

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

**İSTANBUL İLİNDE  
ATMOSFERİK AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN  
BİYOMONİTÖR LİKENLERLE İZLENMESİ**

**Yeşim İÇEL**

**Biyolog**

**141100620020063**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
BİYOLOJİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. Gülşah ÇOBANOĞLU**

**İSTANBUL 2005**

# ÖNSÖZ

Eşsiz tarihi ve doğal güzelliklerle dolu İstanbul ilimizin nüfusu ve motorlu taşıt sayısı her geçen gün artmakta ve buna bağlı olarak da hava kalitesinin korunması zorunluluğu doğmaktadır. Bu konunun önemi üzerine, çalışmamızda ilimizin hava kalitesi likenler ile biyomonitörlenerek analiz edilmiştir. Bu amaçla İstanbul'un çeşitli bölgelerinden toplanan liken örneklerinde element analizleri yapılarak, çeşitli karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir.

Bütün çalışma boyunca her zaman bana destek olan, konuyla ilgili bilgi ve tecrübelerini paylaşarak yol gösteren değerli tez danışmanım Yrd. Doç Dr. Gülşah Çobanoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamızda tecrübe ve bilgileriyle yol gösteren ve ölçümlerimizi en doğru şekilde gerçekleştiren Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM) Kimya Böl. Bşk. V. Dr. Seval Bayülken ve Kimya Yük. Müh. Dr. Yusuf Ziya Yılmaz'a çok teşekkür ederim.

Örnek toplama çalışmaları sırasında yanımda olan, çalışmam için yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen aileme de teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER

	SAYFA
<b>ÖZET</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>YENİLİK BEYANI</b> .....	<b>III</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>IV</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>BÖLÜM I GİRİŞ ve AMAÇ</b> .....	<b>1</b>
<b>BÖLÜM II GENEL BÖLÜM</b> .....	<b>3</b>
<b>II.1 GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>3</b>
<b>II.1.1 Likenler</b> .....	<b>3</b>
<b>II.1.2 Likenlerin Kimyasal Bileşikleri</b> .....	<b>5</b>
II.1.2.1 Likenlerin Bileşiklerinin Kullanımı .....	<b>7</b>
<b>II.1.3 Biyomonitör Olarak Likenler ve Literatürdeki Yeri</b> .....	<b>8</b>
<b>II.2 ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN TANITIMI</b> .....	<b>22</b>
<b>II.2.1 İstanbul İlinin Tanıtımı</b> .....	<b>22</b>
<b>II.2.2 Örnek Toplanan İstasyonlar ve İlçelerin Tanıtımı</b> .....	<b>24</b>
<b>II.3 ÇALIŞILAN ELEMENTLERİN TANITIMI</b> .....	<b>28</b>
<b>II.3.1 Alüminyum (Al)</b> .....	<b>29</b>
<b>II.3.2 Kadmiyum (Cd)</b> .....	<b>29</b>
<b>II.3.3 Krom (Cr)</b> .....	<b>30</b>
<b>II.3.4 Kobalt (Co)</b> .....	<b>30</b>
<b>II.3.5 Bakır (Cu)</b> .....	<b>31</b>
<b>II.3.6 Demir (Fe)</b> .....	<b>31</b>
<b>II.3.7 Kurşun (Pb)</b> .....	<b>31</b>
<b>II.3.8 Manganez (Mn)</b> .....	<b>32</b>
<b>II.3.9 Nikel (Ni)</b> .....	<b>33</b>
<b>II.3.10 Çinko (Zn)</b> .....	<b>33</b>

<b>BÖLÜM III MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>34</b>
<b>III.1.1 Materyal Toplama Yöntemi .....</b>	<b>34</b>
<b>III.1.2 Analiz Yöntemi .....</b>	<b>34</b>
<b>BÖLÜM IV SONUÇLAR .....</b>	<b>39</b>
<b>IV.1.1 İstasyonlar Arasında Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları .....</b>	<b>39</b>
<b>IV.1.2 Benzer Örnekler Arasında Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları ...</b>	<b>55</b>
<b>BÖLÜM V TARTIŞMA .....</b>	<b>75</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>82</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>86</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>99</b>

## ÖZET

Şubat – Kasım 2004 tarihleri arasında hava kalitesini izlemek amacıyla İstanbul'un çeşitli bölgelerinden (Polonezköy, Şile Yolu, Çamlıca, Hıdiv Kasrı, Büyük Ada, Kınalı Ada, Heybeli Ada, Maltepe, Belgrad Ormanı ve Maslak ) karayosunu ve liken örnekleri (*Parmelia caperata*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia tinctoria*, *Cladonia* türleri, *Xanthoria parietina*, *Hypogymnia tubulosa*, *Evernia prunastri* ve *Physcia adscendens*) toplanmıştır. Toplanan örneklerde, Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi (ÇNAEM) Kimya Laboratuvarında Atomik Absorpsiyon cihazı ile Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Zn analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen değerlerden yola çıkılarak, element birikimleri bakımından karayosunu ile liken örnekleri, ayrıca istasyonlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

**Eylül, 2005**

**Yeşim Icel**

## **ABSTRACT**

Moss and lichen samples (*Parmelia caperata*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia tinctoria*, *Cladonia* species, *Xanthoria parietina*, *Hypogymnia tubulosa*, *Evernia prunastri* ve *Physcia adscendens*) were collected from various parts (Polonezköy, Şile Yolu, Çamlıca, Hıdiv Kasrı, Büyük Ada, Kınalı Ada, Heybeli Ada, Maltepe, Belgrad Ormanı ve Maslak ) of Istanbul in February – November 2004, for the purpose of evaluating air quality. The concentration of the following elements Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Zn were measured by atomic absorption spectrophotometry (AAS) in Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi (ÇNAEM) Chemistry Laboratory. In relation to the element depositions in lichen and moss samples, also the stations are compared to each other according to the analyzing data.

**Eylül, 2005**

**Yeşim Icel**

# **YENİLİK BEYANI**

## **İSTANBUL İLİNDE ATMOSFERİK AĞIR METAL**

### **KİRLİLİĞİNİN BİYOMONİTÖR LİKENLERLE İZLENMESİ**

Likenlerin en önemli ekolojik özelliklerinden biri hava kalitesinin izlenmesinde biyomonitör olarak kullanılmalarıdır. Farklı biyolojik yapılarından dolayı yüksek bitkilere göre likenler havadaki elementleri (metal, ağır metal radyoaktif elementler) daha iyi biriktirebilmektedir. Bu özellikleri likenleri en iyi biyomonitör canlılar olarak öne çıkarmıştır.

Hava kirliliği için cihazlar ile yapılan ölçümler anlık bilgi verirken, likenler ile yapılan biyomonitörleme analizleri o bölge için uzun bir döneme ait bilgi verir. Yurtdışında bu konuyla ilgili yapılan birçok çalışma mevcuttur. Ülkemizde likenoloji bilimi yeni yeni gelişmektedir. Henüz liken florası dahi oluşturulmamış olup, hava kalitesi ile ilgili yapılan çalışma sayısı da çok azdır. Bu sebeple seçtiğimiz çalışma konusu ayrı bir önem taşımaktadır. Ayrıca çalıştığımız alan olan İstanbul, hava kalitesi bakımından likenler aracılığıyla ilk defa incelenmiştir. Bu bakımdan tez konumuz, bu alanda yeni bir çalışmadır.

**Eylül, 2005**

**Yrd. Doç. Dr. Gülşah Çobanoğlu**

**Yeşim İcel**

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil II.1 Alevli AAS Örnek Giriş Yolu .....	13
Şekil II.2 Alevsiz Atomizasyon Şeması .....	14
Şekil II.3 AAS Cihazının Kısımları.....	15
Şekil II.4 ICP Cihazının Şematik Gösterimi.....	16
Şekil II.5 İstanbul İli Haritası .....	23
Şekil II.6 İstanbul İli Haritası, Polonezköy.....	25
Şekil IV.1 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Cu Konsantrasyonu .....	41
Şekil IV.2 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Mn Konsantrasyonu .....	42
Şekil IV.3 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Co Konsantrasyonu .....	44
Şekil IV.4 Liken ve Karayosunu Örneklerinde. Cd Konsantrasyonu .....	45
Şekil IV.5 Liken ve Karayosunu Örneklerinde. Zn Konsantrasyonu .....	47
Şekil IV.6 Liken ve Karayosunu Örneklerinde. Ni Konsantrasyonu .....	48
Şekil IV.7 Liken ve Karayosunu Örneklerinde. Pb Konsantrasyonu .....	50
Şekil IV.8 Liken ve Karayosunu Örneklerinde. Cr Konsantrasyonu .....	51
Şekil IV.9 Liken ve Karayosunu Örneklerinde. Fe Konsantrasyonu .....	53
Şekil IV.10 Liken ve Karayosunu Örneklerinde. Al Konsantrasyonu .....	54
Şekil IV.11 <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Cu Elementi .....	55
Şekil IV.12 <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Mn Elementi .....	55
Şekil IV.13 <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Cd Elementi .....	56

**SAYFA NO**

<b>Şekil IV.14</b> <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Co Elementi .....	56
<b>Şekil IV.15</b> <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Zn Elementi .....	57
<b>Şekil IV.16</b> <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Ni Elementi .....	57
<b>Şekil IV.17</b> <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Pb Elementi .....	58
<b>Şekil IV.18</b> <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Cr Elementi .....	58
<b>Şekil IV.19</b> <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Fe Elementi .....	59
<b>Şekil IV.20</b> <i>Cladonia</i> Örnekleri Arasında Al Elementi .....	59
<b>Şekil IV.21</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Cu Elementi .....	60
<b>Şekil IV.22</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Mn Elementi .....	60
<b>Şekil IV.23</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Co Elementi .....	61
<b>Şekil IV.24</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Cd Elementi .....	61
<b>Şekil IV.25</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Zn Elementi .....	62
<b>Şekil IV.26</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Ni Elementi .....	62
<b>Şekil IV.27</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Pb Elementi .....	63
<b>Şekil IV.28</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Cr Elementi .....	63
<b>Şekil IV.29</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Fe Elementi .....	64
<b>Şekil IV.30</b> <i>Parmelia</i> Örnekleri Arasında Al Elementi .....	64
<b>Şekil IV.31</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Cu Elementi .....	65
<b>Şekil IV.32</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Mn Elementi .....	65
<b>Şekil IV.33</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Co Elementi .....	66
<b>Şekil IV.34</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Cd Elementi .....	66
<b>Şekil IV.35</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Zn Elementi .....	67

**SAYFA NO**

<b>Şekil IV.36</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Ni Elementi .....	67
<b>Şekil IV.37</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Pb Elementi .....	68
<b>Şekil IV.38</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Cr Elementi .....	68
<b>Şekil IV.39</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Fe Elementi .....	69
<b>Şekil IV.40</b> <i>Xanthoria</i> Örnekleri Arasında Al Elementi .....	69
<b>Şekil IV.41</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Cu Elementi .....	70
<b>Şekil IV.42</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Mn Elementi .....	70
<b>Şekil IV.43</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Co Elementi .....	71
<b>Şekil IV.44</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Cd Elementi .....	71
<b>Şekil IV.45</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Zn Elementi .....	72
<b>Şekil IV.46</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Ni Elementi .....	72
<b>Şekil IV.47</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Pb Elementi.....	73
<b>Şekil IV.48</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Cr Elementi.....	73
<b>Şekil IV.49</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Fe Elementi .....	74
<b>Şekil IV.50</b> Karayosunu Örnekleri Arasında Al Elementi .....	74

# TABLO LİSTESİ

## SAYFA NO

<b>Tablo II.1</b> Sun, Chi ve Shiu'nun Çözünürleştirme Metotları ve Prosedürleri .....	21
<b>Tablo II.2</b> Sun, Chi ve Shiu'nun Çözünürleştirme Metotları NIST2704 Sonuçları .	22
<b>Tablo II.3</b> İstasyon Numaraları ve İsimleri .....	24
<b>Tablo III.1</b> Örnek Toplama Tablosu .....	35
<b>Tablo III.2</b> Referans Maddesi Değer Tablosu .....	38
<b>Tablo IV.1</b> İstasyon Numaraları ve İsimleri Tablosu.....	39
<b>Tablo V.1</b> <i>Parmelia caperata</i> Liken Örnekleri İçin Karşılaştırma .....	76
<b>Tablo V.2</b> Karayosunu Örnekleri İçin Karşılaştırma Tablosu .....	79
<b>Tablo V.3</b> <i>Parmelia</i> Türleri İçin Karşılaştırma Tablosu .....	81

# BÖLÜM I

## I.1 GİRİŞ ve AMAÇ

Hava kirliliği, gelişen dünyamızın önemli bir çevre sorunu olarak tüm insanlığın karşısına çıkmaktadır. Dünyanın birçok yerinde nüfusun hızla yükselmesi, trafikteki araç sayısının artışı, endüstriyel atıklar, ev ve işyeri yakıt atıkları hava kirliliğine sebep olmaktadır. Endüstriyel atıklar için arıtma tesisleri, modifiye edilmiş yakıtlar, hava kirliliğinin artışına engel olmak için atılan önemli adımlardır. Bu adımlara ilaveten bilim adamları çeşitli yöntemler ile ölçümler yapmakta ve hava kalitesini değerlendirmektedir. Hava kalitesinin değerlendirilmesinde çeşitli analiz cihazları ile atmosferik ölçümler yapılabildiği gibi canlı organizmalardan faydalanılarak biyomonitörleme olarak da bilinen biyolojik ölçümler de yapılabilmektedir.

Cihazlar ile yapılan ölçümler hava kirliliği ile ilgili olarak anlık bilgi verirken, likenler ve kara yosunları gibi biyolojik monitörler ile yapılan analizler, o bölgenin havası hakkında daha uzun bir dönem bakımından, güvenilir bilgi sağlamaktadır. Likenler, tüm dünyada hava kirliliği biyomonitörleme çalışmalarında en sık kullanılan biyolojik indikatörlerdir. Bu durum, ileriki bölümlerde detaylı olarak bahsedeceğimiz fizyolojik ve morfolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bir bölgedeki belirli liken türlerinin varlığı o bölgenin kükürtdioksit seviyesine bağlı, hava kirliliği hakkında kalitatif bilgi sağlamaktadır. İlaveten likenlerle ağır metal ve radyoaktif kaynaklı hava kirliliğinin kantitatif olarak belirlenmesi de mümkündür. Bu tip çalışmalarda iki değişik yol izlenebilir. Bu yollardan ilki doğal olarak geliştiği alandan toplanan liken örneklerinden element analizlerinin yapılması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesidir. Diğer çalışma yolu ise doğal olarak geliştiği alandan toplanan liken örneklerinin element analizleri yapıldıktan sonra

hava kalitesi bakımından çalışılacak bölgelere yerleştirilmesi ve belli bir süre beklendikten sonra yeniden element analizlerinin yapılmasıdır. Transplantasyon çalışmaları olarak adlandırılan bu tip çalışmalarda element analizleri arasındaki farklar, hem o bölgenin hava kalitesi hem de hava kalitesine iklimsel ve mevsimsel değişim faktörlerin etkisi hakkında fikir verir. Transplantasyon metodu anlamlı fakat çok uzun süren bir araştırma olması sebebiyle bu çalışmamızda tercih edilmemiştir. Hava kalitesinin metal kirliliği bakımından değerlendirilmesinde izlediğimiz yol, doğal olarak geliştiği alandan liken türleri ve kara yosunu örneklerinin toplanarak, element analizlerinin yapılması olmuştur. Çalışma bölgesi olarak büyük ve kalabalık bir metropol olan İstanbul ili seçilmiştir.

Amacımız, metal kirliliği bakımından hava kirliliğinin aynı şehir içindeki farklı bölgelere göre durumunu değerlendirmek olmuştur. Bu amaç doğrultusunda İstanbul ilinin Asya ve Avrupa yakalarının değişik bölgelerinden liken ve kara yosunu örnekleri toplanmıştır. Bu örneklerde element analizleri yapılarak, sonuçlar grafikler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Bu tür biyoindikatör ve biyomonitörleme çalışmaları dünyada son yıllarda giderek artan ve yaygınlaşan çalışmalardır. Ülkemizde ise bu konuda uygulamaya dayalı çalışma oldukça az sayıdadır. Çalışmamız İstanbul ili hava kalitesinin ilk kez biyolojik bir yöntemle belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Her gün biraz daha kalabalıklaşan ve kirlenen İstanbul ilimizde yaptığımız çalışmanın, metal kirliliğinin boyutunun ve dağılımının görülmesi açısından önemli olacağı inancındayız. Elde edilen sonuçların ağır metal kirliliğine sebep olan kaynakların araştırılması ve geleceğe yönelik önlemler alınmasında faydalı olacağı görüşündeyiz.

# BÖLÜM II

## II.1 GENEL BİLGİLER

### II.1.1 Likenler

Likenler bitkiler ve mantarlardan farklı olarak tek bir organizma değil, mantarlar ile alglerin veya siyanobakterilerin beraberliğinden ve bütünlüğünden oluşmuş canlılardır. Likenler kendilerini oluşturan mantar ve alglere benzemeyen yeni bir morfolojik ve fizyolojik yapı kazanırlar ve bu nedenle onlardan farklı türler olarak kabul edilmişlerdir. Sınıflandırmada yapısına katılan mantarlar esas alınmış ve bunlar “likenleşebilen mantarlar” olarak tanımlanmışlardır. Birbirinden farklı bu iki organizmanın birlikteliğinden her iki komponent de fayda sağlamakta olup, mutualizme iyi bir örnek teşkil etmektedirler. Likenleri oluşturan mantarlar (çoğunlukla *Ascomycetes*, bazen *Basidiomycetes* veya *Deuteromycetes* sınıflarındandır) fotosentez için gerekli su ve minerallerin alınması ile liken yapısının korunmasından sorumludur (Nash, 1996). İlâveten likenleri buldukları ortama tesbit ederler ve eşeyli üreme yaparak, çoğalmaya katkıda bulunurlar. Likenin fototrof komponentleri olan yeşil algler (*Chlorophyta*) ve/veya siyanobakteriler (*Cyanobacteria*), mantarlar aracılığıyla alınan su ve mineralleri kullanarak, fotosentez yapmaktan ve bu şekilde liken için besin üretmekten sorumludur (Nash, 1996; Ahmadjian, 1982).

Nem ve sıcaklık bakımından likenler en güç koşullara dayanabilen canlılar olup, kirlenme gösteren bölgeler dışında yeryüzünün hemen hemen her yerinde görülebilirler. Ortam (substrat) olarak ağaç gövdeleri, çıplak kayalar, dağ tepeleri hatta kiremitlerin üzerinde bile yaşayabilirler. Kuzey ülkelerinde özellikle tundralarda oldukça geniş alanları kaplayarak, bol miktarda yetişirler. Bununla beraber bu bölgelerde liken florası pek zengin değildir. Tropik bölgelerde ise

likenler geniş alanlar kaplamazlar fakat tür bakımından zenginlik gösterirler (Karamanoğlu, 1971).

Likenler, morfolojik olarak çok değişiklik gösterirler. Turuncu, sarı, kırmızı, yeşil, gri, kahverengi ve siyah renkte olabilirler. Büyüklük bakımından da oldukça farklılık gösterebilirler. Boyları 1 mm'den daha küçük olabildiği gibi 1 m'nin üzerine de çıkabilir (Upadhyay, 2002).

Likenler tallus (tal) yapılarına göre 3 büyük gruba ayrılırlar: Bu gruplar kabuksu (crustose), yapraksı (foliose) ve dalsı (fruticose) likenler şeklindedir. Kabuksu likenler, üzerinde yetiştikleri kaya, ağaç ya da toprak parçalarına sıkıca tutunmuş kabuklar halindedir. Yapraksı likenler, loblardan oluşan yapraksı veya pulsulu yapılardır. Substratlarına gevşek olarak rizin denilen tutunma iplikçikleri ile bağlanmışlardır. Dalsı likenler, diğer formlara göre daha üç boyutlu bir yapı gösterir. Fazlaca dallanma özellikleri vardır. Substrata tek bir noktadan tutunarak küçük çalılar gibi yukarı doğru büyüyen yapılar ya da aşağıya doğru sarkan uzun iplikler şeklinde olabilirler. Enine kesitleri yuvarlak yapıdadır (Karamanoğlu, 1971; Çobanoğlu, 2003).

Likenlerdeki metabolik aktivite üzerinde suyun önemli etkisi vardır. Bitkide su oranı, % 65 – 90 iken fotosentez hızı en yüksektir. Su oranının düşmesiyle fotosentez hızı da önemli ölçüde azalmaktadır. Fotosentez hızının bitkideki su oranından etkilenmesinin sebebi likenlerde bir su depolama yapısının bulunmamasıdır. Likenlerin tutundukları ortamlardan su alabilme olanakları oldukça azdır. Su ihtiyacı, temel olarak havadan alınan su ile karşılanmaktadır. Bununla beraber likenler, havadan aldıkları suyu hızla kaybederler. Taldeki su miktarının az olması ve sabit kalmaması hızlı değişim göstermesi sebebiyle poikilohidrik organizmalar olan likenler, oldukça yavaş büyüyen canlılardır. Büyüme hızı türe göre değişim göstermekle birlikte, genel olarak, kabuksu bir likenin el büyüklüğüne ulaşması yaklaşık 50 yılı almaktadır. Dalsı likenlerin birkaç santimetre büyüebilmesi 10 – 20 yıl alabilir. Likenlerin kültürü de oldukça zordur. Yapıya katılan alg ve mantarlar ayrı olarak kültüre alındıklarında algler iyi, mantarlar ise az gelişme gösterirler (Nash, 1996).

Alg ve mantarların organizma yapısındaki yerleşimlerine göre likenler homomer ve heteromer olmak üzere iki çeşide ayrılırlar. Homomer tip likenlerde, alg ve mantar tallus içinde homojen olarak dağılmışlardır. Tallus genellikle

müsilajlı bir yapı gösterir ve bu tipte genellikle siyanobakteriler bulunur. *Collema*, *Leptogium* cinsleri gibi likenler bu guruba örnek gösterilebilir. Heteromer tip likenlerde ise alg ve mantar tallus içinde tabakalaşmış olarak farklı bölgelerde bulunur. Algler, çoğunlukla ışığa yakın olan üst mantar kabuğunun (korteks) altında bulunurlar. Bu tipe örnek olarak *Evernia*, *Cladonia*, *Parmelia*, *Xanthoria* ve *Usnea* cinslerinin türleri verilebilir (Karamanoğlu, 1971).

Likenlerin üreme tipi çoğunlukla eşeysizdir. Başlıca üreme şekilleri, “sored” olarak adlandırılan küçük tal parçalarından oluşmuş yapılarla olur. Soredler, talin alg tabakasındaki bir ya da birkaç alg hücrelerinin mantar hifleriyle sarılması ile oluşurlar ve likenin kabuk (korteks) tabakasında oluşan açıklıklardan dışarı çıkarlar. Rüzgarla ya da çeşitli araçlarla taşınarak başka yerlere giderler. Buralarda gelişerek yeni likenleri oluştururlar. Birçok türde soredler, talin “soral” olarak bilinen özel bölgelerinde oluşur. Buna benzer fakat kabukla çevrili olan bir tal çıkıntısı ise “isid” olarak adlandırılır. Likenlerin hiçbir türünde alg eşeyli üreme göstermez, zoospor ya da gamet oluşturmaz. Taldeki eşeyli üremeyi yalnızca mantar yapar. Liken yapısına katılan mantarlar çoğunlukla *Ascomycetes* sınıfındandır. Likenlerin yalnızca birkaçı *Basidiomycetes* sınıfı mantarlardan oluşur. Likenlerde üreme yapıları, dar ağızlı, tepesi açık, kapalı bir testi şeklinde tallusa gömülü ise “Peritesyum” olarak adlandırılırlar. Kadeh ya da çanak şeklinde, tallus ile aynı seviyede veya üzerinde olduklarında bunlara “Apotesyum” denmektedir. Üreme organlarında oluşan sporlar, yeterince olgunlaştıkları zaman etrafa dağılırlar. Uygun ortam şartlarında çimlenirler ve yeni mantarlar oluştururlar. Ancak belli alg hücreleriyle karşılaşırlarsa yeni bir liken oluşturabilirler (Nash, 1996).

## II.1.2 Likenlerin Kimyasal Bileşikleri

Likenler, “liken maddeleri” olarak bilinen kendilerine özgü organik metabolik ürünler üretmektedir. Bu maddelerin değişik alanlarda fayda sağlayan özel bileşikler olduklarının anlaşılmasıyla önemi daha çok artmıştır. Likenlerin ürettikleri kimyasal bileşikler primer maddeler ve sekonder maddeler olmak üzere iki grupta incelenir.

**Primer maddeler**, alglerin fotosentez sonucu oluşturdukları bileşiklerdir. Fotosentez ürünü olarak glukoz, bazı likenlerde glukoz ve yanında mannitol, sorbitol gibi polioller oluşmaktadır. “Likenin” ve “izolikenin”, likenlere spesifik en

önemli polisakkaridler olup mantar hiflerinin hücre çeperlerinin yapısında bulunurlar. Bunlara ilaveten çeşitli aminoasit ve proteinler de primer maddeler arasında yer almaktadır. Likenin, D-Glukoz moleküllerinin  $\beta$ -1,3 ve  $\beta$ -1,4 şeklinde bağlanmasıyla oluşan, düz zincirli, soğuk suda zor çözünen bir polisakkarittir. İzolikenin ise D-Glukoz moleküllerinin  $\alpha$ -1,3 ve  $\alpha$ -1,4 şeklinde bağlanmasıyla oluşan, düz zincirli, soğuk suda çözünebilen bir polisakkarittir (Zeybek ve John, 1992).

**Sekonder maddeler** ise alifatik ve aromatik bileşiklerdir. Çoğu, likenlerin kendilerine özgü sekonder metabolik ürünleri olup çeşitli biyosentez yolları aracılığı ile üretilmektedir. Aşağıda bu biyosentez yollarına kısaca değinilmiştir (Romagni ve Dayan, 2002).

Poliketit biyosentez yolu (asetil polimalonil biyosentez yolu), ile likenlerin sekonder metabolitlerinin çoğu üretilmektedir. Çoğunlukla eter, ester ve karbon-karbon bağları ile iki ya da üç aromatik birimin bağlanmasıyla oluşurlar. Başlangıç olarak 3 malonil-CoA, asetil CoA ya da uygun açıl-CoA'ya eklenerek, halkalanabilen linear tetraketit bir iskelet oluşturur. Poliketit yolu ile oluşan sekonder metabolitler, diğer organizmalarda rastlanmayan likenlere özgü bileşiklerdir. "Lekanorik asit" (depsidler kimyasal grubundan), "usnik asit" (usnik asitler kimyasal grubundan), "fısodik asit" (depsidon kimyasal grubundan) poliketit biyosentez yolu ile sentezlenen sekonder bileşiklere örnek verilebilir.

Mevalonat biyosentez yolu, likenlerin sekonder metabolitleri üretmek için izledikleri diğer bir yoldur. Mevalonik asit ile başlar. Bu yoldan üretilen sekonder metabolitlere diğer organizmalarda da rastlanmaktadır. "Zeorin" (triterpenler kimyasal grubundan) örnek verilebilir.

Şikimik asit biyosentez yolu, liken sekonder metabolitlerinden birkaçını oluşturmaktadır. "Pulvinik asit" (pulvinik asitler grubundan) örnek olarak verilebilir, (Romagni ve Dayan, 2002).

### **II.1.2.1 Liken Bileşiklerinin Kullanımı**

Likenlerde bulunan kimyasal bileşikler çoğunlukla mantarların metabolizması sonucu oluşmaktadır. Bu maddeler suda çözünmez olup mantar hiflerinin üzerinde kristalleşirler. Geçmişe baktığımızda yüzyıllar boyunca tedavi maksadıyla likenlerin halk arasında kullanılmış olduğunu görürüz. Bazı vücut organlarına

benzetilen likenlerin bu organlar üzerinde tedavi gücü olduğuna inanılıyordu. Örneğin, tallusu sarı renkli olan "*Xanthoria parietina*" sarılık tedavisinde, sakala benzetilen "*Usnea barbata*" saç ve sakal çıkarmak için, alveollü tallus yüzeyi dolayısıyla akciğere benzetilen "*Lobaria pulmonaria*" ise akciğer hastalıkları tedavisinde kullanılmıştır (Baytop, 1984; Zeybek ve John, 1992). Bazı liken türleri, Amerikan yerlileri, Hintliler ve Çinlilerce geleneksel tıp bilimlerinde ekspektoran olarak kullanmıştır. İspanya'da *Ramalina bourgeana* diüretik olarak, *Xanthoria parietina* ise ağrı kesici şeklinde kullanılmıştır. Besin değeri de yüksek olan *Cetraria islandica*'dan akciğer hastalıkları ve soğuk algınlığı için yararlanır. Avrupa'da solüsyon ve genellikle pastil olarak satılmaktadır (Zeybek ve John, 1992). Likenler besin değerini "likenin" maddesiyle kazanırlar. *Evernia prunastri* ve *Lecanora esculenta* (Manna likeni) besin olarak tüketilen likenler arasındadır (Karamanoğlu, 1971; Zeybek, 1983). *Roccella montagnei* kırmızı ve mor renk boyaların eldesinde kullanılır. *Ochrolechia tartarea*, *O. androgyna* veya *Parmotrema tinctorum* da kimyasal olarak buna eşdeğer türlerdir (Aslan, 2000). Diğer yandan az da olsa birkaç liken metaboliti, toksik etki yaratabilir. Bunlar arasında en tanınan *Letharia vulpina*'dan elde edilen vulpinik asittir. Vulpinik asit et ile beslenen hayvanlar için zehirli olup, tavşanlar ve fareler için zehirli değildir. Bu özelliği sebebiyle *Letharia vulpina* Kuzey Avrupa'da tilki ve kurtların zehirlenmesinde kullanılmıştır (Çobanoğlu, 2003).

Liken metabolitleri ile geçmişte yapılan çalışmalarda liken ekstresinin tamamı alındığından aktif bileşiklerin belirlenmesi bir sorun olmuştur. Öte yandan günümüzde fen bilimleri, liken metabaolitlerini ve aktivitelerini tek tek incelemeyi başarmaktadır. Bu biyolojik aktiviteler, antimikrobial aktivite, monoamin oksidaz inhibisyonu, antiinflamatuvar, antioksidan, antikanser ve antiviral aktiviteler olarak sınıflandırılabilir.

Antimikrobial aktiviteye örnek olarak, *Usnik asit* gösterilebilir. Yapılan çalışmalardan bir kısmı usnik asitin antibiyotik aktivitesini, oksidatif fosforilasyonu inhibe etmesine bağlamıştır. Bu özelliğinden ötürü usnik asit, diş macunlarında, akne ve nemlendirici kremlerde kullanılmıştır (Upadhyay, 2002).

Monoamin oksidazlar, merkezi sinir sisteminde serotonin gibi nörolojik olarak aktif aminlerin degrade edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Monoamin oksidazların inhibe edilmesi ise depresyon, anksiyete ve hatta Parkinson

hastalığının tedavisinde klinik açıdan önemli olmuştur. Liken metabolitlerinden para-depsid konfluentik asid, averantin-6-monometil eter ve solorinik asit monoamin oksidaz inhibisyonu gösteren liken metabolitlerine örneklerdir (Upadhyay, 2002).

Liken metabolitlerinin antiinflamatuvar aktiviteye örnek olarak depsidone *lobarik asit*, paradespit *atranorin*, *diffraktaik asit*, *obtusatik asit* ve *giroforik asitler* verilebilir. Bu metabolitler, lökotrienler ve prostaglandinler olarak bilinen, arahidonik asit kökenli bileşiklerin seviyelerini azaltarak antiinflamatuvar aktivite gösterirler. Bu aktivite de kanser ilerlemesini kontrol edebilir (Upadhyay, 2002).

### **II.1.3 Biyomonitör Olarak Likenler ve Literatürdeki Yeri**

Yerüzünün hemen hemen tüm bölgelerinde yayılış gösteren likenler, farklı fizyolojik ve morfolojik özelliklerinden dolayı hava kirliliğine karşı oldukça duyarlı organizmalardır. Bu özelliklerinden ilki, gelişmiş yapıda köklerinin bulunmayışıdır. Bu nedenle fotosentez için gerekli besin maddeleri bakımından yalnız atmosfere bağıdırlar. İkinci olarak likenlerin dış yüzeyinde yüksek bitkilerde olduğu gibi yağmur suyunda ve havada bulunan kirleticilere engel olabilecek, koruyucu bir kütikula tabakası bulunmamaktadır. Bu özelliklerinden ötürü kirleticileri kolaylıkla içlerine alırlar (Bargagli ve ark., 2002).

Siyanobakteri içeren likenlerin Zn, Cd ve Cu gibi ağır metallere karşı yeşil alg içeren likenlere göre daha duyarlı oldukları sonucuna varılmıştır. Likenlerin bu duyarlılıkları alglerin sahip oldukları hücre organizasyonu (hücre duvarları ve fotosentetik tilakoidlerin etrafındaki membran sistemlerindeki farklılıklar) gösterilmiştir (Brown ve Beckett, 1983). Ağır metallere karşı *Bryoria fuscescens* likeninin cevabı ince yapıdaki (TEM ile) farklılaşmaları incelenmiştir (Tarhanen, 1998). *Hypogymnia physodes*'de ise bakır madeni çevresinde kirlilik etkileri SEM ile incelenmiştir (Mikhailova ve Scheidegger, 2001).

Likenler, uzun yaşayan ve yavaş büyüyen çok yıllık canlılardır. Ayrıca birçok bitkide olduğu gibi dökülen kısımları yoktur ve bunun sonucu olarak yaşamları boyunca morfolojileri değişmeden kalır. Bu şekilde yüksek bitkilerden farklı olarak, atmosferik kirleticileri uzun süre biriktirebilirler (Zschau ve ark., 2003).

Bargagli ve ark. (2002) karayosunu ve likenlerle eser elementlerin biyomonitörlenmesi çalışmalarında bu organizmaların kullanılmasını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Eser element birikiminin bölgesel ve anlık biomonitörlenmesi çevre kirliliğinin kontrolü bakımından faydalı olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanında likenler ve karayosunlarıyla yapılan çalışmalarda bazı dezavantajlara da değinilmiştir. Buna göre bu çalışmanın uygulanışı oldukça zaman almakta ve elde edilen veriler o bölgede yalnızca metal konsantrasyonu ile ilgili bilgi verebilmektedir. Doğal faktörler ile yapay faktörlerin çalışmanın yapıldığı bölgeye olan etkileri ayırt edilememektedir. Biomonitör olarak liken ve kara yosunlarının kullanılmasında bazı problemler bulunmaktadır. Örnek olarak liken tallusunda kara yosunu parçalarında metal birikiminin tabakalaşması, element konsantrasyonunda mevsimsel farklılıklar, tallusta çözünen element içeriğine yağmurun ve nem kaybının etkileri, metal konsantrasyonu ile yükseklik ilişkisi gösterilmiştir. Biyomonitör türler arasındaki farklılıklar da başka bir sorun olarak belirtilmiştir. Aynı bölgeden toplanan iki kriptogamik türün element konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Buna göre epifitik liken *Parmelia caperata* türü, Cd, Cu, Hg, Pb, V ve Zn gibi atmofil elementleri belirgin derecede yüksek konsantrasyonda biriktirmiştir. Kara yosunu *Hypnum cupressiforme* ise Al, Cr, Fe, Mn, Ni ve Ti gibi litofil elementleri biriktirmiştir (Bargagli ve ark., 2002).

Freitas ve ark. (1999) Portekiz’de kirleticilerin (As, Cr, Hg, Ni, Pb, S, Sb, Se ve V) dağılımını *Parmelia sulcata* likeni ile biyomonitörlemişlerdir. Çalışmanın amacı, Portekiz’de element kirliliği bakımından bir referans kaynak hazırlamak ve kirleticilere sebep olan kaynakları belirlemek olmuştur. Atlantik Okyanusu kıyısı boyunca ve ülkenin iç kesimlerinde zeytin ağaçları üzerinden toplanan *Parmelia sulcata* örneklerinden element analizi yapılmıştır. Bu analizlere göre diğer Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında Portekiz, likenlerinde element içeriği en düşük olan bölgelere sahiptir. Diğer yandan endüstriyel bakımdan gelişmiş alanlarda liken örneklerindeki kirlenme miktarı en gelişmiş Avrupa ülkelerinininki kadar yüksek bulunmuştur. Likenler ile yapılan bu çalışmanın Cr, Ni ve Pb bakımından kara yosunlarıyla yapılanlarla benzer sonuç verdiği görülmüştür. Atlantik okyanusu kıyı kesimindeki endüstrileşme sebebiyle oluşan kirleticilerin ülkenin iç kesimlerine doğru önemli bir yayılım göstermediği anlaşılmıştır. Çalışılan elementlerden V ve Ni’nin petrol ile, Se ve S’nin kömür ile çalışan güç santralleri

As ve Hg'nin kimya endüstrisi, Pb'nin taşıt ve endüstri kaynaklı olduğu saptanmıştır. Ekolojik toksikoloji olarak değerlendirildiğinde çalışılan elementlerin (Sb dışındaki) en yüksek olan değerleri, genel olarak bitkiler için toksik ya da aşırı yüksektir (Freitas ve ark.,1999). Aynı araştırmacı Portekiz'de daha önce yaptığı bir çalışmada yine *Parmelia sulcata* likeninde çalışmada eser elementlerin biyomonitörlenmesi yoluyla hava kirliliğini araştırmıştır (Freitas ve ark., 1997). İtalya'da ise 200 istasyondan toplanan *Xanthoria parietina* liken örneklerinde 13 element (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V ve Zn ) analiz edilmiştir (Nimis ve ark., 2000). Likenlerle element konsantrasyonları ile ilgili benzer çalışmalar Kanada ve İtalya'da da yapılmıştır (Puckett ve Finegan, 1980, Rossbach ve ark., 1999).

