

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇANAKKALE BOĞAZI'NDA (ÇANAKKALE,
TÜRKİYE) YAYILIŞ GÖSTEREN
BAZI ALGLERDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

Mehtap ÜSTÜNADA

Danışman :
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ERDUĞAN

Ocak 2009
ÇANAKKALE

**ÇANAKKALE BOĞAZI'NDA (ÇANAKKALE,
TÜRKİYE) YAYILIŞ GÖSTEREN
BAZI ALGLERDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı**

Mehtap ÜSTÜNADA

**Danışman :
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ERDUĞAN**

Ocak, 2009

ÇANAKKALE
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Mehtap ÜSTÜNADA tarafından **Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ERDUĞAN** yönetiminde hazırlanan “**Çanakkale Boğazı’nda (Çanakkale, Türkiye) Yayılış Gösteren Bazı Alglerde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ERDUĞAN
(Danışman)
Yönetici

Prof. Dr. Veysel AYSEL
Jüri Üyesi

Doç. Dr. Selahattin YILMAZ
Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi:28/01/2009

Müdür

Prof. Dr. Neşet AYDIN
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bana bu çalışmada yol gösteren, tez danıőmanlıęını yürüten, tez konusunun belirlenmesinden, çalışmanın sonuçlandırılmasına kadar görüő ve önerilerini bana sunan, her çeşit desteği sağlayan ve her türlü yardımı benden esirgemeyen ilkin değerli hocam Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü Baőkan Yardımcısı ve Biyoloji Bölümü ğretim yesi sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ERDUğAN'a, her türlü literatür desteğini esirgemeyen ve tez süresi boyunca her konuda yardımlarını gördüğüm Biyoloji Bölüm Baőkanı ve Biyoloji Bölümü ğretim yesi olan sayın Prof. Dr. Veysel AYSEL'e, Kimya Bölümü ğretim yesi Doç. Dr. Selahattin YILMAZ'a saygı ve teőekkürlerimi sunar; arazi çalışmalarında yardımlarını gördüğüm arkadaőlarım Orçun TEMİZLER ve Engin İLE'ye teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Mehtap ÜSTÜNADA

SİMGELER VE KISALTMALAR

g	: Gram
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
d	: Yoğunluk
der	: Derişik
Cd	: Kadmiyum
Cu	: Bakır
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko
Fe	: Demir
Hg	: Civa
Cr	: Krom
Co	: Kobalt
Mn	: Mangan
Ni	: Nikel
İ	: İlkbahar
Y	: Yaz
S	: Sonbahar
K	: Kış
HNO₃	: Nitrik Asit
HClO₄	: Perklorik Asit
HCl	: Hidroklorik Asit
ppm	: Parts per million
ICP-AES	: İndüktif Eşlemeli Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi
IOC	: Intergovernmental Oceanographic Commission

**ÇANAKKALE BOĞAZI'NDA (ÇANAKKALE, TÜRKİYE) YAYILIŞ
GÖSTEREN BAZI ALGLERDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

ÖZET

Çağımızdaki en önemli çevre sorunlarından biri olan deniz kirliliği, bazen organizmalar için tehdit edici boyutlara ulaşabilmektedir. Ağır metaller, canlılar için gerekli miktarlarının üzerine çıktığında toksik etki göstermektedir. Bu metaller deniz suyuyla birlikte denizde yaşayan diğer canlılarda da birikme özelliğine sahiptir. Denizde ağır metal biriktiren en önemli organizmalardan biri de deniz yosunlarıdır. Bu çalışmada, besin zinciri yoluyla insanı da etkileyen toksik ağır metallerin, su ve deniz yosunlarındaki miktarlarının belirlenmesi esas alınarak Çanakkale Boğazı'ndaki farklı noktalardan alınan bazı algler ve bu alglerin buldukları ortamdan alınan su numunelerinde ağır metal (Cd, Zn, Cu, Pb) kirliliği İndüktif Eşlemeli Plazma-Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES) tekniği ile araştırılmıştır. Mevsimsel olarak toplanan alg ve su örneklerinde bu metallerin birikim miktarları belirlenmiştir. Bu amaçla alınan alg ve su örnekleri laboratuara getirilecek gerekli ön işlemler tabi tutulduktan sonra ICP-AES tekniği ile analizleri yapılmıştır.

Elde edilen bulgulara göre, kirlilik yönünden en fazla rastlanılan element Pb olup mg/l düzeyindedir. Genel olarak su ve alg örneklerinde yazın ağır metal miktarlarında önemli oranda bir artış belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çanakkale Boğazı, ağır metal, alg, ICP-AES.

Hazırlanan bu Yüksek Lisan Tezi BAP tarafından 2008/43 no'lu projeden desteklenmiştir.

INVESTIGATION OF POLLUTION OF HEAVY METAL IN SOME ALGAE FROM DARDANELLES (ÇANAKKALE, TURKEY)

ABSTRACT

Sea pollution is one of the most environmental problems threaten some organisms in the world. Heavy metals effect toxic if the living get too much. These metals have accumulation potential in the seawater and the other organisms which live in the sea. Algae is one of the most accumulation heavy metal organisms in the sea. In this study, toxic heavy metal (Cd, Zn, Cu, Pb) pollution, which affected human beings through marine food chain, had been researched in some algae and seawater samples collected from different points of Dardanelles by ICP-Atomic Emission Spectrometry Method (ICP-AES) techniques. Accumulation level of these heavy metal had been determined in some algae and seawater samples had been collected four times by the seasons. Therefore collected algae and seawater samples had been brought to laboratory. After they had been prepared for analysis, analysis were performed by (ICP-AES) techniques.

According to findings, the element that causes the pollution in the biggest amount is Pb. This amount is about mg/l. Generally, increase level of these heavy metal had been determined in some algae and seawater samples in the summer.

Key words: Dardanelles, heavy metal, algae, ICP-AES.

İÇERİK	Sayfa
TEZ SINAV SONUÇ BELGESİ	ii
TEŞEKKÜR.	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.	iv
ABSTRACT	v
ÖZET	vi
BÖLÜM 1 - GİRİŞ	1
1.1. Ağır Metaller	3
1.1.1. Kadmiyum (Cd).....	5
1.1.2. Bakır (Cu)	6
1.1.3. Çinko (Zn).....	7
1.1.4. Kurşun (Pb)	7
1.2. Makro Algler	8
1.2.1. Chlorophyta (Yeşil Algler)	8
1.2.2. Heterokontophyta (Kahverengi Algler)	9
BÖLÜM 2 - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	10
BÖLÜM 3 - MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Çalışma Alanı	17
3.1.2. Ağır Metal Analizinde Kullanılan Makro Algler	18
3.1.2.1. <i>Ulva rigida</i> J.Agardh	18
3.1.2.2. <i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot	19
3.1.2.3. <i>Cystoseira barbata</i> (Stackhouse) C. Agardh	20
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Aletler.....	21
3. 2. Yöntem	21
3.2.1. Makro Alglerde Ağır Metal Analizi	21
3.2.2. Deniz Suyunda Ağır Metal Analizi.....	22

BÖLÜM 4 - BULGULAR	23
4.1. Lapseki'den Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi	33
4.2. Gelibolu'dan Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi	34
4.3. Eceabat'dan Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi	35
4.4. Kilitbahir'den Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimleri	36
4.5. İntepe'den Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi.....	37
4.6. Yeni Kordon'dan Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi	38
BÖLÜM 5 – TARTIŞMA VE SONUÇ	44
KAYNAKLAR	47
Tablolar	56
Şekiller	57
Özgeçmiş	58

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sanayi devrimi insanlığa çok yarar sağladığı gibi doğal kaynakların hızlı ve bilinçsiz bir şekilde tüketilmesine de neden olmuştur. Sürekli artan tüketim, nüfus artışına paralel olarak yeni endüstri kollarının kurulmasını ve gelişmesini tetiklemiştir. Kurulan her tesis zaten doğal yollarla kirlilik oluşturan ağır metallerin doğaya salınımını daha da arttırmıştır. Ağır metal salınımındaki sürekli artış bir süre sonra tehdit edici boyutlara ulaşmaya başlayıp, doğanın binlerce yılda kurduğu dengenin bozulmasına neden olmuştur. Besin zinciri ilişkisi açısından değerlendirildiğinde, zincirin her aşamasındaki canlılara verdiği zarar da buna paralel olarak artmaya başlamıştır.

Çevre kirliliği çok geniş boyutlu bir kavramdır. Farklı meslek grupları tarafından değişik kirlilik tanımları vardır (Kesgin, 1988). Örneğin; sudaki yaşam çeşitlerine bir azalma getirerek dengeyi bozabilecek her hareket yada suda yaşayan canlılara negatif etkisi olabilecek herhangi bir maddenin eklenmesidir. Çevre kirlenmesi, çevrenin kalitesinde yapılan bir takım değişiklikten dolayı insanların yararı için kullanılmasını engelleyecek davranışların neticesidir. Çevre kirlenmesi, doğanın diğer faydalı kullanımlarını engelleyecek bir faaliyettir. Değişik maddelerin arzu edilmedikleri bir yerde birikmeleridir. Çevre kirliliği özellikle de su kirliliği; canlı kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık türü çalışmaları engelleyici ve su kalitesini bozucu etkiler yaratabilecek bir kirliliktir.

Doğal dengeyi bozan kirlenici unsurlar; renk değişimine ve bulanıklılığa neden olan maddeler, organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktif maddeler, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak sınıflandırılabilir (Kayhan, 2006). Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer alıp, ekolojik dengeyi tehdit eder düzeylere ulaşabilmektedir (Yarsan ve diğ., 2000). Bazı metallerin belirli çevresel şartlar altında biriktirilebilir olması, yüksek derecede toksik olmaları ve bütün sucul sistemlerde kararlı olarak bulunmalarından dolayı, önemli bir grubu oluşturmaktadırlar (El-Sikaily ve diğ., 2004).

Ağır metal kirliliği, dŸnyadaki sediment ve deniz suyundaki en önemli kirliliklerden birisidir. Sucul bölgelere endŸstriyel, toprak ve pis suların boşaltılması, ağır metal konsantrasyonunu artırmaktadır (TŸrkođlu, 1992; Balcı ve TŸrkođlu, 1993; Alonso, 2004; zmen, 2004). Bununla birlikte atık su, akaryakıt, kanalizasyon ve gemilerin sebep olduğu diğer atık maddeler denizlerdeki kirliliğe sebep olmaktadır. Körfez ve i denizlerde grŸlen ağır metal kirliliği, açık denizlerdeki kirlilikten daha önemli ve etkilidir. Bu anlamda gerek Karadeniz gerekse Marmara Denizi'nden gelen ve Akdeniz'e Ÿst akıntılarla ulaşan kirli suların önemli bir geçiş noktası olan Çanakkale Boğazı hem alt hem de Ÿst akıntılarının etkisi altındadır. Fakat Çanakkale Boğazı'ndan Ÿst akıntıyla Akdeniz'e doğru taşınan ağır metal kirliliği alttan Karadeniz'e taşınan kirlilikten daha fazladır. anakkale Boğazı'nda ağır metal ve iz elementlerinin artışına sucul vrenin optimum stabilitesini bozan atık suların sebep olduğu belirtilmektedir (SŸren ve diğer., 2007).

Genel olarak, organizmalardaki ağır metal birikimi ve besin zincirinde onların tŸketilmesi sonucu toksik metal birikimi çok ciddi sağlık problemlerine sebebiyet vermektedir (TŸrkođlu ve Parlak, 1999; GŸndŸz, 1999). Özellikle kurşun, sinir sisteminde ve kanın oluşumu için ihtiyaç duyulan kemiklerde çok bŸyŸk deformasyonlar yaratmaktadır (Doğan ve Soylak, 2000). Deniz suyundaki Cd ve Pb'nun besin zincirini ciddi olarak etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle sucul sistemdeki iz metallerinin belirlenmesi çok daha fazla önem kazanmaktadır.

GŸnŸmŸzde tespit edilebilmiş seksenden fazla elementin deniz suyunda zŸnmŸř olduğunu dŸřŸndŸđŸmŸzde deniz canlılarının mineral bakımından ne denli zengin bir potansiyele sahip olduğu gerçeği ortaya çıkar. Denizin primer Ÿreticileri olan algler deniz suyunda zŸnmŸř bilinen veya henŸz tayin edilememiş birçok elementi direkt olarak tŸm yŸzeyleri ile alma avantajları sayesinde mineral madde alımının yalnız kök sistemiyle sınırlandığı kara bitkilerine kıyasla ŸstŸn sayılabilmektedirler. Bu durum göz nŸne alındığında, alglerin veya suda yaşayan diğer organizmaların alım sisteminin önemi ortaya çıkar. Yurdumuz sahip olduğu coğrafik konumu ve uzun kıyılarının avantajı ile gelecekte deniz kaynaklarından en iyi istifade edebilecek Ÿlkeler arasına girebilir. Bu ancak su ŸrŸnlerinin bilinçli

değerlendirilmesi ve kıyılarımızın yeterince korunması ve temiz tutulması ile mümkün olabilir (Çetingül, 1993).

Bu çalışmada, Çanakkale Boğazı'nda belirlenen altı istasyondan toplanan yeşil ve kırmızı algelere ait üç örneğin kimyasal analizleri yapılmış ve ağır metal birikim düzeylerindeki farklılıklar mevsimsel olarak ölçülmüştür.

1.1. Ağır Metaller

Sucul ortamda meydana gelen ağır metal kirliliği, besin zinciri sürecinde artarak biriktirildiklerinden toksik etkileri artmakta ve önemli bir çevresel problem oluşturmaktadır (Figueira ve diğ., 1999).

Metal, elektron vererek pozitif (+) değerlikli iyon haline geçebilen, asitlerde yer alan hidrojen [H+] ile yer değiştirebilen, kendi aralarında bileşik oluşturmayan fakat ametallerle bileşik oluşturabilen, oksitleri bazik olan, normal şartlar altında Civa (Hg) hariç katı olup, ısı ve elektriği iyi ileten, metalik bir renk parlaklığına sahip elementlerdir (Türkmen, 2003). Bu fiziksel ve kimyasal özellikleri taşıyan, atomik ağırlığı demir (Fe) (56)'dan daha yüksek olan yada 5g/mL'den daha fazla yoğunluğa sahip olan elementler ağır metal olarak isimlendirilmektedir ve bu kategoriye yaklaşık 40 kadar element girmektedir (Lobban ve Harrison, 1997). Metallerin sucul ortamlara girişleri, doğal yada insan kaynaklı olabilmektedir. Bu girişler, kayaların aşınması, topraktan süzülme, volkanik aktiviteler, madencilik çalışmaları, maden cevherinin ayrıştırılması, fosil yakıtların kullanımı, tekne ve gemi aktiviteleri, kentsel ve endüstriyel atıkların deşarjı ile olmaktadır (Lobban ve Harrison, 1997; Kennish, 1998). Ayrıca bunlara orman yangınları ve rüzgar esintileri ile gelen tozlarda ilave olmaktadır (Clark ve diğ., 1997). Sucul ortamlara en önemli metal girdileri ise endüstriyel deşarjlarla olmaktadır. Bunun dışında yağmurlar, atmosferden okyanuslara kadmiyum, Cu, çinko ve özellikle kurşunun önemli miktarlarını taşımaktadır. Atmosferdeki bu metaller fosil yakıtlarının yanmasından ve uçucu organo-metal bileşiklerinden kaynaklanır (Haritonidis ve Malea, 1999). Yine Egemen (2000) tarafından ağır metallerin endüstrinin birçok dalında yaygın olarak kullanıldığını ve atık olarak doğaya karıştığını belirtmiştir.

Deniz suyundaki metalin fiziksel ve kimyasal formları, metallerin kimyasal özelliklerine bağlı olduğu kadar suyun pH'ı, potansiyel redoks, iyonik güç, tuzluluk, alkalinite, organik ve partikül maddelerin varlığı ve biyolojik aktiviteler gibi çevresel faktörlere de bağlıdır (Fytianos ve diğ., 1999). Bu faktörlerde meydana gelen değişimler, metalin kimyasal formlarının değişmesine neden olabilir ve metalin sucul organizmalarca alımını etkiler. Ayrıca kayalar üzerinde bulunan alglerin pozisyonu (örneğin gel-git döngüsünde algin su içinde kalma süresi) sıcaklık, mevsimler ve ortamda bulunan diğer kirleticilerin varlığı gibi diğer faktörler metal birikimini etkilemektedir. pH<7 olduğu durumlarda metaller genellikle serbest katyonlar olarak bulunur ve çözünmeyen hidroksitler, oksitler, karbonatlar yada fosfatlar gibi çökme eğiliminde olan bileşikleri oluştururlar. Kıyısal alanlarda, birincil üretime önemli ölçüde katkıda bulunan deniz makro algleri, deniz suyunda çözünmüş halde bulunan metalleri kolaylıkla bünyelerine alabilmekte ve biriktirebilme yeteneğine sahip olduklarından, çoğunlukla deniz suyunun metal kirliliğinin göstergeleri olarak kullanılmaktadır (Mohamed ve Khaled, 2005). Makro algler, metal derişimlerinin belirlenerek, ortam kalitesi ve metal kirliliğinin seviyeleri ile ilgili verilerin elde edilmesinde önemli yer tutmaktadır. Ayrıca çoğu makro alg türü nispeten uzun yaşam evresine sahip olduklarından, buldukları ortamın metal derişimindeki kısa süreli dalgalanmaları yansıtabilmektedir. Bu amaçla makro alglerden *Ulva* Linnaeus, *Codium* Stackhouse ve *Cystoseira* Agardh cinslerine ait türler, genellikle denizlerde ağır metal düzeylerinin belirlenmesinde en çok kullanılan gösterge türlerdir (Fytianos ve diğ., 1999). Özellikle *Ulva* türleri birçok metali kolaylıkla bünyelerinde biriktirdiklerinden çok iyi bir indikatör tür olarak kabul edilmektedir (Haritonidis ve Malea, 1994). Ayrıca kahverengi alglerden *Padina* Adanson ve *Sargassum* Agardh türlerinin kirlilik çalışmalarında iyi bir gösterge tür oldukları yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Filho ve diğ., 1997).

Denizde ağır metal biriktiren en önemli organizmalardan birini deniz yosunları oluşturur. Deniz yosunlarında da en çok bulunan ağır metaller arasında Kadmiyum (Cd), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Kurşun (Pb) yer almaktadır.

1.1.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, başta saflaştırmalardan, Cd, Cu ve Ni tasfiyesinden ve yakıtların yanması sonucu çevreye katılmaktadır. En çok pil, stabilizer, pigment ve kaplamada kullanılmaktadır. Atmosfere en çok Cd emisyonu Cd/Ni üretiminden salınmaktadır. Sucul ortama giren Cd canlı organizmalara göre daha hızlı olarak sedimentte birirmektedir. Kadmiyumun yüzey sularındaki konsantrasyonu 0,05 ppb olarak verilmiştir ama son araştırmalarda bu değerin 0,22 ppb'ye kadar yükseldiği literatürde görülmektedir. Kadmiyum mikroorganizmalarda bitkisel ve hayvansal dokularda birikebilmektedir. Bazı yumuşakçalarda konsantrasyon faktörü 4000 olarak saptanmıştır. Kadmiyum metallothienin kompleksleri tarafından izole edilmektedir. Bu proteinler yüksek oranda kükürt içeren aminoasitlerdir ve bağlanan kadmiyumun hücre içi reseptörlerle etkileşimini engellemektedir. Kadmiyum balığın en çok solungaçlarında, karaciğer ve böbreklerinde birikir. Kadmiyumun omurgasız deniz organizmalarındaki akut toksisitesinin sudaki eşik değeri 7,0 mg/l olarak verilmiştir. Kronik toksisitesi ise oldukça düşüktür (0,28'de 3,0 mg/l arasında.) Kronik etkileşimde, 0,5 ve 5,2 mg/l konsantrasyonlardaki ortamda bulunan balıkların yarısı 168 ve 408 saatte ölmektedir. Balık embriyo ve yavrularının çok daha hassas oldukları da bilinen bir gerçektir. Kadmiyumun Akdeniz'in mikro-planktonlarında değişim aralığı 0,4 ile 5,1 $\mu\text{g.g}^{-1}$, makro-planktonlarında ise 0,4 ile 7,5 mg/l arasında bulunurken, bu değer balıklarda ortalama olarak 0,19 mg/l olarak bulunmuştur (Fowler, 1986).

