



Giresun Sahilindeki Bazı Derelerin Denize Deşarj Olduğu Noktalardaki Su ve Sedimentte Ağır Metal Kirliliği

Aysun Türkmen*, Selin Akbulut

Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 28000 Giresun, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Geliş 12 Mart 2015
Kabul 25 Haziran 2015
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

Anahtar Kelimeler:
Giresun
Deniz suyu
Sediment
Ağır metaller
Mevsimsel

* Sorumlu Yazar:
E-mail: aturkmen72@hotmail.com

Ö Z E T

Şubat 2012 ile Şubat 2013 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülen bu çalışmada, Giresun merkezinden geçerek Karadeniz'e dökülen beş derenin ağır metal kirliliğindeki rolünü belirlemeyi amaçlanmıştır. Belirlenen istasyonlardan toplanan örneklerin ağır metal analizi ICP- MS cihazı ile yapılmıştır. Sudaki ağır metal konsantrasyonların da istasyon ve mevsim farkı gözetmeksizin metal seviyeleri; Cd:0,129-5,113, Mn: 0,009-2,937; Fe: 0,007-1,985; Cu: 0,002-1,344; Zn: 0,002-1,901; Ni: 0,003-0,149; Pb: 0,009-21,22; Cr: 0,002-0,177; Co: 0,001-0,087 mg/L aralıklarında bulunmuştur. Sedimentte ise Cd: 0,118-166,3; Pb: 5,62-398,9; Mn: 111,7-988,2; Fe: 2919-117973, Cu: 18,60-963,9; Zn: 11,09-2471; Ni: 11,29-813,1; Cr: 10,76-860,5; Co: 8,59-757,1 mg/kg aralıklarında tespit edilmiştir. Deniz suyunda mevsimlere göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. İstasyonlarda ise istatistiksel olarak Aksu, Güre ve Batlama'da anlamlı bir fark bulunmuştur. Sedimentte ise; mevsimsel olarak kış mevsiminde Cu, Zn, Ni, Cr ve Co elementlerinde anlamlı bir fark bulunmuştur. İstasyonlarda ise yine aynı elementlerde Güre istasyonunda anlamlı bir fark bulunmuştur.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 3(9): 707-714, 2015

Heavy Metal Pollution in Water and Sediment From Disembogue Points of Some Creeks along Giresun Coast.

ARTICLE INFO

Article history:
Received 12 March 2015
Accepted 25 June 2015
Available online, ISSN: 2148-127X

Keywords:
Giresun
Sea water
Sediment
Heavy metal
Seasonal

ABSTRACT

Carrying between February 2012 and February 2013 as seasonal, the present study aims to determine heavy metal loads of five different creeks pass through Giresun city center and disembogue to Black Sea. Heavy metal analyses were performed from selected stations by ICP-MS instrument. Without seasonal and station differences, metal levels were found as follow; Cd: 0.129-5.113, Mn: 0.009-2.937, Fe: 0.007-1.985, Cu: 0.002-1.344, Zn: 0.002-1.901, Ni: 0.003-0.149, Pb: 0.009-21.22, Cr: 0.002-0.177, Co: 0.001-0.087 mg/L in water. Cd: 0.118-166.3, Pb: 5.62-398.9, Mn: 111.7-988.2, Fe: 2919-117973, Cu: 18.60-963.9, Zn: 11.09-2471, Ni: 11.29-813.1, Cr: 10.76-860.5, Co: 8.59-757.1 mg/kg in sediment. There were statistically significant differences between seasons in sea water. Statistically differences were found on Aksu, Güre, and Batlama stations. In sediment, statically differences in Cu, Zn, Ni, Co levels were found in winter season. The same elements were also statistically different on Güre station.

* Corresponding Author:
E-mail: aturkmen72@hotmail.com

Giriş

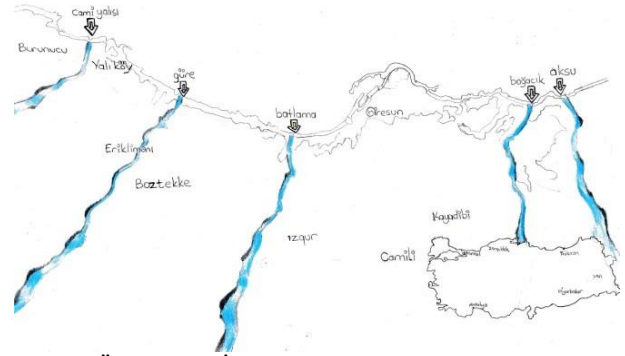
Çevresel problemler arasında en önemli konulardan birisi olan su kirliliği, hem insanlar tarafından oluşturulan yapay hem de doğal sucul ortamlarda önemli problemlere yol açar (Türkmen, 2003). Endüstriyel, zirai ve evsel atıksuların; okyanus, deniz, göl ve akarsular gibi sucul ortamlara deşarjı ve bu sucul ortamların doğal atık bölgeleri olarak görülmesinin yaygınlaşması, sahil ve iç bölgelerdeki sucul ortamlarda kirliliğin hızla artmasına sebep olmaktadır (Taylan ve Özkoç, 2007). İnsanların bazı kimyasal maddelere ve özellikle ağır metallere maruz kalmaları halinde ortaya çıkan halk sağlığı problemleri her geçen gün daha da artmaktadır (Türkmen, 2003). Metaller çevreye ve sucul ortamlara doğal yollarla ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan sebeplerle olmak üzere iki şekilde girer. Doğal yollar; maden yatakları, toprak ve kayaların erozyonu, rüzgarın sebep olduğu tozlar, volkanik faaliyetler ve orman yangınları, insan faaliyetlerinden kaynaklananlar ise; atmosferik taşınım ve birikim, akarsular, atıkların direk boşaltımı olarak sayılabilir (Sarı ve Çağatay, 2001). Sucul ortamlara geçen ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler (Kahvecioğlu, 2004). Adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olan sediment tabakasının da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Bu nedenle de sedimentte ki ağır metal konsantrasyonu her zaman daha yüksektir.

