü toplamışlardır. Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin ölçümünü yaparak haritalandırmışlardır. Parktaki metal birikiminin yıl boyunca düşük miktarda olduğunu görmüşlerdir ancak Cu, Co ve Ni elementlerinde hafif bir artış olmuştur ve likenler ile biyoizleme yönteminin güvenilir bir gösterge olduğu sonucuna varmışlardır.

Pereira ve ark. (1970), biyoizlemenin ucuz, güvenilir bir hava kalitesi değerlendirme yöntemi olduğunu ortaya çıkarmıştır. Çalışmanın amacı bakır madenindeki faaliyetlerden kaynaklanan toz emisyonlarının atmosferdeki birikimini likenlerle ölçmektir. Liken örneklerindeki (*Ramalina ve Usnea* liken türleri) Cu içeriğini AAS yöntemi ile ölçmüşlerdir. Son olarak likenler ile Cu birikimini ölçmenin çok daha avantajlı ve ucuz bir yöntem olduğunu düşünmüşlerdir. Metaller ile

biyoizleme yönteminde daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu ve çalışmanın nihai amacına ulaşmak için bölgenin kirletici etkisi ve hava kalitesi kontrolü gerektiği sonucuna varmışlardır.

Yine bir başka çalışmada ise Nimis ve ark. (1990), İtalya'da biyomonitör liken türleri ile SO_2 kirliliğini ölçmüşlerdir. La Spezia kasabasındaki her istasyonda en az dört ağaç üzerinde *Parmelia caperata, Lepraria incana* gibi biyomonitör liken türleri toplamışlardır. Surfer programı ile iki boyutlu ve üç boyutlu haritalar oluşturmuşlardır. Elde ettikleri kirlilik verilerinin örnekleme noktalarının yüksek yoğunlukta olması ve iyi korelasyonu nedeniyle yüksek kalitede olabileceği sonucuna varmışlardır.

Salo, 2012 yılında Finlandiya'da yosun *Sphagnum papillosum* ve liken *Hypogymnia physodes* türlerinin Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Pb, Ti, V ve Z element ICP-OES, ICP-MS ve SEM analizini yapmıştır. Son olarak yosun ve likenlerin biyolojik izleme çalışmaları için uygulanabilir olduğu sonucuna varmıştır.

Günümüzde ise Komendova (2019), Çek Cumhuriyeti, Brno şehrinde çeşitli kirleticilere maruz kalan *Hypogymnia physodes* likenindeki Pd element içeriğinin HR-CS-GF AAS analizini yapmışlardır. Pd trafik kaynaklı bir kirleticidir. Çalışmalarının sonucunda, sürekli artan araç kaynaklı kirliliğe karşı platin bazlı katalizör kullanımının teşvik edilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Parviainen ve ark. (2019), İspanya Huelva kentindeki *Xanthoria parietina* likeninde V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, As, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Er, Tm, Yb, Lu, Pb, Th ve U elementlerinin içeriğine ICP-MS analizi ile bakmışlardır. Çalışmalarının sonucunda PM ve ağır metal kirliliği, analiz sonuçları ile pozitif korelasyon göstermiştir. Ayrıca metal kirliliğinin kilometrelerce uzaklara taşınabildiği sonucuna varmışlardır.

Daimari ve ark. (2020), Doğu Himalaya bölgesinde kentsel ve kırsal bölgelerdeki *Pyxine cocoes* (Sw.) Nyl biyomonitör liken türü ile çeşitli elementlerin (Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb ve Zn) likenler üzerindeki birikimlerini karşılaştırmalı olarak (ICP-AES) analizi ile değerlendirmişlerdir.

Yukarıda bahsedilen dünyadaki çeşitli bölgelerde uygulanan likenle biyoizleme çalışmalarında Bargagli ve ark. (1987), Pereira ve ark. (1970), Salo (2012), Parviainen ve ark. (2019) ve Daimari ve ark. (2020), yöntem (çoklu-element analizi) ve kirletici maddeler açısından bizim çalışmamızla benzer olduğu görülmektedir.

Parviainen ve ark. (2019), *Xanthoria parietina* türü ve ICP-MS analiz yöntemini çalışmıştır. Bu bakımdan çalışmamızla ortak özellik göstermektedir. Ayrıca ağır metallerin hava yolu ile taşınabilme ihtimalinin yüksek olabileceği anlaşılmıştır.

