

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

**MELET IRMAĞI'NDA (ORDU) BULUNAN CLADOPHORA**  
**(CHLOROPHYTA) ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL BİRİKİMİ ÜZERİNE**  
**BİR ARAŞTIRMA**

**ESRA DENİZ CANDAN**

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

**AKADEMİK DANIŞMAN**  
**Yrd.Doç.Dr. Beyhan TAŞ**

**ORDU – 2010**

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

Bu çalışma jürimiz tarafından 30/12/2010 tarihinde yapılan sınav ile **BİYOLOJİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Aydın AKBULUT



Üye (Danışman) : Yrd. Doç. Dr. Beyhan TAŞ



Üye : Yrd. Doç. Dr. Tuğba BAYRAK ÖZBUCAK



ONAY :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

.../.../2010.

Yrd. Doç. Dr. Beyhan TAŞ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**MELET IRMAĞI'NDA (ORDU) BULUNAN CLADOPHORA  
(CHLOROPHYTA) ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL BİRİKİMİ ÜZERİNE  
BİR ARAŞTIRMA**

**ÖZ**

Evsel ve endüstriyel atıklar ile kontamine olmuş alanlardaki yüksek besin düzeyi *Cladophora* türlerinin yayılımını artırmaktadır. Bu türler genellikle ağır metal ile kontamine olmuş sucul çevredeki en iyi biyoindikatör olarak bilinmektedir. Bu çalışmada, Ordu ilinin içme suyunun teminin edildiği önemli bir akarsu olan Melet Irmağı üzerindeki istasyonlardan toplanan *Cladophora crispata* örneklerindeki bazı ağır metal (kadmiyum, kobalt, krom, bakır, kurşun, nikel, demir ve çinko) konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla belirlenen dört farklı istasyondan Temmuz 2008'de örnekler toplanmıştır. *Cladophora crispata*'daki ağır metal konsantrasyonları yaş yakma metodundan sonra İndükleyici Çift Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ve Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (AAS)'de analiz edilmiştir.

Bakır ve çinko birinci istasyonda (Cu; 121,0 µg/g, Zn; 1,070 µg/g) ve ikinci istasyonda (Cu; 119,5 µg/g, Zn; 1,5937 µg/g) yüksek bulunmuştur. Kobalt ve nikelin birinci (Co; 2,663 µg/g, Ni; 7,512 µg/g), krom ve kurşunun ikinci istasyonlardaki (Cr; 2,498 µg/g, Pb; 844,9 µg/g) birikim düzeyinin diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Maden işletmesine (Cu-Pb-Zn) yakın olan ikinci istasyondaki *Cladophora crispata* örneklerinde kurşun birikimi diğer istasyonlara göre önemli derecede yüksek bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Cladophora*, yeşil alg, ağır metal birikimi, Melet Irmağı.

## A STUDY ON HEAVY METAL ACCUMULATION OF CLADOPHORA (CHLOROPHYTA) SPECIMEN IN MELET (ORDU) RIVER

### ABSTRACT

*Cladophora* species accumulate high nutrient levels in the areas contaminated by domestic and industrial wastes. This species are generally considered as the best bioindicator of aquatic ecosystem contamination by heavy metals. The object of this study was to investigate to the some heavy metal concentration (cadmium, cobalt, chrome, copper, lead, nickel, iron and zinc) of *Cladophora crispata* samples taken from stations on Melet River provided drinking water in Ordu. For this aim, samples were collected from four different stations on July 2008. The concentrations of heavy metals in *Cladophora crispata* samples were determined using Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and Atomic absorption spectrophotometer (AAS) after wet ashing method.

The results showed the significant differences in accumulation of metals Co, Cu, Cr, Pb, Ni and Zn in different stations. Accumulation level on the copper and zinc metal on first station (Cu; 121,0 µg/g, Zn; 1,070 µg/g) and second station (Cu; 119,5 µg/g, Zn; 1,5937 µg/g), cobalt and nickel metal on first station (Co; 2,663 µg/g, Ni; 7,512 µg/g), chrome, lead metal on second station (Cr; 2,498 µg/g, Pb; 844,9 µg/g) is higher than other stations. It is especially found that mining (Cu-Pb-Zn) industry which are settled near second stations have a higher Pb (844,9 µg/g) accumulation in *Cladophora crispata* samples.

**Key Words:** *Cladophora*, green algae, heavy metal accumulation, Melet River.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam sırasında, ihtiyacım olan her an bilgisi, tecrübeleri ve tüm içtenliğiyle devamlı yanımda olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Beyhan Taş'a;

Tüm çalışmalarım boyunca bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, sonsuz sevgisi ile her zaman desteğim olan eşim Onur Candan'a;

Maddi manevi her an yanımda olan ve beni akademik yolda destekleyen anneme, babama ve kardeşlerime;

Yüksek lisans hayatım boyunca desteğini her an hissettiğim, her zorlukta yardımına koşan değerli dostum Neslihan Sürücü'ye;

Çalışmamda çektiği alg resimleri ile tezimi renklendiren Ahmet Yavuz Candan'a;

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**İÇİNDEKİLER**

ÖZ .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	ix
1.GİRİŞ .....	1
2.GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Alglerin Genel Özellikleri .....	3
2.2. Chlorophyta (Yeşil Algler)'nin Genel Özellikleri .....	3
2.3. Ağır Metaller .....	4
2.3.1. Kadmiyum (Cd) .....	7
2.3.2. Kobalt (Co) .....	7
2.3.3. Krom (Cr) .....	8
2.3.4. Bakır (Cu) .....	8
2.3.5. Kurşun (Pb) .....	8
2.3.6. Nikel (Ni) .....	9
2.3.7. Demir (Fe) .....	9
2.3.8. Çinko (Zn) .....	9
2.4. Ağır Metal Kaynakları .....	10
2.5. Ağır Metallerin Birikim Mekanizması .....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	15
3.1. Çalışma Alanının Tanımı .....	15
3.2. Örneklerin Toplanması .....	19
3.3. Su Örneklerinin Analizi .....	25
3.4. Alg Örneklerin Analizi .....	25
3.4.1. Endüktif eşleşmiş plazma spektroskopisi (Inductively Coupled Plasma - ICP-MS) analizi .....	25
3.4.2. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS )analizi .....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	26

4.1. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları .....	26
4.2. Alg Örneklerinin Ağır Metal Analiz Sonuçları .....	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	40
6. KAYNAKLAR .....	42
ÖZGEÇMİŞ .....	48

**SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ**

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (Atomic Absorbtion Spectrofotometer)
Al	Alüminyum
As	Arsenik
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
DSİ	Devlet Su İşleri
EC (EU)	Avrupa Birliği (European Union)
EEC	Avrupa Ekonomik Topluluğu (European Economic Community)
EPA	ABD Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
Fe	Demir
g	Gram
HES	Hidroelektrik Santrali
Hg	Civa
ICP-MS	İndükleyici Çift Plazma Kütle Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)
İst	İstasyon
µg	Mikrogram
Mn	Manganez
Mo	Molibden
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
Ni	Nikel
NTU	Bulanıklık birimi (Nephelometric turbity unit)
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
Pb	Kurşun
Sb	Antimon
Se	Selenyum
SKKY	Su Kalite Kontrol Yönetmeliği
Sn	Kalay



TDS	Toplam çözünmüş madde (Total dissolved solids)
Ti	Titanyum
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odalar Birliği
TCU	Renk birimi (True colour units)
U	Uranyum
V	Vanadyum
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
Zn	Çinko

**ŞEKİLLER LİSTESİ**

Şekil 2. 1. Türkiye bakır-kurşun-çinko yatakları .....	12
Şekil 2. 2. Adsorbsiyon ve Absorbsiyon .....	13
Şekil 3. 1. Melet Irmağı üzerindeki Ordu projesinin gelişme durumu boy kesiti.....	16
Şekil 3. 2. Çalışma istasyonlarını gösteren harita .....	18
Şekil 3. 3. Birinci istasyonun genel görünümü .....	19
Şekil 3. 4. İkinci istasyonun genel görünümü.....	20
Şekil 3. 5. Üçüncü istasyonun genel görünümü.....	21
Şekil 3. 6. Dördüncü istasyonun genel görünümü .....	22
Şekil 3. 7. <i>Cladophora crispata</i> örneğinin makro ve mikroskopik görüntüsü .	24
Şekil 4. 1. Birinci istasyondaki ağır metal miktarları.....	31
Şekil 4. 2. İkinci istasyondaki ağır metal miktarları.....	31
Şekil 4. 3. Üçüncü istasyondaki ağır metal miktarları.....	32
Şekil 4. 4. Dördüncü istasyondaki ağır metal miktarları.....	32
Şekil 4. 5. Tüm istasyonlardaki ağır metallerin yüzde dağılımları.....	33

**ÇİZELGELER LİSTESİ**

Çizelge 2. 1. Su, toprak ve havadaki kirletici maddeler ve kaynakları .....	5
Çizelge 2. 2. Metallerin sınıflandırılması .....	6
Çizelge 2. 3. Kara ve Gri Liste Metalleri .....	6
Çizelge 2. 4. Ekosisteme dahil olan toksik ağır metal kaynakları .....	10
Çizelge 4. 1. Melet Irmağı'nda belirlenen istasyonlarda örnekleme anında tespit edilen bazı fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametre sonuçları .....	27
Çizelge 4. 2. Alg örneklerinin ağır metal analiz sonuçları .....	29

## 1. GİRİŞ

Yaşadığımız çevreyi temel olarak birbirine ayrılmaz bir şekilde bağlı ve birbirleri ile sürekli etkileşim içerisinde olan toprak, hava ve su meydana getirmektedir. Bu parçalardan herhangi birinde oluşacak bozulma diğer parçalarında etkilenmesine neden olacaktır. Hızlı bir şekilde artan dünya nüfusu ile ortaya çıkan sağlıksız kentleşme, bilinçsiz endüstrileşme, savaşlar, nükleer denemeler ve verimi artırma amaçlı kullanılan tarım ilaçları, yapay gübreler ve bunun gibi kimyasallar hava, su ve toprağı büyük oranda kirleterek gerek canlılar gerekse çevre için zararlı boyutlara ulaşmıştır.

Ülkemizde son yıllarda giderek artan çevresel problemlerin başında ağır metal iyonlarından kaynaklanan su kirliliğı gelmektedir. Su kirliliğinin artması endüstri alanındaki büyümeyi çok iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Endüstriyel işlem ve ürünlerde ağır metal kullanımı son yıllarda hızla artmakta ve buna bağlı olarak sucul ortamda yaşayan hayvansal ve bitkisel canlılar üzerinde birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır (Foy ve ark., 1978; Alloway, 1995).

Ağır metaller çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme nedeni oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kirleticiler arasında ayrıca bir önem taşımaktadır (Baş, 1992). İlk olarak ortaya çıkışı 1760 ve 1830 yılları arasında gerçekleşen sanayi devrimi sırasında olmuştur. Bu dönemde; kadmiyum, krom, kobalt, bakır, kurşun, civa, nikel, gümüş, kalay, çinko metallerinin yanı sıra lantanitler, aktinitler grubuna ait birçok metal çevreye salınmıştır (Wase ve Forster, 1997). Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliğı aşırı boyutlara ulaşması ve ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ilk tanımlanan zehirlenmeler Minamata körfezine atılan alkil civa bileşikleri zehirlenmesine bağlı olarak 1956 yılının ortalarında 'Minamata hastalığı' şeklinde Japonya'da ortaya çıkmıştır. Bu körfezdeki balıklar ile beslenen kuşların uçmalarında anormallikler görülmüş bunu takiben körfez çevresinde oturan ve körfezde toplanan omurgasızları tüketen insanların merkezi sinir sisteminde bozukluklar, vücutlarında kasılmalar başlamış ve yeni bebeklerde ise ölüm vakalarına rastlanmıştır (Ekino ve ark., 2007).

Kirlenme suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Su kirliliklerini belirlemede kullanılan en yaygın metotlar suyun kimyasal analizleri olmaktadır. Bu metotlar ile kirleticilerin sudaki canlılara olan etkisi gözlenememektedir. Buldukları su ortamı ve diğer canlılar ile sürekli etkileşimde olan akuatik organizmalardaki kirlilik ortamın potansiyel kirlilik seviyesini temsil edebilmektedir (Taylan ve Özkoç, 2007). Ağır metalleri sudaki canlılar hücre içerisine alarak biriktirdiği bilinmektedir. Özellikle mikroorganizma grubu içerisinde algler de dahil olmak üzere bakterilerden *Arthrobacter*, *Citrobacter*, *Enterobacter* ve *Pseudomonas*; mayalardan *Saccharomyces*, *Kluyveromyces* ve *Candida*; mantarlardan *Neurospora*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*; alglerden *Chlorella*, *Microcystis*, *Scenedesmus*, *Anabeana*, *Ascophyllum* türleri metal kirliliğinin dağılımı ve birikimini araştırmak için kullanılmaktadır (Sağlam, 1995). Sucul ekosistemdeki kirliliğin araştırılmasında ise su örnekleri, sedimentler, algler, sucul bitkiler, gastropodlar ve balıklar tercih edilmektedir (Dallinger, 1994; Rai ve ark., 1995; Canlı ve Atlı, 2003; Elmacı ve ark., 2005; Arıman ve ark., 2007). Bu organizmalardan algler çoğu akuatik sistemde ekolojik açıdan önemli bir gruptur (McCormick ve Cairns, 1994). Kısa sürede ve doğal ortama yakın sonuç verdiği gibi ağır metal alımının besin zinciri halkasına olan etkisinin kısa ve güvenilir bir şekilde hesaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Forsberg ve ark., 1988; Villares ve ark., 2001; Chmielewska ve Medved, 2001).

Bu çalışmada, Ordu ilinin içme suyunun karşılandığı, evsel, tarımsal, maden işletmeciliği ve doğal maden rezervlerinden kaynaklı kirlenen Melet Irmağı'ndaki metal kirliliğinin sucul ekosistemdeki etkisi, besin zincirinin ilk halkasını oluşturan ve ağır metal birikimi açısından sucul sistemdeki en iyi biyoindikatör türlerden biri olan *Cladophora crispata* (yeşil alg) kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Melet Irmağı üzerinde belirlenen dört istasyondan toplanan yeşil alg örneklerinde kadmiyum, krom, kobalt, bakır, kurşun, nikel, demir ve çinko birikimleri incelenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Alglerin Genel Özellikleri

Çoğunlukla klorofil taşıyan, tek ya da çok hücreli olabilen, kök, gövde ve yaprak gibi farklılaşma göstermeyen fotosentetik organizmalardır. Algler iç sular ve denizlerdeki besin zincirinin en önemli halkasını oluşturmaktadır. Klorofil, karotenoid, fikobilin gibi pigmentlerine, tek hücreli, koloni, iplikli, sifonlu ve parankimatik gibi morfolojik yapılarına ve nemli topraklar, tatlı su ve deniz gibi ekolojik olarak çeşitlilik göstermektedir (Graham ve Wilcox, 2000).

### 2.2. Chlorophyta (Yeşil Algler)'nin Genel Özellikleri

Hem tatlı hem de tuzlu sularda yaşayabilen, bir ya da çok hücreli olabilen bu organizmalar çok değişik morfolojik yapıya sahiptir. Pigment maddesi olarak klorofil-a ve klorofil-b içeren çift zarlı kloroplasta sahiptir. Hücrelerindeki kloroplastları kadeh, şerit, disk, halka, ağ, spiral ve yıldız şeklinde olup sayıları bir veya daha fazla olabilmektedir. Tek hücreli ve hareketli, kok şeklinde hareketsiz, koloni halinde, filamentöz, parankimatik ve koenosit (çok çekirdekli) gibi morfolojik olarak oldukça çeşitlilik göstermektedir (John, 2003). Çoğunluğunda pirenoid bulunmakta olup temel fotosentez ürünü nişastadır. Hücre zarları selüloz yapıdadır. Tek hücrelilerde eşeysiz üreme hücre bölünmesi şeklinde görülürken çok hücrelilerde fragmentasyonla görülmektedir. Eşeyli üreme izogami, anizogami ve oogami ile olmaktadır (Graham ve Wilcox, 2000).

Türlerin büyük bir kısmı ise tatlı sularda az bir kısmı ise denizlerde yaşayan Chlorophyta içinde yer alan makro algler birçok araştırmacı tarafından ağır metal kirliliğinin göstergesi (indikatörü) olarak kullanılmışlardır. En yaygın olarak kullanılanlar *Enteromorpha* (Bat ve ark., 2001; Villares ve ark., 2001), *Ulva* (Bat ve ark., 2001; Tüzen, 2002; Boubonari ve ark., 2008; Kamala-Kannan ve ark., 2008), *Cladophora* (Vymazal, 1989; Oertel, 1991; Chmielewska ve Medved, 2001; Çavuşoğlu ve ark., 2007) ve *Hormidium* (Rai ve ark., 2008) türleridir.

