

**KIZILIRMAK NEHRİ' NDEKİ (KIRIKKALE) *CLADOPHORA*' DA AĞIR METAL  
BİRİKİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**Yakup GÜNDOĞAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2005**

**ANKARA**

**KIZILIRMAK NEHRİ' NDEKİ (KIRIKKALE) *CLADOPHORA*' DA AĞIR METAL  
BİRİKİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**Yakup GÜNDOĞAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2005  
ANKARA**

Yakup GÜNDOĞAN tarafından hazırlanan KIZILIRMAK NEHRİ' NDEKİ (KIRIKKALE)  
*CLADOPHORA*' DA AĞIR METAL BİRİKİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA adlı bu tezin  
yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylım.

Doç. Dr. Ali GÜL  
Tez Yöneticisi

Prof. Dr. Şükran ÇAKIR ARICA  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**KIZILIRMAK NEHRİ' NDEKİ (KIRIKKALE) *CLADOPHORA*' DA AĞIR  
METAL BİRİKİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Yakup GÜNDOĞAN**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
EYLÜL 2005**

**ÖZET**

Bu çalışmada Kızılırmak Nehri üzerinde belirlenen beş istasyondan toplanan *Cladophora* sp. (yeşil alg) örneklerindeki ağır metal birikim düzeyleri araştırılmıştır. Bu amaçla sodyum (Na), magnezyum (Mg), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), mangan (Mn), selenyum (Se) ve iyot (I) gibi bitkinin fotosentez, solunum, büyüme ve gelişmesinde etkili elementler ile, belirli bir miktarın üzerinde canlılar için toksik sayılan ağır metallerden, (Al), krom (Cr), demir (Fe), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi elementler incelenmiştir. Her elementi karakteristik X-ışını spektrumlarına göre tanıyarak, onların numune içindeki oranlarını yüzde olarak belirleyen EDS analiz cihazıyla yapılan ölçümler sonucunda; ağır metal yönünden üçüncü, dördüncü ve beşinci istasyonlardaki birikim düzeyinin, bir ve ikinci istasyonlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

**Bu çalışma sonucunda özellikle üçüncü ve dördüncü istasyonların yakınlarında faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının mevcut olduğu, bu istasyonlardaki *Cladophora* sp.' de ki ağır metal düzeyinin de yüksek olduğu belirlenmiştir.**

**Bilim Kodu : 912**  
**Anahtar Kelimeler : Kırıkkale, Kızılırmak, Ağır metal kirliliği, *Cladophora* sp. (yeşil alg)**  
**Sayfa Adedi : 31**  
**Tez Yöneticileri : Doç. Dr. Ali GÜL (I. Danışman)**  
**Prof. Dr. Şükran ÇAKIR ARICA (II. Danışman)**

**A STUDY ON HEAVY METAL ACCUMULATION IN *CLADOPHORA* IN  
HABITING KIZILIRMAK (KIRIKKALE) RIVER**

**(M.Sc. Thesis)**

**Yakup GÜNDOĞAN**

**GAZİ UNIVERSITY**

**INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
SEPTEMBER 2005**

**ABSTRACT**

**This working presents the assemblage levels of heavy metal on *Cladophora* sp. samples taken from five different station on Kızılırmak river. For that reason; effectual elements as Sodium (Na), Magnesium (Mg), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Selenium (Se) and Iodine (I) which is required for photosynthesis, respiration, grown and develop of a plant, are examined. Additionally, heavy metal as Chrome (Cr), Iron (Fe), Nickel (Ni), Copper (Cu), Cadmium (Cd), Zinc (Zn) and Lead (Pb) which are respected as toxic for alives, are examined. As a result of the measures done by EDS analysis tool which searchs each element according to the X-Ray spectrums and determines their rates within the samples; it is confirmed that, The assemblage level on the basis of heavy metal on third, fourth and fifth stations is higher than the first and second stations. As a result of this study it is especially found that industry foundations which are settled near third and fourth stations also have a higher heavy metal deposition at *Cladophora* sp. near these industries.**

**Science Code : 912**

**Key words : Kırıkkale, Kızılırmak, Heavy Metal Pollution, *Cladophora* sp.  
(Green Algae)**

**Page Number : 31**

**Adviser : Assoc. Prof. ALİ GÜL**

**Co-Adviser : Prof. Dr. Şükran ÇAKIR ARICA**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımnda çok yoğun mesai içinde değerli vakitlerini ayıran, tez konumun tespitinden son aşamasına kadar yakın ilgi ve desteklerini esirgemeyen Tez Danışman Hocalarım Doç. Dr. Ali GÜL ve Kırıkkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Şükran ÇAKIR ARICA' ya, Elektron Mikroskopunun kullanımında destek olan Dr. Talip KIRINDI' ya, çalışmanın başından sonuna kadar emek veren Araştırma Görevlisi Kültigin ÇAVUŞOĞLU' na ve maddi, manevi tüm desteklerinden dolayı aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE METOT.....	7
2.1. EDS (Elektron Dağılım Spektroskopisi).....	8
2.2. <i>Cladophora</i> (Yeşil Alg).....	8
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	9
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	16
KAYNAKLAR.....	20
EKLER.....	24
EK-1. Çalışma İstasyonlarını Gösteren Harita.....	25
EK-2. Birinci istasyon (Karakeçili İlçesi Mevkii) ' a ait resim.....	26
EK-3. İkinci istasyon (Hacılar Kasabası Mevkii) ' a ait resim.....	27
EK-4. Üçüncü istasyon (Hacılar Kasabası Mevkii) ' a ait resim.....	28
EK-5. Dördüncü istasyon (Bahşili İlçesi Mevkii) ' a ait resim.....	29
EK-6. Beşinci istasyon (Irmak Kasabası Mevkii) ' a ait resim.....	30
ÖZGEÇMİŞ.....	31



**ÇİZELGELERİN LİSTESİ**

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Tüm İstasyonlardan Toplanan <i>Cladophora</i> sp.' de Ağır Metal Oranları.....	10

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Birinci istasyondaki ağır metal oranları.....	11
Şekil 3.2. İkinci istasyondaki ağır metal oranları.....	12
Şekil 3.3. Üçüncü istasyondaki ağır metal oranları.....	13
Şekil 3.4. Dördüncü istasyondaki ağır metal oranları.....	13
Şekil 3.5. Beşinci istasyondaki ağır metal oranları.....	14
Şekil 3.6. Çalışma alanına ait tüm istasyonlardaki ağır metal oranları değişimi.....	15

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$K_{\alpha}$	Enerji Düzeyi
$L_{\alpha}$	Enerji Düzeyi
$M_{\alpha}$	Enerji Düzeyi
wt. %	Ağırlık Yüzdesi
c/s	count (sayım) / second (saniye)
$\alpha$	alfa
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ATP	Adenozin Tri-Fosfat
DNA	Deoksiribonükleik Asit
EDS	Elektron Dağılım Spektroskopisi
RNA	Ribonükleik Asit
SEM	Taramalı Elektron Mikroskop

## GİRİŞ

Son yıllarda, çevresel problemler tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de günlük yaşam problemleri arasında yer almaktadır. Ormanların yok edilmesinden kaynaklanan erozyon, çarpık kentleşme, yeşil alanların azalması, trafik, endüstride kullanılan kimyasallar ile tatlı ve tuzlu suların kirlenmesi sadece Türkiye’de değil tüm dünyada çözümü araştırılan problemlerden bazılarıdır (1). Buna ilaveten, şehir nüfusundaki hızlı artış daha fazla endüstri oluşturmak için talebi arttırmış ve zaten var olan problemlere yenilerini ilave etmiştir (2). Yıllar boyunca bir çok gelişmiş ülkenin olduğu gibi Türkiye’nin de çevresel politikaları bu problemlere kalıcı çözümler üretememiştir. Ülkemizde son yıllarda giderek artan çevresel problemlerin başında ise ağır metal iyonlarından kaynaklanan su kirliliği gelmektedir.

Ağır metaller çevre için son derece tehlikeli olan kimyasallar olarak bilinirler (3,4). Bunlar her gün büyük miktarlarda çevreye yayılmakta ve değişik yollarla nehir, göl ve denizlere ulaşmaktadır. Sucul ortama giren bu maddeler burada yaşayan hayvansal ve bitkisel canlılar üzerinde bir çok olumsuzluğa sebep olmaktadır (5).

Ağır metal kirliliği üzerine; toprak, havadaki partiküller, yol kenarı bitkileri, şehir içinden geçen sular ve sedimentlerde çeşitli çalışmalar yapılmıştır (6-10). Ağır metal kirliliğini izlemek için en uygun ve ekonomik olan metot ise vejetasyonu kullanmaktır. Çam ağaçları (11), akasyalar (12) ve diğer organizmalar örneğin balıklar kirliliğin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilir (2).