Bir başka çalışma da Grönland'da element içeriği (Pb, Cd, Hg, Zn, Cu, Cr, Ni, As, V, Al ve Fe) bakımından liken (*Cetraria nivalis*), kara yosunu (*Rhacomitrium lanuginosum*), toprak ve humus örnekleri kullanılarak Riget ve ark. (2000) tarafından yapılmıştır. Al, Fe, Cr, Pb, Cu, Ni ve V düzeyleri toprak örneklerinde en yüksek olarak çıkmıştır. Bu elementlerin içeriği bakımından sırasıyla humus, kara yosunu ve liken örnekleri gelmektedir. En düşük Cd ve Hg toprak örneklerinde saptanmıştır. Yapılan karşılaştırmada Grönland'dan toplanan toprak ve humusta element düzeyleri bakımından büyük farklar görülmüştür. Yapılan değerlendirmede *R. lanuginosum* ve *C. nivalis* örneklerindeki Al, Fe, V, Ni, Cu ve Pb gibi elementlerin düzeylerine, bu örneklerin toprak parçacıklarına maruz kalma derecesi ve toz yakalama kapasitelerinin önemli etkisi olduğu görülmüştür. İlaveten *R. lanuginosum* ve *C. nivalis* örneklerindeki Cd, Zn, Hg ve daha az ölçüde Pb'nin toprak parçacıkları dışındaki diğer kaynaklardan olduğu görülmüştür. Sonuç olarak bu elementler için *R. lanuginosum* ve *C. nivalis* örneklerinin uzun dönem atmosferik birikiminin monitörlenmesinde uygun oldukları karsına varılmıştır (Riget ve ark., 2000).

Amerika'da yapılan bir çalışmada atmosferik birikim bakımından Arizona eyaleti, Maricopa bölgesinden 1998 yılında toplanan *Xanthoparmelia* türleri ile 1974'te toplanmış Arizona Eyalet Üniversitesi'nin herbayumuna ait *Xanthoparmelia* örnekleri atmosferik birikim bakımından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak yalnızca şehirleşmenin yüksek olduğu bölgelerde Zn, Cu, Pb, ve Cd için yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. Liken örneklerindeki kurşun (Pb) düzeyi

geçen otuz yıl zarfında % 71 kadar düşerken, çinko (Zn) konsantrasyonları bazı bölgelerde % 245'e varan bir boyutta artmıştır (Zchau ve ark., 2003).

Liken ve kara yosunlarında eser element birikimi ile yapılan bir diğer çalışmada ise transplantasyon yöntemi kullanılmıştır. Adamo ve arkadaşlarının İtalya'da yaptıkları çalışmada kırsal bölgeden toplanan kara yosunu *Sphagnum capillifolium* ve liken *Pseudevernia furfuracea* içeren paketler, şehirdeki değişik noktalara yerleştirilmiştir. Şehir içinde liken ve kara yosunu örneklerine pek rastlanılmadığından, hava kirliliğinin biyomonitörlenmesinde böyle bir yola başvurulmuştur. Temmuz başında transplante edilen örneklerden 10 ve 17 hafta sonra element analizleri yapılarak, hem kurak mevsim sonrasında hem de yağışlı mevsim sonrasındaki değerler elde edilmiştir. Transplantasyon sonrasında yapılan ölçümlerde tüm metallerin orijinal içeriğe, şehir dışından toplanan kontrol örneklerine göre artmış olduğu saptanmıştır. Çalışmanın sonucu olarak *Sphagnum capillifolium* ile karşılaştırıldığında *Pseudevernia furfuracea*'da metal birikimi bakımından kurak ve yağışlı mevsim arasında büyük bir fark görülmüştür. *Pseudevernia furfuracea*'nın yağışlı mevsimde daha fazla metal biriktirmiş olduğu kanısına varılmıştır. Bu da nemin metal birikimi bakımından liken üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu düşündürmüştür (Adamo ve ark., 2003).

Sarret ve arkadaşları (1998) çalışmalarında likenlerde ağır metallerin birikimindeki mekanizmaya değinmişlerdir. Çalışmalarına göre üç farklı mekanizmadan bahsedilmektedir:

1. Metal bakımından zengin mineral partiküllerinin yakalanması (mineral faz)
2. Metal partiküllerinin hücre duvarlarının, oksalik asit veya likenik asitlerin polisakaridleri ile hücre dışında kompleksleştirilmesi
3. Metal partiküllerinin sistein içeren proteinlerle kompleksleştirilerek hücre içine alınması.

Çalışmalarında Fransa'da toplanan *Xanthoria parietina* ve *Diploschites muscorum* likenlerindeki metal birikim mekanizmalarını araştırmışlardır. Referans bileşiklerle yapılan çalışmanın sonucunda her iki likende de metallerin mineral fazda bulunmadıkları ve hücre içine alınmadıkları görülmüştür. Metaller likenlerin içinde organik bağlayıcılar ile kompleksler yaparak biriktirilmiştir. Bu şekildeki bir hücre dışı kompleksleştirme yolu ile hücreler toksik etkiden korunmuş olmaktadır (Sarret ve ark., 1998).

Uranyum elementi de likenlerde metal birikimi ile ilgili yapılan bir çalışmada yer almıştır. Uranyum elementinin organik bağlayıcılar ve bileşikler ile stabil sulu kompleksler ve çökeltiler oluşturma eğilimi çeşitli çalışmalar ile desteklenmiştir. Buna göre, bakterilerin ve alglerin, solüsyon içindeki uranyumu çökeltirek katı hale dönüşmesini kolaylaştırdıkları belirlenmiştir. Haas ve arkadaşları bu konuyla ilgili yaptıkları çalışmada doğal *Peltigera membranacea* örneklerinde uranyum alımını değerlendirmişlerdir. *Peltigera membranacea* talleri 25 C°'de, 100 ppm U içeren, pH'ı 2 – 10 arasında değişen solüsyonlarda 24 saat inkübe edilmiştir. Maksimum U alımının % 4.2 wt ile pH 4.5'da en yüksek olduğu görülmüştür. Deneyde kullanılan liken örneklerinin elektron probe microanalysis (EPM) yöntemiyle incelenmesinde U alımının liken dokusu içinde heterojen olduğu görülmüştür (Haas ve ark., 1998).

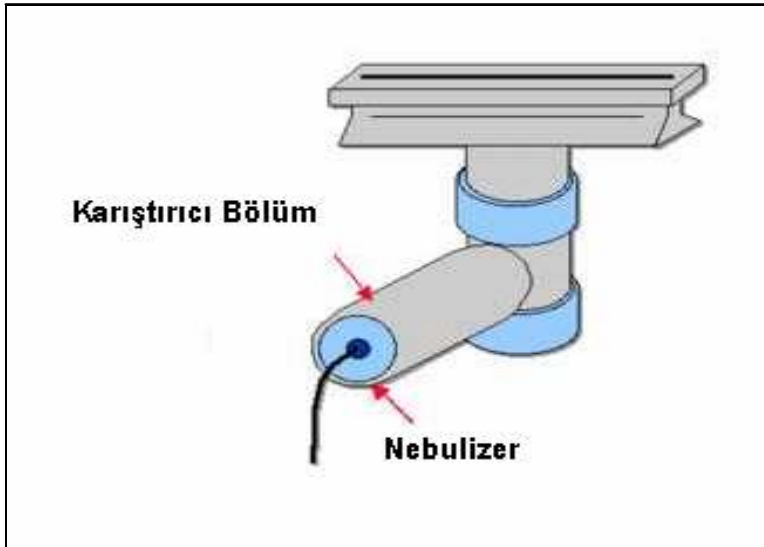
Türkiye'de de Çernobil kazasından sonra likenlerle radyoaktivite ile ilgili yapılan benzer bir çalışma vardır. Çernobil kazasından önce ve sonra toplanan liken örneklerinde <sup>137</sup>Cs ve <sup>134</sup>Cs aktivitesi ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki Karadeniz Bölgesi özellikle de doğu kısmı kazadan etkilenmiştir. Bu sonuçların yanında çalışma likenlerin radyoaktivitenin monitörlenmesinde önemli birer indikatör olduklarını da göstermiştir (Topçuoğlu ve ark., 1992). Son yıllarda yapılan bir çalışmada (Uğur ve ark., 2003) liken ve karayosunu örneklerinde <sup>210</sup>Po ve <sup>210</sup>Pb'yi biyomonitörlemişlerdir.

Ülkemizde likenlerle az sayıda benzer çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan biri Yenisoy-Karakaş ve Tuncel'in Ege Bölgesi'nde *Xanthoria parietina* likeni ile yaptıkları çalışmadır. Bu çalışmada 51,800 km<sup>2</sup>'lik bir alandan toplanan 234 *Xanthoria parietina* örneğinde ICP-AES ile 35 element ( Al, As, Au, Ba, Br, Cd, Ca, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Hg, K, La, Lu, Mg, Mn, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Th, Ti, V, Yb, Zn, Pb, Ni, Cu ) analiz edilmiştir. Sonuç olarak, demir-çelik fabrikaları ve yakıt olarak kömür kullanılan yerler gibi endüstri faaliyetlerinin yüksek olduğu kirletici bölgelerdeki örneklerde de element konsantrasyonu ilişkili olarak, yüksek çıkmıştır. (Yenisoy-Karakaş ve Tuncel, 2004).

Likenler ve kara yosunlarıyla yapılan biomonitörleme çalışmalarına baktığımızda değişik ölçüm ve örnek hazırlama metotlarının olduğunu görmekteyiz. Scerbo ve arkadaşları (1999), İtalya'nın Toskano bölgesinde

yaptıkları çalışmada temizlenmiş *Xanthoria parietina* örneklerini kuruttuktan sonra teflon borularda HNO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi kullanılarak mikrodalga cihazı ile yüksek basınca tabii tutmuşlardır. Bu şekilde mineralize olan örneklerde As, Cd, Cr, Ni, Pb, V ve Zn elementleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile tayin edilmiştir (Scerbo ve ark., 1999).

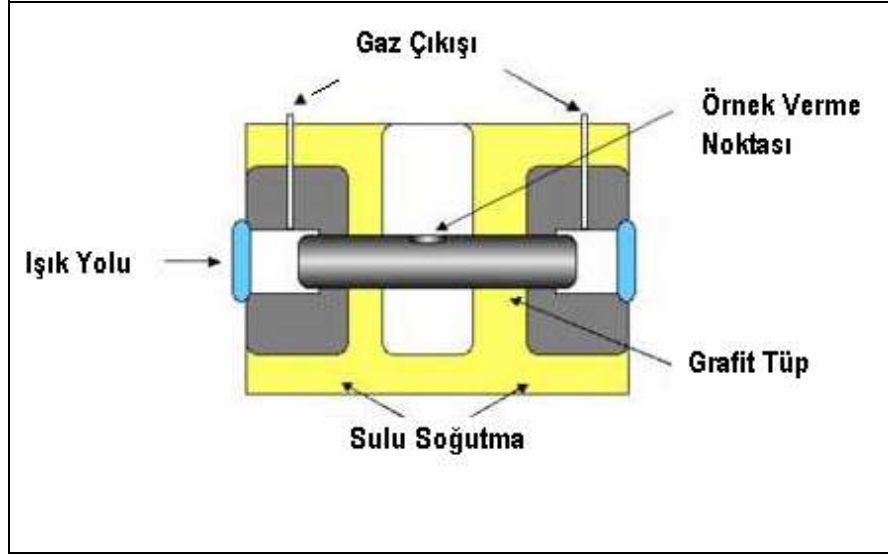
Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (AAS), element analizlerinde kullanılan önemli bir analitik metottur. Atomik absorpsiyon spektroskopisi, serbest atomik halde bulunan atomlarca ışığın absorbe edilmesine dayanan kantitatif bir analiz metodudur. Şekil II.1'de AAS'nin kısımları şematik olarak gösterilmiştir. Örneklerden serbest atomlar 'alevli atomizasyon' veya 'alevsiz atomizasyon' olmak üzere iki yol aracılığıyla elde edilir. Alevli atomizasyonda serbest atomlar, alev uyarısıyla elde edilir. Bu tip atomizasyonda uzun ve dar bir yakıcı başlık bulunur ve örnek için bir yol görevi yapar (Şekil II.1). Örnek, aspirasyon ile giriş yapar. Örnek akışı nebulizer ile kontrol edilirken, karıştırma bölmesinde aleve girmeden önce oksidan ve yakıt ile karıştırılır. Alevli atomik spektroskopisinde yakıt olarak en sık asetilen kullanılır. Antioksidan olarak ise hava ya da N<sub>2</sub>O kullanılır. Bu metotta ölçülecek elementi içeren örneğin, sulu bir solüsyonu hazırlanır. Aleve püskürtülen bu solüsyon, buharlaştırılır.



Şekil II.1 Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi Örnek Giriş Yolu, ([http://ull.chemistry.uakron.edu/analytical/slide.php?Chapter=/analytical/Atomic\\_spec/&Last=95&Slide=42](http://ull.chemistry.uakron.edu/analytical/slide.php?Chapter=/analytical/Atomic_spec/&Last=95&Slide=42))

Alevsiz atomizasyonda (grafit furnace) ise örnek elektriksel olarak ısıtılan karbon bir tübe yerleştirilir. Şekil II.2'de alevsiz atomizasyon sistemi şematik olarak

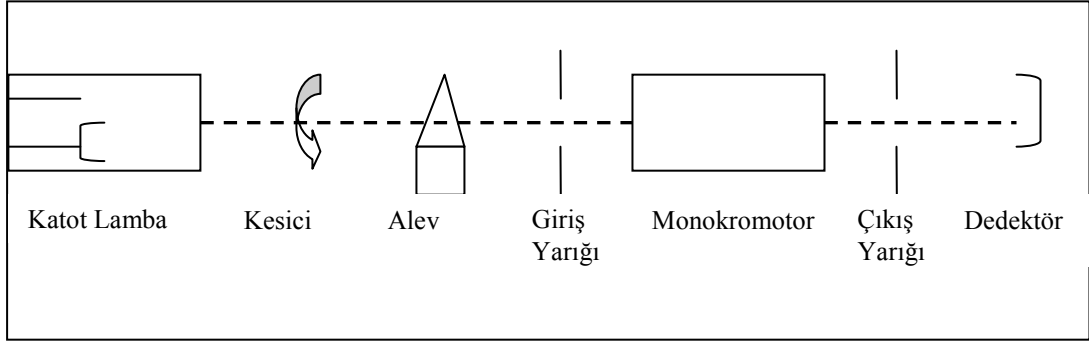
belirtilmiştir. Bu metot ile sıvı örneklere ilaveten katı örnekler de test edilebilir. Örneğin kalış süresi daha uzundur. Bu şekilde daha yüksek bir hassasiyet elde edilir. Alevsiz atomizasyon ile katı örnekler de test edilebilir.



**Şekil II.2 Alevsiz Atomizasyon Sistemi Şeması,**

([http://ull.chemistry.uakron.edu/analytical/slide.php?Chapter=/analytical/Atomic\\_spec/&Last=95&Slide=48](http://ull.chemistry.uakron.edu/analytical/slide.php?Chapter=/analytical/Atomic_spec/&Last=95&Slide=48))

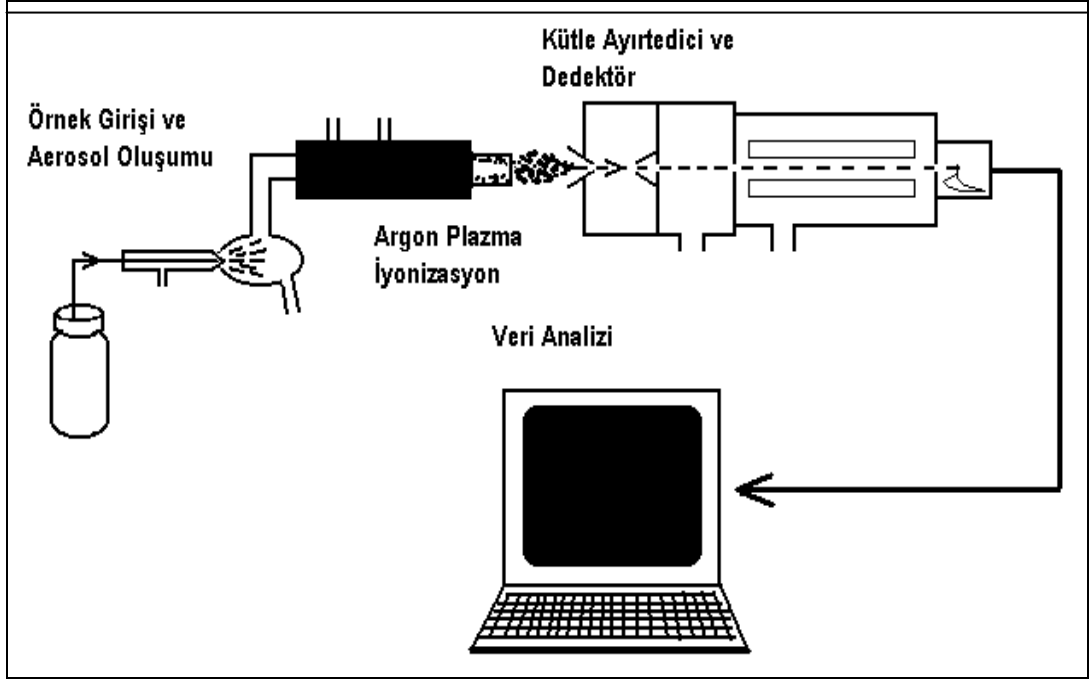
Örnek içinde bulunan element, kimyasal bağlarından ayrılarak, temel seviyeye yerleştiğinde kendi spektrumuna uygun dalga boyundaki ışığı, absorblama yeteneğine sahiptir. Test edilecek materyal için spesifik olan dalga boyundaki ışık, bir katot lamba tarafından oluşturulur. Lambanın katot kısmı, test edilecek materyalden yapılmış olup, her metal için farklıdır. Bir örnek ile açıklamak gerekirse eğer katot, sodyumdan yapılmış ise lambadan 589 nm'deki sodyum ışığı yayılacaktır. Katot lambadan yayılan ışık alevde girdiğinde bir kısmı alevdeki temel seviyede bulunan atomlar tarafından absorbe edilir. Bu olaya "atomik absorpsiyon" denir. Katot lambadan çıkan ışığın, temel seviyedeki atomlarca absorbe edilmesi ışığın yoğunluğunda bir azalmaya sebep olur. Absorbe edilen ışık miktarı, örnekte temel seviyede bulunan atomların miktarı ile orantılıdır. Bu prensip örnekte bulunan element miktarının kantitatif olarak hesaplanmasında kullanılır. Atomik absorpsiyon cihazının temel kısımları şekil II.3'de gösterilmiştir.



**Şekil II.3 Atomik Absorpsiyon Cihazının Kısımları** (Burtis CA, Ashwood E. R. 5. Baskı)

Atomik absorpsiyon cihazlarının çoğunda elektrik bir ışın kesici (chopper) ve monokromotor bulunmaktadır. Katot lambaya ek olarak, bu kısımlar da aranılan elemente karakteristik enerjinin izole edilmesine yardımcı olmaktadır. Atomik absorpsiyon cihazının da bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Avantajları arasında ppm (part per million) ve ppb (part per billion) düzeyinde ölçüm yapabilecek yüksek hassasiyette olması, yüksek spektral çözünürlük, geniş ölçüm aralığı ve ölçüm hızı yer almaktadır. Bu metodun dezavantajları olarak ise genellikle örneğin bir solüsyon şeklinde hazırlanması ve bozulması, metodun görecelilik taşıması, yüksek sensitiviteden ötürü reaktif saflığı ve örnek kontaminasyonu ile ilgili problemlerin yaşanabilmesi, sayılabilir (Burtis C. A. ve Ashwood E. R., 5. Baskı; Anderson ve Cho, 1969).

Örneklere eser element analizinde kullanılan diğer bir analitik teknik ise Inductively Coupled Plasma (ICP) dir. ICP'nin temel hedefi elementlerin karakteristik dalga boylarında ışık yaymalarını sağlamak ve ölçmektir. ICP cihazı, çok yüksek sıcaklıkta (7000 – 8000 K) plazma denilen atomların iyonize durumda buldukları gaz halini oluştururlar. Analiz edilecek elementler, solüsyon şeklinde hazırlanmalıdır. Şekil II.4'de ICP cihazının temel kısımları belirtilmiştir. Bir nebulizatör ile sulu örnek çözeltisi, aerosol hale dönüştürülür. Örnekteki atomlardan yayılan ışık, elektrik sinyallerine dönüştürülerek, hesaplanır.



**Şekil II.4 ICP Cihazının Şematik Gösterimi**

(<http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teach/smprimer/icpms/icpms.htm>)

ICP cihazının avantajları arasında Argon dışında tüm elementleri tanıyabilmesi ve analiz edebilmesi yer alır. Çok düşük konsantrasyonlardaki elementlerin ölçümü için bile uygundur. En büyük avantajı, yalnızca 0.5 ml örnek solüsyonu kullanılarak, 30 sn'lik bir sürede tüm elementlerin analizinin yapılabilmesidir. Dezavantajları içinde radyoaktif elementlerin ölçümünde radyoaktif plazmayla ilgili olarak bazı özel araçlar gerektirmesi yer alır. İlâveten ICP halojenlerin ölçümünde, çok kısa dalga boylarını iletebilen optik yapılara ihtiyacı bulunmaktadır.

Sıklıkla ICP, Atomik Emisyon Spektroskopisi (AES) ve Mass Spektroskopisi (MS) gibi diğer analitik cihazlar ile birlikte kullanılır. ICP – MS, çeşitli isotopları olan elementlerin kütlelerini ayırt edebilmesi bakımından önem taşımaktadır. Her bir analiz için yaklaşık 1 ml'lik örnek gerekmektedir. En önemli avantajı, yüksek hassasiyette çok sayıda element analizi yapabilmesi ve isotopik bilgi elde edebilmesidir. Oksijen, nitrojen ve hidrojenin kendileri ile veya diğer elementler ile birleşerek izobarik parazitler oluşturabilmesi ise en önemli dezavantajdır. İlâveten, ICP – MS ametallerin ölçümü için uygun değildir.

ICP – AES çevresel ve biyolojik örneklerde çoklu element analizlerinde 1970'li yıllardan beri kullanılmaktadır. Yüksek sensitivite ve düşük parazit

göstermektedir. Birçok elementin düşük düzeylerini bile ölçebilme yeteneği, ICP –AES’yi ideal bir metot haline, dönüştürmektedir (Bradford ve Cook, 1997).

ICP ve AAS cihazlarında biyolojik örnekler, element analizleri yapılmadan önce, asitlerle ısıtıcılarla (hot plate), mikrodalga fırınlarla (microowave ovens) ya da yüksek basınç (pressure bombing) ile muamele edilerek, sulu çözelti haline getirilirler. İtalya’da Jeotermal bölgelerde hava kalitesinin biyomonitörlenmesini amaçlayan çalışmada toplanan *Parmelia sp.* örneklerinde ICP cihazı ile Al, B, Cr, Cu, Fe, Mn, S ve Zn, Graphite Furnace AAS cihazı ile Cd, Co, Mo, Pb, As, Sb ve Hg analizi yapılmıştır. Toplanan liken örnekleri toz haline getirilmiş ve homojenize edilmiştir. Daha sonra 150 mg örnek, konsantre HNO<sub>3</sub> ile 120 C°’de 8 saat basınçlı çözünürleştirme sisteminde muamele edilmiştir. Ölçüm kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla, referans maddesi olarak, referans materyal no 1572 *Citrus* yaprakları ve 1573 *Lycopersicum esculantum* (domates) yaprakları kullanılmıştır. Çalışma sonunda Tuscani bölgesinde kirlenmemiş bölgelerden toplanan likenlerle yapılan karşılaştırmada Arsenik, Boron ve sülfür konsantrasyonlarının biriktirme fenomenini işaret ettiği görülmüştür (Loppi, 2000).

Yunanistan (Megalopolis)’de yapılan bir çalışmada linyit fabrikasının çevreye olan etkisi biyomonitör olarak *Anaptychia ciliaris*, *Lobaria pulmonaria* ve *Ramalina farinacea* likenleri kullanılarak araştırılmıştır. Metal analizi (Cd, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn) için AAS cihazı kullanılmıştır. 95 C°’de 24 Saat bekletilerek kurutulmuş örnekler, ısıtıcı tabla üzerinde sırasıyla H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (5 ml), HNO<sub>3</sub> (15 ml) ve HClO<sub>3</sub> (10 ml) ile muamele edilerek çözünürleştirilmişlerdir. Elde edilen ekstrelere, iki kez distile edilmiş su ilave edilerek 50 ml’ye tamamlanmıştır. Standart referans maddesi olarak, SRM 1572 *Citrus* yaprakları kullanılmış ve tasdik edilmiş değerler ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir (Karandinos R ve Karandinos G, 1998).

Polonya’da yapılan bir çalışmada ise *Umbilicaria* türlerinde ağır metal içeriği (Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) araştırılmıştır. Temizlenen liken örnekleri 24 saat 105 C°’de bekletilerek kurutulmuşlardır. Kuru örnekler (0.2 – 0.4 g), 4 birim HNO<sub>3</sub>: 1 birim HClO<sub>3</sub> muamele edildikten sonra kalan kısımları da 5 M Nitrik asitte çözünürleştirilmiştir. Elde edilen örnekler, 25 cm<sup>3</sup> deiyonize su ile sulandırılarak, AAS cihazı ile analiz edilmiştir (Seaward ve ark., 1981).

Atmosferik metal kirliliğinin likenlerle biyomonitörlenmesi konusunda yapılan benzer bir çalışmada, bakır madeni yakınlarından toplanan *Ramalina fastigiata* liken örneklerinde Cu, K ve Mg analizi yapılmıştır. Bu çalışmada elementler, hücre dışı ve hücre içi olmak üzere iki ayrı fraksiyon olarak değişik metotlarla hazırlanmıştır. Hücre dışı çözülebilir, bağlanmış ya da serbest haldeki Cu elementi elde etmek için kurutulmuş örnekler, pH 4.5'da yerdeğiştirici ajan olarak Na<sub>2</sub> EDTA solüsyonu ile yıkanmıştır. Liken örnekleri (30 – 80 mg) daha sonra 40 dk, 10 ml 20 mM Na<sub>2</sub> EDTA ile çalkalanmıştır. Daha sonra 5 ml 20 mM Na<sub>2</sub> EDTA ile 30 dk boyunca ikinci kez yıkanmıştır. Bu yıkama işlemlerinden sonra tüm liken örnekleri, bir gece 80 C°'de bekletilerek kurutulmuşlardır. Fırında kurutma işleminin hücre duvarını parçaladığı düşünülerek, çözülebilir hücre içi fraksiyonun elde edilmesine geçilmiştir. Bunun için kurutulmuş olan örnekler, 10 ml 20 mM Na<sub>2</sub> EDTA ile 2 saat boyunca çalkalanmıştır. Daha sonra örnekler, ısıtıcı tabla üzerinde 3 ml % 65'lik HNO<sub>3</sub> ile yaklaşık 120 C°'de çözünürleştirilmişlerdir. Çözünürleştirme işlemi tüm organik materyal kayboluncaya kadar devam ettirilmiştir. Hücre dışı K ve Mg konsantrasyonları ise Brown ve Wells (1998) tarafından geliştirilen yöntem ile ekstre edilmiştir. Elde edilen fraksiyonlar, CsCl ve LaCl<sub>3</sub> ilave edilmiş hava/asetilen alevli AAS ile analiz edilmiştir. Referans materyali olarak IAEA 336 *Evernia prunastri* kullanılmıştır. IAEA 336'dan elde edilen tüm değerler, belirtilen aralıklar içinde olmuştur (Branquinho ve ark., 1999).

Branquinho ve Brown (1994) benzer bir çalışmada, likenlerde (*Cladonia porterntosa*) kurşunun (Pb) yerini araştırmışlardır. Çalışmada *Cladonia porterntosa*'dan hücre dışı bağlanmış kurşunu çıkartabilme yeteneği bakımından çeşitli ajanlar araştırılmıştır. Bu ajanlar arasında EGTA, pH 9.5 ve 2.7'de EDTA işe yaramazken, pH 4.5'te disodyum EDTA, uygun olarak görülmüş. Ajanlarla muamele edilen fraksiyonlar bir gece 80 C°'de inkübe edilerek kurutulmuşlardır. Kurutulan örnekler, 10 ml 1 M HNO<sub>3</sub> ile 2 saat muamele edildikten sonra CsCl ve LaCl<sub>3</sub> ilave edilmiş hava/asetilen alevli AAS ile analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda pH 4.5'te disodyum EDTA'nın iyi bir kelat ajanı olduğu ortaya çıkmıştır. (Branquinho ve Brown, 1994).

Likenlerle yapılan çalışmaların bir kısmında hava kirliliğinin etkisi, örneklerde yapılan metal ve iyon analizlerinin yanında tallusta yapılan spektral

ölçümler ile klorofil ve hücre membranı bütünlüğü gibi bazı fizyolojik analizlerle de desteklenmiştir. Bu tip çalışmalara örnek olarak Garty ve arkadaşlarının, İsrail’de yaptıkları çalışma verilebilir. Bu çalışmada İsrail’de kirlenmemiş bir bölgeden toplanan *Ramalina lacera* liken örnekleri, Carmel Dağı Ulusal Parkı (17 nokta) ile bir endüstri bölgesi olan Haifa Limanına (2 noktaya) 10 aylık bir süre için transplante edilmişlerdir. Toplanan liken örneklerinde Ca, Ti, Cu, Mg, Fe, Si, Ni, Zn, V, Cr, Mn, K, Na, Ba, Sr, B, S, ve Al analizi yapılmıştır. Örnekler (1 – 2 g), yıkanıp havada kurutulduktan sonra, 24 saat 105 C°’de inkübe edilmişlerdir. 250 mg’lık örnekler, 10 ml’lik konsantre %65’lik HNO<sub>3</sub> içeren test tüpleri ile ısıtıcı tabla üzerinde 80 C°’den başlayarak 100 C° ve 120 C°’ye kadar ısıtılarak, 8 saat muamele edilmiştir. Elde edilen numunelerdeki element içeriği Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES) ile tayin edilmiştir. Aynı liken örneklerinde F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> H<sub>2</sub>O ile bir ön işlem yapılarak ekstre edilmiş ve bir iyon kromatografi cihazı ile tayin edilmiştir. Transplantasyon sonrasında yapılan spektral ölçümler sonucunda Haifa Limanı’ndan toplanan örneklerde klorofil ve hücre membranı yapılarında bozulmaları işaret eden veriler elde edilmiştir. *Ramalina lacera* liken örneklerinin hem fizyolojik durumu hem de element ve iyon içeriği, Carmel Dağı Ulusal Parkı’ndaki bölgelerin, az kirlenmiş ya da kirlenmemiş olduğunu, öte yandan Haifa Limanı Bölgesi’nin ise daha yoğun olarak kirlendiğini göstermiştir (Garty ve ark., 2000).

Biyolojik örneklerin ICP ve AAS cihazlarında, element analizleri için öncesinde hazırlanmasında mikrodalga fırınlar da kullanılır. Adamo ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (2003) kara yosunu ve *Pseudevernia furfuracea* örneklerini çözünürleştirirken mikrodalga fırın (MILESTONE Microwave Ethos 900) kullanmışlardır. Homojenize edilmiş 200 mg örnek, teflon borular içinde 7 ml konsantre (%65’lik) nitrik asit, 2 ml hidrojen peroksit (%39’luk), 0.2 ml konsantre fluorik asit (%50’lik) ile muamele edilmişlerdir. Elde edilen örnekler ise çift distile su ile dilüe edildikten sonra Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry ile analiz edilmiştir (ICP – MS).

Bargagli ve arkadaşları (2002) da *Parmelia caperata* likeni ve *Hypnum cupressiforme* kara yosunu örneklerinde yaptıkları çalışmalarında çözünürleştirme basamağında mikrodalga fırından yararlanmışlardır. Toz haline getirilmiş ve

homojenize edilmiş 150 mg örnek, 3 ml HNO<sub>3</sub> ile kapalı teflon borular içinde mikrodalga fırında yüksek basınç (90 bar) ile çözünürleştirilmiştir. Bu işlem, sırasında güç dereceli olarak uygulanmıştır (250, 0, 250, 400 ve 650 W).

Loppi (2000)'ye ilaveten ilaveten basınçla çözünürleştirme metodunu tercih eden araştırmacılar arasında Riget ve arkadaşları da yer almaktadır. Grönland'ta *Cetraria nivalis* likeni ve toprak örnekleri ile yaptıkları çalışmada Riget ve ark. (2000), toprak örneklerini florik asit ve nitrik asit ile hazırlarken, liken örneklerini teflon bomba ile 150 C° 12 saat boyunca nitrik asitte muamele etmişlerdir.

Sun, Chi ve Shiue yaptıkları çalışmada (2001) nehir sediment, toprak ve yağ gibi organik örneklerin çözünürleştirmesiyle ilgili olarak daha önce de bahsi geçen ısıtıcılarla (hot plate), mikrodalga fırınlarla (microwave ovens) ya da yüksek basınç (pressure bombing) ile muamele etme metodlarını değişik asit karışımları kullanarak karşılaştırmışlardır. Tüm çözünürleştirme metodları Tablo II.1'de belirtilmiştir. Isıtıcı ile çözünürleştirmek için 5 ml HNO<sub>3</sub>, 5 ml HClO<sub>4</sub> ve 5 ml HF karışımı ile teflon beherler kullanmışlardır. Teflon beherler içindeki örnekler tartıldıktan sonra, ısıtıcı tabla üzerinde 15 dk 110 C°'de tutulmuşlardır. Örneklerin ısı 70 C°'nin altına düşünce 5 ml konsantre HNO<sub>3</sub>, ilave edilmiş, 30 dk boyunca 110 C°'de ısıtılmışlar ve daha sonra 5 ml oluncaya kadar buharlaştırılmışlardır. Oda sıcaklığına ulaştıklarında deiyonize su ile 100 ml'ye tamamlanmışlardır. Yüksek basınçla yapılan metotta ise 5 ml HNO<sub>3</sub>, 5 ml HCl ve 5 ml HF karışımı ile teflon boruları kullanmışlardır. Teflon borular içindeki örnekler tartıldıktan sonra, yüksek basınç sistemi (Berghof, Enningen Almanya) ile 180 C°'yi aşmayacak şekilde 7 saat boyunca tutulmuşlardır. Mikrodalga fırın ile yapılan çözünürleştirme işlemi MDS-200 mikrodalga sisteminde (CEM Corp, U.S.A) yapılmış olup, 3 değişik seçenek denenmiştir. İşlem için basınç ve sıcaklık bilgisi verebilecek teflon borular kullanılmıştır. Borular içinde 0.5 g'lık örnekler (0.1 g yağ örneği) tartılarak, üzerlerine Tablo II.1'de belirtildiği şekilde asitler konmuştur.

Teflon borular kapatıldıktan sonra mikrodalga sistemi ile ısıtmaya başlanmıştır. Çözünürleştirme işleminde bazı reaksiyonların başlaması sıcaklıkla tayin edilmektedir. Bu nedenle sıcaklık, çözünürleştirme işlemi için önemli bir faktördür. Bu çalışmada mikrodalga sisteminde kullanılan ısıtma programı 180 C°'ye ulaşp 9.5 dakika tutmaktadır (Sun, Chi ve Shiue, 2001)

**Tablo II.1 Sun, Chi ve Shiu'nin (2001) Çalışmasında Test Edilen Çözünürleştirme Metotları ve Prosedürleri**

Parametre	Microdalga1	Mikrodalga 2	Mikrodalga 3	Isıtıcı Tabla	Yüksek Basınç
Boru - Örnek/g	PTFE Sediment: 0.5 g Toprak: 0.5 g Çamur:0.5 g Yağ: 0.1 g	PTFE Sediment: 0.5 g	PTFE Sediment: 0.5 g	PTFE Sediment: 0.5 g	PTFE Sediment: 0.5 g
Asitler	A	B	C	C	A
Asit Miktarı/ ml	9:3:3 9:3:3 9:3:4 9:2:0.5	5:2	2:5:2	5:5:5	5:5:5
Isıtma Süresi	9.5 Dakika	10 Dakika	10 Dakika	45 Dakika	7 Saat
T max/C'	180	180	180	-	-
P max/psi	180	1110	110	-	-

A) HNO<sub>3</sub>: HCl: HF;

B) Su: HF;

C) HNO<sub>3</sub>: HClO<sub>4</sub>: HF.

