

İskenderun Demir Çelik Fabrikasından Çıkan Cürufun Yapısı, Çözünürlüğü ve Denizel Ortama Olası Etkileri

*Ercan Sarihan¹, Dursun Avşar¹, M. Z. Lugal Göksu¹, Sevim Polat¹, Cem Çevik¹, Fatma Çevik¹, Meltem Özütkoç¹, Özlem Fındık¹, Meltem Dural², M.Perçin Piner¹, Olcayto Keskinan³

¹Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi 01330 Balcalı/ADANA

²M.K.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Tayfur Sökmen Kampüsü ANTAKYA

³Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fak. Çevre Müh. Bölümü 01330 Balcalı/ADANA

*E mail:

Abstract: *Solubility, structure and probable effects on marine environment of slag from the iron and steel works in Iskenderun.* Solubility, structure and probable effects on marine environment of slag that it is remnant from Iskenderun Iron and Steel Works examined between March and July 2005. For this purpose, the solubility of slag studied in seawater, pure water, rain water and mixture of sea and pure water. Concentration of heavy metals in seawater, sediment, seston and marine organisms investigated. While standard methods were used for the solubility experiments on the slag, AAS and GFAAS methods were used for heavy metal analyses. It has been seen that the slag did not dissolve in water under natural conditions. The results of heavy metal concentrations, within seawater, sediment, seston and marine organisms, and the slimmer probability of dissolving of the slag with rainwater in the slag store area of the Iron and Steel Works showed that the slag was not a pollution factor for Iskenderun Bay from the heavy metal point of view.

Key Words: Slag, heavy metal, Iskenderun Bay, pollution.

Özet: İskenderun Demir Çelik Fabrikası atık maddesi olan cürufun yapısı, çözünürlüğü ve denizel ortama olası etkileri, Mart-Temmuz 2003 tarihleri arasında araştırılmıştır. Bu kapsamda, cürufun deniz suyu, saf su, yağmur suyu ve yağmur suyu deniz suyu karışımında çözünürlüğü araştırılmıştır. Deniz suyunda, sedimentde, sestonda ve denizel organizmalarda ağır metal derişimleri incelenmiştir. Cürufun çözünürlüğünde Standart Yöntemler, ağır metal analizlerinde AAS ve GFAAS yöntemleri kullanılmıştır. Cüruf doğal koşullarda suda çözünmemiştir. Sonuç olarak, İskenderun Demir Çelik fabrikasındaki cüruf depolama alanında cürufun yağmur suyu ile çözünmesinin çok zayıf bir olasılık olduğu ve deniz suyu, sediment, seston ve denizel organizmaların ağır metal derişim sonuçları, cürufun İskenderun Körfezi için ağır metal kirliliği bakımından bir kirlilik unsuru olmadığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Cüruf, ağır metal, İskenderun Körfezi, kirlilik.

Giriş

İskenderun Körfezi, yaklaşık 65km uzunluğunda, 35km genişliğinde ve 2275km²lik bir yüzey alanına sahiptir. Özellikle kış sonu ve ilkbaharda Yarıkkaya rüzgarı, körfez sularının dikey karışımında çok etkili olmaktadır (Yılmaz ve diğ. 1992, Latif ve diğ. 1989). Körfezin genel akıntı sistemi, kuzeydoğu Akdeniz'deki neritik bölgeler için geçerli olan siklonik akıntı sisteminden doğrudan etkilenmektedir (Özsoy 1981).

İskenderun Demir ve Çelik Fabrikası, ülkemizdeki üç adet entegre demir ve çelik fabrikalarından biridir. Tesisler, İskenderun Körfezi kıyısında, İskenderun ilçesinin 15 km kuzeyinde kurulmuş, 1750 hektar alanı kaplamaktadır.

Fabrikada, cürufun depolandığı alana yüksek fırın cürufu, çelikhane cürufu ve refrakter malzemesi olmak üzere 3 çeşit olarak döküldüğü; yüksek fırınlarda, yılda ortalama 600-650 bin ton cüruf elde edildiği ve bunun yaklaşık 500-550 bin tonunun granül hale getirilerek çimento fabrikalarına satıldıktan sonra geriye kalan 50-100 bin tonluk kısmın, çelik üretimi sırasında açığa çıkan yılda ortalama 250-300 bin ton

kadar skal ve cüruf malzemesi ile birlikte cüruf döküm alanına döküldüğü bildirilmektedir.

Yüksek fırınlardan çıkan cürufun ortalama %40 SiO₂, %35 CaO, %12 Al₂O₃, %0.20 FeO, %8 MgO, %0.70 S, %1.5 MnO, %0.80 K₂O ve %0.58 TiO₂ içerdiği; Çelikhaneden çıkan cürufun ortalama %13.5 SiO₂, %1.15 Al₂O₃, %58 CaO, %11 FeO, %4 MgO, %5.15 MnO, %1.39 P₂O₅ ve %0.34 S içerdiği, bildirilmektedir (Anıl ve diğ. 1999).

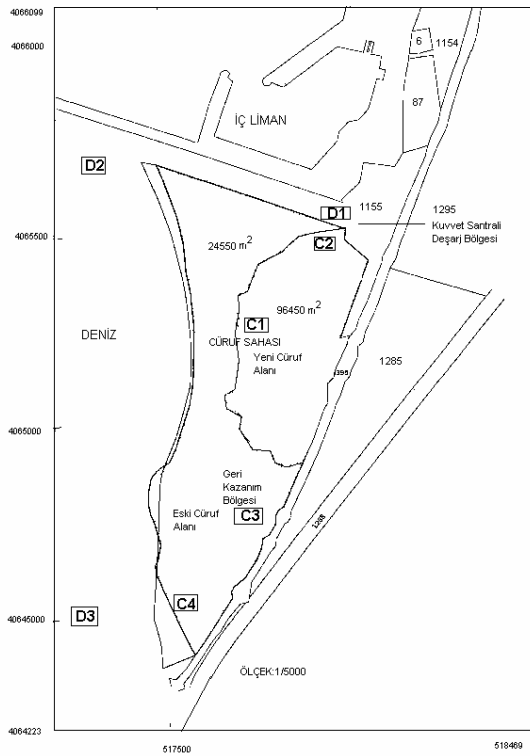
İskenderun Demir Çelik Fabrikasının faaliyete geçtiği tarihten bugüne kadar geçen sürede, üretim esnasında açığa çıkan cüruf malzemesinin fabrika alanı içerisinde deniz tarafındaki alana döküldüğü bilinmektedir. Bu alanda yıllardır biriken cüruf yığınlarının zaman zaman deniz kıyısında bulunması nedeniyle deniz suyu ile temas etmesi normal bir sonuç olarak gözlemlenmiştir.