Yine Komendova (2019), tarafından yapılan çalışma bu tez çalışması ile yöntem ve amaç bakımından benzer niteliktedir.

Genel bir sonuç olarak bu tez çalışmamız yukarıdaki çalışmalarla benzerlik gösterdiği için onlarla kıyaslandığında uyguladığımız yöntemlerin uygulanabilir, yaygın ve güvenilir olduğu söylenebilir. Çalıştığımız *Xanthoria parietina* ve *Physcia adscendens* türlerinin ise biyoindikatör olabileceği görülmüştür.

Nimis ve ark. (1990), tarafından yapılan çalışmada SO_2 kirliliğini ölçmüşlerdir. Bu çalışmamız ile kirletici kaynağı açısından farklılık göstermektedir. Gorham (1959) ve Garty (1982) ise tez çalışmamız ile yöntem bakımından farklılıklar göstermektedir.

Bu tez çalışmasındaki *X. parietina* ve *P. adscendens*'den elde edilen ağır metal kirlilik sonuçları yine aynı türlerle kıyaslanarak Belivermiş ve ark. (2008), İçel ve Çobanoğlu (2009) ve son olarak Kurnaz ve Çobanoğlu (2017), tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile literatürde yer alan çalışmalar değerlendirildiğinde *Xanthoria parietina* ve *Physcia adscendens* liken türünün biyoindikatör olabileceği görülmüştür. Literatüre baktığımızda dünyada ve ülkemizde likenlerle biyoizleme çalışmalarının oldukça yaygın olduğu görülmektedir ancak İstanbul'da yapılan çalışmalar sınırlıdır. İstanbul Anadolu Yakası'nda yapılan ilk çalışma 2009 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile çalışılan lokalitelerdeki mevcut hava kirliliği seviyesi ile ilgili gelecekte yapılacak biyoizleme çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

BÖLÜM V. SON SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ICP-MS analizi yapılarak kirlilik miktarı (ppm) hakkında elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

X. parietina için Al > Fe > Mn > Zn > Cr > V > Cu > Pb > Ni > As

P. adscendens için Al > Fe > Mn > Zn > Cr > Cu > V > Ni > Pb > As

Bu çalışmada, İstanbul Anadolu Yakası'nda çalışılan lokalitelerin birçok kirleticiye maruz kaldığı görülmektedir. *X. parietina* ve *P. ascendens* liken örneklerinde Al, Fe, Mn, Zn ve Cr yüksek miktarlarda tespit edilmiştir. Al, Fe, Mn, Zn ve Cr kirleticilerini benzer bir şekilde talluslarında tutabilen türler olduğundan, iki türün de biyomonitör olarak kullanılabileceği sonucu çıkmaktadır.

Ağır metal, PM gibi kirleticilerin havada artan miktarda çevre kirliliğine sebep olmaları ve tüm canlılar için toksik olmalarından dolayı her bir elementin kirlilik seviyelerinin İstanbul'un bütün ilçelerinde ölçülmesi, periyodik olarak raporlanması

oldukça önemlidir. Bilindiği gibi çevre sorunları, son 20 yıldır dünyada olduğu gibi Türkiye'de de günlük yaşam sorunları arasındadır. Ormanların yok olmasının yol açtığı sorunlar ve bununla beraber havadaki kirletici miktarlarının giderek artması, erozyon, nüfusun hızla artması, kentleşmenin çarpıtılması ve yeşil alanların azalması, kıyıların bozulması, trafikten kaynaklanan hava kirliliği, sanayide kullanılan kimyasallar, nükleer enerji ve termik santrallerin kullanımı örnek olarak verilebilir.

Bu konu ile alakalı alınabilecek önlemler arasında, havadaki ağır metalleri bünyesinde toplayabilen bitki türleri aynı zamanda ağır metalleri havadan uzaklaştırabilmektedir. Dolayısıyla havayı ağır metal bakımından temizleyebilmektedirler (Çömeten 2019). Ayrıca kirliliği azaltmaya yönelik olarak, fosil yakıt kaynaklı emisyonların azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılması, elektrikli taşıtların ve toplu taşıt kullanımının arttırılması, ormanların korunması ve yeşil alanların arttırılması sayılabilir. Ağaç yaşken eğilir bu yüzden çevre bilinci ile yetişen çocuklar ekolojik dengeye katkı sağlayarak daha iyi bir geleceğe dayanıklı bir basamak görevi göreceklerdir.

