

**MELET IRMAĞI'NDA (ORDU) *Cladophora crispata*'da BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİ****Esra Deniz Candan<sup>1\*</sup>, Beyhan Taş<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye<sup>2</sup> Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ordu, Türkiye

Received: 22.02.2013 / Accepted: 01.10.2013 / Published online: 05.03.2014

**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 kadmiyum, kobalt, krom, bakır, kurşun, nikel, demir ve çinko konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla belirlenen dört farklı istasyondan toplanan örnekler endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi (ICP-MS) ve atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS)'de analiz edilmiştir. Ağır metallerin ölçüm değerleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bakır, kurşun ve çinko maden işletmesine yakın ikinci istasyondaki *Cladophora crispata* örneklerinde kurşun (Pb; 844,9 µg/g) değerleri diğer istasyonlara ait ölçüm değerleriyle karşılaştırıldığında (ANOVA), farklar anlamlı ve önemli bulunmuştur. Bu çalışma Melet Irmağı'nda ağır metal konusunda yapılan ilk çalışmadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Cladophora crispata*, Ağır metal birikimi, ICP-MS, Melet Irmağı**Abstract:****Heavy Metal Levels in *Cladophora crispata* in Melet River (Ordu)**

*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 cadmium, cobalt, chrome, copper, lead, nickel, iron and zinc concentration of *Cladophora crispata* samples taken from stations on Melet River provided drinking water in Ordu. For this aim, the concentrations of heavy metals in *Cladophora crispata* sample were collected from four different stations, were determined using ICP-MS and AAS methods. All heavy metals were statistically analysed and evaluated. When the lead (Pb; 844.9 µg/g) values of the *Cladophora crispata* samples collected from the second stations near copper, lead and zinc mining industry were compared with the data from other stations (ANOVA), the differences were meaningful and significant.

**Keywords:** *Cladophora crispata*, Heavy metal accumulation, ICP-MS, Melet River.**\* Correspondence to:****Esra Deniz CANDAN**, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

Tel: +90 312 297 80 24 Fax: +90 312 299 20 28

E-posta: [esrauslu@hacettepe.edu.tr](mailto:esrauslu@hacettepe.edu.tr)

## Giriş

Ülkemizde son yıllarda giderek artan çevresel problemlerin başında ağır metal iyonlarından kaynaklanan su kirliliği gelmektedir. Su kirliliğinin artması endüstri alanındaki büyümeyi çok iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Endüstriyel işlem ve ürünlerde ağır metal kullanımını son yıllarda hızla artmakta ve buna bağlı olarak sucul ortamda yaşayan hayvansal ve bitkisel canlılar üzerinde birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır (Foy ve ark., 1978, Kayhan ve ark., 2009).

Buldukları su ortamı ve diğer canlılar ile sürekli etkileşimde olan akuatik organizmalardaki kirlilik ortamı potansiyel kirlilik seviyesini temsil etmektedir (Taylan ve Özkoç, 2007). Özellikle mikroorganizma grubu içerisinde algler de dahil olmak üzere birçok bakteri ve mantar türü metal kirliliğinin dağılımı ve birikimini araştırmak için kullanılmaktadır (Sağlam, 1995). Bunun yanında; su örnekleri, sedimentler, sucul bitkiler, gastropodlar ve balıklar da kirliliğin tespiti için kullanılmaktadır (Dallinger, 1994, Rai ve ark., 1995, Canlı ve Athı, 2003, Elmacı ve ark., 2005, Arıman ve ark., 2007).