Bu çalışma, İskenderun Demir Çelik Fabrikasında üretim esnasında açığa çıkan cürufun kimyasal yapısı, çözünürlüğü ve depolanma aşamasında deniz kirliliğine neden olup olmayacağı hakkındaki bulguların saptanmasını içermektedir.

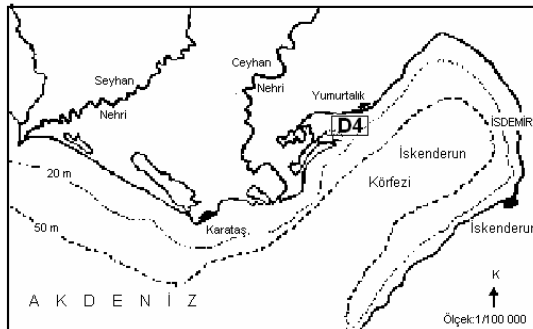
Materyal ve Yöntem

Araştırmada, 4 cüruf döküm alanından, 4'ünde denizden olmak üzere toplam 8 çalışma istasyonu belirlenmiş ve örnekler bu istasyonlardan alınmıştır (Şekil 1 ve 2).

Cüruf örnekleri C1, C2, C3 ve C4 nolu istasyonlardan; deniz suyu, sediment, bentik organizma, makroalg ve balık örnekleri D1, D2, D3 ve D4 no'lu istasyonlardan alınmıştır. Cürufün çözünürlüğünün araştırıldığı su örneklerinden saf su laboratuvarında elde edilmiş, yağmur suyu, İskenderun bölgesine yağın yağmurdan alınmış ve deniz suyu ise, kontrol bölgesi olarak seçilen Yumurtalık istasyonundan (D4) su alma kabı ile alınmıştır.



Şekil 1. Cüruf Döküm Alanı ve Çalışma İstasyonları



Şekil 2. İskenderun Körfezi ve D4 no'lu Çalışma İstasyonu

Kadmiyum (Cd), Nikel (Ni), Krom (Cr), Çinko (Zn), Bakır (Cu), Demir (Fe), Kurşun (Pb), Silisyum (Si), Potasyum (K), Sodyum (Na), Mangan (Mn), Alüminyum (Al), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg) analizleri yapılmıştır.

Sediment örnekleri, denizel bölge istasyonlarında dalış yapılarak, deniz tabanı yüzeyinden (0-10cm) alınmıştır. Seston örnekleri, 45µm'lik ağ göz açıklığına sahip, yüzeysel plankton keçesi kullanılarak, denizel istasyonlardan D2 ve D3 arasından sabit hız ve zaman içinde çekim yapılarak toplanmıştır. Sediment ve seston örnekleri polietilen şişelerde buzluk içinde laboratuvara getirilmiş, analize kadar -18°C'de korunmuştur.

İstasyonlardaki dalışlarda elde edilen 8 makroalg, 4 yumuşakça (mollusca) ve 3 sünger (porifera) olmak üzere toplam 15 bentik tür ile çalışılmıştır. Bunlardan makroalg olarak *Chaetomorpha linum* (O. F. Müller) Kützing 1845, *Enteromorpha* spp. Link 1980, *Colpomenia sinuosa* (Mertens ex Roth) Derbes et Solier 1851, *Padina pavonia* (L.) Gaillon 1847, *Dictyota* sp. Lamouroux, 1809, *Styopodium schimperii* (Buchinger ex Kütz.) Verlaque et Boudour, *Jania rubens* (Linnaeus) Lamouroux 1816 ve *Hypnea* sp. Lamouroux 1813; molluska olarak *Patella* spp. Linne, 1758, *Strombus decorus* (Roeding, 1798) [Lambis], *Pisania striata* (Gmelin, 1791) [Voluta], *Brachiodontes pharaonis* (Fischer P., 1870); sünger olarak ise *Axinella* sp. (Esper), *Haliclona* sp. (Griessinger) ve *Ircinia* sp. (Pallas) kullanılmıştır.

Araştırmada, balık materyali olarak *Mugil auratus* (Risso, 1810) (altınbaş kefal) ve *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) (haskefal) üzerinde çalışılmıştır.

Denemelerde, 1. Saf su, 2. Deniz suyu, 3. Yağmur suyu ve 4. Deniz suyu+yağmur suyu (%95 deniz suyu ve %5 yağmur suyu) olmak üzere 4 adet çözünürlük ortamı kullanılmıştır. Cürufar hem çalkantılı ortamda ve hem de durgun ortamda olmak üzere iki farklı ortamda çözünürlük deneylerine tabi tutulmuştur.

Çalkantılı olarak yapılan deneylerde cürufar 4 deney ortamında belirli zaman süresince denemelere alınmıştır. Çalkantılı suda cüruf, çözünürlük deneyine alınmadan önce küçük parçacıklar haline getirilmiştir. Daha sonra 150'şer ml olarak alınan deney ortamı içerisine, 0.5'er gram cüruf konulmuş ve 5; 10; 20; 40; 80 ve 160 dakika karıştırma sürelerinde, çalkalayıcıda 120 rpm/sn hızla karıştırılmıştır.

Karıştırmadan sonra membran filtreden geçirilmiş, filtre edilebilen kısım kağıdıyla birlikte etüvde 103°C de 1 saat bekletilip kurutulmuş, sonra desikatörde oda sıcaklığında soğutulduktan sonra tartılmıştır (Anonymous 1998).