Son olarak havadaki kirleticilerden (ağır metal, PM vb.) kaynaklı kirliliğin izlenmesi ve azaltılması konusunda biyomonitör türler (liken, karayosunu ve bitkiler) seçilerek benzer çalışmaların çeşitlendirilerek devam ettirilmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. Çobanoğlu G. (2015) The Use Of Lichens For Biomonitoring Of Atmospheric Pollution, Atmosferik Kirliliğin Biyolojik İzlenmesinde Likenlerin Kullanımı. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 33(4), 591-613.
2. Öztürk M. (2005) Şehir İçi Bölgelerde Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri, Çevre Bakanlığı, Ankara.
3. Çetin T., Sümbül H. (2010) Hava Kirliliğinin Belirlenmesinde Likenlerin Kullanımı. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 2, 73-85.
4. Nash III, T. H. (2008) Lichen Biology, Cambridge University Press.
5. Ahmadjian V. (1993) The Lichen Symbiosis, Wiley, New York.
6. Çobanoğlu G. (2009) "Hava Kirliliği ve Likenler", ders notları, İstanbul.
7. Garty J. (2001) Biomonitoring Atmospheric Heavy Metals with Lichens: Theory and Application. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 20(4), 309-371.
8. Tuncel G. S., Karakas Y.S. (2003) Elemental Concentration In Lichen In Western Anatolia. *Water, Air, and Soil Pollution,* 3, 97–107.
9. Özdemir A. (1992) Hava Kirliliği ve Likenler. *Ekoloji ve Çevre Dergisi*, 18-21.
10. Yolcubal İ., Doğrul A. (2009) Hava Kirliliğinin İzlenmesinde Likenlerin Kullanımı: Kocaeli İli Örneği. *Mavi gezegen,* 14.
11. Türk R., Wirth V. (1975) The pH Dependence Of SO_2 Damage To Lichens. *Oecologia*, 19, 285–291.
12. Silberstein L., Siegel B.Z., Siegel S.M., Mukhtar A., Galun M. (1996) Comparative Studies On *Xanthoria parietina*, A Pollution-Resistant Lichen, And *Ramalina duriaei*, A Sensitive Species. II. Evaluation Of Possible Air Pollution-Protection Mechanisms. *Lichenologist*, 28(4), 367–383.
13. Blett T., Geiser L., Porter E. (2003) Air Pollution-Related Lichen Monitoring İn National Parks, Forests, And Refuges: Guidelines For Studies Intended For Regulatory And Management Purposes. 1-18.
14. Kirschbaum U., Wirth V. (1997) The Bioindicators Lichens Recognize And Evaluate The Quality Of The Air. Ed. *Les Editions Eugen Ulmer*, 128.
15. Ait Hammou M., Maatoug M., Mihoub F., Benouadah M.H. (2016) Hichem Air Pollution Mapping with Bio-Indicators in Urban Areas. 164-179.

16. Kırbaşoğlu Ç., Topçuoğlu S. (2003) Radyoaktif ve Kimyasal Kontaminasyonda Monitör Organizma Olan Likenlerin Önemi ve Yapılan Araştırmalar. VIII. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 15-17 Ekim, Kayseri.
17. Hawksworth D.L. (1970) Lichens As Litmus For Air Pollution: A Historical Review. *Intern. J. Environmental Studies,* 1, 281-296.
18. Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (2002) Monitoring With Lichens-Monitoring Lichens. *Kluwer academic publishers,* 1-4.
19. Dündar M.Ş., Altundağ H., Kaygaldurak S., Şar V., Acar A. (2012) Çeşitli Endüstriyel Atık Sularda Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *Fen Bilimleri Dergisi,* 16(1), 6-12.
20. Özbolat G., Tuli A. (2016) Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri (Effects of Heavy Metal Toxicityon Human Health). *Arşiv Kaynak Tarama* Dergisi, 25(4), 502-521.
21. Bakar C., Baba A. (2009) Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim–1 Kasım, Ürgüp/NEVŞEHİR.
22. Yavuz M. (2010) Gölcük Tabiat Parkı Liken Florası ve Isparta Hava Kirliliğinin Likenlerle Derecelendirilmesi. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 17-18.
23. Kumar Das S., Grewal A.S., Banerjee M. (2011) A Brief Review: Heavy Metal And Their Analysis. *International Journal Of Pharmaceutical Sciences Review And Research,* 11(1), 13-17.
24. Örün E., Yalçın S.S. (2011) Kurşun, Civa, Kadmiyum: Çocuk Sağlığına Etkileri ve Temasın Belirlenmesinde Saç Örneklerinin Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 3(2), 73-81.
25. Yalçın S. (2004) Doğal ve Sentetik Çözeltilerden Krom (III) ve Krom (VI) Giderilmesi, Önderiştirilmesi Ve Türlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
26. Akhter M.S., Madany I.M. (1993) Heavy Metals In Street And House Dust In Bahrain. *Water Air Soil Pollution,* 66,111-119.
27. Özyürek F. (2016) Nevşehir'de Farklı Su Kaynaklarıyla Sulanan Sebzelerde Ağır Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) Birikimi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.

