

BULDAN BARAJI SUYUNUN DOĞAL KALİTESİ VE BURADAN AVLANAN
SAZAN BALIĞI ÖRNEKLERİNDE BAZI AĞIR METAL ARTIKLARI
ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR

Yusuf Şanlı¹
Hidayet Yavuz³

Ömer Demet²
Ali Bilgili³
Abdullah Doğan⁴

Ferda Akar³
B. Cem Liman⁴

Research on natural water quality of Buldan Dam and determination of residue levels of some heavy metals in carp samples obtained from this Dam.

Summary: *In this research, it was carried out the determination of pH, value and salinity in the water samples and the pollution status which arised from copper, mercury and zinc in the carp (Cryprinus carpio) samples obtained from Buldan Dam.*

The mean value of the pH and those of chemical analyses of principal anions and cations totally in 39 water samples are as follows: pH: 8.39, calcium: 19.83 ppm, magnesium: 20.81 ppm, calcium carbonate: 185.02 ppm, bicarbonate: 186.91 meg/l, carbonate: 7.36 ppm, chlor: 19.83 ppm and organic substances: 3.04 ppm. On the other hand, the results of individual residue analyses which were performed totally in 55 fish samples were between 0.10-0.68 ppm for copper, 0.13-1.46 ppm for mercury and 0.86-2.34 ppm for zinc.

It was concluded that there is not a significant terrestrial contamination in the water environment of Buldan Dam. The contamination levels of copper and zinc determined in fish samples, as a reflection of water pollution, have been observed comparatively less than those reported in the most literature; whereas, those of the mercury have some potential risks for human health.

Özet: *Bu çalışma kapsamında, Buldan barajı göl suyunun doğal kalitesini yansıtan özellikleri ile başlıca su ürünü konumundaki sazan*

1 Prof. Dr. A.Ü. Veteriner Fakültesi, Ankara-Türkiye.

2 Yrd. Doç. Dr., S.Ü. Veteriner Fakültesi, Konya-Türkiye.

3 Araştırma Görevlisi, A.Ü. Veteriner Fakültesi, Ankara-Türkiye.

4 Araştırma Görevlisi, A.Ü. Kars Veteriner Fakültesi, Kars-Türkiye.

balığı örneklerinde bakır, civa ve çinko artıklarına bağlı kirlenmelerin düzeyi araştırıldı.

Araştırma materyalini oluşturan 39 adet su örneğinin kimyasal yönden analizi sonucunda ortalama pH değeri 8.39 düzeyinde bulunurken, ortalama değer olarak başlıca katyonlardan kalsiyum: 39.83 ppm, magnezyum: 20.81 ppm, kalsiyum karbonat: 185.02 ppm, başlıca anyonlardan bikarbonat: 186.91 meq/l, karbonat: 7.37 ppm, klor: 19.83 ppm düzeyinde ve organik madde içeriği de 3.04 ppm derişiminde bulundu. Aynı gölden avlanan 55 adet sazan balığı (Cyprius carpio) örneğinde gerçekleştirilen kalıntı analizleri sonucunda ise, en düşük ve en yüksek derişimler olarak 0.10-0.68 ppm bakır, 0.13-1.46 ppm civa ve 0.86-2.37 ppm arasında çinko kalıntısı saptandı.

Analiz bulgularının literatür veriler ışığında değerlendirilmesine göre; Buldan Barajı göl suyunun doğal karakterini koruduğu, karasal kaynaklı metalik kirlenmelerin yansması olarak sazan balıklarında ölçülen bakır ve çinko derişimleri doğal değerlere yakın, civa kirlilikleri ise sakıncalı sayılabilecek boyutlarda bulundu.

Giriş

Çağımızda doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunlarının geldiği artık bütün dünyada tartışmasız bir gerçek olarak kabul edilmektedir. Hızla artan dünya nüfusunun beslenmesi, gelişen endüstrilerin ve daha uygar yaşam düzeyi sağlama amacıyla sürdürülen çok yönlü çabaların istenilmeyen bir sonucu olarak ortaya çıkan bu sorunun günümüzde de gittikçe büyüyen boyutlarda önemini koruduğuna tanık olmaktadır (33).

İnsanoğlu, sınırsız istek ve gereksinmelerini hızla tükenen doğal kaynaklardan karşılarken, üretim ve tüketim artıklarıyla da çevreyi kirlenmekte ve her geçen yıl doğal denge zincirinin bir halkasını koparmaktadır. Böylece, geçmişin hazineleri olan doğal çevre ve dolayısıyla canlı yaşam yönünden önem taşıyan bütün değerler giderek yok olmaktadır (3, 12, 22)

Son yıllarda çok sakıncalı olarak nitelenen ve yaygın bir şekilde karşılaşılan çevre kirlenmeleri pestisidler, poliklorobifeniller, doymuş ve doymamış aromatik hidrokarbonlar, yapay gübreler, deterjan artıkları ile bakır, bizmut, civa, kadmiyum, kurşun ve benzeri metal

artıklarından kaynaklanır (33). Metaller ve diğer inorganik artıklardan oluşan kirleticiler çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme nedeni oluşturmaları, çevre koşullarına çok dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek, gelişmiş canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle, diğer kimyasal kirleticiler arasında ayrı bir önem taşır. (2, 4, 12, 19, 26, 38)

Her çeşitten kimyasal bileşiğin üretimi, tüketimi ve endüstriyel artıkları sonuçta kaçınılmaz bir şekilde az veya çok çevre kirlenmesine sebep olur. Çünkü böyle maddeler daha üretim aşamasında toprak ve su kirlenmesine katılırlar. Örneğin, çeşitli maden işletmelerinde yatak içeriğinde bulunan toksik metal artıkları kaçınılmaz bir şekilde çevreye yayılma riski taşır. Keza arsenik, bakır, bizmut, civa, kadmiyum ve kurşun gibi madenlerin ekstraksiyonu, arılaştırılması ve bunların kullanıldığı sayısız sanayii dallarından kaynaklanan çeşitli artıklarla sürekli çevre kirlenmesi söz konusu olur (14, 16, 20, 22, 34).