Akuatik sistemde ekolojik açıdan önemli bir grup olan Chlorophyta içinde yer alan makro algler birçok araştırmacı tarafından ağır metal kirliliğinin göstergesi (indikatörü) olarak kullanılmaktadır (McCormick ve Cairns, 1994). 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. *Cladophora* türleri sucul ortamdaki ağır metal kirliliğinin araştırılmasında kullanılan en iyi biyoidikatörler arasında yer almaktadır (Whitton ve ark., 1989, Oertel, 1991, Graham ve Wilcox, 2000, Çavuşoğlu ve ark., 2007). 1976'dan günümüze ortamdaki çeşitli ağır metal kaynaklı kirliliklerin saptanmasında *Cladophora* örnekleri sıklıkla kullanılmaktadır (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). *Cladophora crispata* kullanılarak krom, nikel, kadmiyum ve çinko ağır metallerinin giderimine yönelik çalışmaların sayısı artmaktadır (Aksu ve ark., 1996; Özer ve ark., 1999; Özer ve Özer, 1998; Özer ve ark., 2000).

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 biyoidikatör türlerden biri olan *Cladophora crispata* kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Melet Irmağı üzerinde ırmak sucul ekosistemine etki edebilecek yerler göz önünde bulundurularak belirlenen dört istasyondan toplanan *Cladophora crispata* örneklerindeki kadmiyum, krom, kobalt, bakır, kurşun, nikel, demir ve çinko birikimleri incelenmiştir.

## Materyal ve Metot

Melet Irmağı'nda 2008 yılının Temmuz ayında yoğun popülasyon oluşturan *Cladophora crispata* örnekleri ve su örnekleri belirlenen 4 istasyondan toplandı. Toplanan alg örneklerindeki ağır metal (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Fe ve Zn) konsantrasyonları belirlenmiştir. Örneklem noktalarında çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık ve çözünmüş oksijen gibi fiziksel parametrelerin ölçümü taşınabilir sistem kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## Çalışma Alanının Tanımı

Çalışma alanını oluşturan Melet Irmağı, Ordu ilinin en önemli akarsuyu olup bölgenin Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında doğal bir sınır oluşturmaktadır. Melet Irmağı 3167 m yüksekliğindeki Karagöl Dağları üzerinde doğarak Mesudiye'yi 3 km geçtikten sonra 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 dökülmektedir (DSİ, 2003). Ordu ilinin içme suyunun yaklaşık %60'ı Melet Irmağı'ndan kar-

şlanmaktadır. Bu nedenle ırmak kent için önemli bir tatlı su rezervidir.

Bu çalışmada, ağır metal analizleri için kullanılacak olan *Cladophora crispata* örnekleri Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan toplanmıştır. Maden ocağı işletmelerinin yakını, fındık tarımının yapıldığı yerler vb. ırmak sucul ekosistemine etki edebilecek yerler göz önünde bulundurularak belirlenen 4 istasyonun konumları Şekil 1'de verilmiştir. Numune alınan birinci istasyon Güzelyurt Köyü, Koyulhisar (Sivas), ikinci istasyon Kızılelma Köyü, Koyulhisar (Sivas), üçüncü istasyon Mesudiye (Ordu), dördüncü istasyon Bayadı Köyü, Merkez (Ordu) olarak belirlenmiştir.

Birinci istasyonun (Güzelyurt Köyü-Koyulhisar) güneydoğusunda Kurşunlu mevkinde bakır, kurşun ve çinko cevher damarları yer almaktadır (Gökçe, 1990). Örneklememizin yapıldığı Devren Deresi de Çandır mevkinde yer alan bakır, kurşun ve çinko üretimi yapan bir maden işletmesine yakın geçmekte ve buradan da Melet Irmağı'na karışmaktadır. 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.

Birinci istasyon doğal maden rezervlerine yakın buralardaki işletmelere uzak bir yer seçilirken, ikinci istasyon (Kızılelma Köyü-Koyulhisar) özellikle bakır, kurşun ve çinko işletmesi yapan maden işletmesi güzergahında seçilmiştir. Üçüncü istasyon (Mesudiye-Ordu) diğer istasyonlarla karşılaştırıldığında yerleşim alanına en yakın istasyondur. Dördüncü istasyonun bulunduğu bölgede Kabadüz ilçesi Akgüney Köyü'nde Melet Irmağı Havzası'nda konumlanmış bakır, kurşun ve çinko işletmesi