Bunlar içerisinde *Cladophora* dallanma gösteren iplikli yapıdadır. Akuatik çevrede önemli rolü bulunan filamentöz yapıdaki bu yeşil alg türünün ortamdaki ışık yoğunluğu, besin miktarı, pH ve hava akımındaki artışı ile yayılımı artmaktadır (Ouertel, 1991). *Cladophora* türleri sucul ortamdaki ağır metal kirliliğinin

araştırılmasında kullanılan en iyi biyoindikatörler arasında yer almaktadır (Whitton ve ark., 1989; Oertel, 1991; Graham ve Wilcox, 2000; Çavuşoğlu ve ark., 2007). Ortamdaki bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), kurşun (Pb), mangan (Mn) ve nikel (Ni) kaynaklı kirliliklerin saptanmasında 1976'dan günümüze *Cladophora* örnekleri ile yapılan birçok çalışma bulunmaktadır (Keeney ve ark., 1976; Vymazal, 1984; Vymazal, 1987; Whitton ve ark., 1989; Vymazal, 1989; McHardy ve George, 1990; Oertel, 1991; Chmielewska ve Medved, 2001; Çavuşoğlu ve ark., 2007; Deng ve ark., 2009; Atıcı ve ark., 2010).

### 2.3. Ağır Metaller

Ağır metal, metalik özellikler gösteren elementlerden oluşmakta, açık ve tam bir tanımlaması yapılmamış olan grupta bulunan elementlere verilen addır. Bu grubun içinde geçiş metalleri, bazı yarı metaller, lantanitler ve aktinitler bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan tanımı; atomik ağırlığı 40'tan büyük ve eksenindeki elektron dağılımı benzerlik gösteren metalik elementler olup özgül ağırlığı 5'ten fazla olan elementler şeklindedir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Ağır metaller çevre için son derece tehlikeli olan kimyasallar olarak bilinmektedir (Geoffrey ve ark., 1978). Bu kimyasal kirleticiler sucul canlılarda toksik, akut, kronik ya da fizyolojik etki gösterebilmektedir. Fizyolojik etkiler arasında; alglere hücre bölünmesinin gecikmesi ve engellenmesi, kabuklularda beslenme alışkanlıklarının değişmesi, balıklarda anormal yumurtlama ve yumurtlama dönemlerinin değişmesi, kanser tümörlerinin oluşumu gibi etkiler yapmaktadır (Köseoğlu, 2007).

İnsan aktivitesi sayesinde, çevre bazıları önceden var olan bazıları ise geçmişte salınımı imkansız olan potansiyel zararlı maddelerle karşı karşıya kalmıştır. Doğal ekosistemlerde en büyük birikimi oluşturan bu kimyasal maddeler Çizelge 2.1'de su, toprak ve havadaki kirletici ve yüklenen maddeler olarak özetlenmiştir. Su, toprak ve hava yoluyla canlıları etkileyen metaller her canlıda aynı toksik etkiyi göstermemektedir. Toksik etkileri organizma çeşidine, organizmaya giriş yoluna, organizmaya giren miktarına, süresine, organizmanın yaşı ve gelişim durumuna göre değişiklik göstermektedir.

Çizelge 2. 1. Su, toprak ve havadaki kirletici maddeler ve kaynakları (Dokulil, 2003)

SU	KİRLETİCİLER		
	İndirgenebilen organik bileşikler	Devamlı ortamda bulunan organik bileşikler	İnorganik bileşikler
	Dışkı, Yüze aktif madde, Çözücüler, Pestisitler, Endüstriyel işlem sonrası oluşan maddeler, Katı ve sıvı yağlar, Çözünen hayvan ve bitki artıkları, Basit kimyasallar, Ara ve son ürünler	Yüze aktif madde, Çözücüler, Pestisitler, Endüstriyel işlem sonrası oluşan maddeler, Basit kimyasallar, Ara ve son ürünler	Ağır metaller, Tuzlar, Siyanit, Kromat, Gübreler
TOPRAK	KAYNAKLAR		
	Şehir, köy ve haneler, Tarım, tekstil, gıda, kağıt ve kimya endüstrileri, Metal işleme, Boya dükkanları, Katı atık depolama	Tarım, tekstil, kimya ve kağıt endüstrileri, Metal işleme, Boya dükkanları, Katı atık depolama	Şehir ve köyler, Tarım, Madencilik, Metal işleme, Deri üretimi, Katı atık depolama
HAVA	KİRLETİCİLER		
	Organik gazlar	İnorganik gazlar	Toz ve duman
	Çözücüler, Hidrokarbonlar, Uçucu pestisitler, Uçucu endüstriyel kimyasallar	Karbon monoksit, Hidroklorik ve sülfirik asit, Azot oksitler (ozon), Metal gazı, Karbon dioksit, Amonyak	Metal oksitler, Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)
HAVA	KAYNAKLAR		
	Boya dükkanları, Rafineriler, Depolama çiftlikleri, Tarım, Endüstri	Yakma sistemleri, Çöp yakma fırınları, Makineler, Endüstri	Metal üretimi, Çöp yakma fırınları, Genel yakma sistemleri



Nieboer ve Richardson (1980) metalleri metal iyonlarının bağlandığı liganların veya alıcı ortamların benzerliklerine göre genel olarak üç kategoride sınıflandırmıştır (Çizelge 2.2).

**Çizelge 2. 2.** Metallerin sınıflandırılması (Nieboer ve Richardson, 1980)

<b>A GRUBU</b>	<b>SINIR HATTI</b>		<b>B GRUBU</b>
<b>Makro Besleyici</b>	<b>Mikro Besleyici</b>		<b>Azot ve Kükürt'e</b>
<b>Metaller</b>	<b>Metaller</b>		<b>Bağlananlar</b>
Kalsiyum	Çinko	Nikel	Altın
Magnezyum	Kurşun	Bakır (II)	Bakır (I)
Manganez	Demir	Kadmiyum	Cıva
Potasyum	Krom	Arsenik	Gümüş
Stronyum	Kobalt	Vanadyum	Platin
Sodyum			

Avrupa Birliği, 1976 yılı Tehlikeli Maddeler Yönergesi altında (Dangerous Substance Directive -76/464/EEC) akutik çevredeki kirlenmeyi kontrol altında tutmaktadır. Bu kapsamda; Kara ve Gri Liste olacak şekilde iki liste belirlenmiştir. Kara Liste oldukça toksik metalleri içermekte ve bu metaller sonucu oluşan kirliliğin en kısa zamanda ortadan kaldırılması gerekmektedir. Gri Liste ise çevreye kara listedeki metallerden daha az zararlı metalleri içermektedir (Çizelge 2.3).

**Çizelge 2. 3.** Kara ve Gri Liste Metalleri (Wase ve Forster, 1997)

<b>KARA LİSTE</b>	<b>GRI LİSTE</b>	
KADMİYUM	KROM	KURŞUN
CİVA	BAKIR	NİKEL
	ÇİNKO	

Vücutta doğal olarak bulunan demir, çinko gibi bir kısım metaller sırasıyla kansızlığı önleme ve enzim reaksiyonlarında görev almaktadırlar. Metallerin vücutta bulunma oranları çok düşüktür. Bu oran yükselmeye başladığı takdirde vücutta toksik etki göstermeye başlamaktadır. Ağır metallerin ise vücutta hemen hemen hiç fonksiyonu yoktur ve vücut için toksik olarak kabul edilmektedir. Bu toksik etki yalnızca konsantrasyona bağlı olarak ortaya çıkmamaktadır. Bunun yanında canlı türü

ve metal iyonunun yapısı, vücuda alınış şekli ve çevrede bulunma sıklığı gibi faktörlere de bağlı olmaktadır.

### **2.3.1. Kadmiyum (Cd)**

Çevre kirliliğine sebep olan kadmiyum bileşikleri oldukça karsinojeniktir. Boya sanayinde, gemi sanayinde, nikel kadmiyum alaşımlı pillerde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda da bulunmaktadır (Baş ve Demet, 1992). Bunların yaygın kullanımı sonucunda da kirliliğe neden olmaktadır. Yüksek toksik etkisi bulunan kadmiyumun içme sularında Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen sınır değeri 0,003 mg/l, Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği tarafından belirlenen sınır değeri 0,005 mg/l, ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenen sınır değeri ise 0,01 mg/l şeklindedir (EC, 1998; WHO, 1999; TS 266, 2005; EPA, 2009). Çevre kirlenmesi sonucunda besin zincirine geçen kadmiyumun, bu besinlerle sürekli olarak alınması sonucunda, vücudun önemli fonksiyonları zarara uğrar, özellikle kemiği oluşturan maddeler çözünür ve insan vücudu eğilip, bükülmektedir. İlk olarak Japonya’da görülen ‘Itai itai hastalığı’ denilen bu rahatsızlık insanı sonunda ölüme götürmektedir (Kunst, 1973). Bunun yanında kadmiyum pnömoni, hipertansiyon, kanser ve kronik hastalıklara neden olabilmektedir (Flick ve ark., 1971).

### **2.3.2. Kobalt (Co)**

Kobalt adını ortaçağ Avrupa madencilerinin kurşun ve kalay madenlerinin üretimi esnasında oluşan, ergimeyen ve metalin kullanılmasını engelleyen katı yapı nedeniyle maden ruhu, şeytan anlamına gelen “Kobold” tanımlamasından almıştır. Günlük besin ihtiyacımızda küçük bir yer teşkil eden kobalt B12 vitamininin (hidroksikobalamin) bileşenidir (Karovic ve ark., 2007). Çoğunlukla askeri alanda kullanılan kobalt, malzemelere manyetik özellik kazandırma, kayıt cihazlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak da kullanılmaktadır. Nörotoksik etki gösteren bu metalin fazlası kan, karaciğer, böbrek, bağırsak ve testislerde toplanmaktadır. Uzun süre maruz kalındığında, kızarıklık veya egzama şeklinde alerjik tepkimelere ve kronik bronşite neden olmaktadır.

### 2.3.3. Krom (Cr)

Vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen krom yaşam için gerekli iz elementlerden biridir. İlk kez 1797 yılında Vauquelin tarafından üretilmiş ve çok renkliliğinden dolayı Yunanca renkler anlamına gelen krom olarak adlandırılmıştır. Bu özelliğinden dolayı krom boya, çimento, kağıt ve kauçuk gibi malzemeler için pigment olarak kullanılmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Fosil yakıtlar, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması sonucu doğada oluşan krom altı değerliklidir (hegzavalent), toprak ve suda üç değerliğe (trivalent) geri indirgenmektedir. Kromun ekosistemde doğal bir çevrimi olup çeşitli faaliyetler sonucu çevrimden ayrılan krom denize akar ve okyanus tabanında çökelmektedir. Dolayısıyla toksik etkisi en fazla tatlı su balıklarında gözlenmektedir. İnsanda uzun süreli maruz kalındığında dermatit, alerjik ve egzama türünde deri reaksiyonları, ülser, alerjik astım reaksiyonlarına neden olmaktadır (Baruthio, 1992). İçme sularında kromun TS 266 tarafından belirlenen sınır değeri 0,02 mg/l, WHO, EPA ve EC tarafından belirlenen sınır değeri ise 0,05 mg/l şeklindedir (EC, 1998; WHO, 1999; TS 266, 2005; EPA, 2009).

### 2.3.4. Bakır (Cu)

Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunmaktadır (Flemming ve Trevors, 1989). Yüksek elektrik ve ısı iletkenliği özelliğinden dolayı demir çelik, otomotiv, basınçlı sistemler, elektrik santralleri vb. çeşitli endüstri alanlarında kullanılmaktadır (Kartal ve ark., 2004). Zehirlenmeye neden olabilmesinin yanı sıra alınan doza bağlı olarak ölümler görülebilmektedir. İçme sularında bakırın bulunması gereken değer EC'ye göre 2 mg/l, EPA'ya göre 1 mg/l, TS 266'ya göre 0,02 mg/l şeklindedir (EC, 1998; TS 266, 2005; EPA, 2009). Algisit etkisi bulunduğu ortamda alg patlamalarını kontrol altında tutmaktadır (Wase ve Forster, 1997).

### 2.3.5. Kurşun (Pb)

İnsan faaliyetleri sonucunda ekolojik sisteme en önemli zararları veren ilk metal olma özelliğini taşımaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2. sınıf kanserojen grupta

bildirilmiştir (Wase ve Forster, 1997). Teratojenik ve kanserojenik etkiye sahip kurşun bileşikleri birçok meslek kolunda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kurşunun en yaygın kullanım alanı batarya yapımıdır. Bunun yanında, kuyumculuk sektöründe altının geri kazanımında, kozmetik alanında, boya sektöründe renklendirici, böcek ilaçlarında, kabloların kaplanması, su tesisatçılığı, cephaneye yapımında, kristal bardak yapımında ve yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Shukla ve Singhal, 1984; Kahvecioğlu, 2004). Vücuda alındığında kemik, beyin, kan, böbrekler ve tiroit bezlerine zarar vermekte ve plasentaya kolaylıkla geçebilmektedir. Kurşun genel olarak nörolojik ve hematolojik bozukluklara, kansere neden olabilmektedir (Baş ve Demet, 1992). İçme sularında kurşunun TS 266 ve EC tarafından belirlenen sınır değeri 0,01 mg/l, WHO, EPA tarafından belirlenen sınır değeri ise 0,05 mg/l şeklindedir (EC, 1998; WHO, 1999; TS 266, 2005; EPA, 2009).

#### **2.3.6. Nikel (Ni)**

Orta seviyede zehirleyici özelliği olan nikelin biyolojik bir fonksiyonu bulunmamaktadır. Bazı bitkiler için fitotoksik etki göstermektedir. Madencilik ve rafinasyon işlemleri, kentsel atıkların külleştirilmesi sonucu atmosfere yayılmaktadır. Bunun yanında elektrolitik kaplama, alkali pillerde, madeni para, mıknatıslar ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır (Kartal ve ark., 2004). Deri ve kalp-damar sistemine zararlı olup kanserojen etkiye sahiptir.

#### **2.3.7. Demir (Fe)**

Klorofilin üretimi, enerji transferi, enzimlerin faaliyeti ve fotosentez üzerinde etkili bir elementtir. Toksik etkiyi gastrointestinal sistemde hızlı bir şekilde absorbe olmasından dolayı göstermektedir. Çocuklarda zehirlenme şeklinde etkisini göstermektedir ve karaciğer, kardiyovasküler sistem ve böbreklere zarar vermektedir (Gündoğan, 2005). İçme sularında EC tarafından belirlenen sınır değeri 0,2 mg/l, TS 266 ve EPA tarafından belirlenen sınır değeri ise; 0,3 mg/l şeklindedir (EC, 1998; TS 266, 2005; EPA, 2009).

#### **2.3.8. Çinko (Zn)**

Çinko elementi, kaplama ve pirinçte alaşım elementi olarak, bileşikleri ise boya pigmenti olarak kullanılmaktadır. İçme sularında TS 266 tarafından belirlenen sınır

değeri 0,2 mg/l, EPA tarafından belirlenen sınır değeri ise 5 mg/l şeklindedir (TS 266, 2005; EPA, 2009). Düşük zehirlilik etkisi gösteren çinkonun çinko kaplarda uzun süre saklanan yiyeceklerin tüketimine bağlı olarak gastrointestinal sistem bozuklukları ve aşırı dozda alınması sonucu uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi belirtiler gözlenmektedir (Baş ve Demet, 1992).

#### 2.4. Ağır Metal Kaynakları

Ağır metaller birçok kaynaktan ekosisteme dahil olmaktadır (Çizelge 2.4). Doğadan ve insan yapımı kaynaklardan çevreye yayılan metaller çeşitli mineraller şeklinde toprakta ve su kütlelerinde birikime neden olmaktadır.