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve bir çok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır (Buckley ve ark., 1995). Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan cıvadır (John ve Duffus, 1996). Denizel ekosistemlerdeki ağır metal kirliliğinin araştırılması çevre ve insan sağlığı açısından son derece önem arz etmektedir. Farklı balık türleri kullanılarak bu ekosistemde ağır metal kirliliği üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır (Türkmen ve ark., 2006; Keskin ve ark., 2007; Mishra ve ark., 2007; Uluozlu ve ark., 2007; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009). Farklı nitelikte bu çalışmaların ortak noktası ülkemiz denizlerindeki ağır metal kirliliğinin hızlı bir şekilde giderek arttığıdır. Türkiye 8333 km uzunluğunda sahil çizgisine sahip dört denizle çevrili olup, en önemli gelir kaynaklarından birisi balıkçılıktır. Bu denizlerin her biri farklı ekolojik özelliklere sahip olup, kirlenici kaynakları farklı olabileceği gibi kirlilik düzeyleri de farklılık arz edebilir (Türkmen, 2003). Tuna, Dinyester ve Dinyeper gibi Avrupa ve Asya kıtalarının önemli akarsularıyla birlikte Karadeniz kendi alanının yaklaşık 5 katı büyüklüğünde bir havzanın etkisini taşımaktadır. Örneğin, Tuna Nehri Karadeniz'e krom, bakır, nikel, cıva, kurşun, çinko ve hidrokarbon boşaltmaktadır. Karadeniz'in kirliliğe karşı

korunması için Karadeniz Ekonomik İşbirliği çerçevesinde pek çok ulusal ve uluslararası projeler başlatılmıştır. Bizde bu çalışmalara biraz olsun ışık tutmak amacıyla Giresun merkezinden geçen bazı derelerin deltalarından su ve sediment örneklerini alıp ağır metal kirliliğinin belirlenmesine yardımcı olmaya çalışacağız.

Materyal ve Metot

Araştırmada, Şubat 2012 ile Şubat 2013 tarihleri arasında Giresun'da ki beş derenin (Aksu, Baltama, Boğacık, Camiyalı, Güre) denize deşarj olduğu noktalardan mevsimsel olarak su ve dip sedimenti toplanarak ağır metal (Cd, Pb, Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Co) içeriklerine bakılmıştır. Dört mevsim her bir istasyondan 3 adet (3 tekrür) olmak üzere yüzeyden itibaren 1 m'nin altındaki derinlikten Nansen şişesi yardımıyla alınan su örnekleri 0,45 µm'lik Whatman tipi membran filtrelerle süzülerek polietilen şişelere konulmuştur. Hem Nansen şişesi hem de polietilen şişeler ortam suyuyla en az üç defa çalkalanmıştır (Alam ve ark., 2001). Her bir litre suya, pH'nın 2'nin altına düşmesi için 10 ml 0,1 N HNO₃ ilave edildikten sonra buz korumalı kaplarda laboratuvara getirilip, + 4°C'de en fazla bir hafta bekletildikten sonra (Garcia-Hernandez ve ark., 2000), BRUKER Marka İndüktif eşleşmeli Plazma- Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazında ağır metal içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir. Standart referans materyal olarak (Certified Reference Materials EnviroMAT™ EU-H-1 Waste Water) referansı kullanılmıştır.



Şekil 1 Örnekleme İstasyonları

Sediment örnekleri, mevsimsel olarak her bir istasyondan 3 noktadan olmak üzere Ekman Tipi (15x15x15 cm) sediment kepçesiyle alınmıştır. Herhangi bir bulaşmayı önlemek için örnekleyicinin orta kısmından dikkatli bir şekilde plastik spatulayla alınan sedimentler yine plastik bir kaptaki karıştırıldıktan sonra 10'er gramlık 3 adet alt örnek (3 tekrür) alınarak ayrı ayrı, polietilen kaplara konulmuş ve üzerine nitrik asit ilave edilmiştir (Moody and Lindstrom 1977). Buz korumalı kaplarda laboratuvara getirilen bu alt örnekler, etüvde sabit ağırlığa gelene kadar 70°C'de kurutulup havanda öğütüldükten sonra, büyük parçacıklar plastik elekten geçirilerek atılmış ve alınan 0,5'er gramlık alt örnekler (Agemian ve Chau, 1975; Tanner ve Leong 2000), CEM MARS-Express marka mikro dalga fırında asit muamelesiyle sediment için tarif edilen prosedüre göre aşağıdaki şekilde