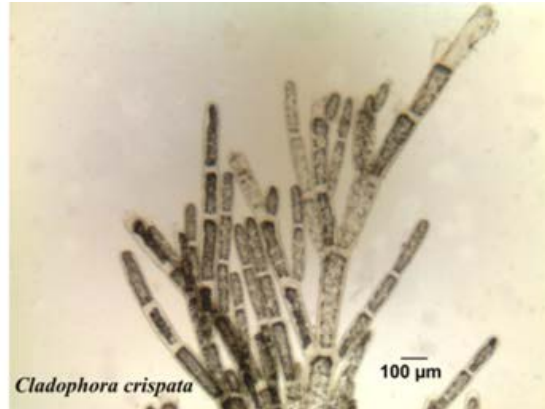
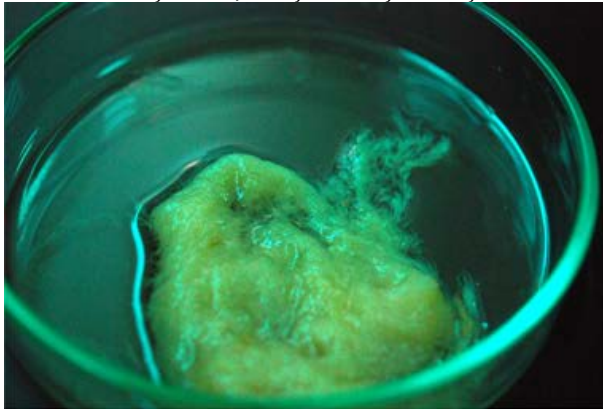
bulunmaktadır. Örneklememizin yapıldığı 2008 tarihinde devir işlemlerinden dolayı maden işletmesi kapalıdır. Fakat işletme sahasında önceki çalışmalardan dolayı depolanmış atık maddeler açık havuzlarda bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma istasyonlarını gösteren harita (Google Earth programı kullanılmış ve modifiye edilmiştir).

### *Cladophora crispata*

*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). *Cladophora crispata*'ya ait görünüm Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. *Cladophora crispata* örneğinin makro (solda) ve mikroskobik görüntüsü (sağda).

### Alg Örneklerinin Analizi

*C. crispata* örneklerinden 1g alınarak ısıya dayanıklı cam şişeler içerisine bırakılmış ve kurutma fırınında 105°C de 24 saat kurutulmuştur.

### Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS) Analizi

Homojenize edilen yaklaşık 0.5g 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 ile ölçüldü (Chmielewska ve Medved, 2001).

### Atomik Absorbsiyon 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.

### İstatistiksel Analiz

*Cladophora crispata* örneklerindeki ağır metal birikim düzeylerinin istasyonlar arasındaki farklılıklarının tespiti tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Duncan's testi ile gerçekleştirildi.

### Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Ordu İli içme suyunun karşılandığı Melet Irmağı kıyılarında Temmuz ayında yoğun popülasyonlar oluşturan *C. crispata*'nın absorbe ettiği ağır metal yükleri araştırılmıştır. Farklı istasyonlardan toplanan örneklerdeki kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), bakır (Cu), kurşun (Pb), nikel (Ni), demir (Fe) ve çinko (Zn) düzeyleri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Örnekleme istasyonlarında, alınan alg örneklerindeki metal konsantrasyonları ile muhtemel ilişkileri bulabilmek için sudaki fizikokimyasal özellikler saptanmıştır. İstasyonlarda

ölçülen sıcaklık (21.9-26.7) ve pH (7.77-9.21) değerlerinde birinci istasyondan dördüncü istasyona doğru artış görülmüştür. 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.

