

İZNİK VE ULUABAT GÖLLERİNDEKİ BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METALLERLE KİRLENMENİN ARAŞTIRILMASI

Songül SONAL*

ÖZET

İznik ve Uluabat Göllerinden avlanan balık türlerinde çeşitli metallerin kirlilik düzeyleri belirlendi. Ortalama kadmiyum, cıva, kurşun, bakır, demir ve çinko düzeyleri sırasıyla, İznik Gölü'ndeki balıklarda 0.084, 0.181, 0.387, 2.496, 13.857 ve 11.770 ppm; Uluabat Gölü'ndeki balıklarda 0.101, 0.255, 0.407, 2.081, 11.251 ve 16.670 ppm olarak bulundu. Her iki gölden avlanan sazan ve kızılkanat balıklarındaki kadmiyum, cıva, kurşun ve bakır düzeyleri arasındaki fark istatistik yönünden önemsiz; demir ve çinko düzeyleri arasındaki fark önemli bulundu ($p < 0.01$, $p < 0.001$).

SUMMARY

Heavy Metal Residue Levels in Some Fish Species from The İznik and Uluabat Lakes

The levels of the several metals were determined in the fish species collected in the İznik and Uluabat lakes. The mean cadmium, mercury, lead, copper, iron and zinc residue levels in fish were found as 0.084, 0.181, 0.387, 2.496, 13.857 and 11.770 ppm in İznik lake; 0.101, 0.255, 0.407, 2.081, 11.251 and 16.670 ppm in Uluabat lake respectively. Based on the same fish species of carp and rudd, the differences in cadmium, mercury, lead, and copper residues were not significant; in iron and zinc residues were found to be significant ($p < 0.01$ and $p < 0.001$ respectively).

Key words: Residue, Heavy Metal, Fish, İznik and Uluabat Lake.

* Yrd. Doç. Dr.; U.Ü. Vet. Fak. Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Bursa-Türkiye.

GİRİŞ

Çevredeki kirleticilerin derişimi ve canlı vücudunda bulunan miktarları arasındaki ilişki ekotoksikolojik açıdan önemlidir. Su canlıları, suda bulunan kirleticilerden büyük ölçüde etkilenir. Balık türlerinin farklı beslenme alışkanlığına sahip olması, çeşitli kaynaklardan alınan metallerin relatif olarak dağılmasında etkili olur. Deniz ve göllerin metallerle kirlenmesi, atık sular ve atmosferden presipitasyon şeklinde doğrudan; maden işleme ve yıkama artıkları, toprak, çöp yığınları ve atıklardan sızan suların yeraltı sularına karışması sonucunda dolaylı yoldan olmaktadır. Nehir ve göl gibi tatlı sularda yaşayan balıklar ve su kabukluları bu kesimlerde, kirliliğin göstergesi olarak kullanılmaktadır^{1,2,3}. Tatlı sularda yaşayan kerevit ve balıklarda çeşitli metallerin kirlilik düzeylerini ve etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, suda düşük düzeylerde bulunan metallerin canlılarda biriktiği, erginlerin üreme fonksiyonlarında ve yumurta fertilesi üzerinde bozucu etkileri olduğu bildirilmiştir^{1,2,4,5,6,7}.

Bu çalışmayla, İznik ve Uluabat Gölü balıklarında kadmiyum, cıva, kurşun, demir, bakır ve çinko gibi metallerin kirlilik düzeylerinin belirlenerek; gerek göllerin kirliliği ve gerekse insan sağlığı açısından getirebileceği sorunların irdelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