**Çizelge 2. 4.** Ekosisteme dahil olan toksik ağır metal kaynakları (Duman, 2005)

<b>ENDÜSTRİ</b>	
Plastikler	Co, Cr, Cd, Hg
Ev aletleri yapım sanayi	Cu, Ni, Cd, Zn, Sb
Tekstil	Zn, Al, Ti, Sn
Ağaç işlemciliği	Cu, Cr, As
Rafineri	Pb, Ni, Cr
<b>HAVADAKİ PARTİKÜL VE DUMANLAR</b>	
Fosil yakıtlar	As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd
Metal işlemciliği	As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn
Şehir, fabrika vs.	Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V
Taşıtlar	Pb, V, Cd
<b>TARIM</b>	
Sulama	Cd, Pb, Zn
Gübreleme	As, Cd, Mn, U, V, Zn
Pestisit uygulaması	Cu, Mn, Zn
Hayvansal gübreler	As, Cu, Mn, Zn
Kireçler	As, Pb
Metal aşınması	Fe, Pb, Zn
<b>METAL İŞLETMECİLİĞİ VE ERİTMEDEN GELEN ATIKLAR</b>	
Maden işlemlerinden rüzgarla çevreye yayılanlar	Cd, Hg, Pb, As
Metallerin eritilmesinden	As, Cd, Hg, Pb, Se
Demir ve çelik endüstrisinden	Zn, Cu, Ni, Cr, Cd
Metal işlemciliğinden	Zn, Cu, Ni, Cr, Cd
<b>ATIKLAR</b>	
Lağım	Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn
Kazma ve delme	As, Cd, Fe, Pb
Küller	Cu, Pb

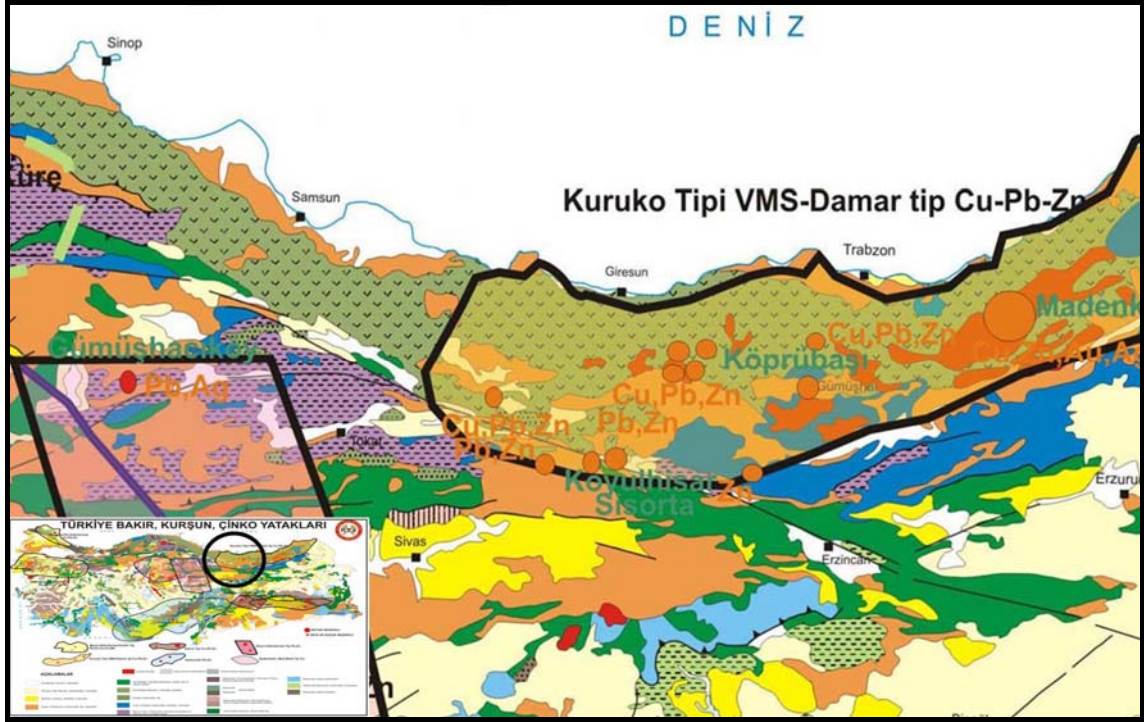
Ekosistemde zararsız halde bulunabilen metallere bazıları sucul hayat ve insan sağlığı için iz miktarlarda alınmaları gerekmektedir. Metallerin bazıları akuatik sistemlerde gerek doğal olarak gerekse de insan aktiviteleri sonucu aşırı miktarlarda bulunabilmekte ve organizmalar için toksik düzeye ulaşabilmektedir.

Doğal kökenli kaynaklar; nehirlerden dalga ve buzulların etkisiyle kıyısız kaynaklı, partikül veya sedimentlerden kimyasal işlemler sonucu oluşan derin su kaynaklı ve denizlerin kıyıya yakın yerlerinde özellikle atmosferden toz parçacıkları şeklinde metal girişı şeklinde olmaktadır (Öztürk ve Bat, 1994).

Antropojenik (insan kökenli) kaynaklar ise; yanan kömür, araba eksozu, fabrika bacalarından çıkan dumanlar, maden çalışmaları, endüstrilerde metal ve bileşiklerinin kullanımı, evsel atıklar, liman içi çalışmaları, gemi yapımı, tanker kazaları ve tarım faaliyetleri şeklinde sıralanmaktadır (Förstner ve Wittman, 1983).

Ağır metallerin ekolojik sistemde miktarları dikkate alındığında; yıllık olarak doğal çevrimler sonucu; 7600 ton kadmiyum, 18800 ton arsenik, 3600 ton civa, 332000 ton kurşun atmosfere atılmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu ise; kadmiyum 8 kat, arsenik, nikel ve krom 3 kat, civa, kurşun, kalay 6 kat, selenyum 19 kat daha fazla olduğu görülmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Normal şartlarda denizlerdeki ağır metallerin en önemli kaynağı nehirler olarak görülmektedir. Nehirlere taşınan ağır metallerin büyük bir kısmı çözünmüş halde taşınmaktadır. Partiküler formdaki ağır metallerin çok az bir kısmı denize ulaşmaktadır. Büyük bir kısmı suların dibinde çökelme şeklinde birikim oluşturmaktadır (Taylan ve Özkoç, 2007). Çalışmamızın yapıldığı Melet Irmağı'nın kaynak noktasını oluşturan yan kolları üzerindeki Koyulhisar Dağları doğal maden rezervi içermektedir (Şekil 2.1.). Irmağın başlangıç noktasını oluşturan bölgede Koyulhisar, Ortakent Beldesi, Çandır Mevkii'nde ırmağa çok yakın kısımda bakır, çinko ve kurşun işletmeciliği yapan maden işletme ocağı bulunmaktadır. Bu işletme ırmaktan yukarıda bulunsa da ırmağı besleyen havza içerisinde yer almaktadır. Aşadı Havza'da Kabadüz İlçesi, Bakacak Mevkii, Akgüney Köyü'nde de bakır, çinko ve kurşun işletmeciliği yapan başka bir maden işletme ocağı yer almaktadır. Irmağın denize döküldüğu bölgede ise Ordu ilinin katı atıkları vahşı depolama ile depolanmaktadır. Bölgede yapılan yoğun fındık tarımı da tarımsal kirliliğe neden olmaktadır. Evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlenmeye maruz kalan Melet Irmağı mabadan mansaba doğru kirlenmiş olarak akmaktadır.



**Şekil 2. 1.** Türkiye bakır-kurşun-çinko yatakları ([http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire\\_baskanliklari/metut/meden\\_yataklari\\_hrt.](http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/metut/meden_yataklari_hrt.), 03.06.2010).

### 2.5. Ağır Metallerin Birikim Mekanizması

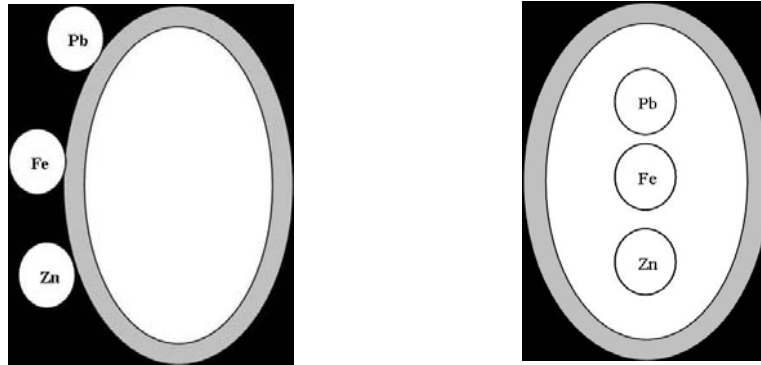
Endüstri faaliyetler sonucu su ekosistemine karışan ağır metaller akarsu, nehir, göl v.b. su kütleleri aracılığıyla denize veya diğer su kütlelerine ulaşmaktadır. Burada oluşan inorganik kirlilik ne kimyasal ne de biyolojik olarak parçalanmamaktadır. Metal bileşik başka bir bileşiğe dönüşebilir ya da değişikliğe uğramadan su, sediment ya da sucul ekosistemdeki organizmalar tarafından alınmaktadır (Taylan ve Özkoç, 2007).

Birikim vücuda giren metallerin belli bir zaman diliminde vücutta kalması şeklindedir. Sucul ortam tek başına su kütlelerinden oluşmamaktadır. İçerisinde çok çeşitli organizmalar barındırmaktadır. Su ortamında birden fazla metal de bulunmaktadır ve metallerin sudaki formları metal ligand kompleksi şeklindedir (Taylan ve Özkoç, 2007). Dolayısıyla bu sulara yaşayan organizmalar tek bir metale değil her bir metalin çeşitli formlarına maruz kalmaktadırlar. Bu metaller zaman içerisinde sudaki organizmalara ve buradan beslenen organizmalara geçerek besin zincirinde birikmektedir. Bu nedenle sucul ortamdaki kirliliğin araştırılmasında genellikle su örneklerinin yanında sedimentler, sucul bitkiler, gastropodlar, balıklar ve algler de kullanılmakta ve birlikte değerlendirilmektedir (Zatta ve ark., 1992; Guemguem ve ark., 1994; Canlı ve Atlı, 2003). Sudaki kirliliğinin belirlenmesinde ve mücadelesinde

alglerin kullanılması, onların yüzeylerinde sahip oldukları yüksek negatiflikten ileri gelmektedir. Bu sayede algler birçok ağır metal iyonunu kendilerine çekme ve depolama özelliği kazanmaktadırlar (Mehta ve Gaur, 2005; Aijun, 2006).

Yüksek seviyedeki ağır metaller alglerde toksik olabilmektedir. Pek çok organizma metallere bağlanma özelliğine sahip peptit ya da proteinler sentezleyerek ağır metallerin toksik etkilerine karşı tolerans gösterirler. Alglerde çoğunlukla sentezlenen baskın sınıf III metalotiyoneinlerdir (Robinson, 1989). Bu moleküller ağır metaller ile çok sayıda bağ yaparak hücre içi serbest metal konsantrasyonunu düşürerek metal toksisitesini azaltabilirler.

Metallerin algler tarafından birikimi iki aşamada gerçekleşmektedir (Şekil 2.2). Hızlı olan birinci aşamada hücre yüzeyine adsorbsiyon gerçekleşirken bunu takiben ve daha yavaş olan ikinci aşamada ise hücreler arası absorbsiyon şeklindedir (Geoffrey, 1997). Birinci aşama ışık ya da çeşitli metabolik inhibitörlerden bağımsız olarak gerçekleşirken, ikinci aşama bu faktörlerden etkilenmektedir. Metallerin hücreye alınımı - absorbsiyon - iyon kanalları, kolaylaştırılmış difüzyon, çift katlı lipid tabakasının hidrofobik iç kısmından diffüze olarak geçiş, aktif taşıma ve endositoz şeklinde gerçekleşmektedir (Aijun, 2006).



**Şekil 2. 2.** Adsorbsiyon (solda) ve Absorbsiyon (sağda)

Makro alglerde aşırı miktarda element birikmesi; sudaki kirleticinin konsantrasyonundan, kirleticinin fiziko-kimyasal yapısından, alınan besinin çeşidi ve miktarından, kirlilik derecesinden, organizmanın fiziksel yapısından kaynaklanabilmektedir (Fytianos ve ark., 1999).

Alglerde madde birikiminin genel olarak; hücre duvarı ile metal etkileşimlerini etkileyen dış faktörler (hücre boyu ve morfolojisi, pH, tuzluluk, inorganik ve organik



kompleks moleküller) ve metabolik oranı kontrol eden fiziko-kimyasal parametrelere (sıcaklık, ışık, oksijen ve besin miktarı) bağlı olduğu belirtilmiştir (Vymazal, 1987; Oertel, 1993; Rai ve ark., 2008).

Akuatik organizmalar metalleri biriktirme yeteneğine göre biyomonitör tür olarak seçilmektedir. Forsberg ve ark., (1988) bir makro algin kirlilik indikatörü olarak kullanılabilmesi için örnek alınmasında nelere dikkat edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Buna göre algler; ağır metal etkisiyle ölmemeli, vücudunda biriktirme özelliğine sahip olmalı, bölgede sabit yaşamalı ve bol bulunmalı, istenildiğinde örneklenebilmeli, kolay toplanabilmeli, laboratuvar koşullarında yaşatılmalı, farklı tuzluluk şartlarına tolerans gösterebilmesi şeklindedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

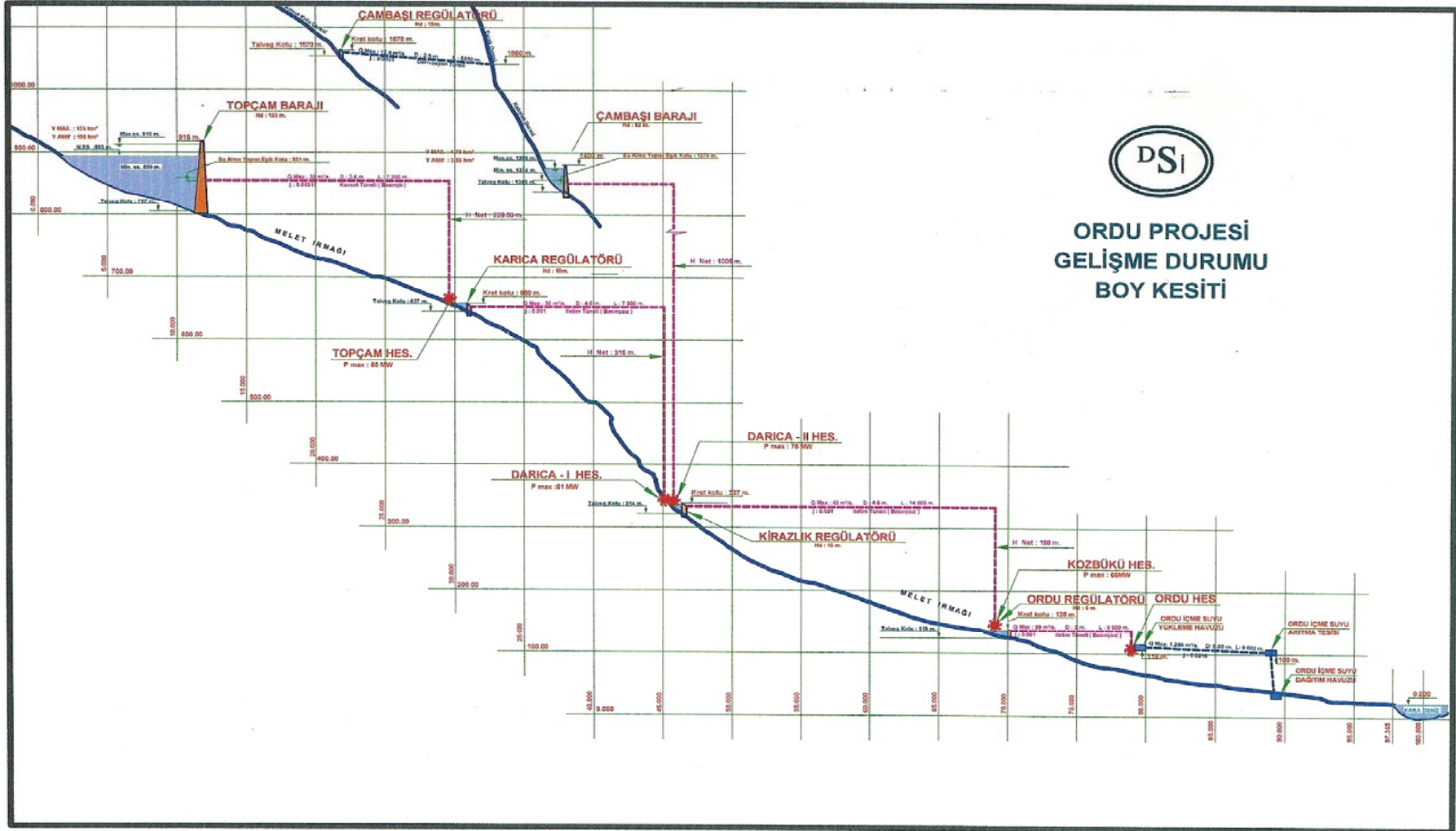
#### 3.1. Çalışma Alanının Tanımı

Melet Irmağı; Ordu ilinin en önemli akarsuyu olup bölgenin Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında doğal bir sınır oluşturmaktadır. Irmağın su toplama alanı  $37^{\circ} 33' 10''$  ve  $38^{\circ} 11' 30''$  doğu boylamları ile  $40^{\circ} 20' 00''$  ve  $40^{\circ} 59' 15''$  kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Melet Irmağı 3167 m yüksekliğindeki Karagöl Dağları üzerinde bulunan Karagöl Tepe'sinden doğar. Yüksek kotlarda doğu-batı doğrultusunda akan Melet Irmağı, Mesudiye'yi 3 km geçtikten sonra batısında Esat Deresi'ni de alıp kuzeye yönelir, buradan sonra irili ufaklı derelerle birleşerek yaklaşık 85 km sonra Ordu ilinin doğusunda belirgin olmayan bir delta oluşturarak Karadeniz'e dökülür (DSİ, 2003).