Son on yılda ise karasal ortamda, basit yapılı bitkiler özellikle yosunlar ve likenler (13-15), ağaç kabukları, yaş halkaları ve yüksek yapılı bitkilerin yaprakları metal kirliliğinin dağılımı ve birikimini araştırmak için kullanılmaktadır (15-18). Sucul ortamdaki kirliliğin araştırılmasında ise başlıca su örnekleri, sedimentler, sucul bitkiler, gastropodlar, balıklar ve algler kullanılmaktadır (19-25). Sudaki kirliliğinin belirlenmesinde ve mücadelesinde alglerin kullanılması, onların yüzeylerinde sahip oldukları yüksek negatiflikten ileri gelmektedir. Bu sayede algler bir çok ağır metal iyonunu kendilerine çekme ve depolama özelliği kazanmaktadırlar (26).

*Cladophora* sp. türleri sucul ortamdaki ağır metal kirliliğinin araştırılmasında kullanılan en iyi biyoindikatörler arasındadır. Bu alg türleri sucul ortamdaki üretimden birinci derecede sorumlu olup, inorganik besinleri ve karbondioksiti kullanarak fotosentez yoluyla organik maddeleri sentezlemektedir (27).

Yeşil alglerin tek tür içeren kültürleriyle yapılan çalışmalar, bunların yapısının %50'den fazlasını protein, geri kalan kısmını ise diğer biyomoleküller ve değişik yollarla toplanan toksik metallerin oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu durum karasal ortamdaki kirli suların temizlenmesi için bir avantajken, bunlar üzerinden beslenen balık gibi bir çok canlı için ise dezavantajdır (28). Örneğin suda yaşayan bir alg metal iyonlarını alıp, onları çeşitli dokularında depolayabilir. Böyle bir alg suda yaşayan hayvansal bir organizma tarafından besin olarak alındığında algin yapısında bulunan metal iyonları bu organizmaya geçecektir. Bu durumda o organizmanın ya ortamdaki sayısı hızla düşecek ve ekosistem olumsuz etkilenecektir. Sonuçta sudaki besin zinciri bozulacağından bütün ekosistem bundan olumsuz yönde etkilenecektir. Bütün bu olumsuzluklar canlının beslenme alışkanlığına, yaşam döngüsüne, alınan metalin çeşidine, yapısına, taşınımına, sindirimine ve emilimine bağlı olarak değişebilmektedir (29).

Organizmaların vücutlarında bazı elementlerin konsantrasyonları oldukça sabit kalırken (azot, sodyum, potasyum gibi), bazı elementlerin (fitoplanktonlardaki fosfor ve mollusklardaki mangan gibi) konsantrasyonları ise organizmanın fizyolojik ihtiyaçlarını aşacak şekilde birikmektedir.

Sucul canlılar (fitoplankton ve makrofitler gibi) toksik metalleri sudan veya yedikleri besin maddelerinden almaktadırlar. Örneğin balıklar metil civa solungaç yüzeyleri ve deri yoluyla doğrudan sudan alırken, kahverengi dere balığı *Ameiurus nebulosis* ise hem besin hem de deri yoluyla sudan almaktadır (30-31).

Bazı elementler ise bazı doku ve organlarda diğerlerine göre daha yoğun olarak birikmektedir. Böyle doku ve organlara kritik organ veya dokular adı verilmektedir. Örneğin tiroitte yoğun miktarda iyot birikirken, mollusklar ve crustaselerin kabukları

ile omurgalıların kemiklerinde ise bol miktarda stranyum, radyum ve kalsiyum birikmektedir. Çeşitli balık türleriyle yapılan çalışmalarda, balıkların karaciğer dokularında kas dokularına göre 6 kez daha fazla Pb, 42 kez ise daha fazla Cd biriktiği tespit edilmiştir (22). Kirleticiler organ ve dokularda daha fazla biriktiğinden, bunları tüm organizmanın vücudu yerine bu bölgelerde analiz etmek daha kolay olmaktadır. Ayrıca bir elementin toplam vücut konsantrasyonu düşük ise onu biriktiği doku ve organda analiz etmek daha doğru olmaktadır. Kısaca küçük vücutlu canlılarda tüm vücut yüzeyi ile, büyük vücutlu canlılarda ise kritik doku ve organlar ile ölçüm yapılmalıdır (32).

Bir organizmada aşırı miktarda element birikmesi; sudaki kirleticinin konsantrasyonundan, kirleticinin fiziksel-kimyasal yapısından, organizmanın membran geçirgenliğinden, alınan besinin çeşidi ve miktarından, kirlilik derecesinden, organizmanın fiziksel yapısından kaynaklanabilmektedir.

Bir türün ağır metal kirliliğini belirlemede biomonitor olarak kullanılabilmesi için bazı temel kriterler vardır. Bunlar, toplama alanında geniş sayılarda temsil edilme, geniş bir coğrafik alana sahip olma, örneklenmesinin kolay olması ve kimlik probleminin olmaması şeklinde sıralanabilir (15). Bu çalışmada incelenen *Cladophora* sp. gerek toplama kolaylığı gerekse de ağır metal iyonlarının büyük miktarlarını çok kısa bir sürede biriktirmesinden dolayı tercih nedeni olmuştur.

Bu çalışmanın amacı, Kırıkkale İli'nden geçen Kızılırmak Nehri'ndeki ağır metal iyonlarından kaynaklanan kirliliğin boyutlarını *Cladophora* sp. kullanarak tespit etmektir.

*Cladophora* sp.'da tespit edilen metallerle ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir (33-35).

1. Kadmiyum (Cd): Canlıda birikim özelliği göstermektedir. Sanayi kuruluşlarının faaliyeti sonucu oluşan atıklar başlıca kadmiyum kaynağıdır. Tüm kadmiyum bileşikleri yüksek oranda toksiktir. Ayrıca kadmiyum bileşikleri oldukça karsinogeniktirler.

2. Krom (Cr): Yaşam için gerekli bir iz elementtir. İz miktarların dışındaki her durumda krom bileşikleri yüksek derecede toksik olarak dikkate alınmalıdır. Krom bileşikleri karsinogenik oldukları gibi çevre içinde önemli kirleticilerdendirler.

3. Bakır (Cu): Az miktarda tüm yaşam için gerekli olan bir elementtir. Fotosentez ve solunum reaksiyonlarında görev alan enzimlerin yapısına katılır. Eksikliğinde yapraklarda kloroz, meyve büyümesinde ve üreme fonksiyonlarında yavaşlama görülür. Bakır metalinin tozu tehlikeli bir yanıcıdır. Tüm bakır bileşikleri toksik olarak kabul edilmektedir. Endüstriyel bakır kirliliği ise önemli bir çevre problemidir.

4. Demir (Fe): Klorofilin üretimi, enerji transferi, enzimlerin faaliyeti ve fotosentez üzerinde etkilidir. Toprakta yeterince demir bulunduğundan dolayı bitkilerde yetersizliğine pek rastlanılmaz. Çok yüksek derişimlerde yapraklarda kloroza (sararmaya) neden olur.

5. Kurşun (Pb): Biyolojik bir role sahip değildir. Toksik özellik gösterir. Tetraetil kurşun günümüzde bazı petrol ürünlerinde kullanılmakta ve biyosferde bulunan kurşunun önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Kurşun birikimli bir metaldir. Birçok meslek kolunda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kurşun bileşikleri karsinogenik ve teratogenik olabilmektedirler.

6. Magnezyum (Mg): Bitkiler ve hayvanlar için önemli bir elementtir. Canlılardaki dört önemli elementten biridir. Bitkilerde klorofil ve yeşil rengin oluşumu için gereklidir. Besin ve şeker iletiminde görev alan enzimleri aktivite ettiği gibi, hücre çoğalması ve tohum oluşumu üzerinde de etkili olmaktadır. Vücut magnezyumunun yarıdan fazlası dokular tarafından depo edilmektedir. Sadece %15'lik bir kısmı serbest olarak bulunmaktadır. Magnezyum yaklaşık 300'e yakın enzimin kofaktörüdür. Magnezyum bileşikleri yüksek toksik özelliğe sahip değildirler.

7. Nikel (Ni): Bir çok tür için gerekli bir iz elementtir. Tüm nikel bileşikleri toksik olarak dikkate alınmalıdır. Bunlar özellikle bitkiler için çok toksiktirler. Bazı nikel

bileşikleri ise karsinogenik ve teratogeniktir. Dokularda demirin azaldığı durumda nikel artmakta, arttığı durumlarda ise azalmaktadır.