Ülkemizde sucul ortamlardan toplanmış makro alg örneklerinde Cd değeri, 1979-1988 yılları için Karadeniz'de 1,03 ile 6,5 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 1990-1992 yılları için Boğaziçi makro alglerinde 0,97 ile 3,23 mg/l olarak saptanmıştır (Güven ve diğ., 1992). Kadmiyum konsantrasyonu 1991-1992, 1994-1995 ve 1997-1988 Karadeniz'den toplanan makro alg türlerinde genelde 1 mg/l düzeylerine inmiştir (Güven ve diğ., 1998). Marmara Denizi'nden 2000 yılında toplanan makro alg örneklerinde ise Cd konsantrasyonu <0,02 den küçük bulunmuştur (Topcuoğlu ve diğ., 2004). Karadeniz'den toplanan midye, deniz salyangozu ve balık örneklerindeki kadmiyumun miktarı, sırasıyla: 1,8-6,4, 0,4-2,2 ve 0,1-0,2 mg/l kuru ağırlık olarak

bulmuştur. Marmara denizi balıklarında ise bu metal sayım limitlerinin altında tespit edilmiştir (Topcuoğlu, 2004).

1.1.2. Bakır (Cu)

Bu metal de sağlıklı yaşam için gereklidir ancak yüksek konsantrasyonda zararlı olabilmektedir. Yüksek düzeyde Cu'nun vücuda girişi karaciğer ve böbreklerde zararlar yapabileceği gibi ölüme bile neden olabilmektedir (Güven ve diğ., 2003).

Endüstriyel ve evsel deşarjlarda denizel ortama giren Cu, atmosferik yolla da yaş yada kuru olarak çökelerek girdiği gibi, doğal kaynaklardan da sucul ortamlara girmektedir (Güven ve diğ., 2002). Cu daha çok fitotoksik ağır metal olarak bilinmekte, bu nedenle düşük konsantrasyonlarda bile alg türlerindeki çoğalmayı ve fotosentezi inhibe edebilmektedir. Cu'ya karşı omurgasız deniz organizmaları, balıklara göre daha duyarlıdır (Topcuoğlu ve diğ., 2001).

Ağır metal kontaminasyonunda indikatör organizmaların önemli bir yeri vardır. En yüksek Cu konsantrasyonu balıkların karaciğerinde, et ve solungaçlarında yüksek oranda bulunduğunu, örneğin *Solea senegalensis* balığının karaciğerinde bulunan Cu konsantrasyonu 124 mg/l kuru ağırlık olarak tespit etmişlerdir. Karaciğerinde depolanan Cu'nun kanda bulunan hemosiyanin ile de ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir (Arellano ve diğ., 1999).

Ülkemiz sularından toplanan makro alg örnekleri arasında, en yüksek Cu konsantrasyonu 164 mg/l olarak Marmara-Şarköy'den alınan *Cystoseira barbata* (Good. Et. Wood.) J. Ag. taksonunda saptanmıştır. Rize'den alınan 1998 yılı midye örneğinde 11,5 ve Karadeniz-Ünye'den 2001 yılında toplanan midyelerde, deniz salyangozu ve balık örneklerinde bulunan yüksek değerler, sırası ile 29,70 ve 6 mg/l olarak tespit edilmiştir (Topcuoğlu ve diğ., 2004). Ege kıyılarında yapılan bir araştırmada, aynı midye türünde bulunan en yüksek Cu konsantrasyonu 52 mg/l olarak verilmiştir (Uğur ve diğ., 2002).

1.1.3. Çinko (Zn)

Çinko hücrenin çok sayıda unsuru ile ilişkili olduğundan, 200'den fazla enzim ve proteinde tayin edilmiştir. Yaşam için gerekli ve organegen bir metal olan Zn, bazı deniz organizmaları tarafından metabolik ihtiyaçtan çok fazla miktarda biriktirilmektedir. Çinko, çevreye doğal oluşum yanında, fosil yakıtların tüketimi ve geniş kullanım sonucu aşırı miktarda girmektedir.

Çinkonun bir istiridye türünde (*Mya arenaria*) yapılan ekotoksikolojik değerlendirilmede en düşük değeri 168 saat sürede 1,550 µg/l bulunmuştur. Sucul ortamda yaşayan mikroskopik organizmalar üstündeki Zn'nun toksik etkisi daha etkilidir. Deniz suyunda Zn konsantrasyonu 8,0 µg/l ve aynı yerin sedimentinde 168,0 µg.kg⁻¹ iken orada yaşayan bir stiridye (*Pitar murrhuama*) de Zn konsantrasyonu 443,0 µg.kg⁻¹ yumuşak doku da saptanmıştır. Akdeniz'in çeşitli yörelerinden toplanan mikrop planktonik organizmalarda saptanan Zn miktarı 224-769 mg/l kuru ağırlıkta değişirken, aynı bölgenin balıklarında ortalama Zn değeri 69 olarak verilmiştir (Fowler, 1986).

1.1.4. Kurşun (Pb)

Kurşun, fosil yakıtların tüketimi ve endüstriyel emisyonlarla en yüksek düzeyde çevreye verilir. Sucul ortama havadan veya nehirler vasıtasıyla giren Pb'un, denizel organizmalardaki etkisi, sudaki konsantrasyonuna, maruz kalma sürecine, tür farkına ve suda kurşunun çözünübilirliğine etki eden sertlik, pH gibi birçok çevresel faktörlere bağlıdır. Örneğin, 96 saat maruz kalmada saptanmış olan en düşük değerleri (balık için): Tetrametil Pb için 50, trimetil Pb için 24600, Pb² için 18000 µg/l olarak bulunmuştur. Organizmaların kas dokusunun karaciğere göre daha az Pb içerdiğini saptamışlardır. Gastropod'larda saptanan Pb düzeyi diğer omurgasız organizmalardan daha fazladır. Ülkemiz sularında yapılan araştırmalarda, 1997 yılından sonra Karadeniz'den alınan makro alg örneklerinde Pb düzeyi sayım limitlerinin (< 0,5) altında bulunmuştur (Topcuoğlu ve diğ., 2002). Sadece, Pazar ve Rize'den 2001 yılında toplanan balık hariç diğer organizma türlerinde belli düzeylerde Pb tespit edilmiştir (Topcuoğlu ve diğ., 2003b). Genelde, 2000 Marmara makro alg örneklerinde de Pb kontaminasyonu söz konusu olmamıştır (Topcuoğlu ve

diğ., 2004). Önceki yıllarda yapılan araştırmalarda Pb düzeyi oldukça yüksek bulunmuştur. Örneğin 1986 yılında Sinop'tan toplanan bir makro alg türünde 24,6 mg/l Pb tesbit edilmiştir (Güven ve diğ., 1992). 1997 yılından sonra, alınan önlemler nedeniyle tüm biota örneklerinde Pb düzeyleri anlamlı olarak azalmıştır.

Makro alg türlerinde ülkemiz sularında yapılan analizlerde en yüksek Zn konsantrasyonu 1994 Şile örneğinde 108 mg/l ve 2000 Marmara örneğinde 286 mg/l olarak saptanmıştır (Topcuoğlu ve diğ., 2001-2004). Amasra'dan alınan midye örneğinde Zn konsantrasyonu 513 ve deniz salyongozunda 256 mg/l olarak saptanmıştır (Topcuoğlu ve diğ., 2002). 1987 yılında yakalanan lüfer balığında Zn konsantrasyonu 81 mg/l olarak tespit edilmiştir (Topcuoğlu ve diğ., 1990).

1.2. Makro Algler

Yeryüzünde hemen bütün denizlerde bulunan canlı gruplarıdır. Ekolojik olarak farklı ortamlarda bulunmalarına karşın çoğunluğu sularda yaşar. Bu ortamlarda algler, organik karbon bileşiklerinin en büyük üreticisidirler.

Göllerde ve denizlerde yüzeyden 100 m aşağıda yada daha düşük ışık yoğunluğu ve yüksek basınç altında yaşayabilirler. Algler su ortamında primer üretici olan canlılardır. Yapılarındaki pigmentleri sayesinde karbondioksit ve suyu ışığın etkisi ile karbohidratlara çevirirler, böylece su ortamındaki besin değerinin ve çözünmüş oksijen oranının artmasını sağlarlar. Sonuçta kendi gelişimlerini sağlayarak besin zincirinin ilk halkasını oluştururlar. Bu şekilde üretime olan katkıları ve üst basamaktaki canlılarla olan ilişkileri açısından önem taşımaktadırlar.

Alglerin sınıflandırılmasında içerdikleri pigmentler, biyokimyasal özellikleri, depoladıkları maddeler ve kamçı gibi organellerinin yapıları ve hayat devreleri göz önüne alınır. Bu çalışmada *Heterokontophyta* ve *Chlorophyta* üyelerine ait üç örnekle çalışılmıştır. Çalışılan alglere ait bölümlerin özellikleri kısaca şöyledir.

1.2.1. Chlorophyta (=Yeşil Algler)

Chlorophyta (=Yeşil Algler) yaygın olarak tatlı sularda yaşarlar, tuzlu sularda ve yüksek dağlarda da gelişebilen türleri mevcuttur. Tek hücreli olmalarına ek olarak

bazılarında uzun filamentler oluşmuştur. Yaygın olarak yeşil renkte olduklarından yeşil algler olarak adlandırılırlar. Hücrelerinde klorofil a ve b olmak üzere 2 çeşit pigment bulunur. Bu sayede yiyeceklerini nişasta şeklinde depo ederler (Ross, 1983).

1.2.2. Heterokontophyta (=Kahverengi Algler)

Heterokontophyta (=Phaeophyta, Kahverengi Algler), en iyi bilinen tuzlu su organizmasıdır. Bu grup alglerin en yaygın özelliği okyanus kıyıları boyunca kayaların üzerini kaplamaları ve kayalara tutunarak yaşamlarını sürdürmeleridir. Yüzlerce metre uzunluğunda gelişebilenleri mevcuttur. Tutunmaları tamamen mekaniktir ve türe özgü içerdikleri partikülleri sayesinde tutunurlar. Bu grup alglerin bilinen en önemli özellikleri alginat olarak adlandırılan molekülleri üretmeleridir. Bu ürünler de dondurma, kek, puding, krem ve mum gibi çoğu kozmetik maddesinin yapımında kıvamlaştırıcı olarak kullanılırlar. Alginat aynı zamanda da mükemmel bir iyot kaynağıdır (Ross, 1983).

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Teknolojinin hızla ilerlemesi ve buna bağlı olarak da ağır metal endüstrisinin çoğalması, bu endüstrilerin bulunduğu bölgelerde büyük çevre kirliliklerine neden olmuştur. Deniz kıyısında olsun yada olmasın üretim sistemlerinin hepsinde oluşan üretim atıkları doğa tarafından değiştirilmektedir. Ancak bu değişim doğal kaynaklı olanlarda çok yüksek olduğu halde sentetik kökenli olanlarda çok azdır. Özellikle ağır metaller ile yüzyılımızın en büyük kirleticileri olan polimerlerin değişimleri hemen hemen yok gibidir. Denizlerin kirlenmesinde büyük etken olan deterjanlar kirlenmenin boyutlarını daha da artırmaktadırlar. İnsan atıkları genel olarak evsel atıklar içerisinde düşünülmekte olup doğal sistemler tarafından değişimleri oldukça hızlıdır. Bunlar kimi ülkelerde uygun kimyasal yöntemler ile gübre şeklinde kullanılır. Deniz kirlenmesinde insan atıklarının zararlı olmadığı bilinmektedir. Çünkü insan atıkları ile denizel canlıların atıkları arasında pek fark bulunmamaktadır. Ancak evsel atıkların tümünü insan atıkları oluşturmamaktadır. Diğer atıklarda kirlenmede önemli rol oynamaktadır. Denizel canlıların çıkardıkları dışkı miktarı insan atıklarından oldukça fazladır. Bunlarda hiçbir şekilde kirlenmeye etki etmemektedirler (Büyükışık ve Erbil, 1987).

Denizel canlılardan besin kaynağı olarak yararlanan insanlar açısından deniz kirliliği önemlidir. Bu kirlilikte önemli bir indikatör olan alglerin kirliliğinin bilinmesi toplum sağlığı açısından çok yararlıdır. Ayrıca denizlerden yararlanma yalnız alg ve balıkçılık yönünden olmayıp teknolojiye büyük girdisi olan minerallerin eldesinde de kullanılmaktadır. Kısaca kirliliği, özellikle deniz kirliliğini IOC; (Intergovernmental Oceanographic Commission)'a göre; "Deniz çevresine insanlar tarafından doğrudan yada dolaylı olarak verilen veya enerji sonucunda deniz canlıları ve insan sağlığı için zararlı olan balıkçılık da dahil olmak üzere denizdeki aktiviteyi değiştiren, deniz suyunun içme suyu olarak kullanımında kaliteyi bozan ve tadını değiştiren etmenlerin tümü" olarak tanımlanır (Gerlach, 1976).

Deniz suları ile yapılan çalışmaların sayısı oldukça fazladır. Bunlar arasında yöntem ve kapsam olarak önde gelenlerin birkaçı aşağıda verilmiştir.

Yamamoto ve diğ. (1979) deniz alglerinin element içeriklerini sistematik bir şekilde saptamışlardır. Kimi araştırmacılar hem deniz suyu hem de algler üzerinde çalışmalar yapmışlardır (Smith, 1975).

Sperling (1976) ve çalışma arkadaşları deniz sularında ve deniz organizmaları üzerinde geniş bir tarama yaparak (Sperling, 1977), özellikle kirlenmede önemi büyük olan ağır metal tayinlerini gerçekleştirmişlerdir (Sperling, 1986). En çok çalıştıkları bölge ise kuzey denizidir. Araştırılan elementler Cd, Pb, Zn, Cu' dır. Ayrıca yeni tayin yöntemleri geliştirmişlerdir.

Manley ve diğ. (1980) alg ve deniz otlarının gelişiminin I, Fe, Cu, Mo, Co, Zn ve Mn elementlerinin etkisini hazırladıkları yapay deniz suyu ortamında incelemişler ve katyonları iyon değişimi yardımıyla polianyonik hücre çeperine bağlandığını bildirmişlerdir. Bu araştırmaların daha sonra göl ve akarsularda da gerçekleştirmişlerdir (Rehwoldth, 1974). Deniz kirlenmesinde en etkin elementlerden biri olan Cd algleri direk olarak etkilemekte ve kısa sürede ölümlerine neden olmaktadır. Cd ile birlikte tayini gerçekleştirilen diğer bir element ise Pb'dır. Özellikle Cd üretimin yakın olduğu bölgelerdeki deniz florasının ve faunasının çok kısa sürelerde yok olduğu görülmüştür. Bu konuda toksidite ölçüm amacıyla pek çok sayıda bilimsel araştırma mevcuttur (Bednarz, 1985; Denton, 1986; Drude, 1975; Kerfood, 1973; Skowronski, 1985; Sperling, 1984; Terzieva, 1985). Cd, kimi çalışmalarda tek başına kimilerinde ise diğer elementlerle birlikte tayin edilmiş olup hepsinin amacı da kirliliğin saptanmasıdır. Yeşil algler (Ahlf, 1980) ve kırmızı algler (Noda, 1972) üzerinde yapılan çalışmalarda Pb ve Zn miktarları ölçülerek tolerans sınırları belirlenmiştir. Hücre içerisine giren ağır metaller, hücre içerisindeki organik bileşikler ile orgono metalik maddeler oluşturarak sitoplazmada hücre içi organellerine besin ve oksijen taşıyan bileşikler yapı değişikliğine uğratılmaktadırlar. Bu metaller genel olarak Pb, Zn, Cu, Fe, Mn ve Ni'dir (Jennett, 1982; Krupina, 1981). Dünyanın değişik denizlerinde örneğin Baltık denizi (Blode, 1982), Karadeniz (Krupina, 1981; Saenko, 1981) ve Japon Denizi'nde değişik alg türlerinde bazı elementlerin alg miktarı tayin edilmiştir.

Kanadalı bir araştırma grubu ise hava ve deniz suyu numunelerinde farklı yöntemlerle metal ve metal bileşiklerini tayin etmişlerdir (Van Loon, 1983).

Z. Grobanski ve diğ. (1984) Grafit Küvet yöntemi ile AAS ile çalışmışlardır. Çalışma alanları daha çok okyanus sularıdır. Mo, Cr, Ni, As, Mn ve Cd tayinlerini yapmışlar ve sonuçları karşılaştırmalı olarak sunmuşlardır.

Akarsular yardımıyla denizlere taşınan kirlilikler önce buraları kirletmekte sonra algler tarafından zorunlu olarak absorbe edilmektedir. Bu absorbe edilen miktarlar alglere türüne ve yapısına bağlı olarak toksik etkilerde bulunabilmektedir. Biyokimyasal yollarla deniz suyundan hücre çeperlerine oradan da sitoplazmaya alınan metal ve ametaller içeren iyonlar belli bir seviyeden sonra hücre içerisinde ve çeperlerinde bozulmalara ve hatta toksidite derecesine göre ölümlere sebep olabilmektedirler. Renk farklılıkların, fiziksel değişimler oluşturan bu iyonlar, izlenen alglerin besin zincirinde yer almaları sebebiyle hızla diğer besin sistemlerine aktarılmaktadırlar. Her ne kadar ülkemizde alglerden besin maddesi olarak yararlanılmamakta ise de balıklar ve diğer canlılar tarafından tüketilmeleri sebebi ile kısa zamanda topluma aktarılmaktadırlar (Quatrano ve diğ., 1985).

Sivalingam ve diğ. (1978), tropikal deniz alglerinin metal seviyelerini saptayarak bazı alg çeşitlerinin kirlilik indikatörü olarak kullanılabileceğini kanıtlamıştır. Hint yarımadasını çevreleyen denizlerde metal kirlilikleri algler yardımıyla genel olarak incelenmiştir (Agadi, 1978). Alglerin içerisinde bulunan bazı polisakkaritlerin kullanımındaki önemi sebebiyle ağır metallerle yaptıkları bileşiklerin birikimleri araştırılarak bunlara ait veriler ortaya çıkarılmıştır (Veroy, 1980). Kızıldeniz’de (El-Tawil ve Baghlaf, 1983), Karadeniz’deki Onsan Bölgesi’nde (Kim ve diğ., 1980), Çin’de (Luo, 1983), İngiltere, Yugoslavya, Filipinler ve Malezya’da yapılan olkal araştırmalar neticesinde hangi metallerin hangi seviyelerde biriktikleri araştırılmıştır (Munda, 1978; Sivalingam ve diğ., 1978; Whyte ve Englar, 1980). Japon denizinde yapılan bir araştırmada (Lykova, 1983) yeşil alglerdeki Cu, Zn, Fe ve Mn miktarları belirlenmiştir. Metal kirlenmesi sonucunda alglerin amonit içerikleri de değişkenlik göstermektedir. Bu konuda da bazı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Dave, 1978; Munda, 1976). Ayrıca U, Pb, Ag, Cu ve Zn varlığında alglerin, ortamı sıcaklık ve pH’ına bağlı olarak Au absorpsiyonu incelenmiş ve absorpsiyon güçleri saptanmıştır (Kuyucak, 1986). Akdeniz’in farklı kesimlerinde (Lübnan, Adriyatik Denizi’nin kuzeyi v.b.) metal kirliliğinin derecesini

belirlemek için deniz alglerinin kullanıldığı çeşitli çalışmalar mevcuttur (Swadis ve diğ., 2001).