Sivas'ın Koyulhisar ilçesinde bulunan kaynak noktası Kurşunlu, Gümüşlü ve Aksu dereleri ile beslenen Melet Irmağı 161 km uzunluğunda olup yıllık ortalama debisi  $29 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dr. Melet Irmağı Havzası'nın yıllık ortalama yağışı  $993 \text{ hm}^3$  olup Doğu Karadeniz Havzası'nın en önemli akarsularından biridir (DSİ, 1990; DSİ, 2003). Ordu ilinin içme suyunun yaklaşık %60'ı Melet Irmağı'ndan karşılanmaktadır. Bu nedenle ırmak kent için önemli bir tatlı su rezervidir.

İrmak üzerinde Mesudiye ilçesi, Topçam beldesi sınırlarında enerji üretimi amacıyla yapılmış, 14 Ekim 2008 tarihinde su tutulmaya başlanmış olan Topçam Barajı ve inşaatı devam eden 2010 sonu bitirilmesi hedeflenen Topçam HES bulunmaktadır. Bu barajın hemen aşağısında deneme üretiminin başlandığı Darıca-I ve su kullanım anlaşması yapılan ve inşaatına henüz başlanmayan Darıca-II HES, Aşağı Havza'da ise Kabadüz ilçesi sınırlarında projesi tamamlanmış olup su anlaşması yapılan ve inşaatına henüz başlanmayan Ordu Regülatörü ve HES yer almaktadır (Şekil 3.1) (DSİ, 2003).

Melet Irmağı kaynak noktalarında doğal maden rezervi içerdiğinden dolayı birçok işletmeye ev sahipliği yapmakta ve bu yüzden de ırmağa ağır metal girdisi çok olmaktadır. Bunun yanında ırmak ve ırmağı besleyen derelerin yerleşim yerlerine yakınlığından dolayı ırmak evsel kirlilikten etkilenmektedir. Bölgede yapılan yoğun fındık tarımından dolayı ırmak tarımsal kirliliğe de maruz kalmaktadır. Bölgenin her mevsim yağışlı ve arazinin eğimli olması nedeniyle aşırı ve bilinçsizce kullanılan gübre ve pestisitler yüzeysel ve yer altı sularıyla ırmağa karışmaktadır.



Şekil 3. 1. Melet Irmağı üzerindeki Ordu projesinin gelişme durumu boy kesiti (DSİ,1990)

Bu çalışmada, ağır metal analizleri için kullanılacak olan *Cladophora crispata* örnekleri Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan toplanmıştır. İncelenen örnekler yaygın gelişim gösterdiği Temmuz 2008’de, ırmak sucul ekosistemine etki edebilecek yerler (maden ocağı işletmelerinin yakını, fındık tarımının yapıldığı yerler vb.) göz önünde bulundurularak belirlenen dört istasyondan toplanmıştır. Bu istasyonları gösteren harita Şekil 3.2’de verilmiştir. Numune alınan birinci istasyon Güzelyurt Köyü, Koyulhisar (Sivas), ikinci istasyon Kızılelma Köyü, Koyulhisar (Sivas), üçüncü istasyon Mesudiye çıkışı (Ordu), dördüncü istasyon Bayadı Köyü, Merkez (Ordu) yakınından alınmıştır (Şekil 3.3-3.6).



Şekil 3. 2. Çalışma istasyonlarını gösteren harita

Birinci İstasyon olarak Sivas ilinin Koyulhisar ilçesindeki Güzelyurt Köyü yakınlarındaki Devren Deresi seçilmiştir (Şekil 3.3). Bu istasyonun güneydoğusunda Kurşunlu mevkiinde bakır, kurşun ve çinko cevher damarları yer almaktadır (Gökçe, 1990). Bu bölgede birçok maden işletmesi bulunmaktadır. Örneklememizin yapıldığı Devren Deresi de Çandır mevkiinde yer alan bakır, kurşun ve çinko üretimi yapan bir maden işletmesine yakın geçmekte ve buradan da Melet Irmağı'na karışmaktadır. Yine bu bölgeye yakın Sivas-Erzincan-Kopdağ bölgesinde Türkiye krom rezervlerinin büyük bir yoğunluğu burada bulunmaktadır ([http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1\\_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0), 21.04.2006). Buna ek olarak Sivas ili Gümüşlü ve Kurşunlu mevki ve çevresinde krom ve gümüş çıkarımı için birçok işletme yer almaktadır. Bu işletmelerin de yakınlarından geçen birçok dere bulunmakta ve bu dereler de Melet Irmağı'na karışmaktadır.



**Şekil 3. 3.** Birinci istasyonun genel görünümü (Devren Deresi, Güzelyurt Köyü, Koyulhisar, Sivas) (<http://maps.google.com/>)

İkinci İstasyon olarak Sivas ilinin Koyulhisar ilçesi Kızılelma Köyü olarak belirlenmiştir (Şekil 3.4). Birinci istasyon doğal maden rezervlerine yakın buralardaki işletmelere uzak bir yer seçilirken, ikinci istasyon özellikle bakır, kurşun ve çinko işletmesi yapan maden işletmesi güzergahında seçilmiştir. Konumları açısından bu istasyondan elde edeceğimiz sonuçlar ile birinci istasyondan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında bize gerek ırmağa çok yakın konumlanmış olan Çandır mevkiinde bulunan işletme kaynaklı gerekse Kurşunlu ve Gümüşlü mevkilerinde bulunan birçok işletme kaynaklı kirlenme hakkında bilgi sahibi yapacaktır.



**Şekil 3. 4.** İkinci istasyondan genel görünüm (Melet Irmağı, Kızılelma Köyü, Koyulhisar, Sivas) (<http://maps.google.com/>)

Üçüncü İstasyon Ordu ilinin Mesudiye ilçesinde Mesudiye çıkışı olarak belirlenmiştir (Şekil 3.5). Bu istasyon diğer istasyonlarla karşılaştırıldığında yerleşim alanına en yakın istasyondur. Mesudiye ilçesi İran-Turan, Avrupa-Sibirya ve Akdeniz Flora bölgesinin tam kesiştiği noktada bulunduğu için tür çeşitliliği açısından oldukça önemli bir bölgedir. Buradan geçen Melet Irmağı ise Avrupa-Sibirya Flora Bölge'sini öksin ve öksinin kolşik kısmı olarak ikiye ayırmaktadır (Tüfekçioğlu, 2003). Yine bu bölgeden elde edilecek sonuçlar bizleri yerleşim yerine yakın olmasından dolayı evsel ve tarımsal girdinin yanı sıra çıkarılan madenlerden kaynaklı kirlilik hakkında da bilgi sahibi yapacaktır.



**Şekil 3. 5.** Üçüncü istasyondan genel görünüm (Melet Irmağı, Mesudiye Çıkışı, Mesudiye, Ordu) (<http://maps.google.com/>)



Dördüncü İstasyon olarak Ordu ilinde Bayadı Köyü olarak belirlenmiştir. Bu istasyonun bulunduğu bölgede Kabadüz ilçesi Akgüney Köyü'nde Melet Irmağı Havzası'nda konumlanmış bakır, kurşun ve çinko işletmesi bulunmaktadır. Örneklememizin yapıldığı 2008 tarihinde devir işlemlerinden dolayı maden işletmesi kapalıdır. Fakat işletme sahasında önceki çalışmalardan dolayı depolanmış atık maddeler açık havuzlarda bulunmaktadır.

Çalışmamız için seçilen üçüncü ve dördüncü istasyonların arasındaki Melet Irmağı'nın aşağı havzasında konumlanmış, projesi bitmiş, faaliyete geçen ve projeleri halen devam eden birçok hidroelektrik santralleri ve regülatörler (Topçam Barajı ve HES, Darıca-I, II ve HES, Ordu Regülatörü) bulunmaktadır. Arazinin oldukça dik bir vadide yer alması, Melet Irmağı'nın kaynak noktasını oluşturan bölgedeki doğal maden rezervinin yanı sıra maden işletmelerinden gelen atık maddeler ve bölgede yoğun bir şekilde yapılan fındık tarımından gelen kirlilikle beraber faaliyette olan santraller ve regülatörlerin de etkisiyle ırmak sucul fauna ve florasının bu bölgede çok büyük tehdit altında olabileceği görülmektedir.



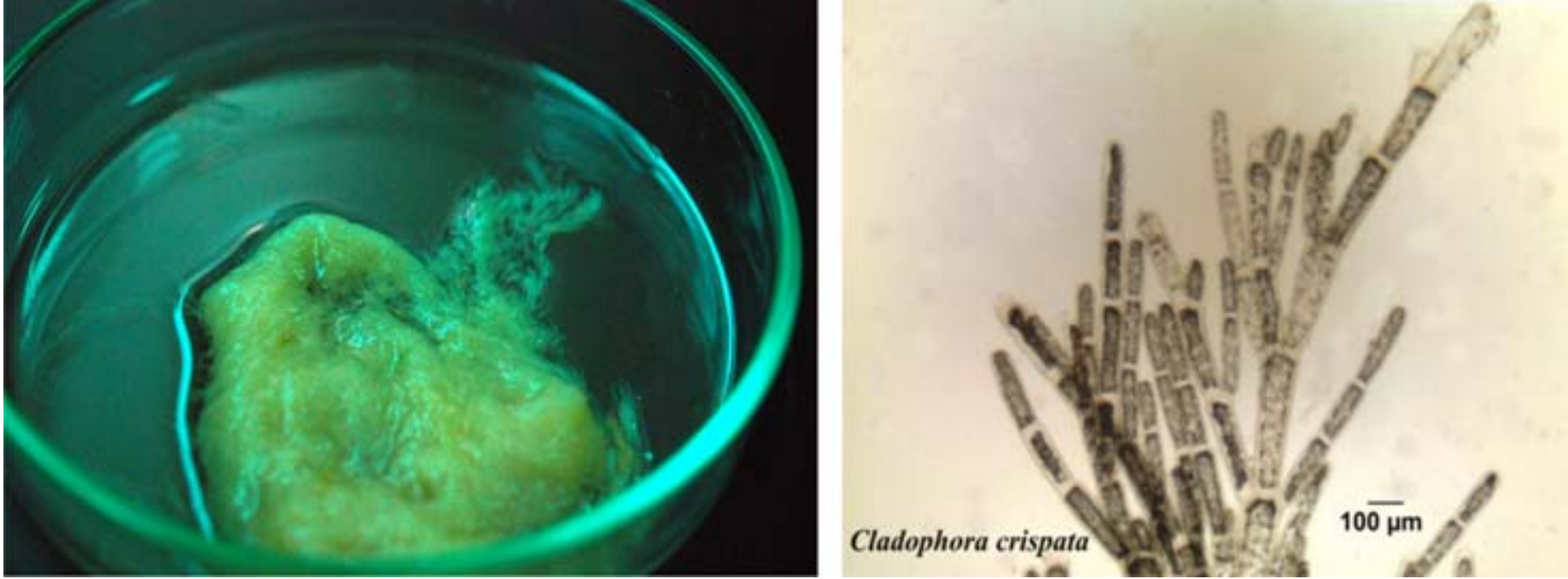
**Şekil 3. 6.** Dördüncü istasyondan genel bir görünüm (Melet Irmağı, Bayadı Köyü, Ordu) (<http://maps.google.com/>)

### 3.2. Örneklerin Toplanması

Melet Irmağı'ndaki ağır metal kirliliğini belirlemek için yeşil alglerden biyoindikatör bir organizma olan *Cladophora crispata* seçilmiştir. Bu örneğin sistematigi aşağıda verilmiştir:

Alem	:	Plantae
Şube	:	Chlorophyta
Sınıf	:	Ulvophyceae
Takım	:	Cladophorales
Familya	:	Cladophoraceae
Cins	:	<i>Cladophora</i>
Tür	:	<i>Cladophora crispata</i> (Roth) Kuetzing 1843

*Cladophora* besin maddesi ve ağır metal açısından zengin tatlı sularda sıklıkla rastladığımız filamentöz yapıdaki önemli bir yeşil algdir. Dallanmış yapıdaki üyeleri genellikle su ortamında bulunmaktadır ve bazı türleri taş veya benzeri sert cisimlere tutunarak yaşamaktadır (John, 2003). Akarsularda serbest olarak bulunan *Cladophora crispata*, silindirik hücrelerden oluşmakta ve düzensiz dallanma göstermektedir. Ana kol uç hücre uzunluğu 40-75 µm, yan kollardaki uç hücre uzunluğu ise 20-35 µm olup uç hücreler hafif bir şekilde sivrilme göstermektedir (Prescott, 1970; John, 2002).



Şekil 3. 7. *Cladophora crispata* örneğinin makro (solda) ve mikroskopik görüntüsü (sağda).

Örnekleme Melet Irmağı üzerinde *Cladophora crispata*'nın en iyi gelişim gösterdiği Temmuz 2008'de, belirlenen istasyonlardan toplandı. Alg örneklerinin toplanması kontaminasyonu önlemek amacıyla steril eldivenler ile yapıldı ve toplanan örnekler yine steril poşetlere konularak laboratuvar ortamına getirildi. Yabancı materyallerden arındırılan örnekler 48 saat süreyle oda sıcaklığında kurutuldu. Su örnekleri ise yine aynı istasyonlardan steril bir şekilde laboratuvar ortamına getirildi.

### **3.3. Su Örneklerinin Analizi**

Alınan su örneklerinin analizleri Ordu valiliği İl Özel İdaresi Toprak ve Su Tahlil Laboratuvarı'nda standart metotlarla yapıldı (TS 266, 2005). Laboratuvarda bulanıklık, renk, koku, tat, pH, sülfat, nitrit, amonyak, nitrat incelendi.

### **3.4. Alg Örneklerin Analizi**

#### **3.4.1. Endüktif eşleşmiş plazma spektroskopisi (Inductively Coupled Plasma - ICP-MS) analizi**

Homojenize edilen yaklaşık 0.5 g numunelerden tam tartım alınarak, nitrik asit, hidroklorik asit, hidrojenperoksit ve hidroflorik asit karışımı ile Anton Paar 3000 Multiwave mikrodalga fırında uygun sıcaklık/basınç programı uygulanarak çözme işlemi tamamlandı. Mikrodalga çözme sistemi ile hazırlanan çözeltilerdeki Cr, Ni, Co, Cu, Cd, ve Pb (toplam) miktarları Agilent 7500a ICP-MS spektrofotometre ile ölçüldü (Chmielewska ve Medved, 2001).

#### **3.4.2. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) analizi**

Beklenen derişim düzeylerinin yüksek olması nedeniyle Fe ve Zn elementlerinin tayini için Perkin Elmer Analyst 800 F-AAS cihazı kullanıldı (Chmielewska ve Medved, 2001). Tüm bu işlemler Tübitak Ankara Test ve Analiz Laboratuvarı'nda yapıldı.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

İnsan ve tüm canlılar için vazgeçilemez bir hayat unsuru olan su kaynaklarımız açısından Türkiye genelinde yeterli ve sürekli bir potansiyele sahip olduğumuz söylenebilmektedir. Ülkemize düşen yıllık yağış miktarı ve akarsularımızın kapasitesinin yüksek olmasına rağmen gerekli önlemler alınmadığı takdirde gelecekte su sıkıntısı çeken bir ülke olacağımız kaçınılmazdır.

İnsanlar yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek suları çeşitli şekillerde kirletmektedir. İnsan ihtiyacının karşılandığı suyun temiz ve uygun niteliklerde olması gerekmektedir.