8. Çinko (Zn): Bitkilerin ve hayvanların diyetleri için oldukça önemlidir. Şeker tüketiminin düzenlenmesi ve büyümede görev almaktadır. Ayrıca su emiliminde görev alanlarla birlikte yaklaşık 70'den fazla enzimin yapısında bulunmaktadır. Çinko klorofilin etkili bir şekilde görev yapabilmesi içinde gereklidir. Eksikliğinde yapraklarda sararma ve küçülme görülür. Çevresel kirlilik gibi durumlarda çinko seviyelerinde hızlı bir artış gözlenmektedir. Çinko bileşiklerinin çoğu toksik olmamalarına rağmen, birkaç çinko tuzu kanserojen olabilmektedir.

9. Alüminyum (Al): Süksinik dehidrogenaz ve aminolevulinat dehidrogenaz gibi enzimlerin faaliyeti için gereklidir. Alüminyum bileşiklerinin çoğu bitkiler, bir kısmı ise memeli türleri için toksiktir. Alüminyum dokularda birikim özelliği göstermektedir.

10. İyot (I): Doğada iyot iyodür (I<sup>-</sup>) iyonları şeklinde bulunmaktadır ve hücreye de bu şekilde alınmaktadır. Elemental iyot (I<sup>0</sup>) toksiktir. Buharı gözlere ve akciğerlere zarar vermektedir. Tüm iyodit bileşiklerinin aşırı miktarda alınması toksik özellik göstermektedir.

11. Selenyum (Se): Selenyumun küçük miktarı yüksek yapılı bitkiler ve memeliler için gereklidir. Selenyumun metabolizmayı uyardığı söylenmektedir. Serbest radikaller ve bazı ağır metallere karşı koruyucu özellik göstermektedir. Selenyumun fazlası ise son derece zararlıdır. Örneğin toprağında yüksek oranda selenyum içeren alanlarda otlayan çiftlik hayvanlarının *Astragalus* bitkisinden dolayı sık sık zehirlendikleri görülür. Bu *Astragalus*' un içerdiği selenyum konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır.

12. Mangan (Mn): Fotosentez, solunum ve nitrojen metabolizmasında görev alan enzimlerin aktiviteleri için gerekli olan bir elementtir. Eksikliğinde, demir



eksikliğinde olduğu gibi yaprakların renklerinde solma görülür. Yüksek oran asit içeren topraklarda bulunan manganın toksik etki meydana getirdiği bilinmektedir.

13. Kalsiyum (Ca): Yaşam için gerekli olan çok önemli bir elementtir. Bitkilerde büyüme ve meyve oluşumunda görev alır. Hücre duvarının en önemli bileşenlerinden biridir. Ayrıca kök ve yaprak gelişimi üzerinde de etkiye sahiptir. Eksikliğinde hücre duvarında hasar, yapraklarda küçülme ve yapışkanlık görülür.

14. Fosfor (P): Tüm organizmalar için gerekli bir elementtir. DNA ve RNA oluşumunda anahtar bir rol oynar. Fotosentez, solunum ve karbonhidrat metabolizmalarında önemlidir. Hücre bölünmesi üzerinde etkili olduğu gibi, kök gelişimini de uyarır. Ayrıca tohum oluşumu ve kalitesi içinde oldukça gereklidir. Eksikliğinde yapraklarda hasar ve büyüme yetersizliği görülür. Hücreler ATP yoluyla hücresel enerjiyi taşıma ve depolamada inorganik fosfatı kullanırlar.

15. Potasyum (K): Bitki hücrelerinde iki temel görevi bulunmaktadır. Birincisi, protein ve şekerlerin üretiminde görev alan enzimlerin iş görebilmesi için anahtar bir rol oynaması. İkincisi ise, her bir bitki hücresinin turgor ve su içeriğini ayarlamasına yardımcı olmasıdır. Potasyum bitki büyümesi ve niteliği üzerinde etkili olmaktadır.

16. Sodyum (Na): Canlılarda bulunan temel elementlerden biridir. Su ve iyon dengesinin ayarlanmasında anahtar bir rol oynamaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

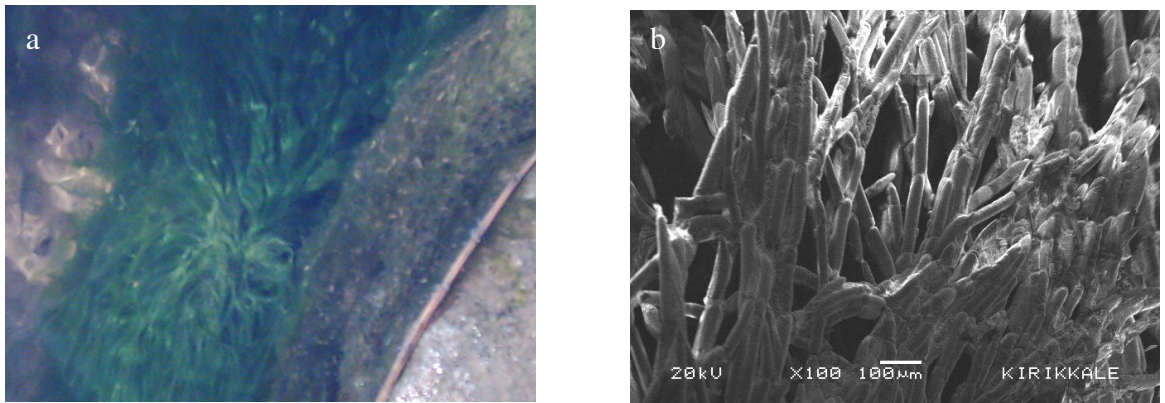
İncelenen *Cladophora* sp. örnekleri Mayıs 2005' te toplanmıştır. Toplama işlemi suyun geçtiği Kırıkkale Karakeçili İlçesi ile Irmak Beldesi arasında belirlenen beş istasyonda gerçekleştirilmiştir. Bu istasyonları gösteren harita (EK-1)' de verilmiştir. Numune alınan birinci istasyon Karakeçili İlçesi (EK-2), ikinci istasyon Kapulukaya Baraj' ının bulunduğu bölgenin hemen altı (EK-3), üçüncü istasyon nehir kenarında kurulan sanayi kuruluşlarının olduğu bölge Hacılar Kasabası Mevkii (EK-4), dördüncü istasyon Bahşili İlçesi yakını (EK-5), beşinci istasyon Kırıkkale'nin Ankara çıkışında yer alan Irmak Beldesi yakınından alınmıştır (EK-6). Numune alınan istasyonlar Kızılırmak Nehri' nin Kırıkkale İl sınırlarına girdiği Karakeçili İlçesi Mevkii ve çıktığı Irmak Kasabası Mevkii arasında seçilmişlerdir. Bu iki istasyon arasında seçilen diğer istasyonlar ise deney sonuçlarının objektif sonuç verebilmesi için sanayi kuruluşları ve şehir merkezine olan uzaklık düşünülerek belirlenmiştir. Her istasyondan beş *Cladophora* sp. örneği toplanmıştır. Örneklerin toplanması sırasında kontaminasyonu önlemek amacıyla steril naylon eldivenler kullanılmıştır. Toplanan örnekler yine steril poşetlere konularak laboratuvar ortamına getirilmiştir. Ağır metal kaybını önlemek amacıyla her hangi bir şekilde yıkama veya silme yapılmadan örneklerden 1 cm büyüklüğünde parçalar alınmıştır. Parça alımı her bir alg örneğinin uç, orta ve son kısmından gerçekleştirilmiştir. Alınan parçalar 48 saat süreyle oda sıcaklığında kurutulduktan sonra stamplar üzerine alınmış ve "Poloron SC-5600" marka karbon kaplama cihazıyla 2 dakika karbonla kaplanmıştır. Son aşamada ise her alg türüne ait 5 örneğin taramalı elektron mikroskoba (SEM) bağlı EDS analiz cihazıyla analizleri yapılarak ortalama değerleri alınmıştır. Örnek hazırlanması sırasında fiksasyon (tespit) ve dehidrasyon (dokudaki suyun uzaklaştırılması) gibi işlemler kullanılmamıştır. Çünkü gerek fiksasyon ve gerekse dehidrasyon işlemlerinde kimyasal maddeler kullanıldığında (Gluter aldehyd, Osmium tetroksit gibi) incelenen örneğin yapısına girerek analiz sonuçlarını etkileyeceği bilinmektedir (36). Analiz işlemleri sonucu tespit edilen ağır metal miktarları tablo ve grafikler ile sunulmuştur.