çözülmüştür. Alt örneklerin üzerine %70'lik 6 m nitrik asit, %49'luk 4 ml hidroflorik asit, 3 ml %37'lik hidroklorik asit ve 5 ml deiyonize su ilave edilip karıştırılmıştır. Bu karışım bilgisayar destekli mikro dalga fırına yerleştirilip, 300 psi basınç ve 210°C sıcaklığa gelecek şekilde 30 dakikalık çözünme ve 20 dakikalık bekleme süresi olmak üzere toplam 50 dakikaya programlanarak işleme tabi tutulmuştur. Bu işlemde sonra fırında soğumaya bırakılan solüsyonun üzerine soğumayı takiben 30 ml %4'lük borik asit solüsyonu ilave edilip, tekrar fırın 100 psi basınç, 210°C sıcaklık ve 10 dakika çözünme ve 5 dakika bekleme süresine programlanıp işleme devam edilmiştir (Türkmen, 2003). Elde edilen renksiz ve berrak solüsyon, soğumaya terk edildikten sonra filtre edilip, deiyonize su ilavesiyle 100 ml'ye tamamlanarak, ICP-MS cihazında ağır metal içerikleri üç paralel olarak analiz edilmiştir.

İstatistik Hesaplamalar

Veriler aylara ve istasyonlara göre gruplandırılıp, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. Su ve sediment ağır metal konsantrasyonlarının aylara ve istasyonlara göre farklılıkları tek yönlü varyans analiziyle (ANOVA) incelenmiştir. Farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu durumlarda Post-Hoc testi (Tukey) uygulanmıştır (Şenocak, 1998; Özdamar, 1999). Bütün istatistiksel analizler SPSS paket programı yardımıyla yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Deniz Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları

Deniz suyunda istasyonlara ve mevsimlere göre ağır metal konsantrasyonları Tablo 2,3,4,5,6,7,8,9,10' da verilmiştir. Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin deniz suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 1,0657; Mn: 0,2996; Fe: 0,6435; Cu: 0,2918; Zn: 0,4433; Ni: 0,0357; Pb: 3,9940; Cr: 0,0344 ve Co: 0,0139 mg/L olarak bulunmuştur. Tablolarda farklı harflerle gösterilen mevsimler veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Kış ayında Cd ortalama konsantrasyonu 0,284 mg/L ile en düşük, 2,496 mg/L ile İlkbahar da en yüksek bulunmuştur. İstasyonlara bakıldığında en yüksek değer Camiyalısın da, en düşük değer Aksu'da tespit edilmiştir. İstasyonlar arasında istatistik olarak önemli bir fark bulunmamıştır (P>0,05).

Mevsimsel olarak bakıldığında Mn İlkbahar'da 0,736 ile en yüksek, yazın 0,137 mg/L ile en düşük konsantrasyonda bulunurken istasyonlara baktığımızda Aksu 0,029 mg/L ile en düşük, 0,861 mg/L ile en yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. İstatistiksel olarak baktığımızda istasyonlar arası önemli bir fark bulunmazken, mevsimsel olarak sadece yaz da anlamlı bir fark vardır (P<0,05).

Tablo 1 İncelenen ağır metallerin sulardaki doğal ve müsaade edilebilir düzeyleri (mg/l)*

Kaynaklar	Ağır Metaller									
	Al	Cu	Zn	Fe	Cd	Co	Pb	Cr	Mn	Ni
Doğal Düzeyler, Denizlerde (Çağatay ve ark., 1996)	0,002	0,002	0,005	0,002	----	5x10 ⁻⁶	3x10 ⁻⁶	3x10 ⁻⁴	2x10 ⁻⁶	1,7x10 ⁻³
Müsaade Edilebilir Düzeyler İçsularda ve Denizlerde (Balkıs, 1998)	0,07	0,01	0,003	0,7	0,01	1,0	0,1	0,1	1,0	0,3
İçsularda (Angelidis ve Aloupi, 2000)	0,75	0,013	0,12	1,0	0,0043	--	0,065	0,016	--	0,47
Denizlerde (Angelidis ve Aloupi, 2000)	--	0,005	0,09	--	0,042	--	0,21	0,0011	--	0,074

*(Kocataş, 1986; Anonymous,2002).

Tablo 2 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/L).