Temmuz 2008’de yapılan çalışmada dört farklı istasyondan alınan su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametre ve toplanan *Cladophora crispata* örneklerinde ölçülen ağır metal sonuçları Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

##### 4.1. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Çalışmamızda Ordu ili içme suyunun karşılandığı Melet Irmağı üzerindeki dört istasyondan örnekleme anında tespit edilen fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametre sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4. 1.** Melet Irmağı'nda belirlenen istasyonlarda örnekleme anında tespit edilen bazı fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametre sonuçları

Parametreler	İstasyonlar				İçme suyu standartları			
	İst 1	İst 2	İst 3	İst 4	TS 266 (2005)	EPA (2009)	WHO (2008)	EC (1998)
pH	7,77	9,35	9,25	9,21	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,0	6,5-9,5
Sıcaklık (°C)	21,9	22,9	25,4	26,7	25	-	-	-
Elektriksel İletkenlik (µs/cm)	653	251	352	270	2500	500	-	2500
Toplam çözünmüş madde (TDS) (mg/l)	326	125	177	135	1500	500	1000	-
Çözünmüş oksijen (mg/l)	8,56	9,43	10,78	8,01	6	-	-	-
Çözünmüş oksijen (%)	75,5	80,7	92,5	69,2	70	-	-	-
Amonyum (mg/l)	0,211	0,04	0,063	0,086	1	-	1,5	1,5
Sülfat (mg/l)	323	38	26	17	200	250	250	250
Nitrit (mg/l)	0,018	0,019	0,04	0,022	0,01	1	3	0,5
Nitrat (mg/l)	2,2	0,1	0,7	0,7	10	10	50	50
Bulanıklık (NTU)	32	32	49	46	5	5	5	1
Renk (TCU)	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz	50	15	15	-
Koku ve Tat	Kokusuz, tatsız	Kokusuz, tatsız	Kokusuz, tatsız	Kokusuz, tatsız	-	-	-	-

Bilindiği üzere renk içme suyu için önemli bir özelliktir. Çizelge 4.1'e göre dört istasyondaki su örneklerinin renksiz, kokusuz ve tatsız fakat WHO (1999), EPA (2009) ve TS 266 (2005) tarafından belirlenen değere göre bulanık olduğu görülmektedir Bunun nedeni, yağışlardan dolayı toprakta bulunan ve suda eriyebilen maddelerin suya karışması olarak açıklanabilir. Ayrıca organik maddeler, sanayi artığı maddeler, demir ve manganez girdisi de suyun berraklığını etkilemektedir (Dayıoğlu ve ark., 2004).

Doğal suların biyolojik ve kimyasal sistemlerinde önemli bir faktör olan pH'nın sucul yaşam için gerekli optimum sınırları 8,5-9,0 arasındadır (Dayıoğlu, 2004). Bunun yanında pH değeri suyun asiditesi hakkında bilgi vermektedir. Birinci istasyondaki suyun pH 7,77 saf suya yakın bir değerken, ikinci, üçüncü ve dördüncü istasyonlardaki suyun pH değerinde artış görülmektedir (Çizelge 4.1). Aynı şekilde sıcaklık da birinci istasyondan dördüncü istasyona doğru az da olsa bir artış göstermektedir. Çeşitli metaller açısından doğal bir rezerv olan bu bölgelerdeki pH ve sıcaklık artışı ortamdaki ağır metallerin canlılar üzerindeki toksisitesini ve birikimini arttırmaktadır (Rai ve ark., 2008; Uruç ve ark., 2008; Bryan, 1976).

İletkenlik ve toplam çözülmüş madde miktarının birinci istasyonda en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). Arazinin jipsli yapıda olması iletkenlik ve toplam çözülmüş madde miktarı değerlerinin de yüksek olması sonucunu doğuracaktır.

Sülfat iyonu bitki beslenmesinde gerekli bir iyondur ve bu yüzden sulama sularında bulunmaktadır. Çalışmamızda su örneği alınan her istasyonun yerleşim yerine hemen hemen yakın uzaklıkta ve çevresinde tarım arazileri bulunduğu göz önünde alındığında birinci istasyondaki yüksek sülfat miktarının Güzelyurt Köyü (Sivas) civarında toprak yapısının sülfat içeriğinin fazla olmasından kaynaklanabileceği söyleyebiliriz (Çizelge 4.1).

Nitrit miktarına bakacak olursak; tüm istasyonlarda birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Sudaki oksijeni azaltan nitritin olumsuz etkisi nitrifikasyon sonucu sularda ötrofikasyona neden olmasıdır. Bu açıdan hiçbir istasyonda böyle bir durum söz konusu değildir. Sudaki verimliliği etkileyen diğer parametrelerden biri olan nitrat ve amonyak da nitrit gibi dört istasyonda ciddi bir değişkenlik göstermemektedir (Çizelge 4.1).

#### 4.2. Alg Örneklerinin Ağır Metal Analiz Sonuçları

Su ekosistemi bünyesinde bir kısmı yüzen bir kısmı ise dipteki sediment tabakasında yaşayan çok çeşitli organizma grupları içermektedir. Bu sisteme kirletici karıştığında; bu kirletici sadece suda çözünmekle kalmayıp organizma bünyesine alınmakta ve bu sayede besin zincirinde birikmektedir. Dolayısıyla kirletici yalnızca karıştığı suyu kirletmekle kalmaz, aynı zamanda o su ortamındaki tüm canlıların yapısına doğrudan veya dolaylı olarak geçmektedir.

Ağır metaller parçalanma işlemine uğramadıklarından dolayı konsantrasyon ve toksisitesi azalmamaktadır. Akuatik canlılar üzerinde direkt olarak toksik etkilerini göstermelerinin yanında önemli miktarlarda birikmektedirler. Besin zinciri vasıtasıyla da bu birikim en zararlı etkilerini insan üzerinde göstermesi kaçınılmaz olacaktır.

Çalışmamızda Ordu İli içme suyunun karşılandığı Melet Irmağı üzerindeki dört istasyondan alınan *Cladophora crispata*'daki Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Ni, Fe ve Zn analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Tabloda örneklerin ağır metal içerikleri kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinden I. Su Kalite Sınıfı değerleri ile karşılaştırılmıştır (SKKY, 2008).

**Çizelge 4. 2.** *Cladophora crispata* kuru örneklerinde ağır metal analiz sonuçları

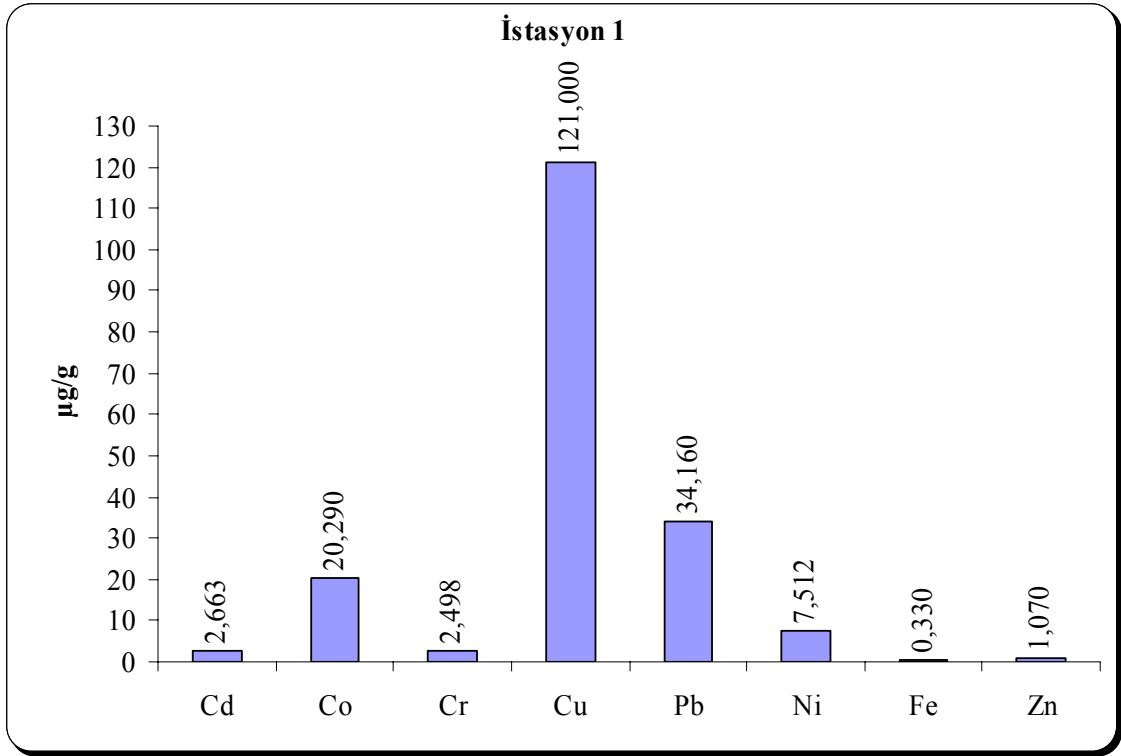
AĞIR METALLER	İSTASYONLAR				Sınıf 2 Tip 2 Su Standartları TS 266 (2005) (µg/L)
	İst 1 (µg/g)	İst 2 (µg/g)	İst 3 (µg/g)	İst 4 (µg/g)	
<b>Cd</b>	2,663 ± 0,049	5,135 ± 0,132	0,527 ± 0,026	3,870 ± 0,086	3
<b>Co</b>	20,29 ± 0,282	4,401 ± 0,183	2,033 ± 0,046	0,8749 ± 0,319	10
<b>Cr</b>	2,498 ± 0,054	21,66 ± 0,351	4,379 ± 0,040	1,376 ± 0,014	20
<b>Cu</b>	121,0 ± 11,13	119,5 ± 2,21	7,727 ± 0,342	3,363 ± 0,105	20
<b>Pb</b>	34,16 ± 0,287	844,9 ± 5,814	26,56 ± 1,298	4,491 ± 0,186	10
<b>Ni</b>	7,512 ± 0,103	3,799 ± 0,144	2,648 ± 0,059	2,803 ± 0,323	20
<b>Fe</b>	0,329 ± 0,0318	0,2833 ± 0,0272	2,159 ± 0,0974	2,528 ± 0,619	300
<b>Zn</b>	1,070 ± 0,1168	1,5937 ± 0,0598	0,3427 ± 0,0439	0,2510 ± 0,0398	200



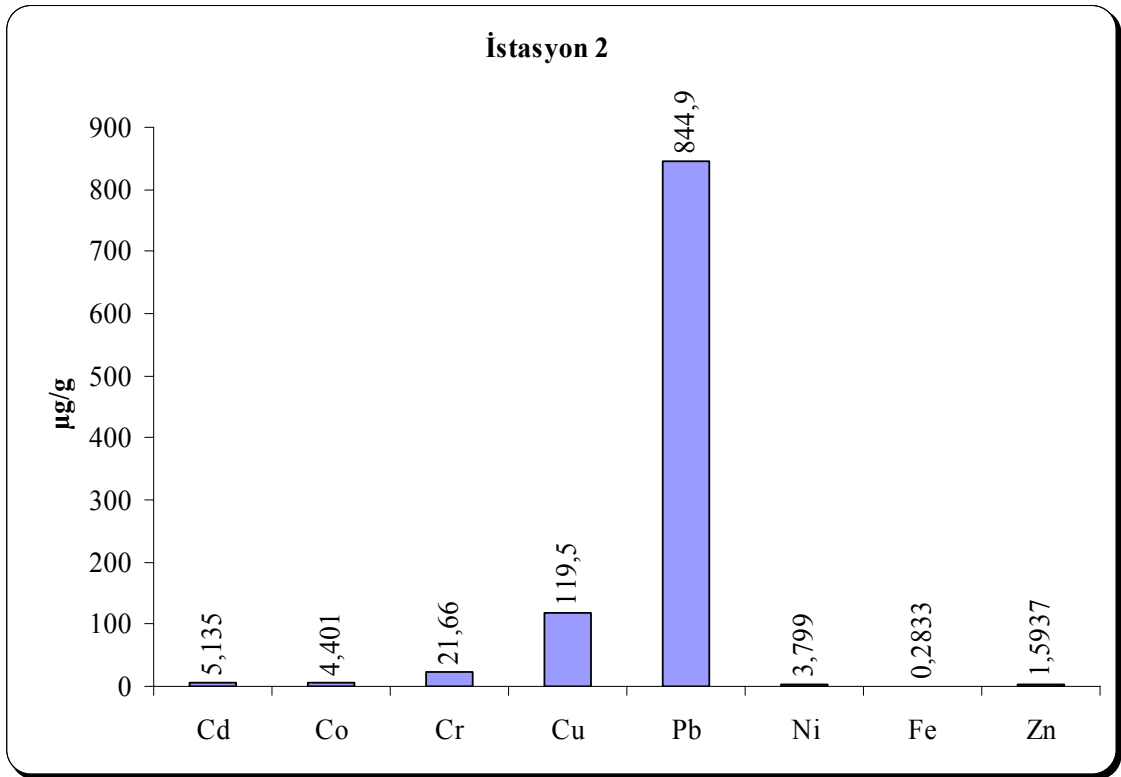
Bakır, kurşun ve çinko maden rezervine sahip olan birinci istasyon ağır metal birikimi yönünden yoğun bir istasyondur. Bu istasyondan toplanan *Cladophora crispata* örneklerinde ölçülen ortalama sekiz iz elementin düzeyleri Cu>Pb>Co>Ni>Cd>Cr>Zn>Fe şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 4.1). Bu elementlerden bakır (121,0 µg/g), kurşun (34,16 µg/g), kobalt (20,29 µg/g) ve çinko (1,070 µg/g) oranlarının yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.1).

Hem bakır, kurşun ve çinko maden rezervine sahip hem de çeşitli maden işletmelerine ev sahipliği yapan ikinci istasyon, dört istasyon içerisinde *Cladophora crispata*'da ağır metal birikimi yönünden en yoğun istasyondur (Şekil 4.5). Bu istasyondan toplanan *Cladophora crispata* örneklerinde kurşun (844,9 µg/g), bakır (119,5 µg/g), krom (21,66 µg/g), kadmiyum (5,135 µg/g) ve çinko (1,5937 µg/g) ağır metallerinin oranlarının diğer istasyonlara göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu istasyonda ölçülen ağır elementlerin düzeyleri Pb>Cu>Cr>Cd>Co>Ni>Zn>Fe şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 4.2).

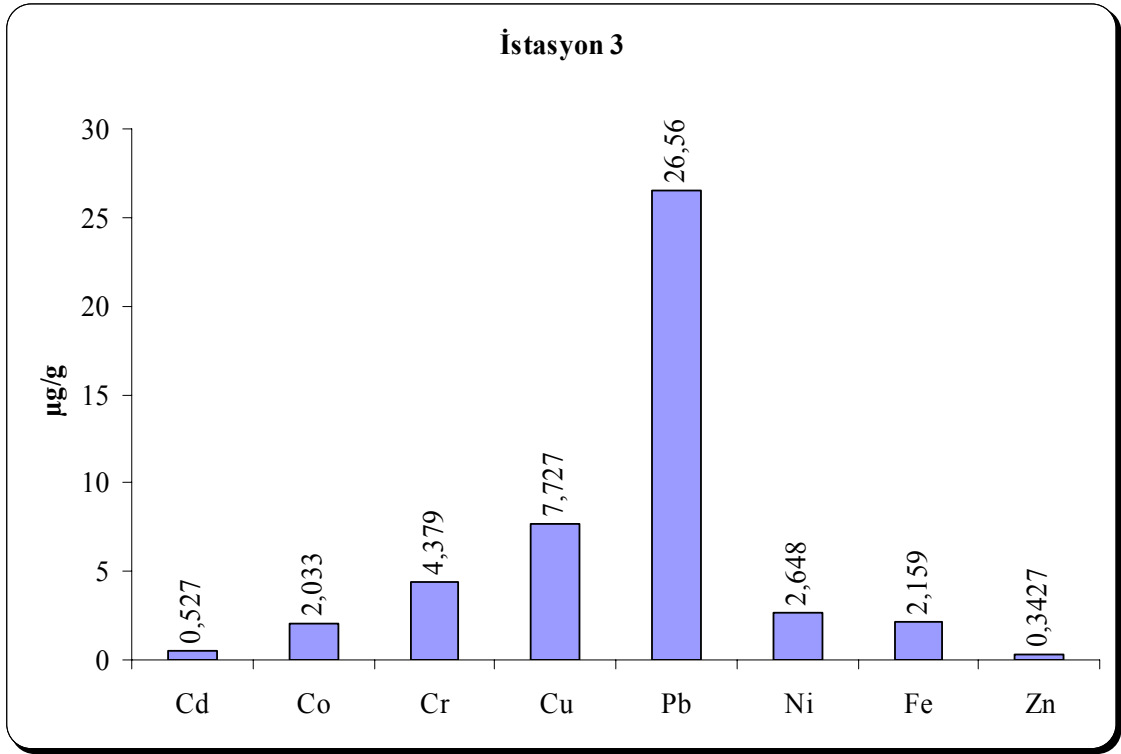
Üçüncü istasyondaki ağır metal birikiminin boyutları dördüncü istasyondaki ile hemen hemen aynıdır (Şekil 4.3 ve 4.4) ve diğer istasyonlara göre ağır metal birikimi açısından en düşük yoğunluğa sahip istasyonlardır. Dördüncü istasyonun yakınında başka bir Pb, Cu ve Zn maden işletmesi bulunmasına rağmen örnekleme yapıldığı 2008 tarihinde bu işletmenin kapalı olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı her iki istasyondaki birikimin düşük olmasının nedeni olarak doğal maden rezervinin diğer istasyonlara göre oldukça düşük oluşu, sedimentteki birikimden dolayı aşağı havzaya kadar birikimdeki azalma ve her iki istasyonun da Pb, Cu ve Zn maden işletmesinden oldukça uzakta bulunması olarak verilebilmektedir.