Metallere ilişkin olarak yukarıda özetlenen kirlenme kaynaklarından başka, büyük boyutlarda tüketilen civalı ve bakırlı fungusidler ile antidetonant olarak organik kurşun bileşikler katılmış akaryakıtlarda bulunan metal içerikler kullanılma şeklinin bir gereği olarak doğrudan çevre kirlenmesine katılır. Keza, kömür, fueloil ve diğer akaryakıtlardan oluşan fosil yakıtlarının yakılması sonucunda her yıl on binlerce ton civa, kurşun ve benzeri metal artıkları çevreye yayılır. Öte yandan, doğal çevrenin oluşumuna katılan bakır, bizmut, civa, kurşun ve kadmiyum gibi metal çeşitleri sürekli halde doğal kaynaklardan açığa çıkarak çevre kirlenmesine katılır. Nihayet yıllık boşaltım boyutları milyonlarca tona ulaşan endüstriyel ve kentsel kökenli artık ve atıklar özellikle ağır metal içeriğince oldukça zengindir. (1, 3, 6, 10, 12, 18)

Günümüzde genel bir kural halinde endüstriyel ve kentsel artık ve atıklar akarsular, göller ve kıyı sularına boşaltılmaktadır. Keza, karasal ortamda ortaya çıkan kimyasal artıklar da çeşitli doğal etkenlerle zamanla sulara yansır. Belirtilen nedenlerle özellikle iç sular ve kapalı denizler olmak üzere, dünya su sistemlerinin daha yaygın ve tehlikeli boyutlarda kirlendiği görülmektedir (12, 38). Ülkemizde Marmara Denizi, İskenderun ve Ege Denizi körfezlerinde karşılaşılan su kirlenmeleri bu duruma tipik birer örnek oluşturmaktadır.

Sakıncalı boyutlarda metal artıklarının sulara yansması sonucunda doğal suların kalitesi bozulmakta, bu ortamdaki doğal denge, ekonomik kayıp ve insan sağlığı yönünden önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Tatlısu ortamında çeşitli tuzlar halinde bulunan 0.01-0.15 ppm arasındaki civa, 0.02-0.18 ppm boyutlarında bakır, 0.01-3.0 ppm yoğunluklarında kadmiyum, 0.1-2.4 ppm arasında kurşun ve 0.01-1.0 ppm düzeylerindeki arsenik varlığı hemen her türden su canlısında akut zehirlenmeler sonucu kitle halinde ölümlere sebep olurken, alüminyum, çinko, demir, sodyum, potasyum ve magnezyum gibi metallerin benzeri bir etki yapabilmeleri için 5 ppm veya daha yüksek yoğunluklarda bulunması gerekmektedir (18). Bununla beraber, su ortamındaki metal kirliliklerinin toksisitesi bileşik şekline, seyrelme hızına, suların pH'sı ve sertlik derecesine, diğer metal çeşitleri ile organik maddelerin varlığına göre önemli derecede değişebilmektedir (1, 5, 6, 22, 37).

Bu çalışma kapsamında, Buldan Barajında metal artıklarından ileri gelen karasal kaynaklı kirlenmelerin boyutlarını belirleyebilmek amacıyla göl suyunun doğal kalitesini yansıtan analitik çalışmalar ile başlıca canlı faunasını oluşturan sazan balıklarında bakır, civa ve çinko kalıntı analizlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Araştırma Materyali

Çalışmada araştırma materyali olarak Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğüne 6.4.1987 ile 24.2.1988 tarihleri arasında Buldan Barajının iki ayrı istasyonundan sağlanan 55 adet sazan balığı (*Cyprinus carpio*) ve 39 adet su örneği kullanıldı. Yıl boyunca ve mevsimleri temsil edecek şekilde avlanarak anabilim dalımıza gönderilen balık örnekleri analizleri süresince derin soğutucuda korundu. Baraj gölünün üç farklı derinliğinden alınan su örnekleri örnekleme izleyen ilk iki gün içerisinde DSİ II. Bölge Müdürlüğü laboratuvarında kimyasal yönden analiz edildi.

Ayıracılar

1. Derişik hidroklorik asit (Merck, Art. 314).
2. 6N hidroklorik asit çözeltisi.
3. 2N hidroklorik asit çözeltisi.

4. Derişik sülfürik asit (Merck, Art. 714).
5. 18N sülfürik asit çözeltisi.
6. 2N sülfürik asit çözeltisi.
7. 8N nitrik asit çözeltisi.
8. 5.6N nitrik asit çözeltisi.
9. Kalay klorür çözeltisi: Arı kalay klorürün 2N sülfürik asidde hazırlanmış % 10'luk çözeltisi kullanıldı.
10. Magnezyum asetat (Merck, Art. 5819).
11. Magnezyum asetat çözeltisi: 2 mg / ml yoğunluğunda damıtık su ile hazırlanmış çözelti kullanıldı.
12. Hidroksilamin hidroklorür çözeltisi: % 6'lık sulu çözelti halinde hazırlandı.

Cihazlar ve Aygıtlar

1. Atomik absorpsiyon spektrofotometre (Perkin-Elmer, Model -303).
2. Civa analiz sistemi (Perkin-Elmer, Coleman Model MAS-50).
3. Homojenizatör, bain-marie, külleştirme fırını ve gerekli cam malzemeler.

