
Araştırma Makalesi / Research Article

***Ulva rigida*'daki Ağır Metal (Pb, Cu, Zn ve Fe) Düzeyleri (Dardanel, Çanakkale)**

Serkan ÖZDEN^{*1}, Sezginer TUNÇER²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, 17100, Çanakkale

Özet

Bu çalışmada, Çanakkale Boğazındaki *Ulva rigida*'da bazı ağır metal (Pb, Cu, Zn ve Fe) düzeylerinin deniz kirliliği açısından belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, 2009-2013 yılları arasında, beş farklı istasyondan altı mevsimsel dönemde *U. rigida* örneklenmiştir. Bu alg türünde, en yüksek değere sahip ağır metal demir olarak bulunmuştur. Mevsim ortalamalarına göre ağır metal oranları Fe > Zn > Cu > Pb sırasını takip etmektedir. *U. rigida* için istasyonlara göre ağır metal konsantrasyon sıralaması ise Gelibolu Tersanesi (İst. 2) > Kilya Koyu (3) > Hamzakoy (1) > Eceabat Çam Burnu (4) > Abide (5) şeklindedir. Gelibolu Tersanesindeki yüksek değerlerin nedeni; bu bölgedeki gemi yapım, bakım ve onarım çalışmaları ile son yıllarda artan boğaz trafiği ve yoğun liman faaliyetleri olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada, *U. rigida*'da tespit edilen ağır metal düzeylerinin, sınır değerler altında kaldığı ve tehlikeli boyutlara ulaşmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Ulva rigida*, Çanakkale Boğazı, Ağır Metaller, Deniz Kirliliği

Heavy Metal Concentrations (Pb, Cu, Zn and Fe) in *Ulva rigida* (Dardanelles, Çanakkale)

Abstract

This study aims to determine the some heavy metal (Pb, Cu, Zn and Fe) concentrations in *Ulva rigida* at Çanakkale Strait (Dardanelles) to understand of the sea pollution. *U. rigida* has been collected from five different stations and in six seasonal periods between 2009 and 2013 years. Fe has the highest value heavy metal in this alge species. Mean seasonal results are arranged as: Fe > Zn > Cu > Pb. Heavy metal concentrations determined in *U. rigida* at five stations, respectively in Gelibolu Shipyard (Sta. 2) > Kilya Cove (3) > Hamza Cove (1) > Eceabat Pine Cape (4) > Abide (1) stations. Ship production and repairment activities in Gelibolu Shipyard have affected the alge in way of the heavy metal contamination and also, ship and harbor traffic in Çanakkale Strait may have origin of the heavy metals in *U. rigida*. It has been statement that heavy metal concentrations rest under the limit values to *U. rigida* and have not reached dangerous levels.

Keywords: *Ulva rigida*, Çanakkale Strait, Heavy Metals, Sea Pollution

1. Giriş

Çevresel kirletici maddelerin bir bölümünü oluşturan ağır metallerin; karasal ortamlardan özellikle nehirler, erozyon, yağmur ve sel sularıyla sucul ortamlara taşınması sonucu, su ve sediment tabakasındaki derişim oranları artmaktadır. Bununla birlikte, denizel ortamdaki bir takım insansal aktiviteler de ağır metallerin artışına neden olabilmektedir. Çeşitli analizler yoluyla ağır metal birikiminin denizel canlılar, deniz suyu, askıda katı madde ve sedimentteki düzeylerinin tespiti, denizel ortamlardaki kirliliğin anlaşılabilmesini sağlayabilmektedir. Denizel ortamda organik madde

*Sorumlu Yazar: sozden@comu.edu.tr

birikimi ise, karasal kökenli doğal organik maddeler, evsel ve endüstriyel kirleticiler nedeniyle oluşan girdiler, sucul canlıların metabolik artıkları ile onların ölümleriyle birlikte ayrışmaları sonucu ortaya çıkan ürünlerden kaynaklanmaktadır [1]. Günümüzde, denizlerde ve özellikle kıyı, körfez ve boğazlarda gerek nüfus yoğunluğu ve gerekse teknolojik ilerlemenin artışıyla ortaya çıkan endüstriyel kirliliğin etki derecesini belirlemek için birçok bilimsel çalışma artan bir hızla yapılmaktadır.