Çevre kirliliği ile ilgili olarak ağır metal birikimi konusunda Türkiye’de ve diğer ülkelerde birçok çalışma yapılmıştır. Makro alglerin yukarıda belirtilen birçok türünün ağır metalleri biriktirebildiği ve bu nedenle ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde gösterge canlılar olabileceği bildirilmektedir. Bu konuda ülkemizde ve diğer ülkelerde yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Batkı ve diğ. (1999), Ege Denizi’nde yaptıkları çalışmada, 13 istasyondan alınan çökel örneklerinde 0,20- 0,42 mg/l Cd, 30–50 mg/l Pb, 14- 40 mg/l Cu ve 27–106 mg/l Zn değerlerini saptamışlardır. Haritonidis ve Malea (1999), Thermaikos Körfezi’nde (Yunanistan), yeşil alglerden *Ulva rigida* taksonunda ağır metal birikimini çalışmış ve metal yoğunluklarının nispi sıralamasının Fe > Zn > Pb > Cu > Cd şeklinde olduğunu belirlemişlerdir. Pempkowiak ve diğ. (1999), Baltık ve Norveç denizlerinden aldıkları çökel örneklerinde 0,57–16,40 µg.kg⁻¹ Cd, 2,4–114,40 µg.kg⁻¹ Pb, 20,20- 213,70 µg.kg⁻¹ Cu, 124- 3465 µg.kg⁻¹ Zn ve 0,14- 3,36 µg.kg⁻¹ Fe belirlemişlerdir. Paez-Osuna ve diğ. (2000), Meksika’nın Pasifik kıyılarından (Mannzanillor) aldıkları *U. Lactuca* taksonunda kuru ağırlıkta ortalama metal derişimlerini Cu için 8,1 µg.g⁻¹, Cd için 1,3 µg.g⁻¹, Fe için, 2532 µg.g⁻¹, Zn için 29,9 mg/l ve Cr için 4,4 mg/l olarak rapor etmişlerdir. Çetingül ve diğ. (2000), Ege Denizi sahillerinde yayılış gösteren *Cladophora dalmatica* ve *Ceramium ciliatum* var. *robustum* taksonlarının ağır metal içeriği üzerine yaptıkları çalışmada, her iki türde ağır metal birikim düzeyine göre sıralamanın Fe > Zn > Mn > Cu şeklinde olduğunu belirlemişlerdir. Kut ve diğ. (2000), İstanbul Boğazi’ndan topladıkları *Ulva lactuca* taksonunda Fe derişimini kuru ağırlıkta ortalama 154 mg/l Zn derişimini 8,3 µg.g⁻¹, Pb derişimini 2,1 µg.g⁻¹, Cu derişimini 4,0 mg/l ve Cd derişimini 0,38 mg/l olarak belirlemişlerdir. Swadis ve diğ. (2001), Ege Denizi’nin farklı bölgelerinde dağılım gösteren kırmızı, kahverengi ve yeşil alglerin en yaygın bulunan türlerinde iz element derişimlerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda en yüksek düzeylerin, Cu için *Cladophora* sp.’de 29,3 µg.kg⁻¹, Zn için *Gracilaria gracilis* (=G. *verrucosa*) taksonunda 155,3 µg.kg⁻¹, Cd için *Corallina panizzoi* R. Schnetter & Richter (=C. *officinalis*) taksonunda 2,9 µg.kg⁻¹ ve Pb için *Cladophora* sp.’de 24,7 µg.kg⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Topçuoğlu ve diğ. (2001), Karadeniz’de Şile kıyılarında

yaptıkları çalışmada, makro alglerde Cd için 0,35–2,00 $\mu\text{g.g}^{-1}$; Zn için 24,10–107,9009 $\mu\text{g.g}^{-1}$; Fe için 122,30–106609 $\mu\text{g.g}^{-1}$; Pb için 0,50–23,5 mg/l ve Cu için 1,95–24,10 mg/l birikim saptadıklarını bildirmişlerdir. Campanella ve diğ. (2001), İtalya kıyılarında belirlenen beş istasyondan topladıkları kahverengi alg örneğinde Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn derişimlerini araştırmışlardır. *P. pavonia* taksonunda Cd derişimini 0,66–2,06 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Cu derişimini 10,4–13,3 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Pb derişimini 5,2–11,4 mg/l ve Zn derişimini 44–84 mg/l olarak belirlemişlerdir. Sanchez-Rodriguez ve diğ. (2001), Meksika kıyılarından topladıkları *L. papillosa* örneğinde, 1900 mg/l Fe ve 36 mg/l Zn; *Laurencia johnstonii* örneğinde 200 mg/l Fe, 29 mg/l Zn, bulunduğunu rapor etmişlerdir. Storelli ve diğ. (2001), İtalya'nın Güney Adriyatik kıyısında makro alg, sediment ve diğ. bentik türler üzerinde ağır metal birikimini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, makro alglerde (*U. lactuca*, *Codium vermilara (Olivi)* *Chiaje*, *Enteromorpha prolifera*) belirlenen metal birikim düzeyleri sıralamasını Fe > Zn > Cu olarak belirlemişlerdir. Fe derişiminin 337,10–553,01 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Zn derişiminin 58,79–127,27 mg/l ve Cu derişiminin 10,33–12,07 mg/l arasında değıştığını rapor etmişlerdir. Ayrıca çökel örneklerinde ortalama 0,20 mg/l Cd, 4,43 mg/l Pb, 16,98 mg/l Cu, 95,8 mg/l Zn ve 8838 mg/l Fe değerlerini belirlemişlerdir. Villares ve diğ. (2001), İspanya kıyılarından topladıkları *Enteromorpha* sp.'de yaptıkları analizler sonucu 10,58 mg/l Cu, 696 mg/l Fe ve 41,3 mg/l Zn bulurken, *Ulva* sp.'de, 7,84 mg/l Cu, 365 mg/l Fe ve 23,6 mg/l Zn rapor etmişlerdir. Caliceti ve diğ. (2002), Venedik lagününden (İtalya) topladıkları yedi makro alg türünde Fe, Zn, Cu, Cd ve Pb derişimlerini belirlemişlerdir. *U. Rigida* örneğinde kuru ağırlıkta ortalama olarak 1033 mg/l Fe, 64 mg/l Zn, 13 mg/l Cu, 0,2 mg/l Cd, 7,3 mg/l Pb, *Cystoseira barbata* taksonunda 444 mg/l Fe, 38 mg/l Zn, 7 mg/l Cu, 0,1 mg/l Cd, 3,2 mg/l Pb, değerlerini rapor etmişlerdir. Topçuoğlu ve diğ. (2002), 1997–1998 yılları arasında Karadeniz'in Türkiye kıyılarında çökel ve kahverengi makro alg türünde metal derişimlerini araştırmışlardır. *C. barbata* taksonunda metal birikimini Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Cd > Pb > Co olarak bulmuşlardır. Çökeldeki değerlerini ise Cd için < 0,02–0,93 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Zn için 33,9–267,4 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Pb için <0,05–31,10 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Cu için 4,0–95,5 mg/l olarak belirlemişlerdir. Delvalls ve diğ. (2002), İspanya'nın Cadiz Körfezi'nde yaptıkları çalışmada, çökelerde Cd için 0,39–1,24 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; Fe için 1271–39820 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; Cu için 13,20–92,40 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; Pb için 6,90–84,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; Zn için

19,0-188,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ birim değerlerini bildirmişlerdir. Al-Masri ve diğ. (2003), 2000 yılında Suriye kıyılarında yaptıkları çalışmada *J. rubens* örneğinde, Cu derişimini 7,12 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, Pb derişimini 3,64 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, Zn derişimini 24,42 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, Cd derişimini $<0,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ olarak; *P. pavonia* taksonunda ise, Cu derişimini 5,15 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, Pb derişimini 0,77 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, Zn derişimini 32,66 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, Cd derişimini ise 0,50 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ olarak rapor etmişlerdir. Conti ve Cecchetti (2003), İtalya kıyılarından belirledikleri beş istasyondan topladıkları *P. pavonia* örneklerinde Cd, Cu, Pb ve Zn değerlerini incelemişler ve *P. pavonia* taksonunda Cd derişiminin 0,39-0,66 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Cu derişiminin 11,8-13,2 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Pb derişiminin 3,04-4,82 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Zn derişiminin 45-56 mg/l değerleri arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Lozano ve diğ. (2003), Tenerife Adası'nın (İspanya) kıyıları boyunca 6 istasyondan topladıkları makro alg örneklerinde Pb ve Cd seviyelerini belirlemeye çalışmışlardır. *Cystoseira abiyes* örneğinde Pb derişimini ortalama olarak yaş ağırlıkta 0,21 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Cd derişimini 0,20 mg/l olarak, *Sargassum vulgare* örneğinde Pb derişimini 0,15 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Cd derişimini 0,16 mg/l olarak, *P. pavonia* taksonunda Pb derişimini 0,22 mg/l Cd derişimini 0,18 mg/l olarak rapor etmişlerdir. Topçuoğlu ve diğ. (2004), Marmara Denizi'nin batı kıyılarında yaptıkları çalışmada *C. barbata* taksonunda Cd için $<0,02 \mu\text{g.g}^{-1}$, Zn için 41,8-13,5 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Fe için 114-1511 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Pb için $<0,1-3,7 \text{ mg/l}$ ve Cu için 5,2-164,3 mg/l değerlerini rapor etmişlerdir. Çökel örneklerinde ise Cd için $<0,02-0,502 \mu\text{g.g}^{-1}$, Zn için 34,1-50,9 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Fe için 5956-14896 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Pb için 21,6-31,9 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Cu için 12,7 mg/l değerlerini belirlemişlerdir. Buccolieri ve diğ. (2006), İyon Denizi (İtalya) kıyılarından toplam 19 istasyondan aldıkları çökel örneğinde kuru ağırlık olarak ortalama Cu için 47,4 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Fe için 31,566 $\mu\text{g.g}^{-1}$, Pb için 57,8 mg/l ve Zn için 102,2 mg/l değerlerini rapor etmişlerdir.

Ülkemizde deniz algleri ile ilgili sistematik çalışmalar yanında kirlilik konusunda da çalışmalar yapılmıştır. Gündüz ve Kılıç (1985) İstanbul Boğazı'ndaki tanker kazasından sonra boğazdaki özellikle petrol kökenli kirliliği araştırmışlardır. Beslenme zincirinde yer alan deniz canlılarının bazı türlerinde özellikle faunada ordaki klorlu insektisitlerle ilgili olarak Akman ve diğ. (1977 ve 1978) tarafından geniş çaplı bir araştırma yapılmıştır.

Alglerin yapısında bulunan element düzeyleri deniz kirliliğine bağı olarak artar yada azalır. Özellikle farmasötik ve besin zincirinde yer alan alglerdeki elementlerin tayinleri, denizlerin kirlilik düzeylerinin araştırılmasının önemli bir veri olarak kullanılmaktadır. Alglerdeki saptanan element düzeyleri o bölgedeki kirlenmenin boyutları hakkında oldukça net bilgiler vermektedir (Sukatara, 1984).

Çevre kirliliğinin gözle görülür şekilde takip edildiği alanlarda yapılan çalışmalar neticesinde hangi sanayi birikimlerinin bölgeyi kirlettiği anında anlaşılabilir. Bu sebeple dünyanın farklı bölgelerindeki algler üzerindeki yapılan araştırmalarda alglerdeki element düzeyleri ölçülmekte ve elde edilen bilgilerin ışığında çevre sistemlerinin analizi gerçekleştirilmektedir (Göçmen, 1985). Nuhoğlu ve diğ. (2002) tarafından yapılan çalışmada sulu solusyonda *Ulothrix zonata* (Weber et Mohr) Kutzing taksonunda Cu (II) alınımı araştırılmış ve taksonun atık sulardan ağır metal emiliminde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Erakın (2005) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında Şile, Çanakkale ve İzmir'den topladığı alg örneklerini indikatör organizma olarak kullanıp petrol kirliliğini araştırmış ve çalışma sonucunda pek çok algde petrol bileşenlerine rastlamasını, bu algere petrol bulaşmasının delili olarak göstermiştir.

Çanakkale Boğazı'nda Süren ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada deniz suyundaki yıllık Cd ve Pb konsantrasyonlarının değişimleri araştırılmıştır. Çalışma, seçilen istasyonlarda doğrudan deniz suyunda yapılmıştır. Adı geçen çalışmada elementlerin yıllık dağılım miktarlarının çok farklılık göstermesi, kirlenme odaklarının değişik olması şeklinde yorumlanmıştır.

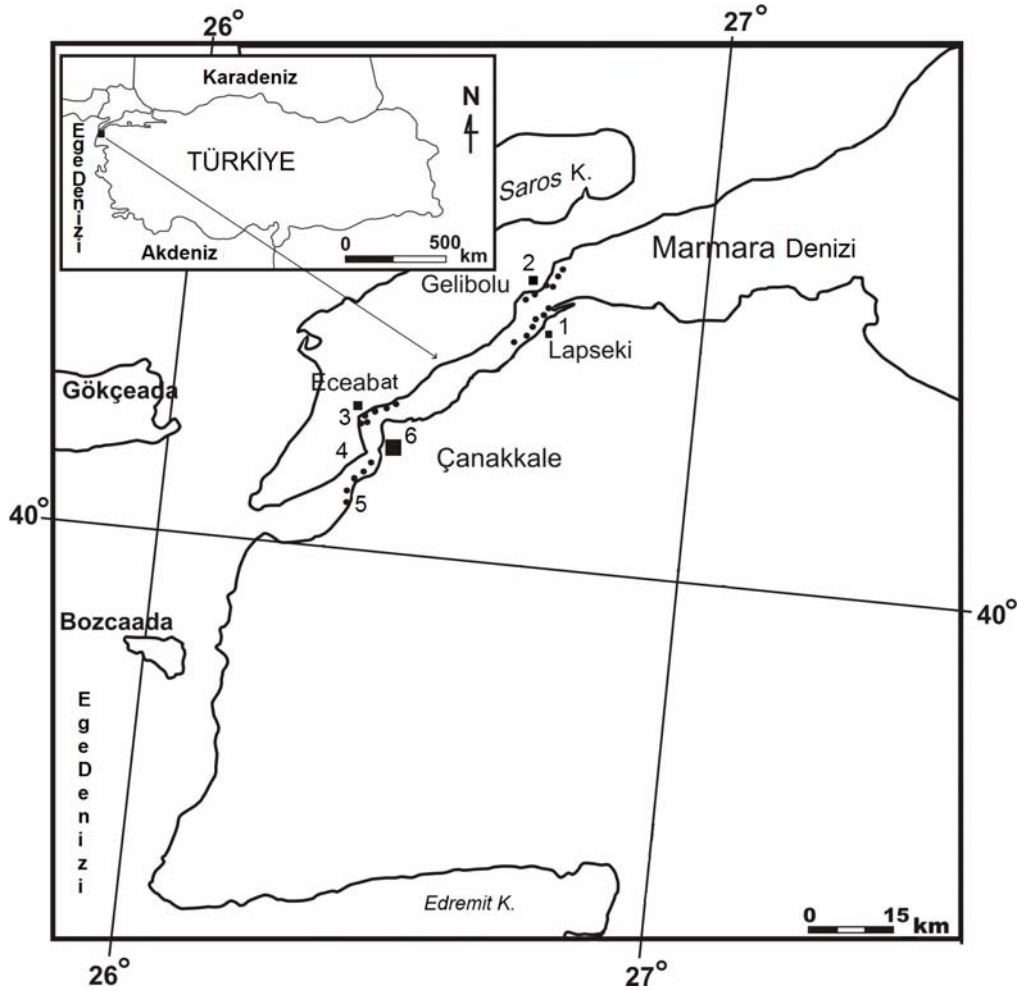
BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Çalışma bölgesi olarak Çanakkale Boğazı kıyıları seçilmiştir. Çanakkale Boğazı, $40^{\circ} 02' - 40^{\circ} 30'$ kuzey enlemleri ile $26^{\circ} 10' - 26^{\circ} 45'$ doğu boylamları arasında yer alır. Çalışmada kullanılan taksonlar Eylül 2007, Haziran 2008 tarihleri arasında mevsimsel olarak ve bölgenin çevresel koşulları dikkate alınarak altı istasyondan toplanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çanakkale boğazı ve araştırma istasyonları.

Bu istasyonlar: Gelibolu, Eceabat, Kilitbahir, İntepe, Yeni Kordon ve Lapseki'dir. Belirlenen istasyonlarda supralittoralden mediolittoralin derinliklerine kadar en bol ve iyi gelişim gösteren karakteristik türlerden *Chlorophyta* bölümüne ait *Ulva rigida* J.Agardh ve *Codium fragile* (Hudson) Stackhouse, *Heterokontophyta* bölümüne ait *Cystoseira barbata* (Good enough et Ward Wood) J. Agardh olmak üzere üç farklı takson ve 18 örnek toplanmıştır. Yine örneklerin toplandığı istasyonlardan her mevsim için su numuneleri alınıp değerlendirilmiştir. Araştırma istasyonları; 1. Lapseki, 2. Gelibolu, 3.Eceabat, 4.Kilitbahir, 5.İntepe, 6. Yeni Kordon şeklinde düzenlenmiştir.

3.1.2. Ağır Metal Analizinde Kullanılan Makro Algler

3.1.2.1. *Ulva rigida* J.Agardh

Divisio: Chlorophyta

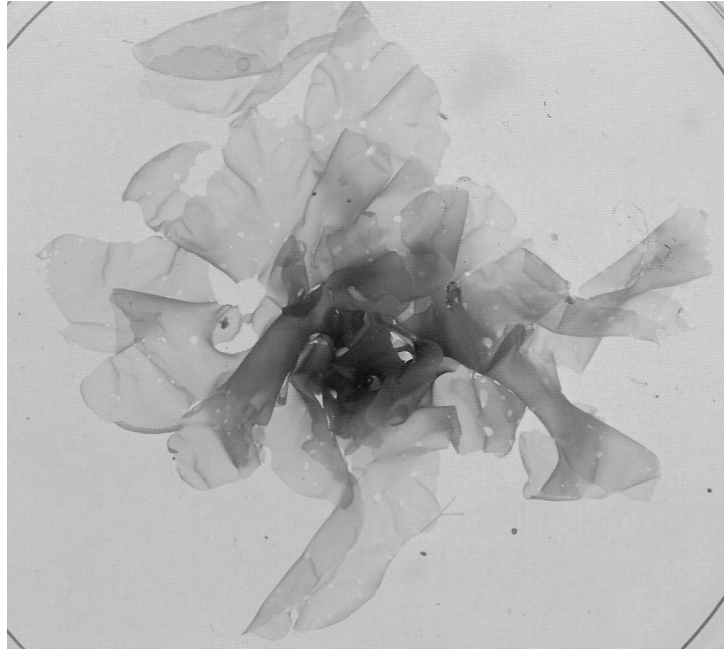
Classis: Chlorophyceae

Ordo: Ulvales

Familia: Ulvaceae

Genus: Ulva

Species: *rigida* J.Agardh



Şekil 2. *Ulva rigida* C. Agardh (Dural, 1986).

Yeşil algler (Chlorophyta) grubuna dahil olan ve kozmopolit bir tür olan *U. rigida* taksonunun tallusu, sapsız olduğu gibi kısa bir sap ile yatık veya dik olarak zemine tutunur (Aysel ve diğ., 2000). Uzunluğu 0,05-0,35 m genişliği 0,04-0,01 m olup koyu yeşil renktedir. Kirli sularda bol miktarda yüzeye yakın olarak, temiz sularda ise derinlerde olmak üzere tek tek bulunur. Ege bölgesinin bütün kıyılarında 1,5 m derinliklere kadar bol miktarda bulunmaktadır. Yıl boyunca bulunan taksonlardandır (Şekil 2).