Metot

Balık örneklerinin total civa analizi Hatch ve Ott (17)'un alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometri yöntemine dayanan ve Perkin-Elmer Korporasyonuna bağlı Coleman Firmasınca hazırlanan MAS-50 civa analiz sistemiyle yapıldı. Bu amaçla, homojenize edilen balık dokularından alınan 1 g analiz örneği 60 C°'lik su hamamında sülfürik asit ve potasyum permanganat varlığında yıkımlandı. Ortamda bulunan potasyum permanganat fazlası hidroksilamin hidroklorür çözeltisiyle giderildikten sonra, BOD şişesinde toplam hacmi 100 ml'ye ulaştırılan yıkımlama sıvısının total civa içeriği MAS-50 cihazında mikrogram cinsinden ölçüldü.

Analiz örneklerinin bakır ve çinko içerikleri Stahr (27) tarafından tanımlanan atomik absorpsiyon spektrofotometri esasına dayanan yöntem uyarınca analiz edildi. Bunun için, homojenize edilmiş balık doku örneklerinden 2.5 g dolayında analiz örneği tartılarak 2 mg / g

hesabıyla magnezyum asetat çözeltisi katıldıktan sonra, önce 3-4 saat süreyle 100 C°'lik etüvde kurutulup, sonra da 600 C°'lik külleştirme fırınında 6 saat süreyle külleştirildi. Elde edilen kül içeriği 2N hidroklorik asitte çözdürülerek atomik absorpsiyon spektrofotometreye uygulandı. Bakır ve çinkoya özgü dalga boylarında okunan absorpsiyon değerleri aynı koşullarda hazırlanmış kalibrasyon eğrilerine uygulanmak suretiyle, örneklerin bakır ve çinko içerikleri mikrogram cinsinden hesaplandı.

Bulgular

Buldan Barajında seçilen iki örnekleme istasyonunun üç farklı derinliğinden alınan toplam 39 adet su örneği doğal tuzluluk ve pH durumunu ortaya çıkarabilecek şekilde kimyasal yünden analiz edilmiştir. Bu kapsamda olmak üzere, başlıca katyonlardan kalsiyum ve magnezyum, en önemli anyonlardan karbonat, bikarbonat ve klor ile kalsiyum karbonat, pH değerleri ve organik madde içeriğine ilişkin toplam 312 adet bireysel analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz çeşitlerine göre gruplandırılan bireysel sonuçların ayırım gösterdiği en düşük ve en yüksek düzeyler ile ortalama değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Buldan barajı su örneklerinde gerçekleştirilen bireysel kimyasal analiz sonuçlarının analiz çeşitlerine göre saptanan en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri.

Analiz çeşidi ve sayısı	Sayısı	En düşük	En yüksek	Ortalama
pH	39	7.5	8.88	8.39 ± 0.173
Bikarbonat (meg / l)	39	152.56	222.07	186.91 ± 0.022
Karbonat (ppm)	39	4.0	15.6	7.36 ± 1.905
Kalsiyum (ppm)	39	23.20	70.0	39.3 ± 4.147
Magnezyum (ppm)	39	12.2	24.32	20.81 ± 1.315
Klor (ppm)	39	13.50	39.35	19.83 ± 2.525
Kalsiyum karbonat (ppm)	39	146.0	225.0	185.02 ± 9.248
Organik madde (ppm)	39	2.0	4.88	3.05 ± 0.714

Table 1. The minimum, maximum and mean values of individual chemical analyses were carried out in the water samples obtained from Buldan Dam.

Bireysel analiz sonuçları analiz çeşidi ve örnekleme mevsimlerine göre gruplandırılarak istatistik yünden değerlendirilmiştir. Baraj gölü suyunda tuzluluk ve organik madde içeriğinin mevsimsel değişimlerini yansıtan bu istatistik veriler Tablo 2'de toplanmıştır.

Buldan Barajından avlanan 55 adet sazan balığı örneğinde bakır, civa ve çinko kalıntı düzeylerinin belirlenmesi yönlerinden yapılan bireysel analiz sonuçları Tablo 3'de sıralanmıştır. Analiz örneklerin-

Tablo 2. Buldan Barajı göl suyu örneklerinde gerçekleştirilen bireysel kimyasal analiz sonuçlarının mevsimlere göre değişimini gösteren ortalama değerler

Mevsim'ler	pH derec.	HCO ₃ meg / l	CO ₃ ppm	CaCO ₃ ppm	Kalsiyum ppm	Magnezyum ppm	Klor ppm	Organik Mad. ppm
İlkbahar	8.35 ± 0.04	180.76 ± 19.04	5.91 ± 1.442	158.36 ± 5.548	25.58 ± 1.989	23.08 ± 0.692	17.43 ± 2.493	2.20 ± 0.316
Yaz	8.61 ± 0.210	183.18 ± 11.16	8.30 ± 8.160	171.1 ± 11.522	32.44 ± 2.981	21.7 ± 0.965	23.32 ± 6.487	2.36 ± 0.318
Sonbahar	7.97 ± 0.244	186.12 ± 0.185	4.30 ± 3.174	215.5 ± 12.419	61.33 ± 6.599	15.10 ± 1.746	19.35 ± 2.515	3.21 ± 1.2
Kış	8.48 ± 0.316	192.5 ± 10.432	11.6 ± 2.425	204.6 ± 4.932	47.6 ± 3.519	20.8 ± 1.571	18.8 ± 2.567	4.01 ± 0.768

Table 2: The mean values of individual chemical analyses which exhibit seasonal variations in the water samples obtained from Buldan Dam.

Tablo 3. Buldan barajından avlanan sazan balığı örneklerinde saptanan bakır, civa ve çinko kalıntularına ilişkin bireysel analiz sonuçları.