## 2.1. EDS (Elektron Dağılım Spektroskopisi)

Her elementi karakteristik X-ışını spektrumlarına göre tanıyarak, onların numune içindeki oranlarını yüzde olarak belirleyen bir analiz cihazıdır. Bu cihazın çalışma prensibi şu şekildedir: İncelenen doku örneği üzerine elektron ışınları yollanır, bu ışınlar numune içinde bulunan elementlerle etkileşime girer ve her element için farklı olan  $K_{\alpha}$ ,  $L_{\alpha}$  ve  $M_{\alpha}$  enerji düzeylerinde geri doğru yansıtılırlar. Bu yansımalar her elementin numune içinde bulunma miktarına bağlı olarak farklı bir şiddettedir. EDS analiz cihazı da geri doğru yansıyan bu şiddetleri yüzdeye çevirerek her bir elementin doku içinde bulunma miktarını yüzde olarak göstermektedir.

## 2.2. *Cladophora* sp.

Bu cins genellikle dallanmış filamentli alglere dahil edilir. Dallanmış yapıdaki üyeleri 10 cm uzunluğunda saç benzeri yapılara sahiptir (Resim 2.1). Su ortamında taş veya diğer sert cisimlere tutunarak yaşarlar. Hücreleri oldukça büyük ve silindirik şekilli, kloroplastları ağsı yapıda ve üremeleri ise izogami şeklindedir. Bu cinsin türlerin morfolojileri çevre şartlarına göre değişiklik gösterebilmektedir (27).



Resim 2.1. *Cladophora* sp' nin genel (a) ve taramalı elektron mikroskop (sem) (b) görünümü.

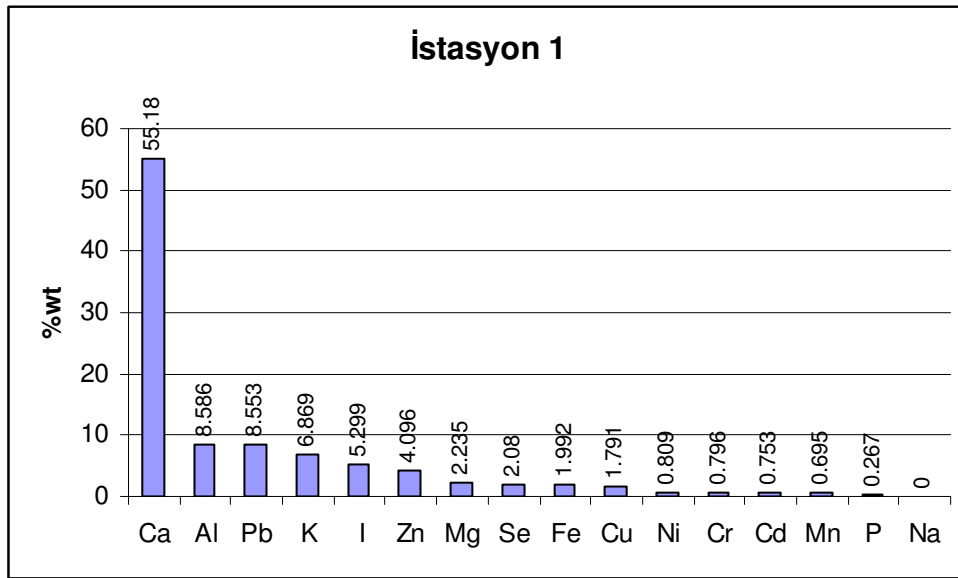
### **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Beş istasyondan alınan *Cladophora* sp. örneklerinde tespit edilen elementlerin yüzde dağılımları (Çizelge 3.1) de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tüm İstasyonlardan Toplanan *Cladophora* sp.' de Ağır Metal Oranları

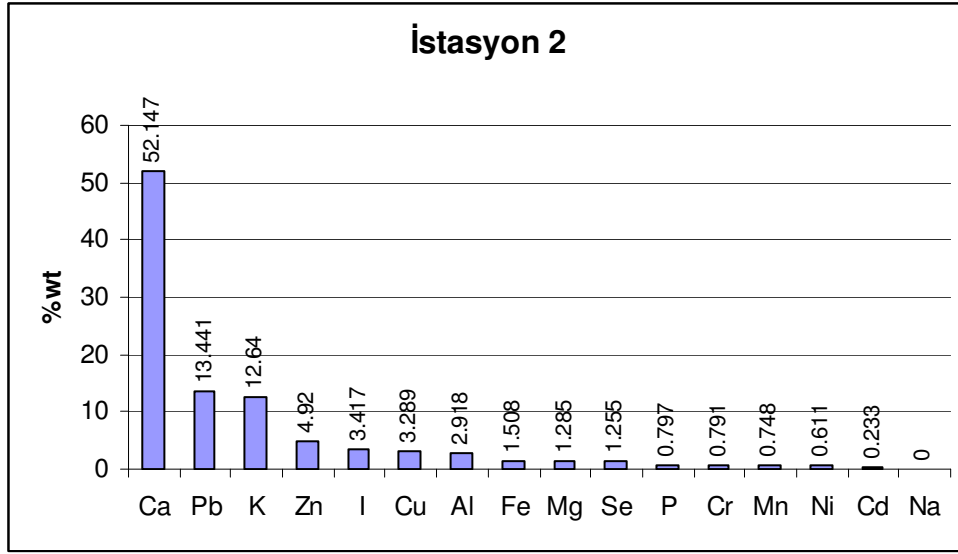
Element	Enerji Düzeyi	İSTASYON 1			İSTASYON 2			İSTASYON 3			İSTASYON 4			İSTASYON 5		
		Şiddet (c/s)	Yoğunluk	%	Şiddet (c/s)	Yoğunluk	%	Şiddet (c/s)	Yoğunluk	%	Şiddet (c/s)	Yoğunluk	%	Şiddet (c/s)	Yoğunluk	%
Na	K <sub>α</sub>	0	0	wt.%	0	0	wt.%	3,18	4,454	wt.%	2,27	0,766	wt.%	1,68	1,08	wt.%
Mg	K <sub>α</sub>	8,25	2,235	wt.%	1,43	1,285	wt.%	4,09	4,64	wt.%	12,29	3,259	wt.%	21,25	10,825	wt.%
Al	K <sub>α</sub>	35,49	8,586	wt.%	3,73	2,918	wt.%	17,85	18,246	wt.%	16,98	4,094	wt.%	17,1	8,71	wt.%
P	K <sub>α</sub>	1,25	0,267	wt.%	1,21	0,797	wt.%	0,48	0,454	wt.%	1,26	0,259	wt.%	28,36	12,473	wt.%
K	K <sub>α</sub>	33,86	6,869	wt.%	18,86	12,64	wt.%	1,43	1,44	wt.%	117,46	27,888	wt.%	17,2	7,765	wt.%
Ca	K <sub>α</sub>	232,64	55,18	wt.%	65,75	52,147	wt.%	6,39	6,651	wt.%	22,61	6,272	wt.%	22,73	11,06	wt.%
Cr	K <sub>α</sub>	1,95	0,796	wt.%	0,6	0,791	wt.%	0,35	0,534	wt.%	0,92	0,349	wt.%	1,18	0,86	wt.%
Mn	K <sub>α</sub>	1,52	0,695	wt.%	0,51	0,748	wt.%	1	1,692	wt.%	1,7	0,721	wt.%	1,67	1,366	wt.%
Fe	K <sub>α</sub>	3,95	1,992	wt.%	0,93	1,508	wt.%	3,33	6,269	wt.%	1,89	0,875	wt.%	4,05	3,683	wt.%
Ni	K <sub>α</sub>	1,23	0,809	wt.%	0,29	0,611	wt.%	0,79	1,965	wt.%	1,12	0,67	wt.%	1,55	1,847	wt.%
Cu	K <sub>α</sub>	2,18	1,791	wt.%	1,25	3,289	wt.%	1,93	6,011	wt.%	2,11	1,572	wt.%	1,34	1,995	wt.%
Zn	L <sub>α</sub>	5,44	4,096	wt.%	1,97	4,92	wt.%	1,5	4,284	wt.%	14,13	9,226	wt.%	6,91	8,495	wt.%
Se	K <sub>α</sub>	0,71	2,08	wt.%	0,13	1,255	wt.%	0	0	wt.%	0,7	1,832	wt.%	0,62	3,302	wt.%
Cd	L <sub>α</sub>	1,41	0,753	wt.%	0,13	0,233	wt.%	0,34	1,214	wt.%	3,41	2,607	wt.%	1,96	2,987	wt.%
I	L <sub>α</sub>	4,68	5,299	wt.%	0,9	3,417	wt.%	1,29	6,342	wt.%	1,38	1,844	wt.%	3,34	7,582	wt.%
Pb	M <sub>α</sub>	22,04	8,553	wt.%	11,01	13,441	wt.%	14,73	35,803	wt.%	80,12	37,767	wt.%	13,71	15,972	wt.%
		<b>Toplam</b>	<b>100,00</b>	<b>wt.%</b>	<b>Toplam</b>	<b>100,00</b>	<b>wt.%</b>	<b>Toplam</b>	<b>100,00</b>	<b>wt.%</b>	<b>Toplam</b>	<b>100,00</b>	<b>wt.%</b>	<b>Toplam</b>	<b>100,00</b>	<b>wt.%</b>

Birinci istasyon, beş istasyon içerisinde *Cladophora* sp.' de ağır metal birikimi yönünden en az yoğunluğa sahip istasyondur (Şekil 3.1). Bu istasyondan toplanan *Cladophora* sp. örneğinde magnezyum, selenyum ve potasyum gibi iz ve makro elementler ile kurşun, çinko ve kadmiyum gibi ağır metallerin oranlarının yüksek olmadığı görülmektedir.