3.1.2.2. *Codium fragile* (Suringar) Hariot

Divisio: Chlorophyta

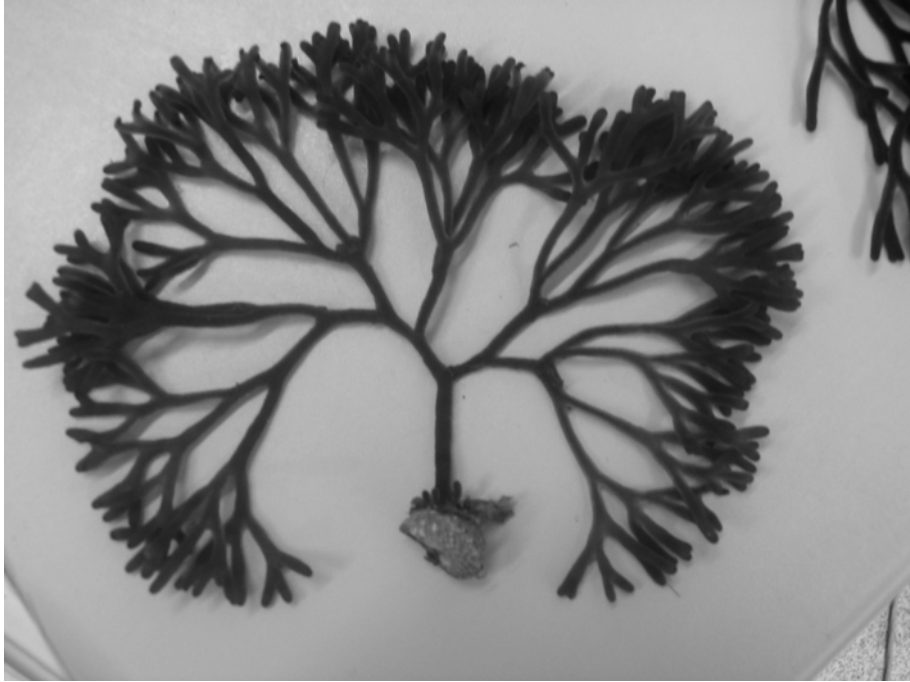
Classis: Chlorophyceae

Ordo: Bryopsidales

Familia: Codiaceae

Genus: *Codium*

Species: *fragile* (Suringar) Hariot



Şekil 3. *Codium fragile* (Suringar) Hariot.

C. fragile taksonunda tallus, ince ipliklerle sık örülmüş bir yapı oluşturur. Genellikle kurallara uymayan dikotom dallanma gösterir. Dallar 1cm kalınlığında

olup, tallusun boyu değişkenlik göstermektedir. Koyu yeşil renkte ve musilaj yapısındadır. Sıcak ve ılıman denizlerin üst infralittoralinde yayılış göstermekle birlikte kozmopolittir. Sığ sulardan başlayarak derinlere doğru yayılış gösterir (Taşkın, 1999). Genellikle yıl boyunca bulunan taksonlardandır (Şekil 3).

3.1.2.3. *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh

Divisio: Heterokontophyta

Classis: Fucophyceae (=Phaeophyceae)

Ordo: Fucales

Familia: Cystoseiraceae

Genus: Cystoseira

Species : *barbata* (Stackhouse) C. Agardh



Şekil 4. *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh (Öztürk 1985).

Cystoseira barbata taksonunda renk sarımsı–kahverengi olup; tallus 0,5-1,5 cm uzunluğunda gövdesi 0,005-0,01 m kalınlığındadır. Oldukça sığ sulardaki taşlar ve kayalıklar üzerinde yayılış gösterirler (Şekil 4). Yuvarlak, basit veya belirgin dallı olup, alt kısımları dalların kırılmasından arta kalan parçaların oluşturduğu yumru görünümündedir. Dallar yaklaşık 0,01 m kalınlığında esas dalcıklarla örtülüdür. Art arda dizilmiş zincir biçiminde hava keseleri bulunur. Ege bölgesinin tüm kıyılarında 0,5-4,5 m derinliklerde görülür. İlkbahar ve yaz aylarında 0-2 m derinliklerde bol miktarlarda gelişim gösterirler (Taşkın, 1999).

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Aletler

Bu çalışmada;

HNO₃ (d = 1,39 % 65) E. Merck

HClO₄ (d = 1,67 %70) E. Merck

HCl (d = 1,19 % 37) E. Merck kullanılmıştır.

Metallerin konsatrasyonlarının belirlenmesinde Varian Liberty Serisi II AX Sequential Model İndüktif Eşlemeli Plazma-Atomik Emisyon Spektrometre (ICP-AES)'te kullanılmıştır.

3. 2. Yöntem

3.2.1. Makro Alglerde Ağır Metal Analizi

Mevsimplere göre belirlenen istasyonlardan toplanmış *Chlorophyta bölümüne ait 12* ve *Heterokontophyta* bölümüne ait 6 örnek büyük bir dikkat ve özenle toplanarak epifitlerinden temizlenmiş, sonra polietilen torbalar içerisine konularak etiketlenmiştir. İstasyonlardan toplanan algler aynı gün naylon torbalar içerisinde laboratuara getirilmiş ve çeşme suyunda büyük plastik kovalarda 2 saat süre ile bekletilmiştir. Bu süre sonunda algler yabancı maddelerden arıtılmaları için elekler içinde önce bol çeşme suyu ile sonra beherler içinde 3 kez saf su ile yıkanmıştır. Tüm bu işlemler alglerin hücre çeperlerinden madde kaybı olmaması için belirli bir süre içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Bu şekilde temizlenmiş olan algler, oda sıcaklığında çeker ocaklar içerisinde süzgeç kağıtları üzerinde kurutulduktan sonra, 5 saat süre ile 105 °C'deki etüvde tutulmuştur. Kurumuş algler öğütüldükten sonra 0,1-1 gram aralığında ± 0,1 mg duyarlılıkta tartılarak 100 ml'lik beherlere alınmıştır. Üzerlerine 1 gram alge 12 ml HNO₃-HClO₄ (1:1) karışımı gelecek şekilde asit ilave edildikten sonra çeker ocakta dikkatlice ısıtılarak yaş yakmaya uğratılmıştır. Kuruluğa yaklaşan beherlere, soğutulduktan sonra 2'şer ml derişik HClO₄ eklenmiş ve çok küçük bir alev ile tekrar kuruluğa dek ısıtılmıştır. Daha sonra, çözme işlemine sırasıyla önce 1 gram alge 5 ml derişik HNO₃ gelecek şekilde asit ilave edilip buharlaştırıldıktan sonra derişik HCl ilave edilip kuruluğa yakın ısıtılarak devam edilmiştir. Beher içerikleri 1 gün sonra

1'er ml derişik HCl ile ıslatılıp 50'şer ml bidistile suda çözülmüş ve siyah bant süzgeç kağıdından süzülerek yıkanmıştır. Süzülen ana sıvılar yıkama suları ile birlikte 100 ml'lik balonjojelerde toplanarak 25 ml işaret çizgisine dek su ile tamamlanıp çalkalanmıştır (EPA, Method 200.7, 1994). Bu şekilde ölçüme hazır hale gelmiş olan örnek çözeltilerindeki istenen analizler, bunların standart çözeltileri yardımıyla İndüktif Eşlemeli Plazma-Atomik Emisyon Spektrometre (ICP-AES)'te gerçekleştirilmiştir (Süren ve diğ., 2007).

3.2.2. Deniz Suyunda Ağır Metal Analizi

Bölgenin çevresel koşulları dikkate alınarak 6 istasyondan toplanan su numuneleri de polietilen kaplara alınarak muhafaza edilmiş ve algere uygulanan işlemlerin aynısı su örneklerine de uygulanmıştır.

Alg ve deniz suyu numunelerindeki metal içerikleri standart çözeltiler yardımıyla hazırlanan kalibrasyon eğrilerinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada matrixden kaynaklanan bir girişim görülmemiş, Perkin-Elmer 2280 aletinde zemin düzeltim işlemi otomatik olarak alet tarafından gerçekleştirilmiştir. Bulgular kısmında verilen tüm örneklere ait değerler iki ayrı denemenin ortalamasıdır.

BÖLÜM 4

BULGULAR

Çanakkale Boğazı'nın kıyı şeridi boyunca pek çok büyük, orta ve küçük ölçekli demir-çelik tesisleri, gübre fabrikaları, sıvı gaz ve kömür taşımacılığı iskeleleri, meşrubat ve meyve suyu fabrikaları gibi pek çok sanayi tesisi yer almakta olup; bunların atıkları ve ayrıca tarımın yoğun olarak yapıldığı bu bölgede kullanılan zirai mücadele ilaçları ve sanayi sitelerinin atıkları çeşitli yollardan boğaz sularına karışmaktadır. Bütün bunlardan başka, yine deniz taşımacılığında önemli bir geçit olan boğaza gelen büyük yük gemileri sintine ve balast sularını liman açıklarında boğaz sularına bırakmaktadır. Bütün bu atıklar yoğunluklarına göre, ya dipte birikerek bentik yada suda asılı halde kalıp, dalga ve akıntılar gibi su hareketleriyle boğazın çeşitli bölgelerine dağılarak organizmalar üzerinde olumsuz etki yapabilmektedir (Türkmen, 2003).

Bu çalışmada Marmara'nın güneybatısında yer alan ve yoğun olarak kirletilen Çanakkale Boğazı'nda makro alg türleri ile deniz suyundaki ağır metal birikimlerinin bölge ve mevsimlere bağlı olarak değişimleri karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Bu amaçla boğazda belirlenen altı farklı bölgeye ait istasyonlardan mevsimsel olarak alınan örneklerde saptanan ve yıl içinde dağılımı süreklilik gösteren üç makro algde (*Ulva rigida*, *Codium fragile* ve *Cystoseira barbata*) ve deniz suyundaki Cu, Pb, Zn ve Cd derişimleri belirlenerek, Çanakkale Boğazı'nın kıyısal kesimlerindeki ağır metal kirliliğinin boyutları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Her bir alge ilişkin örneklerin ağır metal düzeylerinin mevsimlere bağlı değişimini belirlemek amacıyla yapılan çalışmanın bulguları, İndüktif Eşlemeli Plazma-Atomik Emisyon Spektrometre (ICP-AES)'te ölçülmüş, elde edilen ortalama değerler Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Kullanılan aletin duyarlılık sınırının altında olan miktarlar, ölçülemediğinden (-) ile gösterilmiştir.

Tablo 1. *Ulva rigida* taksonunda mevsimsel olarak istasyonlara bağlı ağır metal içerikleri (mg/l)

TÜRLER	İSTASYON	Sezon	Cd	Cu	Pb	Zn
<i>Ulva rigida</i>	Lapseki	İlkbahar	0,010	0,017	0,212	0,011
		Yaz	0,010	0,053	0,016	0,673
		Sonbahar	0,003	0,186	0,036	0,834
		Kış	0,003	0,109	0,190	1,350
		Ortalama	0,026	0,091	0,113	0,717
	Gelibolu	İlkbahar	0,013	0,123	0,256	0,859
		Yaz	0,050	0,208	0,042	0,961
		Sonbahar	0,001	0,156	0,014	0,565
		Kış	0,006	0,410	0,045	0,746
		Ortalama	0,018	0,224	0,089	0,783
	Eceabat	İlkbahar	0,010	0,017	0,180	0,040
		Yaz	0,040	0,133	0,032	0,928
		Sonbahar	-	0,106	0,026	0,421
		Kış	0,004	0,115	0,026	0,360
		Ortalama	0,013	0,093	0,066	0,437
	Kilitbahir	İlkbahar	0,030	0,101	0,100	0,33
		Yaz	0,020	0,084	0,060	0,682
		Sonbahar	0,001	0,015	0,033	0,001
		Kış	0,006	0,117	0,007	0,713
		Ortalama	0,014	0,079	0,050	0,348
	İntepe	İlkbahar	0,080	0,099	0,153	0,460
		Yaz	0,030	0,096	0,060	1,352
		Sonbahar	-	0,016	0,016	0,002
		Kış	0,002	0,153	0,069	1,590
		Ortalama	0,028	0,091	0,074	0,851
Yeni Kordon	İlkbahar	-	0,017	0,070	0,035	
	Yaz	0,040	0,112	0,064	0,745	
	Sonbahar	0,001	0,002	0,023	0,003	
	Kış	0,001	0,020	0,028	0,196	
	Ortalama	0,001	0,037	0,046	0,245	

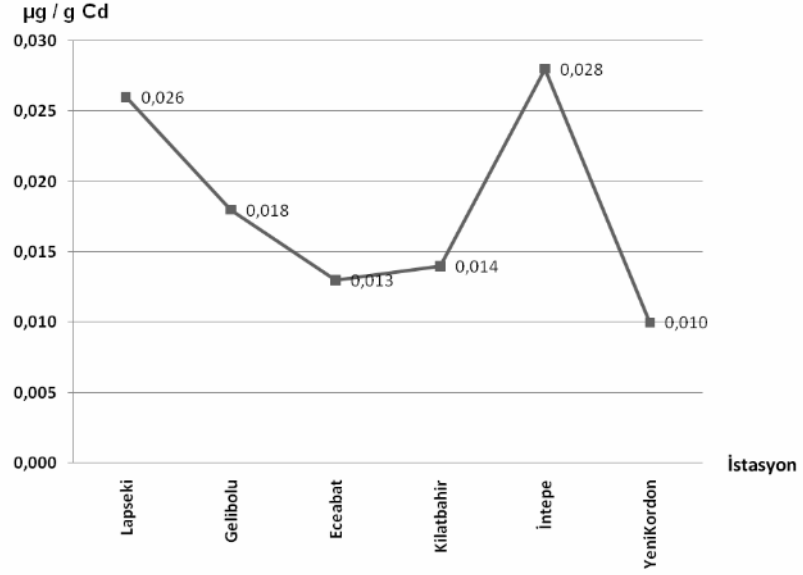
Tablo 2. *Codium fragile* taksonunda mevsimsel olarak istasyonlara bağı ağır metal içerikleri (mg/l)

TÜRLER	İSTASYON	Sezon	Cd	Cu	Pb	Zn
<i>Codium fragile</i>	Lapseki	İlkbahar	0,030	0,073	0,250	0,555
		Yaz	0,010	0,016	0,036	0,010
		Sonbahar	0,002	0,093	0,044	0,774
		Kış	0,003	0,060	0,050	0,400
		Ortalama	0,011	0,061	0,095	0,435
	Gelibolu	İlkbahar	0,08	0,093	0,103	0,442
		Yaz	0,070	0,135	0,099	0,833
		Sonbahar	0,001	0,061	0,051	0,438
		Kış	0,001	0,231	0,034	0,510
		Ortalama	0,038	0,013	0,072	0,556
	Eceabat	İlkbahar	0,070	0,101	0,920	0,590
		Yaz	0,010	5,813	0,048	0,820
		Sonbahar	0,008	0,122	0,039	0,615
		Kış	0,014	0,308	0,193	1,118
		Ortalama	0,026	1,586	0,003	0,786
	Kilitbahir	İlkbahar	0,040	0,104	0,132	0,548
		Yaz	0,020	0,078	0,054	0,751
		Sonbahar	0,001	-	0,035	0,002
		Kış	0,012	0,195	0,131	1,126
		Ortalama	0,018	0,094	0,088	0,607
	İntepe	İlkbahar	0,030	0,064	0,111	0,365
		Yaz	0,030	0,080	0,040	0,131
		Sonbahar	0,001	0,003	-	0,004
		Kış	0,004	0,118	0,038	0,820
		Ortalama	0,016	0,066	0,047	0,033
Yeni Kordon	İlkbahar	0,010	0,016	0,100	0,048	
	Yaz	0,010	0,070	0,216	1,276	
	Sonbahar	0,002	0,060	0,016	0,531	
	Kış	0,025	0,332	0,450	1,352	
	Ortalama	0,012	0,012	0,196	0,802	

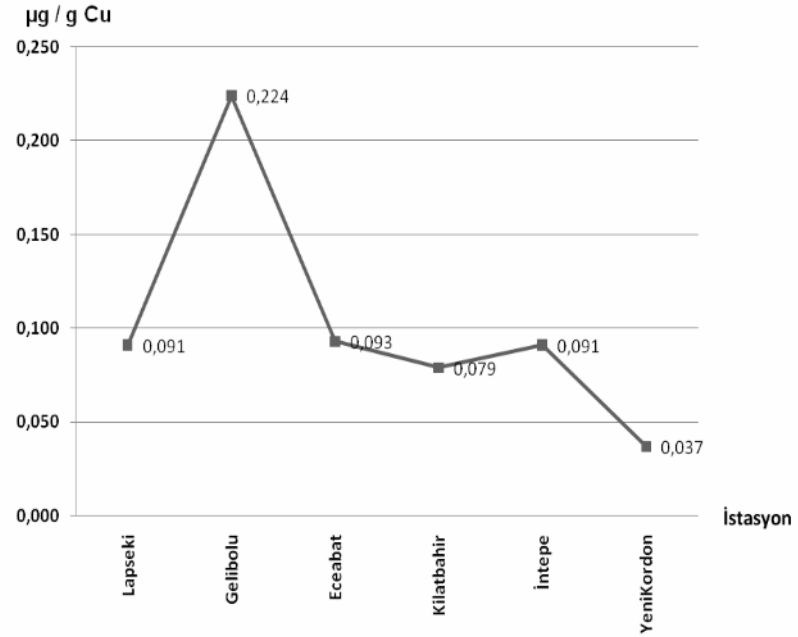
Tablo 3. *Cystoseira barbata* taksonunda mevsimsel olarak istasyonlara bağlı ağır metal içerikleri (mg/l)

TÜRLER	İSTASYON	Sezon	Cd	Cu	Pb	Zn
<i>Cystoseira barbata</i>	Lapseki	İlkbahar	0,010	0,018	0,047	0,006
		Yaz	0,010	0,015	0,030	0,032
		Sonbahar	0,002	0,148	0,094	0,735
		Kış	0,009	0,141	0,030	0,780
		Ortalama	0,008	0,081	0,050	0,388
	Gelibolu	İlkbahar	0,013	0,147	0,215	0,521
		Yaz	0,050	0,181	0,160	0,955
		Sonbahar	0,001	0,156	0,020	0,444
		Kış	0,001	0,118	0,012	0,887
		Ortalama	0,016	0,151	0,102	0,702
	Eceabat	İlkbahar	0,070	0,087	0,091	0,618
		Yaz	0,040	0,115	0,054	0,805
		Sonbahar	0,013	0,250	0,196	0,845
		Kış	0,003	0,172	0,143	0,796
		Ortalama	0,032	0,156	0,121	0,766
	Kilitbahir	İlkbahar	0,015	0,096	0,201	0,448
		Yaz	0,022	0,070	0,072	0,781
		Sonbahar	0,020	0,098	0,040	0,927
		Kış	0,001	0,003	0,022	0,003
		Ortalama	0,015	0,067	0,084	0,540
	İntepe	İlkbahar	0,070	0,098	0,081	0,564
		Yaz	-	0,015	0,030	0,600
		Sonbahar	0,003	0,089	0,014	0,678
		Kış	0,006	0,076	0,013	0,838
		Ortalama	0,020	0,070	0,035	0,670
	Yeni Kordon	İlkbahar	0,010	0,017	0,147	0,084
		Yaz	0,010	0,170	0,090	1,437
		Sonbahar	0,017	0,240	0,283	1,067
Kış		0,006	0,065	0,104	0,524	
Ortalama		0,011	0,123	0,156	0,778	

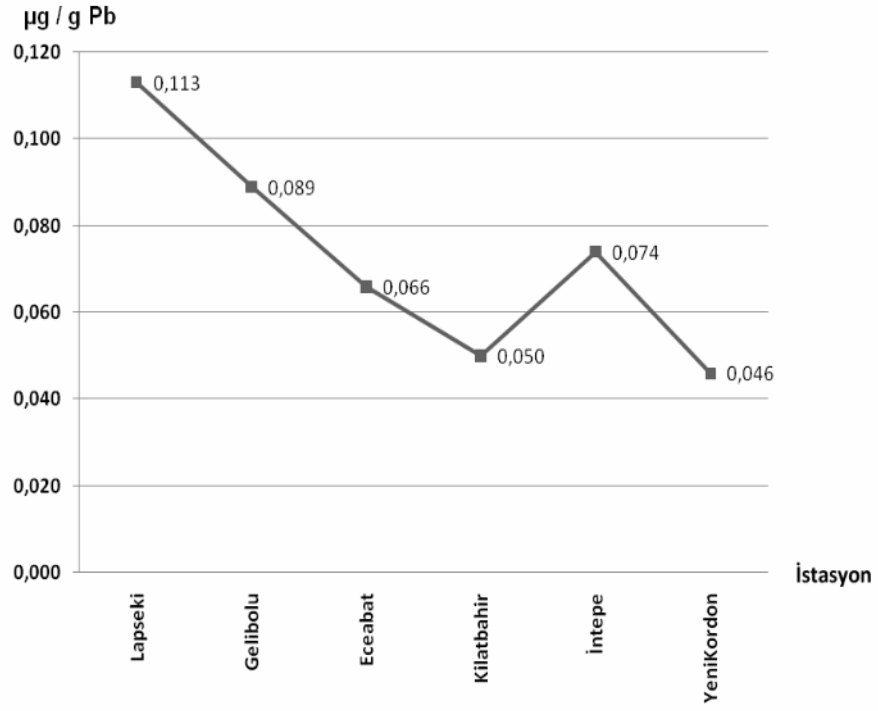
Örneklerden elde edilen sonuçların istasyonlara ve ağır metal miktarlarına göre mevsimsel ortalamaları Şekil 5-16'da verilmiştir.