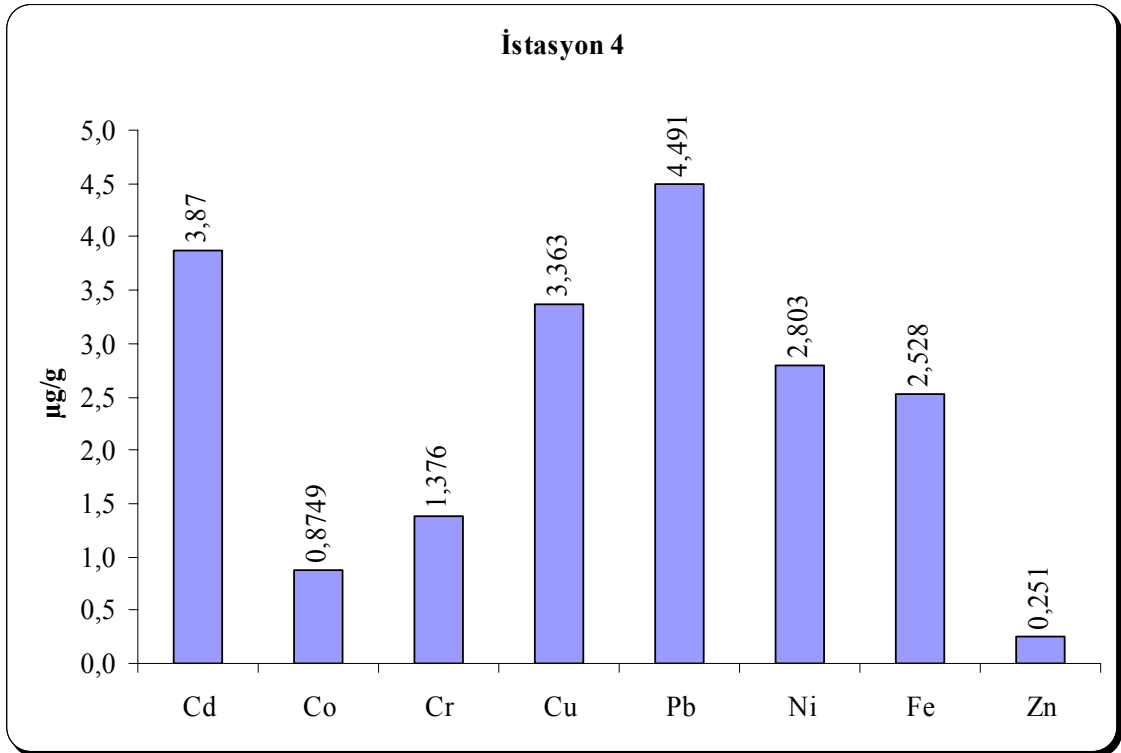
**Şekil 4. 1.** Birinci istasyondaki ağır metal miktarları



**Şekil 4. 2.** İkinci istasyondaki ağır metal miktarları

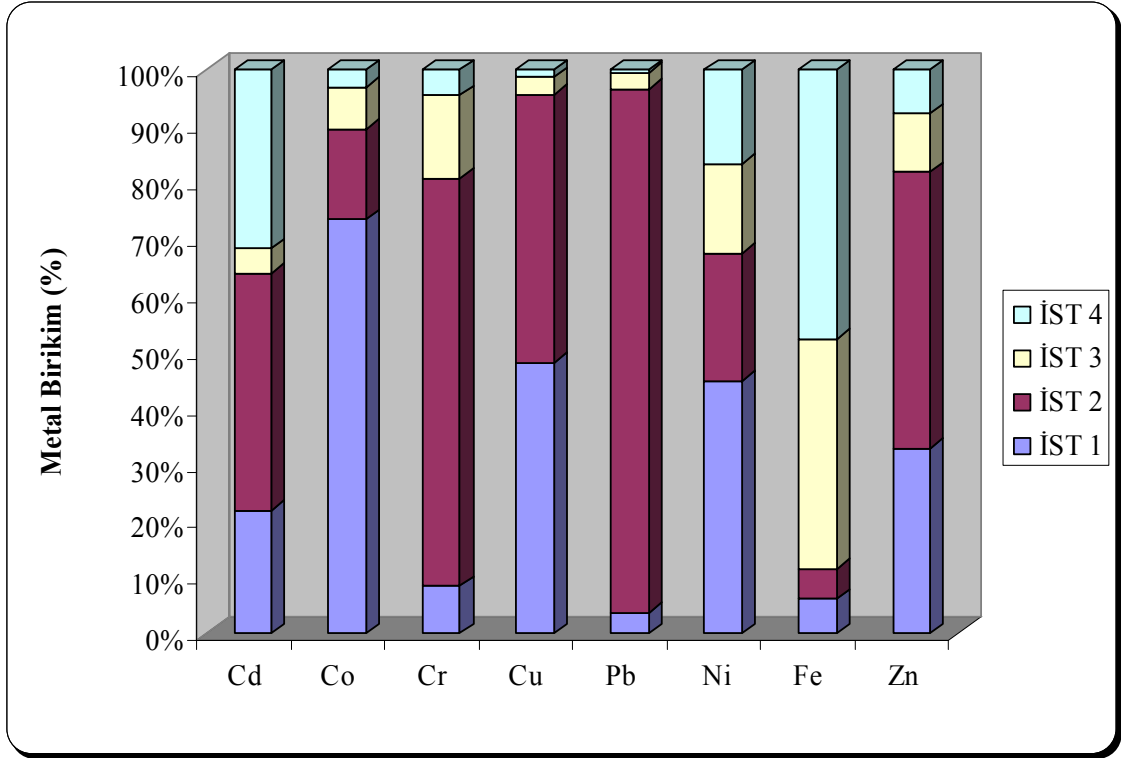


**Şekil 4. 3.** Üçüncü istasyondaki ağır metal miktarları



**Şekil 4. 4.** Dördüncü istasyondaki ağır metal miktarları

Çalışma alanına ait tüm istasyonlardaki ağır metallerin yüzde dağılımları Şekil 4.5’de verilmiştir.



**Şekil 4. 5.** Tüm istasyonlardaki ağır metallerin yüzde dağılımları.

Çalışmamızda analiz edilen iz elementlerin yüzde dağılımlarını istasyonlar arası karşılaştırdığımızda; kobalt (%74), bakır (%49) ve nikelin (%44) birinci istasyonda, kadmiyum (%42), krom (%72), kurşun (%93) ve çinkonun (%48) ikinci istasyonda en yüksek oranlarda bulunduğu görülmüştür. Birinci istasyonda en yüksek oranda bulunan bakır elementi ikinci istasyonda (%47) da birinci istasyona yakın bir oranda bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

Türkiye’deki kurşun-gümüş madenciliği dünyadaki en eski madencilikten birisi olup birçok yöre gümüş ve kurşun içeren sözcüklerle adlandırılmıştır. Zaman zaman işletilen bu yatakların çoğu madenin bitmesi veya başka nedenlerden dolayı 20. yüzyılın başlarında kapatılmıştır. Cumhuriyetin kurulmasından sonra Etibank ve özel kuruluşlarca birçok yerde kurşun-çinko madenleri daha modern yöntemlerle işletilmiştir.

Türkiye kurşun-çinko aramalarında birinci önceliğe sahip bölgesi Doğu Karadeniz Bölgesinin sahile yakın kısımları, ikinci önceliğe sahip bölgesi de Kuzeybatı

Anadolu Bölgesi ile Doğu Karadeniz Bölgesinin iç kısımlarıdır (Şekil 2.1). Birinci ve İkinci İstasyon Sivas'ın Koyulhisar sınırları içerisinde yer almaktadır. Sivas ili yer altı kaynakları bakımından ülkemizin önemli illeri arasında yer almaktadır. Özellikle birinci ve ikinci istasyon olarak belirlenen Koyulhisar Türkiye'de bakır, kurşun ve çinko işletmeciliğinin yapıldığı en önemli alanlardan birisidir (Acar, 1973; [http://www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye\\_maden/maden\\_potansiyel\\_2010/sivas\\_madenler.pdf](http://www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye_maden/maden_potansiyel_2010/sivas_madenler.pdf)20.06.2010).

Birinci istasyonun güneyine yakın Kurşunlu Mevkii ile Melet Irmağı arasında Cu, Pb ve Zn cevher damarları yer almaktadır (Gökçe, 1990) (Şekil 2.1.). Birinci istasyonda örnekleme yapıldığı Devren Deresi bu bölgede yer alan bakır-çinko-kurşun işletmesine oldukça yakın geçmekte ve buradan da Melet Irmağı'na karışmaktadır. Türkiye krom rezervlerinin bölgelere göre dağılım oranına göre Sivas-Erzincan-Kopdağ bölgesi %26 ile ikinci sırada yer almaktadır ([http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1\\_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0), 21.04.2006). Buna ek olarak Sivas ili Gümüşlü ve Kurşunlu Mevkii ve çevresinde adlarından da anlaşılacağı üzere Cu, Pb ve Zn elementlerinin yanı sıra krom ve gümüş çıkarımı için birçok işletme bulunmaktadır. Birinci ve ikinci istasyonun bulunduğu bu alandaki işletmelerin yakınlarından geçen dereler Melet Irmağı'na karışmaktadır. Bu durum çalışmamızın sonucunda birinci istasyonda Co (20,29 µg/g), Cu (121,0 µg/g) ve ikinci istasyonda, Cu (119,5 µg/g), Pb (844,9 µg/g), Cr (21,66 µg/g), Cd (5,135 µg/g) ve Zn (1,5937 µg/g) değerlerinin yüksek çıkmasını açıklamaktadır. Her iki istasyondan elde edilen sonuçlar, ırmağın bu istasyonlardan önce hem doğal hem de işletme kaynaklı kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir.

Üçüncü ve dördüncü istasyonlardaki örneklere ait analiz sonuçları bu elementlerin yüksek miktarlarda olmadığını gösterirken, ikinci istasyonda yüksek miktarlarda kurşun, bakır, krom, kadmiyum ve çinkoya rastlanılmıştır. Birinci ve ikinci istasyon alanlarının Cu, Pb ve Zn açısından doğal bir rezerv olduğunu göz önüne alırsak ortamdaki bu iki istasyondaki elementler karşılaştırıldığında kadmiyum, bakır, nikel, demir ve çinko miktarlarında ciddi bir farklılık göze çarpmamaktadır. Fakat ikinci istasyondaki kurşun birikiminin (844,9 µg/g) birinci istasyona (34,160 µg/g) göre yaklaşık 25 kat fazla oluşu ve bunun yanında krom miktarındaki artış bölgenin bu elementlere ev sahipliği yapmasının yanı sıra akarsuya bir karışımın olduğunu göstermektedir.

Kurşun ve çinko tabiiatta tek başına bulunabileceği gibi değişik oranlarda bakır, kurşun ve çinkonun birlikte bulunduğu yataklara da sıklıkla rastlanmaktadır. Çinko açısından zengin yataklarda kadmiyum metalleri de yüksek oranlarda bulunabilmektedir ([http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1\\_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0), 21.04.2006). Çalışmamızda da Cd (5,135 µg/g) metalinin, Zn (1,5937 µg/g) miktarının en fazla bulunduğu ikinci istasyonda en yüksek değerde olduğu görülmüştür. Bunun yanında Pb (İst 1; 34,16, İst 2; 844,9 µg/g) ve Zn (İst 1; 1,070, İst 2; 1,5937 µg/g) metallerinin yüksek olduğu birinci ve ikinci istasyonlardaki bakır birikiminin (İst 1; 121,0 µg/g, İst 2; 119,5 µg/g) diğer istasyonlara göre yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda kullanılan Chlorophyta (yeşil alg) familyasına dahil birçok alg türü ağır metallerle kontamine olmuş sucul ekosistemlerde biyoindikatör tür olarak uzun yıllar birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Özellikle *Cladophora* cinsinin kozmopolit olması ve ağır metal içeren ortamlarda yaşayabilmesinden dolayı su kalitesinin biyolojik açıdan incelenmesinde tercih edilmektedir (Leland ve ark., 1977).

*Cladophora crispata* örnekleri kullanılarak Aksu ve ark. (1996) tarafından krom, Özer ve Özer (1998) tarafından nikel, Özer ve ark. (1999) tarafından kadmiyum, Özer ve ark. (2000) tarafından çinko iyonlarının kesikli kapta giderilmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Aksu ve ark., 1996; Özer ve ark., 1999; Özer ve Özer, 1998; Özer ve ark., 2000).

Çavuşoğlu ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada; Kızılırmak Nehri üzerinde belirlenen üç farklı istasyondan alınan *Cladophora* sp., *Mytilus* sp. ve *Gammarus* sp. örneklerinde sodyum, magnezyum, fosfor, potasyum, kalsiyum, selenyum ve iyot gibi canlıların büyüme ve gelişiminde etkili elementlerin yanı sıra alüminyum, krom, demir, nikel, bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metallerin birikimleri araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan türler içerisinde en fazla birikimin *Cladophora* sp. tarafından gerçekleştirildiği saptanmıştır. Analizler sonucunda Kızılırmak Nehri çevresindeki sanayi kuruluşları yakınındaki ikinci istasyondan toplanan *Cladophora* örneklerinde başta kurşun (19,150 wt%) olmak üzere yüksek miktarlarda krom (2,248 wt%), demir (7,228 wt%), nikel (2,045 wt%), bakır (5,616 wt%), çinko (3,935 wt%) ve kadmiyuma (1,509 wt%) rastlanmıştır. Çalışmamızın yapıldığı Melet Irmağı'nda da maden işletmesinin yakınında bulunan ikinci istasyonda 844,9 µg/g kurşun, 119,5 µg/g bakır, 21,66 µg/g krom 5,135 µg/g kadmiyum ve 1,5937 µg/g çinko oldukça yüksek değerlerde bulunmuştur. Her iki çalışmada da işletmelere

veya sanayi kuruluşlarına yakın olan istasyonlarda ve benzer metallerin yüksek bulunması açısından paralellik göstermektedir.

Çetingül ve ark. (2000) tarafından Ege denizi sahilinde Yeni Şakran Körfezi'nde yapılan çalışmada *Cladophora dalmatica* örneklerinde Fe, Cu, Zn birikimine bakılmıştır. *Cladophora dalmatica*'da bu değerler Fe 1250 µg/g, Cu 5,93 µg/g, Zn 136,61 µg/g olarak saptanmıştır. İncelediğimiz *Cladophora crispata* örneklerindeki Fe (İst 4; 2,528 µg/g) ve Zn (İst 2; 1,5937 µg/g) birikiminin oldukça düşük, Cu birikiminin (İst 1; 121,0 µg/g) ise *Cladophora dalmatica* Kützing örneklerine göre oldukça yüksek miktarda olduğu saptanmıştır.

Chmielewska ve Medved (2001) tarafından yapılan diğer bir çalışmada rafineri atık sularının verildiği Tuna Nehri üzerine kurulu olan bir su cebinde yetiştirilen *Cladophora glomerata* (L.) Kützing türünde ağır metallerin konsantrasyonları araştırılmış, analizler sonucunda bu ağır metallerin ortalama değerleri; nikel 15,7 µg/g, kadmiyum 0,1 µg/g, kurşun 7,9 µg/g ve krom 1,7 µg/g olarak bulunmuştur. Çalışmamızda kullanılan *Cladophora crispata* ile karşılaştırıldığında çalışmamız sonucundaki nikel birikiminin (7,512 µg/g) düşük, kadmiyum (5,135 µg/g), kurşun (844,9 µg/g) ve krom (21,66 µg/g) birikimlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Öztürk ve ark. (1994) tarafından yapılan çalışmada Sinop kıyılarında yayılış gösteren yine bir Chlorophyta familyasına ait olan *Ulva lactuca* L. örneklerindeki ağır metal birikim düzeylerine bakılmış ve elde edilen ortalama sonuçlar Cd 0,15-1,88 µg/g, Cu 15-84 µg/g, Pb 14-100 µg/g, Ni 13-101 µg/g, Fe 158-445 µg/g ve Zn 15-127 µg/g değerleri arasında bulunmuştur. Çalışmamızdan elde edilen *Cladophora crispata* örneklerindeki Cd (5,135 µg/g), Cu (121,00 µg/g) ve Pb (844,9 µg/g) miktarlarının oldukça yüksek olduğu görülürken Ni (7,512 µg/g), Fe (2,528 µg/g) ve Zn (1,5937 µg/g) değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir.