Bu çalışmada, Çanakkale Boğazı ve kıyılarında yaşayan *U. rigida*, beş farklı istasyonda ve altı farklı dönemde mevsimsel olarak örneklenmiştir. Örneklenen bu alg türünde, bazı ağır metal (Pb, Cu, Zn ve Fe) konsantrasyonları araştırılarak, bu bölgedeki olası kirliliğin düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan biyolojik tür olan *U. rigida*, Chlorophyceae sınıfının Chlorophyta familyasının bir türüdür. Deniz marulu olarak bilinen bu yeşil alg türü, azot ve fosfor bakımından zengindir. Gelişimlerinde güneş ışığına gereksinim gösterdiklerinden genelde su yüzeyinin üst kısımlarında bulunurlar. Türkiye kıyılarında özellikle sığ ve kayalık bölgelerde yayılım gösteren *U. rigida* tuzluluğa toleranslı bir türdür. Bu sebeple hem tuzlu hem de acı sularda bulunabilmektedir. Bu yeşil alg türü kirliliğin sularda yaşadığından yapılan araştırmalarda ağır metal kirlilik göstergesi olarak kabul edilmektedir [2, 3].

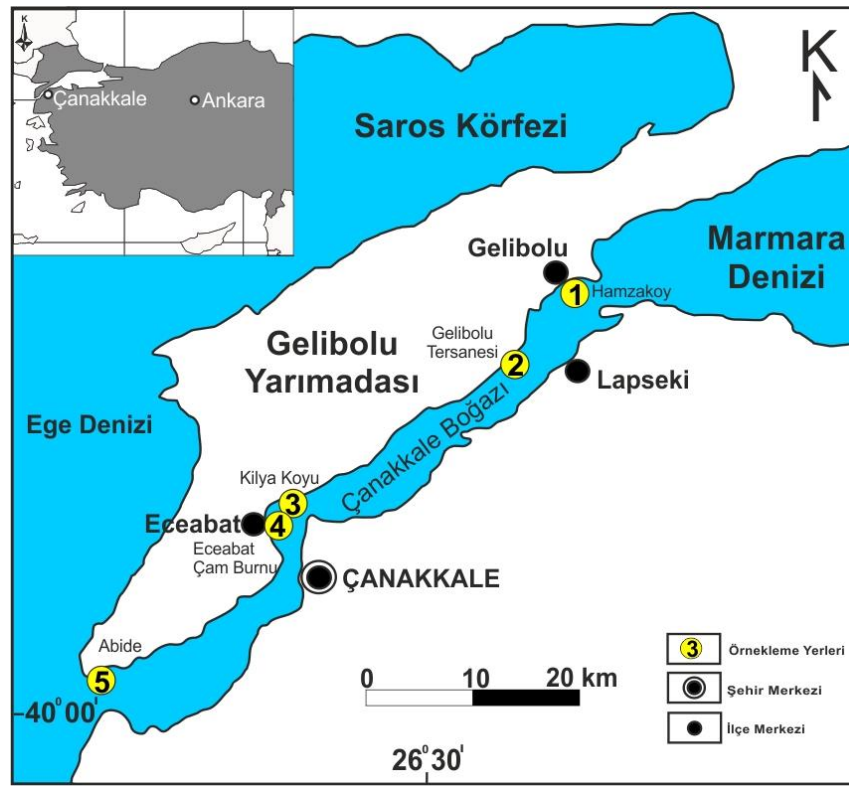
Yoğunluğu 5 g/cm³'ten fazla olan element metallere ağır metal adı verilir [4]. Bu grubun içinde geçiş metalleri, bazı yarı metaller, lantanitler ve aktinitler bulunur. Bileşiklerin yağmur veya iyon değişimi gibi birçok sebeple toprağa karışması sonucu ağır metaller doğada birikebilir [2]. Tehlikeli kirleticiler arasında yer alan ağır metaller, denizel ortama, evsel, maden faaliyetleri ve endüstriyel kaynaklı deşarjlarla ulaşmaktadır. Ağır metallerin suda çözünebilen bileşikleri, sucul ekosistemde problemler yaratmaktadır [4]. Ağır metaller çevrede kalıcılıkları, yüksek konsantrasyonlardaki toksisiteleri, canlı dokularında birikme eğilimleri ve besin zincirinde daha üst seviyelere gittikçe artarak yoğunluk göstermeleri sebebiyle insanlar için potansiyel tehlike oluşturur [4]. Bundan dolayı ağır metallerin sucul ekosistemde izlenmesi ve kontrolü, bu türden araştırmaların konusu olmuştur. Bu çalışmada da, ağır metallere en çok toksik etkiye sahip bazı elementler (Pb, Cu, Zn ve Fe) araştırma materyali olarak kullanılmıştır.