İznik ve Uluabat Göllerinde avlanan turna, sazan, kızılkanat ve yayın balıkları araştırma materyali olarak kullanıldı. Balık örnekleri, Haziran-1991 ve Ocak-1993 tarihleri arasında aylık periyotlarla balıkçılardan sağlandı. Balıklar deri, iç organ ve kılçıkları ayrıldıktan sonra homojenize edildi. Balık etinde total cıva analizi Hiranuma Hg-1 Model Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrede Hatch ve Ott⁷ yöntemine göre yapıldı. Diğer metal analizleri için balık numunelerinden beşer gram keldal balonlarına alınarak, sırasıyla 20 : 3 : 3 ml HNO₃ : H₂SO₄ : HClO₄ karışımıyla berrak bir sıvı kalıncaya kadar yaş yakma yapıldı. Balonların dibinde kalan sıvı, çalkalama sıvısı ile 100 ml'ye ulaştırıldı. Balık örneklerindeki kadmiyum ve kurşun miktarları Grafit Fırın (HGA 400 Programmer) Perkin-Elmer 1100 Model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrede (AASp), demir, bakır ve çinko, Alevli AASp'de hava-asetilen gazıyla direkt aspirasyon yöntemiyle ölçüldü.

BULGULAR

İznik ve Uluabat Göllerinden avlanan balıklardaki metal kirlilik düzeyleri Çizelge I, II, III ve Şekil 1,2'de gösterilmiştir.

Çizelge: I
İznik Gölü Balıklarındaki Metal Kirlilik Düzeyleri (ppm)

Metal	Yayın (6) ^a	Kızılkanat (12)	Sazan (9)
Cd	0.085 ± 0.008 (0.068-0.120) ^b	0.089 ± 0.017 (0.028-0.254)	0.075 ± 0.007 (0.034-0.100)
Hg	0.298 ± 0.014 (0.260-0.340)	0.157 ± 0.016 (0.08-0.256)	0.136 ± 0.024 (0.022-0.236)
Pb	0.398 ± 0.057 (0.300-0.680)	0.317 ± 0.074 (0.102-1.100)	0.471 ± 0.081 (0.200-1.000)
Cu	2.733 ± 0.309 (1.200-3.200)	2.400 ± 0.267 (1.000-3.400)	2.467 ± 0.356 (1.000-4.200)
Fe	11.200 ± 1.160 (7.400-18.200)	14.740 ± 1.760 (6.800-25.600)	14.572 ± 0.849 (12.600-20.800)
Zn	8.980 ± 1.000 (6.000-13.100)	16.180 ± 1.580 (8.200-27.000)	14.170 ± 2.090 (10.000-22.000)

a: Numune sayısı

b: Minimal ve maksimal değerler

Çizelge: II
Uluabat Gölü Balıklarındaki Metal Kalıntı Düzeyleri (ppm)

Metal	Turna (19) ^a	Kızılkanat (12)	Sazan (6)
Cd	0.133 ± 0.054 (0.048-1.110) ^b	0.074 ± 0.009 (0.030-0.328)	0.052 ± 0.014 (0.026-0.105)
Hg	0.265 ± 0.036 (0.100-0.868)	0.208 ± 0.023 (0.030-0.328)	0.319 ± 0.075 (0.120-0.636)
Pb	0.478 ± 0.060 (0.220-1.100)	0.352 ± 0.044 (0.200-0.750)	0.262 ± 0.063 (0.098-0.550)
Cu	2.179 ± 0.344 (0.700-6.200)	1.983 ± 0.248 (1.000-3.400)	1.967 ± 0.331 (0.800-3.000)
Fe	10.473 ± 0.707 (6.400-19.600)	11.708 ± 0.910 (8.000-18.800)	12.800 ± 1.080 (10.000-16.000)
Zn	17.770 ± 1.150 (10.000-26.000)	16.180 ± 1.580 (8.200-27.000)	14.170 ± 2.090 (10.000-22.000)