28. Altundağ H. (2002) Adapazarı Ev Tozlarında Ağır Metallerin Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Teknikle Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
29. Yalçın N., Aydın A.O., Sevinç V. (1989) Tarım Alanlarında Motorlu Araç Trafiğinin Yol Açtığı Pb ve Zn Birikimi. *Tübitak Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 3(13), 429-439.
30. Gorham E. (1959) A Comparison Of Lower And Higher Plants As Accumulators Of Radioactive Fall-Out. *Department of Botany*. University of Toronto. 37, 327-329.
31. Garty J. (1982) Heavy Metals In The Lichen Ramalina Duriaei Transplanted İn Biomonitoring Stations. *Water, Air and Soil Pollution*, 17, 175-183.
32. Pereira M.J., Branquinho C., Scares A. (1970) Modelling Air Pollution İn A Copper Mine By Using Physical And Biological Monitoring. *Transactions on Ecology and the Environment*, 6, 50-57.
33. Bargagli R., D'amato M.L., Iosco F.P. (1987) Lichen Biomonitoring Of Metals In The San Rossore Park: Contrast With Previous Pine Needle Data. *Department of Environmental Biology*. 9, 285-294.
34. Nimis P.L., Castello M., Perotti M. (1990) Lichens As Biomonitors Of Sulphur Dioxide Pollution In La Spezia (Northern Italy). *Lichenologist*, 22(3), 333-344.
35. Garty J., Levin T., Cohen Y., Lehr H. (2002) Biomonitoring Air Pollution With The Desert Lichen *Ramalina maciformis*. *Physiologia Plantarum*, 115, 267-275.
36. Dzubaj A., Backor M., Tomko J., Peli E., Tuba Z. (2008) Tolerance Of The Lichen *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. To Metal Stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70, 319–326.
37. Salo H., Bucko M.S., Vaahtovuo E., Limo J., Makinen J., Pesonen L.J. (2012) Biomonitoring Of Air Pollution İn SW Finland By Magnetic And Chemical Measurements Of Moss Bags And Lichens. *Journal Of Geochemical Exploration*, 115, 69-81.
38. İncerti G., Cecconi E., Capozzi F., Adamo P., Bargagli R., Benesperi R., Carniel F.C., Cristofolini F., Giordano S., Puntillo D., Spagnuolo V., Tretiach M. (2017) Infraspecific Variability İn Baseline Element Composition Of The Epiphytic Lichen *Pseudevernia furfuracea* İn Remote Areas: İmplications For Biomonitoring Of Air Pollution. *Environ Sci Pollut Res*, 24, 8004-8016.