Örneklemeler, Çanakkale Boğazı ve kıyılarında *U. rigida*'ya rastlanılan beş istasyondan (Hamzakoy (İstasyon 1), Gelibolu Tersanesi (2), Kilye Koyu (3), Eceabat Çam Burnu (4) ve Abide (5)), Haziran 2009 ve Mayıs 2010 tarihleri arasında, dört mevsimi kapsayacak şekilde ve Ekim 2012 ile Şubat 2013 tarihlerinde iki tane daha olmak üzere toplam altı defa yapılmıştır (Çizelge 1, Şekil 1). *U. rigida* biyolojik örnekleri, kasık çizme ve eldiven giyilerek çelik bir spatülle kıyıda elle toplanmıştır. Tüm istasyonlardan toplanan biyolojik örnekler temiz polietilen torbalara konulup etiketlendikten sonra, bozulmaması için soğuk hava zincirinde getirilerek analiz edilene kadar -25°C'de [5] muhafaza edilmiştir. Alg örnekleri, önce çeşme suyu sonra saf su ile yıkayıp temizlendikten sonra kurutma kâğıdı üzerinde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir. Darası bilinen erlenlere alınan örneklere HNO₃:HClO₄ 3:1 oranında ilave edilerek iki saat özümlemeye bırakılmıştır [6]. Mineralizasyon işleminden sonra örnekler, filtre kâğıdından süzülerek saf su ile belli hacme getirilmiştir. Polietilen kaplarda saklanan örnekler +5°C'de analiz edilene kadar bekletilmiştir. Aynı örneklerden darası bilinen cam petri kaplara alınan tartılmış örnekler 60°C'ye ayarlanmış etüvde bir gece bekletilerek tekrar tartılıp kuru ağırlıkları bulunmuştur [7]. Laboratuvarında hazırlanan örneklerin, ÇOMÜ Merkez Laboratuvarında AAS cihazıyla analizleri yapılmıştır. Bu örnekler üzerinde; Pb, Cu, Zn ve Fe olmak üzere toplam dört ağır metalin konsantrasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizlerinde ve mevsimsel

karşılaştırmalar için, Friedman Testi kullanılmıştır. İki yönlü varyans analizine göre kurulup yürütülen Friedman Testinde, ön şartların yerine gelmediği durumlarda bu testin parametrik karşılığı olan ve daha güvenilir sonuçların elde edilmesine imkân sağlayan ki-kare denklemi kullanılmıştır [8].

Çizelge 1. Çalışma alanındaki istasyonların, yer, konum ve habitat bilgileri.