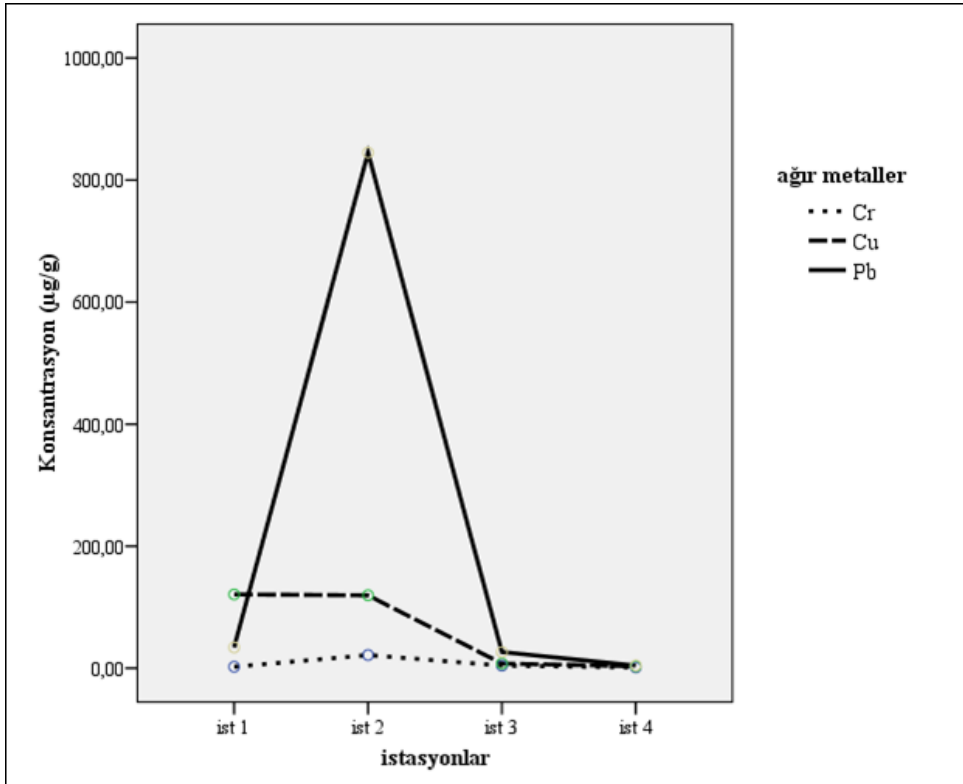
Tüm istasyonlardan alınan *C. crispata* örneklerine ait ağır metal konsantrasyonları Tablo 1'de verilmiştir. İstasyonlardan alınan alg örnekleri metal miktarları açısından yapılan istatistiksel değerlendirmede istasyonlar arasında yalnızca kurşun yönünden önemli bir fark ( $p < 0.05$ ) gözlemlendi. Duncan's testi sonucuna göre ağır metallerin önem sırası;  $Pb > Cu > Cr > Co > Ni > Cd > Fe > Zn$ , istasyonlar arası önem sırası ise;  $İst2 > İst1 > İst3 > İst4$  şeklindedir.

Bakır, kurşun ve çinko maden rezervine sahip olan birinci istasyon ağır metal birikimi yönünden yoğun bir istasyondur. Bu elementlerden bakır, kurşun, kobalt ve nikel oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Birinci istasyonun güneyine yakın Kurşunlu Mevkii ile Melet Irmağı arasında Cu, Pb ve Zn cevher damarları yer almaktadır (Gökçe, 1990). Hem bakır, kurşun ve çinko maden rezervine sahip hem de çeşitli maden işletmelerine ev sahipliği yapan ikinci istasyon, dört istasyon içerisinde *C. crispata*'da ağır metal birikimi yönünden en yoğun istasyondur. Bu istasyondan toplanan alg örneklerinde kurşun (844.9  $\mu\text{g/g}$ ), bakır (119.5  $\mu\text{g/g}$ ), krom (21.66  $\mu\text{g/g}$ ), kadmiyum (5.135  $\mu\text{g/g}$ ) ve çinko (1.5937  $\mu\text{g/g}$ ) ağır metallerinin oranlarının diğer istasyonlara göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Birinci istasyonda örnekleme yapıldığı Devren Deresi bu bölgede yer alan bakır-çinko-kurşun işletmesine oldukça yakın geçmekte ve buradan da Melet Irmağı'na karışmaktadır. Buna ek olarak Sivas ili Gümüşlü ve Kurşunlu Mevkii ve çevresinde adlarından da anlaşılacağı üzere bakır, kurşun ve çinko ele-

mentlerinin 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. Şekil 3'teki interaksiyon grafiğinde de görüldüğü üzere her iki istasyondan elde edilen sonuçlar, ırmağın bu istasyonlardan önce hem doğal hem de işletme kaynaklı kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir.