39. Komendova R. (2019) The HR-CS-GF-AAS Determination And Preconcentration Of Palladium İn Contaminated Urban Areas, Especially İn Lichens. *Environmental Pollution*, 256, 113-468.
40. Parviainen A., Casares-Porcel M., Marchesi C., Garrido C.J. (2019) Lichens As A Spatial Record Of Metal Air Pollution İn The İndustrialized City Of Huelva (SW Spain). *Environmental Pollution*, 253, 918-929.
41. Daimari R., Bhuyan P., Hussain S., Navaka S., Mazumder M.A.J., Hoque R.R. (2020) Biomonitoring By Epiphytic Lichen Species *Pyxine cocoes* (Sw.) Nyl.: Understanding Characteristics Of Trace Metal İn Ambient Air Of Different Landuses İn Mid-Brahmaputra Valley. *Environmental Monitoring And Assessment*, 192, 37.
42. Klapstein S.J., Walker A.K., Saunders C.H., Cameron R.P., Murimboh J.D., O'Driscoll N.J. (2020) Spatial Distribution Of Mercury And Other Potentially Toxic Elements Using Epiphytic Lichens İn Nova Scotia. *Chemosphere*. 241, 125064.
43. Capozzi F., Sorrentino M.C., Di Palma A., Mele F., Arena C., Adamo P., Spagnuolo V., Giordano S. (2020) Implication Of Vitality, Seasonality And Specific Leaf Area On PAH Uptake İn Moss And Lichen Transplanted İn Bags. *Ecological Indicators*, 108, 105727.
44. 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 (1).
45. Uğur A., Özden B., Saç M. M., Yener G. (2003) Biomonitoring Of ^{210}Po And ^{210}Pb Using Lichens And Mosses Around A Uraniferous Coal-Fired Power Plant İn Western Turkey. *Atmospheric Environment*, 37, 2237–2245.
46. Topçuoğlu S., Zeybek U., Küçükcezzar R., Güngör N., Bayülgen N., Cevher E., Güven K. C. (1992) The İnfluence Of Chernobyl On The Radiocesium Contamination İn Lichens İn Turkey. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 35, 161-165.
47. Yazıcı K., Ertuğral B., Damla N., Apaydın G. (2008) Radioactive Contamination İn Lichens Collected From Trabzon And Rize İn The Eastern Black Sea Region, Turkey And A Comparison With That Of 1995. *Bull Environ Contam Toxicol*, 80, 475-479.

48. Akçin G., Saltabaş O., Yeşilçimen F. (2001) Biosorption of Heavy Metal From Aqueouss Solution by Dried Lichens. *International Journal of Chemistry*, 11(3), 141-146.
49. Yenisoy-Karakaş S., Tuncel S.G. (2004) Geographic Patterns Of Elemental Deposition İn The Aegean Region Of Turkey İndicated By The Lichen, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. *Science of the Total Environment*, 329, 43-60.
50. Çiçek A., Koparal A.S. (2003) The Assessment Of Air Quality And İdentification Of Pollutant Sources İn The Eskisehir Region Turkey Using *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12 (1).
51. Uğur A., Özden B., Saç M. M., Yener G., Altınbaş Ü., Kurucu Y., Bolca M. (2004) Lichens And Mosses For Correlation Between Trace Elements And ^{210}Po İn The Areas Near Coal-Fired Power Plant At Yatağan Turkey. *Journal Of Radioanalytical And Nuclear Chemistry*, 259 (1), 87–92.
52. Aslan A., Budak G., Karabulut A. (2004) The Amounts Fe, Ba, Sr, K, Ca And Ti İn Some Lichens Growing İn Erzurum Province (Turkey). *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 88, 423-431.
53. Aslan A., Budak G., Tıraşoğlu E., Karabulut A., Karagöz Y., Apaydın G., Ertuğral B., Çevik U. (2004) Analysis Of Elements In Some Lichens By Radioisotope X-Ray Fluorescence Spectrometry. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13 (8), 740-747.
54. Mendil D., Tuzen M., Yazıcı K., Soylak M., "Heavy Metals in Lichens From Roadsides and An Industrial Zone in Trabzon, Turkey", Bull. Environ. Contam. Toxicol., 74, 190–194, 2005.
55. Aslan A., Budak G., Tıraşoğlu E., Karabulut A. (2006) Determination Of Elements İn Some Lichens Growing İn Giresun And Ordu Province (Turkey) Using Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 97, 10-19.
56. Çayır A., Coşkun M., Coşkun M. (2007) Determination Of Atmospheric Heavy Metal Pollution İn Canakkale And Balikesir Provinces Using Lichen (*Cladonia rangiformis*) As A Bioindicator. Bull Environ Contam Toxicol, 79, 367–370.
57. Çayır A., Coşkun M., Coşkun M. (2008) Çanakkale Çevresinde Toplanan Biyoindikator Organizma *Cladonia rangiformis*'de Bazı Element Konsantrasyonları. *Ekoloji*, 18 (69), 7-13.