İstasyon (No)	Örnekleme Yeri (İstasyon İsmi)	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)	Habitat Yapısı (Örnek Noktası)
1	Hamzakoy	40° 24' 48''	26° 40' 46''	Kumlu, Çamurlu
2	Gelibolu Tersanesi	40° 19' 13''	26° 34' 54''	Çamurlu
3	Kilya Koyu	40° 12' 09''	26° 21' 30''	Kumlu
4	Eceabat Çam Burnu	40° 11' 34''	26° 21' 36''	Taşlık, Kayalık
5	Abide	40° 02' 38''	26° 10' 55''	Kumlu, Kayalık



Şekil 1. Çalışma sahası ve örnekleme istasyonlarının görünümü.

3. Bulgular

Araştırma bulgularına göre, *U. rigida*'daki Pb verileri dikkate alındığında ağır metal konsantrasyonunun en yoğun olduğu yerler Gelibolu Tersanesi, Kilya Koyu ve Eceabat Çam Burnu istasyonlarıdır. Gelibolu Tersanesi'nde Bahar 2010'da Pb konsantrasyonu 0,20 µg/g kuru ağırlık olarak en yüksek değerine ulaşırken, Abide'de Kış 2013'de 0,015 µg/g kuru ağırlık ile en düşük seviyeye inmiştir. Mevsim ortalamaları dikkate alındığında Pb konsantrasyonları, İst. 2 > İst. 4 > İst. 3 > İst. 1 > İst. 5 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 2, Şekil 2).

Araştırma bulgularına göre, *U. rigida*'daki Cu verileri incelendiğinde ağır metal konsantrasyonunun en yüksek gözlemlendiği yerler sırasıyla, Gelibolu Tersanesi, Kilya Koyu ve Eceabat Çam Burnu istasyonları olduğu görülmüştür. Gelibolu Tersanesi'nde Bahar 2010'da Cu

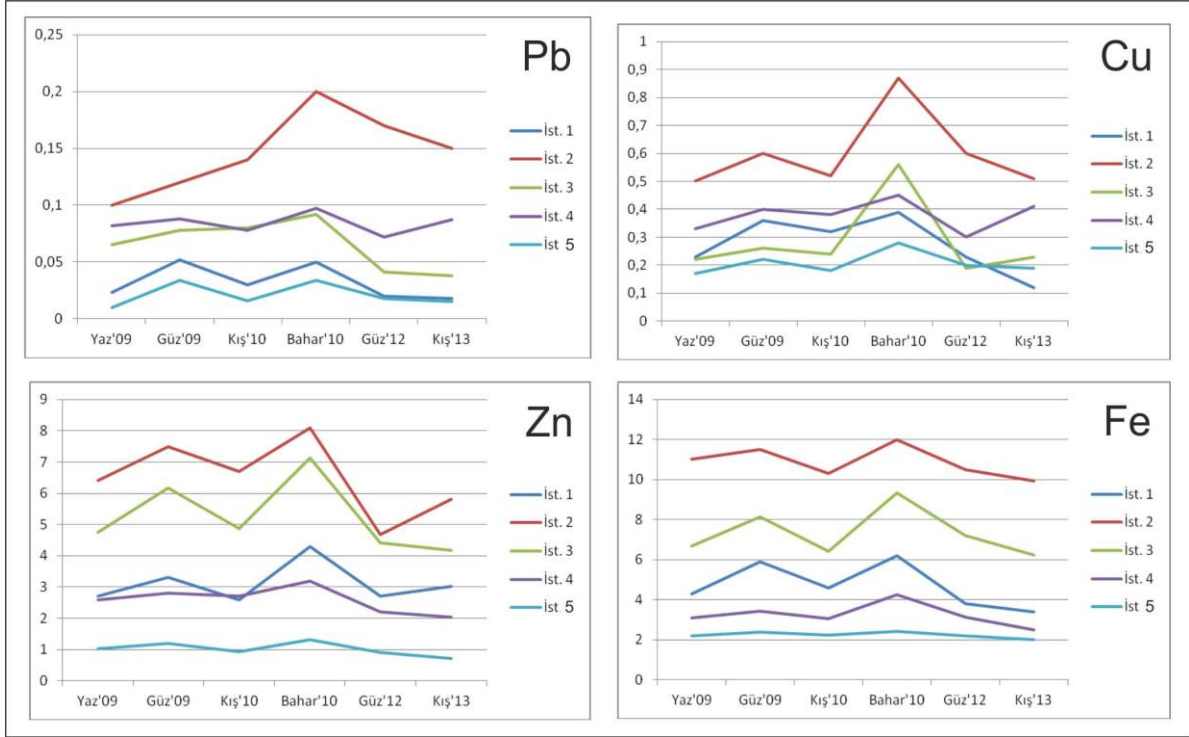
konsantrasyonu 0,87 µg/g kuru ağırlık olarak en yüksek değerine ulaşırken, Abide’de Kış 2010’da 0,18 µg/g kuru ağırlık ile en düşük seviyeye inmiştir. Mevsim ortalamaları dikkate alındığında Cu konsantrasyonları, İst. 2 > İst. 4 > İst. 3 > İst. 1 > İst. 5 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 2, Şekil 2).