Üçüncü istasyondaki ağır metal birikiminin boyutları dördüncü istasyondaki ile hemen hemen aynıdır ve diğer istasyonlara göre ağır metal birikimi açısından en düşük yoğunluğa sahip istasyonlardır. Dördüncü istasyonun yakınında başka bir Pb-Cu-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 bu maden işletmesinden oldukça uzakta bulunması olarak verilebilmektedir.



Şekil 3. İstasyonlara göre ağır metal konsantrasyonlarını gösteren interaksiyon grafiği.

**Tablo 1.** *C. crispata* örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının istasyonlara göre ortalama  $\pm$ ss değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3) ve tanımlayıcı istatistik değerleri

| Ağır metaller   | Cd    | Co             | Cr              | Cu              | Pb                | Ni               | Fe             | Zn             |                |
|-----------------|-------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| İstasyonlar     | İst 1 | 2.7 $\pm$ 0.05 | 20.3 $\pm$ 0.28 | 2.5 $\pm$ 0.05  | 121.0 $\pm$ 11.13 | 34.2 $\pm$ 0.29  | 7.5 $\pm$ 0.10 | 0.3 $\pm$ 0.03 | 1,1 $\pm$ 0,12 |
|                 | İst 2 | 5.1 $\pm$ 0.13 | 4.4 $\pm$ 0.18  | 21.7 $\pm$ 0.35 | 119.5 $\pm$ 2.21  | 844.9 $\pm$ 5.81 | 3.8 $\pm$ 0.14 | 0.3 $\pm$ 0.03 | 1,6 $\pm$ 0,06 |
|                 | İst 3 | 0.5 $\pm$ 0.03 | 2.0 $\pm$ 0.05  | 4.4 $\pm$ 0.04  | 7.7 $\pm$ 0.34    | 26.6 $\pm$ 1.30  | 2.6 $\pm$ 0.06 | 2.2 $\pm$ 0.10 | 0,3 $\pm$ 0,04 |
|                 | İst 4 | 3.9 $\pm$ 0.09 | 0.9 $\pm$ 0.32  | 1.4 $\pm$ 0.01  | 3.4 $\pm$ 0.10    | 4.5 $\pm$ 0.19   | 2.8 $\pm$ 0.32 | 2.5 $\pm$ 0.62 | 0,2 $\pm$ 0,04 |
| En düşük        | 0,50  | 0.56           | 1.36            | 3.26            | 4.31              | 2.48             | 0.26           | 0.21           |                |
| En yüksek       | 5,27  | 20.57          | 22.01           | 132.13          | 850.71            | 7.62             | 3.15           | 1.65           |                |
| Veri sayısı (n) | 12    | 12             | 12              | 12              | 12                | 12               | 12             | 12             |                |
| Ortalama        | 3,05  | 6.90           | 7.48            | 62.90           | 227.53            | 4.19             | 1.32           | 0.81           |                |
| Standart sapma  | 1,77  | 8.18           | 8.63            | 60.12           | 372.47            | 2.06             | 1.11           | 0.58           |                |
| p*              | 0,88  | 0.09           | 0.05            | 0.17            | <b>0.02*</b>      | 0.24             | 0.20           | 0.35           |                |

\* p&lt;0.05 önemli

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.