Toprak ve sediment gibi silis materyallerde HCl miktarı arttıkça Ag'nin kazanımının (recovery) da artmakta olduğu saptanmıştır. Çalışmanın sonucunda HCl'nin düzenli olarak ilavesinin hem Ag miktarı tayini için hem de organik açıdan zengin örneklerin çözünürleştirilmesinde basınçta olabilecek ani artışların kontrolü açısından önemli olduğu görülmüştür. Toprak örneklerinde tam bir çözünürleştirme için mikrodalga sistemiyle HNO<sub>3</sub> + HCl + HF ve HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub> + HF kombinasyonları ile yapılan metotların pratik seçenekler oldukları kanısına varılmıştır. Tablo II.2'de Nehir sedimentinden elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

**Tablo II. 2, Sun, Chi ve Shiu'nin (2001) Çalışmasında Farklı Çözünürleştirme Metotları ile NIST 2704 Nehir Sediment Maddesinde Görülen Sonuçları.**

Element	% Kazanım				
	Microdalga1 a	Mikrodalga 2 b	Mikrodalga 3 c	Isıtıcı Tabla d	Yüksek e
Ag	91	-	-	-	-
Cd	94	-	95	113	95
Cr	113	96	94	104	107
Cu	96	105	101	93	90
Fe	96	99	99	95	95
Mn	97	100	102	86	86
Ni	102	95	102	93	97
Pb	98	101	98	110	105
Zn	102	102	101	92	98

a: 9 ml HNO<sub>3</sub> + 3 ml HCl + 3 ml HF / Mikrodalga sistemi ile çözünürleştirme

b: 5 ml su + 2 ml HF/ Mikrodalga sistemi ile çözünürleştirme;

c: 2 ml HNO<sub>3</sub> + 5 ml HClO<sub>4</sub> + 2 ml HF / Mikrodalga sistemi ile çözünürleştirme

d: 5 ml HNO<sub>3</sub> + 5 ml HClO<sub>4</sub> + 5 ml HF

e: 5 ml HNO<sub>3</sub> + 5 ml HClO<sub>4</sub> + 5 ml HF

## II.2 ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN TANITIMI

### II.2.1 İstanbul İli Tanıtımı

Çalışmamızda amaç olarak, metal kirliliği bakımından hava kirliliğinin İstanbul içindeki farklı bölgelere göre durumunu değerlendirmeyi belirledik. İstanbul, Avrupa ve Asya kıtalarının birbirine en çok yaklaştığı iki uç üzerinde kurulmuş olan iki kıta arasında köprü vazifesi gören bir şehirdir. İstanbul ili Avrupa kıtasında Çatalca, Asya kıtasında ise Kocaeli; güneyden Marmara ve Bursa, güneybatıdan Tekirdağ ve kuzeybatıdan ise Kırklareli ile çevrilidir. Haliç ile Marmara arasında kalan yarımada üzerinde bulunan İstanbul 253 km<sup>2</sup> iken, tamamı 5712 km<sup>2</sup> 'dir. Marmara denizinde bulunan Adalar da İstanbul ili içine girmektedir. İlçeleri Adalar, Bakırköy, Beşiktaş, Beykoz, Beyoğlu, Eminönü, Eyüb, Fatih, Gazi Osman Paşa, Kadıköy, Kâğıthane, Kartal, Küçükçekmece, Pendik, Sarıyer, Şişli, Ümraniye, Üsküdar, Zeytinburnu, Büyükçekmece, Çatalca, Silivri, Şile, Avcılar, Bağcılar, Bahçelievler, Bayrampaşa, Esenler, Güngören,

Maltepe, Sultanbeyli ve Tuzla'dır (Şekil II.5). Şehrin nüfusu 8.803.468'dir  
( [http://www.die.gov.tr/nufus\\_sayimi/2000Nufus\\_Kesin1.htm](http://www.die.gov.tr/nufus_sayimi/2000Nufus_Kesin1.htm))



Şekil II.5 İstanbul İli Haritası (<http://kentrehberi.ibb.gov.tr/>)

İstanbul çevresinin bitki örtüsü, Akdeniz iklimi bitkilerini hatırlatmakta olup bölgede bitki türü olarak en çok maki görülmektedir. İstanbul'un ormanlık alanlarından en önemlisi kentin 20 km kuzeyinde bulunan Belgrad Ormanı'dır. İstanbul ilinde büyük akarsu olmamakla beraber şehrin en büyük akarsuyu, Riva çayıdır. Kaynaklarını Kocaeli'nden alır ve Riva köyü yakınlarından Karadeniz'e dökülür. Küçük fakat önemli üç göl bulunur. Bunlar, Terkos, Küçükçekmece (11 km<sup>2</sup>) ve Büyükçekmece (16 km<sup>2</sup>) Gölleri olup, üçü de Avrupa yakasındadır.

Yaz ayları genellikle sıcak olurken, kış ayları ise fazla soğuk değildir. Akdeniz ikliminin özelliklerini taşıyor gibi görünse de İstanbul Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın etkilenmektedir. Kış aylarında soğuk-kuru hava Karadeniz'den gelmektedir. Diğer yandan Balkanlardan gelen soğuk-yağışlı hava kütleleri özellikle Akdeniz'den gelen ılık ve yağışlı hava kütlelerinin

etkilenmektedir. Yaz ve kış arasında; gece ile gündüz arasında büyük ısı farklarına rastlanmaz (www.kultur.gov.tr).

## II.2.2 Örnek Toplanan İstasyonlar ve İlçelerin Tanıtımı

Çalışma amacımız doğrultusunda İstanbul ilinin Anadolu ve Avrupa yakalarının değişik bölgelerinden liken ve kara yosunu örnekleri toplanmıştır. Örnek topladığımız istasyonlar arasında Anadolu yakasında Küçük Çamlıca, Şile, Polonezköy, Hıdiv Kasrı ve Adalar (Büyük Ada, Heybeli Ada ve Kınalı Ada) yer alırken, Avrupa Yakasında Maslak ve Belgrad Ormanı bulunmaktadır. İstasyon numaraları Tablo II.3’de verilmiştir.

**Tablo II. 3 İstasyon Numaraları ve İsimleri**

İstasyon No	İstasyon Adı
1	Polonezköy
2	Çamlıca
3	Şile Yolu
4	Hıdiv Kasrı
5	Büyük Ada
6	Heybeli Ada
7	Kınalı Ada
8	Maltepe
9	Belgrad Ormanı
10	Maslak

Örnek toplamaya ilk başladığımız istasyon olan Polonezköy Milli Parkı (İstasyon No 1) ve Hıdiv Kasrı (İstasyon No 4) Beykoz ilçesi sınırları içerisindedir (Şekil II.6). Orman içinde olan Beykoz ilçesindeki birçok tarihi eserden biri olan Hıdiv Kasrı (Mimar Sinan tarafından yaptırılmıştır), Hıdiv Kasrı, geniş ve pek bozulmamış bahçesi sebebiyle çalışmamızda istasyon olarak seçilmiştir.

Beykoz ilçesi, Kocaeli Yarımadası batısında bulunmaktadır. Batıda İstanbul Boğazı, doğu ve kuzeydoğudan Riva Deresi, kuzeyde Karadeniz ve güneyde Ümraniye ve Üsküdar İlçeleri ile çevrilidir. İlçenin iklimi Akdeniz ile Karadeniz

iklimlerinin karışımıdır. İlçede kestane, meşe, gürgen, ıhlamur, kayın, kızılğaç ve fındık ağaçlarından oluşan bir orman örtüsü bulunur. (<http://www.kultur.gov.tr/TR/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF445139E278E0BCE2EE0C0429BB7B4EA1>)



Şekil II.6 İstanbul İli Haritası, Polonezköy

(<http://www.fallingrain.com/world/TU/34/Polonez.html>)

İlçenin nüfusu 1990 yılında yapılan nüfus sayımına göre 178.438'dir. 2000 yılında yapılan nüfus sayımı ile karşılaştırıldığında 13.290 kişilik bir nüfus artışı olduğu görülür. Bu karşılatırmaya göre yıllık nüfus artış oranı %13'dür.

İlçe, 1 belde, 20 köy ve 19 mahalleden oluşmaktadır. Çavuşbaşı Beldesi ve Elmalı Köyü dışındaki köylerde nüfus azdır. Çavuşbaşı Beldesi ve Elmalı Köyü orman içine sonradan yerleşerek oluşmuştur. Beykoz ilçesinde plansız bir yapılaşma mevcut olup, nüfusun 2/3'e yakını gecekondü tipi evlerde oturmaktadır. Altyapı tamamlanmaya çalışılmaktadır. İç göçün aşırı olması sebebiyle birçok yerde doğal bitki örtüsü yok edilerek, yerleşim alanları açılmıştır. Beykoz'un %60'ı orman alanı olup, Anadolu Kavağı, Poyraz Köyü, Riva (Çayağazı), Cumhuriyet Köyü, Ali Bahadır, Değirmen Dere, Akbaba, Polonezköy önemli mesire alanları arasında yer alır, (<http://www.istanbul.gov.tr>).

Örnek topladığımız iki numaralı istasyon olan Çamlıca Tepesi ise Üsküdar ilçesi sınırları içerisindedir. Üsküdar, Marmara Denizi ile Boğaz sularının birleştiği yerde olup, Kadıköy Beykoz ve Ümraniye ile sınırlıdır. İki tarafı tepelerden oluşmuş derin ve denize açık bir vadi içinde kurulmuştur. İlçenin yüzölçümü 36 kilometrekaredir. İlçe turizminin önemli merkezlerinden olan Büyük Çamlıca Sefa Tepesi denizden 268 metre, 2 no'lu istasyonumuz, Küçük Çamlıca Tepesi ise 229 metre yüksekliktedir. İlçede hem Marmara'nın ılık havası hem de Balkanlar'dan gelen soğuk hava görülür. Yazları sıcak ve kurak geçerken, ilkbahar, sonbahar ve kış ayları ise genelde yağmurludur. Yıllık ortalama sıcaklık 15 derecedir. Ortalama yağış miktarı ise 650-700 kg/m<sup>2</sup>'dir. Nem oranı ortalama % 75dir.

2000 yılı sayımına göre ilçenin nüfusu yaklaşık olarak 495.000 kişidir. 1960'lı yıllardan itibaren ilçenin göç almasıyla, nüfusu artmıştır. İlçe genelde bir iskan alanıdır, sanayi ve ticaret merkezleri bulunmaz. Gecekondular oldukça azdır. ([www.uskudar-bld.gov.tr](http://www.uskudar-bld.gov.tr)).

Örnek topladığımız üç no'lu istasyon ise Şile İlçesinde'dir. Yerleşim birimi olarak Şile konum olarak, Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğusunda, Çatalca – Kocaeli bölümünde, Kocaeli Yarımadasının Karadeniz kıyısında bulunur. İlçe alanı 736 km<sup>2</sup> olup, doğusunda Kandıra, güneyinde Gebze, güneybatısında Kartal ile Ümraniye, batısında Beykoz ilçeleri, kuzeyinde ise Karadeniz bulunur. Şile merkezinin Ümraniye'ye 55 km, İstanbul merkeze ise 70 km mesafededir. Şile-Üsküdar arası ulaşım, 2001 yılında kullanıma açılan otoyol ile 40 dk'ya inmiştir. 2000'de yapılan son nüfus sayımına göre ilçenin genel nüfusu 32.923'dir. Bu değer 10.571 kişisi merkezde olup, geri kalan kısmı 22.352 kişisi köylerde yaşamaktadır. Şile ilçesi'nde nüfus yoğunluğu 45 kişi/km<sup>2</sup>'dir. ([www.istanbul.net.tr](http://www.istanbul.net.tr)).

Örnek topladığımız diğer istasyonlarımız arasında Adalar ilçesinde yer alan Büyük Ada, Heybeli Ada ve Kınalı Ada yer alır. İstanbul Adalar ilçesi Marmara denizinde şehre bir saat kadar uzaklıkta bulunan 9 adadan oluşmaktadır. İstanbul'un doğal akciğerleri olan Adalar'ın şehrin diğer ilçelerinden farklı olarak adaların hiçbirinin kara bağlantısı yoktur. Doğal güzellikleriyle tanınan 'Prens Adaları' adı ile de bilinen adalar, 20. yüzyılın başlarında itibaren İstanbul'un bir sayfiye, dinlenme merkezi olmuştur. Bizans imparatorluğu zamanının manastırların

kurulmuş, saray mensuplarına kimi zaman yazlık kimi zaman sürgün yeri olmuştur. Heybeli Adadaki bakır madenleri de kullanılmıştı. Ada yollarının tek vasıtası faytonlardır.

Büyük Ada, en büyük ve tanınmış olan adadır. Halk plajlarından Heybeli Ada yönünde, Yörük Ali Plajı, bulunmaktadır. Yerleşim bakımından iskele civarı kalabalık olup, adanın güney tarafı ıssızdır. 19. Yüzyıl ortalarından itibaren Adaların nüfusu artış göstermiştir. 1840 yılında nüfus 1816 iken, 1865 yılında 6,000'e ulaşmıştır. Nüfus, değişik zamanlarda yapılan sayımlara göre aşağıda belirtilmiştir. 1927'de 11.691; 1950'de – 15.405; 1960'da 19.834; 1970'de 17.600; 1980'de ise 18.232'dir. Turizm sayesinde özellikle yaz aylarında nüfusta büyük artış görülmektedir (<http://www.istanbul.gov.tr>).

İstanbul Anadolu yakasında örnek topladığımız son istasyon (No 8) Maltepe ilçesi'ne bağlı Süreyyapaşa'dır. Nüfusu 355.384 (2000) olan Maltepe İlçesi İstanbul'un Anadolu yakasında bulunmaktadır. Yüzölçümü 52 kilometrekare olup, komşuları arasında Batıda Kadıköy, kuzeyde Ümraniye ve Kartal, doğuda ise Kartal ilçeleri bulunmaktadır. İlçenin güneyinde Marmara denizi yer alır.

1992 yılında Maltepe, Kartal İlçesi'nden ayrılarak ilçe olmuştur. İlçede ulaşım, demiryolu ve karayolu ile yapılmaktadır. Demiryolu Maltepe'nin E-5 Karayolu altında kalan Eski Maltepe'nin kurulmuş olduğu güzergahtır. Karayolu ise (Ankara Asfaltı) Maltepe'yi ikiye ayırmaktadır. Bu yol Maltepe'yi Anadolu'ya yan yollar ise komşu ilçelere bağlar. İkinci önemli karayolu ise Bağdat caddesi olup Bostancı ile Pendik arasındaki güzergahı oluşturmaktadır ([www.istanbul.gov.tr](http://www.istanbul.gov.tr)).

Avrupa yakasında örnek topladığımız Belgrad Ormanı (No 9) ve Maslak Darussafaka Yolu (10) istasyonlarının her ikisi de Sarıyer ilçesinin sınırları dahilindedir. Batıda Eyüp, Güneyde Şişli ve Beşiktaş ilçeleri, doğuda ise İstanbul Boğazı ve kuzeyde Karadeniz ilçeleriyle çevrilidir. İlçenin genişliği 151 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplamaktadır. Nüfusu 2000 yılı sayımına göre 242.543 olup, 23 mahallesi ve 9 köyü bulunmaktadır. İlçede fazla sanayi tesisi bulunmamaktadır. Başlıca sanayi tesisleri kibrit ve kablo fabrikalarıdır, ([www.istanbul.net.tr/istanbul\\_ilceler\\_sariyer.asp](http://www.istanbul.net.tr/istanbul_ilceler_sariyer.asp)).

Sarıyer'in semtlerinden biri olan Bahçeköy ilk kuruluşu 1521 yıllarına dayanan yeşil bir semttir. Bahçeköy, Karadeniz iklimi etkisi altında olup, ılıman

ve nemlidir. Orman ve fundalık alanlar ile stepler geniş alanlar kaplamaktadır. Ağaç türleri olarak meşe, çam ve çınarlar çoğunluktadır. Bu semtin havasının ve suyunun temiz olması sebebiyle yaz kış önemli bir piknik alanıdır. Piknik alanlarından en tanınanı Belgrad Ormanı'dır. Turistlerin ilgisi sebebiyle yaz nüfusu 10.000 kişiyi bulmaktadır. Belgrad ormanı Bahçeköy'ü çevreler ve muhafaza alanı olarak ayrılmıştır. Belgrad ormanları geçmişte İstanbul'un su ihtiyacını da karşılamıştır. Bugün hala bu görevi gören 7 adet bent (Kömürcü bent, Büyük bent, Topuzlu bent, Ayvat bendi, Valide bendi, Kirazlı bent, II. Sultan Mahmut Bendi bu ormanın içinde bulunmaktadır ([www.istanbul.gov.tr](http://www.istanbul.gov.tr)).

## II. 3 ÇALIŞILAN ELEMENTLERİN TANITIMI

İstanbul ilinin çalışmamıza konu olan farklı bölgelerini kısaca belirttikten sonra toplanan liken ve karayosunu örneklerinde miktarı ölçülen elementleri tanıyalım. Metal kirliliği bakımından hava kirliliğinin İstanbul içinde durumunu değerlendirmek amacıyla toplanılan örneklerde AAS cihazı ile Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ölçülmüştür. Bu elementlerin klinik toksikoloji bakımından önemleri büyüktür.

Toksikoloji, kimyasal ajanların canlı organizmalar üzerindeki etkilerini inceleyen geniş bir bilim dalıdır. Ağır metaller ve toksik metaller, toksikolojinin önemli çalışma konuları arasındadır. Düşük konsantrasyonları bile bitki ve hayvanlar için toksik olan, yüksek atom ağırlığına sahip metal elementlere ağır metaller denir. Bu tip elementler, doğada kalıcı olup, biyolojik sistemlerde birikmektedir. Ağır metallere örnek olarak çalışmamızda ölçtüğümüz elementlerden kurşun, krom ve kadmiyum verilebilir. Ağır metallere ilaveten canlıların bazı metallere yüksek düzeyde maruz kalması toksik etki yapmaktadır. Bu tip metallere toksik metaller denir. Toksik metaller arasında alüminyum, arsenik, kadmium, krom, kobalt, bakır, demir, kurşun, manganez, civa, nikel, platinyum, selenyum, silikon, gümüş ve talyum yer alır (Burtis ve Ashwood, 5th Edition).

## II. 3.1 Alüminyum (Al)

Oldukça hafif ve kolaylıkla şekillendirilebilen birçok uygulaması olan bir metaldir. Yer kabuğunda yaklaşık % 8 oranında bulunur. Asit yağmurları alüminyumun biyoloji sistemler tarafından alınmasını arttırmaktadır. Asit yağmurları ile toprakta ve kayalarda doğal olarak bulunan alüminyumu eritmektedir. Bu şekilde alüminyumlu bileşikler toprağa ve suya geçebilmektedir. Alüminyumun birçok alanda kullanımı bulunmaktadır. Bakır, çinko, magnezyum ve manganez gibi elementlerle alaşımlar yapmaktadır. Alüminyum alaşımları, hava taşıtlarında, roketlerde, arabalarda, kamyonlarda ve inşaat malzemesi olarak kapı ve pencerelerin yapısında kullanılmaktadır. (<http://www.extremehealthusa.com/source.html>).

İnsanlarda normal fizyolojik durumlarda 5-10 mg alüminyum günlük beslenme ile alınır. Bu miktarın tamamı glomerulusdan süzülerek atılır. Alüminyum vücuda fazla miktarda alındığında ya da bir böbrek yetmezliği durumu söz konusu olduğunda kanda birikerek albümin gibi proteinlere bağlanırlar. Proteinlere bağlandıktan sonra vücut içinde hızla dağılırlar. İnsanlarda alüminyum kemikler ve beyin olmak üzere iki önemli bölgede birikir. Kemiklerde alüminyumun, mineralizasyon bölgesinde kalsiyumun yerini alır ve normal osteoid oluşumuna zarar verir. İlâveten kemiklerdeki kalsiyumun kana geçmesine de engel olur. Vücuda fazla miktarda alüminyum alan ya da bir böbrek yetmezliği olan bireylerin serumlarında alüminyum düzeyi 6 ug/L'yi aşar (Burtis ve Ashwood, 5th Edition).

Alüminyum bitkiler için de toksik olabilir. Kök uçlarında düzenleyici mekanizmalar üzerinde etkili olur. Aktin ve mikrofilamentlerin oluşumunu önler. Apikal dominansın kaybına sebep olur ([http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch\\_20other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch_20other_web_files/frame.htm)).

## II.3.2 Kadmiyum (Cd)

Çinko ve kurşunun elde edilmesi sırasında yan ürün olarak oluşur. Endüstride nikel bazlı şarj edilebilir pillerin imalatında, düşük ergime noktalı alaşımlarda kullanılır. Organik bazlı boyalarda sıkça rastlanılan bir pigmenttir. İlâveten tütün ürünlerinde de Kadmiyum bulunur. En önemli kirletici kaynakları

metal işeyen tesisler ve fosfatlı gübrelerdir. Hem bitkiler hem de hayvanlar için toksiktir. Genellikle 1 g toprakta 1 µg'ın altında Cd bulunur. Düşük pH'lı topraklarda alımı daha kolaylaşır.

İnsanlarda uzun yıllar boyunca kadmiyum toksikliğine maruz kalmak, renal bozukluklar ile sonuçlanır. Kadmiyum buharının solunması nazal epitele zarar verir. Kadmiyum toksikliği protein-Cd birlikteliklerinin oluşumuyla belirir. Bunu takibe proteinlerin konformasyonel yapıları bozularak denatüre olur. İnsanlarda normal Cd düzeyi kanda <5 ng/ml olup, çoğunlukla 0,5 - 2 ng/ml aralığındadır. Akut toksiklik kan Cd düzeyi 50 ng/ml'nin üzerine çıkınca görülür (Burtis ve Ashwood, 5th Edition, [http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504-ch\\_20\\_other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504-ch_20_other_web_files/frame.htm) , <http://en.wikipedia.org/wiki/cadmium> )

### **II.3.3.Krom (Cr)**

Krom, paslanmaz çelik üretiminde, krom kaplamalarda, bir tekstil boyası olarak derinin boyanmasında, temizleme solüsyonu olarak ve soğutma sistemlerinde korozyon önleyici olarak fazlaca kullanılır. Topraktaki konsantrasyonu 15–100 µg/g olabilir. Toprakta bulunan Cr çoğunlukla çözünmez haldedir. Nadiren rastlanan Cr<sup>+6</sup>, toksik formudur. Sık rastlanılan şekli olan Cr<sup>+3</sup> ün toksik etkisi yoktur. Oksijen varlığında yüksek sıcaklığa tabii tutulmak ve elektriksel kaplamalarda yüksek voltaj Cr<sup>+3</sup>'ü Cr<sup>+6</sup>'ya dönüştürebilmektedir. Cr<sup>+6</sup> buharının solunması, nazal epitel hücrelerine zarar vermekte ve akciğerlerde skuamoz hücre karsinomlarına sebep olmaktadır. Cr<sup>+6</sup> yağda iyi çözülebilir ve membranlardan geçebilir. Diğer yandan Cr<sup>+3</sup> ise yağda pek iyi çözülmez ve biyolojik membranlardan geçemez. Cr<sup>+6</sup> hücreye alındıktan sonra indirgenerek bilinen bir toksikliği olmayan Cr<sup>+3</sup>'e çevrilir. Bu nedenle krom zehirlenmesinin teşhisinde Cr<sup>+6</sup>'nın biyolojik örneklerde ölçülmesi anlamlı değildir (<http://www.extremehealthusa.com/source.html>, Burtis ve Ashwood, 5th Edition,)

### **II.3.4 Kobalt (Co)**

Co, ergime noktası yüksek, oksidasyona dayanıklı, çok sert metal alaşımlarının ve pigmentlerin yapısında bulunur. Bu metal alaşımlarının üretim ve işleme aşamalarında bu elemente maruz kalınması, akciğer hastalıklarına sebep

olmaktadır. Cobalt toksikliğinin semptomları arasında Cardiomyopathy ve böbrek yetmezliği yer alır. (Burtis ve Ashwood, 5th Edition)

### **II.3.5 Bakır (Cu)**

İletkenliğinin yüksek olması sebebiyle bakır, elektrik ekipmanında ve çeşitli metal alaşımların yapısında kullanılır. Bakır doğaya temel olarak maden atıklarıyla, elektrokaplama prosesiyle, tesisatlar ile Cu, pestisitler sayesinde verilir. Volkanik patlamalar ve yerdeki tozun rüzgarla havalanması gibi doğal sebeplerle hava ve suda bulunur. Sanayide boyalarda ve ahşap koruyucularında kullanılır. İşlenmiş ağaçlar yüksek miktarda Cu ve arsenik içerirler. Bunların yenilmesi sindirim yolu epitel hücrelerine zarar verir, hemolitik anemi ve sarılığa sebep olabilir (Burtis ve Ashwood, 5th Edition, <http://www.extremehealthusa.com/source.html>)

### **II.3.6 Demir (Fe)**

Demir yerkürenin en temel (kütle olarak % 34.6) elementi olup en fazla kullanılan metaldir. Araba ve gemilerin, binaların yapısında kullanılır. Çelik en sık rastlanılan demir alaşımıdır.

Akut demir zehirlenmesi genellikle çocuklarda kazayla fazla miktarda alınması şeklinde görülür. 0,5 gramdan fazla demirin yenmesi gastrointestinal yolun yüzeyini kaplayan epitel hücrelerini tahriş eder ve hepatik siroza yol açabilir. Klinik semptomları arasında mide bulantısı ve kusma, abdominal ağrı, ishal yer alır (Burtis ve Ashwood, 5th Edition).

### **II.3.7 Kurşun (Pb)**

Kurşun doğada bulunabilen ağır bir metaldir. 1970 öncesinde üretilen boyalarda oldukça yüksek konsantrasyonlarda (% 35 e kadar) kurşun bazlı boyaların, ev boyalarında kullanılması sınırlandırılmış olsa da halen kase ve tabak gibi seramik ev eşyalarında ve bazı resim boyalarında kullanılmaktadır. Bu tip seramik eşyalara meyve suyu veya sirke gibi zayıf asit yapısındaki çözeltiler konduğunda, boyaların içindeki kurşun açığa çıkmaktadır. Kurşun bazlı boyalarla boyanmış evlerin buldukları alandaki tozda da kurşun bulunmaktadır. İlaveten kurşunlu benzin kullanan araçlarda otoyol civarında kurşun miktarının artmasına

sebeptir. Kurşunsuz benzin kullanımının artmasıyla, otomobillerin sebep olduğu kurşun miktarı azalmıştır. Kurşun endüstriyel bölgelerde toprakta da bulunabilir ve toprakta uzun süre kalabilir. Toprak örneklerinde Pb düzeyi 2-200 ug/g arasında değişiklik gösterebilir. Bitkilerde kurşun toksiliğine az miktarda rastlanmaktadır.

İnsanlarda normal bir günlük diyetle 300 mg kurşun/gün alınırken, bunun yetişkinlerde % 1-10'u, çocuklarda ise % 50'si absorbe edilir. Kurşun zehirlenmesinde 'hem' grubun eksikliğinden kaynaklanan anemi görülür. Kurşun, sistein proteinlerinin sülfidril grubuyla kovalent bağlar yapar. Kurşun ile bağlanan proteinlerden bir kısmının tersiyer yapıları değişmektedir. Sinir sistemi hücreleri bu tip bir etkiye karşı oldukça hassastır. Amerikan Hastalık kontrol merkezinin yayımladığı rapora göre çocuklarda 10 ug/dl'nin altı normal kabul edilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün raporuna göre yetişkinlerde 30 ug/dl'nin üzerinde kurşun düzeyi ciddi anlamda maruz kalmayı işaret etmektedir ([http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504-ch\\_20\\_other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504-ch_20_other_web_files/frame.htm)), Burtis ve Ashwood, 5th Edition)

### **II.3.8 Manganez (Mn)**

Manganez tuğlalarda kullanılan birleştirici bir pigmenttir. Demir ve çelik üretimi için gereklidir. Düşük maliyetli paslanmaz çeliğin üretiminde ve metal alaşımlarda korozyon önleyici bir ajan şeklinde kullanılır. Cam malzeme temizleyicisi olarak kullanılır. Motorda sürtünmeyi azaltmak amacıyla benzine ilave edilebilir. Bu alanlara ilaveten boya ve parlaticılarda da sıkça bulunan bir pigmenttir.

Bu metali içeren toza, yoğun olarak maruz kalmış insanlarda zehirlenme görülür. Bu duruma tuğla imalatı ya da parçalamasıyla uğraşanlarda ya da madenlerde Mn alaşımlarını parçalayanlarda rastlanır. Yetişkinlerde serum veya plazma Mn düzeyi 0,4-1,1 ng/ml, tam kan düzeyi ise 7,7 -12,1 ng/ml arasındadır ([http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504-ch20other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504-ch20other_web_files/frame.htm), Burtis ve Ashwood, 5th Edition, <http://en.wikipedia.org/wiki/Manganese>).

### II.3.9 Nikel (Ni)

Nikel, verdikleri sertlik ve korozyon önleyici özellikleriyle biliniyor olup, paslanmaz çelik üretilmesinde ve metal alaşımlarının hazırlanmasında, şarj edilebilir pillerde ve yağların hidrojenlenmesinde kullanılır. Toprak örneklerinin çoğunda 100 ug/g'dan daha az bir miktar Ni bulunabilir. Ni fizyolojik olarak önemli merkezde bulunan diğer elementler ile yer değiştirebilir. Bitkiler için yüksek Ni toksik olabilir. Bu durumda demir eksikliği ya da klorosis görülebilir.

Element olarak Ni insanlar için toksik değildir. Yalnızca temas ettikleri yerde iltihabı indükleyebilirler. Yaşam için düşük konsantrasyonlarda Ni'e ihtiyaç vardır. Petrolün rafine edilmesinde kullanılan Nikel karbonil ( Ni[CO] <sub>4</sub> ) bileşiği ise insanlar için oldukça toksiktir. Nikel karbonil solunduktan sonra kolaylıkla tüm biyolojik membranlardan geçebilmekte olup, ATPaz ve RNA polimeraz enzimlerini inhibe etmektedir. Nikel karbonile maruz kalan bireylerde akciğer, karaciğer, böbrekler, adrenal bezler ve dalakta lezyonlar oluşmaktadır (Burtis ve Ashwood, 5th Edition, ([http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504-ch\\_20\\_other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504-ch_20_other_web_files/frame.htm))).

### II.3.10 Zn

Çinko çelikte olduğu gibi metalleri korozyona karşı korumak amacıyla galvanizlemede ve çeşitli alaşımlarda otomobil endüstrisinde kalıp aşamasında ve pillerde kullanılır.

İnsanlar için çinko gerekli bir elementtir. 3000 kadar proteinin yapısında olduğu tahmin edilmektedir. Sığır, domuz ve kümes hayvanları gibi hayvansal proteinlerin çoğunda bulunur. Vücut için faydalı bir metal olsa da fazla miktarda alınması zararlıdır. Aşırı miktarda çinko emilimi, demir fonksiyonlarında azalmaya ve bağışıklık sisteminde hasara sebep olur (<http://en.wikipedia.org/wiki/Zinc>).

# BÖLÜM III

## III.1 MATERYAL VE YÖNTEM

### III.1.1 Materyal Toplama Yöntemi

Liken örnekleri, 8 Şubat 2004 ile 3 Kasım 2004 tarihleri arasında çeşitli zamanlarda İstanbul ili içerisinde Asya (8) ve Avrupa (2) yakalarında bulunan on farklı istasyondan toplanmıştır (Tablo III.1). Materyaller, üzerinde istasyon numarası ve günün tarihi bulunan kağıt zarflar içine, mümkün olduğunca substratlarıyla beraber alınarak toplanmıştır. Örneklerin üzerinde buldukları substratlar kaydedilmiştir. Substrat ağaç ise cinsi, gövde çapı ve örneğin yerden yüksekliği ölçülerek, not edilmiştir. Substrat kaya ya da duvar ise yerden yüksekliği kaydedilmiştir. Tablo III.1’de örneklerin toplanmasıyla ilgili kayıtlar sunulmuştur.

Toplanan örnekler, laboratuarda havalandırılarak iyice kurutulmuştur. Liken örneklerinin tayini, Yrd. Doç. Dr. Gülşah Çobanoğlu tarafından yapılmıştır. Tayin edilen örnekler, üzerinde istasyon numarası ve tür adı (karayosunu ve *Cladonia* örneklerde cins adı olarak) yazan yeni kağıt zarflar içine alınmış ve analiz anına kadar bu zarflar içinde oda sıcaklığında gün ışığı almayacak şekilde saklanmıştır.

### III.1.2 Analiz Yöntemi

Toplanan örneklerin analiz için hazırlanması 3 aşamada yapılmıştır:

1. Örneklerin temizlenmesi
2. Örneklerin toz haline getirilmesi
3. Çözünürleştirme

Çalışmaya mümkün olduğunca benzer cinslerden liken türü katılarak istasyonlar arasında karşılaştırma yapılması istenmiştir. Ancak aynı türlere bütün istasyonlarda rastlanmamıştır Ayrıca analiz için yeterli miktarlarda bulunamamıştır. Bu nedenle örnekler toplanırken mümkün olduğunca fazla çeşitte tür alınmaya

çalışılmıştır. Bazı liken türlerinin, az miktarda bulunmaları ve bu miktarın element ölçüm metodumuzun ihtiyaç duyduğundan az olması (en az 0.6 g kuru ağırlıkta örnek) sebebiyle element analizleri yapılamamış ve bunlar çalışma dışında tutulmuştur. Bu liken örnekleri arasında bulunan *Physcia adscendens* Küçük Çamlıca Tepesi (İstasyon No 2), Şile Yolu (İstasyon No 3), Hıdiv Kasrı (İstasyon No 4), ve Büyük Ada (İstasyon No 5) istasyonlarından toplanmış olmasına karşın element analizine katılamamıştır. Benzer şekilde Hıdiv Kasrı (İstasyon No 4) istasyonundan toplanan *Evernia prunastri*, Büyük Ada (İstasyon No 5) istasyonundan toplanan *Parmelia conspersa* ve *Parmelia sulcata*, Heybeli Ada (İstasyon No 6) istasyonundan toplanan *Parmelia tinctoria* liken örnekleri de element analizi için gerekli ve yeterli miktarda olmadıklarından analiz edilememiştir. Element analizi için yeterli olan örnekler, ilk olarak paslanmaz çelik pensler ile substratlarından ayrılarak toprak ot vb gibi yabancı maddelerden temizlenmiştir.

Temizlenen örnekler distile sudan geçirilmiş cam petri kaplarına konarak etüve yerleştirilmiş ve 105 C°'de 2 saat boyunca inkübe edilmiştir. Nemini kaybeden örnekler, seramik havanda ezilerek iyice öğütülmüştür. Örnekler arasında kontaminasyon olmaması için, her öğütme işleminden sonra havanlar toz deterjanla ovulup yıkanmış ve distile sudan geçirilmiştir. Distile sudan geçirilen temiz havanlar kurutulduktan sonra yeniden kullanılmıştır. Havanlar içinde iyice öğütülerek homojen hale gelen örnekler, çözünürleştirme işlemine kadar saklanmak üzere kullanılmamış plastik test tüplerine konarak ağzı kapalı şekilde oda sıcaklığında saklanmıştır.

**Tablo III.1 Örnek Toplama Tablosu**

NO	TARİH	YER ADI	SUBSTRAT	YERDEN YÜKSEKLİK	ÖRNEK
1	17/04/2004	Polonezköy Milli Park Yolu	Quercus sp	87 - 170 cm	<i>Parmelia sulcata</i>
	17/04/2004	Polonezköy Milli Park Yolu	Quercus sp	20 - 30 cm	<i>Cladonia sp.</i>
	17/04/2004	Polonezköy Milli Park Yolu	Quercus sp	20 - 30 cm	Karayosunu
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	Pinus sp	40 – 80 cm	<i>Parmelia sulcata</i>
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Quercus sp	30 cm	Karayosunu
3	1/05/2004	Şile Yolu	Quercus sp	60 - 195 cm	<i>Parmelia caperata</i>

Tablo III.1'in Devamı

NO	TARİH	YER ADI	SUBSTRAT	YERDEN YÜKSEKLİK	ÖRNEK
	1/05/2004	Şile Yolu	Quercus sp	0 - 70 cm	<i>Cladonia sp.</i>
	1/05/2004	Şile Yolu	Toprak	0	Karayosunu
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Toprak	0	<i>Cladonia sp.</i>
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Kaya üzeri Toprak	0 - 1 m	Karayosunu
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	Yerde Kaya	0	<i>Parmelia caperata</i>
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	Yerde Kaya	0	<i>Parmelia tinctoria</i>
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	Kaya	0	<i>Xanthoria parietina</i>
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	Toprak	0	<i>Cladonia sp</i>
6	9/05/2004	Senatoryum/Heybeli Ada	Kaya	Yerde	<i>Xanthoria parietina</i>
	9/05/2004	Senatoryum/Heybeli Ada	Toprak	Yerde	<i>Cladonia sp</i>
	3/11/2004	Senatoryum/Heybeli Ada	Duvar	50 cm	Karayosunu
7	16/05/2004	Kınalı Ada	Kaya	1 m	<i>Parmelia tinctoria</i>
	16/05/2004	Kınalı Ada	Toprak	Yer	<i>Cladonia sp</i>
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	Quercus sp	20 - 130 cm	<i>Parmelia sulcata</i>
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	Quercus sp	20 - 130 cm	<i>Hypogymnia tubulosa</i>
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	Quercus sp	20 - 130 cm	<i>Evernia prunastri</i>
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	Quercus sp	90 - 170 cm	<i>Parmelia caperata</i>
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Quercus sp	30-100 cm	Karayosunu
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Quercus	90 - 170 cm	<i>Parmelia sulcata</i>
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	Acer sp	80 - 100 cm	<i>Xanthoria parietina</i>
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	Acer sp	80 - 100 cm	<i>Phycia adscendens</i>
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Duvar	20 - 30 cm	Karayosunu

Çözünürleştirme işlemine geçilmeden önce örnekler, cam kaplara konarak etüve yerleştirilmiştir. Cam kaplarda bulunan homojen haldeki örnekler, etüvde 105 C°'de 1 saat boyunca inkübe edilmiştir. Bu şekilde kuru ağırlıkları elde edilen örnekler inkübasyondan sonra etüvden alınarak, soğumaları için 15–20 dk boyunca desikkatörde bekletilmiştir.