Cd	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,305	0,433	0,253	0,129	0,300	0,284 ^a
İlkbahar	0,423	0,875	3,172	5,113	2,896	2,496 ^b
Sonbahar	0,553	0,552	0,515	0,790	1,198	0,721 ^a
Yaz	0,654	0,589	0,698	0,800	1,059	0,760 ^{ab}
Ortalama N=12	0,483 ^a	0,612 ^a	1,160 ^a	1,708 ^a	1,363 ^a	1,065 N=60

Tablo 3 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/L)

Mn	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,025	0,221	0,182	0,101	0,201	0,145 ^b
İlkbahar	0,013	0,442	0,185	2,937	0,102	0,736 ^a
Yaz	0,010	0,166	0,077	0,360	0,070	0,137 ^b
Sonbahar	0,068	0,034	0,009	0,047	0,735	0,179 ^{ab}
Ortalama N=12	0,029 ^a	0,215 ^a	0,113 ^a	0,861 ^a	0,277 ^a	0,299 N=60

Tablo 4 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/L)

Fe	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,040	0,024	0,040	0,017	0,056	0,036 ^b
Yaz	0,007	0,687	0,650	0,867	0,289	0,500 ^b
Sonbahar	1,322	0,113	0,144	0,133	0,632	0,469 ^b
İlkbahar	1,985	1,298	1,599	1,689	1,265	1,567 ^a
Ortalama N=12	0,838 ^a	0,531 ^b	0,609 ^b	0,677 ^b	0,561 ^b	0,643 N=60

Tablo 5 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/L)

Cu	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,186	1,338	1,197	0,803	1,344	0,974 ^b
İlkbahar	0,175	0,080	0,166	0,318	0,007	0,149 ^a
Yaz	0,038	0,026	0,038	0,021	0,053	0,035 ^a
Sonbahar	0,002	0,005	0,005	0,004	0,019	0,007 ^a
Ortalama N=12	0,100 ^a	0,362 ^a	0,351 ^a	0,287 ^a	0,356 ^b	0,291 N=60

Tablo 6 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/L)

Zn	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,141	0,494	0,074	0,088	0,095	0,178 ^a
İlkbahar	1,497	1,901	1,792	1,236	0,101	1,305 ^b
Yaz	0,088	0,284	0,485	0,231	0,225	0,263 ^a
Sonbahar	0,011	0,007	0,013	0,002	0,092	0,025 ^a
Ortalama N=12	0,434 ^a	0,672 ^b	0,591 ^b	0,389 ^b	0,128 ^b	0,443 N:60

Tablo 7 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/L)

Ni	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,023	0,047	0,010	0,030	0,028	0,028 ^{ab}
İlkbahar	0,082	0,047	0,086	0,149	0,002	0,073 ^a
Yaz	0,021	0,033	0,030	0,031	0,063	0,036 ^{ab}
Sonbahar	0,003	0,004	0,004	0,004	0,008	0,004 ^b
Ortalama N=12	0,032 ^a	0,033 ^b	0,032 ^b	0,053 ^b	0,025 ^b	0,035 N=60

Fe değeri, Aksu istasyonunda en yüksek, Batlama'da en düşük bulunurken mevsimsel olarak İlkbahar da en yüksek, kış da en düşük konsantrasyonlar da tespit edilmiştir. İstatistik olarak Aksu istasyonunda ve İlkbahar mevsiminde anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$).

En yüksek konsantrasyonlar kış mevsiminde 0,974 mg/L, Batlama istasyonunun da 0,362 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer 0,007 mg/L ile sonbahar mevsiminde ve 0,100 mg/L Aksu da tespit edilmiştir. Mevsimlerden kış, istasyonlardan da Güre de istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P>0,05$).

Mevsimsel olarak baktığımızda, İlkbaharda en yüksek sonbahar da en düşük konsantrasyonlar tespit edilirken istatistiki olarak ilkbahar da Zn da anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$). İstasyonlara baktığımızda Batlama en yüksek Güre en düşük konsantrasyonda bulunmuş Aksu da istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$).

İlkbahar mevsimin de Ni konsantrasyonu yüksek konsantrasyonda sonbaharda düşük konsantrasyonda bulunmuştur. Ni Gürede düşük değerde bulunurken Camiialısı'nda yüksek değerde tespit edilmiştir. İstatistiki olarak Aksu istasyonunda diğer istasyonlara göre anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$).

Pb için istatistiki olarak bakıldığında mevsimsel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$). İstasyonlar da da Batlama da anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$).

Mevsimsel olarak İlkbahar 0,091 mg/L ile en yüksek, 0,009 mg/L ile sonbaharda en düşük konsantrasyon da tespit edilmiştir. Güre istasyonunda 0,012 mg/L ile en düşük, Camiialısı'nda 0,057 mg/L ile en yüksek konsantrasyonlar da bulunmuştur.

Co konsantrasyonu İlkbahar da en yüksek, kışın en düşük konsantrasyonlar da bulunmuştur. Camiialısı istasyonunun da en yüksek Güre istasyonunun da da en düşük konsantrasyonda bulunmuştur. Aksu istasyonunda anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$). Mevsimsel olarak da anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$).