Çalışmanın sonuçlarına göre, *U. rigida*’daki Zn verilerine bakıldığında ağır metal konsantrasyonunun en yoğun olduğu yerler Gelibolu Tersanesi, Kilya Koyu ve Hamzakoy istasyonlarıdır. Gelibolu Tersanesi’nde Bahar 2010’da Zn konsantrasyonu 8,10 µg/g kuru ağırlık olarak en yüksek değerine ulaşırken, Abide’de Kış 2013’de 0,72 µg/g kuru ağırlık ile en düşük seviyeye inmiştir. Mevsim ortalamaları dikkate alındığında Zn konsantrasyonları, İst. 2 > İst. 3 > İst. 1 > İst. 4 > İst. 5 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 2, Şekil 2).

Verilere göre, *U. rigida*’daki Fe verileri dikkate alındığında ağır metal konsantrasyonunun en yoğun olduğu yerler Gelibolu Tersanesi, Kilya Koyu ve Hamzakoy istasyonlarıdır. Gelibolu Tersanesi’nde Bahar 2010’da Fe konsantrasyonu 12,0 µg/g kuru ağırlık olarak en yüksek değerine ulaşırken, Abide’de Kış 2013’de 2,00 µg/g kuru ağırlık ile en düşük seviyeye inmiştir. Mevsim ortalamaları dikkate alındığında Fe konsantrasyonları, İst. 2 > İst. 3 > İst. 1 > İst. 4 > İst. 5 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 2, Şekil 2).

Çizelge 2. *U. rigida*’nın ağır metal konsantrasyonları (µg/g kuru ağı.).