Sıra No.	Avlanma tarihi	Analiz sayısı	Analiz sonuçları (ppm)		
			Bakır	Civa	Çinko
1	6.4.1987	2	0.51	0.21	1.60
2	"	2	0.68	0.74	2.37
3	"	2	0.58	0.19	1.87
4	"	2	0.32	0.69	2.25
5	"	2	0.28	0.22	1.45
6	"	2	0.40	0.16	2.30
7	"	2	0.43	0.30	1.66
8	"	2	0.23	0.28	2.35
9	"	2	0.38	0.35	2.26
10	"	2	0.23	0.22	1.36
11	"	2	0.11	0.29	1.05
12	"	2	0.36	0.81	1.62
13	"	2	0.32	0.30	1.48
14	"	2	0.21	0.30	1.16
15	"	2	0.43	0.91	2.13
16	"	2	0.33	0.40	2.25
17	"	2	0.18	0.51	1.88
18	"	2	0.37	0.31	1.76
19	"	2	0.28	0.39	1.82
20	"	2	0.51	0.33	2.15
21	"	2	0.30	0.48	1.96
22	"	2	0.92	1.46	2.42
23	"	2	0.34	0.37	1.45
24	7.9.1987	2	0.18	0.20	2.36
25	"	2	0.15	0.48	1.92
26	"	2	0.23	0.60	1.66
27	"	2	0.25	0.13	1.75

28	"	2	0.16	0.81	1.44
29	"	2	0.20	0.53	2.10
30	"	2	0.33	0.45	2.25
31	7.9.1987	2	0.26	0.92	1.18
32	"	2	0.17	0.27	1.34
33	"	2	0.18	0.30	1.83
34	"	2	0.21	0.23	1.66
35	"	2	0.21	0.66	0.95
36	"	2	0.16	0.21	1.36
37	"	2	0.24	0.53	1.15
38	"	2	0.21	0.56	1.08
39	24.2.1988	2	0.10	0.42	1.41
40	"	2	0.20	0.16	2.26
41	"	2	0.21	0.28	1.36
42	"	2	0.15	0.39	1.35
43	"	2	0.21	0.47	1.25
44	"	2	0.20	0.22	1.95
45	"	2	0.21	0.36	1.79
46	"	2	0.28	0.15	1.82
47	"	2	0.23	0.59	1.88
48	"	2	0.20	0.72	1.16
49	"	2	0.16	0.18	1.45
50	"	2	0.19	0.60	2.24
51	"	2	0.25	0.35	1.18
52	"	2	0.30	0.76	1.45
53	"	2	0.22	0.31	0.86
54	"	2	0.38	0.15	1.25
55	"	2	0.12	0.30	1.30

Table 3. The results of individual residue analyses belonging to copper, mercury and zinc which have been determined in the carp samples obtained from Buldan Dam.

deki bakır kalıntı değerlerini yansıtan bireysel analiz sonuçları 0.10–0.68 ppm düzeyleri arasında kalırken, civa değerlerinin 0.13–1.46 ppm ve çinko değerlerinin de 0.86–2.37 ppm düzeyleri arasında değiştiği görülmüştür. Aynı verilerin analizi gerçekleştirilen metal çeşidine göre gruplandırılmasıyla yapılan istatistik değerlendirmeler sonucunda Buldan Barajından avlanan sazan balıklarında ortalama kirlilik değerleri olarak 0.30 ± 0.127 ppm bakır, 0.45 ± 0.223 ppm civa ve 1.77 ± 0.311 ppm çinko bulunduğu anlaşılmıştır.

Sazan balığı örneklerinde vücut ağırlığı ile kirlenme düzeyleri arasındaki ilişkiyi ortaya çıkartabilmek amacıyla bakır, civa ve çinko yönlerinden yapılan bireysel analiz sonuçları temsil ettiği örneklerin ağırlıklarına göre 4 ayrı gruba ayrılarak istatistik yönden değerlendirilmiştir. Böylece elde edilen ortalama değerler karşılaştırmalı olarak Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 4'deki verilerin belirtilen yönden incelenmesi sonucunda; analiz örneğini oluşturan balıkların vücut ağırlığı veya yaşlarıyla metal artıklarını yansıtan değerler arasında dikkati çekici bir ilişkinin bulunduğu anlaşılmıştır. Şöyle ki; balık örneklerinde vücut ağırlığı veya yaş artışına koşut bir şekilde bakır, civa ve çinko kalıntı derişimlerinin de anlamlı olarak arttığı saptanmıştır.

Tablo 4. Sazan balığı örneklerinde ağırlık gruplarına göre hesaplanan ortalama kirlilik düzeyleri.

Ağırlık Grupları	Ortalama Kirlilik Düzeyleri (ppm)		
	Bakır	Civa	Çinko
100 – 150 g arası	0.198	0.406	1.541
150 – 175 g arası	0.253	0.441	1.610
175 – 200 g arası	0.300	0.497	1.710
200 g'dan büyük	0.306	0.512	1.842

Tartışma ve Sonuç

Doğal sularda bulunan metal kirlilikleri aynı ortamda yaşayan canlılara yansiyarak besin zinciri boyunca birikebildiği sürece, doğal denge ve insan sağlığı yönünden tehlikeli olabilir. Böylece, belli derişimlerde su canlılarında birikebilen bazı metal çeşitleri hem kirlenmiş hayvan türleri ve hem de insanlar için toksik etkili olabilirken, belli düzeylere kadar su canlılarında sakıncasızca birikebilen bakır, civa,

çinko ve kurşun gibi metal artıkları da özellikle insan sağlığı açısından sakınca yaratabilir (6, 10, 12). Belirtilen nedenlerle doğal suların metal artıklarıyla kirlenme derecesinin bilinmesi ve böyle ortamlardan elde edilen su ürünlerinin insan sağlığı yönünden yaratabileceği sakıncaların değerlendirilmesi için, içerdikleri metal kirliliklerinin bilinmesi önem taşır. Bu amaçla, su ortamında besin zincirini oluşturan bazı canlı türleri ile insan besini olarak fazlaca tüketilen balık türlerindeki metal derişimleri bir kirlilik ölçütü olarak dikkate alınır (1, 7, 33, 39).

Dünya içsu sistemleri hem buldukları karasal kesimin jeolojik yapısına bağlı doğal kaynaklardan ve hem de yakın çevresinde ortaya çıkan endüstriyel, tarımsal ve kentsel artıklarla sürekli kirlenme riskiyle yüzyüze bulunur. Bu nedenle de aynı su sistemlerinin çeşitli kirlenmeler yönünden sürekli izlenmesi zorunludur (3, 12, 25, 38).