Bekletmeli olarak saf suda yapılan deneylerde ise, yine cürufar parçacıklara ayrılmış ve 0.5'er gram tartılarak içinde saf su bulunan erlenmayerlere konulmuştur. Bekletme süreleri 1; 2; 4; 8 ve 16 gün olarak uygulanmış, süreler tamamlandığında erlenmayerlerdeki su+cüruf karışımı filtre edilmiş, filtre kağıdı etüvde 103°C de 1 saat bekletilip kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde oda sıcaklığında soğutulduktan sonra tartılmıştır (Anonymous 1998).

Cüruf ve sediment örneklerinden 10-15g kadarı cam petri kaplarına konulmuş ve 103°C'de 12 saat bekletilmiştir.

Kuruma işlemi 12 saatte gerçekleşmiştir. Kuruyan örnekler yeniden tartılarak yaş/kuru ağırlık oranı belirlenmiştir. Porselen havanda iyice dövülerek homojen duruma getirilen cüruf örneklerinden 2g tartılmıştır. Isıya dayanıklı cam erlenlere konulan cüruf örneklerinin üzerine HCl:HNO₃ (3:1) eklenmiş ve 24 saat süreyle bekletilmiştir. Daha sonra hotplate üzerinde ağız kısımlarına saat camı konularak beyaz duman çıkana kadar 120°C'de buharlaştırılmıştır. Berraklaşan örnekler soğutulmuş, mavi bant süzme kağıdından filtre edildikten sonra 50ml'ye bidedistle su ile tamamlanmış ve ölçüme hazır hale getirilmiştir (UNEP 1984).

500ml seston örneği 0.45µm'lik filtre kağıdından süzöldükten sonra, etüvde 103°C'de 12 saat kurutulmaya bırakılmış ve örnekler etüvden çıkartıldıktan sonra tartılarak üzerine 10ml HNO₃ ilave edilmiştir. Örnekler 24 saatte bekletilmiş, daha sonra su banyosunda 60°C'de tutulmuş ve ara sıra kapakları hafifçe gevşetilerek gazı çıkartılmıştır. Üzerinde beyaz duman oluşana kadar su banyosunda tutulan örnekler, berraklaşınca soğutulmuş, filtre edilmiş ve bidedistle su ile 50ml'ye tamamlanmıştır (UNEP 1984).

Yumuşakça, makroalg, sünger ve balık örnekleri +4°C de çözdürüldükten sonra önce çeşme suyu, ardından bidedistle su ile yıkanmıştır. Her istasyonun örnekleri homojen hale getirilmiş olup, yumuşakçalar yaklaşık 1g, makroalg, sünger ve balıkların kas dokusundan ise yaklaşık 2 gr tartılarak plastik tüplere konulmuştur. Tüplere konulan örneklerin üzerine 10ml HNO₃ konularak ağızları kapatılmıştır. Örnekler renklenme işlemi bitene kadar su banyosunda 60°C'de tutulmuş ve ara sıra kapakları hafifçe gevşetilerek gazları çıkartılmıştır. Organik parçalanması tamamlanan örnekler filtre kağıdı ile süzülerek bidedistle su ile 50ml'ye tamamlanmıştır (UNEP 1984).

Cüruf örneklerinde Mn, Cr, Mg, Ca, K, Al, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Na ve Si araştırılmış, bu çalışma sonucunda diğer örneklerde Cu, Fe, Zn, Cd, Mn ve Pb derişimleri araştırılmıştır.

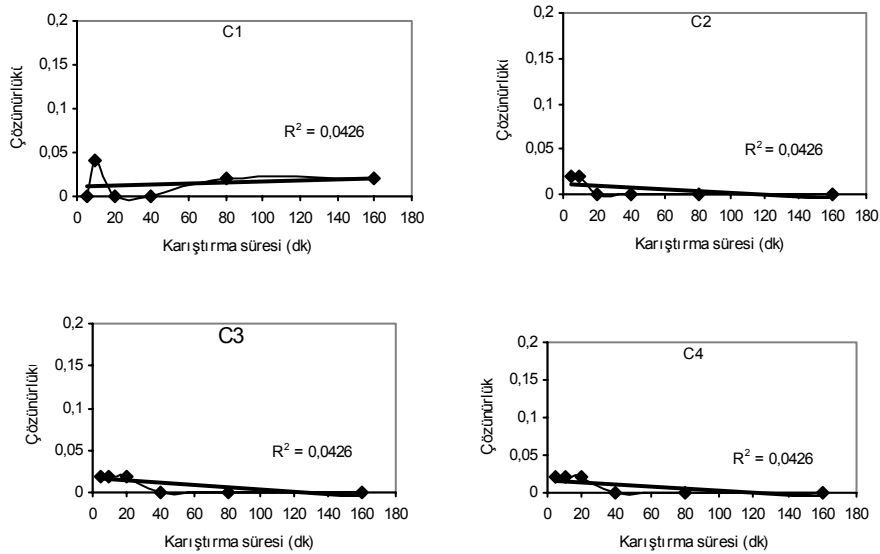
İki paralelli hazırlanan örnekler Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS, Philips) ve Grafit Furnase Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (GFAAS, GBC GF3000) kullanılarak, alev yöntemi ile analiz edilmiştir. Ölçüm sonuçları suda mg⁻¹, organizmalarda, seston ve sedimentte µg⁻¹ yaş ağırlık (ppm) olarak hesaplanmıştır.