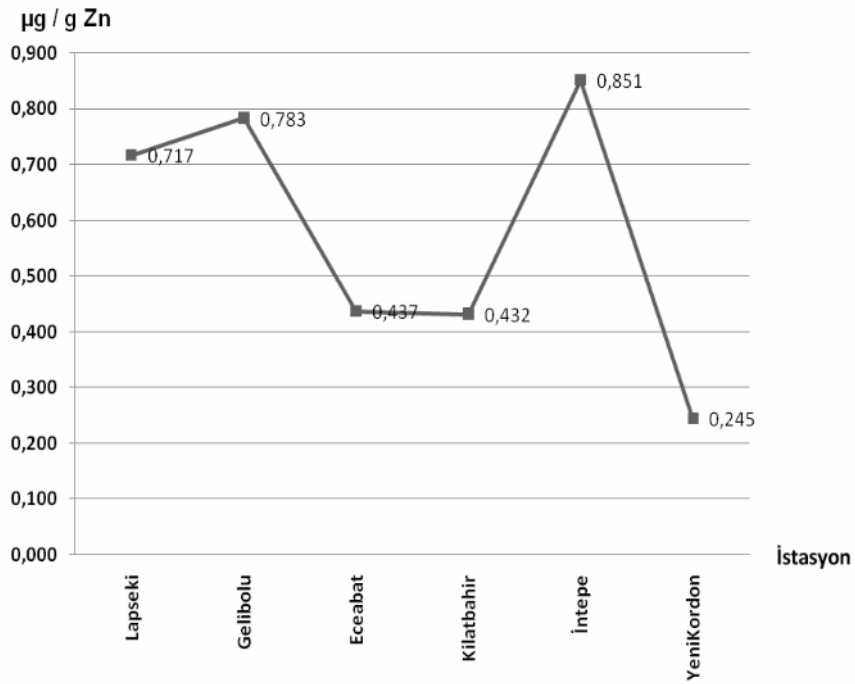
Şekil 5. *Ulva rigida* taksonundaki Cd miktarının yıllık ortalaması.



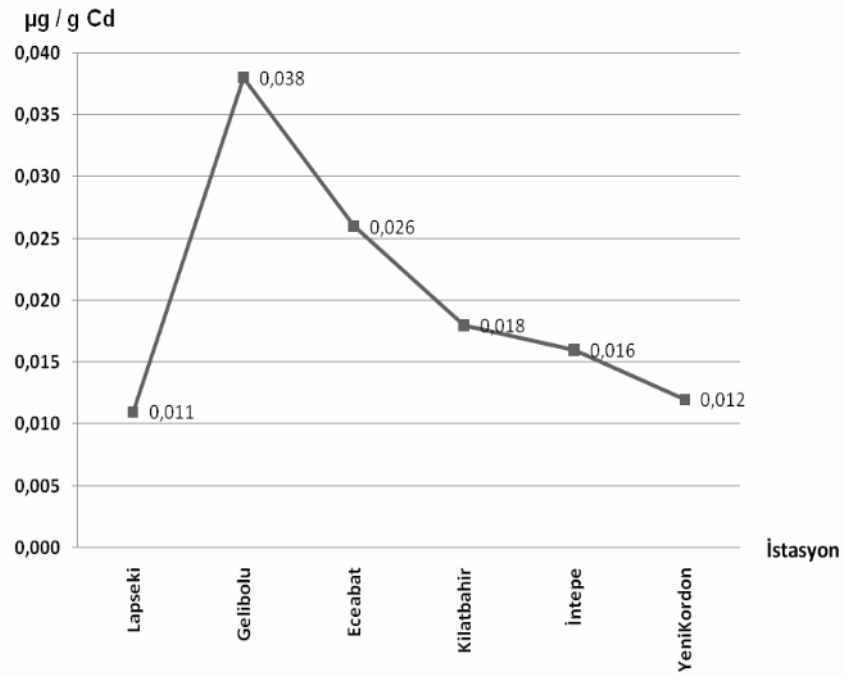
Şekil 6. *Ulva rigida* taksonundaki Cu miktarının yıllık ortalaması.



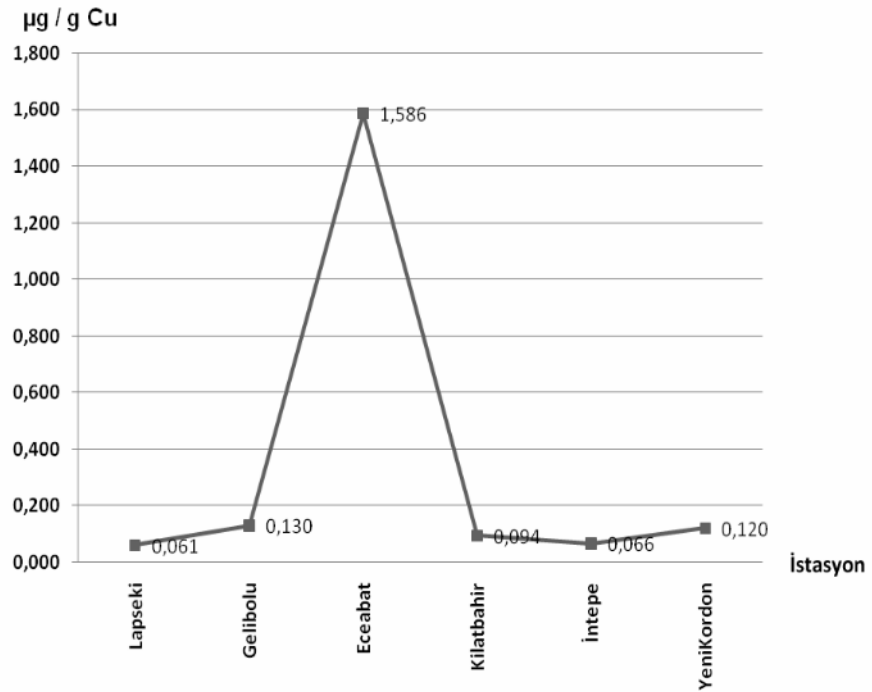
Şekil 7. *Ulva rigida* taksonundaki Pb miktarının yıllık ortalaması.



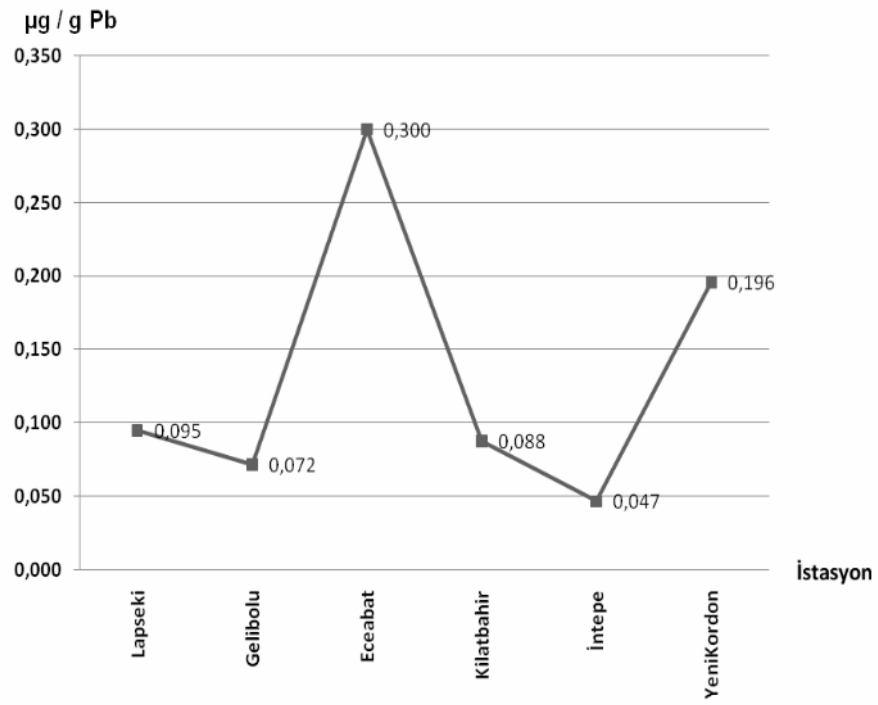
Şekil 8. *Ulva rigida* taksonundaki Zn miktarının yıllık ortalaması.



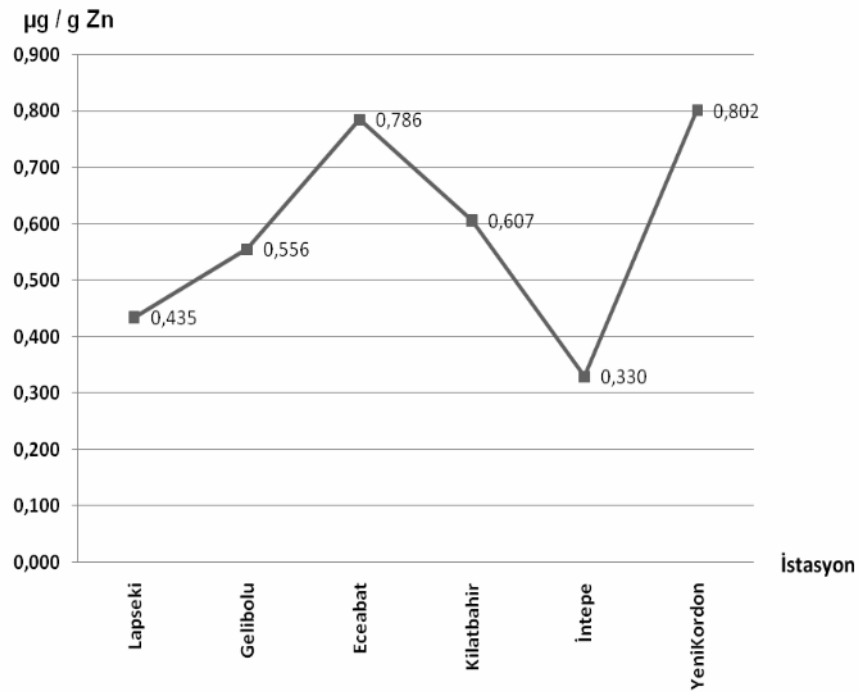
Şekil 9. *Codium fragile* taksonundaki Cd miktarının yıllık ortalaması.



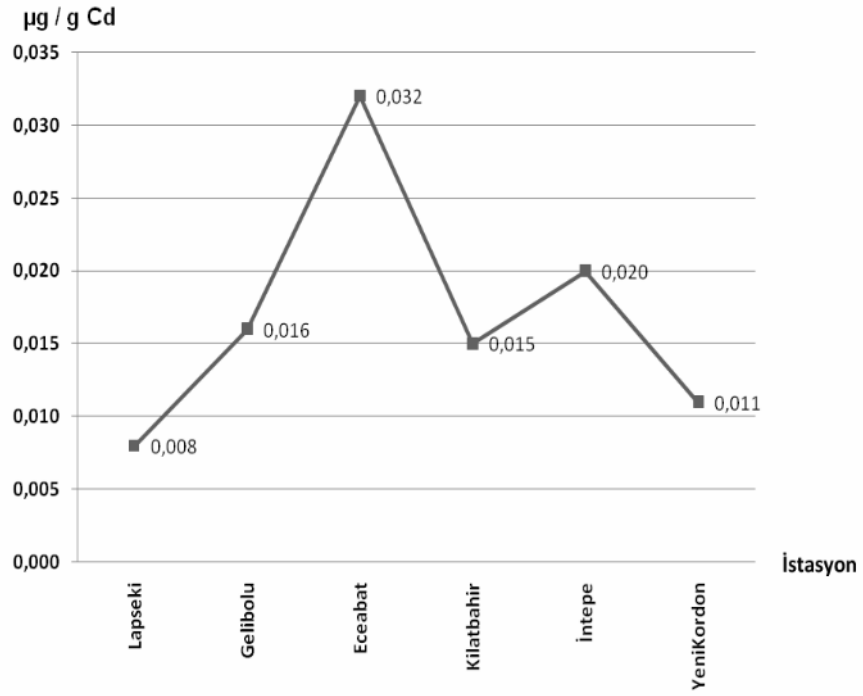
Şekil 10. *Codium fragile* taksonundaki Cu miktarının yıllık ortalaması.



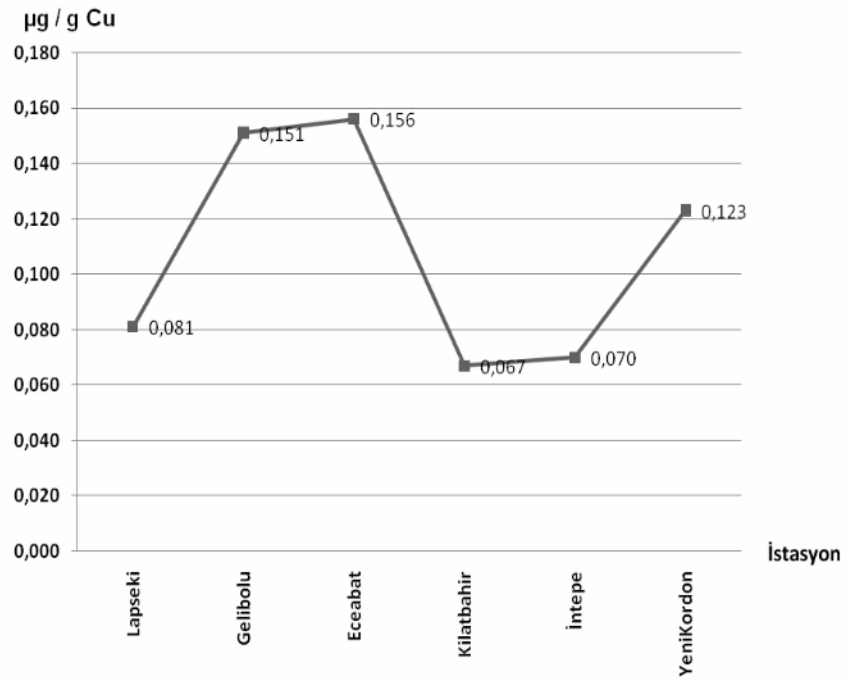
Şekil 11. *Codium fragile* taksonundaki Pb miktarının yıllık ortalaması.



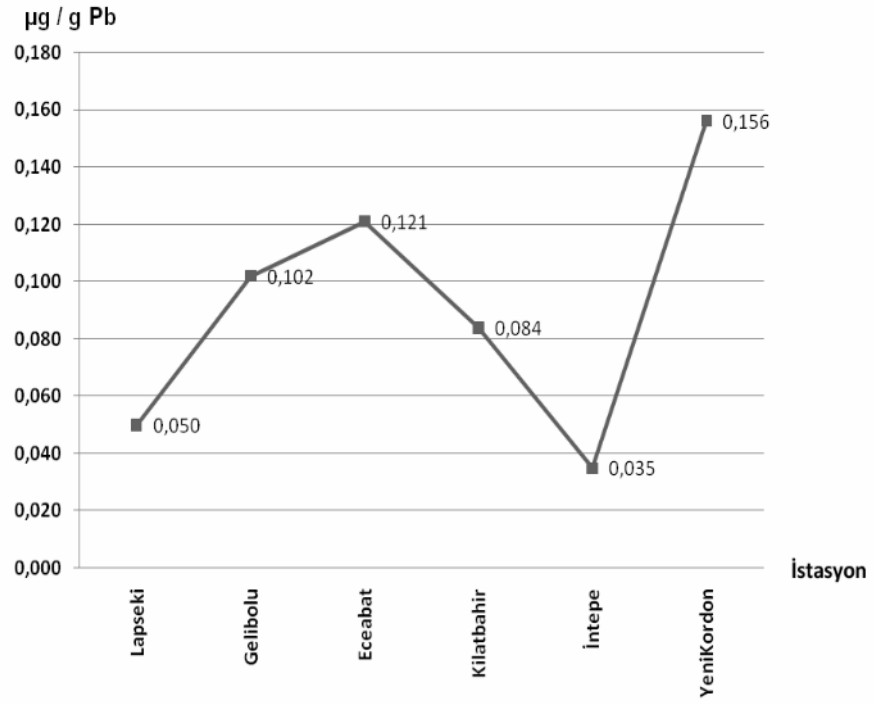
Şekil 12. *Codium fragile* taksonundaki Zn miktarının yıllık ortalaması.



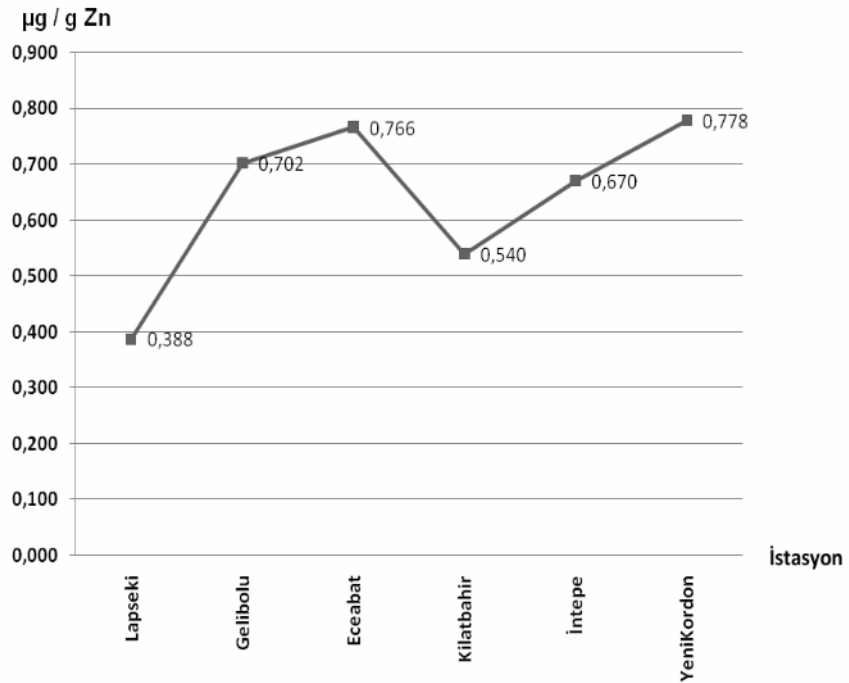
Şekil 13. *Cystoseira barbata* taksonundaki Cd miktarının yıllık ortalaması.



Şekil 14. *Cystoseira barbata* taksonundaki Cu miktarının yıllık ortalaması.



Şekil 15. *Cystoseira barbata* taksonundaki Pb miktarının yıllık ortalaması.



Şekil 16. *Cystoseira barbata* taksonundaki Zn miktarının yıllık ortalaması.

Şekillerden anlaşılacağı gibi Zn için 0,851 mg/l ortalaması ile İntepe, Pb için 0,196 mg/l ortalaması ile Yeni Kordon, Cu için 1,586 mg/l ortalaması ile Eceabat ve Cd için 0,038 mg/l ortalaması ile Gelibolu istasyonlarında en yüksek değerlere ulaştıkları görülür.