Yukarıda açıklanan gerçeklerden hareket edilerek, bu çalışma kapsamında ülkemiz içsu sistemlerinin bir parçasını oluşturan Buldan Barajı göl suyunda karasal kaynaklı kirlenmelerin durumu incelenmiştir. Bunun için, bir taraftan göl suyunun doğal kalitesini değiştirebilecek koşullar saptanırken, diğer taraftan da aynı gölün en önemli canlı faunasını oluşturan sazan balıklarında önemli birer kirleticisi konumunda olan bakır, civa ve çinko artıklarının düzeyleri ölçülmüştür.

Karasal kaynaklı kirlenmelerden etkilenmeyen ve sürekli aynı kaynaklardan beslenen baraj ve tatlı su göllerinin tuzluluk derecesi, pH durumu, ve organik madde içeriği genellikle durağan nitelik gösterir. Su yataklarındaki kayaların niteliği, yağışlar, buharlaşma ve yağış oranı arasındaki dengeye göre önemli ayrımlar gösteren bu tür doğal sular, genellikle 6-9 dengeleri arasında pH'ya sahip, kullanılabılır organik madde içeriği % 5 dolayında olan sert su özelliğini taşır (1, 11, 19, 25). Belirtilen özellikleri yansıtacak şekilde Tablo 1 ve 2'de verilen analitik ve istatistik veriler incelendiğinde, Buldan baraj gölü suyunun da hafif alkali pH'ya sahip (ortalama pH: 8.39 \pm 0.173), yüksek sertlik derecesi gösteren doğal su özelliğini koruduğu ortaya çıkmaktadır.

Buldan Baraj gölü suyu anyon ve katyon içerikleri ile pH değerlerinin farklı mevsimlere göre çok az değişim gösterdiği anlaşılmaktadır (Tablo 2). Bu durum ise, su yatağını oluşturan doğal kaynaklardan ileri gelen tuzluluk öğelerinin kalıcı özellikte olduğunun ve içe-

rikde bulunan hidroksit (OH), karbonat (CO₃) ve bikarbonat (HCO₃) gibi önemli anyonların etkin tampon ortamı oluşturduğunu sergilemektedir. Belirtilen özellikleriyle doğal karakterli olan göl suyunun canlı yaşam ve biyolojik denge yönünden uygun bir ortam oluşturduğu ortaya çıkmaktadır. Zaten, göl suyunda kullanılabilir organik madde yoğunluğunun ortalama 3.05 ± 0.714 mg/l yoğunluğunda bulunmuş olması da bu gerçeği kanıtlar niteliktedir. Tablo 2'de görüldüğü üzere, organik madde içeriğinin ilkbahar ve kış mevsimleri arasında iki katına yakın ayırım göstermesi, ilkbahardan başlayıp, yaz ve sonbahar ayları boyunca çevre ısı ve dolaysız güneş enerjisinin artışına koşut bir şekilde fito ve zooplanktonlar ile diğer tek hücreli canlı faunasının da hızla çoğalmasıyla açıklanmaktadır.

Porfirinler, hemosiderin maddesi ve solunum fermentleri gibi, pekçok proteinin yapısına giren bakır ve çinko elementleri fizyolojik konumu itibariyle su canlılarında da yüksek yoğunluklarda bulunur (6, 7, 8, 19). Bu durumun bir sonucu olarak da genellikle balıklarda 0.1–5.0 ppm, yumuşakcalarda 0.4–20 ppm ve kabuklularda 0.4–24.0 ppm düzeyleri arasında bakır bulunabilirken, aynı sıraya göre 0.5–25.0 ppm, 0.9–60.0 ppm ve 2.6–120.0 ppm arasındaki boyutlarda da çinko varlığına rastlanabilmektedir (13, 14, 15, 26, 36).

Su canlılarında doğal veya kirlilik halinde bulunan bakır ve çinko yoğunlukları hayvanın yaşına, vücut ağırlığına, deniz veya tatlı su ortamında bulunmasına göre de önemli derecede ayırım gösterir. Örneğin, Sanfransisko Körfezinden yakalanan *Macoma baltica* adlı balıkların 31–80 g ağırlık grubundan olanlarda 0.1–0.3 ppm arasında ve 131–200 g ağırlık grubundan olanlarda 0.4–0.6 ppm düzeyleri arasında bakır değerleri ölçülmüştür (29). Benzeri şekilde, Avustralya kıyı sularından avlanan 9 ayrı balık türünde yaş ve vücut ağırlığına bağımlı bir şekilde 0.1–1.6 ppm düzeyleri arasında bakır saptanmıştır (5). İspanya ve Portekiz kıyı sularında yaşayan balık örneklerinde 5–11 ppm bakır ve 2.04–3.41 ppm arasında çinko değerleri ölçülürken (28), İngiltere kıyılarından avlanan balık türlerinde de ortalama 9.6 ppm bakır ile 9.1–14.7 ppm düzeylerinde çinko varlığı ölçülmüştür (20, 23). Öte yandan, Fransa ve Monako'nun Akdeniz kıyılarına bağımlı balık türlerinde ortalama 2.8 ppm bakır ve 23.4 ppm çinko ölçülmesine karşın (13), Türkiye'nin Ege Denizi kıyılarından avlanan 6 çeşit balık türünde de 0.8–15.5 ppm bakır ve 5.08–27.3 ppm değerleri arasında çinko varlığı saptanmıştır (38).