Bulgular

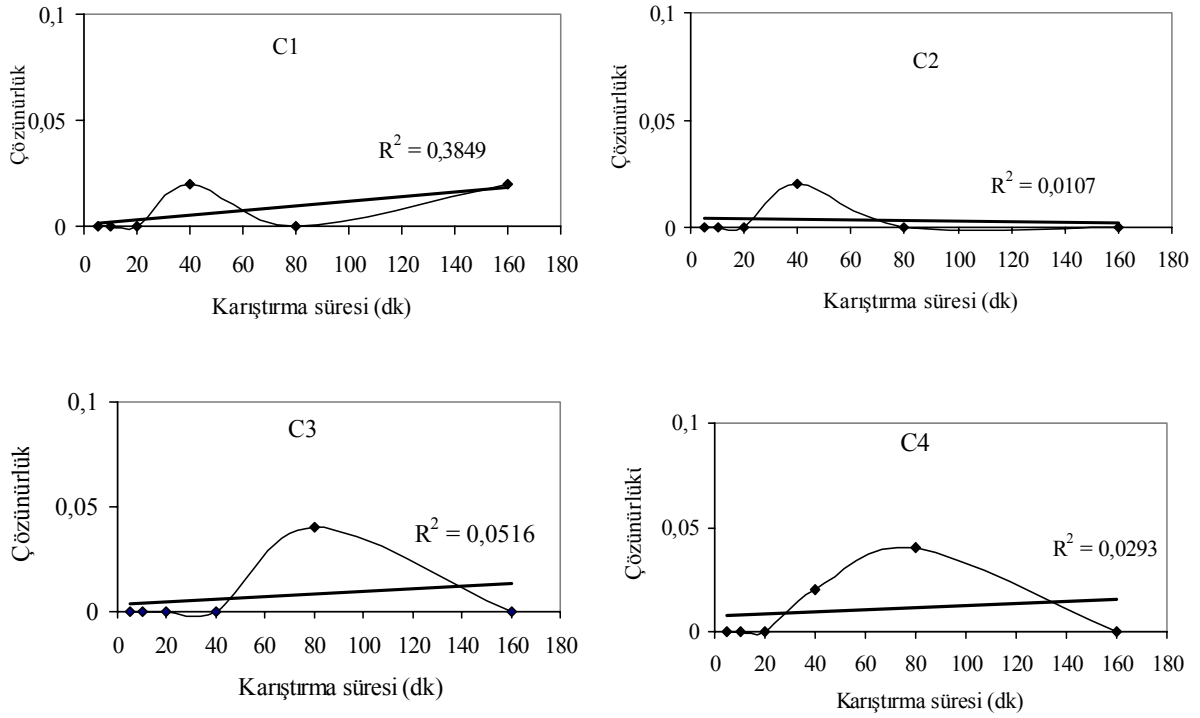
İstasyonlardan alınan cüruf örneklerinde, çözünürlük araştırmalarına ait bulgular, çözünürlük denemelerinin yapılaş biçimleri dikkate alınarak, çalkantılı ortam ve bekletmeli ortam olarak verilmiştir.

Çalkantılı ortamdaki denemelerde, farklı bölgelerden alınmış olan cürufunların (C1, C2, C3, C4) farklı deney ortamlarındaki (deniz suyu, saf su, yağmur suyu ve deniz+yağmur suyu ortamı) çözünürlükleri çok düşük bulunmuştur (Şekil 3, 4, 5, 6). Karıştırma süreleri sonunda elde edilen bulgulara göre, çok az da olsa cürufun çözünürlük olduğu, ancak bu çözünürlüğün ihmal edilebilecek düzeyde (%0,02-0,04) kaldığı görülmüştür. Nitekim şekillerdeki çözünürlük değerlerine dayanılarak çizilen regresyon eğrilerine göre çıkan R² değerleri (0,0426, 0,3849, 0,0096, 0,0293 gibi), 1'den oldukça küçüktür ve bunlar karıştırma süresi ile çözünürlük arasında herhangi bir ilişkinin olmadığını göstermektedir. Çalkantılı ortamda, karıştırma süresinin artışı ile deney ortamı olarak kullanılan sıvılar, çözünürlükte önemli olan herhangi bir etki göstermemiştir.

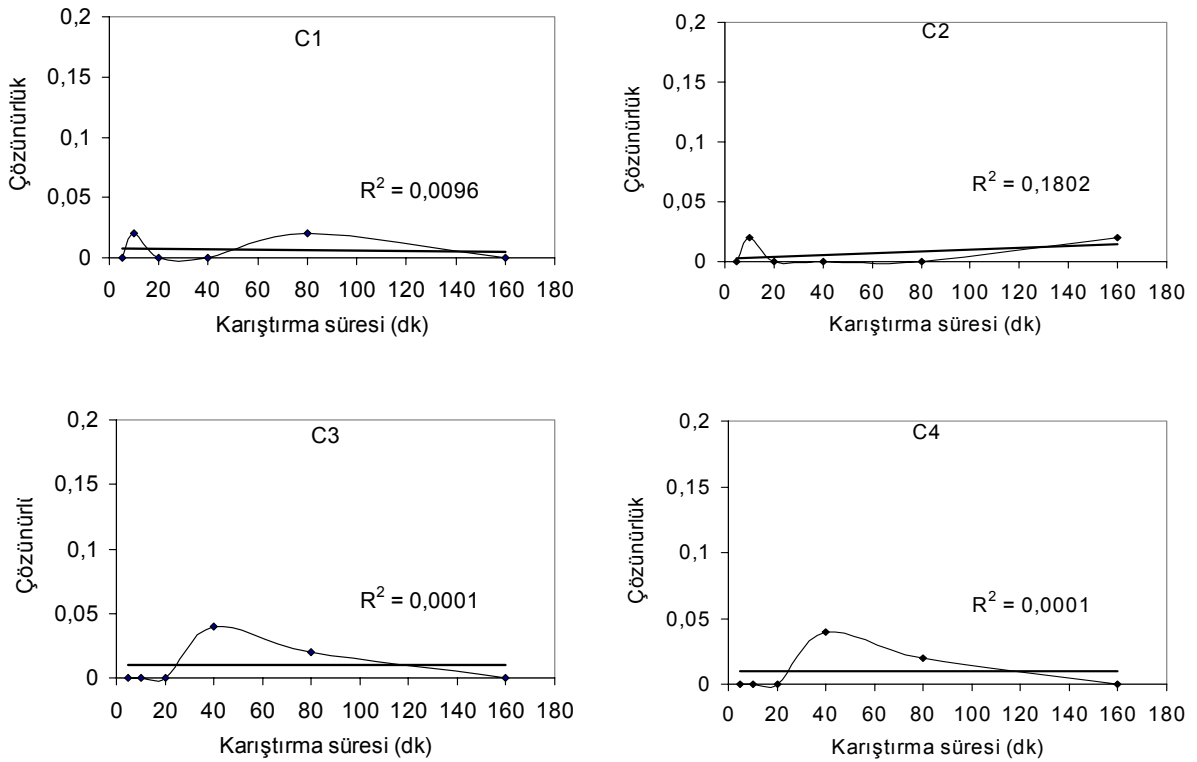
C1, C2, C3 ve C4 istasyonlarından sağlanan cüruf örneklerinin durgun ortamda saf sudaki çözünürlük deneylerinden elde edilen bulgular Tablo 1'de verilmiş ve örneklerin çözünürlük özelliği göstermediği gözlenmiştir.