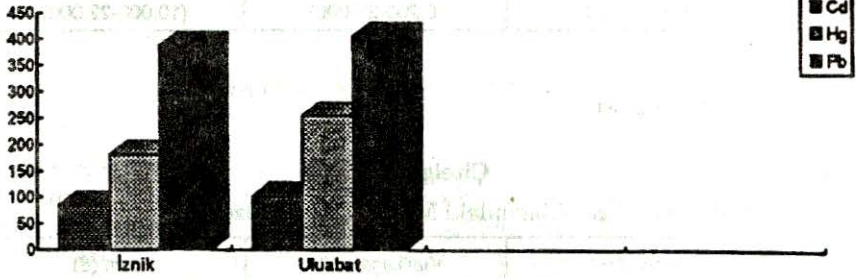
a: Numune sayısı

b: Minimal ve maksimal değerler

Çizelge: III

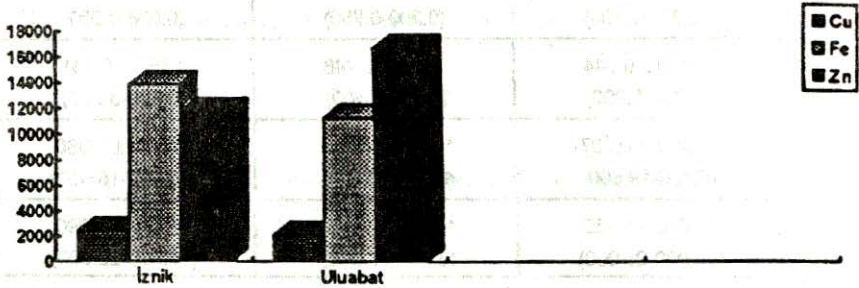
İznik ve Uluabat Göllerinden Avlanan Balıklarda Metal Kirlilik Düzeyleri (ppm)

Metal	İznik (n 27)	Uluabat (n 37)
Cd	0.084 ± 0.008	0.101 ± 0.028
Hg	0.181 ± 0.016	0.255 ± 0.023
Pb	0.387 ± 0.045	0.407 ± 0.037
Cu	2.496 ± 0.176	2.081 ± 0.198
Fe	13.857 ± 0.897	11.251 ± 0.508
Zn	11.770 ± 1.180	16.670 ± 0.857



Şekil: 1

İznik ve Uluabat Gölü balıklarındaki kadmiyum, cıva ve kurşun düzeyleri (ppb)



Şekil: 2

İznik ve Uluabat Gölü balıklarındaki bakır, demir ve çinko düzeyleri (ppb)

İznik Gölü'nden avlanan balıklardan elde edilen sonuçlara göre (Çizelge-I), yayın balığında cıvanın, sazan balığında ise kurşun düzeyinin yüksek olduğu görülmektedir. Kadmiyum ve bakır miktarları balıklarda benzer düzeydedir. Yayın balığında demir ve çinko düzeyleri diğer balıklara oranla düşük bulunmuştur. Uluabat Gölü'nden avlanan balıklardaki metal kirlilik düzeylerine bakıldığında (Çizelge-II), turna balığında kadmiyum ve kurşunun, sazan balığında ise cıva düzeyinin yüksek olduğu görülmektedir. Bakır, demir ve çinko düzeyleri balıklarda birbirine yakın olmakla birlikte, çinko miktarı sazan balığında daha düşüktür.

Göllere göre değerlendirildiğinde, balıklardaki kadmiyum, cıva, kurşun ve çinko düzeylerinin (Çizelge-III) Uluabat Gölü balıklarında; bakır ve demirin ise İznik Gölü balıklarında daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki gölden avlanan sazan ve kızılkanat balıklarında kadmiyum, cıva, kurşun ve bakır düzeyleri arasındaki fark istatistik yönünden önemsiz, demir ($p < 0.01$), çinko ($p < 0.001$) düzeyleri arasındaki fark önemli bulunmuştur.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Metalik kirleticiler, canlının yaşadığı ortama ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak beslenme zincirinin üst kademesindeki türlerde birikir. Esansiyel elementlerin çoğu düşük derişimlerde biyokimyasal reaksiyonlar için gereklidir. Bu nedenle canlılarda iz miktarlarda bulunmaktadır. Yüksek miktarlardaki esansiyel elementler, canlılardaki enzim sistemlerine olumsuz yönde etkiyerek zehirlenmeye yol açar.

