

***Codium fragile* subsp. *fragile* (Suringar) Hariot ve *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh (Çanakkale Boğazı, Türkiye) Taksonlarında Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi**

Mehtap ÜSTÜNADA¹, Hüseyin ERDUĞAN^{1*}, Veysel AYSEL², Rıza AKGÜL³

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Böl., Çanakkale, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü., Buca, İzmir, Türkiye

³Kastamonu Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü., Kastamonu, Türkiye

*Sorumlu Yazar: herdugan@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, Çanakkale Boğazı'ndan toplanan *C. fragile* subsp. *fragile* (Suringar) Hariot (Chlorophyta) ve *C. barbata* (Stackhouse) C. Agardh (Ochrophyta) taksonlarındaki ağır metal birikimlerinin istasyonlara ve mevsimlere bağlı değişimleri araştırılmıştır. Altı farklı istasyondan mevsimsel olarak alınan örneklerde bakır (Cu), kurşun (Pb), çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd) derişimleri belirlenmiştir. Her iki taksonda en yüksek değer yaz mevsiminde saptanmıştır. *C. fragile* subsp. *fragile* taksonunda en yüksek değer, Cu'da, *C. barbata* taksonunda ise Zn'de bulunmuştur. Her iki taksonda da metal derişimleri Zn>Cu>Pb>Cd şeklindedir. Mevsimsel olarak en yüksek değer yaz, en düşük değer ise sonbahar olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çanakkale Boğazı, *Codium fragile*, *Cystoseira barbata*, ağır metal

Seasonal Concentrations of Some Heavy Metals in *Codium fragile* subsp. *fragile* (Suringar) Hariot and *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh (Çanakkale strait, Turkey).

Abstract

In this study, the heavy metal accumulations depending on stations and the seasonal changes in *C. fragile* subsp. *fragile* (Chlorophyta) and *C. barbata* (Ochrophyta) collected in the Dardanelles were investigated. Copper (Cu), lead (Pb), zinc (Zn) and cadmium (Cd) concentrations in the samples taken from six different stations as seasonal were determined. In summer, the highest value was determined in both taxa. The highest value was found for Cu in *C. fragile* subsp. *fragile* taxon and for Zn in *C. barbata* taxon. In both taxa, heavy metal concentration as follows: Zn>Cu>Pb>Cd. It was found the highest value in the summer and the lowest value in the autumn season.

Keywords: *Codium fragile*, *Cystoseira barbata*, heavy metal

GİRİŞ

Ağır metal kirliliği, dünyadaki sediment ve deniz suyundaki en önemli kirliliklerden birisidir. Sucul bölgelere endüstriyel atıkların, toprak ve kirli suların boşaltılması, ağır metal konsantrasyonunu artırmaktadır (Türkoğlu, 1992; Balcı ve Türkoğlu, 1993).

Bu çalışma Mehtap ÜSTÜNADA'nın Yüksek Lisans Tezinden özetlenmiştir.

Bununla birlikte atık su, akaryakıt, kanalizasyon ve gemilerin sebep olduğu diğer atık maddeler denizlerdeki kirliliğe sebep olmaktadır. Körfez ve iç denizlerde görülen ağır metal kirliliği, açık denizlerdeki kirlilikten daha önemli ve etkilidir. Bu nedenle gerek Karadeniz gerekse Marmara Denizi'nden gelen ve Akdeniz'e üst akıntılarla ulaşan kirli suların önemli bir geçiş noktası olan Çanakkale Boğazı hem alt hem de üst akıntıların etkisi altındadır. Fakat Çanakkale Boğazı'ndan üst akıntıyla Akdeniz'e doğru taşınan ağır metal kirliliği alttan Karadeniz'e taşınan kirlilikten daha fazladır. Çanakkale Boğazı'nda ağır metal ve iz elementlerinin artışına sucul çevrenin optimum stabilitesini bozan atık suların sebep olduğu belirtilmektedir (Süren vd., 2007).

Teknolojinin hızla ilerlemesi ve buna bağlı olarak da ağır metal endüstrisinin çoğalması, bu endüstrilerin bulunduğu bölgelerde büyük çevre kirliliklerine neden olmuştur. Deniz kıyısında olsun ya da olmasın üretim sistemlerinin hepsinde oluşan üretim atıkları doğa tarafından değiştirilmektedir. Ancak bu değişim polimerler gibi sentetik kökenli atıklarda, doğal kaynaklı olanlara kıyasla çok az olmaktadır. Denizlerin kirlenmesinde deterjanlar kirlenmenin boyutlarını daha da arttıran etkenlerden birisidir. İnsan atıkları ise genellikle evsel atıklara dahil olup, doğal sistemler tarafından değişimleri çok hızlıdır. Bunlar bazı ülkelerde uygun kimyasal yöntemler kullanılarak gübre şeklinde kullanılırlar. 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 (Büyüksık ve Erbil, 1987).

Metallerin sucul ortamlara girişleri, doğal veya 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 rüzgâr esintileri ile gelen tozlarda ilave olmaktadır (Clark vd., 1997). Sucul ortamlara en önemli metal girdileri ise endüstriyel deşarjlarla olmaktadır. Bunun dışında yağmurlar ile atmosferden okyanuslara Cd, Cu, Zn ve özellikle Pb önemli miktarlarda taşınmaktadır. Atmosferdeki bu metaller fosil yakıtlarının yanmasından ve uçucu organo-metal bileşiklerinden kaynaklanır (Haritonidis ve Malea 1999).