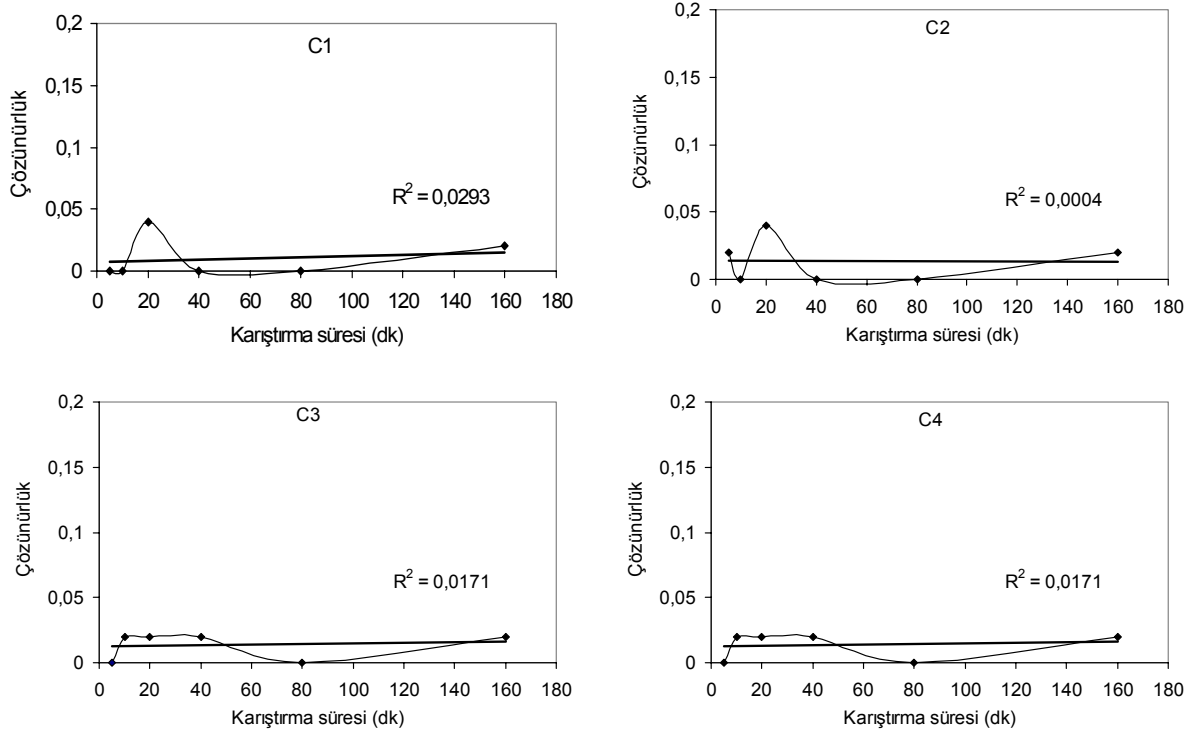
Şekil 3. Cürufun Çalkantılı Ortamda, Deniz Suyundaki Çözünürlüğü (%)



Şekil 4. Cürufun Çalkantılı Ortamda, Saf Sudaki Çözünürlüğü (%)



Şekil 5. Cürufun Çalkantılı Ortamda, Yağmur Suyundaki Çözünürlüğü (%)



Şekil 6. Cürufun Çalkantılı Ortamda Deniz+Yağmur Suyundaki Çözünürlüğü (%)

Tablo 1. Cürufun Durgun Ortamda Saf Sudaki Çözünürlük Değerleri (%).

Istasyon	Bekletme süresi (gün)	1	2	4	8	16
C1	Filtrasyon sonrası ağırlık*(g)	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
	Çözünürlük (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C2	Filtrasyon sonrası ağırlık*(g)	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
	Çözünürlük (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C3	Filtrasyon sonrası ağırlık*(g)	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
	Çözünürlük (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C4	Filtrasyon sonrası ağırlık*(g)	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
	Çözünürlük (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Karşıtırmadan önce tartılan miktar 0,5000g dır.

Cürufun içeriğini belirleyebilmek amacıyla yapılan kimyasal analizler sonucunda belirlenen bulgular Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Cürufa Ait Kimyasal Analiz Sonuçları ($\mu\text{g kg}^{-1}$ kuru ağırlık).

Ağır Metal	C1	C2	C3	C4
Fe	4040.00	540.00	15420.00	22440.00
Mn	371.87	381.24	382.65	382.34
Pb	22.50	10.00	32.50	40.00
Zn	10.63	9.06	91.25	41.57
Cu	5.00	8.34	103.13	18.75
Cd	1.42	0.83	1.50	1.41
Cr	15.62	190.60	159.38	146.88
Al	578.13	15.63	490.63	2343.75
Mg	1429.69	6968.75	4375.00	1025.25
Ca	77916.50	737.60	975.10	876.20
K	5150.00	125.00	1000.00	2900.00
Si	103365.4	29807.70	64423.10	99038.50
Na	1505.00	1125.00	1625.00	1000.00

Cüruf örneklerinin saf suda, deniz suyunda, yağmur suyunda ve yağmur suyu+deniz suyunda yapılan mekanik karıştırmalı çözünürlük denemelerinden elde edilen su örneklerinde gerçekleştirilen analiz sonuçları Tablo 3'de; durgun suda bekletilmesi sonucu elde edilen sonuçlar ise, Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3'ün incelenmesi sonucu, tüm örnekler için saf suda yapılan ölçümlerde Zn hariç herhangi bir ağır metal belirlenmemiştir. Yağmur suyundaki ölçümlerde C1, C2 ve C4 istasyonlarında sadece Zn; C1 istasyonunda sadece Mn belirlenmiş olup; bu iki ağır metal dışında herhangi bir başka ağır metal gözlenmemiştir. Deniz suyunda yapılan ölçümlerde tüm istasyonlarda Fe, Mn, Zn, Cu, Cd; C1, C2 ve C4 istasyonlarında Cr; C2 istasyonunda ise Pb belirlenmiştir. Deniz+Yağmur Suyu örneklerindeki ölçümlerde C1, C2, C3 ve C4 nolu istasyonlarda Fe, Mn, Zn, Cu, Cd ve Cr belirlenmiş olup; bu istasyonların tümünde ne Pb ve ne de Al'a rastlanmamıştır.