Kadmiyum: Başlıca endüstri ve madencilik aktiviteleri sonucu çevreye yayılan kadmiyum, tatlı su ortamındaki canlılar için toksik bir metaldir. İznik Gölü balıklarındaki kadmiyum düzeyleri 0.084 ppm, Uluabat Gölü balıklarında ise 0.101 ppm'dir. Uluabat Gölü balıklarındaki kadmiyum düzeyleri İznik Gölü'ndeki balıklardan biraz daha yüksektir. Tatlı su balıklarında 5-20 ppb arasında kadmiyum bulunabilmektedir. Kadmiyum tolerans düzeyi balıkta 0.05 ppm olarak bildirilmiştir⁵. A.B.D.'de tatlı su balıklarındaki kadmiyum miktarının 0.02 ppm ve daha az, kadmiyumla kirlenmiş bölgelerde 100 ppm'den fazla; Kanada'da ise 0.05 ppm olduğu belirtilmiştir⁹. Metal kalıntılarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, A.B.D.'de tatlı su balıklarında kadmiyum düzeyleri 0.07-0.09 ppm² ve 0.06 ppm¹⁰; sazana benzer tatlı su balığında 0.10-1.34 ppm¹¹; levrek ve yayın balığında 0.01-0.04 ppm¹² olarak saptanmıştır. İspanya'da bir milli parktaki gölden avlanan balıklardaki kadmiyum miktarları, kefalde 0.11 ppm, sazanda 0.07 ppm, yılan balığında 0.10 ppm ve kerevitte 0.18 ppm¹³; başka bir araştırmada⁷ kefalde 0.063 ppm, kerevitlerde 0.1 ppm olarak belirtilmiştir. Aynı ülkede nehirlerin döküldüğü ve endüstriyel kirliliğin olduğu kıyı şeridinden avlanan balıklarda ölçülen kadmiyumun tüketiciler için tehlikeli boyutlarda olmadığı bildirilmiştir¹⁴. Dört yıl boyunca atık suların kullanıldığı havuzlarda yetiştirilen kızılkanat ve kiliz balığında, deneme süresi sonunda 0.01 ppm ve daha az kadmiyum kalıntısı saptanmıştır¹⁵. Besin maddelerindeki metal kirlilik düzeylerini saptamak amacıyla çeşitli laboratuvarlarda yapılan ölçümler sonucunda homojenize edilmiş balıklarda 0.209 ppm kadmiyum bulunmuştur¹⁶. İznik ve Uluabat Gölü balıklarındaki kadmiyum düzeyleri, kadmiyum tolerans düzeyinden ve doğal

kirlilik olarak bildirilen düzeylerden yüksektir^{5,9}. Diğer ülkelerde yapılan araştırmalarda kullanılan balıkların çoğunlukla farklı türlerde olması nedeniyle, genel bir karşılaştırma yapılamamakla birlikte, benzer tür olan yayın ve kızılkanat balıklarından yüksek, sazan balığında ise benzer düzeyde kirlenme olduğu söylenebilir.