Kadmium, saflaştırılması aşamasında ve yakıtların yanması sonucu çevreye katılmakta, atmosfere en çok Cd emisyonu ise Cd/Ni üretiminden salınmaktadır. Sucul ortama giren Cd canlı organizmalara göre daha hızlı olarak sedimentte birikmektedir. Cd mikroorganizmalarda, bitkisel ve hayvansal dokularda birikebilmektedir (Fowler ve Knauer 1986).

Endüstriyel ve evsel deşarjlarda denizel ortama giren Cu, atmosferik yolla yağ veya kuru biçimde çökelerek girdiği gibi, doğal kaynaklardan da sucul ortamlara girmektedir (Güven vd., 1998–2002). Zn, çevreye doğal oluşum yanında, fosil yakıtların tüketimi sonucunda da girmektedir (Fowler, 1986). Pb, fosil yakıtların tüketimi ve endüstriyel emisyonlar çevreye yüksek düzeyde Pb verilmesinden sorumlu tutulmaktadır. Sucul ortama havadan veya nehirler vasıtasıyla giren Pb'un, denizel organizmalardaki etkisi, sudaki konsantrasyonuna, maruz kalma sürecine, tür farkına ve suda Pb'nin

çözünübilirliğine etki eden sertlik, pH gibi birçok çevresel faktörlere bağlıdır (Topcuoğlu vd., 2002).

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

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

Denizel canlılardan besin kaynağı olarak yararlanan insanlar için deniz kirliliği önemlidir. Bu kirliliği belirlemede önemli bir gösterge olan alglerin kirliliğinin bilinmesi de toplum sağlığı açısından çok yararlıdır. Ayrıca denizlerden yararlanma yalnız alg ve balıkçılık yönünden olmayıp teknolojiye büyük girdisi olan minerallerin eldesinde de kullanılmaktadır.

Makrofitler suda çözünmüş veya partiküler formda bulunan metalleri biriktirme özelliklerinden dolayı kirlilik çalışmalarında tercih edilmekte, çok yıllık alger olması nedeniyle de ortamdaki kirliliği daha doğru yansıtmaktadırlar. Bu amaçla genellikle *Ulva* Linnaeus, *Codium* Stackhouse ve *Cystoseira* Agardh taksonlarına ait türler kullanılmaktadır (Mohamed ve Khaled 2005; Fytianos vd., 1999).

Deniz algeri ve deniz suyu kirliliğini belirlemeye yönelik yapılan çalışmaların sayısı oldukça fazladır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Noda (1972), Kerfood ve Jacobs (1974), Drude (1975), Munda (1976, 1978), Sperling (1976, 1977, 1984, 1986), Agadi (1978), Dave (1978), Sivalingam vd., (1978), Kim vd., (1980), Veroy (1980), Whyte ve Englar (1980), Krupina (1981), Saenko (1981), Krupina (1981), Blode (1982), El-Tawil ve Baghlafl (1983), Lykova (1983), Van Loon (1983), Luo (1983), Bednarz (1985), Quatrano vd., (1985), Skowronski (1985), Terzieva (1985), Denton (1986), Haritonidis ve Malea (1999), Pempkowiak vd., (1999), Sanchez-Rodriguez vd., (2001), Storelli vd., (2001), Swadis vd., (2001), Villares vd., (2001), Caliceti vd., (2002), Delvalls vd., (2002), Al-Masri vd., (2003), Conti ve Cecchetti (2003), Lozano vd., (2003), Buccolieri vd., (2006), Schintu vd., (2010), Laib ve Leghouchi (2012).

Türkiye denizlerindeki ağır metal kirliliğini belirlemeye yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır; Sukatar ve İlkme (1984), Kuyucak ve Valesky (1986), Güven vd., (1992, 1993), Batkı vd., (1999), Çetingül vd., (2000), Kut vd., (2000), Topcuoğlu vd., (2001, 2002, 2004, 2010), Nuhoglu vd., (2002), Erakın (2005), Özden (2006), Süren vd., (2007), Balkıs vd., (2007), Tuzen vd., (2009), Boran ve Altınok (2010).

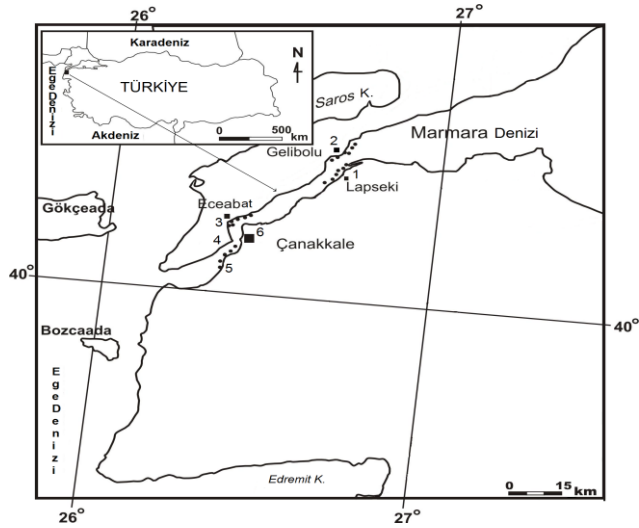
Çanakkale Boğazi'nde bu yönde gerçekleştirilmiş yeterli bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, Çanakkale Boğazi'nde belirlenen altı istasyondan toplanan *Codium fragile* subsp. *fragile* (Suringar) Hariot ve *Cystoseira barbata* (Stackhouse) taksonlarında ağır

metal birikim düzeylerindeki farklılıklar mevsimsel olarak araştırılarak bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal olarak Çanakkale Boğazı kıyılarında yayılış gösteren *Chlorophyta* bölümüne ait *Codium fragile* subsp. *fragile* ve Ochrophyta bölümüne ait *Cystoseira barbata* seçilmiştir.