Durgun suda cüruf örneklerinin bekletilerek yapıldığı

deneyler sonucu bakılan örneklerde C1, C2, C3 ve C4 istasyonlarında çok az miktarda Fe; C1 ve C4 istasyonlarında ise, sadece Zn'ye rastlanmıştır.

Demir Çelik Fabrikası bölgesinden seçilen istasyonların

ortalamaları ile Yumurtalık Koyundan alınan deniz suyu, sediment, seston, makroalgler, yumuşakça ve sünger örneklerindeki ağır metal sonuçları Şekil 7'de balık örneklerindeki Şekil 8'de verilmiştir.

Tablo 3. Cürufun Çözdürüldüğü Su Ortamındaki Ağır Metal Ölçüm Sonuçları (mg/l).

Su Örneği	Cüruf Örneği	Fe	Mn	Pb	Zn	Cu	Cd	Cr	Al
Saf Su	C1	0	0	0	1.25	0	0	0	0
	C2	0	0	0	1.25	0	0	0	0
	C3	0	0	0	2.25	0	0	0	0
	C4	0	0	0	1.25	0	0	0	0
Yağmur Suyu	C1	0	16.88	0	1.25	0	0	0	0
	C2	0	0	0	0.75	0	0	0	0
	C3	0	0	0	0	0	0	0	0
	C4	0	0	0	0.62	0	0	0	0
Deniz Suyu	C1	14.50	45.31	0	1.13	1.66	0.83	1.25	0
	C2	14.50	0.94	12.50	3.25	2.08	1.66	1.24	0
	C3	12.05	1.25	0	0.63	1.25	1.50	0	0
	C4	10.42	0.93	0	1.88	1.25	1.00	1.21	0
Deniz+Yağmur Suyu	C1	12.50	0.62	0	2.00	2.08	1.00	1.25	0
	C2	10.42	0.94	0	1.75	1.25	1.00	1.25	0
	C3	10.41	1.25	0	1.62	1.25	1.33	1.25	0
	C4	10.42	0.62	0	1.25	1.25	1.16	1.25	0

Tablo 4. Cürufun Çözdürüldüğü Durgun Ortamda, Saf Sudaki Ağır Metal Ölçüm Sonuçları (mg/l).

Istasyon	Bekletme (gün)	Fe	Mn	Pb	Zn	Cu	Cd	Cr	Al
C1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	16	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
C2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C3	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C4	1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	16	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

Deniz suyundaki metal derişimi sıralaması, Demir Çelik fabrikası kesimi için; Fe>Mn>Cu>Pb>Cd>Zn ve Yumurtalık koyu için; Fe>Pb>Mn>Cu>Cd>Zn şeklinde bulunmuştur. Demir derişimi, Demir Çelik fabrikası kesiminde Yumurtalık koyuna göre daha yüksek miktarlarda ölçülmüş; ancak her iki bölgede de bu elementin konsantrasyonu diğer ağır metallere göre daha yüksek düzeylerde saptanmıştır. Diğer taraftan dikkati çeken bir başka bulgu da Mn ve Pb olup; Mn Demir Çelik kesiminde, Pb ise, Yumurtalık koyunda daha yüksek düzeylerde ölçülmüştür.

Sedimente ait sonuçlarda Demir Çelik fabrikası kesimi için; Fe>Mn>Pb>Zn>Cu>Cd ve Yumurtalık koyu için; Fe>Mn>Pb>Zn>Cu>Cd olarak saptanmıştır. Deniz suyunda olduğu gibi Demir, diğer metallere göre yüksek düzeylerde ölçülmüş; ayrıca analizi yapılan tüm metaller, Demir Çelik

fabrikası kesiminde daha yüksek düzeylerde bulunduğu saptanmıştır.

Seston örneklerindeki ağır metal sıralaması Demir Çelik için; Zn>Pb>Fe>Mn>Cd>Cu ve Yumurtalık için; Pb>Fe>Zn>Mn>Cu>Cd olarak bulunmuştur. Deniz suyu, sediment ve balıkta diğer metallere göre daha yüksek çıkan Fe'in yerini Demir Çelik fabrikası civarında Zn; Yumurtalık koyunda ise Pb almıştır. Ağır metal miktarına bağlı olarak yapılan sıralamada Demir Çelik fabrikası kıyısız kesimi ve Yumurtalık koyu arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Zn dışında ölçülen ağır metallerin tümü, Yumurtalık koyunda, Demir Çelik fabrikası kıyısız kesimine göre daha yüksek bulunmuştur (Şekil 7).