Cıva: Su sistemlerinde bulunan cıvanın başlıca kaynağı, fosil yakıtlarının yakılması ve maden işleme aktiviteleridir. Balıklarda 0.5 ppm'in altındaki cıva miktarı, doğal cıva kirlilik düzeyi olarak kabul edilir¹⁷. Kirlenmiş bölgelerdeki tatlı sulardan avlanan balıklarda cıva düzeylerinin 0.2-5 ppm olduğu, yoğun bir şekilde kirlenmiş sularda ise 20 ppm'e ulaştığı; Avrupa ülkelerinde avlanan tatlı su balıklarında, çoğunlukla 0.2-0.4 ppm cıva bulunduğu bildirilmiştir¹⁸. A.B.D. ve Kanada'da göllerden avlanan balıkların oldukça fazla cıva kalıntısı içermesi nedeniyle pekçok gölde balık avlamak yasaklanmıştır¹⁹. İsveç'te yüksek düzeyde cıva içermesi nedeniyle balık avcılığı yasaklanan göle üç yıl boyunca selenyum bileşiklerinin ilave edilmesi sonucunda, gölde yaşayan balıklardaki cıvanın % 85'e varan miktarlarda (0.5-1.0 ppm'den 0.06-0.08 ppm'e) azaldığı saptanmış ve avlanma yasağı kaldırılmıştır²⁰. Metal kalıntı düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda cıva miktarlarının, A.B.D.'de yayın ve levrek balıklarında, 0.33-0.79 ppm²¹, 0.03-0.29 ppm¹²; tatlı su balıklarında 0.18 ppm¹⁰ ve 0.10-0.72 ppm² olduğu bildirilmiştir. İspanya'da yapılan benzeri çalışmalarda, kefal balığında 0.063, kerevitte 0.1 ppm⁷; kefal, sazan, yılan balığı ve kerevitte sırasıyla 0.14, 0.25, 0.27, 0.18 ppm ve balıklarda genel ortalama cıva düzeyinin 0.192 ppm olduğu bildirilmiştir¹³. Almanya'da nehirlerdeki balıklarda 0.05-1.0 ppm arası miktarlarda cıva ölçülmüřtür²². İsveç'te, üç gölden avlanan balıklarda 0.2-0.4 ppm²³, Kanada'da sportif balık avcılığının yapıldığı bir gölde, 45 cm. nin altındaki büyüklükte olan alabalıklarda 0.5 ppm cıva kalıntısı saptanmıştır²⁴. Atık suların kullanıldığı havuzda yetiştirilen kızılkanat balığında 0.01 ppm ve daha az cıva bulunmuřtur¹⁵. İznik ve Uluabat Gölü balıklarında saptanan cıva düzeyleri 0.181-0.255 ppm'dir. Uluabat Gölü balıklarındaki cıva miktarı İznik Gölü'ndeki balıklardan yüksektir. Literatür verilerle karşılaştırıldığında aynı tür balıklardan, yayın ve sazan balığında benzer, kızılkanat balığında ise daha yüksek bir kirlenme olduğu görülmektedir.

Ülkemizde tatlı su balıklarındaki cıva kalıntuları ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, Sakarya Nehri'nden avlanan yayın balığında 0.6-1.2 ppm²⁵, Buldan Barajı'ndan avlanan sazan balığında 0.406-512 ppm cıva kalıntısı saptanmıştır²⁶. Sakarya Nehri ve Buldan Barajı'ndan avlanan balıklardaki cıva düzeyi, İznik ve Uluabat Göllerinden avlanan benzer balık türlerine göre daha yüksektir. İznik ve Uluabat Gölü balıklarındaki cıva düzeyleri, doğal cıva kirlilik düzeyi olarak bildirilen miktarlardan ve cıva tolerans limitinden (W.H.O. hariç) düşüktür.

Kurşun: Çevreye, başlıca eksoz gazları, baca dumanı, kurşunlu boyalar ve endüstriyel faaliyetler aracılığıyla yayılan kurşun, besin zincirinde biyomagnifikasyon göstermeyen bir metaldir. W.H.O. tarafından haftalık kurşun alım düzeyi 3 mg/kışı olarak bildirilmiştir^{2,27}. A.B.D.'nde tatlı su balıklarında 0.08-0.25 ppm^{2,10,12} ve kurşun kirliliğinin olduğu bildirilen Missouri Nehri'ndeki balıklarda 0.03 ppm'den 2.3 ppm'e varan miktarlarda kurşun olduğu belirtilmiştir¹¹. İspanya'da Ulusal parktan avlanan kefal, sazan, yılan balığı ve kerevitte sırasıyla 1.36, 1.62, 0.96 ve 1.99 ppm⁷, nehirlerin döküldüğu kıyı şeridinden yakalanan balık türlerinde ise 0.08-0.283 ppm kurşun kalıntısı ölçülmüřtür¹⁴. Atık suların kullanıldığı havuzlarda beslenen balıklarda