Çalışma bölgesi, Çanakkale Boğazı 40° 02'-40° 30' kuzey enlemleri ile 26° 10'-26° 45' doğu boylamları arasında kalan alanı kapsamaktadır. İstasyon seçiminde şehir merkezleri (deşarj yapılan alanlar), madenlere yakın alanlar, fabrikaların yoğun olduğu alanlar gibi kirletici faktörler dikkate alınarak altı istasyon (1. Lâpseki, 2. Gelibolu, 3. Eceabat, 4. Kilitbahir, 5. İntepe, 6. Yeni Kordon belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çanakkale Boğazı ve örnek alınan istasyonlar

Belirlenen istasyonlarda supralittoral den mediolittoral derinliklerine kadar en bol ve iyi gelişim gösteren taksonlar Eylül 2007, Haziran 2008 tarihleri arasında, İlkbahar, Yaz, Sonbahar ve Kış olmak üzere dört kez toplanmıştır.

Ağır metal analizi için toplanan algler polietilen torbalar içerisine konularak 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.

Bu şekilde temizlenmiş olan algler, oda sıcaklığında çeker ocaklar içerisinde süzgeç kâğıtları üzerinde kurutulduktan sonra, 5 saat süre ile 105 °C'deki etüvde kurutulmuştur. Kurumuş örnek öğütüldükten sonra 0,1–1 gram aralığında $\pm 0,1$ mg duyarlılıkta tartılarak 100 ml'lik beherlere alınmıştır. Üzerlerine 1 gram biyokütleyle 12 ml $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ (1:1) karışımı gelecek şekilde asit ilave edildikten sonra çeker ocakta dikkatlice ısıtılarak yağ yakmaya uğratılmıştır. Kuruluğa yaklaşan beherlere, soğutulduktan sonra 2'şer ml derişik HClO_4 eklenmiş ve çok küçük bir alev ile tekrar kuruluğa dek ısıtılmıştır. Daha sonra, çözme işlemine sırasıyla önce 1 gram biokütleyle 5 ml derişik HNO_3 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 ısıtılıp 50'şer ml bidistile suda çözülmüş ve siyah bant süzgeç kâğıdından süzülerek yıkanmıştır. Süzülen ana sıvılar yıkama suları ile birlikte 100 ml'lik balon jojelerde toplanarak 25 ml işaret çizgisine dek su ile tamamlanıp çalkalanmıştır (EPA, Method 200.7, 1994). Bu şekilde ölçüme hazır hale gelmiş olan örnek çözeltilisinde istenen analizler, bunların standart çözeltileri yardımıyla İndüktif Eşlemeli Plazma-Atomik Emisyon Spektrometre (ICP-AES)'te gerçekleştirilmiştir.

Alg numunelerindeki metal içerikleri standart çözeltiler yardımıyla hazırlanan kalibrasyon eğrilerinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada matriksden kaynaklanan bir girişim görülmemiş, Perkin-Elmer 2280 aletinde zemin düzeltim işlemi otomatik olarak alet tarafından gerçekleştirilmiştir. Örneklere ait değerler iki ayrı ölçümün ortalamasıdır.

BULGULAR

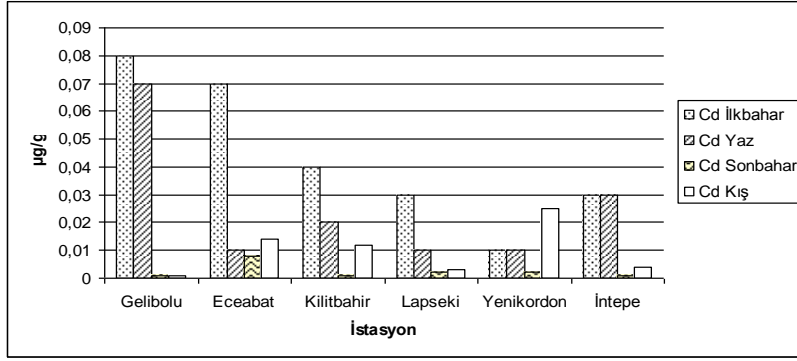
Çanakale Boğazı'nın kıyı şeridi boyunca pek çok büyük, orta ve küçük ölçekli demir-çelik tesisleri, gübre fabrikaları, sıvı gaz ve kömür taşımacılığı iskeleleri, meşrubat ve meyve suyu fabrikaları gibi pek çok sanayi tesisi yer almakta olup; bunların atıkları ve ayrıca tarımın yoğun olarak yapıldığı 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 dipte birikerek bentik ya da suda asılı halde kalıp, dalga ve akıntılar gibi su hareketleriyle boğazın çeşitli bölgelerine dağılarak organizmalar üzerinde olumsuz etki yapabilmektedir.

Çanakale Boğazı'ndaki ağır metal kirliliğini belirlemeye yönelik bu çalışmada, alg örneklerinden elde edilen metal değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Kullanılan aletin duyarlılık sınırının altında olan miktarlar, ölçülemediğinden "ala" ile gösterilmiştir.