Çözünürleştirme, 'CEM MARS' mikrodalga cihazında asitle ısıtma metodu kullanılarak yapılmıştır. Her bir örnekten yaklaşık 500 mg'lık bir miktar yağlı kağıt ile hassas terazide ölçülerek, mikrodalga çözünürleştirme cihazına ait teflon kaplara konulmuştur. Mikrodalga cihazı ile HNO<sub>3</sub>, HF ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile yapılan ilk çalışmada *Parmelia tinctoria* ve kara yosunu örneklerinin homojen olarak çözünmemiş olduğu görülmüştür. Bunun üzerine çözünürleştirme sistemi aşağıdaki şekilde uygulanmıştır :

0.5 g Örnek üzerine 1- 5 ml deiyonize distile su, 7 ml HNO<sub>3</sub>, 2 ml HF, 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 15 ml doymuş borik asit çözeltisi konarak, maksimum güç 1200 Watt, basınç 180 psi ve sıcaklık 210 C° olacak şekilde ayarlanmıştır. Yaklaşık 1 saat süren bu çözünürleştirme işlemi sonrasında tüm örneklerin homojen solüsyonları elde edilmiştir. Hazırlanan bu solüsyonlar süzgeç kağıdından süzildükten sonra deiyonize distile su ile 100 ml'ye tamamlanmış ve alevli atomik absorpsiyon spektrofotometre ve grafit fırın atomik absorpsiyon spektrofotometre yöntemleri ile analiz edilmiştir.

Analitik ölçüm kalite kontrolü materyali olarak, Uluslararası Atom Enerjisi Kuruluşu'ndan (International Atomic Energy Agency) alınan IAEA-336 referans maddesi kullanılmıştır. Bu örnek analitik kimya laboratuvarlarında hem bir kalite kontrol materyali hem de likenlerde eser ve minör elementlerin ölçümünde bir referans maddesi olarak kullanılmaktadır. Epifitik bir liken olan *Evernia prunastri*'nin Portekiz'de kirletici kaynaklardan uzaktaki alanlarda (Gavião, Ourique ve Serra do Cladeirão) *Cistus ladanifer* ve *Quercus* ağaç türlerinden toplanmasıyla IAEA-336 materyali hazırlanmıştır. Toplanan liken örnekleri temizlendikten sonra deiyonize su ile yıkanıp, etüvde 40 C°'de 24 saat kurutulmuştur. Teflon bir öğütücü aracılığıyla öğütülen örnek, 125 µm'lik bir elekten geçirilerek bir karıştırıcı ile karıştırılmış ve 20 g'lık birimlere ayrılmıştır. Materyal daha sonra radyasyon ile steril edilmiştir.

IAEA Referans materyalinden Al, As, Ba, Br, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Fe, Hg, K, La, Lu, Mn, Na, Nd, P, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Tb, Th, V, Yb ve Zn elementleri 1992 – 1994 yılları arasında uluslararası düzenlenen bir çalışmada değişik laboratuvarlarca ölçülerek elde edilmiştir. Elde edilen istatistiksel değerler biraraya getirilerek yayınlanmıştır. Bu verilerden çalışmamıza konu olanları Tablo III.2’de belirtilmiştir.

**Tablo III.2 Referans Maddesi Değer Tablosu**

Element	Tavsiye Edilen Değer (mg/kg)	% 95 Güvenilirlikle Ölçülen Aralık (mg/kg )	Tavsiye Edilen Değeri Hesaplama Kullanan Laboratuvar Sonuçları Sayısı
Co*	0.29	0.24 – 0.34	19
Cu*	3.6	3.1 – 4.1	21
Fe*	430	380 – 480	35
Mn*	63	56 – 70	29
Zn*	30.4	27.0 – 33.8	38
Al*	680	570 – 790	15
Cd*	0.117	0.100 – 0.134	14
Cr*	1.06	0.89 – 1.23	22
Pb*	4.9	4.3 – 5.5	23

# BÖLÜM IV

## IV.1 SONUÇLAR

### IV.1.1 İstasyonlar Arasında Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları

Alevli ve grafit fırın atomik absorpsiyon yöntemleri ile liken ve kara yosunu örneklerinde yapılan analizlerin sonuçları Ek IV.1'de belirtilmiştir. Referans maddesi olarak IAEA 336 liken örneğine ilaveten (bkz. Tablo III.1) IAEA toprak ve NIST kül örnekleri de kullanılmıştır. Ek IV.2'de bu referans örneklerinin değerleriyle analiz sonuçları sunulmaktadır

İlk olarak elementler ayrı ayrı ele alınmış ve elde edilen sonuçlar ileride grafiklerle gösterilmiştir. Grafiklerde türlerin yanında yer alan numaralar, tablo IV.1'de belirtilmiştir. Bu numaralar, örneklerin toplandıkları yerleri belirtmektedir.

**Tablo IV.1 İstasyon Numaraları Tablosu**

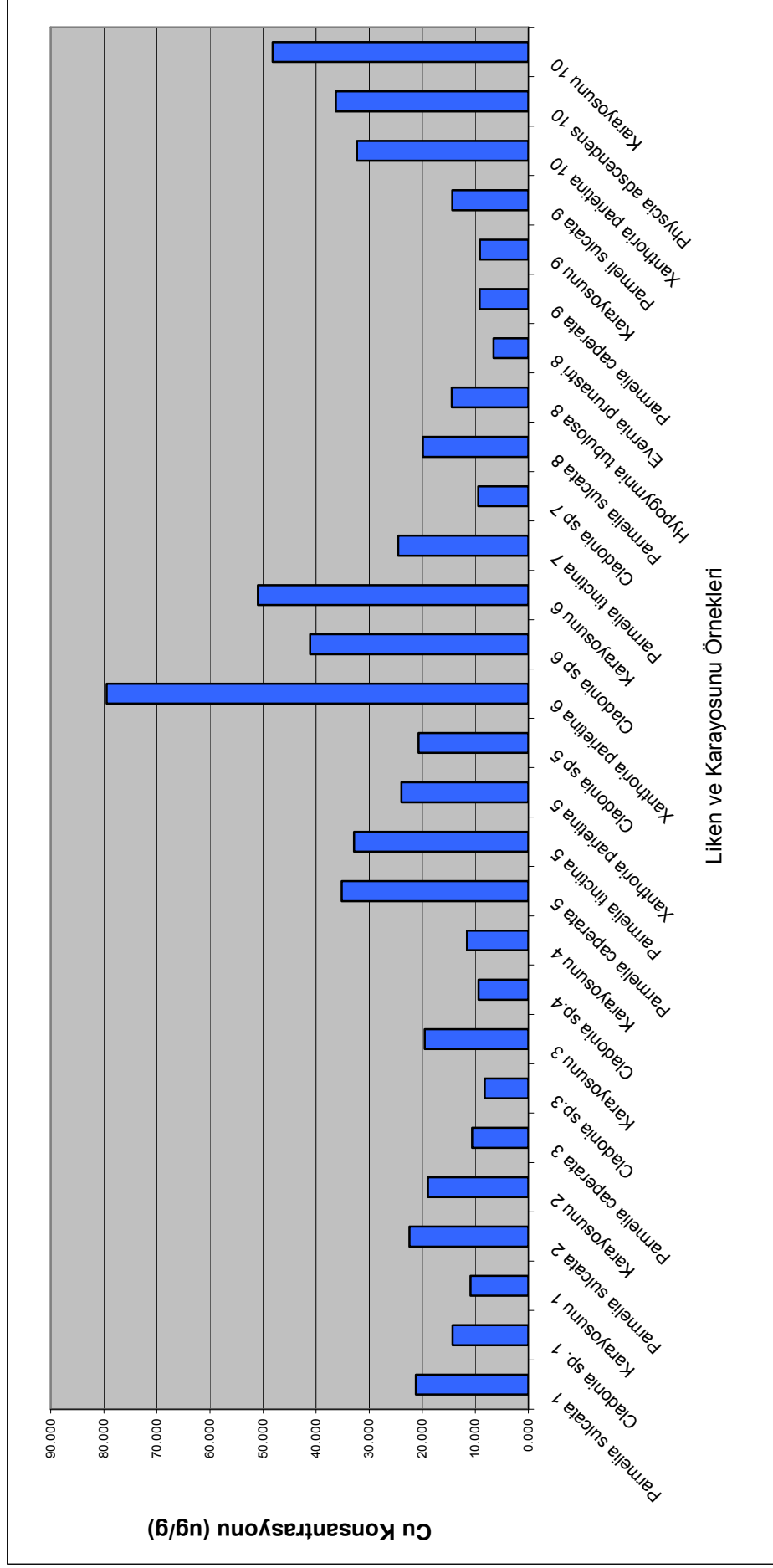
NO	İstasyon
1	Polonezköy Milli Park Yolu
2	Çamlıca Tepesi
3	Şile Yolu
4	Hıdiv Kasrı
5	Yörük Ali /Büyük Ada
6	Senatoryum / Heybeli Ada
7	Kınalı Ada
8	Maltepe / Süreyyapaşa
9	Belgrad Ormanı
10	Maslak

Cu elementince en zengin örnekler Heybeli Ada ve Maslak İstasyonlarında rastlanmıştır. Cu için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 23.591 µg/g'dır. En yüksek Cu konsantrasyonu 79.469 µg/g ile Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 50.984 µg/g ile yine aynı istasyondan toplanan kara yosunu örneği ve 48.178 µg/g ile Maslak'tan toplanan karayosunu örneği takip etmiştir (EKIV.3).

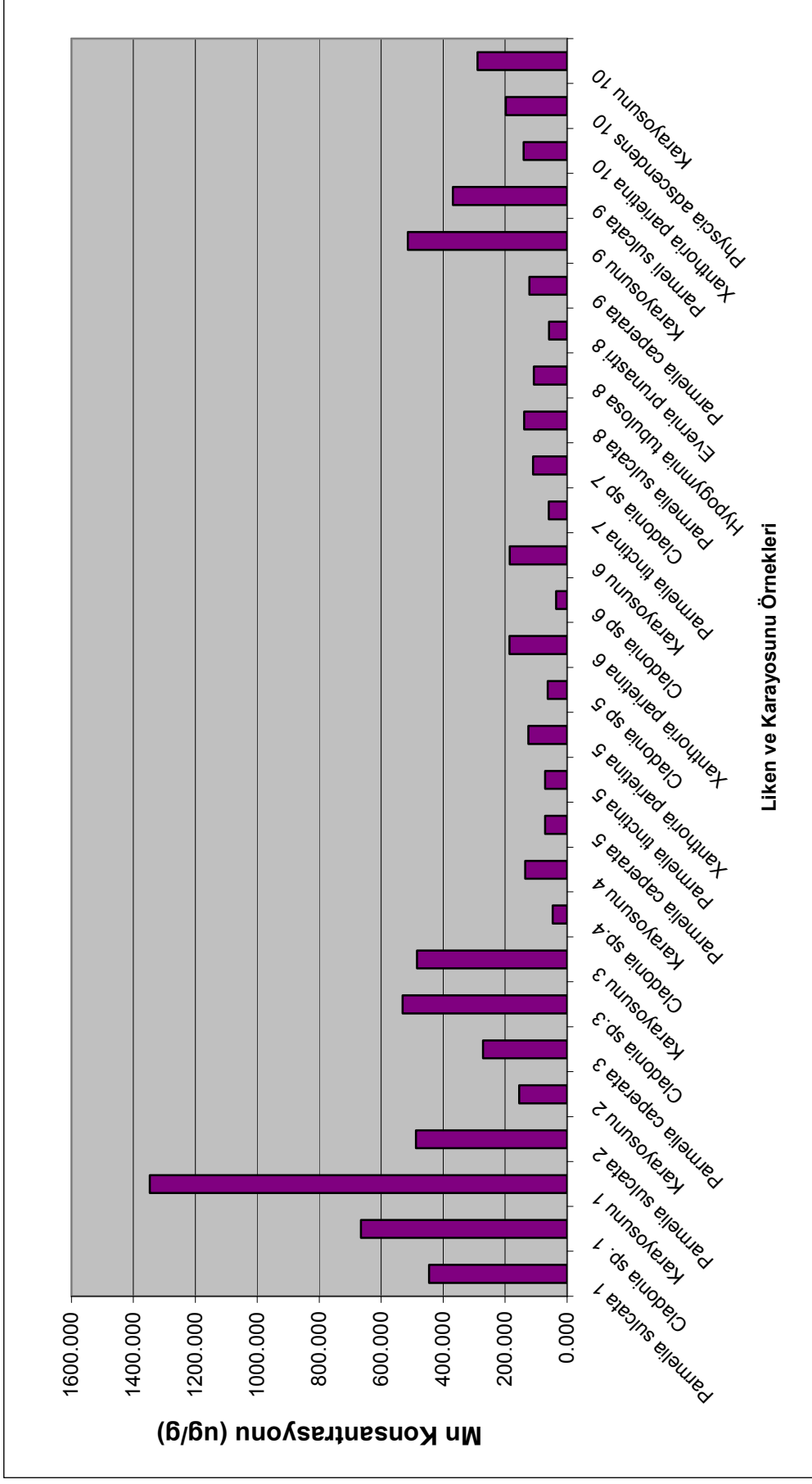
Cu elementince en fakir örnekler ise Maltepe, Şile Yolu ve Belgrad Ormanı İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyonu 6.605 µg/g ile Maltepe *Evernia prunastri* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 8.256 µg/g ile Şile Yolu istasyondan toplanan *Cladonia* örneği ve 9.137 µg/g ile Belgrad Ormanında toplanan kara yosunu örneği takip etmiştir. Şekil IV.1'de Örnekler için Cu konsantrasyonları grafikte belirtilmiştir.

Mn elementince en zengin örnekler Polonezköy ve Şile istasyonlarında rastlanmıştır. Mn için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 265.223 µg/g'dır. En yüksek Mn konsantrasyonu 1346.76 µg/g ile Polonezköy İstasyonundaki Kara yosunu örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 665.394 µg/g ile 530.829 µg/g Şile istasyonundan toplanan *Cladonia* örneği takip etmiştir.

Mn elementince en fakir örnekler ise Heybeli Ada , Hıdiv Kasrı ve Maltepe İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyonu 35.3 µg/g ile Heybeli Ada *Cladonia* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 46.397 µg/g ile Hıdiv Kasrı istasyonundan toplanan *Cladonia* örneği ve 57.866 µg/g ile Maltepe toplanan *Evernia prunastri* örneği takip etmiştir (EKIV.4).



Şekil IV.1 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Cu Konsantrasyonu (µg/g)



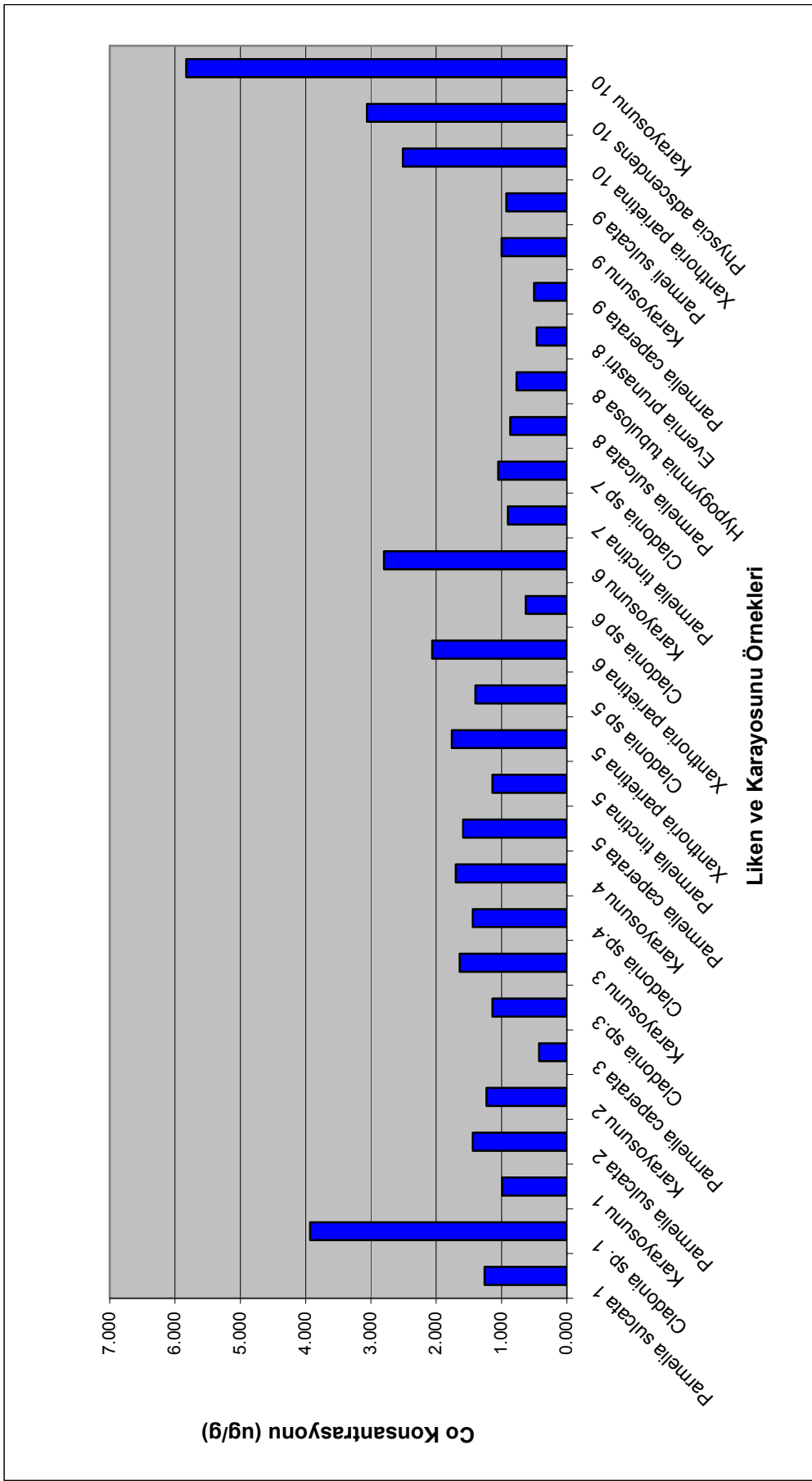
Şekil IV.2 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Mn Konsantrasyonu (µg/g)

Co elementince en zengin örnekler Maslak ve Polonezköy istasyonlarında rastlanmıştır. Co için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 1.606 µg/g'dır. En yüksek Co konsantrasyonu 5.83 µg/g ile Maslak istasyonundaki Kara yosunu örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 3.93 µg/g ile Polonezköy İstasyonundan *Cladonia* ve 3.60 µg/g ile Maslak istasyonundan toplanan *Physcia adscendens* örneği takip etmiştir.

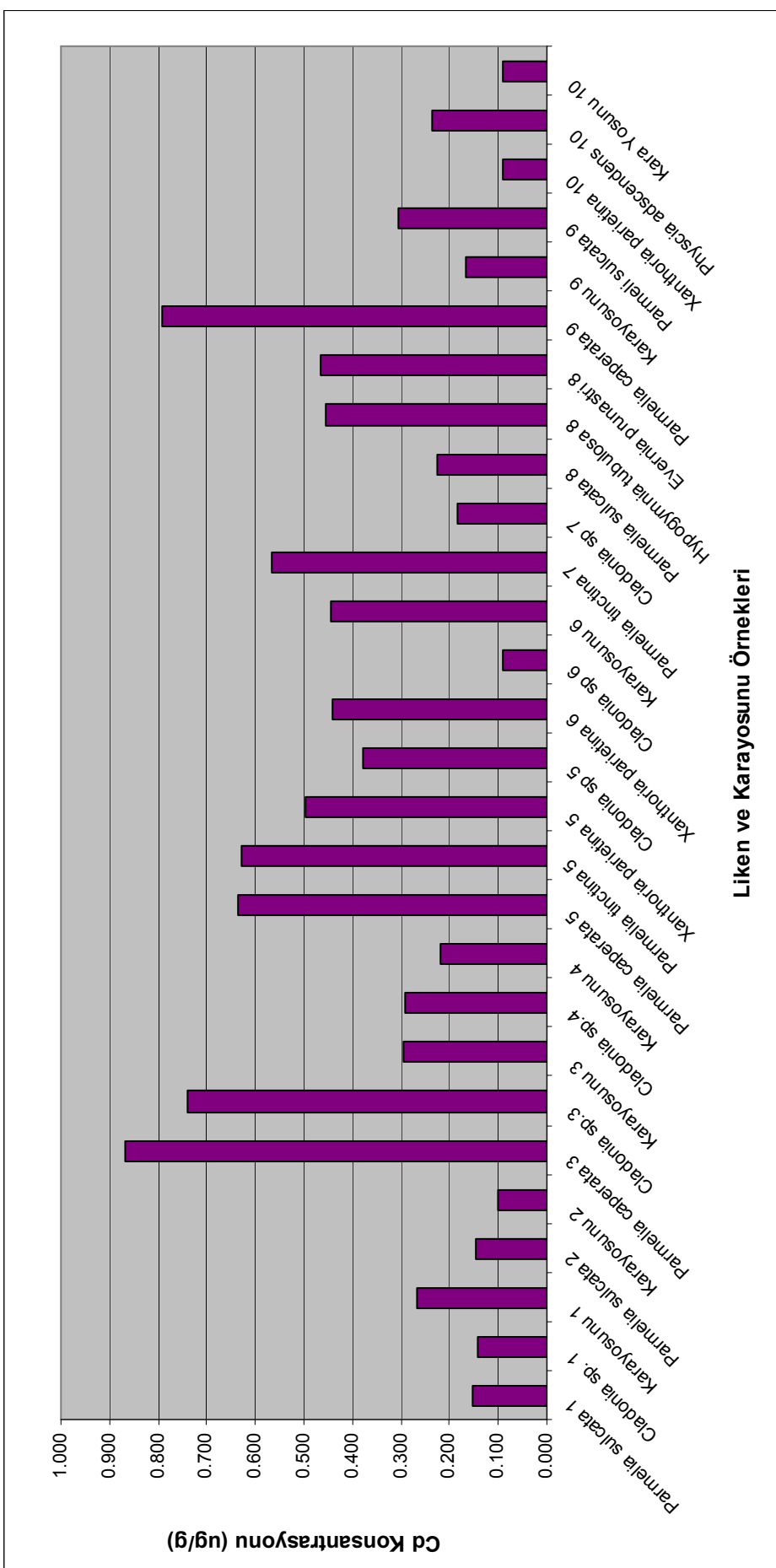
Co elementince en fakir örnekler ise Şile , Maltepe ve Belgrad Ormanı İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyonu 0.426 µg/g ile Şile *Parmelia caperata* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 0.463 µg/g ile Maltepe *Evernia prunastri* örneği, ve 0.502 µg/g ile Belgrad Ormanı istasyonundan toplanan *Parmelia caperata* örneği takip etmiştir (EKIV.5).

Cd elementince en zengin örnekler Şile Yolu ve Belgrad Ormanı istasyonlarında rastlanmıştır. Cd için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 0.367 µg/g'dır. En yüksek Cd konsantrasyonu 0.867 µg/g ile Şile Yolu istasyonundaki *Parmelia caperata* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 0.791 µg/g ile Belgrad Ormanı İstasyonundan yine *Parmelia caperata* örneği ve 0.739 µg/g ile Şile Yolu istasyonundan toplanan *Cladonia* örneği takip etmiştir.

Cd elementince en düşük örnekler ise Maslak, Heybeli Ada ve Çamlıca İstasyonlarında rastlanmıştır. Maslak İstasyonundan toplanan kara yosunu ve *Physcia adscendens* örnekleri ile Heybeli Ada'dan toplanan *Cladonia* örneğinden elde edilen Cd konsantrasyonu, ölçüm sınırı, 0.1 µg/g'ın altında ölçülmüş ve grafikler için 0.09 ug/g şeklinde alınmıştır. Bu konsantrasyonu 0.101 ug/g ile Çamlıca İstasyonundan toplanan kara yosunu örneği takip etmiştir (EKIV.6).



Şekil IV.3 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Co Konsantrasyonu (µg/g)



Şekil IV.4 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Cd Konsantrasyonu (µg/g)

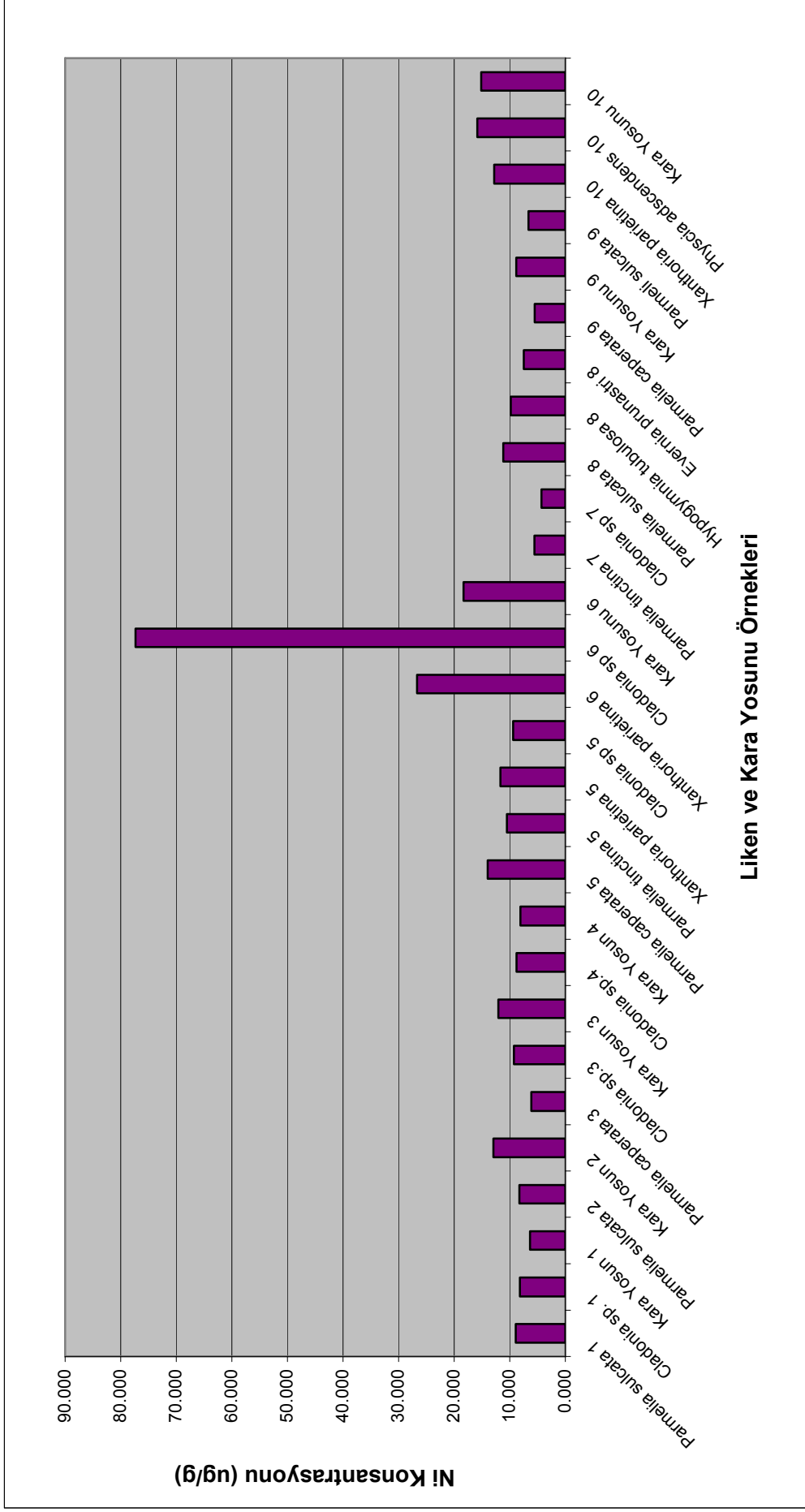
Zn elementince en zengin örnekler Maslak, Heybeli Ada ve Büyük Ada istasyonlarında rastlanmıştır. Zn için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 117,026 µg/g'dır En yüksek Zn konsantrasyonu 445 µg/g ile Maslak istasyonundaki Kara yosunu örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 267.651 µg/g ile Heybeli Ada İstasyonundan Kara yosunu ve 243.368 µg/g ile Büyük Ada istasyonundan toplanan *Xanthoria* örneği takip etmiştir. Heybeli Ada'dan toplanan *Xanthoria* örneği ise 209.10 µg/g ile gelmektedir.

Zn elementince en fakir örnekler ise Polonezköy, Belgrad Ormanı ve Şile İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyonu 37.960 µg/g ile Polonezköy, kara yosunu örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 40.419 µg/g ile Belgrad Ormanı kara yosunu örneği ve 48,746 µg/g ile Şile istasyonundan toplanan *Parmelia caperata* örneği takip etmiştir (EKIV.7).

Ni elementi Heybeli Ada'dan toplanan örneklerde diğer istasyonlardan toplanan liken ve kara yosunu örneklerine göre oldukça fazla miktarda bulunmaktadır. Ni için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 12.976 µg/g'dır Heybeli Ada'daki *Cladonia* örneği Ni elementi bakımından 77.329 µg/g ile en yüksek konsantrasyona sahiptir. Bu örneği 26.688 µg/g ile aynı istasyonundaki *Xanthoria* ve 18.299 µg/g ile kara yosunu örnekleri takip etmektedir.

Ni elementince en fakir örnekler ise Kınalı Ada ve Büyük Ada İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyonu 4.768 µg/g ile Kınalı Ada *Cladonia* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 9.389 µg/g ile Büyük Ada *Cladonia* örneği ve 5.518 µg/g ile Kınalı Ada *Parmelia tinctoria* örneği takip etmiştir (EKIV.8).





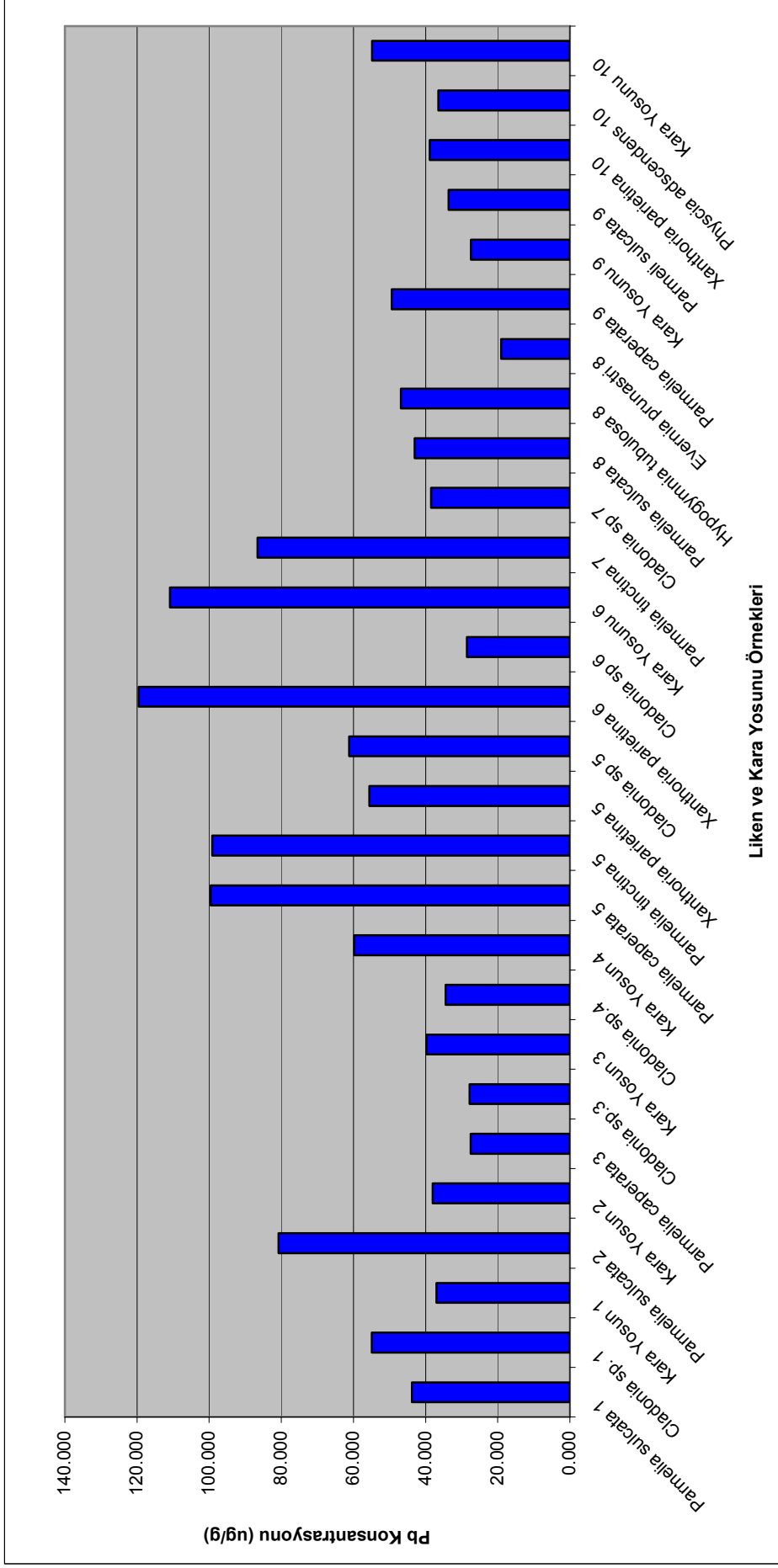
Şekil IV.6 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Ni Konsantrasyonu (µg/g)

Pb elementince en zengin örneklerle, Heybeli Ada ve Büyük Ada istasyonlarında rastlanmıştır. Pb için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 52.701  $\mu\text{g/g}$ 'dır. En yüksek Pb konsantrasyon, 119.55  $\mu\text{g/g}$  ile Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 110.84  $\mu\text{g/g}$  ile Heybeli Ada İstasyonundan Kara yosunu ve 99.60 ve 99.13  $\mu\text{g/g}$  konsantrasyonu ile Büyük Ada istasyonundan toplanan sırasıyla *Parmelia caperata* ve *Parmelia tinctoria* örnekleri takip etmiştir.

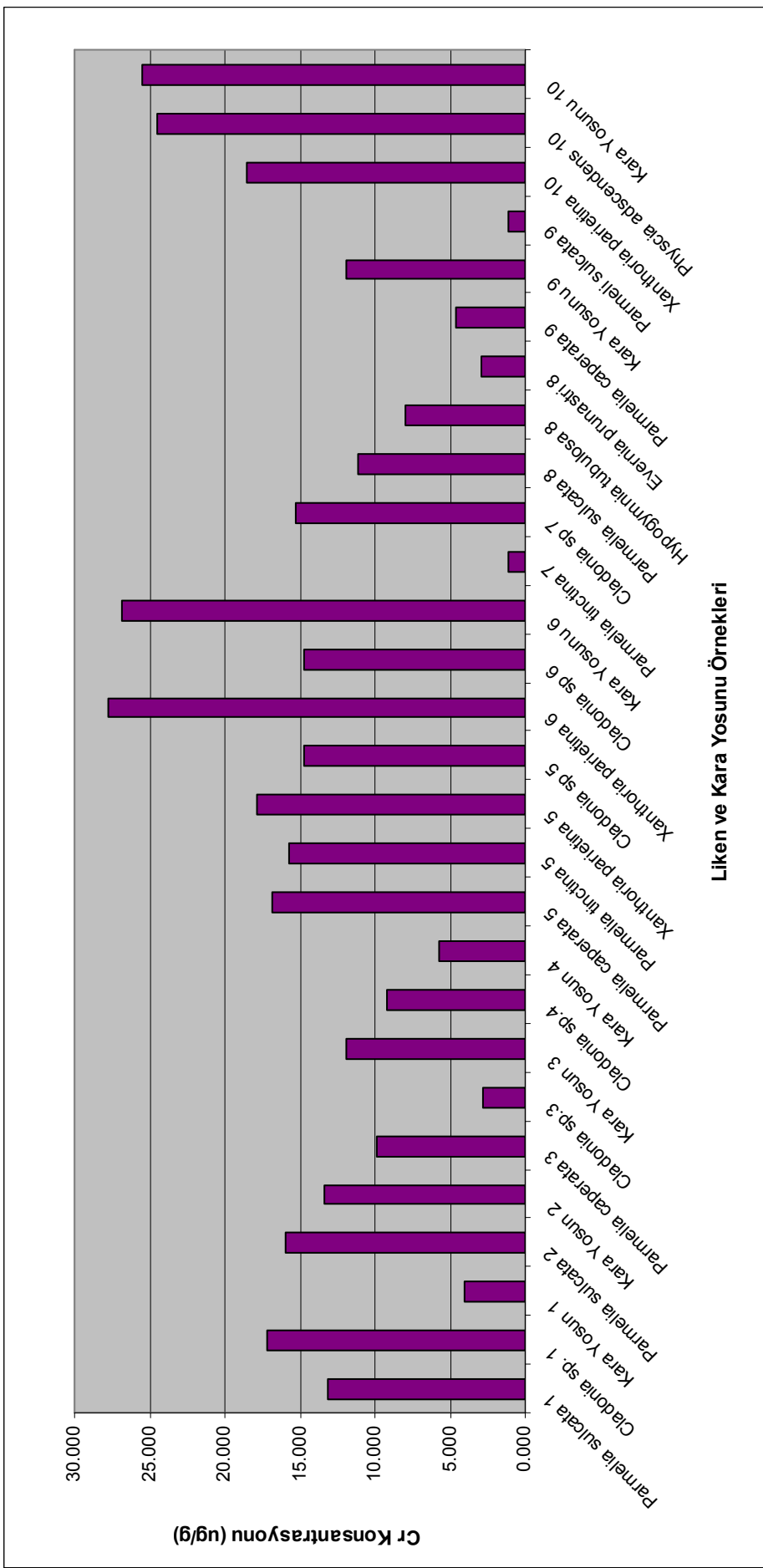
Pb elementince en fakir örneklerle ise Maltepe ve Şile İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyon 19.01  $\mu\text{g/g}$  ile Maltepe *Evernia prunastri*, örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, Şile istasyonundan toplanan 27.520  $\mu\text{g/g}$  ile *Parmelia caperata* ve 27.790  $\mu\text{g/g}$  ile *Cladonia* örnekleri takip etmiştir (EKIV.9).