0.10 ppm¹⁵; çeşitli referans laboratuvarlarında ölçülen balık örneklerinde ise 0.518 ppm kurşun bulunduğu bildirilmiştir¹⁶. İznik ve Uluabat Gölleri balıklarındaki kurşun düzeyleri 0.262-0.478 ppm arasındadır. Kurşun düzeyi, en fazla olarak Uluabat Gölü'ndeki turna ve İznik Gölü'ndeki sazan balığında saptanmıştır. Bu miktarlar, Missouri Nehri ve İspanya'da Ulusal Parktan avlanan tatlı su balıklarındaki kurşun düzeyinden düşük, bunların dışında kalan tatlı su balıklarındaki miktardan ise fazladır. Bu durum, her iki gölün yoğun trafik akımı olan otoyollara yakın olmasına bağlanabilir.

Bakır: Memelilerde fizyolojik fonksiyonlar için gerekli, su canlıları için toksik olan metaldir²⁸. A.B.D.'nde tatlı su balıklarında bakır düzeyleri 0.38-2.33 ppm arasında bulunmuş ve bu miktarların sudaki doğal düzeylerin yansması olduğu bildirilmiştir^{2,10,29}. İspanya'da tatlı su balıklarında 1.17-2.47 ppm⁷, çeşitli laboratuvarlarda ölçülen balık örneklerinde 0.222 ppm bakır bulunduğu belirtilmiştir¹⁶. Ülkemizde Buldan Barajından avlanan sazan balıklarında 0.198-0.306 ppm arasında bakır saptanmıştır²⁶. İznik ve Uluabat Gölleri balıklarında bakır düzeyi 2.081-2.496 ppm'dir. Bu düzey, tatlı su balıklarında bildirilen bakır miktarlarına benzer şekilde doğal değerleri yansıtmaktadır.

Demir: Su canlıları için tehlikeli olmayan bir elementtir. İznik ve Uluabat Gölleri balıklarında, demir miktarları 11.251-13.857 ppm'dir. Demir en fazla (14.740 ppm) olarak İznik Gölü kızılkanat balığında saptanmış ve her iki gölden avlanan sazan ve kızılkanat balıklarındaki demir düzeyleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). A.B.D.'nde tatlı su balıklarında 29-717 ppm², gölden avlanan balıklarda 7.8-29.8 ppm arası miktarlarda demir saptanmıştır²⁹. Çeşitli laboratuvarlarda analizi yapılan balık örneklerinde 6.28 ppm demir bulunduğu belirtilmiştir¹⁶. İznik ve Uluabat Gölleri balıklarındaki demir düzeyleri, A.B.D.'nde tatlı su balıklarındakinden düşük, laboratuvarlarda analizi yapılan balıklardaki düzeylerden yüksek bulunmuştur.

Çinko: Bakır ve demir gibi esansiyel bir iz element olan çinko, memelilerde çeşitli enzimlerin aktivitesi için gereklidir. Ortalama günlük çinko alımı 15 mg'dır. Çeşitli ülkelerde bu miktarın 5-22 mg arasında olduğu belirtilmiştir. Çinko, tüketilen besinlerden, en fazla et ve su ürünlerinde bulunur³⁰. A.B.D.'nde tatlı su balıklarında 14.1-17.6 ppm¹¹; 12-20 ppm^{2,29}; İspanya'da 22.73-27.97 ppm arası miktarlarda çinko bulunduğu bildirilmiştir⁷. Referans laboratuvarlarında ölçülen balıklarda 4.45 ppm düzeyinde çinko saptanmıştır¹⁶. Ülkemizde, Buldan Barajından avlanan sazan balığındaki çinko miktarının 1.541-1.842 ppm olduğu bildirilmiştir²⁶. İznik ve Uluabat Göllerindeki balık türlerinde çinko miktarı 11.770-16.770 ppm'dir. Bu göllerden avlanan sazan ve kızılkanat balıklarının çinko düzeyleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.001$). Her iki gölün balıklarındaki çinko düzeyleri, tatlı su balıklarında bildirilen miktarlar ile karşılaştırıldığında, Buldan Barajından avlanan sazan balığına ve referans laboratuvarlarında ölçümü yapılan balıklara göre yüksek; diğer tatlı su balıklarında bildirilen düzeylere yakın miktarlardadır.