Çavuşoğlu ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında Kızılırmak Nehri çevresindeki sanayi kuruluşları yakınındaki ikinci istasyondan toplanan *Cladophora* örneklerinde başta kurşun olmak üzere yüksek miktarlarda krom, bakır, çinko ve kadmiyuma rastlanmıştır. Çalışmamızın yapıldığı Melet Irmağı'nda da maden işletmesinin yakınında bulunan ikinci istasyonda kurşun, bakır, krom, kadmiyum ve çinko oldukça yüksek değerlerde bulunmuştur. Her iki çalışmada da işletmelere veya sanayi kuruluşlarına yakın olan istasyonlarda ve benzer metallerin yüksek bulunması açısından paralellik göstermektedir.

## Sonuç

Çalışmamızda elde edilen bulgular ikinci ve üçüncü istasyonlarda bulunan öncelikle kurşun, devamında bakır, krom ve demir 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.

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 örneklemenin 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. Faaliyette

olmayan maden tesisinde 23 Eylül 2009'da ise 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. 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. Su Kalite Kontrol Yönetmeliği'ne göre içilebilir nitelikteki 1. kalite suyun içerisindeki Pb miktarının 10 µg/L olması gerekmektedir (SKKY, 2008).

Çalışmamızdan elde edilen 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.

## References

Aksu, Z., Özer, D., Ekiz, H.İ., Kutsal, T., Çağlar, A., (1996). Investigation of biosorption of chromium(VI) on *Cladophora crispata* in two-staged batch reactor, *Environmental Technology*, **17**: 215-220.

doi: [10.1080/09593331708616379](https://doi.org/10.1080/09593331708616379)