Ağır Metal	Peryod	İst. 1	İst. 2	İst. 3	İst. 4	İst. 5
Pb	Yaz’09	0,023	0,100	0,065	0,082	0,020
	Güz’09	0,052	0,120	0,078	0,088	0,032
	Kış’10	0,030	0,140	0,055	0,078	0,016
	Bahar’10	0,050	0,200	0,092	0,097	0,034
	Güz’12	0,020	0,170	0,041	0,072	0,018
	Kış’13	0,018	0,150	0,038	0,087	0,015
	Ortalama	0,03±0,03	0,15±0,03	0,06±0,03	0,08±0,03	0,02±0,03
Cu	Yaz’09	0,23	0,50	0,22	0,33	0,19
	Güz’09	0,36	0,60	0,26	0,40	0,22
	Kış’10	0,32	0,52	0,24	0,38	0,18
	Bahar’10	0,39	0,87	0,56	0,45	0,28
	Güz’12	0,23	0,60	0,19	0,30	0,20
	Kış’13	0,12	0,51	0,23	0,41	0,19
	Ortalama	0,28±0,03	0,60±0,03	0,29±0,03	0,38±0,03	0,21±0,03
Zn	Yaz’09	2,70	6,40	4,74	2,60	1,02
	Güz’09	3,30	7,50	6,17	2,80	1,20
	Kış’09	2,60	6,70	4,87	2,72	0,93
	Bahar’10	4,30	8,10	7,14	3,20	1,32
	Güz’12	2,70	4,67	4,42	2,20	0,90
	Kış’13	3,02	5,80	4,17	2,03	0,72
	Ortalama	3,10±0,03	6,53±0,03	5,25±0,03	2,60±0,03	1,01±0,03
Fe	Yaz’09	4,30	11,0	6,68	3,10	2,20
	Güz’09	5,90	11,5	8,13	3,42	2,39
	Kış’09	4,60	10,3	6,42	3,05	2,24
	Bahar’10	6,20	12,0	9,32	4,25	2,42
	Güz’12	3,80	10,5	7,20	3,14	2,20
	Kış’13	3,40	9,92	6,24	2,50	2,00
	Ortalama	4,70±0,03	10,87±0,03	7,33±0,03	3,25±0,03	2,25±0,03



Şekil 2. *U. rigida*'nın ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık).

Algler için yapılan istatistiksel analize göre; ilk dört mevsim (Yaz'09, Güz'09, Kış'09 ve Bahar'10) arasında farklar önemli ve anlamlı iken, Güz'09 ve Güz'12 ile Kış'10 ve Kış'13 arasında yapılan karşılaştırmalarda oluşan farklar önemli değildir (Çizelge 3).

U. rigida örneklerine ait veriler incelendiğinde en yüksek ağır metal konsantrasyonları, Fe için gözlenmiştir. Fe, Bahar 2010'da $12,0 \mu\text{g/g}$ kuru ağırlık olarak Gelibolu Tersanesi'nden elde edilmiştir. Zn için ise en yüksek değer $8,10 \mu\text{g/g}$ kuru ağırlık Bahar 2010'da Gelibolu Tersanesi'nde bulunmuştur. Cu ve Pb için ise sırasıyla $0,87 \mu\text{g/g}$ kuru ağırlık ve $0,20 \mu\text{g/g}$ kuru ağırlık değerleri Bahar 2010'da Gelibolu Tersanesi'nde belirlenmiştir. Mevsim ortalamaları dikkate alındığında metaller *U. rigida* için; $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb}$ sırasını takip etmektedir.

U. rigida için ağır metal konsantrasyonunun en yoğun olduğu istasyon Gelibolu Tersanesidir. Diğer yoğun olduğu diğer istasyonlar ise, Kilya Koyu, Hamzakoy ve Eceabat Çam Burnu olarak sıralanır. Abide ise ağır metal konsantrasyonunun en düşük seviyede olduğu istasyon olarak tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları mevsim genel ortalaması, İst. 2 > İst. 3 > İst. 1 > İst. 4 > İst. 5 olarak sıralanmaktadır.

Çizelge 3. *U. rigida*'nın istatistiksel analiz sonuçları (Friedman testine göre, S: istasyonlar arası ki-kare sonuçları, DF: istasyonlar arası ki-kare ortalama değerleri, *p*: istasyonlar arası ki-kare karşılaştırma değeri olup, $p < 0,05$ ise istasyonlar arasında anlamlı bir fark olduğu, buna karşın $p > 0,05$ ise bu farkın önemsiz olduğu sonucuna varılır)