Tatlı su balıklarına ilişkin olarak yapılmış araştırma sonuçları da benzeri ayrımların varlığını yansıtmaktadır. Şöyle ki; Kanada içsularından avlanan 1 ile 12 yaş arasındaki alabalık örneklerinde yaş artışına bağımlı bir şekilde 0.16-0.36 ppm arasında bakır ile 0.35-0.480 ppm düzeyleri arasında da çinko varlığına rastlanmıştır (35). Almanya içsularından sağlanan balık çeşitlerinde ise, 0.2-0.9 ppm bakır ve 2-15 ppm düzeyleri arasında çinko değerleri ölçülmüştür (16).

Çeşitli ülkelerin deniz ve tatlısu balıklarında bakır ve çinko kalıntı düzeylerini yansıtabilecek şekilde yukarıda özetlenen literatür verilerin ışığında bu çalışmayla Buldan Barajından sağlanan sazan balığı örneklerinde ölçülen bakır ve çinko kalıntı düzeylerinin değerlendirilmesi sonucunda: Gerek bireysel analiz sonuçlarını yansıtan en düşük ve en yüksek derişimlerin ve gerekse ortalama değerlerin, literatür verileriyle sergilenen değerlerin çoğunluğundan daha düşük olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise, Buldan Barajında bakır ve çinko artıklarından ileri gelen karasal kaynaklı kirlenmelerin çok az olduğunu ve balık örneklerinde ölçülen derişimlerin hemen hemen doğal değerleri yansıttığını sergilemektedir.

Bütün canlı türlerinde iz halinde doğal cıva bulunabileceği anlaşılmıştır. Ancak, canlılarda karşılaşılan cıva varlığı sadece çevre ile ilişkili olup, fizyolojik yaşam için gerekliliğini kanıtlayan herhangi bir bulgu yoktur. Su, besinler ve hava ile alınan cıva canlılarda birikme eğilimi gösterir. Fakat alınma düzeyi değişmedikçe, canlının total cıva yükü sağlık açısından sakınca yaratmayan bir eşik değerinin altında kalır (32).

Açık ve kapalı denizler ile tatlı sulara yansıyan cıvalı artıklar, güçlükle saptanan düzeylere kadar seyreddiği halde ortamın en basit ve çok yaygın canlıları olan fito- ve zooplantonlar ile organik maddelerde kolaylıkla birikerek besin zincirinin ilk halkasına girer. Cıva kalıntılarının besin zinciri boyunca gittikçe artan yoğunluklarda birikmesi nedeniyle, yumuşakçalar, kabuklular ve balıklarda daha yüksek derişimlere ulaşır (22). Öte yandan, su canlıları yaşamları boyunca çok büyük oylumlardaki suyu filtre ettiklerinden, doğrudan absorpsiyon yolu ile de çözünmüş veya süspansiyon halindeki civayı vücutlarında biriktirebilir. Bu durumun doğal bir sonucu olarak kara kesiminde besin zincirinin bir halkasından diğerine yansıyan kalıntı düzeyi 2-3 veya en fazla 100 katı ile ifade edilirken, su ortamında 1000 katı veya daha yüksek boyutlara ulaşır (6, 12, 19, 26).

Civalı artıklarla kirlenmediği açıkça bilinen doğal tatlı sularda yaşayan su ürünlerinde 0.030–0.280 ppm arasında civa bulunabilirken, aynı durumdaki deniz ürünlerinin civa derişimleri de 0.025–0.155 ppm derişimleri arasında değişebilmektedir. Buna karşın, endüstriyel, tarımsal ve kentsel artıklarla farklı derecelerde kirlenmiş olan tatlı sular, kapalı denizler ve kıyı sularında yaşayan su ürünlerinin civa derişimleri büyük ayrımlar göstermektedir (22, 37). Şöyle ki; İngiltere kıyı sularından sağlanan çeşitli türden 304 balık nümunesinde ortalama 0.21 ppm düzeyinde total civa ölçülürken (2), Belçika'nın Kuzey Denizi kıyılarından avlanan ve 6 ayrı balık türünden oluşan 800 örnekte 0.100–0.250 ppm arasında kirlilik saptanmıştır (9). Aynı şekilde, Polonya'nın Baltık Denizi kıyılarında yaşayan balıklarda 0.01–0.11 ppm civa varlığına rastlanırken, aynı denizin İsviçre kıyılarından avlanan balıklarda 0.218–0.309 ppm düzeyleri arasında kirlilik ölçülmüştür (22).

Aubert (4), tarafından yapılan bir araştırmada Fransa'nın Akdeniz kıyılarından avlanmış 31 balık türünden oluşan 800 örnekte 0.19–2.61 ppm derişimlerinde civa bulunduğu kaydedilmektedir. Aynı denizin İtalya kıyılarına bağımlı yumuşakçalarda 0.10–2.72 ppm ve balıklarda da 0.39–1.90 ppm düzeyleri arasında civa kalıntısı ölçülmüştür (21). Öte yandan, Türkiye'nin Ege Denizi kıyılarından avlanan 6 ayrı balık türünde ortalama olarak 0.02–0.500 ppm düzeylerinde civa değeri saptanmıştır (38). Oysa, Türkiye'nin Akdeniz kıyılarına bağımlı 10 ayrı balık türünden oluşan 349 adet balık örneğinde ise, ortalama 0.345 ppm derişiminde total civa bulunmuştur (32).

Çeşitli ülkelerin tatlı su ürünlerinde saptanan civa kirliliği düzeyleri de deniz ürünlerindeki benzer durum göstermektedir. Şöyle ki, İsveç göl balıklarında 0.25–2.50 ppm (22), İngiltere içsularından sağlanan su ürünlerinde 0.16–0.47 ppm (2), Kuzey Amerika nehir ve göl balıklarında 0.06–0.47 ppm (22) ve Japonya'nın tatlı su ürünlerinde de 0.1–2.1 ppm düzeyleri arasında civa varlığı saptanmıştır (37). Aynı amaçla Türkiye'de gerçekleştirilen bir çalışmada (31) ise, Sakarya Nehrinden yakalanan yayın balıklarında 0.1–1.2 ppm derişimlerinde civa kirliliği ölçülmüştür.