4.1. Lapseki'den Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi

Tablo 1'de görüldüğü gibi *U. rigida* taksonunda ortalama Cu birikimi 0,091 mg/l olup en yüksek Cu konsantrasyonu sonbaharda 0,186 mg/l ve en düşük Cu birikimi ise ilkbaharda 0,017 mg/l olarak bulunmuştur. Zn konsantrasyonlarının 0,011-1,350 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Zn birikim düzeyinin mevsimsel ortalaması 0,717 mg/l'dir. En yüksek Zn konsantrasyonu 1,350 mg/l olup kışın tespit edilmiştir. En düşük Zn konsantrasyonu ise ilkbaharda 0,011 mg/l olarak gözlenmiştir. Pb birikim düzeyi 0,212 mg/l'den derece derece azalarak 0,016 mg/l'ye kadar düşmektedir. Ortalama Pb birikim düzeyi 0,113 mg/l olarak bulunmuştur. Tablo 1'deki Cd birikim düzeylerine bakıldığında ilkbahar ve yazın 0,010 mg/l olarak en yüksek değer, 0,003 mg/l olarak da en düşük değer bulunmuş olup sonbahar ve kışın tespit edilmiştir. Cd düzeyinin mevsimsel ortalaması 0,026 mg/l olarak bulunmuştur.

Tablo 2'de görüldüğü gibi *C. fragile* taksonunda ortalama Cu birikimi 0,061 mg/l olup, en yüksek Cu konsantrasyonu sonbaharda 0,093 mg/l ve en düşük Cu birikimi ise yazın 0,016 mg/l olarak bulunmuştur. Zn konsantrasyonlarının 0,010-0,774 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Zn birikim düzeyinin mevsimsel ortalaması 0,435 mg/l'dir. En yüksek Zn konsantrasyonu 0,774 mg/l olup sonbaharda tespit edilmiştir. En düşük Zn konsantrasyonu ise yazın 0,010 mg/l olarak gözlenmiştir. Pb birikim düzeyi 0,210 mg/l'den derece derece azalarak 0,036 mg/l'ye kadar düşmektedir. Ortalama Pb birikim düzeyi 0,095 mg/l olarak bulunmuştur. Cd birikim düzeylerine bakıldığında ilkbaharda 0,030 mg/l olup en yüksek değer olarak bulunmuş, en düşük değer ise 0,002 mg/l olarak sonbaharda tespit edilmiştir. Cd düzeyinin mevsimsel ortalaması 0,011 mg/l olarak bulunmuştur.

Tablo 3’de görüldüğü gibi *C. barbata* taksonunda ortalama Cu birikimi 0,081 mg/l olup, en yüksek Cu konsantrasyonuna sonbaharda 0,148 mg/l ve en düşük Cu birikimi ise yazın 0,015 mg/l olarak bulunmuştur. Zn konsantrasyonlarının 0,006–0,780 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Zn birikim düzeyinin mevsimsel ortalaması 0,388 mg/l’dir. En yüksek Zn konsantrasyonu 0,780 mg/l olup kışın tespit edilmiştir. En düşük Zn konsantrasyonu ise ilkbaharda 0,006 mg/l olarak gözlenmiştir. Pb birikim düzeyi 0,094 mg/l’den derece derece azalarak 0,030 mg/l’ye kadar düşmektedir. Ortalama Pb birikim düzeyi 0,050 mg/l olarak bulunmuştur. Cd birikim düzeylerine bakıldığında ilkbahar ve yazın 0,010 mg/l olarak en yüksek değer, 0,002 mg/l olarak da en düşük değer ise sonbaharda tespit edilmiştir. Cd düzeyinin mevsimsel ortalaması 0,008 mg/l olarak bulunmuştur.

4.2. Gelibolu’dan Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi

U. rigida taksonunda Cu birikiminin mevsimsel ortalaması 0,224 mg/l olup en yüksek Cu konsantrasyonu 0,410 mg/l kışın en düşük Cu konsantrasyonu da 0,123 mg/l olarak ilkbaharda saptanmıştır (Tablo 1). Ortalama Zn birikim düzeyi 0,783 mg/l olarak hesap edilmiş olup, Zn konsantrasyonu yazın en yüksek değerde 0,961 mg/l sonbaharda en düşük değerde 0,565 mg/l olarak bulunmuştur. Pb konsantrasyonlarının 0,014-0,256 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama Pb birikim düzeyi 0,089 mg/l’dir ve en yüksek Pb konsantrasyonu ilkbaharda en düşük Pb konsantrasyonu ise sonbaharda saptanmıştır. Cd birikim düzeyinin ise mevsimsel ortalaması 0,013 mg/l olup en yüksek Cd birikim düzeyi yazın 0,050 mg/l olduğu, en düşük birikim düzeyinin ise sonbaharda 0,001 mg/l olduğu görülür.

Codium fragile taksonunda Cu birikiminin mevsimsel ortalaması 0,130 mg/l olup, en yüksek Cu konsantrasyonu 0,231 mg/l kışın en düşük Cu konsantrasyonu da 0,061 mg/l olarak sonbaharda saptanmıştır (Tablo 2). Ortalama Zn birikim düzeyi 0,510 mg/l olup, Zn konsantrasyonu yazın en yüksek değerde 0,833 mg/l olarak, en düşük değer de sonbaharda 0,438 mg/l olarak bulunmuştur. Pb konsantrasyonlarının 0,034-0,103 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama Pb birikim düzeyi 0,072 mg/l’dir ve en yüksek Pb konsantrasyonu ilkbaharda, en düşük Pb konsantrasyonu ise kışın saptanmıştır. Cd birikim düzeyinin ise mevsimsel ortalaması 0,038 mg/l

olup, en yüksek Cd birikim düzeyinin 0,08 mg/l olarak ilkbaharda olduğu, en düşük birikim düzeyinin ise sonbahar ve kış mevsimlerinde 0,001 mg/l olduğu görülmüştür.

C. barbata taksonunda Cu birikiminin mevsimsel ortalaması 0,151 mg/l olup, en yüksek Cu konsantrasyonu 0,156 mg/l ile sonbaharda en düşük Cu konsantrasyonu da 0,118 mg/l olarak kışın saptanmıştır (Tablo 3). Ortalama Zn birikim düzeyi 0,702 mg/l olarak hesap edilmiş olup Zn konsantrasyonu yazın en yüksek değerde 0,955 mg/l olarak, sonbaharda da en düşük değerde 0,444 mg/l olarak bulunmuştur. Pb konsantrasyonlarının 0,012-0,215 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama Pb birikim düzeyi 0,102 mg/l'dir ve en yüksek Pb konsantrasyonu ilkbaharda, en düşük Pb konsantrasyonu ise kışın saptanmıştır. Cd birikim düzeyinin ise mevsimsel ortalaması 0,016 mg/l olup en yüksek Cd birikim düzeyinin yazın 0,005 mg/l olduğu, en düşük birikim düzeyinin ise sonbahar ve kışın 0,001 mg/l olduğu görülmektedir.

4.3. Eceabat'dan Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi

Tablo 1'den de görüleceği gibi ortalama Cu birikimi 0,093 mg/l olarak bulunan *U. rigida* taksonunda en yüksek ve en düşük değerler yaz ve ilkbaharda 0,133-0,017 mg/l arasında saptanmıştır. Zn konsantrasyonlarının 0,928 mg/l'den 0,040 mg/l'ye kadar kademeli olarak azaldığı görülmüş olup, ortalama Zn konsantrasyonları 0,437 mg/l olarak hesap edilmiştir. Pb birikim miktarı ise en yüksek 0,180 mg/l olarak ilkbaharda en düşük miktarda 0,026 mg/l olarak sonbaharda gözlenmiştir ve Pb birikiminin mevsimsel ortalamasının 0,066 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonlarının mevsimsel ortalaması 0,013 mg/l olup Cd birikimi en fazla 0,042 mg/l olarak yazın, en az da 0,004 mg/l olarak kışın saptanmıştır.

Tablo 2 incelendiğinde *C. fragile* taksonunda ortalama Cu birikimi 1,586 mg/l olarak bulunmuş olup, en yüksek ve en düşük değerler ilkbahar ve yazın 5,813-0,101 mg/l arasında belirlenmiştir. Taksonun Zn konsantrasyonlarının 1,113 mg/l'den 0,590 mg/l'ye kadar kademeli olarak azaldığı saptanmış olup, ortalama Zn konsantrasyonları 0,786 mg/l olarak hesap edilmiştir. Pb birikim miktarı ise en

yüksek 0,920 mg/l olarak ilkbaharda, en düşük de 0,048 mg/l olarak yazın gözlenmiştir ve Pb birikiminin mevsimsel ortalamasının 0,300 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonlarının mevsimsel ortalaması 0,026 mg/l olup Cd birikimi en fazla 0,070 mg/l olarak ilkbaharda, en az 0,008 mg/l ile sonbaharda saptanmıştır.

Tablo 3 incelendiğinde ortalama Cu birikiminin 0,156 mg/l olarak belirlendiği *C. barbata* taksonunda en yüksek ve en düşük değerler sonbahar ve ilkbaharda bulunmuş olup 0,250-0,087 mg/l arasında değiştiği saptanmıştır. Zn konsantrasyonlarının 0,845 mg/l'den 0,618 mg/l'ye kadar kademeli olarak azaldığı belirlenmiş olup, ortalama Zn konsantrasyonu 0,766 mg/l olarak hesaplanmıştır. Pb birikim miktarı ise en yüksek 0,196 mg/l olarak sonbaharda, en düşük de 0,054 mg/l olarak yazın gözlenmiştir ve Pb birikiminin mevsimsel ortalaması 0,121 mg/l olarak tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonlarının mevsimsel ortalaması 0,036 mg/l olup Cd birikimi en fazla 0,070 mg/l olarak ilkbaharda, en az ise 0,003 mg/l olarak kışın saptanmıştır.

4.4. Kilitbahir'den Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi

U. rigida taksonunda Cu konsantrasyonları 0,015 mg/l ile 0,117 mg/l arasında değişmekte olup, mevsimsel ortalaması 0,079 mg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Bu algin Zn birikiminin mevsimsel ortalaması 0,432 mg/l olarak bulunmuş olup, Zn birikimi en yüksek kışın 0,713 mg/l en düşük de sonbaharda 0,001 mg/l olarak tespit edilmiştir. Pb birikimi ise en fazla ilkbaharda olup 0,130 mg/l olarak tespit edilirken, en düşük miktar ise kışın 0,007 mg/l olarak ölçülmüştür. Pb'nun mevsimsel ortalaması ise 0,050 mg/l'dir. Cd değerlerinin ortalaması 0,014 mg/l olarak bulunmuş olup en yüksek Cd değeri ilkbaharda 0,030 mg/l olarak, en düşük Cd değeri ise 0,001 mg/l olarak sonbaharda tespit edilmiştir.

C. fragile taksonunda Cu konsantrasyonları 0 mg/l ile 0,195 mg/l arasında değişmekte olup, Cu birikiminin mevsimsel ortalaması 0,094 mg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Bu algin Zn birikiminin mevsimsel ortalaması 0,607 mg/l olarak bulunmuş olup, Zn birikimi en yüksek kışın 1,126 mg/l en düşük sonbaharda

0,002 mg/l olarak tespit edilmiştir. Pb birikimi ise en fazla ilkbaharda 0,132 mg/l olarak, en az da sonbaharda 0,035 mg/l olarak bulunmuştur. Pb'nun mevsimsel ortalaması ise 0,088 mg/l'dir. Cd değerlerinin ortalaması 0,018 mg/l olarak bulunmuş olup en yüksek Cd değeri 0,040 mg/l olarak ilkbaharda, en düşük Cd değeri ise sonbaharda 0,001 mg/l olarak bulunmuştur.

C. barbata taksonunda Cu konsantrasyonları 0,003 mg/l ile 0,098 mg/l arasında değişmekte olup, mevsimsel ortalaması 0,067 mg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Zn birikimlerinin mevsimsel ortalaması 0,540 mg/l olarak bulunmuş olup 0,927 mg/l olarak en yüksek sonbaharda, en düşük kışın 0,003 mg/l olarak tespit edilmiştir. Pb birikimi ise en fazla ilkbaharda 0,201 mg/l olarak, en az ise kışın 0,022 mg/l olarak tespit edilirken, mevsimsel ortalaması 0,084 mg/l'dir. Cd değerlerinin ortalaması 0,015 mg/l olarak bulunmuş olup en yüksek Cd değeri yazın 0,022 mg/l olarak, en düşük Cd değeri ise kışın 0,001 mg/l olarak tespit edilmiştir.

4.5. İntepe'den Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi

U. rigida taksonunda Cu birikim düzeylerine bakacak olursak en fazla birikimin kışın 0,153 mg/l, en az birikim ise 0,016 mg/l olarak sonbaharda belirlenmiş olup mevsimsel ortalaması 0,091 mg/l'dir. Bu algin Zn konsantrasyonları 0,002 mg/l ile 1,590 mg/l arasında değişirken, ortalaması 0,851 mg/l olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Pb birikimine baktığımızda ilkbaharda 0,153 mg/l olarak bulunduğu halde sonbaharda 0,016 mg/l olarak bulunmuştur. Mevsimsel ortalaması da 0,074 mg/l olarak hesaplanmıştır. Cd birikim düzeylerine bakıldığında, en yüksek birikime 0,080 mg/l olarak ilkbaharda rastlanırken, sonbaharda Cd birikimine rastlanmamıştır. Ortalama değeri ise 0,028 mg/l olarak bulunmuştur.

C. fragile taksonunda Cu birikim düzeylerine bakıldığında, en fazla Cu birikimi kışın 0,118 mg/l olarak en az Cu birikimi de 0,003 mg/l olarak sonbaharda gözlenirken, mevsimsel ortalaması 0,066 mg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Bu algin Zn konsantrasyonları 0,004 mg/l ile 0,820 mg/l arasında değişmekte olup, ortalaması 0,330 mg/l olarak tespit edilmiştir. Pb birikimine baktığımızda ilkbaharda 0,011 mg/l olarak bulunduğu halde sonbaharda Pb birikimine hiç rastlanmamıştır.

Mevsimsel ortalaması da 0,047 mg/l olarak hesaplanmıştır. Cd birikim düzeylerine bakıldığı zaman en yüksek birikim ilkbahar ve yazın 0,030 mg/l olarak görülmesine rağmen, en düşük Cd birikimine sonbaharda 0,001 mg/l olarak görülür. Ortalaması 0,016 mg/l olarak bulunmuştur.

C. barbata taksonunda Cu birikim düzeylerine bakacak olursak en fazla Cu birikiminin ilkbaharda 0,098 mg/l olarak, en az Cu birikiminin de 0,015 mg/l olarak yazın belirlendiği görülür. Mevsimsel ortalaması 0,070 mg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Bu algin Zn konsantrasyonları 0,564 mg/l ile 0,838 mg/l arasında değişmekte olup ortalaması 0,670 mg/l olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). Pb birikimine baktığımızda ilkbaharda 0,081 mg/l değerinde bulunduğu halde kışın 0,013 mg/l olarak ölçülmüştür. Mevsimsel ortalaması da 0,035 mg/l olarak hesaplanmıştır. Cd birikim düzeylerine bakıldığı zaman en yüksek birikimin 0,070 mg/l olarak ilkbaharda olduğu görülmesine rağmen, yazın Cd birikimine rastlanmamıştır. Ortalama Cd birikimi ise 0,020 mg/l olarak bulunmuştur.

4.6. Yeni Kordon'dan Toplanan Alglerin Ağır Metal İçeriğinin Mevsimsel Değişimi

U. rigida taksonunda Cu birikimi mevsimsel ortalaması 0,037 mg/l olarak hesaplanmış olup, en yüksek miktar yazın 0,112 mg/l olarak, en düşük miktarda sonbaharda 0,002 mg/l olarak ölçülmüştür (Tablo 1). Zn birikim miktarı 0,003-0,745 mg/l arasında tespit edilmiş ve mevsimsel ortalamasının 0,245 mg/l olduğu saptanmıştır. Pb birikim düzeyi ise en fazla ilkbaharda 0,070 mg/l olarak, en az ise sonbaharda 0,023 mg/l olarak bulunmuş olup, mevsimsel ortalaması 0,046 mg/l'dir. Cd birikimi 0,040 mg/l'den 0 mg/l'ye kadar kademeli olarak azalmış olup ortalaması 0,016 mg/l olarak hesaplanmıştır.

C. fragile taksonunda Cu birikiminin mevsimsel ortalaması 0,120 mg/l olarak hesaplanmış olup, en yüksek Cu miktarı kışın 0,332 mg/l en düşük Cu miktarı da ilkbaharda 0,016 mg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Zn birikim miktarı 0,048 mg/l ile 1,352 mg/l arasında tespit edilmiş ve mevsimsel ortalamasının 0,802 mg/l olduğu saptanmıştır. Pb birikim düzeyi ise en fazla kışın 0,450 mg/l, en az sonbaharda 0,016 mg/l olarak bulunup, mevsimsel ortalaması 0,196 mg/l'dir. Cd birikimi 0,025 mg/l

ile 0,002 mg/l arasında kademeli olarak azalmış olup ortalaması 0,012 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Cystoseria barbata taksonunun Cu birikiminin mevsimsel ortalaması 0,123 mg/l olarak hesaplanmış olup, en yüksek miktar sonbaharda 0,240 mg/l olarak, en düşük miktar ilkbaharda 0,017 mg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Zn birikim miktarı 0,084 mg/l 1,437 mg/l arasında tespit edilmiş ve mevsimsel ortalama 0,778 mg/l olarak saptanmıştır. Pb birikim düzeyi ise en fazla sonbaharda 0,283 mg/l, en az yazın 0,090 mg/l olarak bulunmuş olup, mevsimsel ortalaması 0,156 mg/l'dir. Cd birikimi 0,017 mg/l 0,006 mg/l arasında kademeli olarak azalmış olup, ortalaması 0,011 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4'te ÇED raporlarına göre (Yiğit 2002) deniz suyunda olması gereken minimum ağır metal miktarları verilmiştir.