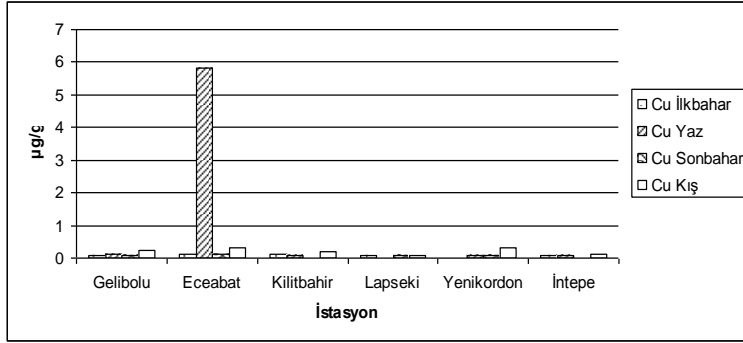
Tablo 1. *C. fragile* subsp. *fragile* ve *C. barbata* taksonunda mevsimsel olarak istasyonlara bağlı ağır metal birikimleri ($\mu\text{g/g}$). ala: Analiz limitinin altında

Metal	Mevsim	Codium fragile						Cystoseira barbata					
		Gelibolu	Eceabat	Kilitbahir	Lapseki	Yenikordo	İntepe	Gelibolu	Eceabat	Kilitbahir	Lapseki	Yenikordo	İntepe
Cd	İlkbahar	0,08	0,07	0,04	0,03	0,01	0,03	0,013	0,07	0,015	0,01	0,01	0,07
	Yaz	0,07	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,05	0,04	0,022	0,01	0,01	"ala"
	Sonbahar	0,001	0,008	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,013	0,02	0,002	0,017	0,003
	Kış	0,001	0,014	0,012	0,003	0,025	0,004	0,001	0,003	0,001	0,009	0,006	0,006
Cu	İlkbahar	0,093	0,101	0,104	0,073	0,016	0,064	0,147	0,087	0,096	0,018	0,017	0,098
	Yaz	0,135	5,813	0,078	0,016	0,07	0,08	0,181	0,115	0,07	0,015	0,17	0,015
	Sonbahar	0,061	0,122	"ala"	0,093	0,06	0,003	0,156	0,25	0,098	0,148	0,24	0,089
	Kış	0,231	0,308	0,195	0,06	0,332	0,118	0,118	0,172	0,003	0,141	0,065	0,076
Pb	İlkbahar	0,103	0,92	0,132	0,25	0,1	0,111	0,215	0,091	0,201	0,047	0,147	0,081
	Yaz	0,099	0,048	0,054	0,036	0,216	0,04	0,16	0,054	0,072	0,03	0,09	0,03
	Sonbahar	0,051	0,039	0,035	0,044	0,016	"ala"	0,02	0,196	0,04	0,094	0,283	0,014
	Kış	0,034	0,193	0,131	0,05	0,45	0,038	0,012	0,143	0,022	0,03	0,104	0,013
Zn	İlkbahar	0,442	0,59	0,548	0,555	0,048	0,365	0,521	0,618	0,448	0,006	0,084	0,564
	Yaz	0,833	0,82	0,751	0,01	1,276	0,131	0,955	0,805	0,781	0,032	1,437	0,6
	Sonbahar	0,438	0,615	0,002	0,774	0,531	0,004	0,444	0,845	0,927	0,735	1,067	0,678
	Kış	0,51	1,118	1,126	0,4	1,352	0,82	0,887	0,796	0,003	0,78	0,524	0,838

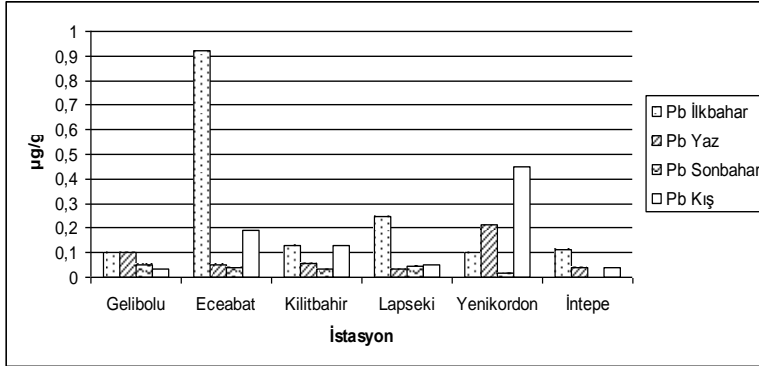
Alg örneklerindeki ağır metal miktarlarının istasyonlara ve mevsimlere göre yıllık ortalamaları Şekil 2-9'da verilmiştir. Su örneklerindeki mevsimsel değişimler Üstünada (2009) tarafından yapılan çalışmada verilmiştir.



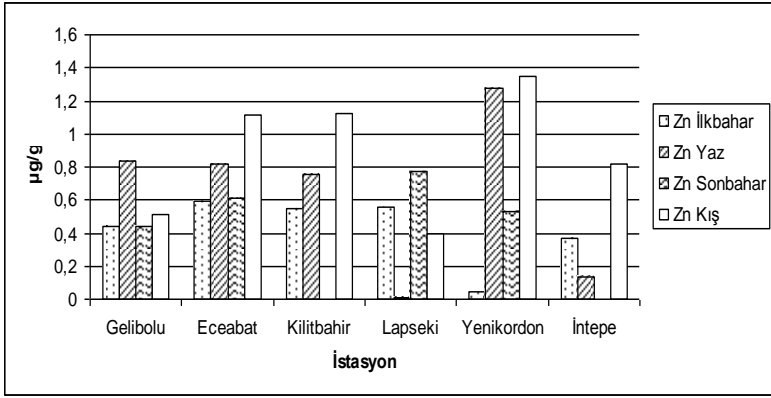
Şekil 2. *C. fragile* subsp. *fragile* taksonundaki Cd miktarının mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişimi



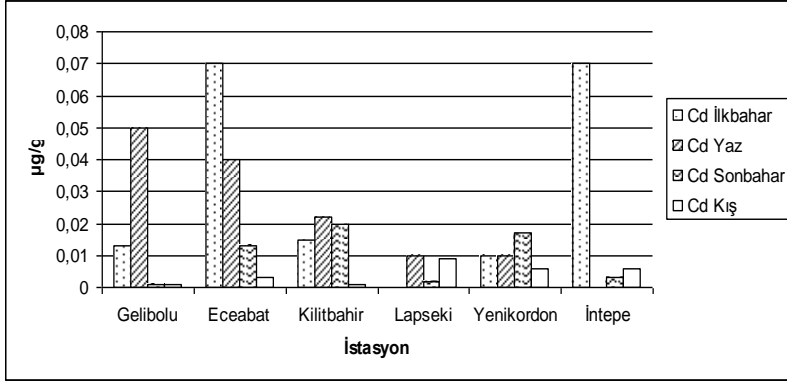
Şekil 3. *C. fragile* subsp. *fragile* taksonundaki Cu miktarının mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişimi



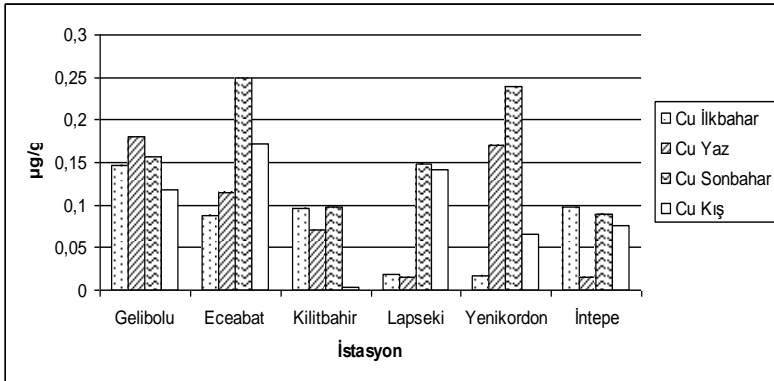
Şekil 4. *C. fragile* subsp. *fragile* taksonundaki Pb miktarının mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişimi



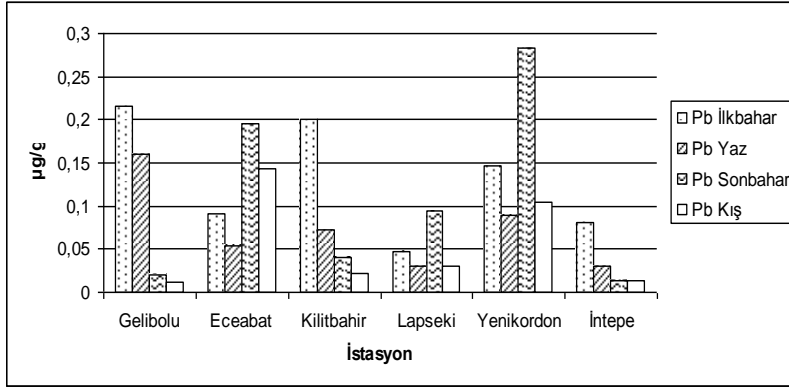
Şekil 5. *C. fragile* subsp. *fragile* taksonundaki Zn miktarının mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişimi.



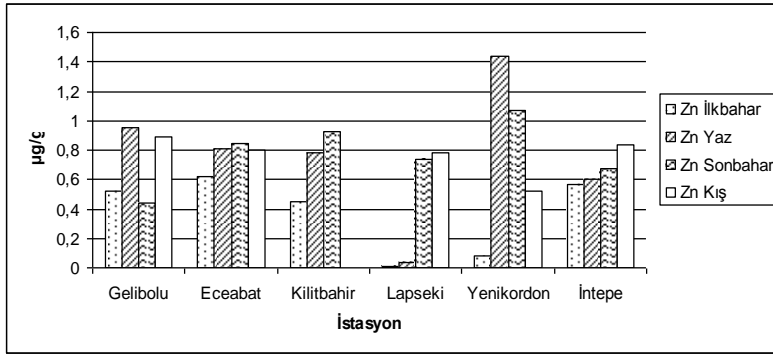
Şekil 6. *C. barbata* taksonundaki Cd miktarının mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişimi.



Şekil 7. *C. barbata* taksonundaki Cu miktarının mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişimi.

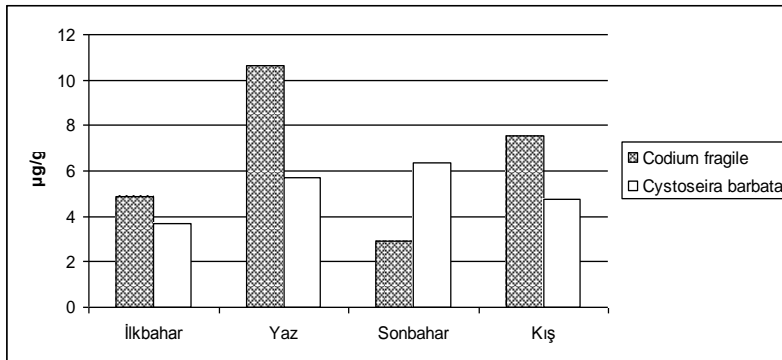


Şekil 8. C. barbata taksonundaki Pb miktarının mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişimi



Şekil 9. C. barbata taksonundaki Zn miktarının mevsimsel ve istasyonlara bağlı değişimi

Mevsimsel olarak toplam metal değerleri dikkate alındığında C. fragile subsp. fragile taksonunda en yüksek değer yazın, en düşük değer ise sonbaharda belirlenmiştir. C. barbata taksonunda ise en yüksek değer sonbaharda en düşük değer ise ilkbaharda tespit edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. C. fragile subsp. fragile ve C. barbata taksonlarında mevsime bağlı toplam metal derişimi

TARTIŞMA

Çanakkale Boğazı kıyılarındaki sanayi kuruluşlarının, küçük işletmelerin veya kanalizasyon suyunun etkisiyle kirletilmesinin yanı sıra önemli ticaret yollarından biri olması nedeniyle geçen gemilerin bıraktığı sintine sularıyla da kirletilmektedir.