58. Yıldız A., Aksoy A., Tuğ G.N., İslek C., Demirezen D. (2008) Biomonitoring Of Heavy Metals By *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf İn Ankara (Turkey). *J Atmos Chem*, 60, 71–81.
59. Cansaran-Duman D., Atakol O., Atasoy İ., Kâhya D., Aras S., Beyaztaş T. (2009) Heavy Metal Accumulation İn *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf From The Karabük Iron-Steel Factory İn Karabük, Turkey. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 64 (9-10), 717–723.
60. Cansaran-Duman D., Altunkaynak E., Aras E.S. (2014) Heavy Metal Accumulation And Genotoxicity İndicator Capacity Of The Lichen Species *Ramalina pollinaria* Collected From Around An İron Steel Factory İn Karabük, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 38, 477-490.
61. Kınalıoğlu K., Bayrak-Özbucak T., Güray-Kutbay H., Hüseyinova R., Bilgin A., Demirayak A. (2010) Biomonitoring of Trace Elements with Lichens in Samsun City, Turkey. *Ekoloji*, 19, 64-70.
62. Demiray A.D., Yolcubal İ., Akyol N.H., Çobanoğlu G. (2012) Biomonitoring Of Airborne Metals Using The Lichen *Xanthoria parietina* İn Kocaeli Province, Turkey. *Ecological Indicators*, 18, 632-643.
63. Yavuz M., Çobanoğlu G. (2019) Active Monitoring Of Airborne Elements In Isparta Province (Turkey) With The Epiphytic Lichen *Physcia aipolia* (Erh. Ex Humb.) Fürnr. *Journal of Elementology*, 24 (3), 1115-1128.
64. Bozkurt Z. (2017) Determination Of Airborne Trace Elements İn An Urban Area Using Lichens As Biomonitor. *Environ Monit Assess*, 189-573.
65. Doğrul A., Akyol N.H., Yolcubal İ., Çobanoğlu G. (2007) Kocaeli İli Çevresinde Atmosferik Ağır Metal Çökeliminin Karayosunu ve Liken Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi. *Chemosphere, 25, 735-752.*
66. Vardar Ç. (2011) Kayseri İli Yöresinde Kirliliğe Maruz Bırakılmış *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf Liken Türünde Hava Kirliliğinin Genotoksisitesinin Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi Ve Moleküler Markörlerle Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
67. Ölgen ve Gür (2012) Yatağan Termik Santrali Çevresinden Toplanan Likenlerde (*Xanthoria parietina*) Saptanan Ağır Metal Kirliliğinin Coğrafi Dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 57, 43-54.
68. Topçuoğlu S., Van Dawen A.M., Güngör N. (1995) The Natural Depuration Rate Of 137Cs Radionuclides İn A Lichen And Moss Species. *Journal of Environmental Radioactivity*, 29 (2), 157-162.

69. Belivermiş M., Kılıç Ö., Çotuk Y. (2008) Heavy Metal and Radioactivity Concentrations in Soil and Moss Samples from Istanbul, Turkey. *IUFS J Biol*, 67(1), 39-47.
70. Coşkun M., Steinnes E., Coşkun M., Çayır A. (2009) Comparison Of Epigeic Moss (*Hypnum cupressiforme*) And Lichen (*Cladonia rangiformis*) As Biomonitor Species Of Atmospheric Metal Deposition. *Bull Environ Contam Toxicol*, 82, 1-5.
71. Belivermiş M., Çotuk Y. (2010) Radioactivity Measurements İn Moss (*Hypnum cupressiforme*) And Lichen (*Cladonia rangiformis*) Samples Collected From Marmara Region Of Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*, 101, 945-951.
72. 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.
73. Kurnaz K., Çobanoğlu G. (2017) Biomonitoring Of Air Quality In Istanbul Metropolitan Territory With Epiphytic Lichen *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (12), 7296-7308.
74. Özdemir F. (2008) Türkiye Genelinde Kükürt Dioksit Ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
75. Çevre Mühendisleri Odası (TMMOB) (2019) İstanbul Çevre Durum Raporu. 1-31.
76. Scerbo R., Ristori T., Possenti L., Lampugnani L., Barale R., Barghigiani C. (2002) Lichen (*Xanthoria parietina*) Biomonitoring Of Trace Element Contamination And Air Quality Assessment İn Pisa Province (Tuscany, Italy). *The Science of the Total Environment*, 286, 27-40.
77. Brunialti G., Frati L. (2007) Biomonitoring Of Nine Elements By The Lichen *Xanthoria parietina* İn Adriatic Italy: A Retrospective Study Over A 7-Year Time Span. *Science of The Total Environment*, 387, 289–300.
78. Hissler C., Stille P., Krein A., Geagea M.L., Perrone T., Probst J.L., Hoffmann L. (2008) Identifying The Origins Of Local Atmospheric Deposition İn The Steel İndustry Basin Of Luxembourg Using The Chemical And İsotopic Composition Of The Lichen *Xanthoria parietina*. *Science Of The Total Environment*, 405, 338 – 344.
79. Goward T., McCune B., Meidinger D. (1994) The Lichens of British Columbia İllustrated Keys. University of British Columbia, Canada.