İskenderun Körfezinde yapılan bir çalışmada deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550; Fe: 0,2995; Cu: 0,0652; Pb: 0,6173; Zn: 0,0709; Co: 0,2589; Cr: 0,1689; Al: 0,1875; Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/L olarak bulunmuştur (Türkmen, 2003). Gemlik Körfezi, Kacaali yöresinde deniz suyundaki ortalama ağır metal düzeyleri; Pb: 202-574 (Ocak-Temmuz); Cu: 0,050 (Şubat, Mart), 0,096 (Aralık); Cd: 0,085-0,228 (Aralık-Ağustos) mg/L (Atayeter, 1996). Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi'nin Gediz Nehri'ne boşalttığı su

örneklerinde elde edilen analiz sonuçlarına göre; su örneklerinde ağır metallerin ortalama değerleri; bakır 0,0161 ppm, demir 0,0103 ppm, mangan 0,0075 ppm, çinko 1,0579 ppm, kadmiyum 0,0036 ppm, kobalt 0,0063 ppm, krom 0,1055 ppm, nikel 0,0796 ppm, kurşun 0,2183 ppm olarak belirtilmiştir (Minareci ve ark., 2004). Yukarıdaki çalışmalardan Türkmen ve ark. (2003)'ün Büyük Menderes Nehri sularında yapmış olduğu çalışmada Fe miktarının bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Genel olarak değerlendirdiğimiz, deniz suyunda yaptığımız çalışmada mevsimsel olarak baktığımızda Cd, Fe, Co metalleri kış mevsiminde düşük konsantrasyonlar da bulunurken, ilkbahar mevsiminde yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Zn, Pb, Cr, Ni ve Cu metalleri de sonbahar mevsiminde düşük değerlerde bulunmuştur. Zn, Ni, Cr konsantrasyonları

ilkbahar da yükselirken Pb konsantrasyonunun da yazın yükselme görülmüştür. Mn konsantrasyonu ise yazın düşüken ilkbahar da yükselme göstermiştir. İstasyonlara baktığımızda Cd, Mn, Cu Aksu istasyonunda Zn, Ni, Pb, Cr ve Co Güre istasyonunda Fe ise Batlama istasyonunda düşük konsantrasyonlarında bulunmuştur. En yüksek değerler ise Batlama ve Camiyalısı'nda tespit edilmiştir. Fe ise en yüksek Aksu da bulunmuştur. Genel olarak bakıldığında deniz suyunda mevsimsel olarak istatistiki olarak anlamlı bir fark vardır ($P<0,05$). Aksu istasyonu Fe, Zn, Ni, Cr, Co kirliliğine maruz kalmış diyebiliriz. Bu durum, incelenen bölgeleri çevreleyen karasal ortamların özellikleri, endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetler, atık su deşarjı, incelenen nehirler üzerindeki hidroelektrik santralleri, ortamın özellikleri gibi bölgeler arasındaki farklılık ve benzerliklerden kaynaklanabilir.

Tablo 8 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/L)

Pb	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,912	0,431	0,354	0,275	0,224	0,439 ^{ab}
İlkbahar	1,415	1,499	5,193	5,852	0,074	2,807 ^a
Yaz	19,99	21,22	16,64	4,665	0,768	12,65 ^b
Sonbahar	0,065	0,009	0,086	0,088	0,096	0,069 ^a
Ortalama N=12	5,597 ^a	5,791 ^b	5,569 ^a	2,720 ^a	0,291 ^a	3,994 N:60

Tablo 9 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/L)

Cr	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,027	0,019	0,018	0,030	0,035	0,026 ^{ab}
İlkbahar	0,054	0,055	0,167	0,177	0,002	0,091 ^a
Yaz	0,008	0,008	0,026	0,011	0,003	0,011 ^b
Sonbahar	0,008	0,009	0,009	0,009	0,007	0,009 ^b
Ortalama N=12	0,024 ^a	0,023 ^b	0,055 ^b	0,057 ^b	0,012 ^b	0,034 N=60

Tablo 10 Deniz suyunda seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/L)

Co	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
Kış	0,004	0,001	0,002	0,001	0,005	0,003 ^b
İlkbahar	0,025	0,016	0,056	0,087	0,001	0,037 ^a
Yaz	0,016	0,009	0,009	0,009	0,009	0,011 ^{ab}
Sonbahar	0,005	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005 ^b
Ortalama N=12	0,012 ^a	0,008 ^b	0,018 ^b	0,026 ^b	0,005 ^b	0,015 N=60

Sedimentte Ağır Metal Konsantrasyonları

Sedimentte istasyonlara ve mevsimlere göre ağır metal konsantrasyonları Tablo 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19' da verilmiştir. Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentte ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 14,3834; Pb: 63,8915; Mn: 443,8436; Fe: 30099,88; Cu: 148,9627; Zn: 497,1485; Ni: 100,9963; Cr: 170,4174 ve Co: 137,3307 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Tablolarda farklı harflerle gösterilen mevsimler veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$).

Cd konsantrasyonları mevsimsel olarak yazda en fazla sonbaharda en düşük değerde bulunurken, istasyonlara göre Boğacık'da en yüksek Güre'de en düşük değerlerde bulunmuştur. İstatistik açıdan incelendiğinde hem mevsimsel hem de istasyonlar bazında anlamlı bir fark yoktur ($P>0,05$).