Karadeniz ve Marmara Denizi'nden gelen ve Akdeniz'e üst akıntılarla ulaşan kirli suların önemli bir geçiş noktası olan Çanakkale Boğazı hem alt hem de üst akıntılarının etkisi altında olduğu, ancak Çanakkale Boğazı'ndan üst akıntıyla Akdeniz'e doğru taşınan ağır metal kirliliğinin alttan Karadeniz'e taşınan kirlilikten daha fazla olduğu belirtilmiştir (Süren vd., 2007).

Tablo ve şekiller incelendiğinde alg örneklerinin önemli miktarda ağır metali bünyesinde biriktirdiği görülmektedir. Her istasyonda mevsimsel değişimlere bağlı olarak metal birikme oranlarında da değişimler gözlenmektedir. Bu değişimler algin bulunduğu alandaki çevresel parametrelerin değişmesinden (tuzluluk, sıcaklık, pH, ışık, oksijen) kaynaklanabildiği gibi, su içerisinde bulunma süresinde etkili olduğu bildirilmektedir (Garnharm vd., 1992; Favero vd., 1996).

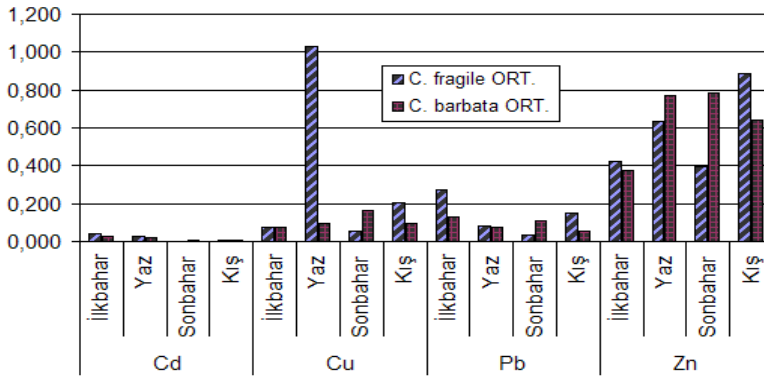
Deniz suyundaki metalin fiziksel ve kimyasal formları, metallerin kimyasal özelliklerine bağlı olduğu kadar suyun pH'ı, potansiyel redoks, iyonik güç, tuzluluk, alkalinite, organik ve partikül maddelerin varlığı ve biyolojik aktiviteler gibi çevresel faktörlere de bağlıdır. Bu faktörlerde meydana gelen değişimler, metalin kimyasal formlarının değişmesine neden olabilir ve metalin sucul organizmalarca alımını etkiler. Ayrıca kayalar üzerinde bulunan algerin pozisyonu (örneğin gel-git döngüsünde algin su içinde kalma süresi) sıcaklık, mevsimler ve ortamda bulunan diğer kirleticilerin varlığı gibi diğer faktörler metal birikimini etkilemektedir (Fytianos vd., 1999).

Olgunoğlu ve Polat (2007) yaptığı çalışmada endüstriyel atıkların yüksek düzeyde Fe, Cu, Pb ve Cd gibi ağır metalleri içermeleri nedeniyle bu metallerin yüksek düzeyde birikim yaptığını, çalışılan alanda yoğun gemi trafiğinin olması nedeniyle gemi yakıtlarında bulunan Pb'nin su ortamına katılmasından ileri geldiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada alg örneklerinden *C. fragile* subsp. *fragile* taksonunda belirlenen en yüksek değerler sırasıyla Cu, Zn, Pb ve Cd şeklindedir. İstasyonlara göre ise en yüksek değerler Cu ile yazın Eceabat, kışın Zn ile Yenikordon, Pb ile ilkbaharda Eceabat ve Cd ile ilkbaharda Gelibolu'da saptanmıştır (Tablo 1).

C. barbata taksonunda ise en yüksek değer Zn'da yazın Yenikordonda belirlenirken bunu sırasıyla Pb'da Sonbaharda Yenikordon, Cu'da Sonbaharda Eceabat ve Cd'da ilkbaharda Eceabat takip etmiştir.

Alg örneklerinde yıllık ortalama derişim oranlarına bakıldığında, gerek *C. fragile* subsp. *fragile* gerekse *C. barbata* taksonunda metal cinsine bağlı olarak farklı değerler oluşmasına rağmen (Şekil 11), toplam birikime bakıldığında, *C. fragile* subsp. *fragile* taksonunda 4,32 µg/g, *C. barbata* taksonunda 3,42 µg/g olduğu görülür (Tablo 1).



Şekil 11. Alg örneklerindeki yıllık ortalama derişimler

Sonuç olarak Çanakkale Boğazı'nda metal konsantrasyonlarının yüksek değerlerde bulunması su kalitesini olumsuz yönde etkilemekte ve orada yaşayan canlıları tehdit etmektedir. Son yıllarda takson sayısındaki azalmaya karşın, bazı taksonların kütle olarak artışında kirliliğin ne derece etkili olduğu, biyoçeşitlilik açısından cevap verilmesi gereken bir sorudur.