Araştırmanın sonuçlarına göre, Uluabat Gölü'nden avlanan balık türlerindeki kadmiyum, kurşun, cıva ve çinko miktarları, İznik Gölü'nden avlanan balıklardakine göre daha yüksektir. Kanımızca, bunun nedenlerinden biri özellikle kadmiyum ve kurşun bakımından yoğun trafik akımı olan Bursa-İzmir karayoluna yakınlığıdır. Diğer önemli bir neden ise, gölü besleyen akarsuların taşıdığı kömür ve maden işletmelerinin artuklarıyla kirlenmedir. Balıklarda belirlenen metal kirliliği, kadmiyum dışında

tolerans limitlerine yaklaşmaktadır. Bu düzeylerde metal kalıntılarını içeren balıkların yenilmesi, halk sağlığı bakımından tehlikeli olmamakla birlikte, bu kirlenmenin yakın gelecekte önlenemeyeceğini göz önüne alınırsa, bugün için alınabilecek önlem, balık ve kerevitlerdeki metaller ve organik kirleticilerin düzeylerinin devamlı ölçülerek denetlenmesidir.

Teşekkür: Araştırmamızda laboratuvar çalışmalarımıza destek sağlayan Ankara İl Kontrol Laboratuvarı Müdür Yardımcısı Sayın Vala Şenavcı'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. LELAND, H.V., SCUDDER, B.C.: Trace element in *Corbicula fluminea* from the San Joaquin River, California. *Sci. Total Environ.*, 97-98, 641-672 (1990).
2. WINGER, P.V., SCHULTZ, D.P., JOHNSON, W.W.: Environmental contaminant concentrations in biota from the lower Savannah River, Georgia and South Carolina. *Arc. Environ. Contam. Toxicol.*, 19(1), 107-117 (1990).
3. NAQVI, S.M., HOWELL, D.R.: Cadmium and lead uptake by red swamp crayfish, (*Procambarus clarkii*) of Louisiana. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 51(2), 296-302 (1993).
4. NAQVI, S.M., HOWELL, D.R.: Toxicity of Cadmium and lead to juvenile red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, and effects on fecundity of adults. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 51(2), 303-308 (1993).
5. MERIAN, E.: Environmental chemistry and biological effects of cadmium compounds. *Toxicol. Environ. Chem.*, 26(1,4), 27-44 (1990).
6. EDSALL, C.C.: Environmental contaminants and the reproductive successes of lake trout in the Great Lakes: an epidemiological approach. *J. Toxicol. Environ. Health*, 33(4), 375-394 (1991).
7. RINCON, F., ZURERA, G., POZO-LORA, R.: Size and mercury concentration relationship as contamination index. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 38(3), 512-552 (1987).
8. HATCH, W.R., OTT, W.I.: Determination of submicrogram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. *Anal. Chem.*, 40(14), 2085-2087 (1968).
9. RAVERA, O.: Cadmium in freshwater ecosystems. *Experientia Suppl.*, 50, 87-96 (1986).
10. LOWE, T.P., MAY, T.W., BRUMBAUGH, W.G., KANE, D.A.: National contaminant biomonitoring program: Concentration of seven elements in freshwater fish. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 14, 363-388 (1985).
11. SCHMITT, C.J., WILDHABER, M.L., HUNN, J.B., NASH, T., TIEGER, M.N., STEADMAN, B.L.: Biomonitoring of lead-contaminated Missouri Streams with an assay for erythrocyte δ -aminolevulinic acid dehydratase activity in fish blood. *Arc. Environ. Contam. Toxicol.*, 25(4), 464-457 (1993).