Peryod	İstatistik	Pb	Cu	Zn	Fe
Yaz'09 Güz'09 Kış'09 Bahar'10	S	10,14	15,00	11,34	12,60
	DF	3	3	3	3
	<i>p</i>	0,017 < 0,05	0,002 < 0,05	0,010 < 0,05	0,006 < 0,05
Güz'09 Güz'12	S	1,80	3,20	3,13	5,00
	DF	1	1	1	1
	<i>p</i>	0,180 > 0,05	0,074 > 0,05	0,077 > 0,05	0,25 > 0,05
Kış'10 Kış'13	S	4,50	2,00	1,80	0,00
	DF	1	1	1	1
	<i>p</i>	0,034 < 0,05	0,157 > 0,05	0,180 > 0,05	1 > 0,05

4. Sonuçlar ve Öneriler

Dünya üzerinde bir çok bölgede insanlar tarafından sağlık amaçlı olarak tüketilebilen, besin döngüsünde yer alan ve aynı zamanda kirlilik için iyi bir biyoindikatör olan alglerden *U. rigida* için bu çalışmada elde edilen ağır metal konsantrasyon sonuçları, bu bölgede yapılan önceki çalışmalarda [9-11] bulunan veriler ile birbirine yakın değerler sunmaktadır. Bununla birlikte, belli sınır değerleri içeren resmi kaynaklara [12-15] ait bilgiler ile karşılaştırıldığında ise, bu değerlerin altında kalmaktadır (Çizelge 4). Kaynaklarda verilen sınır değerler, *U. rigida*'dan insana kadar uzanan besin zinciri içerisinde, ağır metallerin insan vücudundaki toksikolojik etkisinin sınır değerleri olarak belirlenmiştir. *U. rigida* veya diğer denizel organizmalar aracılığıyla alınan ağır metaller için, ortalama yetişkin bir insan ağırlığı (60 kg.) dikkate alınarak, kilogram başına alınabilecek ağır metal sınır değerleri hesaplanabilmektedir. Ülkemiz için de kullanılan bu sınır değerler, günlük veya haftalık olarak denizel ürünlerden alınabilecek maksimum ağır metal miktarları veya tolere edilebilen ağır metal eşik değerleri olarak sunulmuştur [12-15].

Haziran 2009-Mayıs 2010 aralığında, Güz 2012'de ve Kış 2013'de Çanakkale Boğazı'nda seçilen istasyonlarda yapılan bu çalışmada elde edilen *U. rigida* ile ilgili veriler, önceki benzer bilimsel araştırmalar, ulusal ve uluslararası standartlar ve sınır değerler ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4), Çanakkale Boğazı'nda ağır metal kaynaklı bir kirliliğin, risk olarak belirlenen sınır değerleri geçmediği, altında kaldığı ve bölgesel anlamda tehlikeli boyutlara ulaşmadığı sonucuna varılmıştır. Diğer dört izleme istasyonundan daha yüksek ağır metal konsantrasyon değerleri sunan Gelibolu Tersanesi örnekleme istasyonu, gerek gemi yapım, bakım ve onarım çalışmaları, gerekse artan boğaz trafiği [16] ve yoğun liman faaliyetleri nedeniyle, *U. rigida*'da yüksek ağır metal değerleri sunduğu sonucuna varılmıştır. Bu bölgede ileride yapılacak benzer çalışmalar için, Gelibolu Tersanesi'nin özellikle dikkate alınması ve daha uzun dönemlerle izlenmesi gerekmektedir. Benzer şekilde, Gelibolu Yarımadası'ndan, Saros Körfezi'ne ve Çanakkale Boğazı'na akan nehirlerin ağız kısımları ve yakınında bulunan koylar da kirlilik açısından düzenli olarak izlenmelidir.

Çizelge 4. Pb, Cu, Zn ve Fe konsantrasyon değerlerinin karşılaştırması (µg/g kuru ağı.).