Cr elementince en zengin örneklerle, Heybeli Ada ve Maslak istasyonlarında rastlanmıştır. Cr için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 13.052  $\mu\text{g/g}$ 'dır. En yüksek Cr konsantrasyon, 27.745  $\mu\text{g/g}$  ile Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 26.837  $\mu\text{g/g}$  ile Heybeli Ada İstasyonundan Kara yosunu ve 25.549  $\mu\text{g/g}$  ile Maslak Kara yosunu 24.515  $\mu\text{g/g}$  ile *Physcia adscendens* örnekleri takip etmiştir.

Cr elementince en fakir örneklerle ise Kınalı Ada, Belgrad Ormanı ve Şile İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyonlar 1.2  $\mu\text{g/g}$  ölçüm sınırının altında olan Kınalı Ada *Parmelia tinctoria* örneği ve Belgrad Ormanı *Parmelia sulcata* örneğinde rastlanmıştır. Bu konsantrasyonu, Şile istasyonundan toplanan 2.863  $\mu\text{g/g}$  ile *Cladonia* örneği takip etmiştir (EKIV.10).



Şekil IV.7 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Pb Konsantrasyonu (µg/g)



Liken ve Kara Yosunu Örnekleri

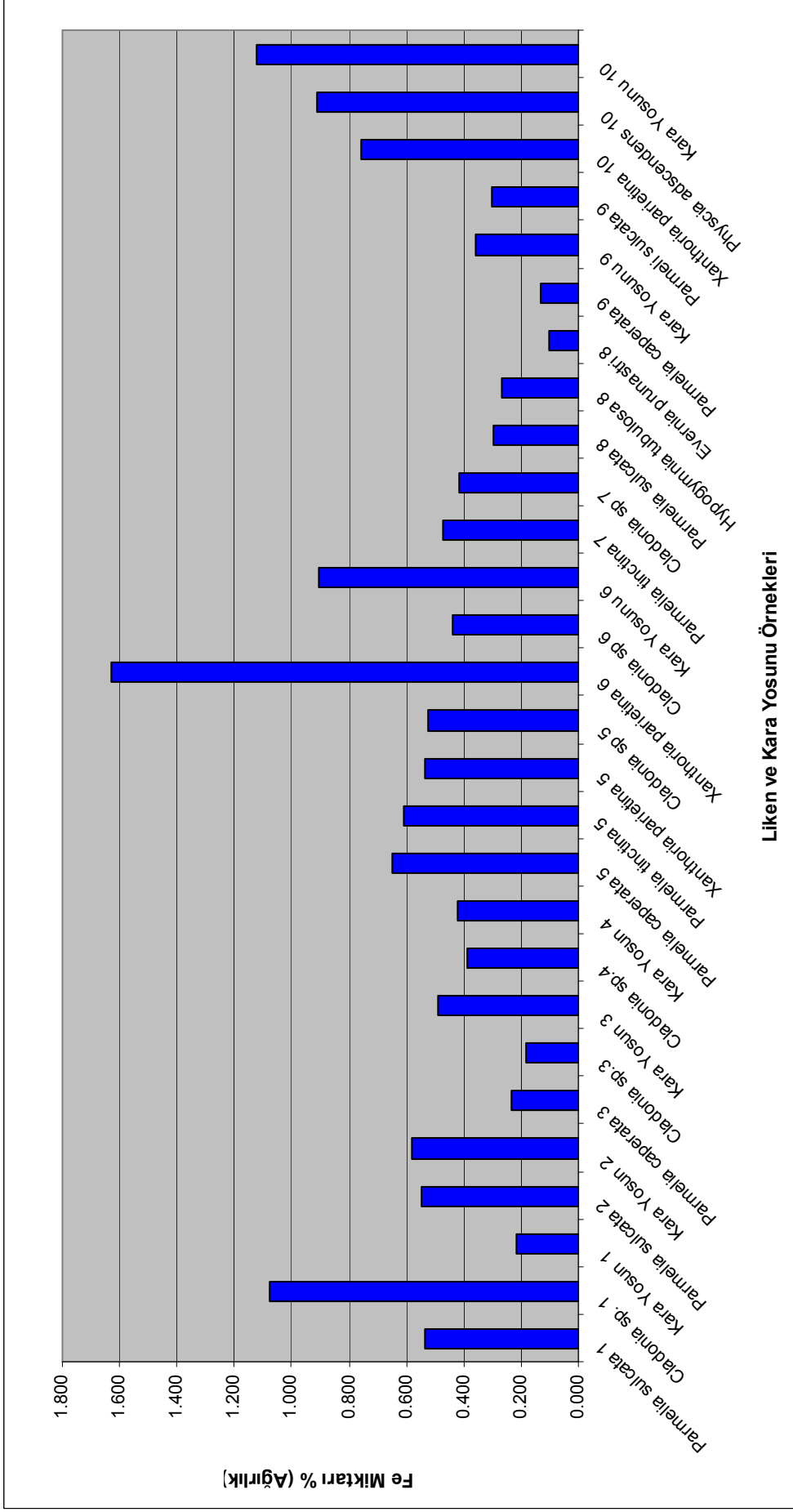
Şekil IV.8 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Cr Konsantrasyonu (µg/g)

Fe elementince en zengin örneklere, Heybeli Ada, Maslak ve Polonezköy istasyonlarında rastlanmıştır. Fe için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 0.542 % Ağırlık'dır. En yüksek konsantrasyon, 1.629 % ağırlık ile Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 1.124 % Ağırlık ile Maslak İstasyonundan Kara yosunu ve 1.076 % Ağırlık ile Polonezköy *Cladonia* örnekleri takip etmiştir.

Fe elementince en fakir örneklere ise Maltepe, Belgrad Ormanı ve Şile İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyonlar 0.1 % Ağırlık ile Maltepe *Evernia prunastri* örneği ve 0.131 % Ağırlık ile Belgrad Ormanı *Parmelia caperata* örneğinde rastlanmıştır. Bu konsantrasyonu, Şile istasyonundan toplanan 0.184 % Ağırlık ile *Cladonia* örneği takip etmiştir (EKIV.11).

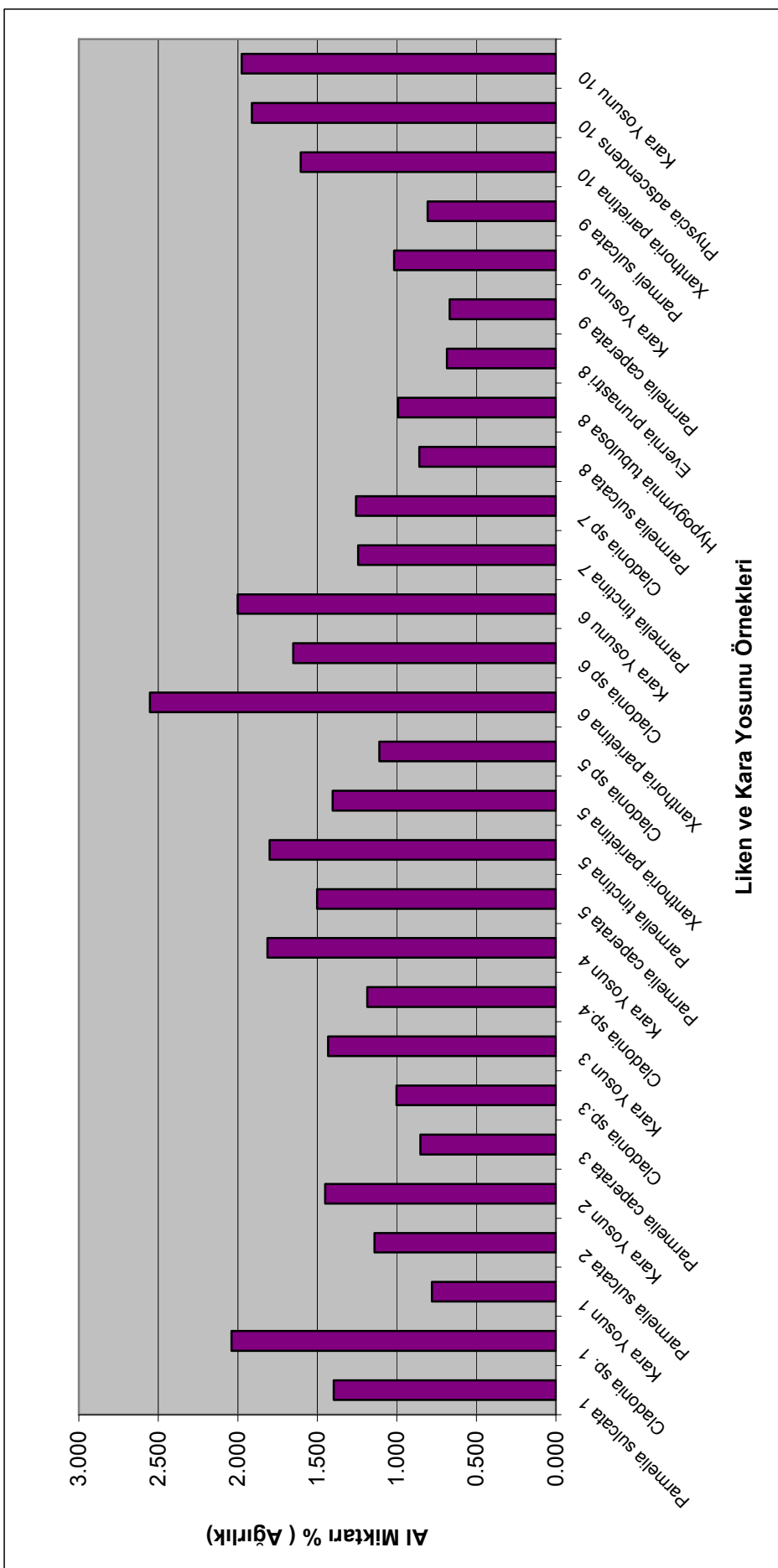
Al elementince en zengin örneklere, Heybeli Ada, Polonezköy ve Maslak istasyonlarında rastlanmıştır. Al için ölçümlerden elde edilen ortalama değer, 1,355 % Ağırlık'dır. En yüksek konsantrasyon, 2.552 % Ağırlık ile Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinde ölçülmüştür. Bu konsantrasyonu, 2.041 % Ağırlık ile Polonezköy *Cladonia* örneği ve 2.001 % Ağırlık ile Heybeli Ada Kara Yosunu örnekleri takip etmiştir.

Al elementince en fakir örneklere ise, Belgrad Ormanı, Maltepe ve Polonezköy İstasyonlarında rastlanmıştır. En düşük konsantrasyonlar 0.669 % Ağırlık ile Belgrad Ormanı *Parmelia caperata*, 0.685 % Ağırlık ile Maltepe *Evernia prunastri* örneği ve 0.780 % Ağırlık ile Polonezköy kara yosunu örneğinde rastlanmıştır (EKIV.12).



Liken ve Kara Yosunu Örnekleri

Şekil IV.9 Liken ve Karayosunu Örneklerinde Fe Konsantrasyonu % Ağırlık



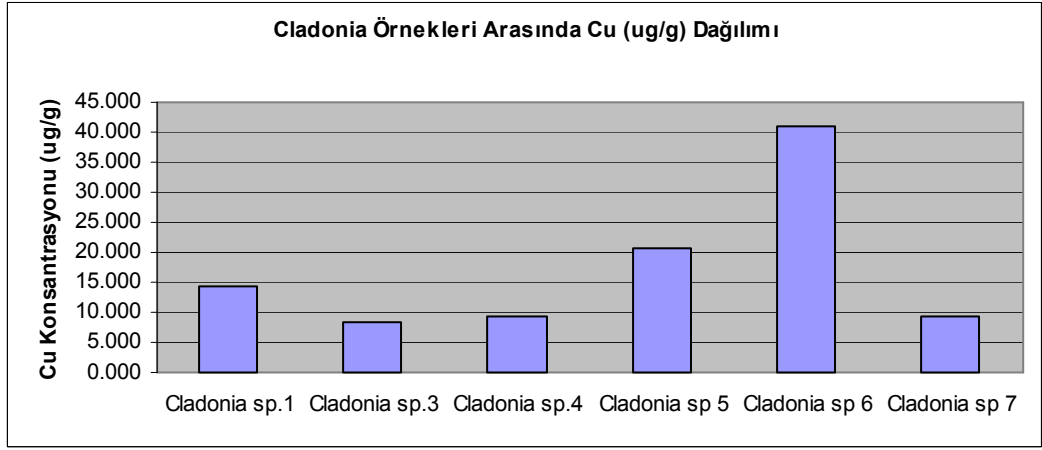
Liken ve Kara Yosunu Örnekleri

Şekil IV10 Liken ve Karayosunu Örneklerinde AI Konsantrasyonu % Ağırlık

#### IV.1.2 Benzer Örnekler Arasında Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları

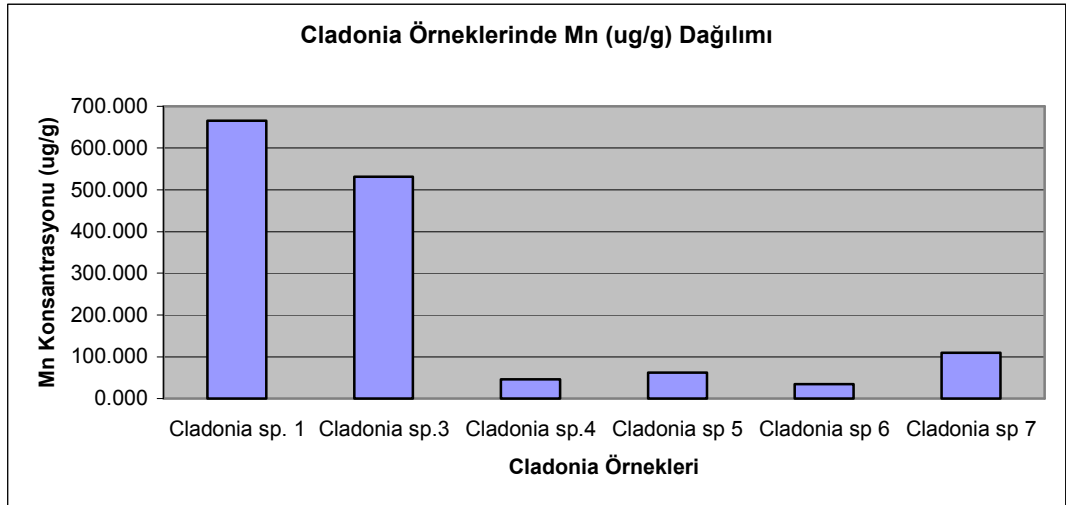
Biyomonitörleme çalışmamızda aynı cinsteki örneklerin tüm istasyonlarda bulunamaması sebebiyle analiz edilememiştir. Bu nedenle ileride belirtilecek olan grafiklerde bazı istasyonlar ile ilgili değerler yer almayacaktır.

Cladonia örnekleri arasında Cu ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 16.73  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 41.106  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 8.256  $\mu\text{g/g}$  olup, Şile Yolu Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.11'de de görüldüğü üzere Heybeli Ada ve Büyük Ada örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değer altında ve birbirine yakındır.



Şekil IV.11 Cladonia Örnekleri Arasında Cu Elementi

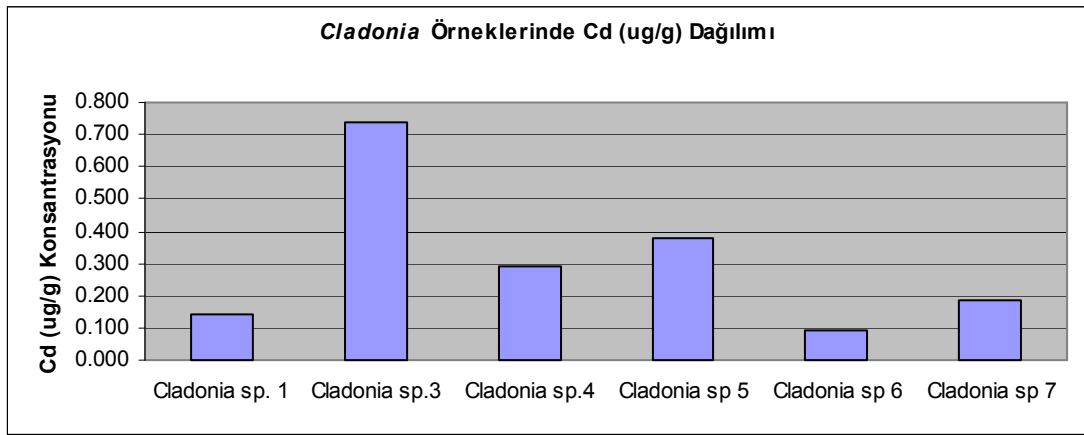
Cladonia örnekleri arasında Mn ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 241.784  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek Mn konsantrasyonu 665.394  $\mu\text{g/g}$  olup, Polonezköy Cladonia örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.12).



Şekil IV.12 Cladonia Örnekleri Arasında Mn Elementi

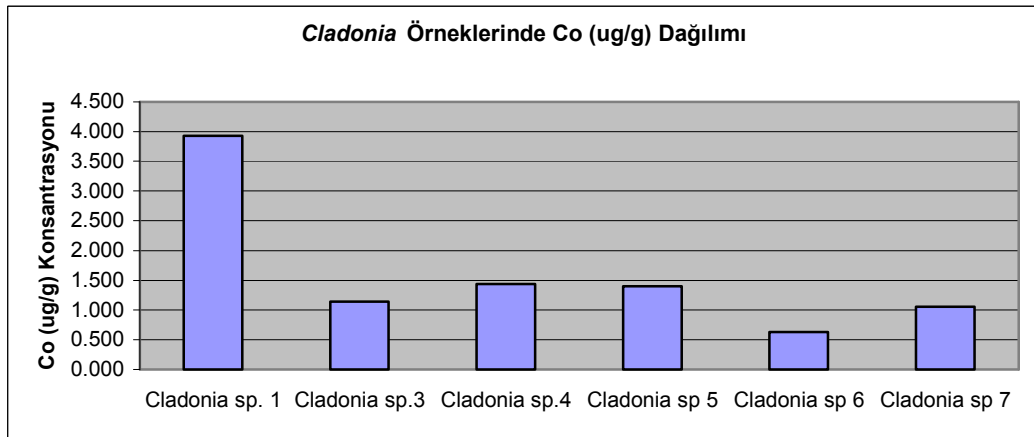
En düşük Mn değeri ise 35.300 µg/g olup, Heybeli Ada Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Polonezköy ve Şile Yolu örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değerlerin altında ve birbirine yakındır.

Cladonia örnekleri arasında Cd (µg/g) değerleri incelendiğinde ortalama değer 0.303 µg/g olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 0.739 µg/g olup, Şile Yolu Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer, AAS cihazının Cd ölçüm sınırı 0.1 µg/g'ın da altında olup, Heybeli Ada Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.13'de de görüldüğü üzere Şile Yolu ve Büyük Ada örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değerlerin altındadır.



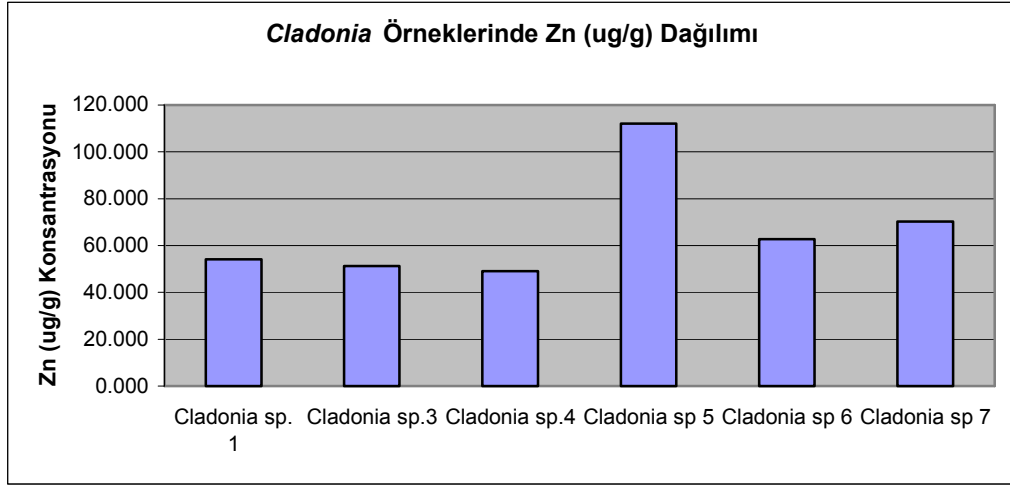
Şekil IV.13 Cladonia Örnekleri Arasında Cd Elementi

Cladonia örnekleri arasında Co (µg/g) değerleri incelendiğinde ortalama değer 1.423 µg/g olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 3.930 µg/g olup, Polonezköy Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 1.140 µg/g'ın olup, Şile Yolu Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.14'de de görüldüğü üzere Şile Yolu ve Büyük Ada örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değerlerin altındadır.



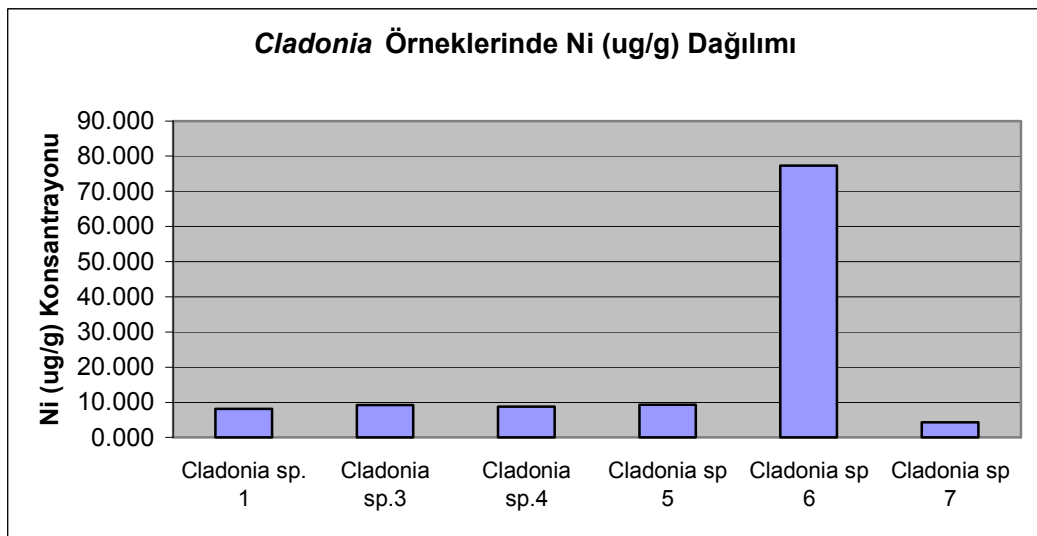
Şekil IV.14 Cladonia Örnekleri Arasında Co Elementi

Cladonia örnekleri arasında Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 65.244  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 103.986  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 49.061  $\mu\text{g/g}$ 'ın olup, Hıdiv Kasrı Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.15'de de görüldüğü üzere Büyük Ada ve Kınalı Ada örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değer altındadır.



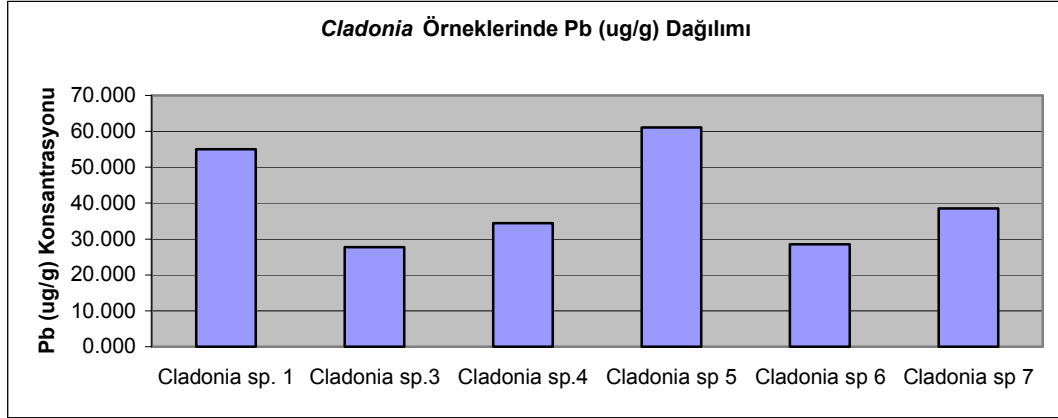
Şekil IV.15 Cladonia Örnekleri Arasında Zn Elementi

Cladonia örnekleri arasında Ni ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 19.53  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 77.329  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 4.278  $\mu\text{g/g}$ 'ın olup, Kınalı Ada Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.16'da da görüldüğü üzere Heybeli Ada örneği dışında kalan örnekler ortalama değer altında ve birbirine yakındır.



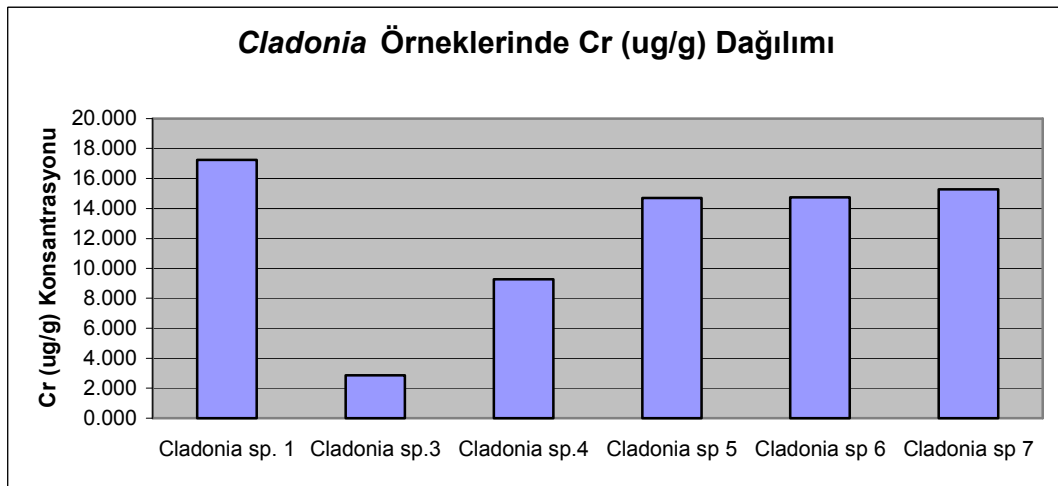
Şekil IV.16 Cladonia Örnekleri Arasında Ni Elementi

Cladonia örnekleri arasında Pb ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 40.89  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 61.140  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 4.278  $\mu\text{g/g}$ 'ın olup, Şile Yolu Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.17'de de görüldüğü üzere Büyük Ada ve Polonezköy örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değer altındadır. Bu örneklerden Kınalı Ada Cladonia örneği, ortalama değere oldukça yakındır.



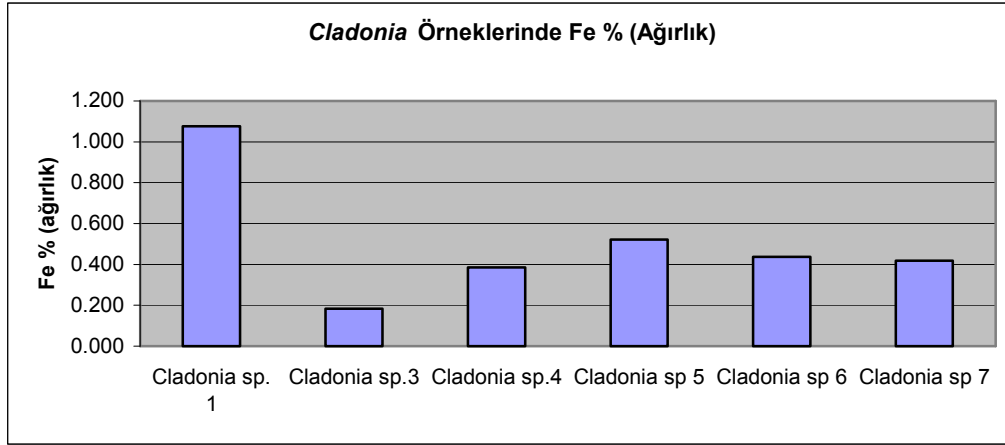
Şekil IV.17 Cladonia Örnekleri Arasında Pb Elementi

Cladonia örnekleri arasında Cr ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 12.344  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 17.224  $\mu\text{g/g}$  olup, Polonezköy Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 2.863  $\mu\text{g/g}$ 'ın olup, Şile Yolu Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.18'de de görüldüğü üzere Polonezköy, Büyük Ada, Heybeli Ada ve Kınalı Ada örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değer altındadır.



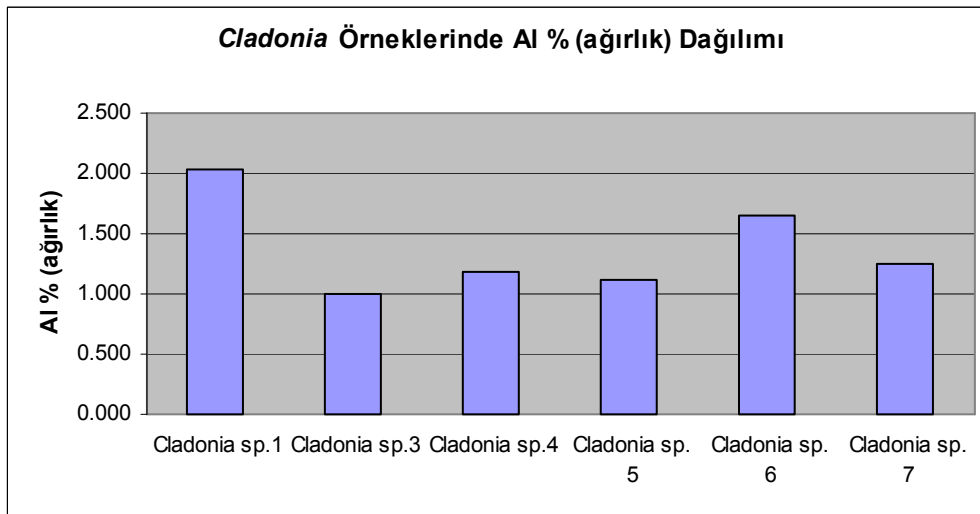
Şekil IV.18 Cladonia Örnekleri Arasında Cr Elementi

Cladonia örnekleri arasında Fe (% ağırlık) değerleri incelendiğinde ortalama değer 0.50 % (ağırlık) olduğu görülmektedir. En yüksek değer 1.076 % (ağırlık) olup, Polonezköy Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 0.385 % (ağırlık) olup, Hıdiv Kasrı Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.19’da da görüldüğü üzere Polonezköy ve Büyük Ada örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değer altındadır. Bu örneklerden Heybeli Ada ve Kınalı Ada orta değere oldukça yakındır.



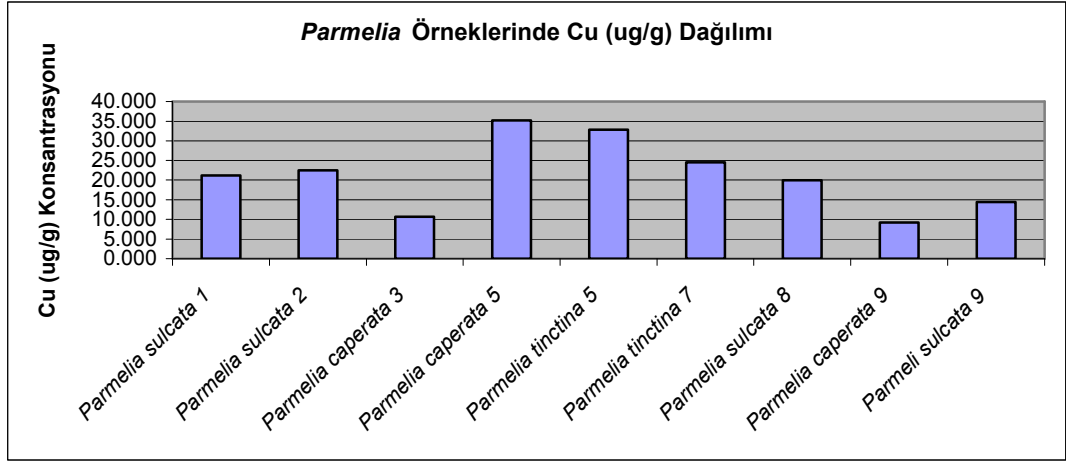
Şekil IV.19 Cladonia Örnekleri Arasında Fe Elementi

Cladonia örnekleri arasında Al (% ağırlık) değerleri incelendiğinde ortalama değer 1.38 % (ağırlık) olduğu görülmektedir. En yüksek değer 2.041 % (ağırlık) olup, Polonezköy Cladonia örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 1.001 % (ağırlık) olup, Şile Yolu Cladonia örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.20’de de görüldüğü üzere Polonezköy ve Heybeli Ada örnekleri dışında kalan örnekler ortalama değer altındadır.



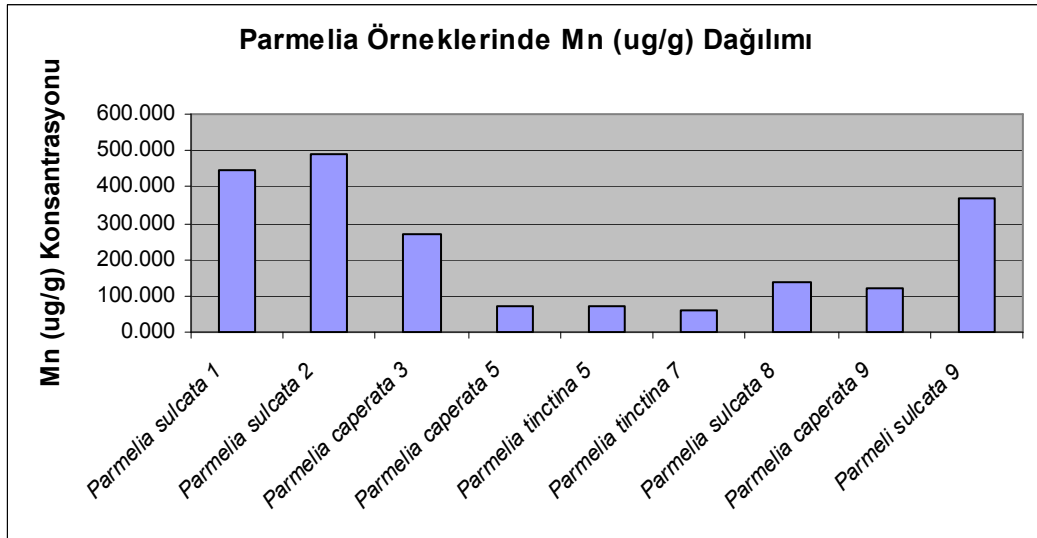
Şekil IV.20 Cladonia Örnekleri Arasında Al Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında Cu ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 21.14  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 35.200  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Parmelia* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 9.200  $\mu\text{g/g}$  olup, Belgrad Ormanı örneğinden elde edilmiştir. Şekil IV.21’de de görüldüğü üzere Belgrad Ormanı, Maltepe ve Şile Yolu örnekleri ortalama değer altında elde edilmiştir.



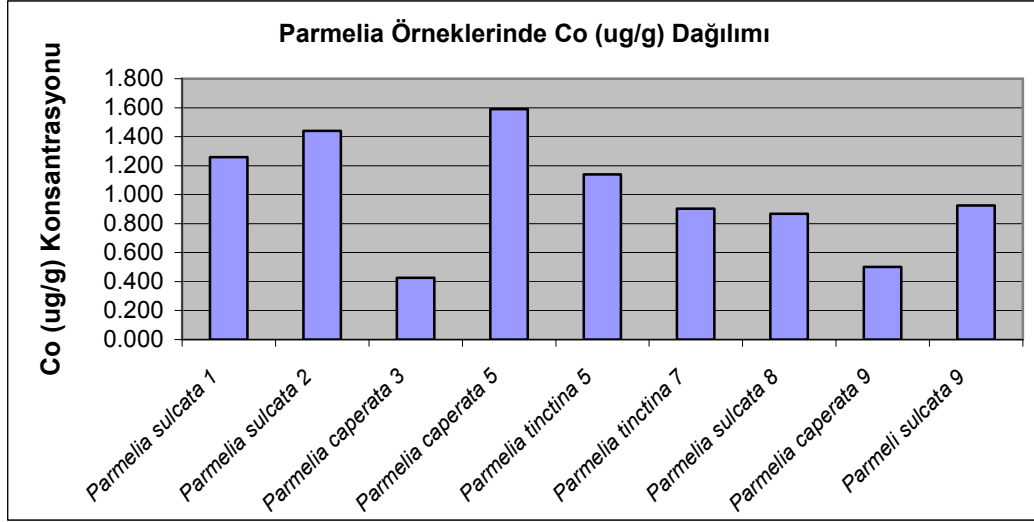
Şekil IV.21 *Parmelia* Örnekleri Arasında Cu ( $\mu\text{g/g}$ ) Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında Mn ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 225.971  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 487.970  $\mu\text{g/g}$  olup, Çamlıca *Parmelia* sulcata örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 59.059  $\mu\text{g/g}$  olup, Kınalı Ada *Parmelia tinctina* örneğinden elde edilmiştir. Büyük Ada ve Kınalı Ada örneklerinden elde edilen değerler birbirine çok yakın olup, ortalamanın altındadır ( Şekil.IV.22).