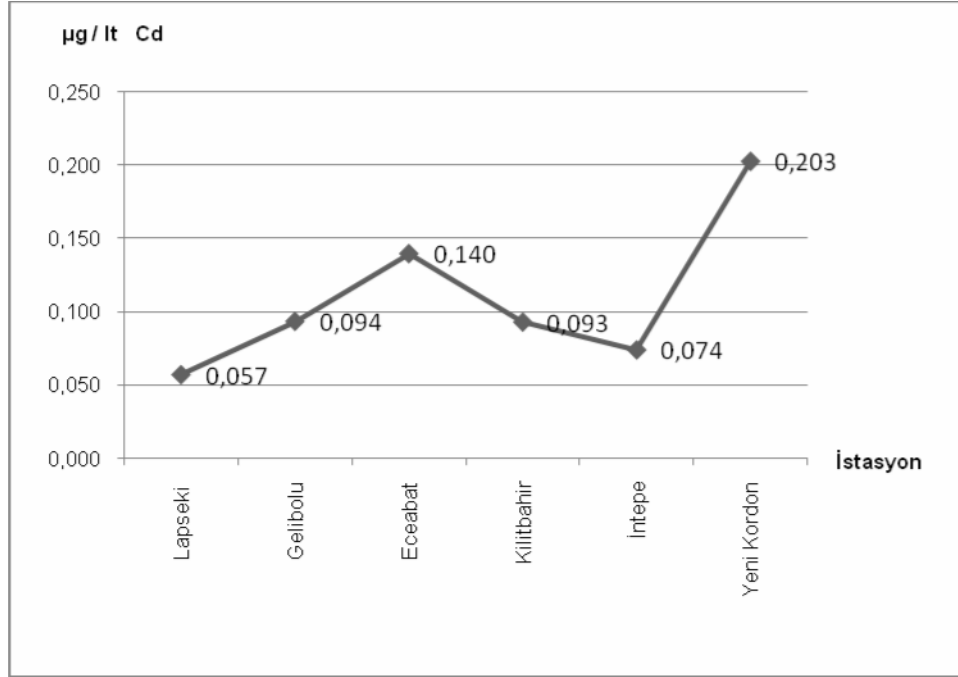
Tablo 4. Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri

Parametre (mg/l)	Kriter
Bakır	0,01
Kadmiyum	0,01
Kurşun	0,1
Çinko	0,1

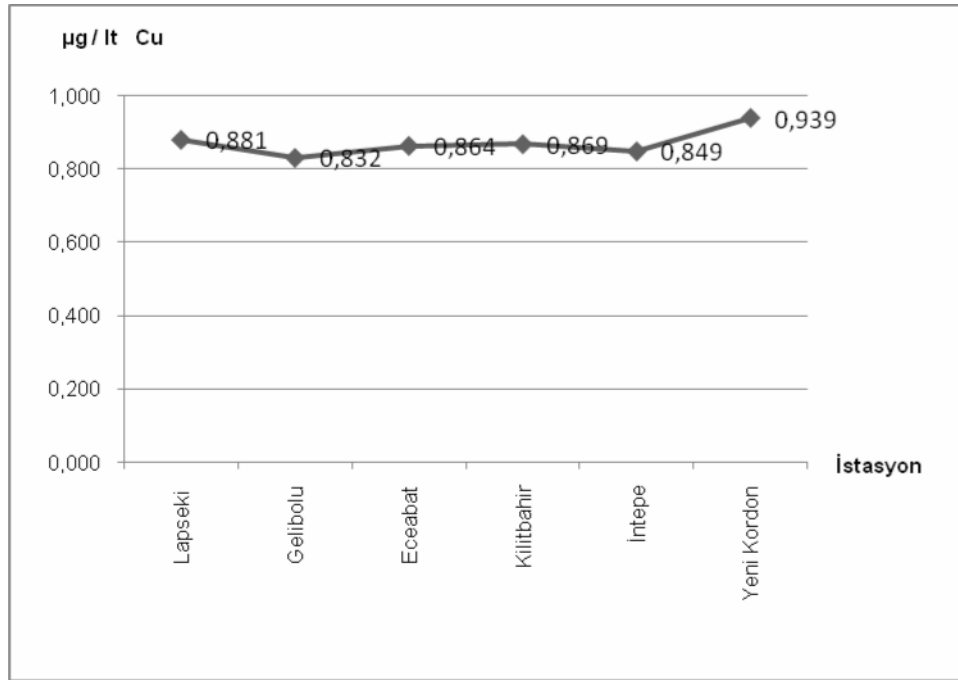
Alglerin toplandığı istasyonlardan alınan su örneklerindeki sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde özellikle Pb ve Zn miktarlarında belirgin bir artış gözlenmektedir. Bu metallerin yaz aylarındaki oranı yükselirken, kış aylarında en düşük seviyeye ulaştığı görülmektedir. İlkbaharda Pb miktarında yaz mevsimine yakın değerler bulunurken, sonbaharda Eceabat ve Kilitbahir istasyonları dışında kış mevsimine yakın değerler bulunmuştur. Zn miktarının ise ilkbahara oranla sonbaharda daha yüksek olduğu görülmektedir. Cu ve Cd miktarlarında da benzer sonuçlar dikkati çekmektedir.

Tablo 5. Su analiz sonuçları (mg/l)

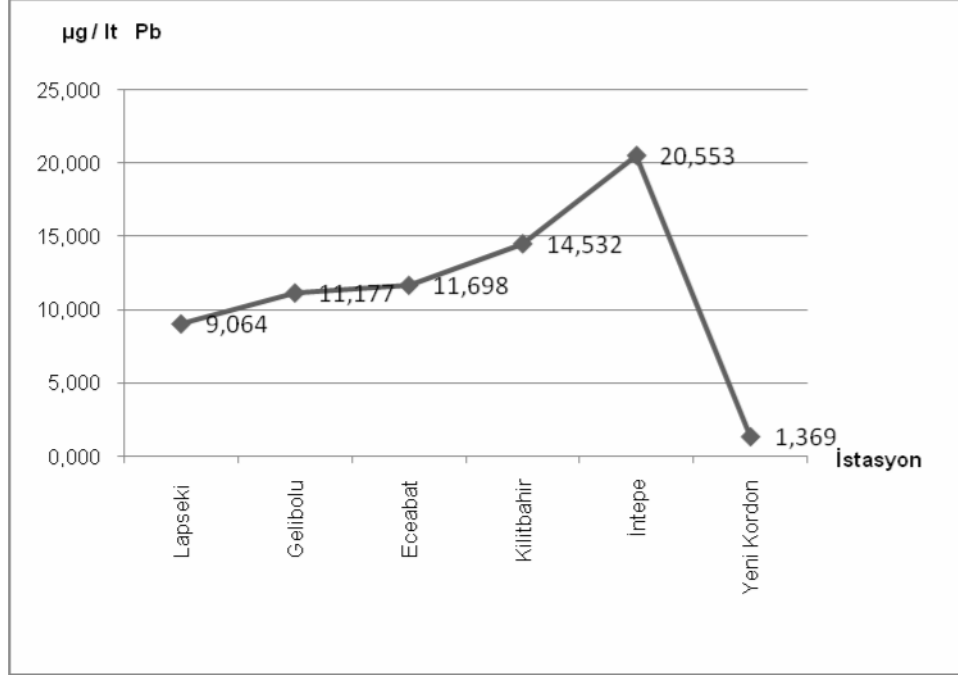
Su analizleri																
İstasyonlar	Sonbahar				Kış				İlkbahar				Yaz			
	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn
1	0.031	0.881	1.527	2.549	0.075	0.901	0.572	1.833	0.058	0.840	15.072	1.680	0.064	0.900	19.086	3.450
2	0.067	0.793	1.004	0.403	0.073	0.890	1.572	2.316	0.115	0.794	20.516	2.227	0.119	0.850	21.615	2.520
3	0.174	0.900	11.658	1.629	0.055	0.882	1.419	0.724	0.162	0.807	15.914	3.433	0.168	0.867	17.800	3.569
4	0.049	0.865	8.622	3.608	0.050	0.861	1.394	1.436	0.133	0.849	23.458	1.598	0.140	0.899	24.654	1.757
5	0.057	0.742	1.797	3.126	0.059	0.824	0.582	2.252	0.070	0.833	39.366	1.767	0.110	0.998	40.467	1.896
6	0.704	0.755	0.885	2.267	0.083	0.844	0.935	3.594	0.009	1.003	1.758	1.794	0.015	1.155	1.896	1.895



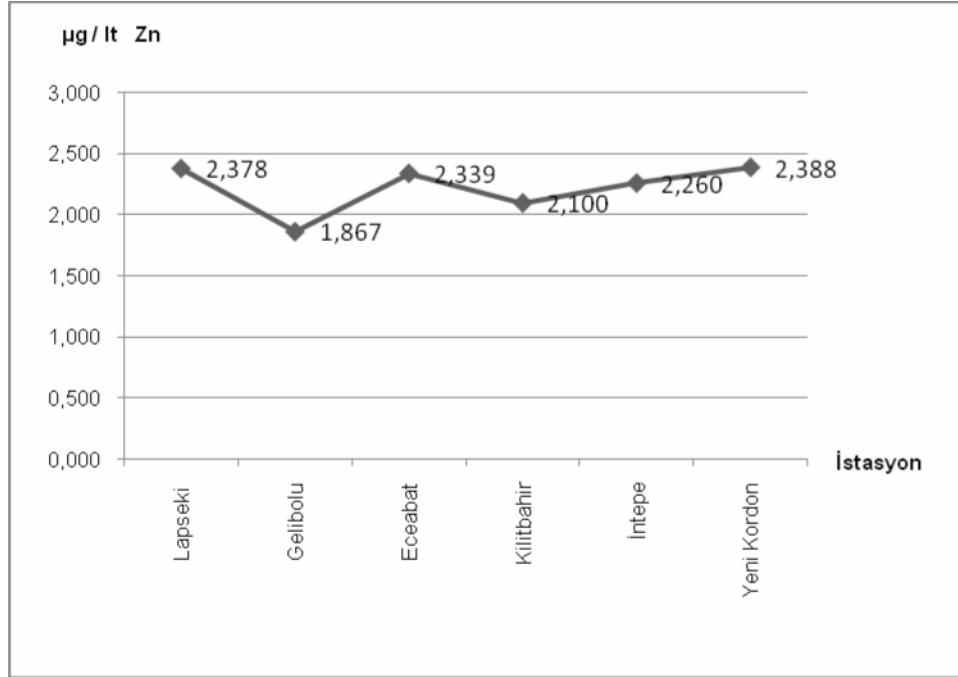
Şekil 17. Deniz suyundaki Cd miktarının yıllık ortalaması.



Şekil 18. Deniz suyundaki Cu miktarının yıllık ortalaması.



Şekil 19. Deniz suyundaki Pb miktarının yıllık ortalaması.



Şekil 20. Deniz suyundaki Zn miktarının yıllık ortalaması.

Su örneklerinde istasyonlara göre yıllık ağır metal değişimleri şekil 17-20'de verilmiştir. Cd miktarı, sınır değer olan 0,01 mg/l olması gerekirken, Yeni Kordon istasyonunda 0,203 mg/l olarak bulunmuştur. Cu miktarı 0,01 mg/l olması gerekirken

yine Yeni Kordon'da 0,939 mg/l olarak, Pb miktarı 0,1 mg/l olması gerekirken İntepe'de 20,553 mg/l olarak ve Zn miktarı için sınır değeri 0,1 mg/l iken Yeni Kordon'da 2,388 mg/l olarak yüksek değerlerde bulunmuştur. Tüm metal konsantrasyonlarının sınır değerlerinden yüksek bulunması, çalışılan istasyonların bu metaller açısından kirli olduğunu ve dolayısıyla çevreyi olumsuz yönde etkileyeceğini göstermektedir.

BÖLÜM 5

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Çanakkale Boğazı'nda yayılış gösteren bazı algler ve bu alglerin buldukları ortamdan alınan su numunelerinde ağır metal (Cd, Zn, Cu, Pb) derişimleri belirlenmiştir.

Ölçümler sonunda elde edilen ve Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'de verilen değerler incelendiğinde istasyonlar arasında önemli farkların ortaya çıktığı görülür.

Metal iyonlarının miktarları alg türleri bakımından incelendiğinde, her mevsimde *U. rigida* taksonunun ağır metalleri diğer taksonlara göre daha yüksek oranda bünyesine aldığı tespit edilmiştir.

Alglerdeki Pb miktarı 0,007-0,920 mg/l aralığındadır. Ayrıca seçilen istasyonlardan Lapseki, Eceabat ve Yeni Kordon'daki Pb kirliliği diğer istasyonlardakinden daha yüksektir.

Alglerde bulunan Cu miktarları 0,061-0,123 mg/l aralığındadır. Özellikle Gelibolu ve Eceabat istasyonlarından toplanan alglerdeki Cu miktarları diğerleri ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir.

Alglerde toksitite açısından oldukça tehlikeli olan Cd düzeyleri bu alglerde 0,008-0,038 mg/l arasında olup en yüksek Cd düzeyi *C. fragile* taksonunda Gelibolu istasyonunda bulunmuştur.

Alglerdeki Zn miktarları ise 0,330-0,851 mg/l aralığında değişmektedir. En yüksek Zn değeri *U. rigida* taksonunda gözlenmiştir. Temmuz ayında ise İntepe ve Yeni Kordon istasyonlarından toplanan alglerdeki Zn miktarlarında belirli artışlar olmuştur.

Bulunan sonuçlara göre genel olarak alglerin ağır metaller ile kirlenmeleri Cd < Cu < Zn < Pb sırasını ortaya koymaktadır.

Alglerin metallerle kirlenmeleri yaşadıkları deniz ortamındaki metal kirliliği ile paralel gösterir. Alglerin bünyelerine aldıkları ağır metallerin miktarlarındaki

değişimler, çevresel parametreler, toplama zamanında algin yaşı ile limanlardaki yükleme ve boşaltmalar sırasında denizin aşırı kirlenmesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Kesgin, 1988).

Olgunoğlu (2008) doktora tezindeki sonuçları yorumlarken, Mamboya, (2007)'nin eserinden yararlanarak, makro alg türlerinde saptanan metal düzeyleri ile sıcaklık arasında bir bağlantıyı *Padina pavonica* taksonunda Cd birikimi ile sıcaklık arasında kurulduğunu ve pozitif ilişki belirlendiğini ($r=0,635$, $p<0,05$), *Laurencia papillosa* taksonundaki Zn birikimi ile sıcaklık arasında ise negatif ilişkinin ($r=0,667$, $p<0,05$) ortaya konduğunu belirtmektedir. Sıcaklık artışının genellikle birikimin artmasına neden olduğunu, bazı durumlarda da azalmaya neden olduğunu ortaya konduğunu belirtmektedir. Yüksek sıcaklıkta birikimin artmasının enerji tüketiminin artması ile açıklanabileceğini fakat organizmada yüksek sıcaklıkta birikimin az olması mekanizmasının tam olarak açıklanamadığına değinildiğini vurgulamaktadır. Kendi çalışmasında da genel bir değerlendirme yapmış, sonbahardan kışa doğru sıcaklığın azalmasıyla birlikte bazı makro alg türlerinde metal düzeylerinin azaldığını, ilkbahar ve yazın ise sıcaklık artışıyla metal birikiminin arttığını belirtmiştir. Fakat tüm örnekler için bunun geçerli olmadığını gözlemlemişlerdir.

Metal iyonlarının miktarları deniz suyundan alınmış örnekler açısından incelendiğinde, her mevsimde Pb'nun diğer ağır metallere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Su örneklerindeki Pb miktarı 0,572-40,467 mg/l aralığındadır. Ayrıca istasyonlardan Eceabat, Kilitbahir ve İntepe'de Pb kirliliği diğer istasyonlardakinden daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Deniz suyu örneklerindeki Cu miktarları 0,755-1,155 mg/l aralığındadır. Özellikle Lapseki ve Yeni Kordon istasyonlarından toplanan sulardaki Cu düzeyi diğerleri ile karşılaştırıldığında daha yüksektir. Canlılarda toksite açısından oldukça tehlikeli olan Cd düzeyleri su örneklerinde 0,015-0,704 mg/l arasında olup en yüksek Cd düzeyi sonbaharda Yeni Kordon istasyonunda bulunmuştur. Zn miktarları ise 0,403-3,608 mg/l aralığında saptanmıştır. En yüksek Zn değeri sonbaharda Lapseki istasyonunda gözlenmiştir. Sonuçlara göre su örneklerinin ağır metaller ile kirlenmeleri $Cd < Cu < Zn < Pb$ sırasına göredir. Yaz aylarında kirlilik artarken, sonbahar ve ilkbahardaki ağır metal

kirliliğinin yaz aylarına göre daha az olduğu görülür. En az kirlenme ise kış aylarında olmaktadır.

Alglerdeki ağır metal kirliliği açısından Çanakkale Boğazı'nda genel bir kirliliğinin olduğu söylenebilir ve yaz aylarında kirlilikte diğer mevsimlere göre belirgin bir artış belirlenmiştir.

Çanakkale Boğazı'ndaki metal kirlenmesinin artması buradaki deniz canlıları özellikle de algler ve onlarla beslenen canlılar için tehlike oluşturmaktadır. Bunun sonucunda da balıkların önemli besin kaynaklarından birini teşkil eden algler besin döngüsü düşünüldüğünde insan sağlığını etkileyebilecek şekilde bu kirlilikten olumsuz yönde etkilenmektedir.

Tüm bu olumsuz etmenlerin azaltılması için Çanakkale Boğazı'na verilen kirlenici etmenlerin kontrol altına alınması gereklidir. Bu durumun sağlanabilmesi için doğrudan yada dolaylı yoldan atıklarını Çanakkale Boğazı'na bırakan kurum ve kuruluşların arıtma tesislerini kurmaları zorunlu hale getirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Agadi V.V., Bhosle N.B. ve Untawale A.G., 1978. Metal Concentration in Some Seaweeds of Goa (India). *Botanica Marina*, 21: 247-250.
- Al-Masri M.S., Mamish S. ve Budier Y., 2003. Radionuclides and Trace Metals in Eastern Mediterranean Sea Algae. *Journal of Environmental Radioactiv*, 63: 157-168.
- Alonsa E., Santos A., Callejon M. ve Jimenez J.C., 2004. Speciation as Sreening Tool For The Determination of Heavy Metal Surface Water Pollution in The Guadimar River. *Chemosphere*, 56: 561-564.
- Arellano J.M., Ortiz J.B., Capeta Da S., Gonzales de Canales M.L., Sarasquete C. ve Arel Blasco J., 1999. Levels of Copper, Zinc, Manganese and Iron in Two Fish Species From Salt Marshes of Cadiz Bay (Southwest Iberian Peninsula). *Bol Inst. Esp. Oceanogr.*, 15: 485-488.
- Aysel V., Çetingül V. ve Kurumlu-Kuran Y., 2000. Biochemical Investigation and Heavy Metal Contents of *Cladophora dalmatica* Kütz. and *Ceramium ciliatum* (Ellis) Ducl. var. *robustum* (J.Ag.) from Aegean Sea (Turkish Coast). *Turkish J. Marine Sciences*, 6: 9-22.
- Balcı A. ve Turkoglu M., 1993. Heavy Metals in Sediment From Izmir Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 26: 106-109.
- Batkı H., Küçüksezgin F. ve Uslu O., 1999. Trace Metal Distribution in Different Chemical Fractions of Marine Sediments Along the Eastern Aegean Shelf. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 70: 243-258.
- Bednarz T. ve Workowska D.H, 1985. Toxicity of Zinc, Cadmium, Lead, Copper and Their Mixture for *Chlorella pyrenoidosa*. *Acta Hydrobiol.*, 25-26: 389-400.
- Buccolieri A., Buccolieri G., Cardellicchio N., Dellattı A., Dileo A. ve Maci A., 2006. Heavy Metals in Marine Sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, Italy). *Marine Chemistry*, 99: 227-235.
- Büyükışık B. ve Erbil Ö., 1987. İzmir İç Körfez’de Nutrient Dinamikleri Üzerine Araştırmalar. *Doğa, Müh. ve Çev. D.C.*, 11: 379-395
- Caliceti M., Argese E., Sfriso A. ve Pavoni B., 2002. Heavy metal Contamination in the Seaweeds of the Venice Lagoon. *Chemosphere*, 47: 443-454.

- Clark R.B., Frid C. ve Attrill M., 1997. Marine Pollution. Fourth Edition Oxford University Press, 161p.
- Conti M.E. ve Cecchetti G., 2003. Biomonitoring Study: Trace Metals in Algae and Molluscs from Tyrrhenian Coastal Areas. *Environmental Research*, 93: 99-112.
- Çetingül V., Aysel V. ve Kurumlu-Kuran Y., 2000. Biochemical Investigation and Heavy Metal Contents of *Cladophora dalmatica* Kütz. and *Ceramium ciliatum* (Ellis) Ducl. var. *robustum* (J.Ag.) from Aegean Sea (Turkish Coast). *Turkish J. Marine Sciences*, 6: 9-22.
- Çetingül V., 1993. Ekonomik Değerdeki Bazı Deniz Alglerinin Kimyasal İçeriklerinin Saptanması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı Doktora Tezi. 185s.
- Çetingül V., Aysel V. ve Kurumlu-Kuran Y., 2000. Biochemical Investigation and Heavy Metal Contents of *Cladophora dalmatica* Kütz. and *Ceramium ciliatum* (ellis) Ducl. Var. *Robustum* (J.Ag) From Aegean Sea (Turkish Coast). *Turkish J. Marine Sciences*, 6: 9-22.
- Dalman Ö., Demirak A. ve Balcı A., 2006. Determination of Heavy Metals (Cd, Pb) and Trace Elements (Cu, Zn) in Sediments and Fish of The Southeastern Aegean Sea (Turkey) by Atomic Absorbtion Spectrometry. *Food Chemistry*, 95: 157-162.
- Dave M.J. ve Parekh R.G., 1978. Amino Acids of Green Alga Ulva. *Bot. Mar.*, 21: 323-326.
- Delvalls T.A., Forja J.M. ve Parra A.G., 2002. Seasonality of Contamination, Toxicity and Quality Values in Sediments from Littoral Ecosystem in the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Chemosphere*, 46: 1033-1043.
- Denton G.R.W. ve Burdan J.C., 1986. Trace Metals in Algae From The Great Barrier Reef. *Mar. Pollut. Bull.*, 17: 98-107.
- Doğan M. ve Soylak M., 2000. Su Kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları.
- Doğan E., Güven K.C., Okuş E. ve Ünlü S., 1995. İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı'nda Petrol Kirliliği Araştırması. Tübitak, Ydabçağ-254/G nolu Proje Raporu. 70s.