12. WINGER, P.V., SIECKMAN, C., MAY, T.W., JOHNSON, W.W.: Residues of organochlorine insecticides, polychlorinated biphenyls, and heavy metals in biota from Apalachicola River, Florida, 1978. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 67(2), 325-333 (1984).
13. HERNANDEZ, L.M., RICO, M.C., GONZALES, M.J., MONTERO, M.C., FERNANDEZ, M.A.: Size and mercury concentration relationship as contamination index. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 38(3), 515-522 (1987).
14. SCHUHMACHER, M.A., BOSQUE, M.A., DOMINGO, J.L., CORBELLA, J.: Lead and cadmium concentrations in marine organisms from the Tarragona Coastal waters, Spain. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 44(5), 784-789 (1990).
15. GUERRIN, F., BURGAT-SACAZE, V., SAQUI-SANNES, P.: Levels of heavy metal and organochlorine pesticides of cyprinid fish reared four years in a wastewater treatment pond. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 43(5), 737-741 (1989).
16. JORHEM, L.: Determination of metals in food stuffs by Atomic Absorption Spectrophotometry after dry ashing: NMKL Interlaboratory study of lead, cadmium, zinc, copper, iron, chromium and nickel. *J. AOAC. Int.*, 76(4), 798-813 (1993).
17. ABERNATHY, A.R., CUMBIE, P.M.: Mercury accumulation by largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in recently impounded reservoirs. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 17, 595-602 (1977).
18. W.H.O.: Environmental Health Criteria, 1. Mercury, Geneva (1976).
19. WALTER, C.M., JUNE, F.C., BROWN, H.G.: Mercury in fish, sediments, and water in lake Oahe, South Dakota. *J. Water Pollution Control Federation.* 45(10), 2203-2210 (1973).
20. PAULSSON, K., LUNDBERGH, K.: The selenium method for treatment of lakes for elevated levels of mercury in fish. *Sci. Total Environ.* 87-88, 495-507 (1989).
21. BENSON, W.W., WEBB, W., BROCK, D.W., GABICA, J.: Mercury in catfish and bass from the Snake River in Idaho. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 15(5), 564-567 (1976).
22. SCHRAMEL, P., SAMSAHL, K., PAVLU, J.: Some determinations of Hg, As, Se, Sb, Sn, and Br in water plants, sediments and fishes in Bavarian Rivers. *Intern. J. Environmental Studies*, 5, 37-40 (1973).
23. OSKARSSON, A., OHLIN, B., OHLANDER, E.M., ALBANUS, L.: Mercury levels in hair from people eating large quantities of Swedish freshwater fish. *Food Addit. Contam.*, 7(4), 555-562 (1990).
24. FUTTER, M.N.: Pelagic food-web structure influences probability of mercury contamination in lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Sci. Total Environ.*, 145(1-2), 7-12 (1994).
25. SUNGUR, T.: Su ürünlerinde cıva rezidüleri konusunda bir araştırma. *A.Ü. Tıp Fak. Mec.*, 26(1), 142-154 (1973).

26. ŞANLI, Y., DEMET, Ö., AKAR, F., YAVUZ, H., BİLGİLİ, A., LİMAN, B.C., DOĞAN, A.: Buldan Barajı suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan sazan balığı örneklerinde bazı ağır metal artıkları üzerinde araştırmalar. A.Ü. Vet. Fak. Derg., 37(1), 56-57 (1990).
27. W.H.O.: Lead-Environmental Aspectes. Environmental Health Criteria 85 Geneva (1989).
28. BUCK, W.B., OSWEILER, G.D., VAN GELDER, G.A.: Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology. Second edition, Kendall-Hunt Publishing Company (1982).
29. GIESY, J.P. Jr., WIENER, J.G.: Frequency distribution of trace metal concentration in five freshwater fishes. Trans. Am. Fish. Soc., 106, 393-403 (1977).
30. BUCHET, J.P., LAUWERYS, R., VANDEVOORDE, A., PYCKE, J.M.: Oral daily intake of cadmium, lead, manganese, copper, chromium, mercury, calcium, zinc and arsenic in Belgium: A duplicate meal study. Fd. Chem. Toxic., 2(1), 19-24 (1983).