Toksik ağır metallere ve özellikle tekstil endüstrisinde kullanılan boyar madde atık sularından kaynaklanan çevresel kirlenme son yıllarda önemli bir problem oluşturmaktadır. Elmacı ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada *Chara* sp., *Cladophora* sp. ve *Chlorella* sp. sentetik olarak hazırlanan bir hidroliz boyar maddenin Remazol Turkish Blue-G ve Zn(II), Cd(II), Co(II) ağır metallerinin biyosorpsiyonu için kullanılmıştır. Değişik boyar madde, ağır metal konsantrasyonu ve değişen pH aralığında bu alg türlerinin biyosorpsiyon karakteristikleri araştırılmıştır. Analiz

sonucunda ağır metaller için en iyi giderimin *Cladophora* sp. ile elde edildiği tespit edilmiştir.

Sucul ekosistemlerde ağır metal kontaminasyonunun belirlenmesi için alglerin yanı sıra sucul makrofitler de biyomonitör tür olarak kullanılmaktadır (Gupta ve ark., 2008; Kumar ve ark., 2008; Pajevic ve ark., 2008). Kumar ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada *Ipomoea aquatica* Forsk, *Eichhornia crassipes*, (Mart.) Solms, *Typha angustata* Bory and Chaub, *Echinochloa colonum* (L.) Link, *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle, *Nelumbo nucifera* Gaerth. ve *Vallisneria spiralis* L. sucul bitki türlerinde Cd, Co, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları araştırılmıştır. Analizler sonucunda en yüksek birikimin *Typha angustata* ve *Ipomoea aquatica*'da en fazla birikim gösteren ağır metallerin ise sırasıyla Zn>Cu>Pb şeklinde olduğu saptanmıştır. Ağır metal birikim düzeylerine bakıldığında bu iki türün fitoremedasyon çalışmaları için oldukça uygun olduğu görülmüştür.

İz elementler canlılardaki birçok metabolik yolunda hayati görevler üstlenmektedir. Ancak bu elementleri aşırı miktarlarda birikimleri besin zincirinin üst basamağındaki canlılar için toksik etkisi çok daha fazla olacaktır. Çalışmamızın yapıldığı Melet Irmağı, alglerin dışında birçok canlıya ev sahipliği yapmaktadır. Turan ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada Melet Irmağı'nın aşağı havzasında balık faunası çıkarılmış ve üç familyaya ait yedi tür tespit edilmiştir. Araştırma sahasında en baskın olarak bulunan tür *Barbus tauricus* olup bunu sırasıyla *Capoeta banarescui*, *Vimba vimba*, *Neogobius kessleri*, *Neogobius fluviatilis*, *Leuciscus cephalus* ve *Mugil cephalus* türlerinin takip ettiği saptanmıştır. Balıkların yanı sıra Melet Irmağı çevresinde kurulu birçok yerleşim birimi bulunmakta ve buralarda tarım ve hayvancılık yapılmaktadır. Ordu ilinin içme suyunun büyük bir bölümü bu ırmaktan sağlanmaktadır. Dolayısıyla birikim dolaylı olarak sucul ekosistemi oluşturan canlılardan karasal ekosistemdeki canlılara taşınacaktır. Son on yıldaki endüstriyel gelişmeler deniz çevrelerinin ağır metaller tarafından kontamine edildiğini ve bu kirlenmenin besin zincirine de yansıdığı gerçeğini ortaya koymaktadır (Kayhan, 2006).

Pb, Hg, Cu, Zn gibi ağır metaller suda çok az miktarlarda bulunmaları gerekmektedir. Bu ağır metallerin hepsi sucul ekosistemdeki birçok canlı için toksik etki göstermektedir ve çoğu 1 ppm sınırında öldürücü olmaktadır. Suyun fizikokimyasal parametrelerinden biri olan pH ve sıcaklık değerlerinin yüksek oluşu ortamda yüksek



miktarda bulunan ağır metallerin toksisitesinin yanında bazı canlılardaki birikimi de arttıracaktır (Schubauer-Berigan ve ark., 1993; Uruç ve ark., 2008).

Çalışmamızdaki pH ve sıcaklık değerleri İst1<İst2<İst3<İst4 şeklindedir. Birinci istasyonda 7,77 olan pH değeri diğer istasyonlarda 9 civarına bulunmuştur. Qertel (1993) tarafından Danube Nehri üzerinde *Cladophora glomerata* kullanılarak yapılan çalışmada sel, ışık, sıcaklık, iletkenlik ve redoks potansiyeli gibi fiziksel ve kimyasal parametrelerin dolaylı olarak ağır metal alınımı ve birikiminde etkili en önemli faktörler olduğunu göstermiştir. Bu durum bize ikinci istasyonun ağır metal yükünü göz önünde bulundurduğumuzda metallere kaynaklı kirliliğin buradaki canlılara toksik etkisinin çok daha fazla olabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda bulduğumuz değerlerle diğer çalışmalarda bulunan değerler arasındaki farklılıklar, çalışma bölgesinin ve çalışılan türlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat aynı cins ile yapılan çalışmalarda bulunan değerler arasındaki farklılıklar bize çalışma alanımızı oluşturan Melet Irmağı'ndaki kirliliğin ciddi boyutlarda olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular Melet Irmağı'ndaki ağır metal kirliliğinin dördüncü istasyonda çok tehlikeli boyutlarda olmadığını göstermiştir. Dördüncü istasyonun bulunduğu, Kabadüz ilçesi Bakacak mevkiindeki Cu, Pb ve Zn maden işletmesinin örnekleme yapıldığı Temmuz 2008'de kapalı durumdadır. 29 Temmuz 2009 tarihinde bu maden işletmesinden çıkan atık maddelerin bulunduğu havuzlar sel nedeniyle çökmüş ve Ordu ilinin içme suyunun sağlandığı Melet Irmağı kirlenmiştir. Bu olaydan sonra firmanın 31 Temmuz 2009 tarihinde faaliyeti durdurulmuş ve firma hakkında Çevre Kanununun muhalefet suçundan 07 Ağustos 2009 tarihinde para cezası verilmiştir. Faaliyette olmayan maden tesisinde 23 Eylül 2009'da yaşanan sel felaketi etkisiyle pasa havuzunun üst seviyesine kadar dolan yağmur suyu, daha önce işletme sürecinde depolanan artık maddenin bir kısmı ile birlikte içme suyunun karşılandığı Melet Irmağı'na karışmıştır. Yerel ve ulusal basında yaşanan bu olayın nasıl gerçekleştiği ve işletme kaynaklı ırmağın nasıl kirlendiğine büyük ölçüde yer verilmiştir (<http://www.ntvmsnbc.com/id/25003593>, 26.09.2009). Bunun yanında İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ekipleri tarafından su numunesi alınarak Samsun Bölge Hıfzısıhha Müdürlüğü'ne gönderilerek yapılan analizler sonucu sudaki kurşun miktarı 338 µg/l'ye kadar yükseldiği tespit edilmiştir (<http://haber24.com/52-Ordu-Haberleri/1-62468> (Melet-e-yine-kurşun-karisti.html, 23.09.2009). Su Kalite Kontrol

Yönetmeliği'ne göre içilebilir nitelikteki 1. kalite suyun içerisindeki Pb miktarının 10 µg/l olması gerekmektedir (SKKY, 2008).

İkinci ve üçüncü istasyonlarda bulunan öncelikle kurşun (844,9 µg/g; İst 2, 26,56 µg/g; İst 3), devamında bakır (Cu; 119,5 µg/g; İst 2), krom (Cr; 21,66 µg/g; İst 2) ve demir (Fe; 2,159 µg/g; İst 3) metallerindeki yüksek birikim bu istasyonların çevresinde yerleşim yeri bulunmasından dolayı tehlikeli boyutlarda olduğunu göstermektedir. Bilindiği gibi çevrede birçok organizma kimyasal maddelere karşı oldukça duyarlılık göstermektedir. Maden işletmelerine ve yerleşim yerine yakın olan dereler vasıtasıyla ağır metal, evsel ve tarımsal atıkların Melet Irmağı'na ve oradan da Karadeniz'e karışması ırmak ve denizel ekosistemdeki her bir bireyin biyolojik aktivitesini olumsuz yönde etkileyecektir. Yoğunlukları her geçen gün hızla artan kirleticilerin, özellikle insan sağlığı açısından tehlike yaratmaması ve ciddi çevre sorunlarına yol açmaması için, çalışma alanını temsil edecek çeşitli türler seçilerek mevsimsel değişimlerinin ve toksik etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Melet Irmağı'nda belirlenen dört istasyondaki *Cladophora crispata* örneklerinden analiz edilen metaller için en yüksek değerler; Cd 5,135 µg/g (İst 2), Co 20,29 µg/g (İst 1), Cr 21,66 µg/g (İst 2), Cu 121,0 µg/g (İst 1), Pb 844,9 µg/g (İst 2), Ni 7,512 µg/g (İst 1), Fe 2,528 µg/g (İst 4) ve Zn 1,5937 (İst 2) µg/g şeklinde bulunmuştur. İstasyonlar içerisinde ağır metal birikiminin en fazla sırasıyla ikinci ve birinci, en az ise üçüncü ve dördüncü istasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. Birinci ve ikinci istasyonlarda doğal maden rezervlerinin bulunmasının yanı sıra ikinci istasyonun Cu-Pb-Zn maden işletmesine yakın olması bu istasyondaki yüksek kurşun birikimini açıklamaktadır.

Üçüncü istasyon olarak belirlenen Mesudiye ilçesi güneyden gelen İran-Turan Flora Bölgesi, Kuzey ve Doğu hattından sürüklenip gelen Avrupa-Sibirya Flora Bölgesi ile güneyden gelen Akdeniz Flora Bölgesi'nin tam kesiştiği noktada bulunmaktadır. Buradan geçen Melet Irmağı'nın Avrupa-Sibirya Bölgesi'nin alt bölgeleri olan Öksin ve Kolşik florayı birbirinden ayırması ekolojik açıdan oldukça önemlidir (Tüfekçioğlu, 2003). Bu nedenle burada meydana gelecek bir kirlenme burada tür çeşitliliğini etkileyerek burada dengenin bozulmasına neden olacaktır.

Melet Irmağı yukarı havzasında bulunan bakır, kurşun ve çinko maden işletmeleri aşağı havzada kurulmuş ve kurulmakta olan çeşitli santraller (Topçam Barajı ve HES, Darıca-I, II ve HES, Ordu Regülatörü) ırmaktaki biyolojik yaşamın beşeri faaliyetlerin tehdidi altında olduğunu göstermektedir. Gerek maden işletmelerine gerekse bu tip santrallere ülkemizin ihtiyacı olduğu aşikardır. Fakat bu tip işletmelerin özellikle içme suyunun sağlandığı ve ekolojik açıdan zengin havzalara kurulmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Zira akarsu üzerine yapılacak her türlü etki sucul ekosisteme de zarar vererek sucul canlı çeşitliliği yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalması kaçınılmaz olacaktır.

Bütün bu bulgular ışığında, Melet Irmağı'ndaki kirlilik düzeyini belirlemek ve takibi için su, sediment ve biyomonitör organizmalar seçilerek kapsamlı ve sürekli bir çalışma yürütülmesi önerilmektedir. Bunun için besin zincirindeki birçok organizma baz alınarak yapılacak olan toksisite çalışmaları zincirin en üst kademesindeki insanda oluşabilecek birikimleri ve etkileri belirlememiz ve yorumlamamızı sağlayacaktır. Bu ve buna benzer çalışmalar belirli aralıklarla tekrarlandığında su kirliliğinin ulaştığı

boyutlar hakkında bilgi sahibi olarak Ordu ili içme suyu kaynağı olarak büyük öneme sahip Melet Irmağı'ndaki kirliliğin asıl sebepleri ortaya konulacak ve çalışmaların tekrarlanması ile de çevredeki kuruluşların denetimleri sağlanacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Acar E., 1973. Doğu Karadeniz Bölgesi Giresun ili dahilindeki bazı bakır-kurşun-çinko madenlerinin iz elementler yönünden önemi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi. [http://www.mta.gov.tr/mta\\_web/kutuphane/mtadergi/82\\_11.pdf](http://www.mta.gov.tr/mta_web/kutuphane/mtadergi/82_11.pdf). (15.06.2010)
- Aijun, M., 2006. Trace Metal Accumulation and Toxicity in Marine Phytoplankton. Doctor's Thesis, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, 170 p.
- Aksu, Z., Özer, D., Ekiz, H.İ., Kutsal, T. and Çağlar, A., 1996. Investigation of biosorption of chromium(VI) on *Cladophora crispata* in two-staged batch reactor. Environmental Technology, 17, 215-220.
- Alloway, B.J., 1995. *Heavy Metals in Soils*. (Editörler: B.J. Alloway), Blackie Academic and Professional, 363 s, London.
- Arıman, S., Cüce, H., Özbayrak, E., Bakan, G., Büyükgüngör, H., 2007. Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirleri su ve sediman ortamlarında ağır metal kirliliği izlenmesi. "7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji 24-27 Ekim 2007, İzmir". <http://e-kutuphane.cmo.org.tr/pdf/572.pdf>. (10.06.2010).
- Atıcı, T., Obalı, O., Altındağ, A., Ahıska, S., Aydın D., 2010. The accumulation of heavy metals (Cd, Pb, Hg, Cr) and their state in phytoplanktonic algae and zooplanktonic organisms in Beyşehir Lake and Mogan Lake, Turkey. African Journal of Biotechnology, 9(4), 475-487.
- Baruthio, F., 1992. Toxic effects of chromium and its compounds. Biological Trace Element Research, 32(1-3), 145-153.
- Baş, L., Demet, Ö., 1992. Çevresel toksikoloji yönünden bazı ağır metaller. Ekoloji, 5, 42-46.
- Bat, L., Akbulut, M., Sezgin, M., Çulha, M., 2001. Effects of sewage pollution the structure of the community of *Ulva lactuca*, *Enteromorpha linza* and rocky macrofauna in Dışlıman of Sinop. Turkish Journal of Biology, 25, 93-102.
- Boubonari, T., Malea, P., Kevrekidis, T., 2008. The green seaweed *Ulva rigida* as a bioindicator of metals (Zn, Cu, Pb and Cd) in a low-salinity coastal environment. Botanica Marina, 51(6), 472 – 484.
- Bryan, G.W., 1976. Effects of pollutants on aquatic organisms. *Some Aspects of Heavy Metal Tolerance in Aquatic Organisms*. (Editör: A.P.M. Lockwood), s: 7-34, Cambridge University Press.
- Canlı, M. and Atlı, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution, 121(1), 129-136.
- Chmielewska, E., Medved, J., 2001. Bioaccumulation of heavy metals by green algae *Cladophora glomerata* in a refinery sewage lagoon. Croatica Chemica Acta, 74(1), 135-145.
- Çavuşoğlu, K., Gündoğan, Y., Çakır Arıca, Ş., Kırındı T., 2007. *Mytilus* sp. (midye), *Gammarus* sp. (nehir tırnağı) ve *Cladophora* sp. (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak nehrindeki ağır metal kirliliğinin araştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), 52-60.
- Çetingül, V., Aysel, V., Kurumlu-Kuran, Y., 2000. Biochemical investigation and heavy metal contents of *Cladophora dalmatica* Kütz. ve *Ceramium ciliatum* (Ellis) Dulc var. *robustum* (J.Ag.) from aegean sea (Turkish Coast). Turkish Journal of Marine Sciences, 6(1), 9-22.