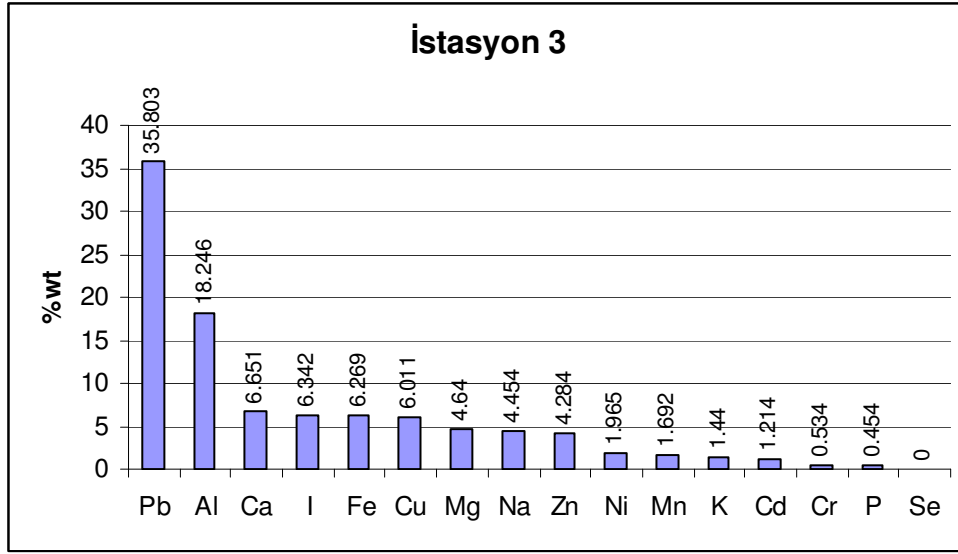
Şekil 3.1. Birinci istasyondaki ağır metal oranları

İkinci istasyon, birinci istasyondan sonra ağır metal birikimi yönünden en az yoğunluğa sahip istasyondur (Şekil 3.2). Bu sonucu algin metabolik fonksiyonlarında görev alan iz ve makro elementlerden; potasyumun % 12,64 , magnezyumun % 1,285 , fosforun % 0,797 , toksik ağır metallerden ise; kurşunun % 13,44 , bakırın % 3,289 ve demirin % 1,508 olarak çıkması doğrulamaktadır.



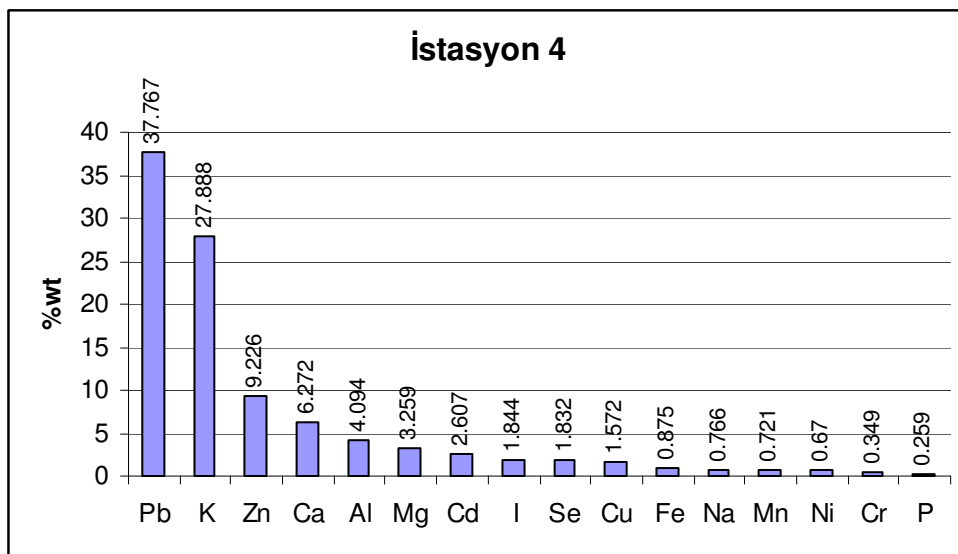
Şekil 3.2. İkinci istasyondaki ağır metal oranları

Üçüncü istasyon tüm istasyonlar içerisinde ağır metal birikimi yönünden en yoğun istasyondur (Şekil 3.3) . Bu istasyondan toplanan *Cladophora* sp.' nin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan potasyum, kalsiyum ve selenyum gibi elementlerin miktarlarının azaldığı, kurşun, demir, alüminyum ve bakır gibi elementlerin miktarlarının ise arttığı görülmektedir.



Şekil 3.3. Üçüncü istasyondaki ağır metal oranları

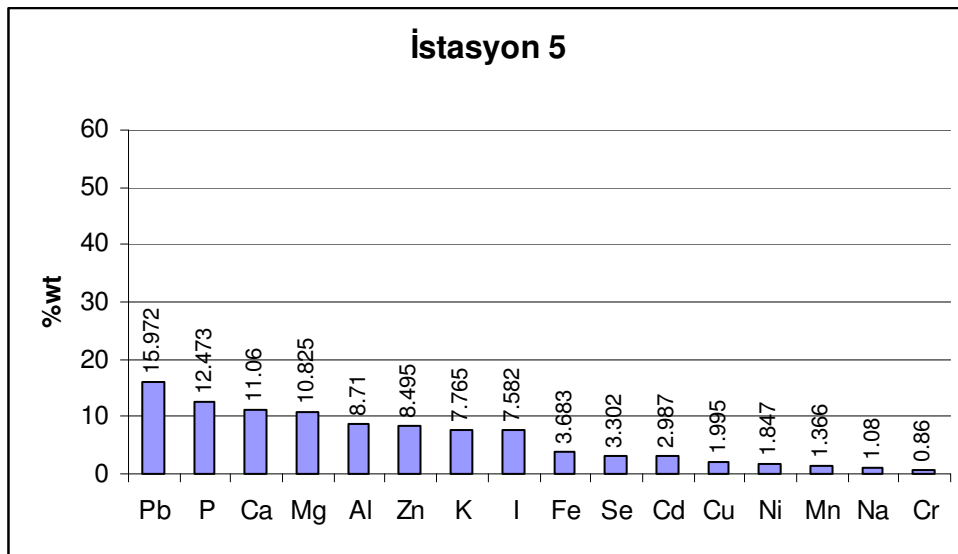
Dördüncü istasyondaki ağır metal birikiminin boyutları üçüncü istasyondaki ile hemen hemen aynıdır (Şekil 3.4). Üçüncü ve dördüncü istasyonların birbirine yakın oluşları ve her ikisinin de sanayi kuruluşlarının yakınında bulunmaları bu benzerlikte büyük rol oynamıştır. Şekil 3.4' te de görüldüğü gibi iz ve makro elementlerin değerleri azalırken ağır metallerin yoğunluğu ise artmaktadır.