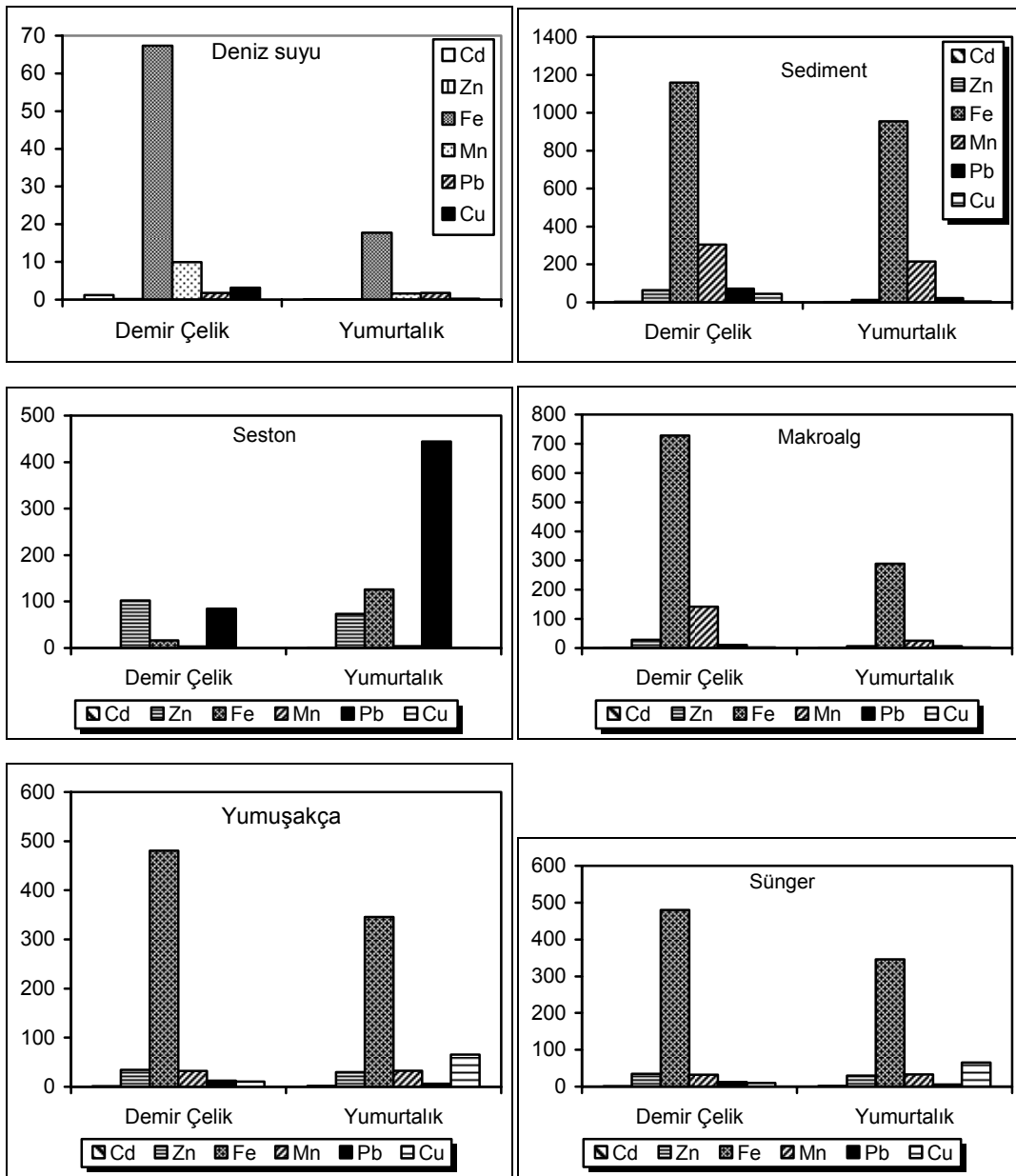
Makroalglerde ise ağır metal sıralaması; Demir Çelik bölgesinde Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Cd, Yumurtalık koyunda ise,

Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde olmuş; Fe diğer ağır metallerle göre yüksek; Cd ve Cu haricindeki metaller ise, Demir Çelik bölgesinde yüksek ölçülmüştür (Şekil 7).

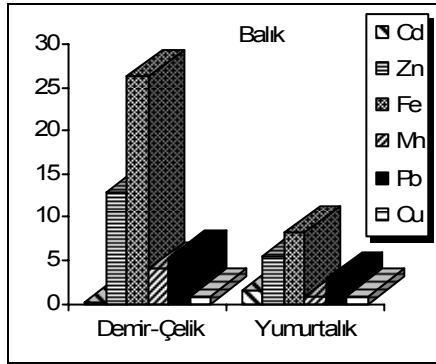
Yumuşakçalardaki ağır metal birikim sıralaması Demir Çelik fabrikası kesimi için; Fe>Zn>Mn>Pb>Cu>Cd ve Yumurtalık koyu için; Fe>Cu>Mn>Zn>Pb>Cd şeklinde olmuş ve Fe diğer ağır metallerden daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Yumurtalık koyunda Cu; Demir Çelik fabrikası kesiminde ise Zn, Fe'den sonraki yüksek düzeyde ölçülen ağır metaller olmuşlardır (Şekil 7).

Sünger örneklerinde Demir Çelik fabrikası civarı için; Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Cd ve Yumurtalık koyu için ise; Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde olmuş ve Fe diğer ağır metallerden daha yüksek düzeyde bulunmuştur (Şekil 7).

Balıklarda Demir Çelik fabrikası kesimi için; Fe>Zn>Pb>Mn>Cu>Cd ve Yumurtalık koyu için; Fe>Zn>Pb>Cd>Cu>Mn olarak saptanmıştır. Yumurtalık koyundaki Cd miktarı, Demir Çelik fabrikası kesiminin aksine Bakır ve Mangan derişimlerinden daha yüksek bulunmuştur. Demir Çelik fabrikası civarından avlanan *Mugil cephalus*'taki Fe derişimi her iki bölgede avlanan diğer balıklardan 48.72 $\mu\text{g}\text{g}^{-1}$ lik değer ile en yüksek düzeyde ölçülmüştür. Mn, Cu ve Pb miktarlarına da en çok *Mugil cephalus* türünde ve Demir Çelik fabrikası bölgesinden avlanan bireylerde saptanmış; Cd ise, Yumurtalık koyundan avlanan *Mugil auratus*'ta 1,50 $\mu\text{g}\text{g}^{-1}$ ile diğer istasyon ve balıklardan daha yüksek düzeyde ölçülmüştür.



Şekil 7. Yumuşakça ve Sünger Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonu.