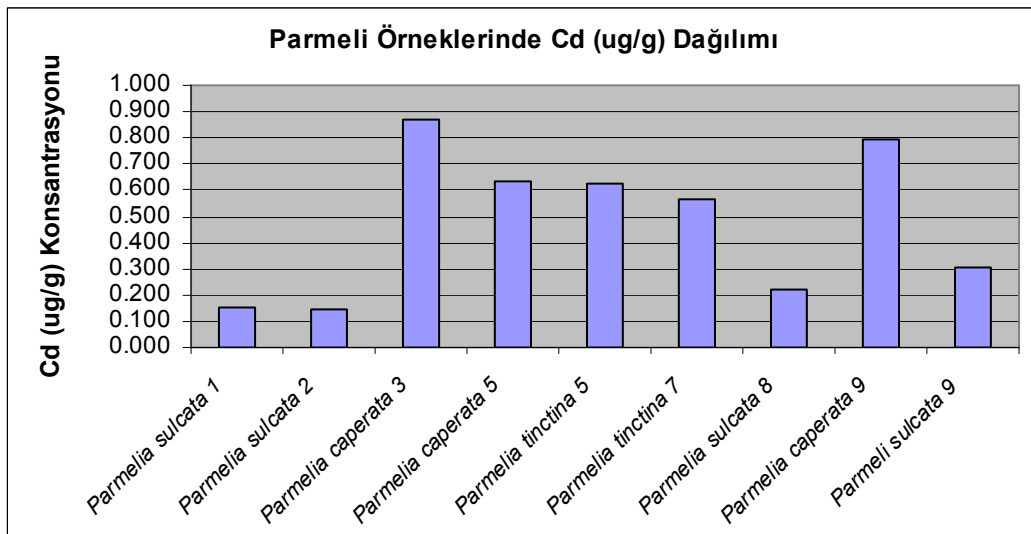
Şekil IV.22 *Parmelia* Örnekleri Arasında Mn ( $\mu\text{g/g}$ ) Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında Co ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 1.006  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 1.590  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 0.426  $\mu\text{g/g}$  olup, Şile Yolu *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir (Şekil.IV.23).



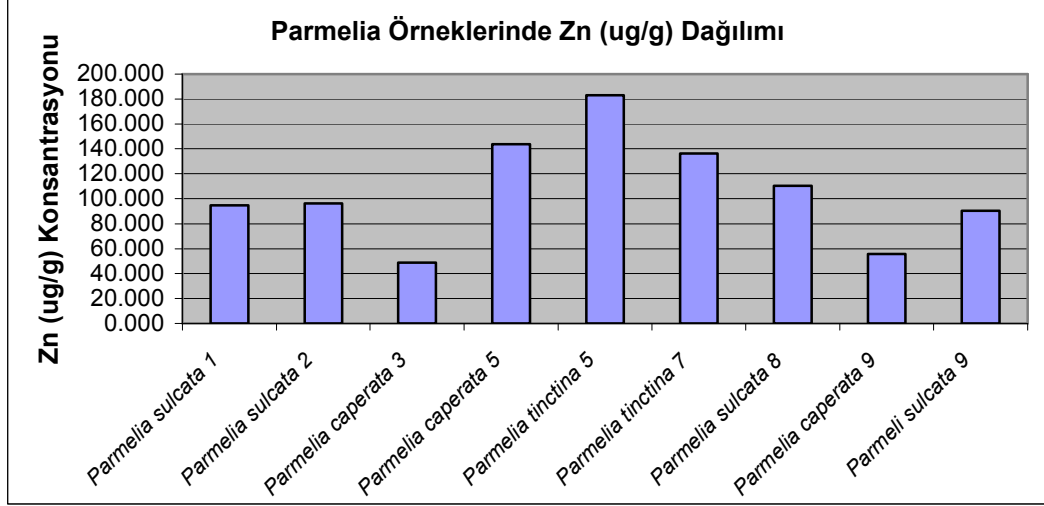
Şekil IV.23 *Parmelia* Örnekleri Arasında Co ( $\mu\text{g/g}$ ) Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında Cd ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 0.48  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 0.867  $\mu\text{g/g}$  olup, Şile Yolu *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 0.146  $\mu\text{g/g}$  olup, Çamlıca *Parmelia sulcata* örneğinden elde edilmiştir. Şekil.IV.24'te de görüldüğü gibi Polonezköy, Çamlıca, Maltepe ve Belgrad Ormanı (*Parmelia sulcata*) örneklerinden elde edilen değerler ortalamanın altındadır.



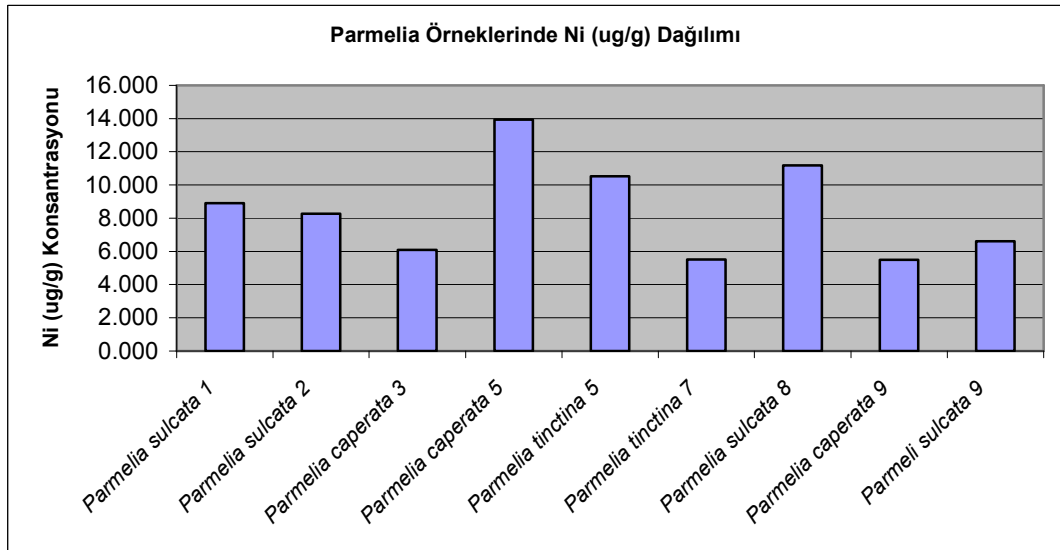
Şekil IV.24 *Parmelia* Örnekleri Arasında Cd ( $\mu\text{g/g}$ ) Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 106.608  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 183.177  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Parmelia tinctoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 48.746  $\mu\text{g/g}$  olup, Şile Yolu *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir (Şekil.IV.25).



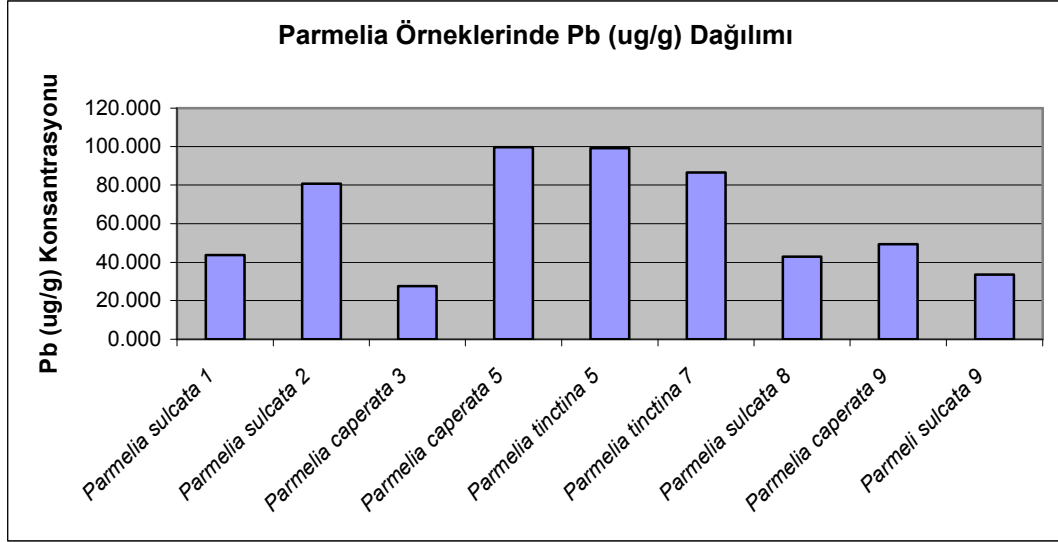
Şekil IV.25 *Parmelia* Örnekleri Arasında Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında Ni ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 8.505  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 13.947  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 5.518  $\mu\text{g/g}$  olup, Kınalı Ada *Parmelia tinctoria* örneğinden elde edilmiştir (Şekil.IV.26).



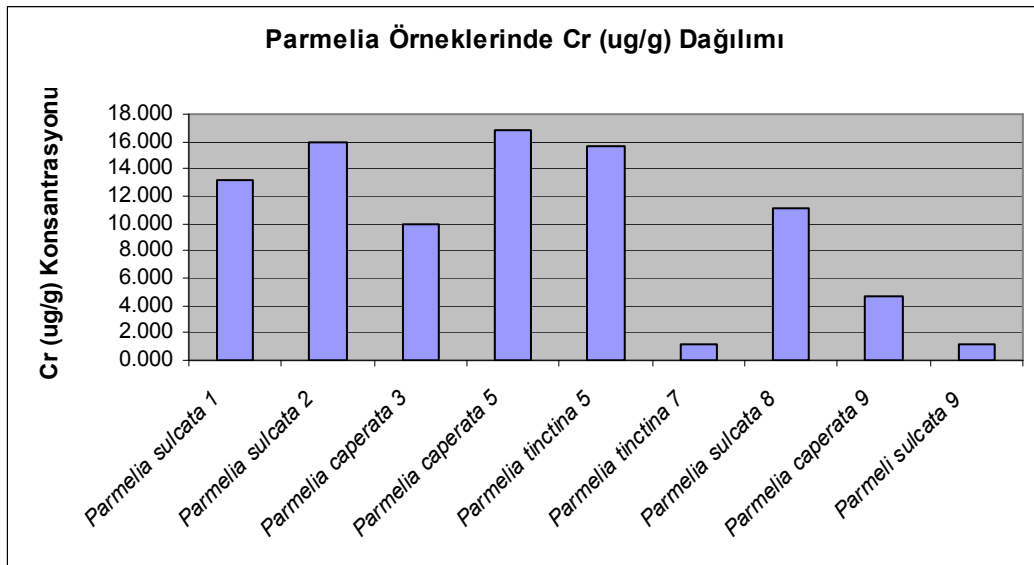
Şekil IV.26 *Parmelia* Örnekleri Arasında Ni ( $\mu\text{g/g}$ ) Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında Pb ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 62.58  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 99.600  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 27.740  $\mu\text{g/g}$  olup, Şile Yolu *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir (Şekil.IV.27).



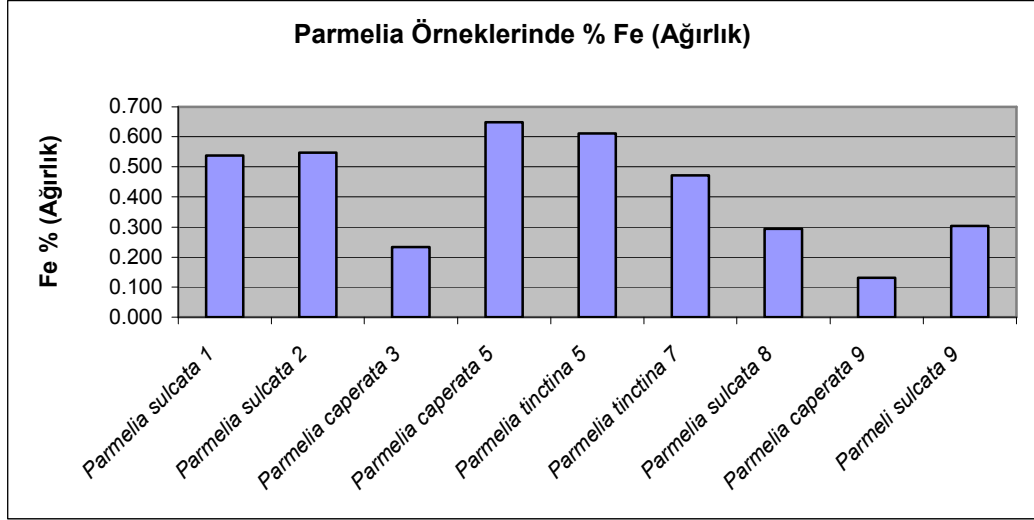
Şekil IV.27 *Parmelia* Örnekleri Arasında Pb ( $\mu\text{g/g}$ ) Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında Cr ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 9.95  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 16.816  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise ölçüm sınırı 1.1  $\mu\text{g/g}$ 'dan küçük olup Kınalı Ada *Parmelia tinctina* ve Belgrad Ormanı *Parmelia sulcata* örneklerinden elde edilmiştir (Şekil.IV.28).



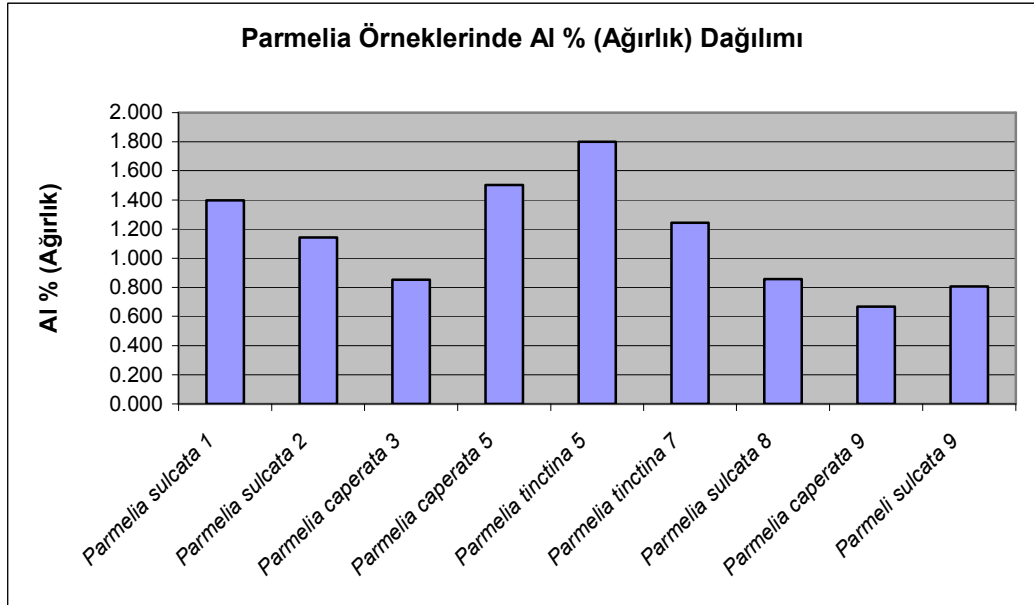
Şekil IV.28 *Parmelia* Örnekleri Arasında Cr ( $\mu\text{g/g}$ ) Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında % Fe (Ağırlık) değerleri incelendiğinde ortalama değer % 0.42 (Ağırlık) olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon % 0.649 (Ağırlık) olup, Büyük Ada *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise % 0.131 (Ağırlık) Belgrad Ormanı *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir (Şekil.IV.29).



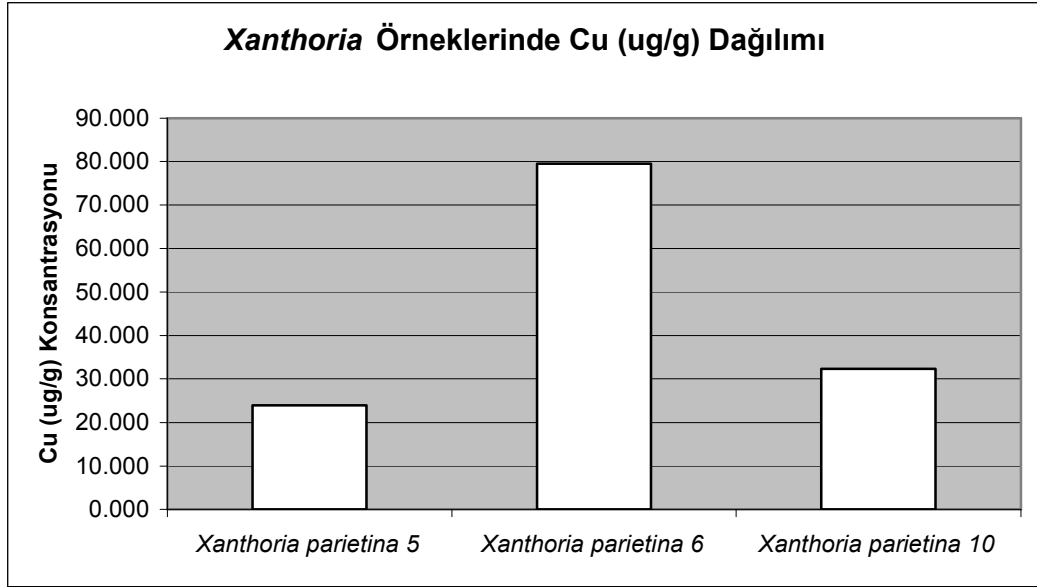
Şekil IV.29 *Parmelia* Örnekleri Arasında % Fe Elementi

*Parmelia* örnekleri arasında % Al (Ağırlık) değerleri incelendiğinde ortalama değer % 1.141 olduğu görülmektedir. En yüksek değer % 1.8 olup, Büyük Ada *Parmelia tinctina* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise % 0.669 Belgrad Ormanı *Parmelia caperata* örneğinden elde edilmiştir (Şekil.IV.30).



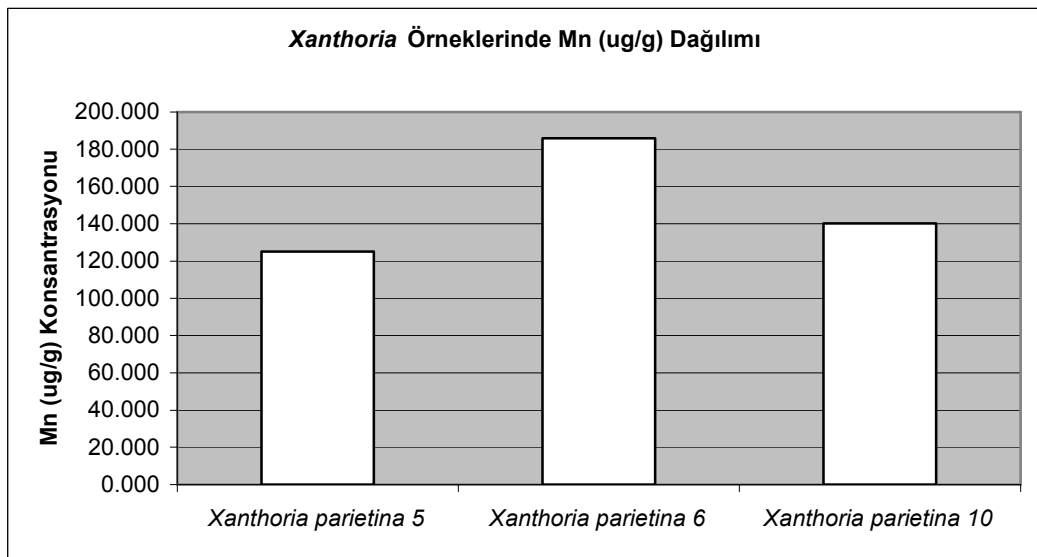
Şekil IV.30 *Parmelia* Örnekleri Arasında % Al Elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında Cu ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 45.23  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 79.469  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 23.918  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.31).



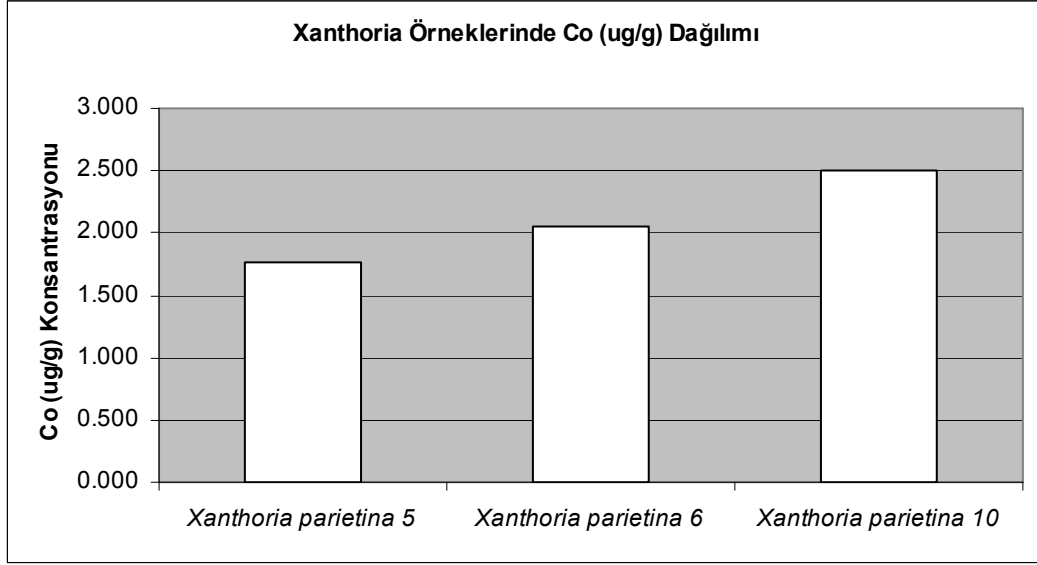
Şekil IV.31 *Xanthoria* Örnekleri Arasında Cu Elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında Mn ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 150.43  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 186.022  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 125.140  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada örneğinden elde edilmiştir (Şekil.IV.32).



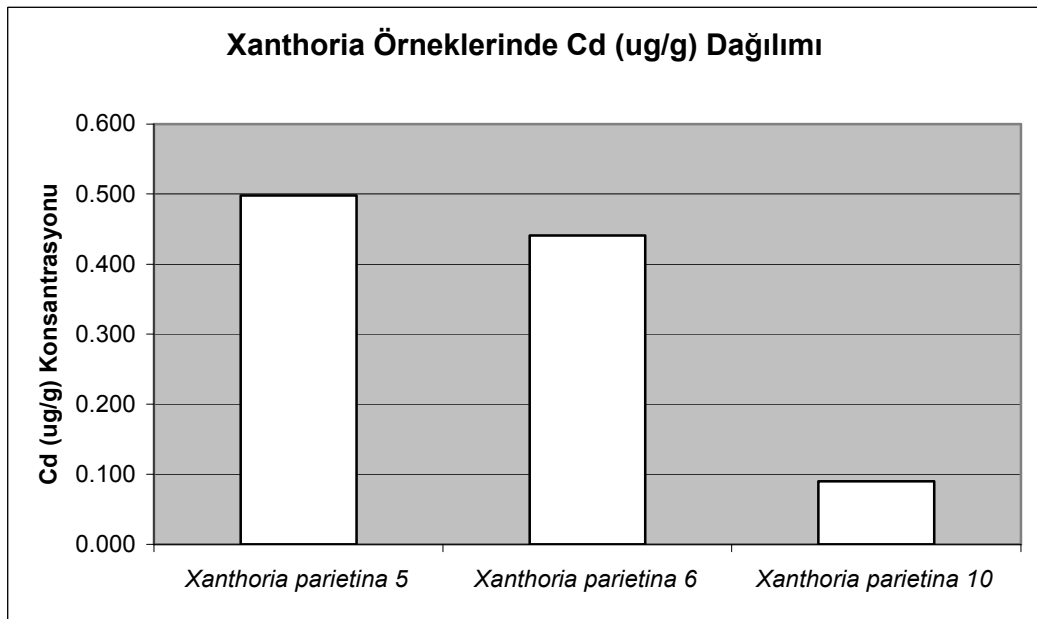
Şekil IV.32 *Xanthoria* Örnekleri Arasında Mn elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında Co ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değerin  $2.110 \mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon  $2.510 \mu\text{g/g}$  olup, Maslak *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise  $1.760 \mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada örneğinden elde edilmiştir (Şekil IV.33).



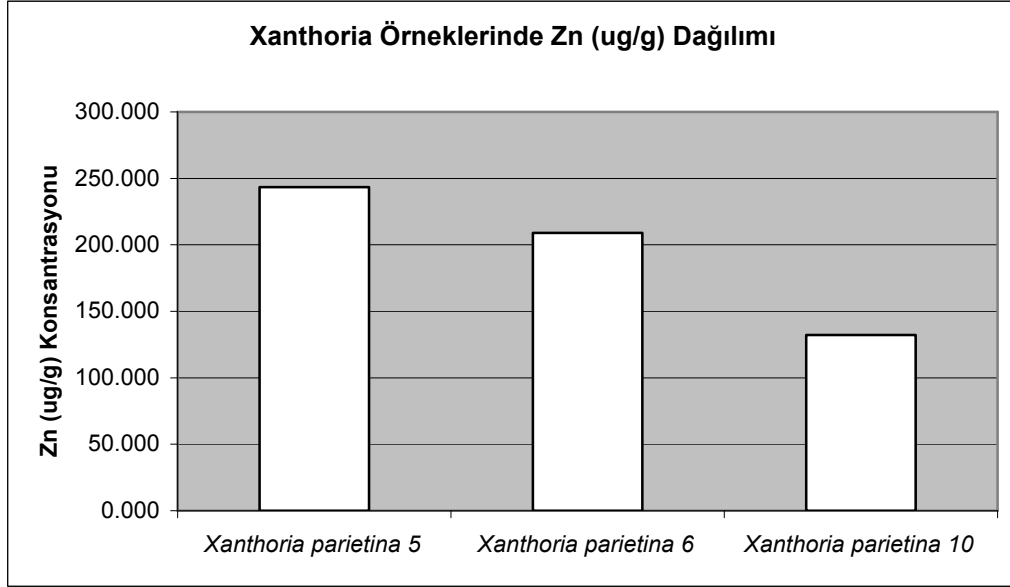
Şekil IV.33 *Xanthoria* Örnekleri Arasında Co elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında Cd ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değerin  $0.343 \mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon  $0.498 \mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise ölçüm sınırı  $0.1 (\mu\text{g/g})$ 'ın altında olup, Maslak örneğinden elde edilmiştir (Şekil IV.34).



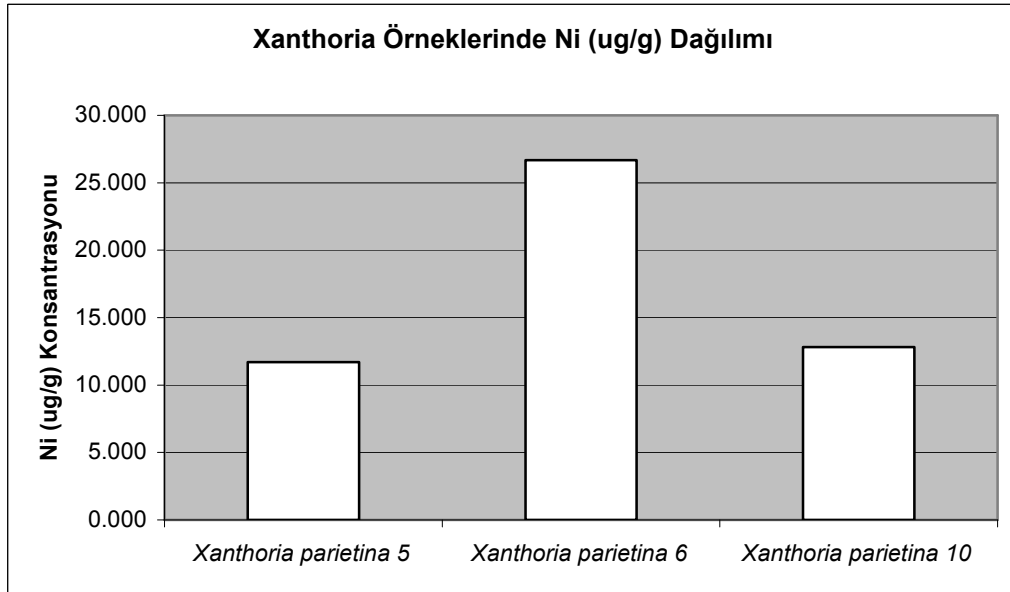
Şekil IV.34 *Xanthoria* Örnekleri Arasında Cd elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 194.860  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 243.368  $\mu\text{g/g}$  olup, Büyük Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 132.228 ( $\mu\text{g/g}$ ) olup, Maslak örneğinden elde edilmiştir (Şekil IV.35).



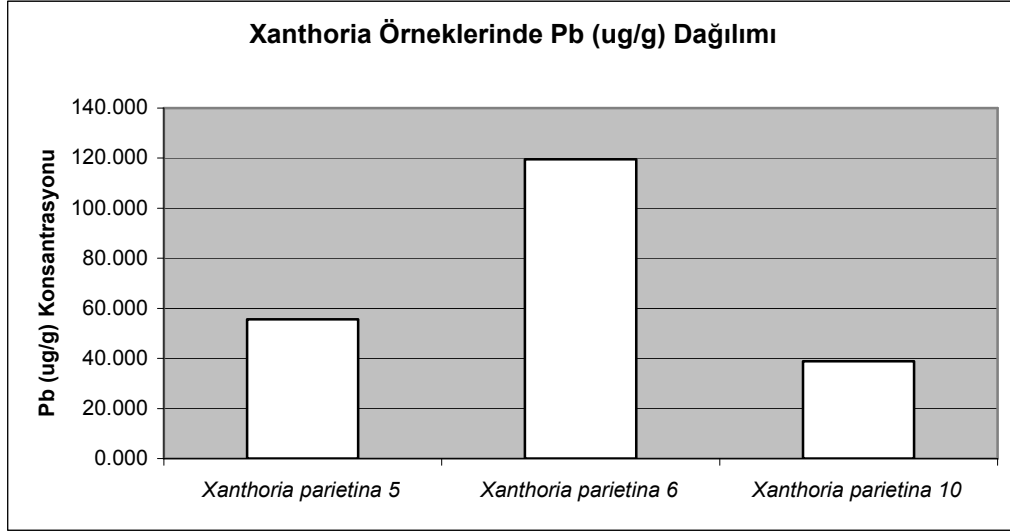
Şekil IV.35 *Xanthoria* Örnekleri Arasında Zn elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında Ni ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 17.07  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 26.688  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 11.712 ( $\mu\text{g/g}$ ) olup, Büyük Ada örneğinden elde edilmiştir (Şekil IV.36).



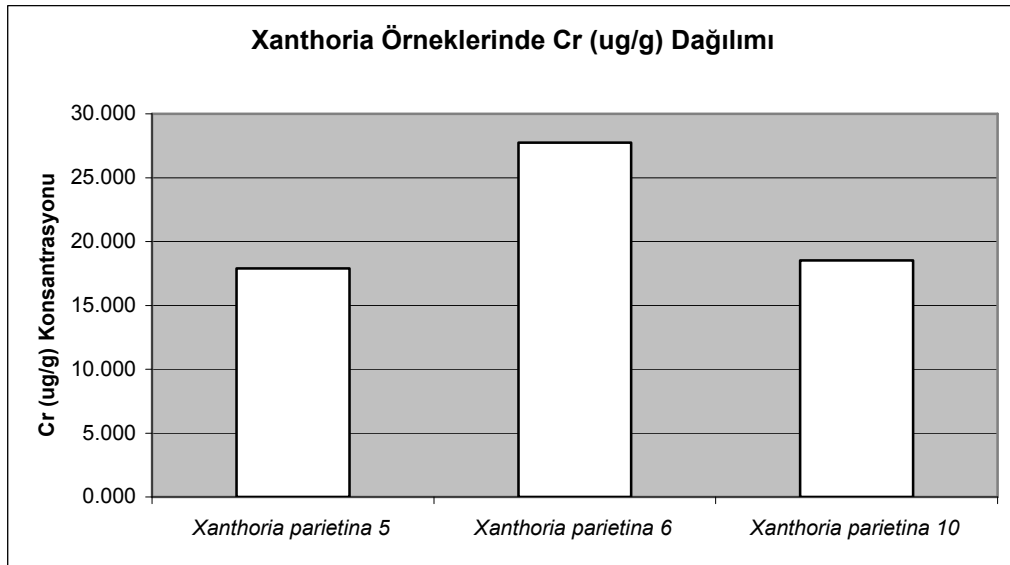
Şekil IV.36 *Xanthoria* Örnekleri Arasında Ni elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında Pb ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 71.34  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 119.550  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 38.880 ( $\mu\text{g/g}$ ) olup, Maslak örneğinden elde edilmiştir (Şekil IV.37).



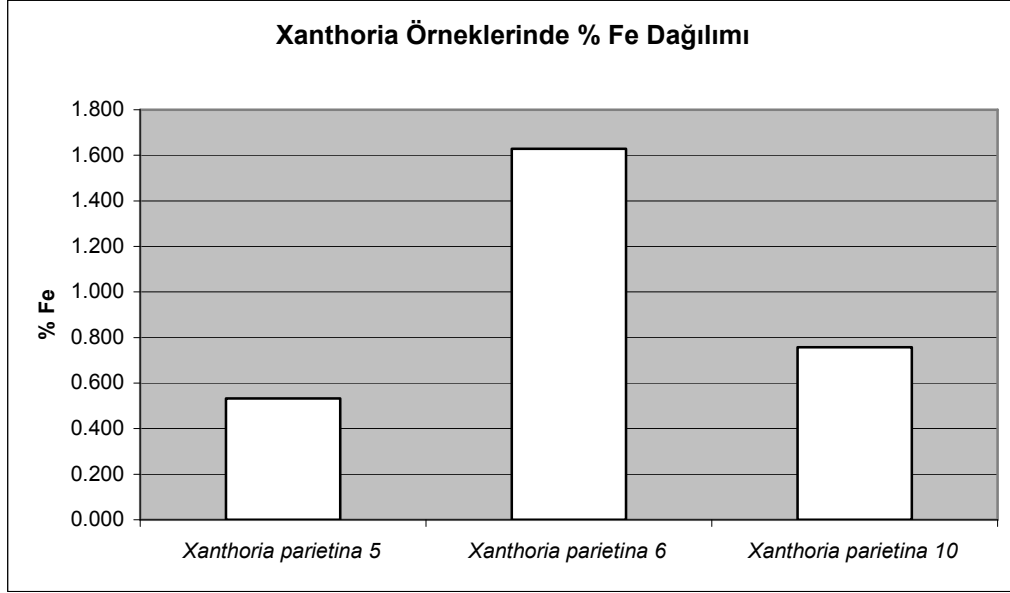
Şekil IV.37 *Xanthoria* Örnekleri Arasında Pb elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında Cr ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 21.38  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 27.745  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 17.906 ( $\mu\text{g/g}$ ) olup, Büyük Ada örneğinden elde edilmiştir (Şekil IV.38). 18.515  $\mu\text{g/g}$  ile bu değeri Maslak örneği takip etmektedir.



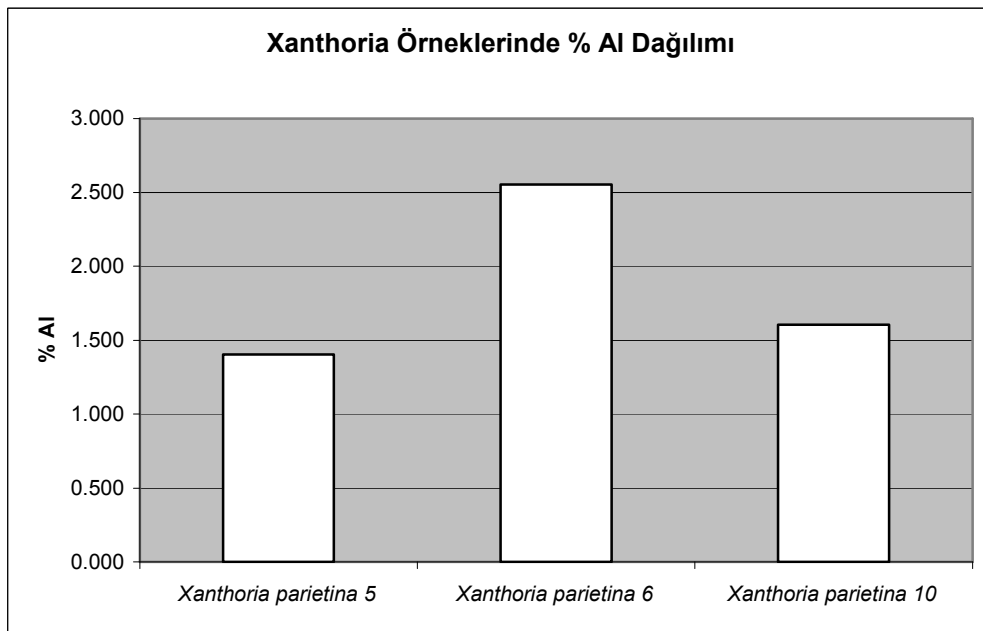
Şekil IV.38 *Xanthoria* Örnekleri Arasında Cr elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında % Fe (Ağırlık) değerleri incelendiğinde ortalama değer 0.973  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 1.629  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 0.533 ( $\mu\text{g/g}$ ) olup, Büyük Ada örneğinden elde edilmiştir (Şekil IV.39).