Mevsimlere göre yaz mevsiminde en yüksek sonbaharda en düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur. İstatistik olarak yaz mevsiminde anlamlı bir fark vardır ($P<0,05$). Camiyalısında en yüksek Pb konsantrasyonuna rastlanırken en düşük Boğacık istasyonunda bulunmuştur. İstatistiki olarak anlamlı bir fark yoktur ($P>0,05$).

Mn konsantrasyonları mevsimsel olarak sonbaharda en fazla, kışta en düşük değerde bulunurken, istasyonlara göre Boğacık'da en yüksek Güre'de en düşük değerlerde bulunmuştur. İstatistik açıdan incelendiğinde hem mevsimsel hem de istasyonlar bazında anlamlı bir fark yoktur ($P>0,05$).

Tabloya baktığımızda mevsimsel olarak en yüksek Fe konsantrasyonu kış mevsiminde en düşük ise ilkbahar mevsiminde tespit edilmiş. İstatistik olarak önemli bir fark bulunamamış ($P>0,05$). İstasyonlara baktığımızda en düşük değer Aksu, en yüksek değer Batlama da

bulunurken yine istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($P>0,05$).

Kışın en yüksek, Sonbaharda en düşük Cu konsantrasyonuna rastlanmıştır. Boğacık'da en yüksek ve Güre'de en düşük konsantrasyonlar bulunmuştur. İstatistik olarak incelediğimizde mevsimsel olarak kış mevsiminde, istasyonlara bakıldığında Güre istasyonunun da anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$).

Zn için en yüksek konsantrasyonlar kış mevsiminde ve Aksu istasyonunda bulunurken en düşük konsantrasyonlar yaz mevsiminde Gürede tespit edilmiştir. İstatistiki olarak da kış mevsiminde anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$).

Konsantrasyonlara bakıldığında mevsimsel olarak kışta en yüksek ilkbaharda en düşük bulunmuş, istasyonlarda da Güre en yüksek Boğacık en düşük değerde bulunmuştur. İstasyonlar arasında istatistiki olarak bir fark bulunamamıştır ($P>0,05$).

Cr için en yüksek konsantrasyonlar kış mevsiminde ve Aksu istasyonunda bulunurken en düşük konsantrasyonlar ilkbahar mevsiminde Güre'de tespit edilmiştir. İstatistiki olarak da kış mevsiminde ve Güre'de anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$).

Konsantrasyonlara bakıldığında mevsimsel olarak kışta en yüksek yazda en düşük bulunmuş, istasyonlarda da Aksu da en yüksek Batlama da en düşük değerde bulunmuştur. İstasyonlar arasında istatistiki olarak bir fark bulunamamıştır ($P>0,05$).

Sedimentte yapılan çalışmalarda, İskenderun Körfezinde sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarını, Cd: 4,4725; Fe: 49921; Cu: 37,053; Pb: 141,63; Zn:

232,87; Co: 79,040; Cr: 1419,8; Al: 25574; Mn: 1304,5 ve Ni: 795,81 mg/kg (Türkmen, 2003). Gemlik Körfezi Kacaali yöresinde farklı istasyonlarda yapılan çalışmada ortalama ağır metal düzeylerini sedimentte; Pb: 32,675-79,703 (Ocak-Eylül); Cu 32,041-80,076(Ocak-Ekim); Cd: 2,960-8,960 (Kasım-Temmuz) mg/kg (Atayeter, 1996). Karadeniz'in güney suları sedimentlerinde; Cu 49, Mn 570, Ni 77, Pb 34, Zn 87 mikrog/g, Fe %3,28 (Yücesoy, 1991). Hazar Gölü'nün sedimentinde bazı ağır metallerin (Zn, Fe, Mn, Ni, Cu, Cr, Co ve Pb) birikimini araştırmışlar ve Pb dışında tüm metalleri rastlamışlardır. Sedimentte en fazla Fe'in, en az ise Pb'un biriktiğini kaydetmişlerdir (Özmen ve diğ., 2004). Demirköprü ve Avşar barajlarından alınan sediment örneklerindeki analiz sonuçlarına göre ağır metal düzeylerinin sıralanışı sedimentte; Fe > Ni > Cu > Cr > Pb > Cd şeklinde sıralanmıştır (Özözen, 2005). Bizim değerlerimizle benzerlik göstermektedir.

Bizim çalışmamıza baktığımızda sadece Cd, Pb değerlerinde yaz mevsiminde yüksek konsantrasyonlarda görülürken Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Co elementleri kış mevsiminde yüksek konsantrasyonda bulunmuş Mn elementi de kışın düşük değerde tespit edilmiştir. İstatistiki olarak incelediğimizde ise mevsimsel olarak kış mevsiminde Cu, Zn, Ni, Cr ve Co elementlerin de anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$). İstasyonlarda ise yine aynı elementlerde Güre istasyonunda anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0,05$). Bu sonuca göre sedimentte kış mevsiminde ve Güre istasyonunun diğerlerine göre ağır metal kirliliğine daha fazla maruz kaldığını söyleyebiliriz.