Çeşitli ülkelerin su ürünlerinde saptanan civa kalıntı düzeylerine ilişkin olarak yukarıda çizilen tabloya bakıldığında; bu çalışmada sazan balığı örneklerinde ölçülen en düşük ve en yüksek civa

kirlilik düzeyleri (0.13–1.46 ppm) ile ortalama kirlilik değerinin (0.45 ± 0.223 ppm) dünyada sakıncalı düzeylerde kirlendiği bilinen bazı körfez ve içsularından avlanan su ürünleri civa değerlerinden daha düşük; fakat açıkça kirlenmediği bilinen su ortamlarından sağlanan su ürünlerindeki civa derişimlerine göre de anlamlı derecede yüksek olduğu dikkati çekmiştir. Belirtilen durum, Buldan Barajında gerek doğal kaynaklardan ileri gelen ve gerekse karasal ortamdan yansıyan civalı artıklara bağlı kirlenmelerin varlığını yansıtmaktadır. Ayrıca, Tablo 4’de verilen istatistik değerlendirmelerden de anlaşılacağı üzere, Buldan Barajı sazan balığı örneklerinde saptanan civa kirliliklerinin vücut ağırlığı veya yaş ile orantılı bir şekilde artarak 200 g’dan daha büyük balıklarda 0.5 ppm’in üstüne çıktığı görülmektedir. Bu durum ise, baraj gölü canlı faunasında etkin bir civa kirliliği birikiminin olduğunu (22, 32) ve avlanma büyüklüğüne ulaşan balıklardaki civa derişiminin insan sağlığı açısından sakıncalı boyutlara ulaşabileceğini sergilemektedir.

Son yıllarda civa artıklarıyla kirlenmiş su ürünlerinin insan sağlığı yönünden de ciddi sakıncalar yarattığı anlaşılmıştır (30, 32). İnsanlarda kronik zehirlenmeye yol açan günlük en düşük metilmerkürü alım dozu 0.3 mg olarak hesaplanmıştır. Buna göre, 5–6 ppm düzeyinde civa ile kirlenmiş balıklardan günde 250 g veya 10 ppm derişiminde civa tutan balıklardan haftada 2 kez yiyebilen bir insanın aldığı günlük civa miktarı en küçük doza eşdeğerdir (24). 0.22 ppm derişiminde metilmerkürü ile kirlenmiş balık proteini ile beslenen ratlardaki civa birikim düzeyinin, aynı besini tüketen ergin bir insandaki 0.84 ppm düzeyindeki haftalık birikim hızına eşit bulunması (22, 32), bu sakıncayı bütün açıklığıyla ortaya koyabilecek niteliktedir.

Yukarıda açıklanan gerçeklerin ışığında su ürünlerinde bulunan civa artıklarının yaratabileceği çok yönlü toksisite riskine karşı insan sağlığının korunabilmesi için, sakıncalı derecede kirlenmiş ürünlerin tüketimini sınırlayıcı yasal ve bilimsel uygulamalar esas alınmaktadır (22, 30). Bu amaçla, genellikle günlük rasyonlarla birlikte alınan civa miktarının en düşük toksik doza “10 güven faktörü”nün uygulanmasıyla elde edilen 0.03 mg / gün dozuyla sınırlandırılma ilkesi benimsenmiştir (24, 30) Belirtilen miktardan daha fazla günlük civa alımının önlenmesi için de su ürünlerinde 0.5 ppm’den daha fazla civa kirliliğinin bulunmaması öngörülmektedir. Civa kirlilikleri yönünden bir çeşit uyarı eşiği niteliğinde olan bu değer, bugün için

pekçok ülkede kirliliklerin kontrolü yönünden yasal tolerans limiti olarak benimsenmiştir (2, 9, 12, 22, 26, 30, 32, 34).

Buraya kadar sergilenen gerçekler karşısında Buldan Barajından avlanan sazan balıklarında saptanan 0.45 ppm'lik ortalama civa kirlilik düzeyinin 0.5 ppm'lik eşik değere çok yakın oluşu dikkati çekmektedir. Dolayısıyla aynı balıkları sürekli tüketici durumda olan insanlar yönünden gözardı edilemeyecek derecede toksisite riski yaratabileceği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Kaynaklar

1. Alabaster, J. and Lloyd, R. (1982): *Water quality criteria for freshwater fish*. Butterworth For FAO, London, p. 361.
2. Anon (1972): *Mercury and heavy metals in food II*. British Food J., 74: 37-38.
3. Anon (1981): *Türkiye'nin çevre sorunları*. "Türkiye Çevre Sorunları Vakfı yayını. Önder Matbaası, Ankara, p. 318.
4. Aubert, M. (1975): *Le probleme du mercure en Mediterranee Revue Intern. Occ anogr. Med.*, (27-38): 215-231.
5. Bebbington, G.N., Mackay, N.J., Dunn, A. and Auty, E.D. (1977): *Heavy metals, selenium and arsenic in nine species of Australian commercial fishes*. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 28: 2277-286.
6. Branson, D.R. and Dickson, K.L. (1981): *Aquatic toxicology and hazard assesment proceedings of the fourth annual symposium on aquatic toxicology*. ASTM Sper. Tech. Publ. 737, p. 466.
7. Capelli, R., Capiello, A., Franchi, A., Zünichchi, G. (1980): *Metaux lourds contenus dans certains organes de rougets (Mullus barbatus) et d'anchois (Engraulis encrasicolus) du Golfe de Genes*. V. es Journees Etud. Poll. Cagliari, C.I.E.S.M., 269-274.
8. Chapman, G.A. and Stevens, D.G. (1978): *Acutely lethal levels of cadmium, copper and zinc to adult male coho salmon and steelhead*. Trans. Am. Fish Soc., 107 (6): 837-840.
9. De Clerck, R., Vanderstappen, R. and Vyncke, W. (1974): *Mercury content of fish and shrimps caught off the Belgian coast*. Ocean. Management., 2: 117-126.
10. Doudoroff, P. and Katz, M. (1953): *Critical review of literature on the toxicity of industrial wastes and their components to fish*. II. Metals and salts. Sewage Industr. Wastes, 25: 802-839.
11. Erençin, Z. ve Köksal, G. (1981): *İsular temel bilimleri*. A.Ü. Veteriner Fakültesi Yayınları: 375, Yardımcı Ders Kitabı 273. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
12. Food and Agriculture Organization (1985): *Meeting on the toxicity and bioaccumulation of selected substances in marin organisms*. FAO Fisheries Report No: 334. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 1-22.
13. Fowler, S.W. and Oregioni, B. (1976): *Trace metals in mussels from the N.W. Mediterranean*. Marin. Pollut. Bull. 2: 26-29.