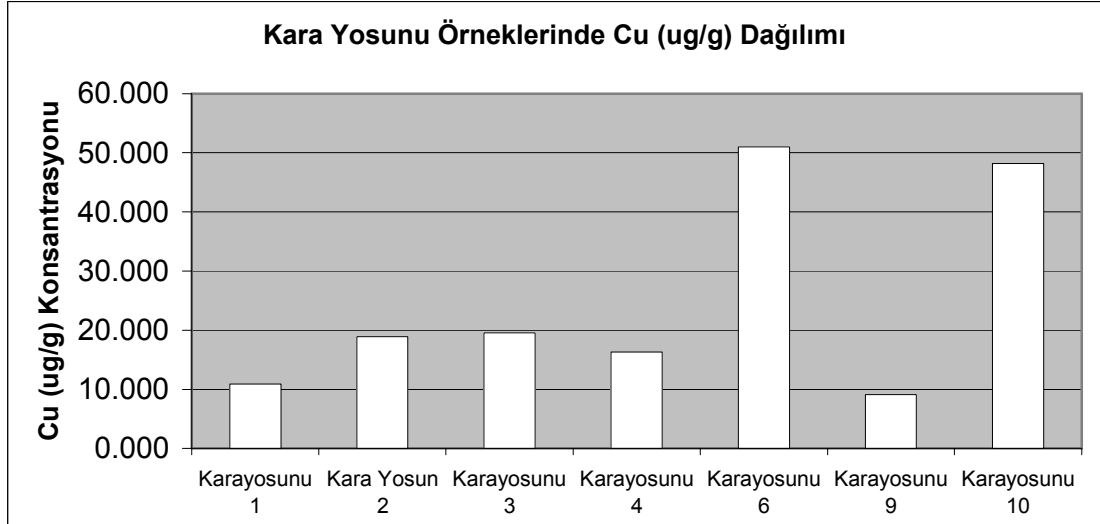
Şekil IV.39 *Xanthoria* Örnekleri Arasında % Fe elementi

*Xanthoria* örnekleri arasında % Al (Ağırlık) değerleri incelendiğinde ortalama değer 1.85  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 2.552  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada *Xanthoria* örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 1.404 ( $\mu\text{g/g}$ ) olup, Büyük Ada örneğinden elde edilmiştir (Şekil IV.40).



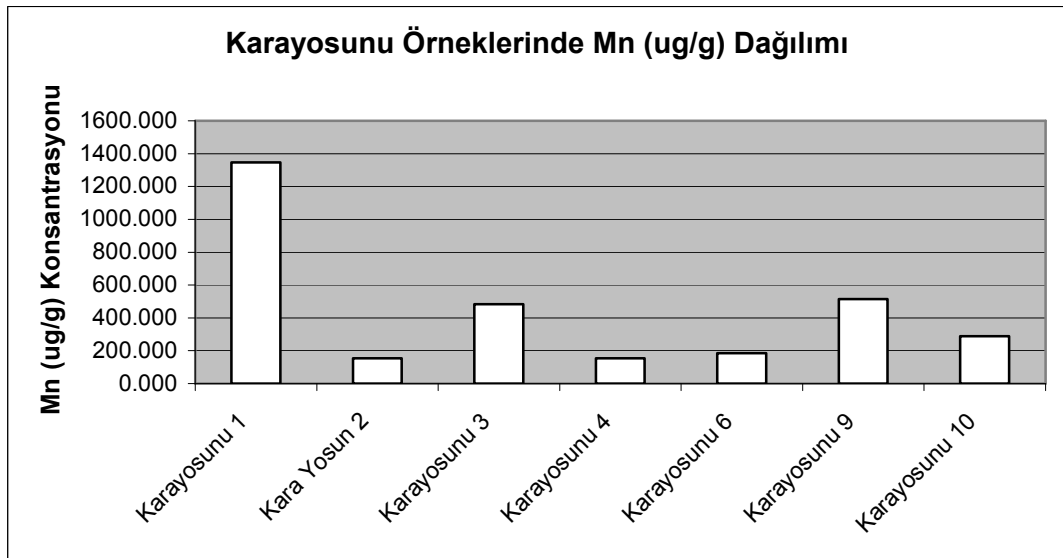
Şekil IV.40 *Xanthoria* Örnekleri Arasında % Al elementi

Karayosunu örnekleri arasında Cu ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 24.85  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 50.984  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada kara yosunu örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 9.137  $\mu\text{g/g}$  olup, Belgrad Ormanı örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.41).



Şekil IV.41 Karayosunu Örnekleri Arasında Cu Elementi

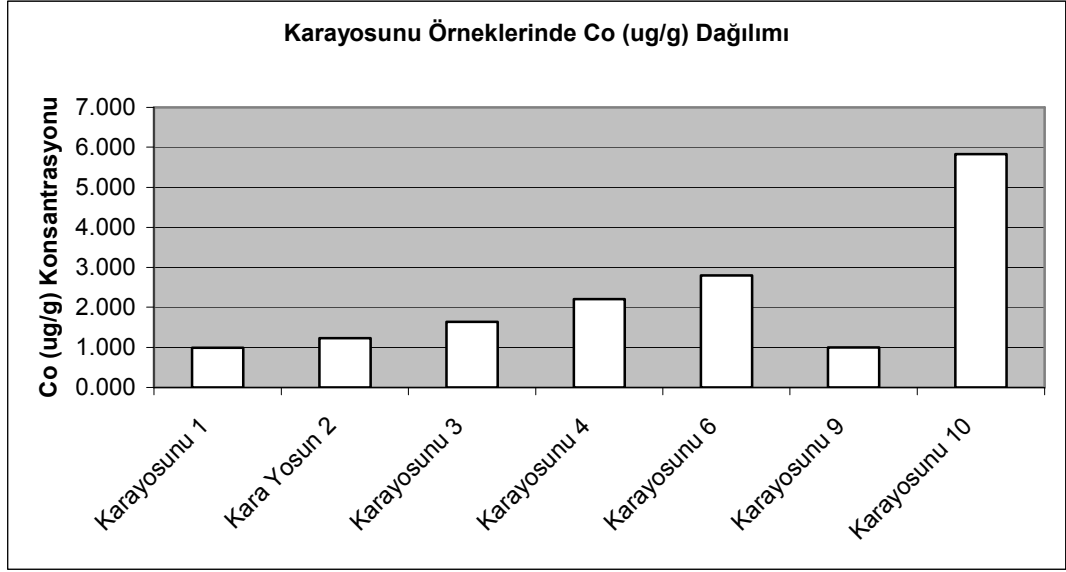
Karayosunu örnekleri arasında Mn ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 446.82  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 1346.760  $\mu\text{g/g}$  olup, Polonezköy yosunu örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 154.251  $\mu\text{g/g}$  olup, Hıdiv Kasrı'ndan toplanan örnekten elde edilmiştir, (Şekil IV.42).



Şekil IV.42 Karayosunu Örnekleri Arasında Mn Elementi

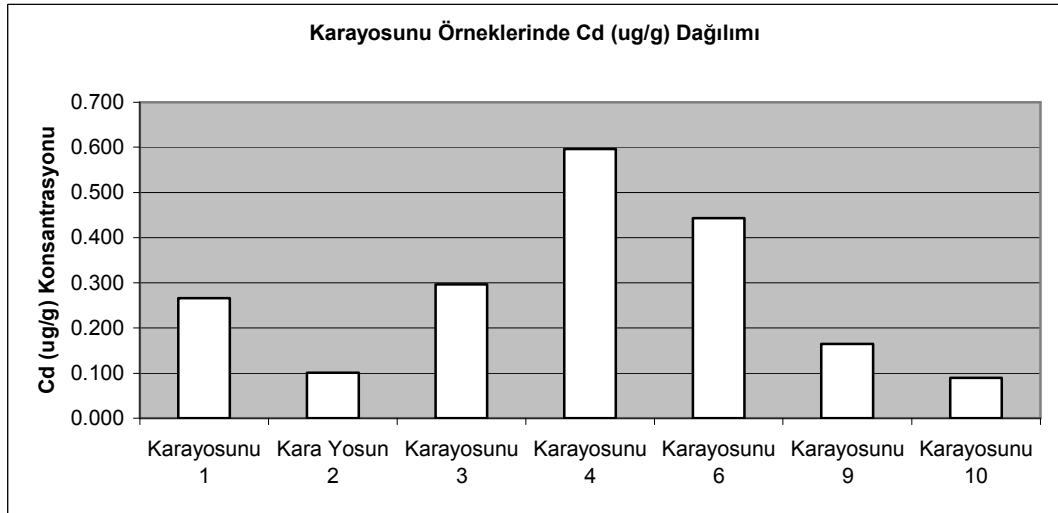
Karayosunu örnekleri arasında Co ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 2.241  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 5.830  $\mu\text{g/g}$

olup, Maslak karayosunu örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 0.992  $\mu\text{g/g}$  olup, Polonezköy örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.43).



Şekil IV.43 Karayosunu Örnekleri Arasında Co Elementi

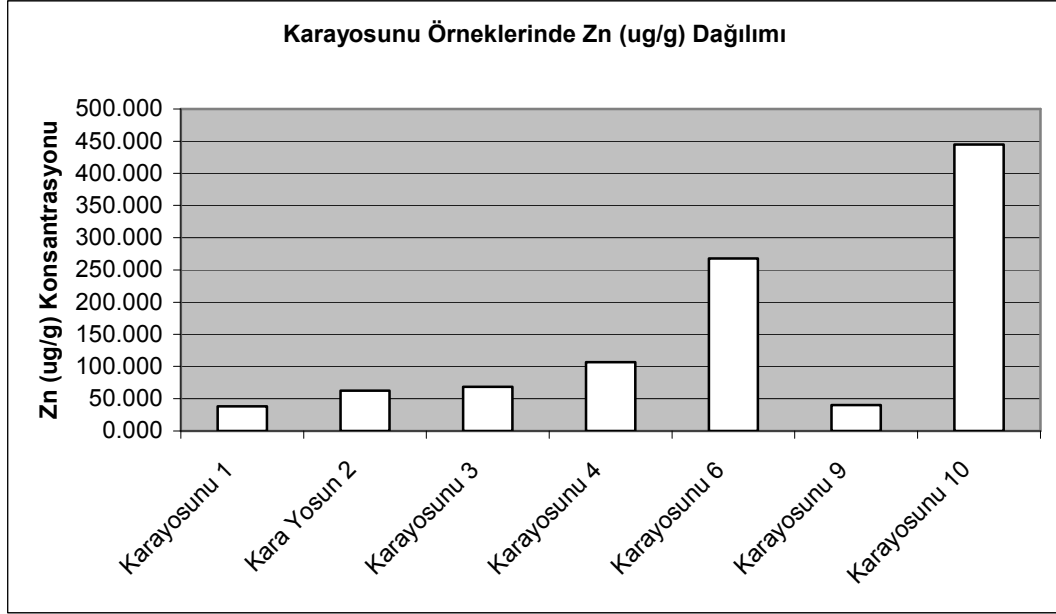
Karayosunu örnekleri arasında Cd ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 0.280  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 0.596  $\mu\text{g/g}$  olup, Hıdiv Kasrı karayosunu örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise ölçüm sınırı olan 0.1  $\mu\text{g/g}$ 'ın altında olup, Maslak örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.44).



Şekil IV.44 Karayosunu Örnekleri Arasında Cd Elementi

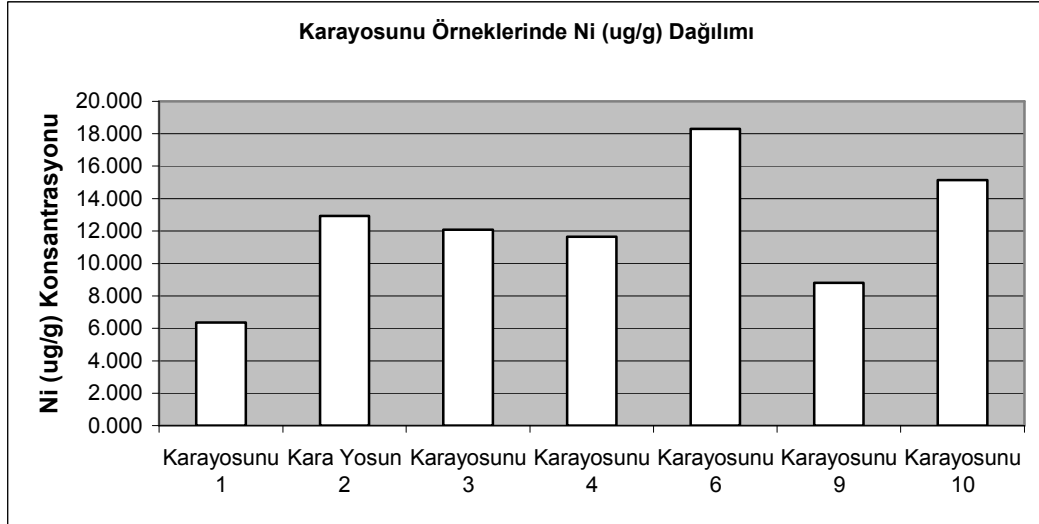
Karayosunu örnekleri arasında Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 146.952  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 445.053  $\mu\text{g/g}$

olup, Maslak karayosunu örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 37.960 µg/g olup, Polonezköy örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.45).



Şekil IV.45 Karayosunu Örnekleri Arasında Zn Elementi

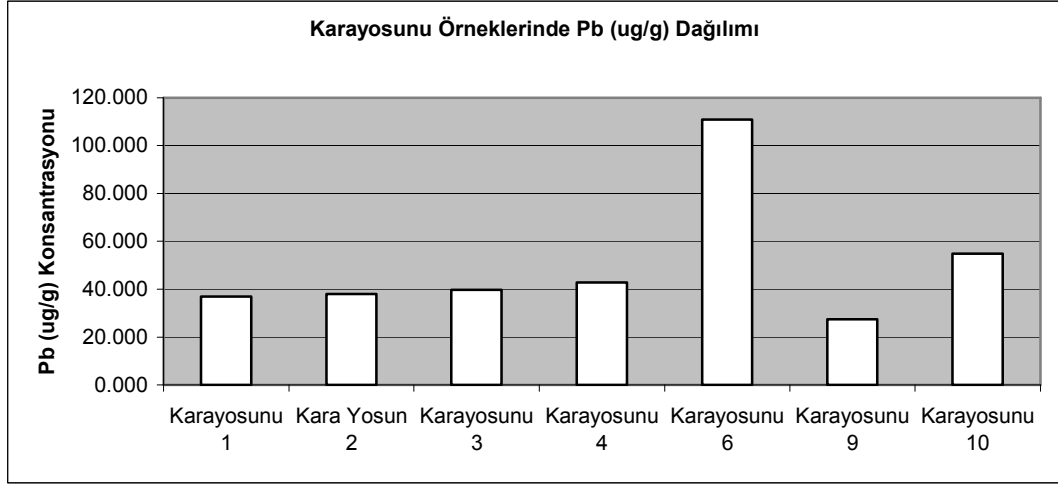
Karayosunu örnekleri arasında Ni (µg/g) değerleri incelendiğinde ortalama değer 12.182 µg/g olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 18.299 µg/g olup, Heybeli Ada karayosunu örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 6.361 µg/g olup, Polonezköy örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.46)



Şekil IV.46 Karayosunu Örnekleri Arasında Ni Elementi

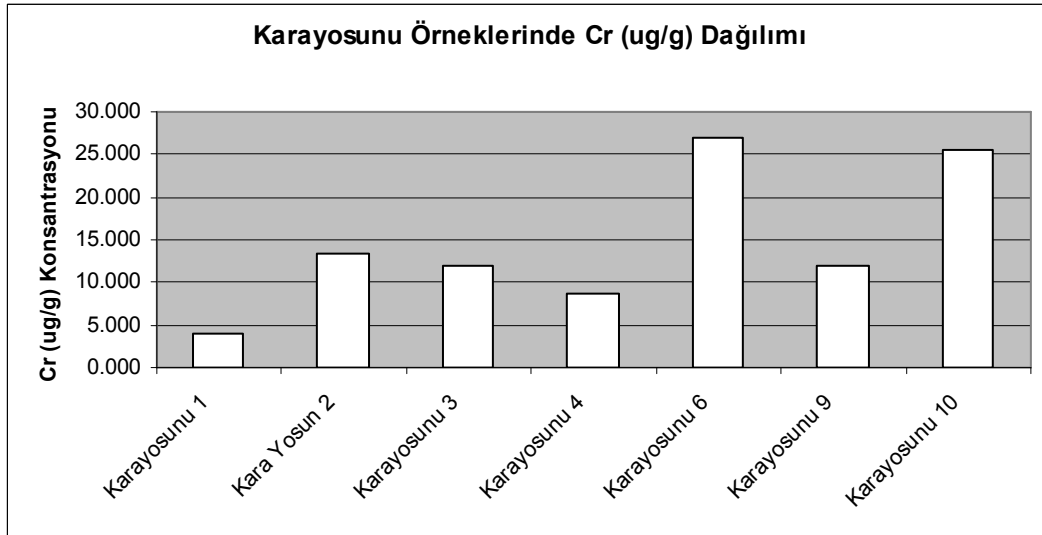
Karayosunu örnekleri arasında Pb (µg/g) değerleri incelendiğinde ortalama değer 50.105 µg/g olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 110.840 µg/g

olup, Heybeli Ada karayosunu örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise 27.430  $\mu\text{g/g}$  olup, Belgrad Ormanı örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.47)



Şekil IV.47 Karayosunu Örnekleri Arasında Pb Elementi

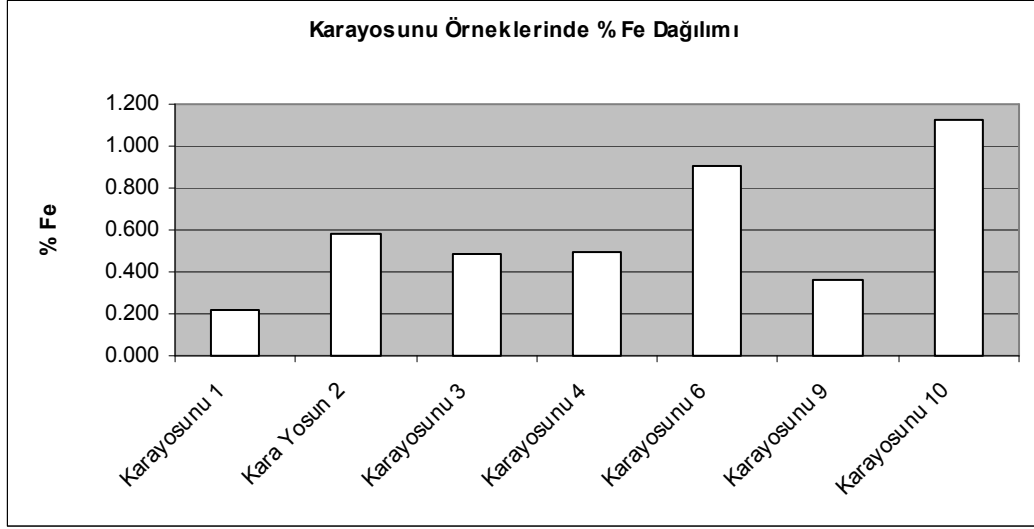
Karayosunu örnekleri arasında Cr ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri incelendiğinde ortalama değer 14.611  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 26.837  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada karayosunu örneğinden elde edilmiştir. Maslak Karayosunundan elde edilen değer 25.549  $\mu\text{g/g}$  olup, Heybeli Ada örneğini takip etmektedir. En düşük değer ise 4.085  $\mu\text{g/g}$  olup, Polonezköy örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.48)



Şekil IV.48 Karayosunu Örnekleri Arasında Cr Elementi

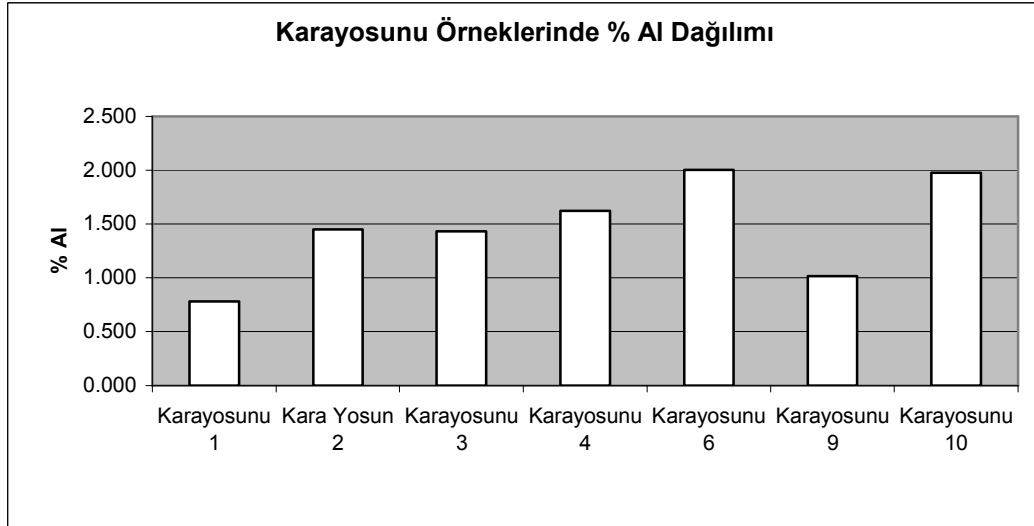
Karayosunu örnekleri arasında % ağırlık bakımından Fe değerleri incelendiğinde ortalama değer 0.596  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek değer % 1.124 olup, Maslak karayosunu örneğinden elde edilmiştir. Bu değeri % 0.907 ile

Heybeli Ada karayosunundan elde edilen örnek takip etmektedir. En düşük değer ise % 0.217 olup, Polonezköy örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.49)



Şekil IV.49 Karayosunu Örnekleri Arasında Fe Elementi

Karayosunu örnekleri arasında % ağırlık bakımından Al değerleri incelendiğinde ortalama değer 1.468  $\mu\text{g/g}$  olduğu görülmektedir. En yüksek değer % 2.001 olup, Heybeli Ada karayosunu örneğinden elde edilmiştir. Bu değeri % 1.976 ile Maslak karayosunundan elde edilen örnek takip etmektedir. En düşük değer ise % 0.780 olup, Polonezköy örneğinden elde edilmiştir, (Şekil IV.50)



Şekil IV.50 Karayosunu Örnekleri Arasında Al Elementi

# BÖLÜM 5

## TARTIŞMA ve DEĞERLENDİRME

### 5.1 TARTIŞMA

İstanbul ilinde çeşitli istasyonlarda liken ve kara yosunu örnekleri ile yaptığımız çalışmada ilgi çekici sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma bulgularımız Türkiye’de konuyla ilgili yapılan benzer sınırlı sayıda yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bu örneklerden biri Kardemir ve Toker’in (1995) Ankara’da yaptıkları çalışmadır. Bu çalışmada Ankara’da kavşaklarda yetişen Graminae ve Taraxacum (Karahindiba) türlerinde egzoz gazlarının etkisiyle oluşan Pb birikimi incelenmiştir. Bitkilerden alınan kök ve yaprak örneklerinde AAS ile kurşun miktarları ölçülmüştür. Trafiğin yoğun olduğu kavşaklardan alınan yaprakçı örneklerinde 35 µg/g Pb ölçülmüştür. Bu gibi yüksek bitkilerde ağır metal analizleriyle ilgili yapılan bir çalışmada zehirlenme mekanizmaları da incelenmiştir (Memon ve ark., 2001). Başka bir çalışmada *Cicharium intybus L.* (hindiba) ve *Rumex pulcher L* (kuzukulağı) bitkileriyle Kayseri – Kırşehir karayolunda trafik kökenli ağır metal kirliliği incelenmiştir. Anayoldan çeşitli uzaklıklarda bulunan bitkilerin yapraklarındaki Pb miktarı ölçülmüştür. Sonuç olarak anayolun hemen kenarında bulunan *Cicharium intybus* yapraklarında 19 µg/g, *Rumex pulcher L* yapraklarında ise 13 µg/g Pb ölçülmüş, bu miktarın karayolundan uzaklaştıkça azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda yer alan istasyonlardan Maslak (10) araç yolunun hemen kenarında olması bakımından benzerlik göstermektedir. Bu istasyondan topladığımız *Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens* ve karayosunu örneklerinde Pb sırasıyla 38.880 µg/g, 36.420 µg/g ve 54.860 µg/g tespit edilmiştir. *Rumex pulcher* ve *Cicharium intybus* yapraklarından sırasıyla 13 µg/g ve 19 µg/g Pb ölçülürken, yol kenarında olması bakımından *Xanthoria* örneklerinde 3 ile 4 kat daha fazla bulunmuştur. Bu durum likenlerin elementleri diğer bitkilere göre daha iyi biriktirdiğini göstermektedir.

Türkiye’de Ege Bölgesi’nde *Xanthoria parietina* yapılan başka bir çalışmada elde edilen sonuçlar 0.28 µg/g ile 170 µg/g arasında olup, orta değer 4.2 µg’dir. İzmir şehir merkezi civarı, Aliağa Bölgesi ve Balıkesir’deki örneklerde yüksek miktarlarda Pb birikimi görülmüş, sebep olarak yoğun şehir trafiği ve endüstri gösterilmiştir (Yenisoy-Karataş, Tuncel, 2004). Çalışmamızda ise *Xanthoria parietina* likeni için elde ettiğimiz değerler 38.880 µg/g ile 119.550 µg/g arasında olup, orta değer 71.34 µg/g’dir. *Xanthoria parietina* örneklerinde en yüksek Pb değerine Heybeli Ada’da rastlanmıştır. Bu örnekten elde edilen Pb konsantrasyonu çalışmada ölçülen en yüksek değerdir. Aynı istasyondan toplanan karayosunu örneğinde de Pb konsantrasyonu, 110.840 µg/g olup, karayosunları içinde en yüksek değerdir. Motorlu taşıt sayısının birkaç tane olduğu Heybeli Ada’da Pb elementinin yüksek çıkması şaşırtıcıdır. Diğer yandan örneklerin toplandığı bölgede bulunan sanatoryum ve askeri tesislerde fosil yakıtı kullanılmaktadır. Bu durum atmosferik Pb kirliliğinde motorlu taşıtlar kadar kullanılan yakıt tipinin de önemli bir etken olduğunu düşündürmektedir. Pb’ye ilaveten Heybeli Ada istasyonunda Cu değerleri de toplanan tüm örneklerde oldukça yüksek çıkmıştır. Özellikle bu istasyondan toplanan *Xanthoria parietina* likeninde ölçülen Cu değeri 79.469 µg/g olup, çalışmamızda bu element için elde edilen en yüksek konsantrasyondur. Cu elementi de Pb gibi motorlu taşıtlardan kaynaklanabilmektedir. Heybeli Ada’da ise toplanan örneklerde Cu’ın yüksek çıkmasına sebep adada bulunan bakır madeni gösterilebilir.

Yurt dışında konuyla ilgili yapılmış çalışmalardan biri İtalya’da eski bir maden bölgesinde *Parmelia caperata* likeni ve *Hypnum cupressiforme* karayosunu ile yapılmıştır. Çalışmada bu iki bitki türüne ait örneklerde Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, S, Ti, V, ve Zn elementlerinin analizi yapılmıştır. Analizini yaptığımız elementlerin değerleri ve bu çalışmadan elde edilen sonuçları içeren tablo, *Parmelia caperata* likenleri için Tablo V.1’de, karayosunu örnekleri için ise Tablo V.2’de belirtilmiştir.

**Tablo V.1 *Parmelia caperata* Liken Örnekleri İçin Karşılaştırma**

	İtalyada Bargagli’nin Çalışması			İstanbul’daki Sonuçlarımız					
	Minimum Değer	Orta Değer	Maksimum Değer	Şile Yolu		Büyük Ada		Belgrad Ormanı	
				Oran		Oran		Oran	Oranı
Al	0.026%	0.065%	0.23%	<b>3.70</b>	0.85%	<b>6.52</b>	1.50%	<b>2.91</b>	0.67%
Cd	0.06	0.26	0.69	<b>1.26</b>	0.87	<b>0.92</b>	0.64	<b>1.15</b>	0.79

Tablo V.1'in Devamı

	Minimum	Orta	Maksimum	Şile Yolu		Büyük Ada		Belgrad	
	Değer	Değer	Değer	Oran		Oran		Oran	Ormanı
Cr	1.19	2.48	5.66	<b>1.75</b>	9.89	<b>2.97</b>	16.82	<b>0.82</b>	4.63
Cu	3.94	5.77	9.17	<b>1.16</b>	10.62	<b>3.84</b>	35.20	<b>1.00</b>	9.20
Fe	0.016%	0.054%	0.25%	<b>0.94</b>	0.23%	<b>2.60</b>	0.65%	<b>0.52</b>	0.13%
Mn	18.80	65.5	170.00	<b>1.60</b>	271.23	<b>0.42</b>	70.99	<b>0.71</b>	121.19
Ni	1.03	2.65	8.00	<b>0.76</b>	6.10	<b>1.74</b>	13.95	<b>0.69</b>	5.49
Pb	0.68	3.88	11.20	<b>2.46</b>	27.52	<b>8.89</b>	99.60	<b>4.41</b>	49.35
Zn	25.90	34.7	57.70	<b>0.84</b>	48.75	<b>2.49</b>	143.73	<b>0.97</b>	55.88

Tablo V.1'de *Parmelia caperata* likeni için çalışmamızdaki element konsantrasyonları, Bargagli'nin çalışmasında elde ettiği maksimum değerlere bölünerek karşılaştırılmıştır. Buna göre elde ettiğimiz bazı elementlerin konsantrasyonları, Bargagli'nin çalışmasındaki maksimum değerlere göre oldukça büyüktür. Bu elementler Al, Cr, Cu ve Pb'dur. Büyük Ada istasyonundaki *Parmelia caperata* likeni Al, Cr, Cu ve Pb için en yüksek değerleri vermiş olup, Bargagli'nin çalışmasındaki maksimum değerlerin sırasıyla 6.5, 2.9, 3.84 ve 8.89 katıdır. Büyük Ada'dan elde edilen bu sonuçlar da Heybeli Ada gibi ısınma amacıyla fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanabilir. İlaveten motorlu taşıtlar bu adalarda bulunmasa da deniz taşıtları bu kirliliğe sebep olabilirler. Bu konuyla ilgili kesin bir yargı için daha geniş çalışmalara gerek bulunmaktadır. Büyük Ada istasyonuna olduğu gibi Belgrad Ormanı istasyonunda da ölçülen Pb miktarı, Bargagli'nin sonucundan 4.41 kat büyüktür.

Tablo V.2'de Karayosunu örnekleri için çalışmamızdaki element konsantrasyonları da likenlerde yapıldığı gibi Bargagli'nin çalışmasında elde ettiği maksimum değerlere oranlanarak karşılaştırılmıştır. Bu oranlamalar sonucunda çalışmamızdaki Al, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn elementleri değerlerinde bazı istasyonlar için büyük oranda fazlalık görülmüştür. Al elementi, Hıdiv Kasrı, Heybeli Ada ve Maslak istasyonlarındaki karayosunu örneklerinde Bargagli'nin maksimum değerlerinden 4 ile 5 kat daha büyüktür. Cu, Pb ve Zn elementleri Heybeli Ada örnekleri ise sırasıyla 5.22, 12.09 ve 4.94 kat daha fazla çıkmıştır. Heybeli Ada karayosunlarında bu elementlerin yüksek çıkması bakır madeninden kaynaklanmaktadır. Karayosunu örneklerinde Pb elementi, Heybeli Ada dışındaki

altı istasyonda Bargagli'ye göre 3 ile 6 kat arasında büyüklük göstermektedir. Bu değerler, motorlu taşıt trafiği ve/veya fosil yakıtlar sebebiyle bu kadar yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu konuda istasyonlardaki fosil yakıt ve kurşunlu benzin kullanımı ile ilgili daha fazla örnek ile çalışma yapılması gerekmektedir.

Zn elementi, çalışmamızdaki tüm ölçümler içinde Maslak istasyonundaki karayosunu örneğinde en yüksek çıkmıştır. Bargagli'nin maksimum Zn değerinin de 8.21 katıdır. Aynı istasyonundaki liken örneklerinin de Zn konsantrasyonu karayosunu örneği kadar olmasa da diğer örnekler göre oldukça yüksektir. Bu durumun sebebi o bölgede eğlence maksadıyla sık sık atılan havai fişekler olabilir. Havai fişeklerin yapısında çeşitli kimyasal bileşikler yanında Fe, Mg, Cu, Zn, Al ve Ti de bulunmaktadır. Al, Fe, Cu bakımından da Maslak istasyonunun tüm örneklerini incelediğimizde Zn gibi yüksek değerler de olduğu görülmektedir.

Mn elementi bakımından karayosunu örneklerinde element değerlerini karşılaştırdığımızda sonuçlarımızın Polonezköy istasyonu dışında hemen hemen aynı ya da daha düşük olduğu görülmektedir. Polonezköy istasyonundaki örnekten elde edilen sonuç 4.64 kat yüksektir. Aynı istasyondan toplanan *Parmelia sulcata* ve *Cladonia* örneklerini incelediğimizde karayosunu örnekleri kadar olmasa da Mn fazlalığına rastlamaktayız. Mn çelik üretiminde, alaşımlarda ve pillerin yapısında kullanılmaktadır. Motorlu taşıtların da Mn için bir kaynak olduğu bilinmektedir. Mn toprakta bulunan önemli bir elementtir. Ayrıca epifitik likenlerce ağaç kabuğundan alınabilmekte, canlı ve ölü yapılardan kortekse geçebilmektedir (Yenisoy-Karataş, Tuncel, 2004). Polonezköy istasyonunda tüm örnekler, *Quercus* ağaçlarından toplanmıştır. Mn düzeyi yüksek çıkan Çamlıca, Şile Yolu ve Belgrad Ormanı İstasyonlarındaki örnekler baktığımızda benzer olarak *Quercus* ya da *Pinus* gibi substratlardan toplandığı görülmektedir. Polonezköy, Şile Yolu ve Belgrad Ormanı fabrikalardan ve yoğun taşıt trafiğinden uzak bölgelerdir. Bu durum liken ve karayosunu örneklerindeki Mn düzeyinde ağaç kabuğu substratının etkili olduğunu göstermektedir. Örneklerin toplandığı ağaçların gövde çapı ve ağaç türü dikkat çekici başka noktalardır. Maslak istasyonundaki liken örnekleri gövde çapı 25 ile 28 cm arasında değişen genç Acer ağaçlarında toplanırken Polonezköy, Şile Yolu ve Belgrad Ormanı'ndaki örnekler, çapları 50 ile 110 cm arasında değişen büyük ağaçlardan alınmışlardır. Bu nedenle Maslak istasyonu Polonezköy, Şile Yolu ve Belgrad Ormanı istasyonlarına göre motorlu taşıt trafiğine çok daha yakın olduğu halde örneklerinde ölçülen Mn değerleri o kadar yüksek değildir.

Tablo V.2 Karayosunu Örnekleri İçin Karşılaştırma Tablosu

Bargagli'nin Karayosunu Örnekleri Sonuçları				İstanbul'daki Karayosunu Örnekleri Sonuçları													
	Minimum Değer	Orta Değer	Maksimum Değer	Polonezköy Oran		Çamlıca Oran		Şile Yolu Oran		Hıdiv Kasrı Oran		Heybeli Ada Oran		Belgrad Ormanı Oran		Maslak Oran	
Al	0.051%	0.155%	0.40%	<b>1.95</b>	0.78%	<b>3.63</b>	1.45%	<b>3.58</b>	1.43%	<b>4.06</b>	1.62%	<b>5.00</b>	2.00%	<b>2.54</b>	1.02%	<b>4.94</b>	1.98%
Cd	0.08	0.19	0.45	<b>0.59</b>	0.27	<b>0.22</b>	0.10	<b>0.66</b>	0.30	<b>1.32</b>	0.60	<b>0.98</b>	0.44	<b>0.37</b>	0.17	<b>0.22</b>	0.10
Cr	1.4	5.15	37.6	<b>0.11</b>	4.09	<b>0.35</b>	13.34	<b>0.32</b>	11.88	<b>0.23</b>	8.63	<b>0.71</b>	26.84	<b>0.32</b>	11.96	<b>0.68</b>	25.55
Cu	3.66	6.09	9.76	<b>1.12</b>	10.92	<b>1.94</b>	18.91	<b>2.00</b>	19.53	<b>1.67</b>	16.33	<b>5.22</b>	50.98	<b>0.94</b>	9.14	<b>4.94</b>	48.18
Fe	0.044%	0.124%	0.35%	<b>0.62</b>	0.22%	<b>1.67</b>	0.58%	<b>1.40</b>	0.49%	<b>1.41</b>	0.49%	<b>2.59</b>	0.91%	<b>1.03</b>	0.36%	<b>3.21</b>	1.12%
Mn	18.90	126	290.00	<b>4.64</b>	1346.76	<b>0.53</b>	154.46	<b>1.67</b>	484.03	<b>0.53</b>	154.25	<b>0.64</b>	185.17	<b>1.77</b>	513.70	<b>1.00</b>	289.40
Ni	1.08	4.88	18.10	<b>0.35</b>	6.36	<b>0.71</b>	12.94	<b>0.67</b>	12.08	<b>0.64</b>	11.66	<b>1.01</b>	18.30	<b>0.49</b>	8.81	<b>0.84</b>	15.13
Pb	0.24	2.72	9.17	<b>4.03</b>	36.96	<b>4.15</b>	38.05	<b>4.34</b>	39.79	<b>4.67</b>	42.81	<b>12.09</b>	110.84	<b>2.99</b>	27.43	<b>5.98</b>	54.86
Zn	11.90	25.8	54.20	<b>0.70</b>	37.96	<b>1.15</b>	62.33	<b>1.26</b>	68.55	<b>1.97</b>	106.70	<b>4.94</b>	267.65	<b>0.75</b>	40.42	<b>8.21</b>	445.05

Parmelia türleri ile Loppi'nin İtalya'da yaptığı bir çalışmadan elde ettiği element düzeyleri ile çalışmamızda bulduğumuz değerler Tablo V.3'de belirtilmiştir. Bu tabloda da çalışmamızda ölçtüğümüz element konsantrasyonları Loppi'nin çalışmasında elde ettiği maksimum değerlere bölünerek karşılaştırılmıştır. Buna göre çalışmamızda tüm Parmelia örneklerinde Al ve Pb'nin konsantrasyonları Bargagli'nin çalışmasıyla yapılan karşılaştırmada olduğu gibi Loppi'nin çalışmasındaki maksimum değerlere göre büyüktür. Çalışmamızdaki Cd ve Co değerleri ise hemen hemen tüm (Şile Yolu Parmelia caperata örneğinde Cd oranı 1.26'dır.) Parmelia örneklerinde Loppi'nin sonuçlarına göre daha düşük çıkmıştır.