Referans	Pb	Cu	Zn	Fe
ANONYMOUS 1995	1,00	20,00	50,00	-
FAO 1983	0,50	30,00	30,00	-
WHO/FAO 1999, 2004	2,00	2,00	7,00	-
Özden ve Tunçer, 2006	0,22	0,50	9,45	18,92
Öztürk ve diğ., 2010	0,04	0,02	0,02	-
Üstünada ve diğ., 2011	0,25	0,41	1,59	-
Özden ve Tunçer, 2015	0,15	0,60	6,53	10,87

Teşekkür

Bu çalışma, doktora tezinden üretilmiş olup, 2009/145 nolu proje ile sağladıkları maddi destek için ÇOMÜ-BAP birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Taşdemir Y. 2002. Marmara Denizi: Kirlenmeler ve Çevre Açısından Alınabilecek Tedbirler. Uludağ Üniversitesi Müh.Mim. Fak. Dergisi 7 (1): 39-45.
2. Uysal H., Yaramaz Ö., Tunçer S., Parlak H. 1989. Ege Denizi kıyılarında pollusyon durumu, organizma ve ekosistem üzerindeki etkileriyle ilgili araştırmalar. Ege Üniv. Su Ürünleri Dergisi, 6: 21-24.
3. Başçınar S.N. 2009. Bentik Canlılar ve Biyoidikatör Tür. Yunus Araştırma Bülteni, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Yayını, 2: 5-8. Trabzon.
4. Egemen Ö. 2000. Çevre ve Su Kirliliği. Kitap, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayını No: 42, 120 sayfa, İzmir.
5. Tüzen M. 2003. Determination of Heavy Metals in Fish Samples of the Middle Black Sea (Turkey) by Graphite Furnace Atomic Absorb. Spectometry. Food Chemistry, 80: 119-123.
6. Atabeyoğlu K., Atamanalp M. 2010. Yumuşakçalarda (Mollusk) Yapılan Ağır Metal Çalışmaları. Atatürk Üniv. Vet. Bil. Derg., 5 (1): 35-42.
7. Yalçın M.G., Çevik O., Karaman M.E. 2013. Use of Multivariate Statistics Methods to Determine Grain Size, Heavy Metal Distribution and Origins of Heavy Metals in Mersin Bay (Eastern Mediterranean) Coastal Sediments. Asian Jour. of Chem., 25 (5): 2696-2702.
8. Mendeş M. 2012. Uygulamalı bilimler için istatistik ve araştırma yöntemleri. Kriter Yayınları, Kitap, s. 457, İstanbul.
9. Özden S., Tunçer S. 2006. Çanakkale Boğazı'nda Yaşayan Bazı Alg Türlerinde Ağır Metal Düzeylerinin Birikimlerinin Araştırılması. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 332-333, Ankara.
10. Öztürk M., Güner H., Koçbaş F. 2010. Foça Sahillerinde Baskın Makroalg Türleri, Mytilus Galloprovincialis ve Sediment Örneklerinde Ağır Metal Dağılımının Araştırılması. Celal Bayar Üniversitesi BAP Raporu, 1-69.
11. Üstünada M., Erduğan H., Yılmaz S., Akgül R., Aysel V. 2011. Seasonal Concentrations of Some Heavy Metals (Cd, Pb, Zn and Cu) in Ulva Rigida J. Agardh (Chlorophyta) from Dardanelles (Çanakkale, Turkey). Envi. Monit. and Ass., 177: 337-342.
12. ANONYMOUS, 1995. Resmi Gazete, Sayı: 22223, sayfa: 1361.
13. FAO, 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, FAO Fishery Circular, 464, 5-100.

14. WHO/FAO, 1999. Summary Report of the 53rd meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. JEFCA, Roma.
15. WHO/FAO, 2004. Summary of evaluations performed by the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003). ILSI Press, International Life Sciences Institute, Washington, DC.
16. Çiner F., İnan H. 1996. Gemi taşımacılığında kaynaklanan deniz kirlenmesi. Yerleşim ve Çevre Sorunları: Çanakkale İli Sempozyumu, 1-10, Çanakkale.

Geliş Tarihi: 16/03/2015

Kabul Tarihi: 22/04/2015