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.
- 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.  
**doi: [10.1515/BOT.2008.059](https://doi.org/10.1515/BOT.2008.059)**
- 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.  
**doi: [10.1016/S0269-7491\(02\)00194-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00194-X)**
- Chmielewska, E., Medved, J., (2001). Bioaccumulation of heavy metals by green algae *Cladophora glomerata* in a refinery sewage lagoon, *Croatia 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.
- Dallinger, R., (1994), Invertebrate organisms as biological indicators of heavy metal pollution, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, **48**(1): 27-31.  
**doi: [10.1007/BF02825356](https://doi.org/10.1007/BF02825356)**
- 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.  
**doi: [10.1016/j.mineng.2008.10.006](https://doi.org/10.1016/j.mineng.2008.10.006)**
- 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.
- Elmacı, A., Yonar, T., Özengin, N., Türkoğlu, H., (2005). Zn(II), Cd(II), Co(II) ve remazol türk blue-G boyar maddesinin sulu çözeltilerinde kurutulmuş *Chara* sp., *Cladophora* sp. ve *Chlorella* sp. türleri ile biyosorpsiyonun araştırılması, *Ekoloji*, **4**(55): 24-31.
- 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.  
**doi: [10.1146/annurev.pp.29.060178.002455](https://doi.org/10.1146/annurev.pp.29.060178.002455)**
- Gökçe, A., (1990). Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) damar tipi Pb-Zn-Cu yataklarında kükürt izotopları incelemesi, *Madencilik ve Arama Dergisi*, **111**: 111-118.
- Graham, L.E., Wilcox L.W., (2000). Algae. Green algae II-Ulvophyceae. Prentice Hall, NJ, pp.435-437.
- John, D.M., (2002). Order Cladophorales (=Siphonocladales). In: John, D.M., Whittton, B.A. and Brook, A.J. (Eds.), *The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 468-470.
- 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.  
**doi: [10.1016/j.chemosphere.2007.12.004](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.12.004)**
- Kayhan, F.E., Muşlu, M.N., Koç, N.D., (2009). Bazı Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar, *Journal of Fisheries and Sciences*, **3**(2): 153-162.  
**doi: [10.1016/0043-1354\(76\)90076-2](https://doi.org/10.1016/0043-1354(76)90076-2)**
- Keeney, W.L., Breck, W.G., Van Loon, 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.  
**doi: [10.1016/0043-1354\(76\)90076-2](https://doi.org/10.1016/0043-1354(76)90076-2)**
- McCormick, P.V., Cairns, J.J., (1994). Algae as indicators of environmental change, *Journal of Applied Phycology*, **6**(5-6): 509-526.  
**doi: [10.1007/BF02182405](https://doi.org/10.1007/BF02182405)**
- McHardy, B.M., George, J.J., (1990). Bioaccumulation and toxicity of zinc in the green alga, *Cladophora glomerata*, *Environmental Pollution*, **66**(1): 55-66.  
**doi: [10.1016/0269-7491\(90\)90198-L](https://doi.org/10.1016/0269-7491(90)90198-L)**
- Oertel, N., (1991). Heavy metal in *Cladophora glomerata* (L.) Kützt in the river Danube, *Ambio*, **20**(6): 264-268.
- Oertel, N., (1993). The applicability of *Cladophora glomerata* (L.) Kützt in an active biomonitoring technique to monitor heavy metals in the river Danube, *Science of The Total Environment*, **134**(2): 1293-1304.  
**doi: [10.1016/S0048-9697\(05\)80135-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(05)80135-4)**
- Özer, A., Özer, D., Dursun, G., Bulak, S., (1999). Cadmium(II) adsorption on *Cladophora crispata* in batch stirred reactors in series, *Waste Management*, **19**(3): 233-240.  
**doi: [10.1016/S0956-053X\(99\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(99)00082-3)**
- Özer, A., Özer, D., (1998). Nikel(II) iyonlarının iki kademeli kesikli kapta *Cladophora crispata* ile giderilmesi, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, **22**(4): 305-313.
- Özer, D., Özer, A., Dursun, G., (2000). Investigation of zinc(II) adsorption on *Cladophora crispata* in two-stage reactor, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, **75**: 410-416.  
**doi: [10.1002/\(SICI\)1097-4660\(200005\)75:5<410::AID-JCTB226>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4660(200005)75:5<410::AID-JCTB226>3.0.CO;2-X)**
- Prescott, G.W., (1970). Algae of The Western Great Lakes Area. WM.C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa.
- 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.  
**doi: [10.1016/0925-8574\(95\)00011-7](https://doi.org/10.1016/0925-8574(95)00011-7)**
- Rai, L.C., Gaur, J. P., Kumar H.D., (2008). Phycology and heavy-metal pollution, *Biological Reviews*, **56**(2): 99 – 151.  
**doi: [10.1111/j.1469-185X.1981.tb00345.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1981.tb00345.x)**
- Sağlam, N., Cihangir, N., (1995). Ağır Metallerin biyolojik süreçlerle biyosorbsiyonu çalışmaları, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **11**: 157-161.
- 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 akua-tik organizmaların biokullanılabilirliği, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **9**(2): 17-33.
- Tüzen, M., (2002). Determination of trace metals in Sea Lettuce (*Ulva lactuca*) by Atomic Absorption Spectrometry, *Fresenius Environmental Bulletin*, **11**(7): 405-409.
- Villares, R., Puente, X., Carballeira, A., (2001). Ulva and Enteromorpha as indicators of heavy metal pollution, *Hydrobiologia*, **462**: 221-232.  
**doi: [10.1023/A:1013154821531](https://doi.org/10.1023/A:1013154821531)**

Vymazal, J., (1984). Short-term uptake of heavy metals by periphyton algae, *Hydrobiologia*, **19**(3): 171-179.

doi: [10.1007/BF00015208](https://doi.org/10.1007/BF00015208)

Vymazal, J., (1987). Zn uptake by *Cladophora glomerata*, *Hydrobiologia*, **148**(2): 97-101.

doi: [10.1007/BF00008394](https://doi.org/10.1007/BF00008394)

Vymazal, J., (1989). Uptake of heavy metals by *Cladophora glomerata*, *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, **18**(6): 657-665.

doi: [10.1002/aheh.19900180605](https://doi.org/10.1002/aheh.19900180605)

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.

doi: [10.1007/BF00003464](https://doi.org/10.1007/BF00003464)