Şekil 3.4. Dördüncü istasyondaki ağır metal oranları

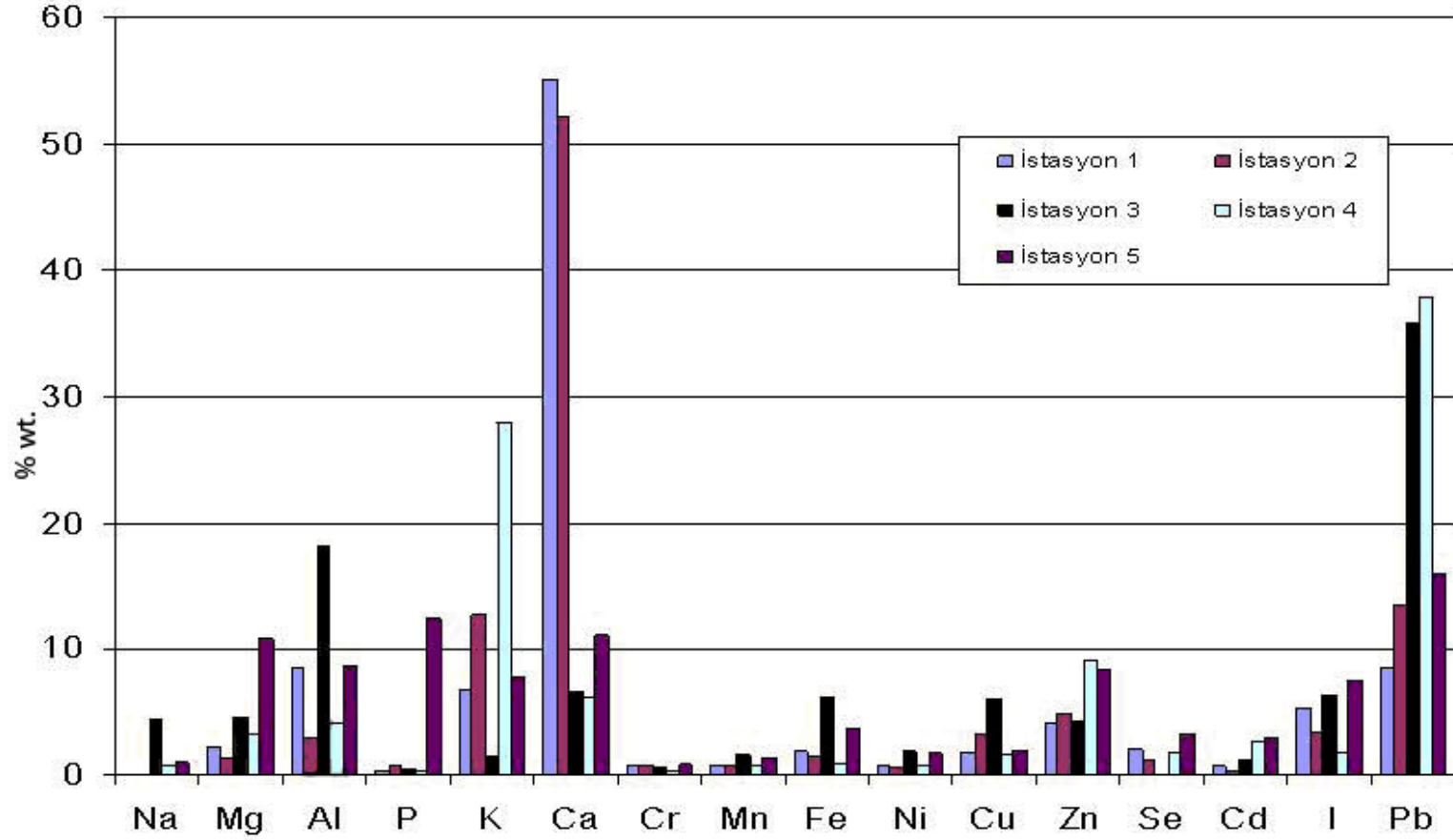


Beşinci istasyon, birinci ve ikinci istasyonlar ile üçüncü ve dördüncü istasyonlar arasındaki bir geçişi yansıtmaktadır (Şekil 3.5). Yani ağır metal birikimi yönünden birinci ve ikinci istasyonlardaki değerlere göre daha yoğun değerlere sahipken, üçüncü ve dördüncü istasyonlardaki değerlerde bu yoğunluğun azaldığı görülmüştür. Bu istasyonda incelenen örneklerde selenyum ve potasyum gibi iz ve makro elementlerinin tekrar artmaya başladığı kurşun, demir ve alüminyum gibi elementlerin ise azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.5. Beşinci istasyondaki ağır metal oranları

Tüm istasyonlardaki *Cladophora* sp.' de ağır metal birikim düzeyleri Şekil 3.6' da birlikte görülmektedir.



Şekil 3.6. Çalışma alanına ait tüm istasyonlardaki ağır metal oranları değişimi

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kırıkkale ulaşım bakımından Türkiye'nin doğuya açılan kapısı olma, Makine Kimya Endüstrisi ile Tüpraş Rafinerisi gibi büyük sanayi kuruluşlarını bünyesinde barındırma ve Kızılırmak gibi Türkiye'nin en büyük nehirlerinden birinin güzergahında yer almasından dolayı oldukça önemli illerden biridir.

Kırıkkale İli'nde sanayi oldukça gelişmiş bir durumdadır. Hemen hemen bütün sanayi kuruluşları Kızılırmak Nehri'nin çevresinde bulunmaktadır. Bu işletmelerin faaliyeti sonucu oluşan atık sular ve gazlar çeşitli yollarla nehre ulaşmakta, sonuçta tüm sucul ekosistem olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu çalışmada belirlenen beş istasyondan toplanan *Cladophora* sp. örnekleriyle yapılan araştırma sonuçları bunu doğrulamaktadır.

İncelenen beş istasyona ait *Cladophora* sp. örneklerinde ağır metal birikiminin en fazla sırasıyla üçüncü, dördüncü ve beşinci istasyonlarda, en az ise birinci ve ikinci istasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. Birinci ve ikinci istasyonların sanayi kuruluşlarının uzağında oluşu ağır metal kirliliğinin azlığında şüphesiz en önemli unsur olmuştur. Yapılan analizler sonucunda birinci ve ikinci istasyonlardan toplanan *Cladophora* sp. örneklerinin yapısında yüksek miktarda sodyum, magnezyum, fosfor, potasyum, kalsiyum, mangan, selenyum ve iyot düşük miktarlarda ise alüminyum, krom, demir, nikel, bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun tespit edilmiştir. Bunlardan sodyum, magnezyum, fosfor, potasyum, kalsiyum, mangan, selenyum ve iyot bitki yapısında bulunan iz ve makro elementler olup bitkinin büyüme, gelişme, fotosentez ve solunum gibi faaliyetlerinde görev almaktadırlar. Bu elementlerin yüksek düzeyde olması birinci ve ikinci istasyondaki kirliliğin düşük seviyelerde olduğunun açık bir göstergesidir. Bu istasyonlarda rastlanan diğer elementler, krom, demir, nikel, bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun ise bitki için hem yararlı hem de toksik olan (Ağır metaller) elementlerdir. Örneğin; demir, bakır ve çinko iz miktarda bulduklarında bitkinin bir çok metabolik yolunda hayati görevler üstlenmektedirler. Ancak bunların aşırı miktarlarda birikmeleri bitki için toksik etki yapmaktadır. Birinci ve ikinci istasyonlardaki örneklerle ait analiz sonuçları bu

elementlerin iz miktarda bulunduğunu göstermiştir. Bu istasyonlarda ayrıca, alüminyum, krom, nikel, kadmiyum ve kurşuna da rastlanması, bunların kaynağının çevredeki sanayi kuruluşları olmadığı, Kızılırmak Nehri' nin doğduğu yerden Kırıkkale'ye ulaşıncaya kadar biriktirdiği kirlilikten kaynaklandığını düşündürmektedir. Zira birinci ve ikinci istasyon yakınlarında her hangi bir sanayi kuruluşu bulunmamaktadır. Üçüncü ve dördüncü istasyonlardan toplanan *Cladophora* sp. örneklerinde ise yüksek miktarlarda, krom, demir, nikel, bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun düşük miktarlarda ise sodyum, magnezyum, fosfor, potasyum, kalsiyum, mangan, selenyum ve iyota rastlanılmıştır. Bu istasyonlardaki ağır metal birikiminin yüksekliği bu bölgede yer alan sanayi kuruluşlarından kaynaklanmaktadır. Zira bu kuruluşların faaliyeti sonucu oluşan atık sular nehre verildiği gibi, yine oluşan gazların bir kısmı da suya geçmektedir. Beşinci istasyonda ise, üçüncü ve dördüncü istasyonlara göre ağır metal birikimi daha düşük düzeydedir. Bu istasyonun Kırıkkale ilinin çıkışında yer alması ve sanayi kuruluşlarının uzağında kalmasından dolayı toksik ağır metal oranları üçüncü ve dördüncü istasyonlara göre nispeten azalmış, yararlı iz ve makro elementlerin oranı ise nispeten artmıştır.

Bu çalışmadaki sonuçları doğrulayan bazı çalışmalar vardır. Bunlardan biri; Chmielewska ve Medved (2001) tarafından yapılan bir çalışmadır. Rafineri atık sularının verildiği Tuna Nehri üzerinde kurulan 106 metre genişliğinde, 186 metre uzunluğunda ve 5 metre derinliğindeki bir su cebinde yetiştirilen *Cladophora glomerata* türünde nikel, kadmiyum, vanadyum, kurşun ve krom gibi ağır metallerin konsantrasyonları araştırılmış, spektrofotometrik ölçümler sonucunda bu ağır metallerin algin yapısında yüksek miktarlarda bulunduğu tespit edilmiştir (28).