Teşekkür: Bu çalışma Yüksek Lisans Çalışmasının bir kısmını kapsayıp, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Destekleme Fonu (BAP-2008/43) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Agadi, V.V., Bhosle, N.B., Untawale A.G. 1978. Metal concentration in some seaweeds of Goa (India). *Botanica Marina*. 21: 247–250.
- Al-Masri, M.S., Mamish, S., Budier, Y. 2003. Radionuclides and trace metals in Eastern Mediterranean Sea Algae. *Journal of Environmental Radioactiv.* 63: 157–168.
- Balçı, A., Turkoglu, M. 1993. Heavy metals in sediment from Izmir Bay. *Marine Pollution Bulletin*. 26: 106–109.
- Balkıs, N., Topcuoğlu, S., Güven, K.C., Öztürk, B., Topalođlu, B., Kırbasıoğlu, Ç., Aksu, A. 2007. Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea Marmara Sea and Aegean Sea Region of Turkey. *J.Black Sea/Mediterranean Environment*. 13:147-153.
- Batki, H., Küçüksezgin, F., 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., Workowska, D.H. 1985. Toxicity of zinc, cadmium, lead, copper and their mixture for *Chlorella pyrenoidosa*. *Acta Hydrobiol.*, 25-26: 389-400.
- Boran, M., Altınok, I. 2010. A review of heavy metals in water, sediment and living organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 10:565-572.
- Buccolieri, A., Buccolieri, G., Cardellicchio, N., Dellattı, A., Dileo, A., Maci, A. 2006. Heavy metals in marine sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, Italy). *Marine Chemistry*. 99: 227–235.
- Büyüksık, B., Erbil, Ö. 1987. İzmir iç körfez'de nutrient dinamikleri üzerine araştırmalar. *Doğa, Müh. ve Çev. D.C.*, 11: 379-395.
- Caliceti, M., Argese, E., Sfriso, A., Pavoni, B. 2002. Heavy metal contamination in the seaweeds of the Venice Lagoon. *Chemosphere*. 47: 443–454.
- Conti, M.E., Cecchetti, G. 2003. Biomonitoring study: Trace metals in algae and molluscs from Tyrrhenian Coastal Areas. *Environmental Research*. 93: 99–112.

- Clark, R.B., Frid, C., Attrill, M. 1997. Marine pollution. Fourth Edition Oxford University Press, Oxford. 61-79.
- Çetingül, V., Aysel, V., 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.
- Dave, M.J., Parekh, R.G. 1978. Amino acids of green alga *Ulva*. Bot. Mar., 21: 323-326.
- Delvalls, T.A., Forja, J.M., Para, 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., buradan, J.C. 1986. Trace metals in algae from The Great Barrier Reef. Mar. Pollut. Bull., 17: 98-107.
- Doğan, M., Soylak, M. 2000. Su kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları. Kayseri.
- Drude, L.L., Teixeira, V.L., Guimoraes, J.R. 1975. Seasonal variation of heavy metals in seaweeds from Conceieso de Jacarei Brasil. Bot. Mar., 28: 339-343.
- El-Tawil, B.A.H., Baghlah, A.O. 1983. Trace metals in some marine species. Pharmazie. 38: 200-201.
- EPA Method 200.7, May 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, Revision 4.4, EMMC Version, Methods for the Determination of Metals in Environmental Samples-Supplement I, EPA/600/R-94-111.
- Erakın, S. 2005. Deniz Alglerinde petrol kirliliği. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Favero, N., Cattalini, F., Bertaggia, D., Albergoni, V. 1996. Metal accumulation in a biological indicator (*Ulva rigida*) from lagoon of Venice (Italy). Archives of Environmental Contamination and Toxicology 31: 9–18.
- Figueira, MM., Volesky, B., Mathieu, H.J. 1999. Instrumental analysis study of iron species biosorption by *Sargassum biomass*. Environ. Sci. Technol., 33:1840–1846.
- Fowler, S.W., Knauer, G.A. 1986. Concentrations of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe and Mn in deep sea benthic fauna: A case study on Southeastern area. Environmental Monitoring and Assesment. 7: 59–78.
- Fytianos, K., Evgenidou, G., Zachariadis, G. 1999. Use of macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in Thermaikos Gulf. Greece. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology 62: 630–637.
- Garnharm, G.W., Codd, G.A., Gadd, G.M. 1992. Kinetics of uptake intracellular locations of cobalt, manganese and zinc in the estuarine green alga *Chlorella salina*. Applied Microbiology and Biotechnology. 37: 270–276.
- Gündüz, T. 1999. Çevre kimyası. Gazi Buro, Ankara. 156.
- Güven, K.C., Topcuoğlu, S., Kut, D., Esen, N., Erentürk, N., Saygı, N., Cevher E., Güvener, B., 1992. Metal uptake by Black Sea Algae. Botanica Marina. 35–44: 337–340.
- Güven, K.C., Saygı, N., Öztürk, B., Topcuoğlu, S. 1998–2002. Heavy metal monitoring of marine algae from the Turkish Coast of the Black Sea. Botanica Marina. 36: 175–178.
- Haritonidis, S., Malea, P. 1999. Bioaccumulation of metals by the green alga *Ulva rigida* from Thermaikos Gulf. Greece. Environmental Pollution. 104: 365–372.
- Kennish, M. J. 1998. Pollution impacts on marine biotic communities. CRC Press, Boca Raton, Florida, 310 p.
- Kerfood, W.B. Jacobs, S.A., 1974. Cadmium accural in a combined waste water treatment-aquaculture system. Proc. Annu. NFS. Trace Contam. Conf, 1st, 225-244.
- Kim, Y.H., Lee, J.H., Rho, C.S., 1980. On the marine algae in onsan area east coast of Korea. The Content of Heavy Metals. Sikkul 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, 81: 33–34.