80. Kaya G. (2007) AAS'de Bazı Metallerin Duyarlığının Arttırılmasında Stat'ın Kullanılması ve Biyomonitör Bitkilerin Belirlenmesinde Uygulanması. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ.
81. Kalıpsız A. (1981) İstatistik Yöntemleri. Yayın No: 2837, 294. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi. Doyuran Matbaası, İstanbul.
82. Özdamar K. (2002) Paket Programları ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler). 5. Baskı, Kaan Kitabevi Eskişehir.
83. Dartan G., Toröz İ. (2013) Güney Marmara Bölgesinde Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Marmara Üniversitesi, *Fen Bilimleri Dergisi* 25 (1), 24-40.
84. Çömeten H. (2019) Trafik Kaynaklı Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesinde Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) İbrelerinin Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi. Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Kastamonu.

İNTERNET KAYNAKLARI

[i1] https://www.sciencephoto.com
[i2] https://education.jlab.org/itselemental/ele048.html
[i3] https://www.suboptimist.wordpress.com
[i4] https://commons.wikimedia.org/
[i5] https://www.pinterest.com
[i6] https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0stanbul
[i7] http://www.istanbul.gov.tr/nufus-bakimindan-turkiyenin-en-buyuk-kenti-istanbul
[i8] https://www.who.int/
[i9] https://havakalitesi.ibb.gov.tr
[i10] https://www.google.com.tr/maps
[i11] https://www.kgm.gov.tr
[i12] http://www.istanbultabiatparklari.gov.tr
[i13] http://elmasburnu.tabiat.gov.tr
[i14] https://istanbulobm.ogm.gov.tr/KanlicaOIM/Sayfalar/default.aspx
[i15] https://www.gezipedia.net/536-aydos-tepesi-tanitimi.html
[i16] https://tr.wikipedia.org/wiki/Kınalıada
[i17] https://www.istanbul.net.tr
[i18] https://tr.wikipedia.org/wiki/İstanbul%27daki_ormanlar

[i19] http://goztepe.tabiat.gov.tr

[i20] https://tr.wikipedia.org/wiki/Şile

[i21] https://tr.wikipedia.org/wiki/Büyük_Çamlıca_Tepesi

[i22] http://www.anadoluparkbahceler.com

[i23] https://tesislerimiz.ibb.istanbul/gozdagi-sosyal-tesisi/

[i24] https://lichenportal.org

[i25] https://www.iaea.org

[i26] http://www.stendustri.com

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Elif Aysu Özkök
Uyruğu: TC.
Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul -1995
Telefon: 0534 579 92 89
e-mail: elifaysuozkok@gmail.com

EĞİTİM

Lise: 75. Yıl Cumhuriyet Lisesi
Üniversite: Gazi Üniversitesi / Biyoloji – 2013-2017
Pedagojik Formasyon: İstanbul Üniversitesi - 2017
Yüksek Lisans: Marmara Üniversitesi / Biyoloji - 2017-2020

İŞ DENEYİMLERİ:

Mecidiyeköy Eylül Akademi Özel Öğretim Kursu / Biyoloji Öğretmeni - 2020

Yayınlar – Kongreler

Al-Almoody A.A., Yayman D., Kaan T., Özkök E.A., Özcan A., Özen E., Özyiğitoğlu G.Ç.Role of lichen secondary metabolites and pigments in UV-screening phenomenon in lichens - *Acta Biologica Turcica* - 33 (1): 35-4 - 2019.

2.Çevre Mühendisliği Kaynak Geri Kazanımı Uluslararası Kongresi –İstanbul İli Anadolu Yakası Hava Kalitesinin Biyomonitör Likenler İle İzlenmesi - Poster Sunumu – 2019.