14. Fukai, R. and Huynh-Ngoc, L. (1976): *Copper, zinc and cadmium in the coastal waters of the N.W. Mediterranean*. Mar. Pollut. Bull., 7: 9-13.
15. Graham, D.L. (1972): *Trace metal levels in intertidal mollusks of California*. Veliger, 14: 365-372.
16. Harms, V.U. (1974): *Bestimmung der Übergangsmetalle mangan, eisen, kobalt, kupfer und zink in flüssigen mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse und der flammenlosen Atomabsorption*. Arch. Fish Wiss. 25 (1-2): 63-74.
17. Hatch, W.R. and Ott, W.L. (1968): *Determination of submicrogram quantities of mercury by AAS*. Anal. Chem. (40-41): 2085-2087.
18. Jones, J.R.E. (1969): *Fish and river pollution*. Butterworths, London, pp. 1-203.
19. Menzer, R.E. and Nelson, J.O. (1986): *Water and soil pollutants*. In: Klaassen, C.D., Amdur, M.O. and Doull, J. (1986). Casarett and Doull's Toxicology. Third Ed. Macmillan Publishing Company, New York.
20. Nickless, G., Stenner, R. and Terille, N. (1972): *Distribution of cadmium, lead and zinc in the Bristol Channel*. Mar. Pollut. Bull. 3: 188-190.
21. Renzoni, A., Bacci, F. and Falciai, F. (1973): *Mercury concentration in water, sediments and fauna of an area of the Tyrrhenian Coast*. Rev. Intern. Oceanogr. Med., (31-32). 17-45.
22. Saha, J.G. (1972): *Significance of mercury in environment*. Residue Rev. 42: 103-163
23. Segar, D.A., Collins, J.D. and Riley, J.P. (1971): *The distribution of the major and some minor elements in marine animals*. Part II. Mollusc. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 51: 131-176.
24. Skerfving, S. (1972): *Mercury in fish, some toxicological considerations*, Fd. Cosmet. Toxicol., 10: 545-556.
25. Skurdal, J., Ovenild, T. and Skogheim, O.K. (1985): *Mercury accumulation in five species of freshwater fish in lake Tyrifjorden, south-east Norway, with emphasis on their suitability as test organisms*. Environmental Biology of Fish. 14 (2-3): 233-237.
26. Soudan, F. (1974): *La crainte d'une contamination chimique des produits de la pêche est-elle fondée*. Extrait de la Revue Française de Diététique. 10: 1-7.
27. Stahr, M.M. (1977): *Analytical toxicology methods manual*. Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp. 47-48.
28. Stenner, R.P. and Nickless, G. (1975): *Heavy metals in organisms of the Atlantic coast of S.W. Spain and Portugal*. Mar. Pollut. Bull. 6: 89-92.
29. Strong, C.R. and Luoma, S.N. (1981): *Variations in correlation of body size with concentrations of Cu and Hg in the bivalve Macoma baltica*. Can. J. Fish Aquat. Sci., 38: 1059-1064.
30. Study Group of Mercury (1971): *Department of Health Education and Welfare - 1970*. Environmental Research, 40: 1-69.
31. Sungur, T. (1973): *Su ürünlerinde cıva rezidüleri konusunda bir araştırma*. A.Ü. Tıp Fak. Mec., 26 (1): 142-154.

32. Şanlı, Y. (1980): Türkiye'nin Akdeniz sahillerinde avlanan, kı, ılarınza bağımlı ekonomik bazı balık türleri ile karideslerde total civa ve organik civa bileşikleri rezidü düzeylerinin araştırılması. A.Ü. Vet. Fak. Derg. 26 (3-4): 151-176.
33. Şanlı, Y. (1984): Çevre sorunları ve besin kirlenmesi. S.Ü. Veteriner Fak. Derg. Özel sayı: 17-37.
34. Thibodeaux, L.J. (1979): *Chemodynamics, environmental movement of chemicals in air, water and soil*. John Wiley and Sons Inc. Newyork.
35. Tong, S.S.C., Youngs, W.D., Gutenmann, W.H. and Lisk, D.J. (1974): *Trace metal sin lake Cayuga Lake trout (Salvelinus namaycush) in relation to age*. Journal Fish. Res. 31 (2): 238-239.
36. Topping, G. (1972): *Heavy metals in shellfish from Scottish water*. In: Baseline studies of pollutants in marine environment. p. 173-185. Brookhaven, N.Y. NSF-DOE Workshop.
37. Ui J. (1971): *Mercury pollution of sea and fresh water its accumulation into water biomass*. Rev. Intern. Oceanogr. Med., 22-23: 79-128.
38. Uysal, H. Tuncer S. ve Yaramaz, Ö. (1986): *Ege kıyılarındaki yenilebilir organizmalarda ağır metallerin karşılaştırmalı olarak araştırılması*. Çevre-86 Sempozyumu, 2-5 Haziran 1986. E.Ü. Atatürk Kültür Merkezi, İzmir.
39. Woodwell, G.M. (1970): *Effect of pollution on structure and physiology of ecosystems*. Science. 168: 429-433.