- Drude L.L., Teixeira V.L. ve Guimoraes J.R., 1975. Seasonal Variation of Heavy Metals in Seaweeds From Conceiso de Jacarei Brasil. *Bot. Mar.*, 28: 339-343.
- Dural B., 1986. Çandarlı Körfezi'nde Yayılış Gösteren Ulvales (Chlorophyceae) Ordusu Üyelerinin Morfolojisi, Anatomisi ve Taksonomisi (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir. 82 s.
- Egemen Ö. ve Sunlu U., 1999. Su Kalitesi. III. Baskı Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:14, Ege Üniversitesi Basımevi Bornova-İzmir, 148.
- Egemen Ö., 2000. Çevre ve Su Kirliliği. III. Baskı Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 42, Ege Üniversitesi Basımevi Bornova-İzmir, 120s.
- El-Sikaily A., Khaled A. ve El-Nemr A., 2004. Heavy Metals Monitoring Using Bivalves from Mediterranean Sea and Red Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 98: 41-58.
- El-Tawil B.A.H. ve Baghlaf A.O., 1983. Trace Metals in Some Marine Species. *Pharmazie*, 38: 200-201.
- Erakın S., 2005. Deniz Alglerinde Petrol Kirliliği. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 86s.
- Figueira M.M., Volesky B., Ciminelli V.S.T. ve Roddick F.A., 1999. Biosorption of Metals in Brown Seaweed Biomass. *Water Research*, 34: 196-204.
- Filho G.M.A., Karez C.S., Andrade L.R., Yoneshigue-Valentin Y. ve Pfeiffer W.C., 1997. Effects on Growth and Accumulation of Zinc in Six Seaweed Species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37: 223-228.
- Filho G.M.A., Andrade L.R., Karez C.S., Farina M. ve Pfeiffer W.C., 1999. Brown Algae Species as Biomonitors of Zn and Cd at Spetiba Bay, Rio de Janeira, Brazil. *Marine Environmental Research*, 48: 213-224.
- Fowler S.W. ve Knauer G.A., 1986. Concentrations of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe and Mn in Deep Sea Benthic Fauna: A case study on Southeastern area. *Environ. Monit. Assess.*, 7: 59-78.
- Fytianos K., Evgenidou G. ve Zachariadis G., 1999. Use of Macroalgae as Biological Indicators of Heavy Metal Pollution in Termaikos Gulf. Greece. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 62: 630-637.

- Haritonidis S. ve Malea P., 1999. Bioaccumulation of Metals by the Green Alga *Ulva rigida* from Thermaikos Gulf. Greece. *Environmental Pollution*, 104: 365-372.
- Gerlach S.A., 1976. *Meeres –Versohmutaung Springer-Verlag*. Germany. 254p.
- Gündüz T., 1999. *Çevre Kimyası*. Gazi Buro, Ankara. 156s.
- Güven K.C., Okuş E., Esen N., Küçükcezzar R., Seddigh E. ve Kut D., 1998. Heavy Metal Accumulation in Algae and Sediments of The Black Sea Coast of Turkey. *Toxicol. Environ. Chem.*, 67: 435-440.
- Güven K.C., Saygı N., Öztürk B. ve Topcuoğlu S., 1998-2002. Heavy metal Monitoring of Marine Algae From the Turkish Coast of the Black Sea. *Bot. Marina*, 36: 175-178.
- Güven K.C., Topcuoğlu S., Kut D., Esen N., Erentürk N., Saygı N., Cevher E. ve Güvener B., 1992. Metal Uptake by Black Sea Algae. *Botanica Marina*, 35-44: 337-340.
- Güven K.C., Kut D., Topcuoğlu S., Esen N. ve Küçükcezzar R., 2003. Trace Metals in Marine Algae and Sediment Samples From The Bosphorus. *Water, Air and Soil Pollution*, 118: 27-33.
- Jennet J.C., Smith J.E. ve Hassett J.M., 1982. *Factors Influecing Metal Accumulation by Algae*. EPA 600/2.82.100. Order No: PB 83-149377, 13p.
- Kayhan F.E., 2006. Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23: 215-220.
- Kennish M.J., 1998. *Pollution in Estuarine and Marine Environments. Pollution Impacts on Marine Biotic Communities. Institu of Marine and Coastal Sciences. Rutgers University*. New Jersey. 310p.
- Kesgin V., 1988. İzmir İç Körfez Alglerindeki Metal Kirliliklerinin Saptanması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 80s.
- Kerfood W.B. ve Jacobs S.A., 1974. Cadmium Accural in a Combined Waste Water Treatment-Aquaculture System. Proc. Annu. NFS. *Trace Contam. Conf. Ist*, 225-244.
- Kim Y.H., Lee J.H. ve Rho C.S., 1980. On The Marine Algae in Onsan Area East Coast of Korea. The Content of Heavy Metals. *Sikmul Haktroe Chi.*, 23: 55-60.

- Krupina M.V., 1981. Use of *Cystoseira* and *Ulva* macrophytes for monitoring Marine Pollution by Heavy Metals. *Deposited. Doc. VINITI*, 5484-5481: 33-34.
- Kut D., Topçuoğlu S., Esen N., Küçükcezzar R. ve Güven K.C., 2000. Trace Metals in Marine Algae and Sediment Samples from the Bosphorus. *Water, Air and Soil Pollution*, 118: 27-33.
- Kuyucak N. ve Valesky B., 1986. Recovery of Gold by a New Biosorbent. *Precious Met. Proc. Int. Precious Met. Ins. Conf.* 10th, 211-216.
- Lobban C.S. ve Harrison P.J., 1997. *Saeweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press., 366 p.
- Lozano G., Hardisson A., Gutierrez A.J. ve Lafuente M.A., 2003. Lead and Cadmium Levels in Coastal Bentic Algae (Seaweeds) of Tenerife, Canary Island. *Environment International*, 28: 627-631.
- Luo X., Zhan G., Ma Y., Deng Chunlan C. ve Chang X., 1983. Determination of Trace Amounts of Be, Co, Ni in Waste Water by Spectrometry After Preconcentration by Sulfhydryl Cotton. *Lanahzhau Daxue, Ziran Kexueban*, 19: 101-106.
- Lykova E.E., 1983. Concentration of Heavy Metals in Far Eastern Green Algae. *Deposited Doc. VINITI*, 1506-1584: 62-65.
- Malea P. ve Haritonidis S., 2000. Use of the Green Alga *Ulva rigida* C. Agardh as an Indicator Species to Reassess Metal Pollution in the Thermaikos Gulf. *Journal of Applied Phycology*, 12: 169-176.
- Mohamed L.A. ve Khaled A., 2005. Comparative Study of Heavy Metal Distribution in Some Coastal Seaweeds of Alexandria, Egypt. *Chemistry and Ecology*, 21: 181-189.
- Munda I.M. ve Grubensek F., 1976. The Amino Acid Composition of Some Common Marine Algae From Iceland. *Bot. Mar.*, 21: 85-92.
- Munda I.M., 1978. Trace Metal Concentration in Some Icelandic Seaweeds. *Bot. Mar.*, 21: 261-263.
- Noda H. ve Hariquchi Y., 1971. Significance of Zinc as A Nutrient for The Red Alga *Porphyra Tenera*. *Proc. Int. Seaweeds Symp. 7th.*, 368-372.
- Nuhoğlu Y., Malkoc E., Gürses A. ve Canpolat N., 2002. Removal of Cu (II) From Aqueous Solution by *Ulothrix zonata*. *Bioresource Technology*, 85: 331-333.

- Olgunoğlu M.P., 2008. İskenderun Körfezi Kıyısındaki Bazı Makro alg Türleri ve  kkelinde Ağır Metal Birikimlerinin Mevsimsel Değişimi.  ukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı Doktora Tezi. 94s.
- Öztürk M., 1985. Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarındaki Phaeophyta (Kahverengi Algler)  yelerinin yayılımı ve Taksonomisi. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı, İzmir.
- Öztürk M. ve Taşkın E., 1999. İskenderun Körfezi (Hatay Kıyıları) Phaeophyta (Kahverengi Algler)  yelerinin Yayılışı ve Taksonomisi.  ukurova Üniversitesi, X. Ulusal Su  r nleri Sempozyumu, 22- 24 Eylül 1999, Adana, 2: 856 -864.
-  zmen H.F., K lahçı A., Çukurovalı A. ve Doğru M., 2004. Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*, 55: 401-408.
- Pempkowiak J., Sikora A. ve Biernacka E., 1999. Speciation of Heavy Metals in Marine Sediments vs Their Bioaccumulation by Mussels. *Chemosphere*, 39: 313-321.
- Quatrano R.S., Griffing L.R., Huber-Walckli V. ve Scott D.R., 1985. Cytological and Biochemical Requirements for The Establishment of a Polar Cell. *J Cell Sci. Suppl.*, 2: 129-141.
- Ribera M.A., Gomez Garreta T., Gallardo M., Cormaci G.F. ve Giaccone G., 1992. Check-list of Mediterranean Seaweeds. II. Fucophyceae. *Botanica Marina*, 35: 109-130.
- Ross F.C., 1983. Introductory Microbiology. International Student Edition. *Delta College Pres.*, 45-50p.
- Saenko G.N., 1981. Biological Concertiation of Seawater Trace Nutrient. *Microelem. SSSR*, 22: 49-53.
- Sanchez-Rodriguez I., Huerta-Diaz A., Choumiline E., Holguinquinones O. ve Zertuche-Gonzales J.A., 2001. Elemental Concentrations in Different Species of Seaweeds from Loreto Bay, Baja California Sur, Mexico; Implications for the Geochemical Control of Metalsin Algal Tissue. *Environmental Pollution*, 114: 145-160.

- Skowronski T. ve Czernas K., 1985. Growth of *Stichococcus bacillaris* on Media Containing Cd or Zn. *Acta Hydrobiol.*, 25-26: 401-408.
- Soylak M. ve Türkoğlu O., 1999. Spectrophotometric Determination of Samarium (III) with Chrome Azural S in The Presence of Cetylpyridinium Chloride. *Colloquium Spectroscopium Internationale XXXI, PTU*, 8: 5-10.
- Soylak M. ve Türkoğlu O., 2000. Spectrophotometric Determination of Samarium (III) with Chome Azural S in The Presence of Cetylpyridinium Chloride. *Talanta*, 53: 125-129.
- Sperling K.R., 1976. Determination of Heavy Metals in Seawater and in Marine Organisms by Flameless Stomic Absorption Spectrophotometry. III. An improved Gas Stop Z. *Aral Chem.*, 279: 205.
- Sperling K.R., 1977. Heavy Metals Determination in Seawater and in Marine Organisms with the Aid of Flameless AAS. *Lebensm, Z., Unters-Forsch.*, 163: 87-91.
- Sperling K.R., 1984. Determination of Cd Traces in Environmental Samples (1). Fortschritte in der *Atomspektrometrischen Spurenanalytik, Heravsgegeben von Bernhard Wela, Band I*. Verlag Chem., 385-401.
- Sperling K.K., 1986. Protection of The North Sea Balance and Prospects. *Marine Pollut. Bull.*, 17: 241-246.
- Storelli M.M., Storelli A. ve Marcotrigiano G.O., 2001. Heavy Metals in the Aquatic Environment of the Southern Adriatic Sea, Italy Macroalgae, Sediments and Bentic Species. *Environment International*, 26: 505-509.
- Sukatar A. ve İlkme B., 1984. İzmir Körfezi Konak-Karşıyaka Kıyı Şeridindeki Bazı Alglerde Bulunan İz Elementlerin Zamana Bağımlı Periyodik Değişimlerinin Saptanması. *Ege Denizi ve Civarı Kıyılarılarının Korunması Sempozyumu*, 28-29.
- Süren E., Yılmaz S., Türkoğlu M. ve Kaya S., 2007. Concentrations of Cadmium and Lead Heavy Metals in Dardanelles Seawater. *Environ. Monit. Assess.*, 125: 91-98.
- Swadis T., Brown M.T., Zachariadis G. ve Srtis I., 2001. Trace Metal Concentrations in Marine Macroalgae from Different Biotopes in the Aegean Sea. *Environment International*, 27: 43-47.

- Sivalingam P.M., 1978. Biodeposited Trace Metals and Mineral, Content Studies of Some Tropical Marine Algae. *Bot. Mar.*, 21: 323-326.
- Taşkın E., 1999. İskenderun Körfezi (Hatay Sahili) Makro algleri. Celal Bayar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 165s.
- Taşkın E., Öztürk M., Kurt O. ve Öztürk M., 2001. Check-list of Marine Flora of Turkey. *Phycologia* 40: 71-74.
- Terzieva S., Danon S., Decheva R. ve Toncheva P.T., 1985. Effects of Some Heavy Metals (Copper, Lead, Zinc, Cadmium) on Bacteria, Protozoa and Algae. *Khidrobiologiya*, 25: 30-41.
- Topçuoğlu S., Ergül H.A., Baysal A., Ölmez E. ve Kut D., 2003a. Determination of Radionuclides and Heavy Metal Concentrations in Biota and Sediment Samples from Pazar and Rize Stations in The Eastern Black Sea. *Fresenius Environ. Bull.*, 12: 695-699.
- Topçuoğlu S., Güven K.C., Kırbaçoğlu Ç., Güngör N., Ünlü S. ve Yılmaz Z., 2001. Heavy Metals in Marine Algae from Şile in the Black Sea. *Bulletion Environmental Contamination and Toxicology*, 67: 288-294.
- Topçuoğlu S., Kırbaçoğlu Ç. ve Güngör N., 2002. Heavy Metals in Organisms and Sediments from Turkish Coast of the Black Sea 1997-1998. *Environment International*. 27/ 521-526p.
- Topçuoğlu S., Güven K.C., Balkıs N. ve Kırbaçoğlu Ç., 2003b. Heavy Metal Monitoring of Marine Algae from the Turkish Coast of the Black Sea. *Chemosphere*, 52: 1683-1688.
- Topçuoğlu S., Kırbaçoğlu Ç. ve Yılmaz Y.Z., 2004. Heavy Metal Levels in Biota and Sediments in the Northern Coast of the Marmara Sea. *Environmental Monitoring and Assesment*, 96: 183-189.
- Topçuoğlu S., Ölmez E., Kırbaçoğlu Ç., Yılmaz Y.Z. ve Saygın N., 2001-2004. Heavy Metal and Radioactivity in Biota and Sediment Samples Collected from Ünye in The Eastern Black Sea. *Rapp Comm Int Mer Médit.*, 37: 250.
- Türkmen A., 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesinde (*Spondylus spinosus* Schreibers 1973) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. 152s.

- Türkoğlu O. ve Külcü N., 1992. Bizmut trioksit-Antimon trioksit İkili Sisteminde Katihal Reaksiyonları. *VIII Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu*, 59-62: 7-11.
- Ugur A., Ozden B., Sac M.M. ve Yener G., 2003. Biomonitoring of ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb Using Lichens and Mosses Around a Uraniferous Coal-Red Power Plant in Western Turkey. *Atmospheric Environment*, 37: 2237-2245.
- Ünsal M., Bekiroğlu Y., Akdoğan Ş., Ataç Ü., Kayıkçı Y., Alemdağ N., Aktaş M. ve Yıldırım C., 1993. Batı Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Bazı Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerin Belirlenmesi. Tubitak Projesi. Proje No: DEBAG-80/G. Erdemli-MERSİN. 1-77s.
- Van Loon J.C., Balileki M.R., Nimjee M.C., Brezezinska A. ve Douglas D., 1983. Determination of Metals Compounds in Air and Marine Samples by ICP-AES, ICP-MS and GC-AAS. *Heavy Met. Environ. Int. Gnfn. 4th*, 1: 78-81.
- Veroy R.L., Montano N., Guzman L.B., Laserna E.C. ve Cajipe G.J.B., 1980. Studies on The Binding of Heavy Metals to Algar Polysaccharides From Philippine Seaweeds. *Botanica Marina*, 23: 59-62.
- Villares R., Puente X. ve Carballeria A., 2001. *Ulva* and *Enteromorpha* as Indicators of Heavy Metal Pollution. *Hydrobiologia*, 462: 221-232.
- Whyte J.N.C. ve Englar J.R., 1980. Seasonal Variation in The Inorganic Constituents of The Marine Alga *Nereocystis Luetkeana* Part II Non-Metallic Elements. *Bot. Mar.*, 23: 19-24.
- Yarsan E., Bilgili A. ve Türel K., 2000. Van Gölünde Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Turk. J. Veterinary Animal Science*, 24: 93-96.
- Yamamoto T., Otsuka Y., Okazaki M. ve Okamoto K., 1979. The Distribution of Chemical Elements in Algae In: Hoppe H.A., Levring T. ve Tanaka Y., Eds. *Marine Algae in Pharmaceutical Science*. Walder de Gruyter, Berlin. 569-607p.
- Yigit N., Colak E., Ketenoglu O., Kurt L., Sözen M., Hamzaoglu E., Karatas A. ve Ozkurt S., 2002. Environmental effect valuation (CED). 354-381.

TABLolar

	Sayfa
Tablo 1. <i>Ulva rigida</i> taksonunda mevsimsel olarak istasyonlara bağlı ağır metal içerikleri (mg/l)	24
Tablo 2. <i>Codium fragile</i> taksonunda mevsimsel olarak istasyonlara bağlı ağır metal içerikleri (mg/l)	25
Tablo 3. <i>Cystoseira barbata</i> taksonunda mevsimsel olarak istasyonlara bağlı ağır metal içerikleri (mg/l)	26
Tablo 4. Deniz suyunun genel kalite kriterleri	39
Tablo 5. Su analiz sonuçları (mg/l)	40

ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 1. Çanakkale Boğazı ve araştırma istasyonları	17
Şekil 2. <i>Ulva rigida</i>	18
Şekil 3. <i>Codium fragile</i>	19
Şekil 4. <i>Cystoseira barbata</i>	20
Şekil 5. <i>Ulva rigida</i> taksonundaki Cd miktarının yıllık ortalaması	27
Şekil 6. <i>Ulva rigida</i> taksonundaki Cu miktarının yıllık ortalaması	27
Şekil 7. <i>Ulva rigida</i> taksonundaki Pb miktarının yıllık ortalaması	28
Şekil 8. <i>Ulva rigida</i> taksonundaki Zn miktarının yıllık ortalaması	28
Şekil 9. <i>Codium fragile</i> taksonundaki Cd miktarının yıllık ortalaması	29
Şekil 10. <i>Codium fragile</i> taksonundaki Cu miktarının yıllık ortalaması	29
Şekil 11. <i>Codium fragile</i> taksonundaki Pb miktarının yıllık ortalaması	30
Şekil 12. <i>Codium fragile</i> taksonundaki Zn miktarının yıllık ortalaması	30
Şekil 13. <i>Cystoseira barbata</i> taksonundaki Cd miktarının yıllık ortalaması	31
Şekil 14. <i>Cystoseira barbata</i> taksonundaki Cu miktarının yıllık ortalaması	31
Şekil 15. <i>Cystoseira barbata</i> taksonundaki Pb miktarının yıllık ortalaması	32
Şekil 16. <i>Cystoseira barbata</i> taksonundaki Zn miktarının yıllık ortalaması	32
Şekil 17. Deniz suyundaki Cd miktarının yıllık ortalaması	41
Şekil 18. Deniz suyundaki Cu miktarının yıllık ortalaması	41
Şekil 19. Deniz suyundaki Pb miktarının yıllık ortalaması	42
Şekil 20. Deniz suyundaki Zn miktarının yıllık ortalaması	42

ÖZGEÇMİŞ

11.09.1984 tarihinde İstanbul'da doğdum. İlkokul ve Ortaokulu Ortaköy Kılıç Ali Paşa İlköğretim Okulun'da; liseyi de Arnavutköy Korkmaz Yiğit Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2002 yılında girdiğim Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Moleküler Biyoloji ve Genetik Ana Bilim Dalı'ndan 2006 yılında mezun oldum. Aynı yıl Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimime başladım.