Tablo 11. Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg)

Cd	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	8,85	2,95	7,78	10,60	6,81	7,40 ^a
Yaz	38,58	20,27	166,3	6,04	3,15	46,88 ^a
Sonbahar	0,319	0,376	0,206	0,118	0,576	0,319 ^a
Kış	7,02	0,500	4,06	2,89	0,165	2,93 ^a
Ortalama N=12	13,69 ^a	6,02 ^a	44,59 ^a	4,91 ^a	2,68 ^a	14,38 N=60

Tablo 12 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/kg)

Pb	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	19,50	29,37	25,22	35,79	27,62	27,50 ^a
Yaz	85,39	91,84	82,37	398,9	205,0	172,7 ^b
Sonbahar	5,96	5,62	6,23	19,01	11,24	9,61 ^a
Kış	48,54	72,23	29,04	48,09	30,64	45,71 ^a
Ortalama N=12	39,85 ^a	49,76 ^a	35,72 ^a	125,4 ^a	68,65 ^a	63,89 N=60

Tablo 13 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg)

Mn	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	289,6	453,6	811,7	529,4	620,4	541,0 ^a
Yaz	550,4	422,0	574,5	216,1	177,8	388,2 ^a
Sonbahar	531,9	480,2	967,0	988,2	108,4	615,1 ^a
Kış	182,1	117,8	203,1	111,7	540,0	230,9 ^a
Ortalama N=12	388,5 ^a	368,4 ^a	639,1 ^a	461,4 ^a	361,6 ^a	443,8 N=60

Tablo 14 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/kg)

Fe	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	16575	18515	2919	31036	21869	18183 ^a
Yaz	19961	18985	39308	9618	11797	19934 ^a
Sonbahar	21758	21719	38511	35974	39723	31537 ^a
Kış	27046	117973	27709	60439	20551	50744 ^a
Ortalama N=12	21335 ^a	44298 ^a	27112 ^a	34267 ^a	23485 ^a	30099 N=60

Tablo 15 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg)

Cu	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	28,59	43,25	50,28	25,91	44,59	38,53 ^a
Yaz	127,6	42,62	78,70	58,39	96,00	80,66 ^a
Sonbahar	18,60	19,37	34,00	22,50	37,94	26,48 ^a
Kış	137,8	647,0	963,9	475,0	27,00	450,1 ^b
Ortalama N=12	78,16 ^a	188,0 ^a	281,7 ^a	145,4 ^a	51,38 ^b	148,9 N=60

Tablo 16 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg)

Zn	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	31,43	100,3	77,68	63,41	90,75	72,71 ^a
Yaz	30,30	55,36	57,85	53,30	11,09	41,58 ^a
Sonbahar	43,87	56,52	61,91	70,55	115,6	69,70 ^a
Kış	2471	2147	2221	1372	810,5	1804 ^b
Ortalama N=12	644,2 ^a	589,8 ^a	604,6 ^a	389,9 ^{ab}	257,0 ^b	497,1 N=60

Tablo 17 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg)

Ni	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	16,16	14,95	21,14	21,28	16,37	17,98 ^a
Yaz	19,22	19,19	23,54	72,29	68,39	40,52 ^a
Sonbahar	47,88	34,25	17,50	11,29	76,79	37,54 ^a
Kış	205,8	185,3	118,7	216,6	813,1	307,9 ^b
Ortalama N=12	72,28 ^a	63,43 ^a	45,22 ^a	80,38 ^a	243,7 ^a	100,9 N=60

Tablo 18 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/kg)

Cr	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	19,05	18,26	22,58	36,04	18,11	23,98 ^a
Yaz	33,80	25,36	57,79	15,65	10,76	33,15 ^a
Sonbahar	56,93	62,18	18,86	12,66	13,22	37,65 ^a
Kış	860,5	536,1	710,4	732,03	147,9	709,7 ^b
Ortalama N=12	242,5 ^a	160,4 ^a	202,4 ^a	199,1 ^{ab}	47,50 ^b	170,4 N=60

Tablo 19 Sedimentte seçilen istasyonlarda mevsimlere göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/kg)

Co	Aksu	Batlama	Boğacık	Camiyalısı	Güre	Ortalama, N=15
İlkbahar	15,59	15,86	25,23	19,83	19,35	19,17 ^a
Yaz	16,74	16,20	23,41	8,59	83,00	29,59 ^a
Sonbahar	79,71	45,96	20,39	14,98	15,23	35,26 ^a
Kış	757,1	222,1	483,8	273,10	590,3	465,2 ^b
Ortalama N=12	217,3 ^a	75,05 ^a	138,2 ^a	79,13 ^a	176,9 ^a	137,3 N=60