- Dallinger, R., 1994, Invertebrate organisms as biological indicators of heavy metal pollution. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 48(1), 27-31.
- Dayıoğlu, H., Özyurt, M.S., Bingöl, N., Yıldız, C., 2004. Kütahya ili içme sularının bazı fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 71-90.
- Deng, L., Zhang, Y., Qin, J., Wang, X., Zhu, X., 2009. Biosorption of Cr(VI) from aqueous solutions by nonliving green algae *Cladophora albida*. *Mineral Engineering*, 22, 372-377.
- Dokulil, M.T., 2003. Trace metals and other contaminants in the environment Volume 6: bioindicators & biomonitors. Principles, concepts and applications. *Algae as Ecological Bio-indicators*. (Editörler: B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister ), s: 285-327, Elsevier Science Ltd., UK.
- DSİ, 1990. Ordu Projesi Master Plan Raporu. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü VII. Bölge Müdürlüğü. Samsun.
- DSİ, 2003. Ordu Projesi, Ordu Barajı ve HES Planlama Raporu, Cilt I, Planlama Raporu ve Çizimleri. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü VII. Bölge Müdürlüğü. Ankara.
- Duman, F., 2005. Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 227s.
- EC, 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, official journal of the European Communities L 330/42.
- Ekino, S, Susa, M., Ninomiya, T., Imamura, K., Kitamura, T., 2007. Minamata disease revisited: an update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning. *Journal of the Neurological Sciences*, 262(1-2), 131-44.
- Elmacı, A., Yonar, T., Özengin, N., Türkoğlu, H., 2005. Zn(II), Cd(II), Co(II) ve remazol turkish blue-G boyar maddesinin sulu çözeltilerinde kurutulmuş *Chara* sp., *Cladophora* sp. ve *Chlorella* sp. türleri ile biyosorpsiyonun araştırılması. *Ekoloji*, 4(55), 24-31.
- EPA, 2009. 2009 Edition of the drinking water standards and health advisories, Environmental Protection Agency, U.S.
- Flemming, C.A., Trevors, J.T., 1989. Copper and chemistry in the environment: a review, 44(1-2), 143-158.
- Flick, D.F., Kraybill, H.F. and DImitroff, J.M., 1971. Toxic effects of cadmium: a review. *Environmental Research*, 4(2), 71-85.
- Forsberg, A, Söderlund, S., Frank, A., Peterson, L. R., Pedersen, M., 1988. Studies on metal content in the brown seaweed, *Fucus vesiculosus*, from the Archipelago of Stockholm. *Environmental Pollution*, 49, 245-63.
- Foy, C.D., Chaney, R.L., White, M.C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 29, 511-566.
- Förstner, U., Wittman, G.T.W., 1983. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer-Verlag, 486 s, Berlin.
- Fytianos, K. Evgenidou, E., Zachariadi, G., 1999. Use of macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in Thermaikos Gulf, Greece. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62, 630-637.
- Geoffrey, W. Garnham, 1997. The use of algae as metal biosorbents. *Biosorbents for Metal Ions*. (Editörler: C.F. Forster, D.A.J. Wase), CRC Pres, 11-33s, UK.

- Geoffrey, M. Gadd, Alan J. Griffiths, 1978. Microorganisms and Heavy Metal Toxicity Microbial Ecology, 4, 303-317.
- Gökçe, A., 1990. Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) damar tipi Pb-Zn-Cu yataklarında kükürt izotopları incelemesi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 111, 111-118.
- Graham, Linda E., Wilcox Lee W, 2000. *Algae*. Gren algae II-Ulvophyceans. Prentice Hall, , NJ, pp.435-437.
- Guemguem, B., Uenlue, E., Tez, Z., Guelsuen, Z., 1994. Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris River in Turkey. Chemosphere, 29(1), 111-116.
- Gupta, S., Nayek, S., saha, R.N., Satpati, S., 2008. Assessment of heavy metal accumulation in macrophyte, agricultural soil and crop plants adjacent to discharge zone of sponge iron factory. Environmental Geology, 55, 731-739.
- Gündoğan, Y., 2005. Kızılırmak Nehri'ndeki (Kırıkkale) *Cladophora*' da Ağır Metal Birikimi Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 42 s.
- Haber24, 2009. Melet'e yine kurşun karıştı. <http://haber24.com/52-Ordu-Haberleri/1-62468> (Melet-e-yine-kursun-karisti.html (23.09.2009).
- John, D.M., 2002. Order Cladophorales (=Siphonocladales). In: *The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. (Eds.: D.M. John, B.A. Whitton and A.J. Brook), pp. 468-470, Cambridge University Press, Cambridge.
- John, D.M., 2003. Filamentous and plantlike gren algae. *Freshwater Algae of North America Ecology and Classification*. (Eds.: J.D. Wehr and R.G. Sheath), pp.311-349, Academic Press, USA.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri-I. Metalurji Dergisi, 136, 47-53.
- Kamala-Kannan, S., Prabhu Dass Batvari, B., Lee, K.J., Kannan, N., Krishnamoorthy, R., Shanthi, K., Jayaprakash, M., 2008. Assessment of heavy metals (Cd, Cr and Pb) in water, sediment and seaweed (*Ulva lactuca*) in the Pulicat Lake, South East India. Chemosphere, 71(7), 1233-1240.
- Karovic, O., Tonazzini, I., Rebola, N., Edström, E., Lövdahl, C., Fredholm, B.B., Dare, E., 2007. Toxic effects of cobalt in primary cultures of mouse astrocytes: similarities with hypoxia and role of HIF-1 $\alpha$ . Biochemical Pharmacology, 73(5), 694-708.
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri-II. Metalurji Dergisi, 137, 46-51.
- Kayhan, F.E., 2006. Su ürünlerinde kadmiyumun biyobirikimi ve toksisitesi. E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 23(1-2), 215-220.
- Keeney, W.L., Breck, W.G., Vanloon, G.W., Page, J.A., 1976. The determination of trace metals in *Cladophora glomerata*—*C.glomerata* as a potential biological monitor. Water Research, 10(11), 981-984.
- Köseoğlu, C., 2007. Atık Çamurun İyileştirilebilmesi İçin Bitkisel Arıtım'ın (Fitoremediyasyon) Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 90 s.
- Kumar, J.I.N, Soni, H., Kumar, R.N. and Bhatt, I., 2008. Macrophytes in phytoremediation of heavy metal contaminated water and sediments in Pariyej Community Reserve, Gujarat, India. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8, 193-200.

- Kunst, E.D., 1973. Diseases due to environmental pollution in Japan. *Ingenieur*, 85(45), 887-889.
- Leland H.V., Luoma, S.N., Wilkes, D.J., 1977. Heavy metals and related trace elements. *Journal (Water pollution Control Federation)*, 49(6), 1340-1369.
- McHardy, B.M., George, J.J., 1990. Bioaccumulation and toxicity of zinc in the green alga, *Cladophora glomerata*. *Environmental Pollution*, 66(1), 55-66.
- McCormick, P.V., Cairns, J.J., 1994. Algae as indicators of environmental change. *Journal of Applied Phycology*, 6(5-6), 509-526.
- Mehta, S.K., Gaur, J.P., 2005. Use of algae for removing heavy metal ions from wastewater: progress and prospects. *Critical Reviews in Biotechnology*, 25(3), 113-52.
- MTA (Maden Tetkik ve Arama), 2008. Türkiye bakır-kurşun-çinko yatakları haritası. [http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire\\_baskanliklari/metut/maden\\_yataklari\\_hrt](http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/metut/maden_yataklari_hrt) (03.06.2010)
- MTA (Maden Tetkik ve Arama), 2008. Sivas ili maden ve enerji kaynakları. [http://www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye\\_maden/maden\\_potansiyel\\_2010/sivas\\_madenler.pdf](http://www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye_maden/maden_potansiyel_2010/sivas_madenler.pdf) (20.06.2010)
- Nieboer, E., Richardson, D.H.S., 1980. The replacement of the nondescript term "heavy metals" by a biologically and chemically significant classification of metals ions. *Environment Pollution*, 1, 3-26.
- NTVMSNBC, 2009. Ordu'nun 1 günlük suyu kaldı, NTVMSNBC, Ordu, Türkiye, <http://www.ntvmsnbc.com/id/25003593> (26.09.2009).
- Oertel, N., 1991. Heavy metal in *Cladophora glomerata* (L.) Kütz in the river Danube. *Ambio*, 20(6), 264-268.
- Oertel, N., 1993. The applicability of *Cladophora glomerata* (L.) Kütz in an active bio-monitoring technique to monitor heavy metals in the river Danube. *Science of The Total Environment*, 134, Supp 2, 1293-1304.
- Özer, A., Özer, D., Dursun, G., Bulak, S., 1999. Cadmium(II) adsorption on *Cladophora crispata* in batch stirred reactors in series. *Waste Management*, 19, 233-240.
- Özer, A. ve Özer, D., 1998. Nikel(II) iyonlarının iki kademeli kesikli kapta *Cladophora crispata* ile giderilmesi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 22, 305-313.
- Özer, D., Özer, A. and Dursun, G., 2000. Investigation of zinc(II) adsorption on *Cladophora crispata* in two-staged reactor. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 75, 410-416.
- Öztürk, M., Bat, L., Öztürk M., 1994. Sinop kıyılarında yayılış gösteren *Ulva lactuca* (L.) *Le Jolis 1863* örneklerindeki ağır metal düzeyleri üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, Seri B. Ek 16/1*, 187-195.
- Pajevic, S., Borisev, M., Roncevic, S., Vukov, D., Igetic, R., 2008. Heavy metal accumulation of Danube river aquatic plants-indication of chemical contamination. *Central European Journal of Biology*, 3(3), 285-294.
- Prescott, G.W., 1970. *Algae of The Western Great Lakes Area*. W.M.C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa, pp.137.
- Rai, L.C., Gaur, J. P., Kumar H.D., 2008. Phycology and heavy-metal pollution. *Biological Reviews*, 56(2), 99 – 151.
- Rai, U.N., Sinha, S., Tripathi, R.D., Chandra, P., 1995. Wastewater treatability Potential of some aquatic macrophytes: removal of heavy metals. *Ecological Engineering*, 5(1), 5-12.



- Robinson, N. J., 1989. Algal metallothioneins: secondary metabolites and protein. *Journal of Applied Phycology*, 1(1), 5-18.
- Sağlam, N., Cihangir, N., 1995. Ağır Metallerin biyolojik süreçlerle biyosorbsiyonu çalışmaları. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 11, 157-161.
- Schubauer-Berigan, M.K., Dierkes, J.R., Monson, P.D., Ankley, G.T., 1993. pH-dependent toxicity of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn to *Ceriodaphnia dubia*, *Pimephales promelas*, *Hyalella azteca* and *Lumbriculus variegatus*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(7), 1261–1266.
- Shunkla, Girja S., Singhal, Radhey L., 1984. The present status of biological effects of toxic metals in the environment: lead, cadmium and manganese. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 62(8), 1015-1031.
- SKKY, 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 13.02.2008 Tarih ve 26786 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Taylan, Z.S., Özkoç, H. Böke, 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2), 17-33.
- TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 2008. Metalik madenler. [http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1\\_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0) (21.04.2006)
- TS 266, 2005. Türk Standardı 266, insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, sular-içme ve kullanma suları, Türk Standartları, Ankara.
- Turan, D., Taş, B., Çelik, M., Yılmaz, Z., 2008. Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye) Balık Faunası. *Journal of Fisheries Sciences*. 2(5), 698-703.
- Tüfekçioğlu, A., 2003. Mesudiye havzası toprak özellikleri ve bitki örtüsü. “Mesudiye’de biyolojik çeşitlilik ve organik tarım alternatifi, Melet Çayı Havzası-Mesudiye Yöresi’nin biyolojik çeşitlilik açısından değerlendirilmesi Çalışmayı 29 Haziran - 02 Temmuz, Mesudiye, Ordu”. Çalıştay Bildiri Kitabı (Editör: A. Ekşi) s: 16-22. Mesudiye Gelişme Vakfı Yayını Yayın No:2.
- Tüzen, M., 2002. Determination of trace metals in Sea Lettuce (*Ulva lactuca*) by Atomic Absorbtion Spectrometry. *Fresenius Environmental Bulletin*, 11(7), 405-409.
- Uruç, K., Demirezen Yılmaz, D., Akbulut, H., 2008. Farklı pH değerlerinin *Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L.’de nikel alınımı ve klorofil miktarına etkisi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 13-15.
- Villares, R., Puente, X., Carballeira, A., 2001, *Ulva* and *Enteromorpha* as indicators of heavy metal pollution. *Hydrobiologia*, 462, 221–232.
- Vymazal, J., 1984. Short-term uptake of heavy metals by periphyton algae. *Hydrobiologia*, 19(3), 171-179.
- Vymazal, J., 1987. Zn uptake by *Cladophora glomerata*. *Hydrobiologia*, 148(2), 97-101.
- Vymazal, J., 1989. Uptake of heavy metals by *Cladophora glomerata*. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 18(6), 657 – 665.
- Wase, D.A.J. and Forster, C.F., 1997. Biosorption of heavy metals: an introduction. *Biosorbents for Metal Ions*. (Editörler: C.F. Forster, D.A.J. Wase), CRC Pres, 1-9s, UK.
- Whitton, B.A., Burrows, I.G., Kelly, M.G., 1989. Use of *Cladophora glomerata* to monitor heavy metals in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 1(4), 293-299.
- WHO, 1999. Guidelines for drinking-water quality, World Health organization, Geneva.

Zatta, P., Gobbo, S., Rocco, P., Perazzolo, M., Favarato, M., 1992. Evaluation of heavy metal pollution in the Venetian lagoon by using *Mytilus galloprovincialis* as biological indicator. Science of the Total Environment, 119, 29-41.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Esra Deniz CANDAN  
 Doğum Yeri : Samsun  
 Medeni Hali : Evli  
 Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Fen Fak., Biyoloji Böl., Ankara  
 (1998-2003)  
 Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi, Fen Fak., Biyoloji Böl.,  
 Biyoteknoloji ABD, Ankara (2004-2007)  
 2. Yüksek Lisans: Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak., Biyoloji Böl.,  
 Botanik ABD, Ankara ( 2008-2010)

**Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:** Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak., Biyoloji  
 Böl., Botanik ABD. Ordu. (2008-devam)

**İletişim Bilgileri:** Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak., Biyoloji Böl., Botanik ABD.

### Projelerde Yaptığı Görevler:

Klinik İzolatlardan Elde Edilen *Staphylococcus aureus* Suşlarının Fenotip ve Genotip  
 Olarak Tanımlanması. Tübitak Proje No: 104T481, **Yardımcı Araştırmacı**, 2005

### Katıldığı Kurslar ve Bilimsel Aktiviteler

“**Biyokimyada Yeni Uygulamalar Proteom Analizleri ve Uygulama Alanları**”  
 Meslek İçi Eğitim Programı 23-24 Haziran 2005; Türk Eczacıları Birliği Eczacılık  
 Akademisi Ankara.

“**Uygulamalı Moleküler Mikrobiyoloji Kursu, Moleküler Epidemiyoloji**”6-10  
 Haziran 2005 İnönü Üniversitesi, Malatya Moleküler ve Klinik Mikrobiyoloji Derneği  
 Malatya.

“Genetik Tiplendirmede PCR Uygulamaları”, 13-15 Ekim 2004 İstanbul Üniversitesi, Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Araştırma ve Uygulama Merkezi (BIYOGEM) İstanbul.

**Bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler:**

1. **Candan E.D**, Taş B, “Orta Karadeniz Kıyısında (Ordu) Yayılış Gösteren *Ulva rigida*’da Azot, Fosfor ve Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi”, 15. *Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Rize 2009.
2. Ertürk Ö, Taş B, **Candan E.D**, Demirkol G, Depe Öksüz H, “Vona Koyu (Ordu, Türkiye) Kıyısında Bulunan Deniz Alg Ekstraktların Antibakteriyal ve Antifungal Aktiviteleri”, 15. *Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Rize 2009.
3. **Üslü E.D**, Bilkay Seyis I, Aksöz N, “Metisiline duyarlı ve dirençli *Staphylococcus aureus* suşlarının RAPD PCR yöntemi ile tanımlanması”, 5. *Ulusal Moleküler ve Tanısal Mikrobiyoloji Kongresi*, 2008 Ankara.
4. **Üslü E.D**, Aksöz N, Seyis I, “Klinik İzolatlardan elde Edilen *Staphylococcus aureus* Suşlarının Fenotipik ve Genotipik Yöntemler İle Tanımlanması ve Karşılaştırılması” 15. *Ulusal Biyoteknoloji Kongresi*, 2007 Antalya.
5. **Üslü E.D**, Aksöz N, Seyis I, “Klinik İzolatlardan Elde Edilen *Staphylococcus aureus* Suşlarının Tanımlanması ve Karşılaştırılması”, 18. *Ulusal Biyoloji Kongresi*, 2006 Aydın.

**İlgi Alanları**

- Biyoteknolojik Uygulamalar
- Mikroorganizmalarda Genetik Tiplendirme
- Alglerde Ağır Metal Birikimi