Şekil 8. Balık örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonu

Tartışma ve Sonuç

Araştırma sonuçlarına bakıldığında, çözünürlük denemeleri cürufların, durgun su ortamında herhangi bir çözünürlük özelliği göstermediğini; ancak sucul ortamın çalkantılı olması halinde çok düşük miktarlarda da olsa bir çözünürlük sergilediğini göstermektedir. Cürufların toplandığı veya biriktirildiği yerin sucul ortam olmadığı düşünülürse, cüruflara suyun teması ancak yağmur vasıtasıyla olabilir. Yağışların cüruflar üzerinde çalkantı etkisi yaratmayacağından hareketle, cürufların bulunduğu ortamlarda sızma yoluyla akan sulara çözünmüş madde bulunamayacağı söylenebilir. Ancak, cürufların üzerinde bulunan toz ve partikül haldeki maddelerin akıntıyla birlikte taşınabileceği ifade edilebilir. Bu taşınmalarla toz ve partikül haldeki maddeler, alıcı ortamlara ulaşabilirler. Alıcı ortamın çalkantılı olması halinde, bu maddeler denemelerde gösterildiği oranda çözünme gösterebilirler. Örneğin, cüruflar üzerinden 1kg toz ve partikül taşındığı düşünülürse, bu maddeler çalkantılı bir alıcı ortamda % 0.02-0.04 oranında çözündüklerinde 0.2-0.4g yani 200-400mg arası çözünmüş maddeyi ortama vermiş olurlar. Ancak, böyle bir olasılık, kendi içinde özel bir durumu gerektirmektedir. Laboratuvara getirilen cüruf örnekleri üzerinde yapılan gözlemlerde, farklı istasyonlardan getirilen cüruf tanelerinin yapı bakımından homojen olmadığı gözlenmiştir. Örneğin, cüruflar kırılırken hepsinin aynı sertlikte olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla cürufların yüzeyinde bu maddeler farklı düzeylerde birikmiş olabilirler. Ancak bu durum, onların çözünürlük denemelerinde herhangi bir sapmaya yol açmamıştır. Cüruflara uygulanan saf su, deniz suyu, yağmur suyu veya deniz+yağmur suyu karışımlarının çözünürlüklerinde herhangi bir fark yaratacak düzeyde değişimin ortaya çıkmış olmadığı ve bu yüzden de tek tek bu ortamlarda yapılan denemelerin yorumlanması yapılmamıştır.

Diğer taraftan, tüm örneklerde saf suda yapılan ölçümlerde Zn hariç herhangi bir ağır metalin belirlenmemiş olması, cürufun saf suda çözünürlüğünün çok az olmasından kaynaklanabileceği; durgun suda cüruf örneklerinin bekletilerek yapıldığı deneyler sonucu bakılan örneklerde C1, C2, C3 ve C4 istasyonlarında çok az miktarda Fe; C1 ve C4 istasyonlarında Zn'ye rastlanmıştır olmasının ise, deniz suyundan kaynaklandığı kanısını uyandırmaktadır.

Analizler sonucunda saptanan suya ait bulgular, Ülkemizde geçerli Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre

Genel Kalite Kriterleri ile kıyaslanırsa (Uslu ve Türkman 1987), değişik yapılan çözünürlük deneyleri sonucunda kirlilik açısından herhangi bir sorunun olmadığı görülmüştür. Ancak, yağmur suyunda yapılan deneylerde Mn, C1 istasyonunda yüksek bulunmuştur. Deniz suyunda yapılan çözünürlük deneyi sonucunda tüm istasyonlarda Fe, Cd, Cu ve Cr'un; C2 istasyonunda ise, Pb'nin yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

Deniz suyundaki ağır metal düzeyleri, ülkemizde geçerli Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Genel Kalite Kriterleri kapsamında, Zn hariç diğer ağır metallere ait sonuçlar bakımından her iki bölgenin de kirliliği saptanmış ve diğer ağır metallere göre oldukça yüksek düzeylerde ölçülen Fe ile Cd bakımından her iki bölge için 4. Sınıf su sınıfına dahil edilmektedir. Ayrıca, Demir Çelik'te Mn bakımından 4. Sınıf; Pb bakımından 2-3. sınıf ve Cu bakımından 4. sınıf; Yumurtalık koyu Mn ve Pb bakımından 2-3. sınıf ve Cu bakımından ise 3. sınıf su sınıfına dahil edilmektedir.

Sedimentteki ağır metal düzeyleri incelendiğinde, bütün ağır metaller bakımından, Demir Çelik fabrikası kıyısı kesimindeki bulgular, Yumurtalık koyuna nazaran yüksek bulunmuştur. Ancak Pb hariç diğer ağır metallere ait sonuçlar bakımından USEPA kriterlerine göre (Hamdy and Post 1985), temiz veya az kirliliğe girmektedir. Pb bakımından ise, Demir Çelik'te ölçüm sonuçları USEPA kriterine göre çok kirliliğe girmektedir.

Balık örneklerinde Cd ve Cu dışında diğer ağır metaller, Demir Çelik fabrikası kıyısı kesiminde yüksek düzeylerde ölçülmüş; fakat araştırmada saptanan Pb dışındaki tüm ağır metaller Su Ürünleri Yönetmeliği kapsamında değerlendirildiklerinde (Anonim 1996), kabul edilebilir sınır değerlerin içinde oldukları görülmüştür. Pb ise, hem Demir Çelik fabrikası kıyısı kesimi ve hem de Yumurtalık koyunda standartların üstünde bulunmuştur.

Kaynakça

- Anıl, M., A. Yüceer, and Ş. Abacı, 1999. Evaluation Report on Remnant Slag of İskenderun A. Ş. throw out Convenient area (in Turkish). Ç.Ü. Müh. ve Mim. Fak., Adana
- Anonim, 1996. Handbook of Fisheries Quality Control Services (in Turkish). Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Anonymous, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (APHA, AWWA, WPCF), 11th edition.
- Hamdy, Y., L. Post, 1985. Distribution of Mercury, Trace Organics and Other Heavy Metals in Detroit River Sediment. Journal of Great Lakes Research II, 353-365.
- Latif, M. A., E. Özsoy, C. Saydam and Ü. Ünlüata, 1989. Oceanographic Investigations of the Gulf of İskenderun. An Annual Report, METU, Inst. of Mar. Sci.
- Özsoy, E., 1981. On the Atmospheric Factors Affecting the Lavantine Sea. European Centre for Medium Range Weather Forecasts Reading. UK. Technical Report 25:29 p.
- UNEP, 1984. Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 11 Rev 1.
- Uslu, O., A. Türkman, 1987. Water Pollution and Protection, (in Turkish). T.C. Başbakanlık Çevre Genel Md.lüğü Yayınları Eğt. Dizisi:1, Ankara.
- Yılmaz, A., Ö. Baştürk, C. Saydam, D. Ediger, K. Yılmaz and E. Hatipoğlu, 1992. Eutrophication in İskenderun Bay, North-Eastern Mediterranean. Science of the Total Environment. 705-717.