Kaynaklar

- Agemian H, Chau ASY. 1975. An Atomic Absorption Method for the Determination of 20 Elements in Lake Sediments After Acid Digestion. *Analytica Chimica Acta*, 80: 61-66.
- Akçay H, Oğuz A, Karapire C. 2003. Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River Sediments. *Water Research*, 37: 813-822.9
- Alam MGM, Tanaka A, Stagnitti F, Allinson G, Maekawa T. 2001. Observations on the Effects of Caged Carp Culture on Water and Sediment Metal Concentrations in Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48: 107-115.
- Angelidis MO, Aloupi M. 2000. Geochemical Study of Coastal Sediments Influenced by River-transported Pollution: Southern Evoikos Gulf, Greece. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 77-82
- Anonymous. 2002. US Environmental Protection Agency, National Recommended Water Quality Criteria. <http://www.epa.gov> Web adresinden 05 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.
- Atayeter S. 1996. Gemlik Körfezi Karacaali Yöresi Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Pb, Cu, Cd ve Hg Düzeylerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 97, Ankara.
- Balkıs N. 1998. Geochemistry of Sediments of the Erdek Bay. University of İstanbul, Institute of Marine Sciences and Management, PhD Thesis, pp. 209, İstanbul.
- Bigersson B, Sterner O, Zimerson E. 1988. *Chemie und Gesundheit "Eine verstaatlichte Einführung in die Toxikologie"*, VCH Verlagsgesellschaft, ISBN 3-527-26455-8.
- Bradford WL, Luoma SN. 1980. Some Perspectives on Heavy Metal Concentrations in Shellfish and Sediment in San Francisco Bay, California. *Contaminants and Sediments*, 2: 501-531.
- Buckley DE, Smith JN, Winters GV. 1995. Accumulation of Contaminant Metals in Marine Sediments of Halifax Harbour, Nova Scotia: Environmental Factors and Historical Trends. *Applied Geochemistry*, 10: 175-195.
- Çağatay MN, Algan O, Kıratlı N, Balkıs N, Sarı E. 1996. Geochemistry of Sediments on the Northern Shelf of the Sea of Marmara from the View Point of Pollution for Benthic Marine Organisms. *Tübitak Project Report*, 251/G, Ankara.
- Çalışkan E. 2005. Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822)'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 75, Hatay.
- Esslemont G. 2000. Heavy Metals in Seawater, Marine Sediments and Corals from the Townsville Section, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland. *Marine Chemistry*, 71: 215-231.
- Garcia-Hernandez J, Glenn EP, Artiola J, Baumgartner DJ. 2000. Bioaccumulation of Selenium (Se) in the Cienega de Santa Clara Wetland, Sonora, Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46: 298-304.
- Jain CK, Sharma MK. 2001. Distribution of Trace Metals in the Hindon River System, India. *Journal of Hydrology*, 253: 81-90.
- John H, Duffus Howard GJ, Worth 1996. *Fundamental toxicology for chemists*. Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services.
- Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S. 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-II. *Metaller Dergisi*, 137: 46-51.
- Kocataş A. 1986. *Oceanoloji (Deniz Bilimlerine Giriş)*. Ege Üniversitesi Basımevi, pp. 358, İzmir
- Minareci O, Öztürk M, Minareci E. 2004. Manisa Belediyesi Eysel Atık Su Arıtma Tesisi'nin, Gediz Nehri'nin Ağır Metal Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi. *Trakya Univ J Sci*, 5: 135-139.
- Moody JR, Lindstrom RN. 1977. Selection and Cleaning of Plastic Containers for Storage of Trace Element Samples. *Analytical Chemistry*, 49: 2264-2267.
- Özdamar K. 1999. *SPSS İle Biyoistatistik*. Kaan Kitapevi Yayınları, pp. 454, Eskişehir.
- Özmen H, Kulaççı F, Çukurovalı A, Doğru M. 2004. Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*, 55: 401-408.
- Özözen G. 2005. Demirköprü ve Avşar Barajlarından Alınan Balık, Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 74, Manisa.
- Rubio B, Nombela MA, Vilas F. 2000. Geochemistry of Major and Trace Elements in Sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): An Assessment of Metal Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 968-980.
- Sarı E, Çağatay MN. 2001. Distributions of Heavy Metals in the Surface Sediments of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea. *Environment International*, 26: 169-173.
- Şenocak M. 1998. *Biyoistatistik*. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, pp. 314, İstanbul.
- Taylan ZS, Özkoç HB. 2007. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9: 17-33.
- Türkmen A. 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus spinosus* Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 152, Erzurum
- Türkmen A, Türkmen M, Tepe Y, Mazlum Y, Oymael S. 2006. Heavy metal levels in Blue Crab (*Callinectes sapidus*) and Mullet (*Mugil cephalus*) in İskenderun Bay (North Eastern Mediterranean, Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77: 186-193.
- Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y. 2007. Metal contaminations in five fish species from Black, Marmara, Aegean and Mediterranean seas, Turkey. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 52: 1314-1318.
- Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y, Ateş A, Gökkuş K. 2008. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: twelve fish species. *Food Chemistry*, 108: 794-800.
- Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y, Ateş A, Töre Y. 2009. Determination of Metals in Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas. *Food Chemistry*, 113: 233-237.
- Yücesoy F. 1991. Geochemistry of Heavy Metals in the Surface Sediments from the Southern Black Sea Shelf and Upper Slope. Middle East Technical University, Institute of Marine Sciences, MSc Thesis, pp. 150, İstanbul.