İkinci bir örnek ise Gümgüm ve arkadaşları (1994) tarafından yapılan çalışmadır. Tigres nehrindeki su, sediment ve balık örneklerinde kobalt, bakır, molibden, nikel, kurşun, vanadyum ve çinko gibi ağır metallerin sebep olduğu kirlilik araştırılmış, sonuçta su örnekleri içinde molibden ve vanadyuma rastlanmazken, düşük miktarlarda kobalt, bakır, nikel, kurşun ve çinkoya, sediment örneklerinde yüksek miktarlarda kobalt, bakır, nikel, kurşun, vanadyum ve çinkoya, balık örneklerinde ise

yüksek miktarda bakır, nikel, kurşun, vanadyum ve çinkoya rastlanılmış, kobalt, molibden, kurşun ve vanadyum ise tespit edilememiştir (37).

Ramadan (2003), Mısır' daki Manzala Gölü' nde pasif ve aktif indikatör bitkiler ile sediment örnekleri kullanılarak, civa, çinko, kurşun ve kadmiyum kirliliği araştırılmıştır. Pasif indikatör bitkiler olarak göl ekosisteminde yabancı olarak yetişen *Atriplex portulacoides*, *Zygophyllum album*, *Typha domingensis*, *Juncus rigidus*, *Cyperus laevigatus*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salsola* sp. ve *Phragmites australis* türleri, aktif indikatörler olarak iyi bilinen iki ekin bitkisi olan *Trifolium alexandrinum* ve *Raphanus sativum* türleri kullanılmıştır. Sonuçta incelenen tüm örnekler içinde ağır metal konsantrasyonlarının büyükten küçüğe doğru Hg>Zn>Pb>Cd şeklinde sıralandığı görülmüştür. İncelenen numuneler içerisinde ise bu ağır metallerin en fazla aktif indikatörlerde, sonra sediment örneklerinde, en az ise pasif indikatörlerde bulunduğu belirlenmiştir (38).

Rashed (2001) tarafından yapılan bir çalışmada Nasser Gölü' nden toplanan *Tilapia nilotica* balık türünün farklı dokularındaki Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sr, Pb, Cd ve Zn ağır metalleri araştırılarak su kirliliği boyutları belirlenmeye çalışılmıştır. Balığın kas, solungaç, mide, bağırsak, karaciğer ve pulları kullanılarak sayılan elementler belirlenmiştir. Sonuçta bu elementlerin en fazla balığın pullarında olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada elde edilen sonuçlar, aynı balık türünü kullanan Awadallah ve arkadaşları (1985) tarafından daha önce yapılan çalışma ile de karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda ağır metal miktarının bu çalışmada daha fazla olduğu, sonuçta da göledki kirliliğin aradaki zaman zarfında arttığı tespit edilmiştir. Bundaki en büyük sebeplerin ise kimyasal pestisid ve gübreleri içeren zirai atıkların suya verilmesi olduğu sonucuna varılmıştır (39-40).

Noamann (2000) tarafından yapılan çalışmada kirli suların temizlenmesi amacıyla *Synechococcus leopoliensis* (yeşil alg) ve *Dunaliella salina* (mavi alg) kullanılmıştır. Sonuçta her iki alg türünde bünyelerinde yoğun miktarda ağır metal iyonu biriktirdikleri gözlenmiş ve her iki alginde biyolojik belirleyici olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (41).

Diğer bir çalışma ise Szefer ve arkadaşları (1997) tarafından yapılan çalışmadır. Japonya' nın Kyushu Adası' nın sahil sularındaki metal kirliliğini araştırmak için bir istiridye türü olan *Crassostrea gigas* ile yengeç türleri olan *Goetice depressa* ve *Leptodius exaratus* kullanılmıştır. Sonuçta bu türlerin yapısında yüksek miktarlarda Fe, Cd, Zn, Mn, Cu, Ni ve Pb varlığı tespit edilmiştir(42).

Bütün bu bulgular ışığında öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sanayi kuruluşlarının faaliyetleri sonucu oluşan atık sular Kızılırmak Nehri' ne verilmemeli ya da en azından belirli bir arıtma işleminden geçtikten sonra verilmeli.
- Oluşan atık gazların su ekosistemine ve çevreye daha az zarar vermesi amacıyla bütün sanayi kuruluşları son teknoloji hava filtrelerini kullanmalı, her yıl periyodik olarak bunların bakımını ve temizliğini yaptırmalı.
- Buna benzer çalışmalar belirli aralıklarla tekrarlanarak su kirliliğinin ulaştığı boyutlar hakkında bilgi sahibi olunmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Aslan, A., Budak, G. and Karabulut, A., “The amounts Fe, Ba, Sr, K, Ca and Ti in some lichens growing in Erzurum province (Turkey)”, *Journal of Quantative Spectroscopy&Radiative Transfer.*, (2004) (makale baskıda).
2. Çelik, A., Kartal, AA., Akdoğan, A. and Kaksa Y., “Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinio pseudo-acacia L*”, *Environment international.*, (2004) (makale baskıda)
3. Jiries, A., “Vehicular contamination of dust in Amman, Jordon”, *The Environmentalist.*, 23: 205-210 (2003).
4. Cooke, M. and Dennis, AJ., “Polynuclear aromatic hydrocarbons: mechanism, method and metabolism”, *Ohio Battelle Press*, Columbus, USA, (1985).
5. Kautshy, L., “Monitoring eutrophication and pollution in estuarine environments- focusing on the use of benthic communities”, *Pure and Appl. Chem.*, 70 (12): 2313-2318 (1998).
6. Mellor, A., “Lead and zinc in the wallsend burn, an urban catchment in Tyneside, UK”, *The Science of the Total Environment.*, 269: 49-63 (2001).
7. Culbard, EB., Thornton, I., Watt, J., Wheatly, M., Moorcroft, S. and Thompson, M., “Metal contamination in British suburban dusts and soils”, *J. Environ Qual.*, 17: 226-234 (1988).
8. Moir, AM. and Thornton, I., “Lead and cadmium in urban allotment and garden soils and vegetables in the United Kingdom”, *Environ Geochem Health.*, 11: 113-119 (1998).
9. Bubb, JM. and Lester, JN., “Anthropogenic heavy metal inputs to lowland river systems, a case study-the river stour, UK”, *Water, Air Soil Pollut.*, 78: 279-296 (1994).
10. Kelly, J., Thornton, I. and Simpson, PR., “Urban geochemistry a study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and nonindustrial areas of Britain”, *Appl Geochem.*, 11: 363-370 (1996).