- Kut, D., Topçuoğlu, S., Esen, N., Küçükcezzar, R., 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., Valesky, B. 1986. Recovery of gold by a new biosorbent. *Precious Met. Proc. Int. Conf.*, 10th, 211–216.
- Laib, E., Leghouchi, E. 2012. Cd, Cr, Cu, Pb and Zn concentrations in *Ulva lactuca*, *Codium fragile*, *Jania rubens* and *Dictyota dichotoma* from Rabta Bay, Jijel (Algeria). *Environ. Monit. Assess.* 184:1711-1718.
- Lobban, C.S., Harrison, P.J. 1997. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press, USA. 366p.
- Lozano, G., Hardisson, A., Gutierrez, A.J., Lafuente, M.A. 2003. Lead and cadmium levels in coastal benthic algae (Seaweeds) of Tenerife, Canary Island. *Environment International*. 28: 627–631.
- Luo, X., Zhan, G., Ma, Y., Deng Chunlan, C., 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*, 84: 62–65.
- Mohamed, L.A., 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., 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., 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., Canpolat, N. 2002. Removal of Cu (II) From Aqueous solution by *Ulothrix zonata*. *Bioresource Technology* 85: 331–333.
- Olgunoğlu, M. P., Polat, S. 2007. İskenderun Körfezi'nde dağılım gösteren iki makroalg türünde [*Cystoseira corniculata* (Phaeophyta), *Laurencia papillosa* (Rhodophyta)] ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 24: 25–30.
- Özden, S. 2006. Çanakkale Boğazı'nda yaşayan bazı alg türlerinde ağır metal düzeylerinin birikimlerinin araştırılması. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri. Ankara 332- 333.
- Pempkowiak, J., Sikora, A., 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., Scott, D.R. 1985. Cytological and biochemical requirements for the establishment of a polar cell. *J Cell Sci. Suppl.*, 2: 129–141.
- Saenko, G.N. 1981. Biological concentration of seawater trace nutrient. *Microelem. SSSR*, 22: 49-53.
- Sanchez-Rodriguez, I., Huerta-Diaz, A., Choumiline, E., Holguinquinones, O., 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 Metals in Algal Tissue. *Environmental Pollution*. 114: 145–160.
- Schintu, M., Marras, B., Durante, L., Meloni, P., Contu, A. 2010. Macroalgae and DGT as indicators of available trace metals in marine coastal waters near a lead-zinc smelter. *Environ. Monit. Assess.* 167:653-661.
- Sivalingam, P.M. 1978. Biodeposited trace metals and mineral, content studies of some tropical marine algae. *Bot. Mar.*, 21: 323-326.
- Skowronski, T., Czernas, K. 1985. Growth of *Stichococcus bacillaris* on media containing Cd or Zn. *Acta Hydrobiol.*, 25-26: 401-408.
- 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. *Anal 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*, Herausgegeben von Bernhard Wela, Band 1. 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., 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., İlkme, B. 1984. İzmir Körfezi Konak-Karşıyaka kıyı şeridindeki bazı alglerde bulunan iz elementlerin zamana bağımlı periyodik değişimlerinin saptanması. *Ege Denizi ve Cıvırı Kıyılarının Korunması Sempozyumu*. 28- 29.
- Süren, E., Yılmaz, S., Türkoğlu M., 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., Srtatis, I. 2001. Trace metal concentrations in marine macroalgae from different biotopes in the Aegean Sea. *Environment International*. 27:43-47.
- Terzieva, S., Danon, S., Decheva, R., Toncheva, P.T. 1985. Effects of some heavy metals (copper, lead, zinc, cadmium) on bacteria, protozoa and algae. *Khidrobiologiya*. 25:30-41.
- Topçuoğlu, S., Güven, K.C., Kırbaşoğlu, Ç., Güngör, N., Ünlü, S., Yılmaz, Z. 2001. Heavy metals in marine algae from Şile in the Black Sea. *Bulletion Environmental Contamination and Toxicology* 67: 288-294.
- Topçuoğlu, S Kırbaşoğlu, Ç., Güngör, N. 2002. Heavy Metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea 1997-1998. *Environment International* 27: 521-526.
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç., Yılmaz, Y.Z. 2004. Heavy metal levels in biota and sediments in the Northern Coast of the Marmara Sea. *Environmental Monitoring and Assessment* 96: 183-189.
- Topçuoğlu, S., Kılıç, Ö., Belivermiş, M., Ergül, H.A., Kalaycı, G. 2010. Use of marine algae as biological indicator, of heavy metal pollution in Turkish marine environment. *J.Black Sea/Mediterranean Environment*. 16:43-52.
- Tuzen, M., Verep, B., Ogretmen, A.O., Soylak, M. 2009. Trace element content in marine algae species from the Black Sea, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 152:363-368.
- Türkoğlu, O., Külcü, N. 1992. Bizmut trioksit-Antimon trioksit ikili sisteminde katı hal reaksiyonları. VIII Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu, İstanbul. 1: 59-63.
- Türkoğlu, M., Parlak, H. 1999. Accumilation and distribution of total chromium in seawater, sediment and some organisms and its behavior processes in Izmir Bay (Aegean Sea). *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. 16:47-58.
- Üstünada, M. 2009. Çanakkale Boğazı'nda (Çanakkale, Türkiye) yayılış gösteren bazı alglerde ağır metal kirliliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Van. Loon, J.C., Balileki, M.R., Nimjee, M.C., Brezkinska, A., Douglas, D. 1983. Determination of metals compounds in air and marine samples by ICP-AES, ICP-MS and GC-AAS. *Heavy Met. Environ. Int. Gnf. 4th*, 1: 78-81.
- Veroy, R.L., Montano, N., Guzman, L.B., Laserna, E.C., 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., Carballeria, A. 2001. Ulva and Enteromorpha as indicators of heavy metal pollution. *Hydrobiologia*, 462: 221-232.
- Whyte, J.N.C., 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.