Hava kalitesinin belirlenmesinde likenlerle yapılan çalışmalar giderek yaygınlaşmaktadır. Likenlerin gerek fizyolojik ve morfolojik özellikleri gerek çok yavaş büyüyen organizmalar olmaları bu tip biyomonitörleme çalışmalarında sıkça tercih edilmelerinin sebepleridir. Diğer yandan hava kalitesinin belirlenmesinde analiz sonuçlarının değerlendirilebilmesi için karşılaştırma yapılabilecek referans örneklerine ihtiyaç vardır. Likenler element biriktirebilme özelliği bakımından değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle hava kirliliğinden uzak noktalardan belli substratlardan toplanan çeşitli liken türlerindeki element analizlerinin yapılacak çalışmalarda referans olarak faydalı olacağı kanaatindeyiz.

**Tablo V.3 *Parmelia* Türleri İçin Karşılaştırma Tablosu**

Loppi		Çalışmamızdaki <i>Parmelia</i> Örnekleri																	
		<i>P. sulcata</i>		<i>P. sulcata</i>		<i>P. caperata</i>		<i>P. caperata</i>		<i>P. tinctoria</i>		<i>P. tinctoria</i>		<i>P. sulcata</i>		<i>P. sulcata</i>		<i>P. Caperata</i>	
Maksimum Değer	Polonezköy	Çamlıca		Şile Yolu		Büyük Ada		Kınalı Ada		Maltepe		Belgrad Ormanı		Belgrad Ormanı					
		Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran						
Al	0.275%	<b>5.08</b>	1.397%	<b>4.15</b>	1.14%	<b>3.10</b>	0.85%	<b>5.45</b>	1.50%	<b>6.55</b>	1.80%	<b>4.52</b>	1.24%	<b>3.12</b>	0.86%	<b>2.93</b>	0.81%	<b>2.43</b>	0.67%
Cd	0.69	<b>0.22</b>	0.153	<b>0.21</b>	0.146	<b>1.26</b>	0.87	<b>0.92</b>	0.64	<b>0.91</b>	0.63	<b>0.82</b>	0.57	<b>0.32</b>	0.22	<b>0.44</b>	0.31	<b>1.15</b>	0.79
Co	1.99	<b>0.63</b>	1.26	<b>0.72</b>	1.44	<b>0.21</b>	0.43	<b>0.80</b>	1.59	<b>0.57</b>	1.14	<b>0.45</b>	0.90	<b>0.44</b>	0.87	<b>0.25</b>	0.50	<b>0.47</b>	0.93
Cr	8.4	<b>1.57</b>	13.191	<b>1.90</b>	15.947	<b>1.18</b>	9.89	<b>2.00</b>	16.82	<b>1.87</b>	15.73	<b>0.13</b>	1.10	<b>1.33</b>	11.18	<b>0.13</b>	1.10	<b>0.55</b>	4.63
Cu	25.4	<b>0.83</b>	21.171	<b>0.88</b>	22.406	<b>0.42</b>	10.62	<b>1.39</b>	35.20	<b>1.29</b>	32.89	<b>0.96</b>	24.50	<b>0.78</b>	19.89	<b>0.36</b>	9.20	<b>0.36</b>	9.20
Fe	0.24%	<b>2.27</b>	0.54%	<b>2.31</b>	0.55%	<b>0.99</b>	0.23%	<b>2.74</b>	0.65%	<b>2.58</b>	0.61%	<b>1.99</b>	0.47%	<b>1.24</b>	0.29%	<b>1.28</b>	0.30%	<b>0.55</b>	0.13%
Mn	280.00	<b>1.59</b>	445.89	<b>1.74</b>	487.97	<b>0.97</b>	271.23	<b>0.25</b>	70.99	<b>0.25</b>	70.90	<b>0.21</b>	59.06	<b>0.49</b>	138.2	<b>1.32</b>	368.4	<b>0.43</b>	121.19
Pb	19.70	<b>2.22</b>	43.74	<b>4.10</b>	80.76	<b>1.40</b>	27.52	<b>5.06</b>	99.60	<b>5.03</b>	99.13	<b>4.39</b>	86.57	<b>2.18</b>	43.01	<b>1.71</b>	33.59	<b>2.51</b>	49.35
Zn	66.10	<b>1.43</b>	94.691	<b>1.46</b>	96.407	<b>0.74</b>	48.75	<b>2.17</b>	143.73	<b>2.77</b>	183.18	<b>2.06</b>	136.18	<b>1.67</b>	110.36	<b>1.37</b>	90.31	<b>0.85</b>	55.88

## KAYNAKLAR

### Kitaplar

- [1] BURTIS C. A.; ASHWOOD R. E.: ‘Fundamentals of Clinical Chemistry’, 5th Edition, (2002) 652 – 659.
- [2] NASH III. T.H. “Lichen Biology”, *Cambridge University Press*, (1996)

### Makaleler

- [1] AHMADJIAN V. “Algal/Fungal Symbiosis. Progress in Phycological Research”, *Elsevier Biomedical Press B.V. Vol.1*, (1982) 79-233.
- [2] ADAMO P.; GIORDANO S.; VINGIANI S.; CASTALDO COBIANCHI R. ; VIOLANTE P.: “Trace element accumulation by moss and lichen exposed in bags in the city of Naples (Italy)”, *Elsevier, Environmental Pollution* 122 (2003) 91-103
- [3] ANDERSON L.P.and CHO N. ‘Analysis of Copper, Lead, and Zinc By Atomic Absorption Spectrophotometry’, *Laboratory Report No 2* (1969)
- [4] ASLAN A. “Erzurum ve Artvin Çevresinden Toplanan Dört Liken Türünün Yün Boyama Özellikleri. Wool Dyeing Properties of Four Lichens Collected in Erzurum and Artvin Provinces”. *İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültes Yayınları Herba Medica* (2000) 7:21-24.
- [5] BARGAGLI R.; MONACI F.; BORGHINI F.; BRAVI F.; AGNORELLI C.: “Mosses and lichens as biomonitors of trace metals. A comparison study on *Hypnum cupressiforme* and *Parmelia caperata* in a former mining district in Italy”, *Elsevier, Environmental Pollution* 116 (2002) 279 - 287.
- [6] BROWN D.H.; BECKETT R.P.: “Differential Sensitivity of Lichens to Heavy Metals” *Annals of Botany* 52 (1983) 51-57.
- [7] BRANQUINNO C.; BROWN D.H.: “A Method for Studying the Cellular Location of Lead in Lichens”, *Lichenologist* 26 (1994) 83 - 89.
- [8] BRANQUINHO C.; CATARINO F.; BROWN D.H.; PEREIRA M.J. & SOARES A.: “Improving the use of lichens as biomonitors of atmospheric metal pollution”, *Elsevier; The Science of the Total Environment* 232 (1999) 67 - 77.
- [9] BAYTOP T. “Türkiyede Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün)”, İstanbul Üniversitesi Yayınları No. 3255, Eczacılık Fakültesi No. (1984) 40, p.362.
- [10] FREITAS M.C.; REIS M.A.; ALVES L.C.; WOLTERBEEK H.Th.: “Distribution in Portugal of some pollutants in the lichen *Parmelia sulcata*”, *Elsevier; Environmental Pollution* 106 (1999) 229-235.
- [11] FREITAS M.C.; REIS M.A.; ALVES L.C.; WOLTERBEEK H.Th.; VERBUNG T.: “Biomonitoring of trace element air pollution in Portugal: Qualitative Survey”, *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry vol* 217 (1997) 21 - 30.

- [12] GARTY J.: “Biomonitoring Atmospheric Heavy Metals with Lichens: Theory and Application”, *Critical Reviews in Plant Sciences*; 20(4) (2001) 309 - 371.
- [13] GARTY J.; WEISSMAN L.; COHEN Y.; KARNIELI A. ; ORLOVSKY L.: “Transplanted Lichens in and around Mount Carmel National Park and the Haifa Bay Industrial Region in Israel: Physiological and Chemical Responses”, *Environmental Research Section A* 85 (2001) 159-176.
- [14] HAAS J. R.; BAILEY E. H. ; PURVÍS O. W.: “Bioaccumulation of Metals by Lichens: Uptake of aqueous uranium by *Peltigera membranacea* as a function of time & pH”, *American Mineralogist*; 83 (1998) 1494 – 1502.
- [15] KARAMANOĞLU K., ‘Türkiye’nin Önemli Liken Türleri’, *Ankara Ecz. Fak. Mec.* (1971).
- [16] LOPPI S.: “Lichen Biomonitoring As A Tool For Assessing Air Quality In Geothermal Areas”, *Proceedings World Geothermal Congress* (2000).
- [17] MIKHAILOVA I.N.; SCHEIDEGGER C.: “Early development of *Hypogymnia physodes* Nyl. in response to emissions from a copper smelter” *Lichenologist* 33(6) (2001) 527-538.
- [18] MEMON A.R., AKTOPRAKLIGİL D., ÖZDEMİR A. ; VERTII A. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants. *Turk J. Bot.* 25: (2001) 111-121.
- [19] NASH III T.H.; GRIES C.: “Lichens as Indicators of Air Pollution. In: Hutzinger; O. (ed.)”, *The Handbook of Environmental Chemistry* Vol.4 Part C. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg New York. (1991) 1-29.
- [20] NIMIS P. L.; LAZZARIN G.; SKERT N.: ‘Biomonitoring of trace elements with lichens in Veneto (NE Italy)’ *Elsevier The Science of Total Environment* 255 (2000) 97 – 111.
- [21] RIGA-KARANDINOS A.N.; KARANDINOS M.G.: “Assessment of air pollution from a lignite power plant in the plain of Megalopolis Greece using as biomonitors three species of lichens; impacts on some biochemical parameters of lichens”, *Elsevier; The Science of the Total Environment* 215 (1998) 167-183.
- [22] PUCKETT K. J.; FINEGAN E. J.: “An analysis of the element content of lichens from the Northwest Territories, Canada” *National Research Council of Canada*, (1980).
- [23] RIGET F.; ASMUND G.; A ASTRUP P.: “The use of lichen (*Cetraria nivalis*) and moss (*Rhacomitrium lanuginosum*) as monitors for atmospheric deposition in Greenland” *Elsevier; The Science of the Total Environment* 245 (2000) 137-148.
- [24] ROSSBACH M.; JAYASEKERA R.; KNIEWALD G.; NGUYEN H. T.; “Large Scale air monitoring: Lichen vs. air particulate matter analysis” *Elsevier; The Science of the Total Environment* 232 (1999) 59-66.
- [25] SCERBO R.; POSSENTI L.; LAMPUGNANI L.; RISTORI T.; BARALE R.; BARGHIGIANI C.: “Lichen *Xanthoria parietina* biomonitoring of trace element contamination and air quality assessment in Livorno Province

- Tuscany; Italy” *Elsevier; The Science of the Total Environment* 241 (1999) 91-106.
- [26] SEAWARD M.R.D.; BYLINSKA E.A. & GOYAL R.: “Heavy metal content of Umblicaria species from the Sudety region of SW Poland”, *Oikos* 36 (1981) 107-113.
- [27] SUN Yuh-chang; CHI Po-hsiang & SHIUE Mei-yun: “Comparison of Different Digestion Methods for Total Decomposition of Siliceous and Organic Environmental Samples” *Analytical Sciences*; Vol.17 (2001) 1395-1399.
- [28] TARHANEN S.: “Ultrastructural Responses of the Lichen *Bryoria Fuscescens* to Simulated Acid Rain and Heavy Metal Deposition”, *Annals of Botany* 82 (1998) 735-746.
- [29] TOPÇUOĞLU S.; ZEYBEK U.; KÜÇÜKCEZZAR R.; GÜNGÖR N.; BAYÜLGEN N.; CEVHER E.; GÜVENER B.; JOHN V. & GÜVEN K.C.: “The Influence of Chernobyl on the Radiocesium Contamination in Lichens in Turkey”, *Toxicological and Environmental Chemistry* Vol.35 (1992) 161-165.
- [30] UĞUR A.; ÖZDEN B.; SAÇ M.M.; YENER G.: “Biomonitoring of 210Po and 210Pb using lichens and mosses around a uraniumiferous coal-fired power plant in western Turkey”, *Atmospheric Environment* 37 (2003) 2237–2245.
- [31] UPADHYAY R.: “Advances in microbial toxin research and its biotechnological exploitation”, *Kluwer Academic / Plenum Publishers* (2002).
- [32] YENİSOY – KARAKAŞ S. ; TUNCEL S. G.: “Geographic patterns of elemental deposition in the Aegean region of Turkey indicated by the lichen, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.”, *Science of the Total Environment* 329 (2004) 43 – 60.
- [33] ZEYBEK N.: “Likenler ve sanayide önemi”, *Anadolu Üniversitesi Yayınları* 30 (1983)
- [34] ZEYBEK U.; JOHN V.; ‘Likenler Kimyasal Bileşikleri ve Tıbbi Kullanımları’, *Pharmacia JTPA* 32 (1992) 37 – 48.
- [35] ZSCHAU T.; GETTY S.; AMERON Y.; ZAMBARO A. & NASH III T.H.: “Historical and current atmospheric deposition to the epiphytic lichen *Xanthoparmelia* in Maricopa County; Arizona”, *Elsevier; Environmental Pollution* 125 ( 2003) 21 – 30.

### **Ders Notu:**

- [1] ÇOBANOĞLU G.: “Likenlerle hava kalitesinin belirlenmesi”, *Ders Notu* (2003).

### **Elektronik Yayınlar :**

- [1] <http://www.fallingrain.com/world/TU/34/Polonez.html>

- [2] <http://kentrehberi.ibb.gov.tr/>
- [3] <http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teach/smprimer/icpms/icpms.htm>
- [4] [http://ull.chemistry.uakron.edu/analytical/slide.php?Chapter=/analytical/Atomic\\_spec/&Last=95&Slide=48](http://ull.chemistry.uakron.edu/analytical/slide.php?Chapter=/analytical/Atomic_spec/&Last=95&Slide=48)
- [5] [http://ull.chemistry.uakron.edu/analytical/slide.php?Chapter=/analytical/Atomic\\_spec/&Last=95&Slide=42](http://ull.chemistry.uakron.edu/analytical/slide.php?Chapter=/analytical/Atomic_spec/&Last=95&Slide=42)
- [6] [www.uskudar-bld.gov.tr](http://www.uskudar-bld.gov.tr)
- [7] <http://www.istanbul.gov.tr>
- [8] [www.istanbul.net.tr](http://www.istanbul.net.tr)
- [9] <http://www.extremehealthusa.com/source.html>
- [10] [http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch\\_20other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch_20other_web_files/frame.htm)
- [11] [http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch\\_20\\_other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch_20_other_web_files/frame.htm)
- [12] <http://en.wikipedia.org/wiki/cadmium>
- [13] [http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch\\_20\\_other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch_20_other_web_files/frame.htm)
- [14] [http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch20other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch20other_web_files/frame.htm)
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/Manganese>
- [16] [http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch\\_20\\_other\\_web\\_files/frame.htm](http://www.odu.edu/sci/jrule/fall03-5504/5504ch_20_other_web_files/frame.htm)
- [17] <http://en.wikipedia.org/wiki/Zinc>
- [18] [http://www.die.gov.tr/nufus\\_sayimi/2000Nufus\\_Kesin1.htm](http://www.die.gov.tr/nufus_sayimi/2000Nufus_Kesin1.htm)
- [19] <http://www.kultur.gov.tr/TR/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF445139E278E0BCE2EE0C0429BB7B4EA1>
- [20] <http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teach/smprimer/icp/icp.html>

## EKLER

### EK IV.1 Liken ve Karayosunu Örneklerinin Atomik Absorpsiyon ve Grafit Fırın Atomik Absorpsiyon Yöntemleri ile Yapılan Ölçüm Sonuçları

No	Örnek Adı/ İstasyon Adı	Cu* µg / g	Mn* µg / g	Co** µg / g	Cd** µg / g	Zn* µg / g	Ni* µg / g	Pb** µg / g	Cr* µg / g	Fe* % (wt)	Al* % (wt)
1	<i>Xanthoria</i> Heybeliada-6	79,469 ± 0,492	186,022 ± 0,569	2,06	0,441	209,010 ± 1,907	26,688 ± 0,568	119,55	27,745 ± 0,985	1,629 ± 0,017	2,552 ± 0,062
2	Kara Yosunu Şile Yolu-3	19,533 ± 0,501	484,025 ± 0,764	1,64	0,296	68,554 ± 0,633	12,082 ± 0,501	39,79	11,881 ± 0,501	0,489 ± 0,003	1,433 ± 0,007
3	<i>Cladonia</i> Şile Yolu-3	8,256 ± 0,285	530,829 ± 1,248	1,14	0,739	51,248 ± 0,488	9,230 ± 0,287	27,79	2,863 ± 0,285	0,184 ± 0,003	1,001 ± 0,014
4	Kara Yosunu Hidiv Kasri-4	16,334 ± 0,283	154,251 ± 0,284	2,20	0,596	106,698 ± 0,436	11,658 ± 0,491	42,81	8,628 ± 0,568	0,494 ± 0,002	1,623 ± 0,063
5	Kara Yosunu Hidiv Kasri-4	11,590 ± 0,285	134,909 ± 0,493	1,70	0,218	64,089 ± 1,831	8,080 ± 0,754	59,71	5,696 ± 1,242	0,421 ± 0,007	1,813 ± 0,043
6	<i>Cladonia</i> Hidiv Kasri-4	9,388 ± 0,284	46,397 ± 0,288	1,44	0,292	49,061 ± 0,124	8,793 ± 1,240	34,39	9,256 ± 1,025	0,385 ± 0,007	1,187 ± 0,026
7	<i>Parmelia Caperata</i> Büyük Ada-5	32,520 ± 0,493	70,990 ± 1,279	1,59	0,635	143,731 ± 1,091	13,947 ± 1,240	99,60	16,816 ± 0,287	0,649 ± 0,011	1,502 ± 0,062
8	<i>Parmelia Tinctina</i> Büyük Ada-5	32,886 ± 0,293	70,789 ± 0,506	1,14	0,629	183,177 ± 0,984	10,510 ± 0,293	99,13	15,731 ± 1,272	0,611 ± 0,008	1,800 ± 0,033
9	<i>Xanthoria</i> Büyük Ada-5	23,918 ± 0,284	125,140 ± 1,504	1,76	0,498	243,368 ± 3,554	11,712 ± 0,654	55,61	17,906 ± 0,285	0,533 ± 0,007	1,404 ± 0,019
10	<i>Cladonia</i> Büyük Ada-5	20,682 ± 0,000	62,701 ± 0,283	1,40	0,377	112,028 ± 0,550	9,389 ± 0,748	61,14	14,707 ± 0,564	0,522 ± 0,006	1,111 ± 0,014
11	<i>Parmelia Sulcata</i> Polenezköy-1	21,171 ± 0,000	445,889 ± 1,979	1,26	0,153	94,691 ± 0,959	8,904 ± 0,492	43,74	13,191 ± 0,284	0,538 ± 0,009	1,397 ± 0,031
12	Kara Yosunu Polenezköy-1	10,915 ± 0,288	1346,76 ± 6,49	0,992	0,266	37,960 ± 0,512	6,361 ± 1,604	36,96	4,085 ± 0,288	0,217 ± 0,020	0,780 ± 0,007
13	<i>Cladonia</i> Polenezköy-1	14,304 ± 0,321	665,394 ± 2,323	3,93	0,142	54,078 ± 0,201	8,163 ± 0,323	54,97	17,224 ± 0,321	1,076 ± 0,004	2,041 ± 0,041
14	<i>Parmelia Sulcata</i> Çamlıca Tepesi-2	22,406 ± 0,000	487,970 ± 0,750	1,44	0,146	96,407 ± 0,428	8,276 ± 0,502	80,76	15,947 ± 0,502	0,5472 ± 0,001	1,142 ± 0,007
15	<i>Xanthoria</i> Maslak-10	32,319 ± 0,283	140,137 ± 0,975	2,51	< 0,10	132,228 ± 1,698	12,823 ± 0,281	38,88	18,515 ± 0,564	0,757 ± 0,003	1,604 ± 0,012

**EK IV.1'in Devamı**

No	Örnek Adı/ İstasyon Adı	Cu* µg / g	Mn* µg / g	Co** µg / g	Cd** µg / g	Zn* µg / g	Ni* µg / g	Pb** µg / g	Cr* µg / g	Fe* % (wt)	Al* % (wt)
17	<i>Parmelia Caperata</i> Belgrad Orman.-9	9,200 ± 0,285	121,194 ± 1,508	0,502	0,791	55,878 ± 0,356	5,494 ± 0,285	49,35	4,633 ±0,569	0,131 ±0,007	0,669 ±0,031
18	<i>Parmelia Sulcata</i> Maltepe-8	19,894 ± 0,757	138,190 ± 0,285	0,868	0,224	110,359 ± 1,561	11,178 ± 0,496	43,01	11,178 ±0,496	0,294 ±0,137	0,858 ±0,025
19	<i>Hypogymnia Tubulosa</i> Maltepe-8	14,469 ± 0,285	107,195 ± 0,285	0,771	0,456	93,270 ± 0,562	9,823 ± 1,511	46,80 ± 4,16	7,965 ±0,494	0,265 ±0,003	0,992 ±0,019
20	<i>Evernia Prunastri</i> Maltepe-8	6,605 ± 0,400	57,866 ± 0,400	0,463	0,466	57,996 ± 0,772	7,443 ± 1,444	19,01	2,884 ±0,399	0,100 ±0,003	0,685 ±0,048
21	Kara Yosunu Çamlıca-2	18,909 ± 0,000	154,459 ± 1,784	1,23	0,101	62,328 ± 0,449	12,938 ± 0,989	38,05	13,336 ±0,989	0,583 ±0,003	1,451 ±0,021
22	<i>Parmelia Caperata</i> Şile Yolu-3	10,616 ± 0,285	271,231 ± 2,229	0,426	0,867	48,746 ± 0,919	6,104 ± 1,029	27,52	9,886 ±0,285	0,234 ±0,004	0,852 ±0,012
23	Kara Yosunu Belgrad Orman.-9	9,137 ± 0,283	513,968 ± 1,854	1,00	0,165	40,419 ± 0,123	8,808 ± 1,019	27,43	11,963 ±0,748	0,360 ±0,005	1,016 ±0,021
24	Kara Yosunu Maslak-10	48,178 ± 0,494	289,402 ± 3,475	5,83	< 0,10	445,053 ± 4,580	15,130 ± 0,494	54,86	25,549 ±0,287	1,124 ±0,004	1,976 ±0,026
25	<i>Parmelia Sulcata</i> Belgrad Orman.-9	14,369 ± 0,284	368,428 ± 1,243	0,926	0,305	90,313 ± 0,681	6,622 ± 0,754	33,59	< Ö. S.	0,304 ±0,005	0,807 ±0,010
26	<i>Parmelia Tinctina</i> Kınalı Ada-7	24,504 ± 0,283	59,059 ± 0,748	0,903	0,565	136,178 ± 0,524	5,518 ± 0,848	86,57	< Ö. S.	0,472 ±0,005	1,244 ±0,027
27	<i>Cladonia</i> Kınalı Ada-7	9,479 ± 0,491	110,123 ± 0,749	1,05	0,185	70,248 ± 0,411	4,278 ± 0,283	38,51	15,271 ±1,022	0,418 ±0,002	1,258 ±0,012
28	Kara Yosunu Heybeli Ada-16	50,984 ± 0,000	185,171 ± 1,016	2,80	0,443	267,651 ± 0,877	18,299 ± 1,132	110,84	26,837 ±0,564	0,907 ±0,014	2,001 ±0,03
29	<i>Cladonia</i> Büyük Ada-5	17,847 ± 0,000	62,661 ± 0,492	0,773	0,375	103,986 ± 0,891	4,362 ± 0,985	53,29	12,625 ±0,284	0,438 ±0,001	1,223 ±0,027
30	<i>Cladonia</i> Heybeli Ada-6	41,106 ± 0,567	35,300 ± 0,284	0,629	< 0,10	62,840 ± 0,284	77,329 ± 0,568	28,55	14,740 ±0,284	0,437 ±0,005	1,651 ±0,006

NCV: Noncertified Value

\* Alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi

\*\* Grafit Fırın / atomik absorpsiyon spektrofotometresi

## EK IV.2 Referans Materyali Değerleri ve Ölçüm Sonuçları

Sıra No	Referans Maddesi	Cu* µg / g	Mn* µg / g	Co** µg / g	Cd** µg / g	Zn* µg / g	Ni* µg / g	Pb** µg / g	Cr* µg / g	Fe* % (wt)	Al* % (wt)
31.1	IAEA-336 (Lichen) Sertifika Değeri (95 % C.I.)	3,6 ± 0,5	63 ± 7	0,29 ± 0,5	0,117 ± 0,017	30,4 ± 3,4	(Tabloda sertifika değeri yok)	4,9 ± 0,6	1,06 ± 0,17	430 ± 50 µg / g	680 ± 110 µg / g
31.2	IAEA-336 (Lichen) Analiz Değeri (95 % C.I.)	3,082 ± 0,282	59,096 ± 0,284	0,37**	0,143* 0,104* 0,124*	33,11 ± 0,40	3,410 ± 1,716	5,25 ± 0,71	1,25 ± 0,28	379,66 ± 4,45 µg / g	820,59 ± 7,53 µg / g
32.1	IAEA / Soil-5 Sertifika Değeri (95 % C.I.)	77,1 ± 4,7	852 ± 37	14,80 ± 0,76	1,5 (NCV)	368,0 ± 8,2	13 (NCV)	129 ± 26	28,9 ± 2,8	4,45 ± 0,19 % wt	8,19 ± 0,28 % wt
32.2	IAEA / Soil-5 Analiz Değeri (95 % C.I.)	72,2 ± 0,5 (% RSD)	907,59 ± 12,52	13,0** 14,30*± 0,57	-	388,02 ± 0,82	< 1,2 µg/g	-	27,89 ± 0,28	4,38 ± 0,01 % wt	8,40 ± 0,05 % wt
33.1	NIST Coal Fly Ash (1633b) Sertifika Değeri (95 % C.I.)	112,8 ± 2,6	131,8 ± 1,7	50 (NCV)	0,784 ± 0,006	210 (NCV)	120,6 ± 1,8	68,2 ± 1,1	198,2 ± 4,7	7,78 ± 0,23 % wt	15,05 ± 0,27 % wt
33.2	NIST Coal Fly Ash (1633b) Analiz Değeri (95 % C.I.)	114,300 ± 1,4 (% RSD)	122,429 ± 1,060	50,33*± 0,88	-	222,47 ± 1,28	102,339 ± 2,422	-	165,67 ± 2,43 215,55 ± 3,01	-	-

NCV: Noncertified Value

\* Alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi

\*\* Grafit Fırın / atomik absorpsiyon spektrofotometresi

**EK IV.3 Cu (µg/g) Analiz Sonuçları**

NO	Tarih	İstasyon Adı	Örnek	Cu (µg/g)
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	21.171
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	14.304
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	10.915
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	22.406
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	18.909
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	10.616
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	8.256
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	19.533
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	9.388
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	11.590
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	35.200
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	32.886
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	23.918
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	20.682
6	9/05/2004	Senator / Heybeli A	<i>Xanthoria parietina</i>	79.469
	9/05/2004	Senator / Heybeli A	<i>Cladonia sp</i>	41.106
	3/11/2004	Senator / Heybeli A	Karayosunu	50.984
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	24.504
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	9.479
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	19.894
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	14.469
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	6.605
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	9.200
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	9.137
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	14.369
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka Y.	<i>Xanthoria parietina</i>	32.319
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka Y.	<i>Physcia adscendens</i>	36.308
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka Y.	Karayosunu	48.178

**EK IV.4 Mn (µg/g) Analiz Sonuçları**

NO	Tarih	İstasyon Adı	Örnek	Mn (µg/g)
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	445.889
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	665.394
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	1346.760
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	487.970
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	154.459
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	271.231
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	530.829
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	484.025
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	46.397
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	134.909
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	70.990
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	70.789
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	125.140
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	62.701
6	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	186.022
	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Cladonia sp</i>	35.300
	3/11/2004	Senator / Heybeli Ada	Karayosunu	185.171
7	16/05/2004	Kımalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	59.059
	16/05/2004	Kımalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	110.123
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	138.190
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	107.195
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	57.866
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	121.194
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	513.698
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	368.428
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Xanthoria parietina</i>	140.137
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Physcia adscendens</i>	197.641
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Karayosunu	289.402

**EK IV.5 Co (µg/g) Analiz Sonuçları**

<b>NO</b>	<b>Tarih</b>	<b>İstasyon Adı</b>	<b>Örnek</b>	<b>Co (µg/g)</b>
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	1.260
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	3.930
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	0.992
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	1.440
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	1.230
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	0.426
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	1.140
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	1.640
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	1.440
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	1.700
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	1.590
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	1.140
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	1.760
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	1.400
6	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	2.060
	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Cladonia sp</i>	0.629
	3/11/2004	Senator / Heybeli Ada	Karayosunu	2.800
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	0.903
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	1.050
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	0.868
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	0.771
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	0.463
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	0.502
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	1.000
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	0.926
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Xanthoria parietina</i>	2.510
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Physcia adscendens</i>	3.060
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Karayosunu	5.830

**EK IV.6 Cd (µg/g) Analiz Sonuçları**

<b>NO</b>	<b>Tarih</b>	<b>İstasyon Adı</b>	<b>Örnek</b>	<b>Cd (µg/g)</b>
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	0.153
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	0.142
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	0.266
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	0.146
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	0.101
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	0.867
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	0.739
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	0.296
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	0.292
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	0.218
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	0.635
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	0.629
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	0.498
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	0.377
6	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	0.441
	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Cladonia sp</i>	<0.1
	3/11/2004	Senator / Heybeli Ada	Karayosunu	0.443
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	0.565
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	0.185
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	0.224
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	0.456
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	0.466
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	0.791
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	0.165
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	0.305
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Xanthoria parietina</i>	<0.1
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Physcia adscendens</i>	0.237
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Karayosunu	<0.1

**EK IV.7 Zn (µg/g) Analiz Sonuçları**

<b>NO</b>	<b>Tarih</b>	<b>İstasyon Adı</b>	<b>Örnek</b>	<b>Zn (µg/g)</b>
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	94.691
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	54.078
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	37.96
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	96.407
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	62.328
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	48.746
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	51.248
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	68.554
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	49.061
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	64.089
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	143.731
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	183.177
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	243.368
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	112.028
6	9/05/2004	Senator / Heybeli A	<i>Xanthoria parietina</i>	209.01
	9/05/2004	Senator / Heybeli A	<i>Cladonia sp</i>	62.84
	3/11/2004	Senator / Heybeli A	Karayosunu	267.651
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	136.178
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	70.248
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	110.359
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	93.27
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	57.996
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	55.878
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	40.419
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	90.313
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka Y.	<i>Xanthoria parietina</i>	132.228
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka Y.	<i>Physcia adscendens</i>	153.197
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka Y.	Karayosunu	445.053

**EK IV.8 Ni (µg/g) Analiz Sonuçları**

NO	Tarih	İstasyon Adı	Örnek	Ni (µg/g)
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	8.904
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	8.163
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	6.361
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	8.276
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	12.938
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	6.104
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	9.230
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	12.082
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	8.793
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	8.080
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	13.947
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	10.510
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	11.712
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	9.389
6	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	26.688
	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Cladonia sp</i>	77.329
	3/11/2004	Senator / Heybeli Ada	Karayosunu	18.299
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	5.518
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	4.278
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	11.178
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	9.823
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	7.443
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	5.494
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	8.808
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	6.622
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Xanthoria parietina</i>	12.823
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Physcia adscendens</i>	15.835
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Karayosunu	15.130

**EK IV.9 Pb (µg/g) Analiz Sonuçları**

<b>NO</b>	<b>Tarih</b>	<b>İstasyon Adı</b>	<b>Örnek</b>	<b>Pb (µg/g)</b>
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	43.740
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	54.970
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	36.960
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	80.760
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	38.050
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	27.520
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	27.790
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	39.790
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	34.390
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	59.710
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	99.600
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	99.130
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	55.610
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	61.140
6	9/05/2004	Senator / Heybeli A	<i>Xanthoria parietina</i>	119.550
	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Cladonia sp</i>	28.550
	3/11/2004	Senator / Heybeli Ada	Karayosunu	110.840
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	86.570
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	38.510
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	43.010
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	46.800
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	19.010
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	49.350
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	27.430
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	33.590
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Xanthoria parietina</i>	38.880
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Physcia adscendens</i>	36.420
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Karayosunu	54.860

**EK IV.10 Cr (µg/g) Analiz Sonuçları**

NO	Tarih	İstasyon Adı	Örnek	Cr (µg/g)
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	13.191
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	17.224
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	4.085
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	15.947
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	13.336
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	9.886
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	2.863
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	11.881
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	9.256
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	5.696
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	16.816
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	15.731
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	17.906
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	14.707
6	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	27.745
	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Cladonia sp</i>	14.740
	3/11/2004	Senator / Heybeli Ada	Karayosunu	26.837
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	< 1.2
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	15.271
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	11.178
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	7.965
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	2.884
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	4.633
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	11.963
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	< 1.2
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Xanthoria parietina</i>	18.515
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Physcia adscendens</i>	24.515
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Karayosunu	25.549

**EK IV.11 Fe (% Ağırlık) Analiz Sonuçları**

<b>NO</b>	<b>Tarih</b>	<b>İstasyon Adı</b>	<b>Örnek</b>	<b>Fe % Ağırlık</b>
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	0.538
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	1.076
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	0.217
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	0.547
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	0.583
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	0.234
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	0.184
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	0.489
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	0.385
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	0.421
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	0.649
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	0.611
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	0.533
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	0.522
6	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	1.629
	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Cladonia sp</i>	0.437
	3/11/2004	Senator / Heybeli Ada	Karayosunu	0.907
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	0.472
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	0.418
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	0.294
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	0.265
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	0.100
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	0.131
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	0.360
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	0.304
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Xanthoria parietina</i>	0.757
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Physcia adscendens</i>	0.911
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Karayosunu	1.124

**EK IV.12 Al Analiz Sonuçları ( % Ağırlık)**

<b>NO</b>	<b>Tarih</b>	<b>İstasyon Adı</b>	<b>Örnek</b>	<b>Al % Ağırlık</b>
1	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Parmelia sulcata</i>	1.397
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	2.041
	17/04/2004	Polonezköy MP Yolu	Karayosunu	0.780
2	20/04/2004	Çamlıca Tepesi	<i>Parmelia sulcata</i>	1.142
	5/05/2004	Çamlıca Tepesi	Karayosunu	1.451
3	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Parmelia caperata</i>	0.852
	1/05/2004	Şile Yolu	<i>Cladonia sp.</i>	1.001
	1/05/2004	Şile Yolu	Karayosunu	1.433
4	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	<i>Cladonia sp.</i>	1.187
	8/05/2004	Hıdiv Kasrı	Karayosunu	1.813
5	9/05/2004	Yörük Ali Büyük Ada	<i>Parmelia caperata</i>	1.502
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	1.800
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	1.404
	9/05/2004	Yörük Ali / Büyük Ada	<i>Cladonia sp</i>	1.110
6	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Xanthoria parietina</i>	2.552
	9/05/2004	Senator / Heybeli Ada	<i>Cladonia sp</i>	1.651
	3/11/2004	Senator / Heybeli Ada	Karayosunu	2.001
7	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Parmelia tinctoria</i>	1.244
	16/05/2004	Kınalı Ada	<i>Cladonia sp</i>	1.258
8	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Parmelia sulcata</i>	0.858
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	0.992
	9/05/2004	Maltepe Süreyyapaşa	<i>Evernia prunastri</i>	0.685
9	8/02/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia caperata</i>	0.669
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	Karayosunu	1.016
	23/10/2004	Belgrad Ormanı	<i>Parmelia sulcata</i>	0.807
10	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Xanthoria parietina</i>	1.604
	16/05/2004	Maslak -Darüşafaka	<i>Physcia adscendens</i>	1.912
	23/10/2004	Maslak -Darüşafaka	Karayosunu	1.976

## ÖZGEÇMİŞ

18 Ocak 1977'de İstanbul'da doğdum. 1984 – 1989 Yılları arasında Şair Nedim İlkokulu'nda okudum. Orta öğrenimimi 1989 – 1995 yılları arasında Beyoğlu Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 1995 Yılında Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmenliği Bölümünü kazandım. 1999 Yılında bu bölümden mezun olarak iş hayatına başladım. Şu an özel bir medikal şirkette ürün sorumlusu olarak çalışmaktayım.