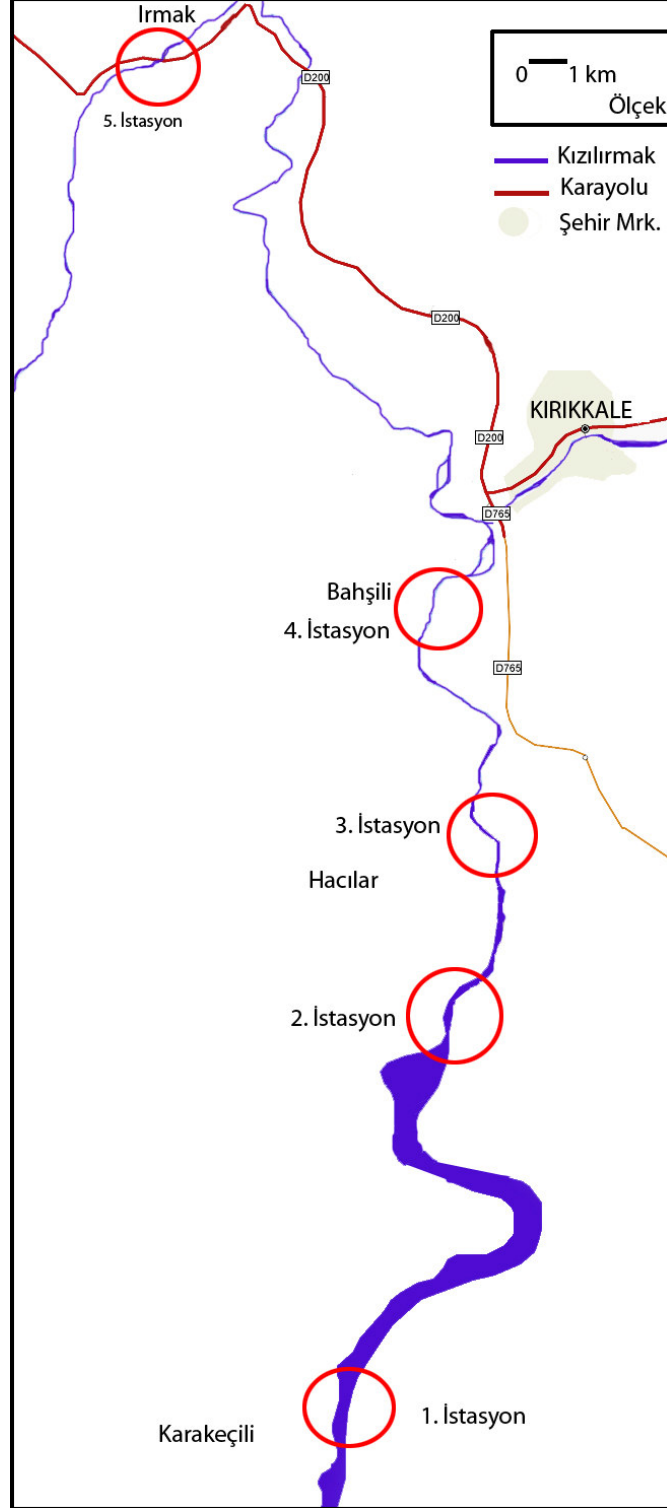
11. Yılmaz, S. and Zengin., “Monitoring environmental pollution in Erzurum by chemical analysis of Scot pine (*Pinus sylvestris* L.) needles”, *Environ Int.*, 29: 1041-1047 (2004).
12. Aksoy, A., Şahin, U. and Duman, F., “*Robinia pseudo-acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri”, *Tr J Bot.* 24 (5): 279-284 (2000).
13. Markert, B., Herpin, U., Siewers, U., Berlekamp, J. and Lieth, H., “The German heavy metal survey by means of mosses”, *Sci Total Environ* 182: 159-168 (1996).
14. Al-Shayeb, SM., Al-Rajhi. and Seaward, MRD., “The date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as a biomonitor of lead and other elements in arid environments”, *Sci Total Environ.*, 168: 1-10 (1995).
15. Aksoy, A., Hale, WHG. and Dixon, JM., “*Capsella bursa-pastoris* (L.) medic as a biomonitor of heavy metals”, *Sci Total Environ.*, 226: 177-186 (1999).
16. Djingova, R. and Kuleff, I., “Monitoring of heavy metal pollution by *Taraxacum officinale*. Plants as biomonitors/indicator for heavy metals in the terrestrial environment”, *VCH Publisher*, Weinheim, 435-460 (1993).
17. Aksoy, A. and Öztürk, M., “*Phoenix dactylifera* L. as a biomonitor of heavy metal pollution in Turkey”, *J Trace and Microprobe Tech.*, 14: 605-614 (1996).
18. Aksoy, A. and Öztürk, M., “*Nerium oleander* L. as biomonitor of lead and other heavy metal pollution in mediterranean environment”, *Sci Total Environ.*, 205: 145-150 (1997).
19. Ravera, O., “L'utilita delle piante acquatiche nello studio delle contaminazioni radiattive dei bacini lacustri”, *Giorn. Fisica San. Radioprot.*, 10: 162-165 (1966).
20. Ravera, O., “Monitoring of the aquatic environment by species accumulator of pollutions”, *Journal of Limnology.*, 60 (1): 63-78 (2001).
21. Neal, EE., Patent, BC. And Poe, CE., “Periphyton growth on artificial substrates in a radioactively contaminated lake”, *Ecology.*, 48: 918-924 (1967).



22. Havre, GN., Underal, B. and Christiansen, C., "The content of lead and some other heavy elements in different fish species from a fjord in Western Norway.", *Intern. Symposium Environmental health aspects of lead*. CEC-EPA, Amsterdam, 2-6 October, 99-111 (1972).
23. Abo-Rady, MTK., "Makrophytische Wasserpflanzen als Bioindikatoren für die Schwermetallbelastung der oberen Leine," *Arch. Hydrobiol.*, 89: 287-404 (1980).
24. Vymazal, J., "Short term uptake of heavy metal by periphyton algae" *Hydrobiologia*, 119: 171-179 (1984).
25. Cenci, RM., "II. Muschio Fontinalis antipyretica utilizzato quale bioindicatore di inquinamento nelle acque da mercurio e piombo", *Studi Ssassaresi, Ann. Fac. Agraria, Univ. di Sassari*, 35: 469-478 (1993).
26. Rao, SVR., "Cadmium accumulation in fiddler crabs Uca annulipes uptake of lead chromium, cadmium and cobalt by Cladophora glomerata.", *Int. J. Environ. Studies.*, 27: 219-223 (1986).
27. Förstner, U. and Prosi, F., "Heavy metals pollution in freshwater ecosystems, in: O. Ravera (Ed.), Biological aspects of freshwater pollution", *Pergamon Press*, Oxford, New York, (1979).
28. Chmielewska, E. and Medved, J., "Bioaccumulation of heavy Metals by Green Algae Cladophora glomerata in a Refinery Sewage Lagoon", *Croatia Chemica Acta.*, 74 (1) 135-145 (2001).
29. Patent, V., "Heavy metals-more than Rock music" *Connecticut Sea Grant.*, (1997).
30. Rose, J, Hutcheson, M.S., West, CR., Pancorbo, O., Hulme, K., Cooperman, A., De Cesare, G., Isaac, R. and Screpetis, A., "Fish mercury distribution in Massachusetts, U.S.A Lakes", *Env. Toxicol. Chem.*, 18: 1370-1379 (1999).
31. Jernelov, A., "Mercury and food chains. In: R.Hartung and J. Dinan (Eds), Environmental Mercury Contamination", *Ann Arbor Sc. Publishing, Ann Arbor.*, 174-177 (1972).
32. Munger, C., Hare, L., Craig, A. and Charest, PM., "Influence of exposure time on the distribution of cadmium with the Cladocerans Ceriodaphnia dubia", *Aquatic Toxicol.*, 33: 195-200 (1999).

33. Morgan, D., “De laware Volley College of Science and Agricul turc and Penn State University” (2004).
34. Johnston, AE., “Under Standing Potassium and its Use in Agriculture. European Fertilizer Manufacturers Association,” *Avenue E. Van Nieuwenhuysse*, Brussels, Belgium (1997).
35. İnternet: Symptoms of Essential Nutrient Deficiencies and Toxicities, Rawensdown Groving Media, <http://www.ravensdown.co.nz/growingmedia/info/symptowns> (2005).
36. Çavuşoğlu, K., “İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) yapraklarında kurşun (Pb) yoğunluğunun araştırılması” *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.*, 6 (3): 191-196 (2002).
37. Gümgüm, B., Ünlü, E., Tez, Z. and Gülsün, Z., “Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigres river in Turkey”, *Chemosphere.*, 29 (1) : 111-116 (1994).
38. Ramadan, AA., “Heavy metal pollution and biomonitoring plants in Lake Manzala, Egypt”, *Pakistan Journal of Biological Sciences.*, 6 (13): 1108-1117 (2003).
39. Rashed, MN., “Cadmium and lead levels in fish (*Tilapia nilotica*) tissues as biological indicator for take water pollution”, *Environ. Monito. Assess.*, 68: 75-79 (2001).
40. Awadallah, RM., Mohammad AE., Gaber SA., “Determination of trace elements in fish by instrumental neutron activation analysis”, *J. Radional. Nucl. Chem. Leftt.*, 95 (3): 145-154 (1985).
41. Naomann NH., “Response of two algal species to some polltants under non-growth conditions”, *Bull. Fac. Sci. Assiut Univ.*, 29: 169-175 (2000).
42. Szefer P., Ikuta K., Kushiyaama S., Frelek K., Geldon J., “Distribution of trace metals in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* and Crabs from the East of Kyusha Island”, *Japon. Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 58: 108-114 (1997).

## **EKLER**

**EK-1 Çalışma İstasyonlarını Gösteren Harita**

**EK-2.** Birinci istasyon (Karakeçili İlçesi Mevkii)' a ait resim



**EK-3.** İkinci istasyon (Hacılar Kasabası Mevkii) ' a ait resim



**EK-4.** Üçüncü istasyon (Hacılar Kasabası Mevkii) ' a ait resim



**EK-5.** Dördüncü istasyon (Bahşili İlçesi Mevkii) ' a ait resim





**EK-6.** Beşinci istasyon (Irmak Kasabası Mevkii) ' a ait resim



## ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Ankara ili Haymana ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Polatlı' da, Üniversite eğitimini ise Süleyman Demirel Üniversitesi Egirdir Su Ürünleri Fakültesinde tamamladı. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladı.