

Burdur Gölü Uzun Periyotlu Seviye Değişiminin Su Kalitesi ve Ağır Metaller Üzerindeki Etkisi

Mehmet BEYHAN^{*}, Şakir ŞAHİN², Mustafa Erol KESKİN³, Bilgehan İlker HARMAN¹

^{*}Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh- Mim. Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh-Mim. Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh-Mim. Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

Alınış tarihi:02.03.2007, Kabul:17.10.2007

Özet: Burdur Gölü, Türkiye'nin en derin göllerinden biri olup, yapı olarak tektonik ve oligotrofik karakterdedir. Suyundaki yüksek sodyum, sülfat ve klorür içeriği nedeniyle bitki türü çeşitliliği azdır ve sadece birkaç balık türü yaşamaktadır. Göl seviyesi her yıl yağışlı mevsimlerde yükselmekte, yaz aylarında ise buharlaşma nedeniyle düşmektedir. Göl, yağmur suları, yeraltından sızmalar ve bir kısmı mevsimsel akan akarsularla ile beslenmektedir. Tarihi kayıtlara göre göl seviyesi jeolojik zamanlarda yükselme ve düşme göstermiştir. Gölde hidrojeolojik ve meteorolojik etkilere bağlı olarak dönemsel yükselmeler de meydana gelmektedir. Bu yükselme dönemlerinden biri 1971 depremi öncesi tespit edilmiştir. Bu tarihten günümüze kadar DSI 18. Bölge Müdürlüğü Burdur Gölü su seviyesinde önemli ölçüde bir azalma belirlemiştir. Bu seviye azalması meteorolojik olaylar ve göl çevresinde inşa edilen barajların göle giren suyu önemli derecede azaltmasıdır. Bu durum göl suyunun sahip olduğu genel kimyasal yapıda fazla bir etkiye sahip olmamakla beraber göl suyunda bazı ağır metallerin son 20 yıllık verilere göre artış göstermesi şeklinde olumsuz bir etki meydana getirmiştir. Gölün dışarıya çıkışının olmaması, özellikle nikel, krom ve çinko gibi ağır metallerin göl seviyesi düşüşü ile hızlı bir şekilde arttığı gözlenmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen iki yıllık dönem içerisinde gölün kıyı kesimlerinde sahip olduğu fiziksel ve kimyasal su kalitesinin yeraltı suyu beslemesi ve meteorolojik faktörden etkilendiği ve ağır metallerin önemli bir değişiklik göstermediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Burdur gölü, Su kalitesi, Su seviyesi

Effects of Long Period Water Level Changing to Water Quality and Heavy Metals in Lake Burdur

Abstract: Lake Burdur is one of the deepest lakes in Turkey and the lake displays the character of tectonic and oligotrophic. Because of the high content of sodium, sulphate and chloride ions in water flora and fauna diversity is limited in the lake. Lake level rises up in rain season and decrease with the effect of evaporation in summer season. Lake Burdur is fed by rain water, infiltration and seasonal streams along with catchments. According to historical records lake level rise up and decrease in geological periods. The last recorded rise up period was before 1971 earthquake. After 1971 earthquake an important level of decrease trend has begun in Lake Burdur according to XVIII Regional Directorate of State Hydraulic Works of Turkey recordings. Level reduction is strongly related with climatic behavior and flow decrease of streams around the lake. This situation has no important effect on the structure of general chemical parameters but some heavy metal concentrations in the lake have risen up in a period of 20 year. The lake has no outflow and especially nickel, chrome and zinc concentrations get higher values by the effect of level reduction. Physical and chemical characteristics of lake influenced by infiltration and meteorological factors and heavy metals show no considerable variations in the period of investigation.

Key Words: Heavy metal, Lake Burdur, Water quality, Water level

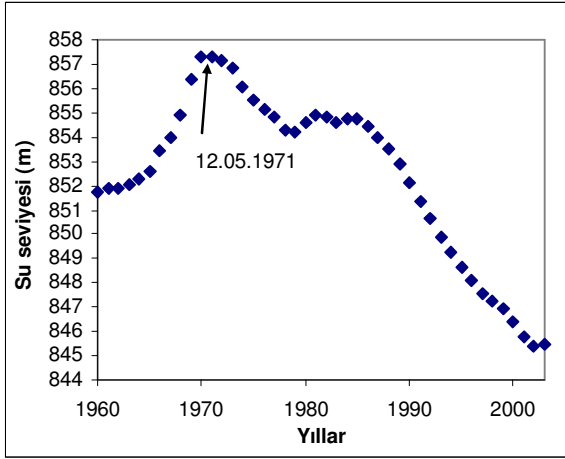
Giriş

Burdur Gölü, Türkiye'nin en büyük göllerinden biri olup adını Burdur ilinden almıştır ve kent merkezine ortalama 3 km uzaklıkta bulunmaktadır (Şekil 1). Uzunluğu 30 – 40 km civarındadır ve yüzölçümü, 180 km² dir. En derin yeri 100 metre civarında olan göl çanak şeklinde bir havzaya oturmaktadır. Gölde tuzluluk nedeniyle yöre özgü birkaç balık türü yaşamaktadır. Diğer Batı Toros gölleriyle aynı jeolojik değişimleri geçirmiş olmasına rağmen kimyasal yapısı farklıdır. Göl tabanı engebeli bir yapıya sahiptir (Yavuz, 1982).

Göl, Kuzey, Doğu, Güney, Batı doğrultusunda uzanmaktadır. Göl sıcaklığı yaz aylarında 25-30°C civarındadır. Sonbahar aylarında sıcaklık 15-16°C civarındadır. Aynı mevsim benzer iklim koşulları hüküm

süren diğer iç sularda sıcaklık 7–8°C civarındadır. Göl ısısını diğer iç sulara göre içindeki çözülmüş madde miktarının yüksek olması nedeniyle geç bırakmaktadır (Yavuz, 1982).

Türkiye'nin Güneybatısında yer alan ve Göller Bölgesi olarak da bilinen bölgenin önemli göllerinden biri olan Burdur Gölü ve çevresi Fethiye Burdur Fayı Zonu üzerinde yer alması nedeniyle sismotektonik açıdan oldukça aktiftir. DSI XVIII. Bölge Müdürlüğü kayıtlarına göre 1971 yılında yaşanan deprem sonrasında göl ve çevresinde önemli değişiklikler tespit edilmiştir. (Yağmurlu, 2000). Deprem sonrasında Burdur Gölünde başlayan seviye azalması günümüzde de devam etmektedir (Burdur Göller Havzası, 1998).



Şekil 3. 1960–2003 yılları arasında Burdur göl seviyesinde meydana gelen değişimin yıllara göre dağılımı (Şahin vd., 2005'den).

1980–1985 yılları arasında göl seviyesinde görülen azalmanın durduğu görülmüş fakat izleyen yıllarda göl su seviyesinin daha hızlı bir düşüş eğilimine girdiği gözlenmiştir. Bu azalma eğilimi 2003 yılında tekrar durmuş ve göl seviyesi bir önceki yıla göre artış göstermiştir. Genel olarak Burdur Gölünün beslenmesi, göl alanına düşen yağışlar, göle ulaşan mevsimlik ve sürekli akarsular, çevredeki endüstriyel tesislerden çıkan atıksular, Burdur şehri atıksuları ile akiferlerin yeraltı suyu akımı ile olmaktadır. Havza dışına boşalım olmadığı için su kaybı buharlaşma ile gerçekleşmektedir. Göl su seviyesi ve alanı, yağışlara bağlı olarak, yıllara ve mevsimlere göre değişiklikler göstermektedir. Gölü besleyen önemli akarsular güneybatıdan giren Bozcay deresi ve doğuya doğru Beydüz çayı ve dört küçük çaydır (Şekil 1) (Burdur Göller Havzası, 1998).

Burdur Gölü su seviyesi düşüşü ile ilgili olarak DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü tarafından 1998 yılında sonuçlanan bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ilk olarak yağış miktarları analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre 1980-1996 yılları arasında Burdur meteoroloji istasyonunda görülen yağışlarda %12 Yazıköy (DSİ) istasyonunda kaydedilen yağışlarda ise %18 azalma olduğu belirlenmiştir. Bu azalmanın gölde görülen seviye düşüşüne tam olarak neden olmayacağına kanaat getirilerek çalışma göle gelen akımlar üzerinde yoğunlaştırılmıştır (Burdur Göller Havzası, 1998).

Materyal ve Yöntem

Çalışmada DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü tarafından ölçülmüş göl seviye verileri ve Burdur Meteoroloji istasyonunda ölçülmüş olan yağış ve buharlaşma verileri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Su kalitesi ile ilgili değerlendirmeler DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü tarafından 1975–1988 yılları arasında yürütülen Burdur Gölü su kalitesi verileri ve 2004-2006 yılları arasında bu çalışmayı yapan yazarlarca gerçekleştirilen SDÜ-BAP 891-M-04 numaralı “Burdur Gölü Seviye Değişiminin Göl Suyu Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Çevre ve

Tektonizma Açısından İncelenmesi” isimli proje çalışmasında elde edilen veriler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Ağır metal konsantrasyonları ile ilgili karşılaştırmalar da 1986 yılında TÜBİTAK tarafından desteklenerek yapılan proje no ÇAG-46/G “Isparta ve Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi-Eser Elementler” isimli projenin sonuç raporunda bulunan Burdur Gölü verileri ile yapılmıştır.

Göl Suyu ve Taban Çamuru Analizleri

Göl seviye düşüşünün su kalitesine olan etkilerinin araştırılması amacıyla Burdur merkez sahil (No 1), Etibank Tesisi ve Pınarçevler olmak üzere üç farklı noktadan göl suyu numunesi alınmıştır (Şekil 4). Alınan numuneler üç ana başlık altında incelenmiş ve toplam 20 su kalite parametresi her bir nokta için analiz edilmiştir (Çizelge 1).

Yapılan su kalite analizlerinde Standard Methods, APHA (American Public Health Association) tarafından tanımlanmış analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Çizelge 1. Burdur göl suyunda analizi yapılan parametreler

Genel su kalite Parametreleri	Anyon ve katyonlar		Ağır metal iyonları
	Anyonlar	Katyonlar	
pH	Karbonat	Sodyum	Çinko
Elektriksel iletkenlik (EC)	Bikarbonat	Potasyum	Kurşun
Sertlik	Klorür	Kalsiyum	Bakır
Nitrat	Sülfat	Magnezyum	Arsenik
			Nikel
			Kadmium
			Krom
			Demir



Şekil 4. Burdur Gölü ve örnek alma noktalarının genel görünüşü (Beyhan vd., 2006)

Çalışma kapsamında Burdur Gölü taban çamuru özellikleri de belirlenmiştir. Çamur örnekleri Ekim 2004 tarihinde 3 farklı noktadan alınmıştır (Şekil 4). Örnekler Ponar Sampler ile çeşitli derinliklerden temin edilmiştir. İlk örnek Burdur şehri yakınlarında bulunan No:1 su örneği alma noktasından, ikinci örnek Burdur şehri açıklarından 30m derinlikten (Çamur 2), üçüncü örnek gölün kuzey doğu kesiminden Senir Kasabası açıklarından (Çamur 3) 5m derinlikten alınmıştır (Şekil 4).

Burdur Gölünden alınan çamur örnekleri ilk olarak 105°C'de etüvde 24 saat kurutulmuştur. Kurutulmuş çamur örnekleri havan içinde ezilerek toz haline getirilmiş, mikro gözenekli eleklerden elenerek iri katı parçacıkların ayrılması sağlanmış ve analize gönderilmek üzere poşetler içerisinde paketlenmiştir.

Çamur örnekleri kimyasal ve mineralojik yapısının belirlenebilmesi için 2 farklı analize tabi tutulmuştur. Çamur örneklerinin kimyasal yapısı için TÜBİTAK MAM'da Philips PW-2404 model Dalgaboyu dağılımlı X-Işını Floresans Spektrofotometre cihazı ile yarı kantitatif element analizi yapılmıştır. Çamur örneklerinin mineralojik yapısını belirlemek için SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan x-ışını difraktometre (PANalytical PR3040/60 X'Pert Pro) cihazı ile mineralojik faz analizi yapılmıştır.

Bulgular

Su Seviyesi

Burdur Gölü su seviyesi düşüşü ile ilgili olarak DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü tarafından 1998 yılında sonuçlanan çalışma sonuçlarına göre göle akan akarsulardan Bozçay üzerinde yapılan inceleme sonucunda 1980-1994 periyodundaki akımlarda Bozçay-Karaçalı ve Bozçay-Yazıköy istasyonlarında sırasıyla %84 ve %77'lik akım kayıpları olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışma Beydüz çayı üzerinde de yapılmış ve 1980-1994 periyodundaki akım kayıpları %38 olarak bulunmuştur. Gölü besleyen bu kaynaklardaki akım azalmasının nedeni özellikle Beydüz çayı için bölgede yer alan kuyulardan çekilen sular nedeniyle yeraltı haznesinin boşalmasına bağlı olarak akarsuda yeraltına sızmanın artması nedeniyle (Burdur Göller Havzası, 1998).

Bozçay'da iki gözlem istasyonu bulunmaktadır. Bunlardan Bozçay -Karaçalı istasyonundaki %84'lük akış kaybı bu istasyonun membasında bulunan Karataş Gölü devlet sulaması yanında halk sulamalarının ve yeraltı su kuyularından çekilen sular nedeniyle akarsudaki sızmanın artmasından meydana geldiği rapor edilmiştir. Aynı su üzerinde mansaptaki Bozçay -Yazıköy istasyonunda rapor edilen akım kaybı %77 dir. Kayıp oranının membaya göre azalmasının nedeni sulamadan dönen suların tekrar yatağa karışması ve sulama nedeniyle yeraltı su haznesinin bu kesilmede kısmen dolması ve yüzey akışta sızmanın azalmasıdır (Burdur Göller Havzası, 1998).

Akışlardaki araştırma sonucunda meydana gelen kayıplar yanında buharlaşma kayıpları da araştırılmıştır. Sonuçta

yağış buharlaşma farkından gölde görülen seviye düşmesi 1980-1996 arasında 6.94 m dir. Akımlardan meydana gelen net seviye kaybı ise 0.83 m. olup toplam kayıp 1980-1996 yılları arasında 7.77 m olarak bulunmuştur (Burdur Göller Havzası, 1998).

Çeşitli zamanlarda görülen yağışlı ve kurak devrelere rağmen göl seviyesinde görülen kalıcı düşüşler 1971 yılı sonrasında özellikle 1985'ten sonra daha hızlı bir şekilde görülmüştür (Şekil 3). Bu düşüşte en önemli faktörler meteorolojik olaylar ve kısmen göle gelen yüzeysel ve yeraltı akımlarının azalmasıdır.

Su Kalitesi

Burdur Gölünün çözünmüş maddeler açısından oldukça zengin olduğu ve bunun bölgenin jeolojik yapısından kaynaklandığı bilinmektedir. Proje kapsamında gölü temsil edecek şekilde belirlenen üç farklı örnek alma noktasından alınan su örnekleri daha önce DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü (1975-1988), TÜBİTAK (1986) ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimleri bölümü (1998-1999) tarafından yapılan su kalitesi analizleri ile karşılaştırma amacıyla tekrar analize tabi tutulmuştur. Eylül 2004-Nisan 2006 tarihleri arasında alınan altı adet göl suyu örneğinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve sonuçlar aşağıda Çizelge 2'de verilmiştir. Bu kapsamda gölün pH, elektriksel iletkenlik, nitrat, demir ve sertlik içeriği değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. Burdur Gölü genel su kalite parametreleri analiz sonuçları

Analiz Tarihi	Örnek Yerleri	pH	EC (mS/cm)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Sertlik (mg/L CaCO ₃)
09/2004	No:1	9,05	28,8	1,5	1800
	Etibank T.	9,1	29,88	1,2	952,5
	Pınarevler	8,65	22,7	1,8	270
10/2004	No:1	9,3	29,2	2,2	1125
	Etibank T.	9,1	28,45	1,3	1030
	Pınarevler	8,42	14,6	1,4	840
03/2005	No:1	9,2	27,1	3,2	960
	Etibank T.	9,2	27,2	2,2	960
	Pınarevler	9,13	11,5	1,0	750
07/2005	No:1	8,54	27,8	1,2	1150
	Etibank T.	8,68	21,1	1,1	1290
	Pınarevler	8,13	16,1	2,1	750
10/2005	No:1	9,02	28,4	1,5	3000
	Etibank T.	9,02	27,8	1,4	3000
	Pınarevler	9,04	12,6	1,7	670
04/2006	No:1	9,1	27,9	1,6	2600
	Etibank T.	9,11	27,3	1,6	2240
	Pınarevler	9,14	19,65	1,8	1050

Burdur Gölünün çözünmüş madde açısından oldukça zengin ve pH değerinin alkali özellik gösteriyor olması nedeniyle göl sularının anyon ve katyon açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda katyonlar olarak sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum iyonları; anyonlar olarak da karbonat, bikarbonat, klorür ve sülfat iyonlarının içeriği belirlenmiştir.

Yapılan altı ayrı örnek alma işlemi sonucu elde edilen anyon ve katyon değerleri aşağıda Çizelge 3 ve Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Burdur Gölü anyon analiz sonuçları

Analiz Tarihi	Örnek Yerleri	Anyonlar (mg/L)			
		CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
09/2004	No:1	1110	1710	5450	8360
	Etibank T.	1080	1560	5200	7850
	Pınarevler	950	1350	2410	6700
10/2004	No:1	1394	1038	7070	15500
	Etibank T.	1285	810	5600	14800
	Pınarevler	1064	500	4300	10600
03/2005	No:1	175	115	4400	11500
	Etibank T.	150	105	5100	12000
	Pınarevler	200	35	2600	9800
07/2005	No:1	570	1235	5300	11000
	Etibank T.	450	885	4000	12050
	Pınarevler	15	455	1600	9600
10/2005	No:1	885	750	5950	11450
	Etibank T.	1270	1300	4750	12000
	Pınarevler	435	860	4500	8400
04/2006	No:1	680	1485	4600	13500
	Etibank T.	412	860	3500	13000
	Pınarevler	105	550	3800	15000

Çizelge 4. Burdur Gölü katyon analiz sonuçları

Analiz Tarihi	Örnek Yerleri	Katyonlar (mg/L)			
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
09/2004	No:1	8876	83	107	1970
	Etibank T.	8274	37	101	1855
	Pınarevler	4670	22	45	1360
10/2004	No:1	16048	67	92	2660
	Etibank T.	15480	63	88	2540
	Pınarevler	11674	55	63	1480
03/2005	No:1	9762	55	114	2125
	Etibank T.	8359	53	114	2250
	Pınarevler	5240	38	75	1450
07/2005	No:1	8600	70	101	2280
	Etibank T.	6700	51	80	2100
	Pınarevler	244	7	37	1860
10/2005	No:1	8500	200	119	1840
	Etibank T.	7900	100	112	1815
	Pınarevler	4680	62	64	1630
04/2006	No:1	6683	78	24	1040
	Etibank T.	7050	76	20	1643
	Pınarevler	4476	56	20	1546

Burdur Gölüne ait su kalitesi belirleme çalışmalarının son aşamasında göl suyunda bulunan ağır metal iyonları belirlenmiştir. Gölde herhangi bir üretimin olmaması ve üretime yönelik balık türlerinin yaşayamaması bir nedeni ağır metal iyonları olabileceğinden bu araştırmanın yapılması planlanmıştır. Bu kapsamda incelenen parametreler çinko, kurşun, bakır, arsenik, nikel, kadmiyum ve krom'dur. Ağır metal iyonları ile ilgili yapılan çalışma sonuçları aşağıda Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Burdur Gölü ağır metal analiz sonuçları

Analiz Tarihi	Örnek Yerleri	Zn	Pb	Cu	As	Fe ⁺²
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
09/2004	No:1	0,09	0,95	0,25	0,09	0,5
	Etibank T.	0,05	0,85	0,22	0,11	0,25
	Pınarevler	0,04	0,42	0,15	0,03	0,25
10/2004	No:1	1,39	0,67	0,26	0,05	0,03
	Etibank T.	1,32	0,65	0,25	0,07	0,02
	Pınarevler	1,06	0,54	0,19	0,07	0,02
03/2005	No:1	12,35	0,67	0,26	0,13	0,04
	Etibank T.	8,54	0,57	0,2	0,04	0,3
	Pınarevler	4,45	0,75	0,21	0,06	0,11
07/2005	No:1	4,94	0,75	0,18	0,08	0,17
	Etibank T.	4,27	0,63	0,12	0,08	0,22
	Pınarevler	2,78	0,39	0,14	0,03	0,16
10/2005	No:1	0,23	0,79	0,1	0,08	0,16
	Etibank T.	4,66	0,78	0,22	0,05	0,15
	Pınarevler	3,48	0,46	0,12	0,05	0,09
04/2006	No:1	0,03	3,46	0,008	0,06	0,08
	Etibank T.	0,02	1,45	0,005	0,07	0,077
	Pınarevler	0,03	3,07	0,007	0,04	0,05
Analiz Tarihi	Örnek Yerleri	Ni	Cd	Cr		
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)		
04/2006	No:1		5,30	0,46	1,84	
	Etibank T.		3,22	0,16	1,21	
	Pınarevler		3,21	0,05	0,65	

Burdur Gölü taban çamuru ve göl kıyısından alınan kıyı çamurunun kimyasal bileşimi ve mineralojik yapısı ile ilgili analiz sonuçları element, bileşik ve mineral yapısı bakımından aşağıda Çizelge 6, 7 ve 8'de verilmiştir.

Çizelge 6. Burdur gölünden alınan çamur örneklerinin yarı kantitatif element analiz sonuçları (Elementel %)

Element	No:1 (Çamur-1)	Dip Çamur 30m (Çamur-2)	Dip Çamur 5m (Çamur-3)
Al	5,366	5,061	3,302
Ba	0,076	0,109	0,077
Br	0,002	0,014	0,018
Ca	20,769	21,514	14,357
Cl	0,291	1,061	1,867
Cr	0,024	0,023	0,014
Cu	-	0,007	0,006
Fe	3,772	3,641	2,457
K	1,213	1,369	0,825
Mg	7,036	7,584	24,768
Mn	0,080	0,076	0,043
Na	0,833	1,464	1,492
Nb	0,001	0,011	-
Ni	0,020	0,028	0,018
O	41,572	40,574	39,726
P	0,049	0,076	0,105
Pb	-	0,009	0,009
Rb	0,005	0,011	0,005
S	0,968	1,260	1,729
Si	17,412	15,655	8,840
Sr	0,081	0,117	0,120
Ti	0,413	0,307	0,213
Y	0,002	0,010	0,002
Zn	0,007	0,007	0,005
Zr	0,009	0,011	0,003

Çizelge 7. Burdur gölünden alınan çamur örneklerinin yarı kantitatif element analiz sonuçları (Bileşik %)

Bileşik	No:1 (Çamur-1)	Dip Çamur 30m (Çamur-2)	Dip Çamur 5m (Çamur-3)
Al ₂ O ₃	10,138	9,563	6,239
BaO	0,084	0,122	0,086
Br	0,002	0,014	0,018
CaO	29,060	30,102	20,087
Cl	0,291	1,061	1,867
Cr ₂ O ₃	0,035	0,034	0,020
CuO	-	0,009	0,008
Fe ₂ O ₃	5,393	5,206	3,513
K ₂ O	1,461	1,649	0,994
MgO	11,667	12,576	41,072
MnO ₂	0,127	0,121	0,068
Na ₂ O	1,123	1,973	2,011
Nb ₂ O ₅	0,002	0,015	-
NiO	0,025	0,036	0,023
P ₂ O ₅	0,111	0,174	0,241
PbO	-	0,010	0,010
Rb	0,005	0,011	0,005
SO ₃	2,416	3,146	4,319
SiO ₂	37,250	33,492	18,911
SrO	0,096	0,138	0,142
TiO ₂	0,688	0,512	0,356
Y ₂ O ₃	0,003	0,013	0,002
ZnO	0,009	0,009	0,006
ZrO ₂	0,012	0,015	0,003

Çizelge 8. Göl tabanından alınan çamur örneklerinin mineral yapıları

Mineral Fazlar		
Çamur-1	Çamur-2	Çamur-3
kuvars	kalsit	dolomit
kalsit	kuvars	kalsit
magnezyum	dolomit	kuvars
dolomit	aragonit	aragonit

Tartışma ve Sonuç

Bugün Burdur gölünde, gerektiği gibi kontrol altında tutulamayan tarımsal, evsel ve endüstriyel deşarjlar nedeniyle, kirliliğin önemli boyutlara ulaştığı gözlenmiştir. Burdur Gölü hidrolik potansiyel, kalite ve üretim açısından yararlanılamaz durumdadır. Göl sularının ekonomik bakımdan değerinin olmaması nedeniyle bugüne kadar göl çevresinde kurulan endüstriyel tesisler atıksularını arıtmadan göle deşarj etmişlerdir. Yaşanan meteorolojik olaylar, göl çevresinde inşa edilen baraj ve göletler bugün göl su seviyesini 35 yıl öncesinin yaklaşık 12m altına düşürmüştür (Şahin vd., 2005).

Su kalitesi bakımından göl suyu alkali karakterde olup pH değeri 8.4–9.3 arasında değişim göstermektedir. Bu değişim mevsimsel yağış ve buharlaşma ile su alma noktasında mevsime bağlı olarak artan ve azalan yeraltı suyu akımlarına göre olmaktadır ve yukarıda atf yapılan çalışmaların sonuçları ile de uyum içerisindedir.

Göl suyunun elektriksel iletkenliği 2004–2006 yılları arasında 29.880–11.500 µS/cm arasında değişim göstermiştir. Bu değerlerin de su örneklerinin alındığı yerdeki yeraltı suyu sızmalarından ve mevsimsel yağış ve buharlaşma olaylarından etkilendiği görülmektedir.

Burdur Gölünde yapılan nitrat analizleri sonucunda nitrat konsantrasyonunun 1.0–3.2 mg/L arasında salınım gösterdiği tespit edilmiştir. Nitrat konsantrasyonunun düşük olması gölün besi maddesi açısından fakir olduğunu göstermektedir.

Burdur göl suyu sertlik bakımından oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Göl tabanından alınan çamur numunelerinin mineralojik yapısı da sertliğin kaynağını açık bir şekilde bölgenin jeolojik yapısından kaynaklandığını göstermektedir. Önceki çalışmalarda göldeki sertlik değerleri 500–4000 mg CaCO₃/L arasında değişim göstermiştir. Bu çalışmada ise 300–1800 mg CaCO₃/L değerleri tespit edilmiştir. Düşük sertlik değerlerinin elde edildiği Pınarevler mevkiinde yeraltı su kaynaklarının göle karışımının oldukça fazla olduğu gözlenmiştir. Göl ortasından alınan örneklerin sertlik değeri ise 1100 mg CaCO₃/L civarındadır. Göl suyunun yüksek derecede magnezyum ve kalsiyum iyonları içermesi ve sülfat ve klorür içeriğinin fazla olması nedeniyle kalıcı sertlik söz konusudur. Gölde bulunan sodyum, klorür ve sülfat iyonlarının da bölgenin jeolojik yapısından dolayı çok yüksek değerlerde olması gölün kimyasal açıdan stabil olmasına engel olmaktadır. Bu sebeple gölde anyon ve katyon dengesinin olmadığı analiz sonuçlarından da görülmektedir. Sonuç olarak su kalitesinde incelenen 20 yıllık zaman dilimi içinde herhangi bir olumlu yönde iyileşme gözlenmemiştir. Bunun en önemli nedenlerinden biri göl su seviyesinin düşüş trendinde olması ve azalan su miktarı ile göl suyundaki çözülmüş madde konsantrasyonunun doğal olarak artma eğiliminde olmasıdır.

Göl seviyesinde meydana gelen azalmanın ağır metaller üzerindeki etkisi gölün kapalı havza gölü olması nedeniyle özellikle ağır metal konsantrasyonlarının artışı biçiminde olduğu belirlenmiştir. Bunun en önemli sebebi gölden ekonomik olarak faydalanılmadığı için göl çevresinde bulunan sanayi tesislerinin atıklarını uzun yıllar boyunca göle arıtmadan vermesidir. Bu nedenle gölde zaman içinde bir ağır metal birikimi meydana gelmiştir. Göle giren ağır metaller herhangi bir ayrışmaya uğramaması nedeniyle gölde birikmektedir. Bu konuda göldeki ağır metal konsantrasyonunun daha fazla artmaması için endüstriyel tesis bazında arıtma tedbirlerinin alınması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen ağır metallerden nikel konsantrasyonu 1986 yılında 0.06–0.26 mg/l aralığında iken 2006 yılında 3.2–5.3mg/l aralığına yükselmiş, krom konsantrasyonu 1986 yılında 0.10–0.15 mg/l aralığında iken 2006 yılında 0.65–1.84mg/l aralığına yükselmiştir ve çinko konsantrasyonu da 1986 yılında 0.3–0.6 mg/l aralığında iken 2006 yılında 1.3–4.5mg/l aralığına yükselmiştir. Bakır, demir ve kadmiyum konsantrasyonlarında 20 yıl önce ölçülen değerlere göre önemli bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Arsenik ve kurşun ile ilgili değerler önceki çalışmalarda yer almadığından karşılaştırma yapılamamıştır.

Göl tabanından alınan çamur örneklerinin kimyasal yapısında baskın tür olarak kalsiyum ve silisyum elementlerinin sırasıyla %20–21 ve %15–17 arasında değiştiği görülmektedir. Magnezyum, alüminyum ve demir metallerinin de sırasıyla %7, %5 ve %4 olarak bulunduğu görülmüştür. Bu elementlerin bileşik bazında ise taban çamurunda ortalama %35 SiO₂, %30 CaO, %12 MgO, %10 Al₂O₃ ve %5 Fe₂O₃ olarak bulunduğu görülmektedir.

Sediman örneklerinin mineralojik yapısı Çamur-1 örneğinde kuvars, kalsit, magnezyum ve dolomit, Çamur-2 örneğinde (yaklaşık 30 m derinlikten) kalsit, kuvars, dolomit ve aragonit, Çamur-3 örneğinde (yaklaşık 5m derinlikten) dolomit, kalsit, kuvars ve aragonit mineral fazları olarak belirlenmiştir. Bu durum göl suyundaki yüksek çözünmüş maddenin kaynağının gölün içerisinde bulunduğu jeolojik yapıdan açıkça etkilendiğini göstermektedir.

Burdur Gölü genel su kalite parametreleri açısından son 20 yılda çok fazla bir değişim göstermemekle beraber göl seviyesinin düşüşüne bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarında artış eğilimi göstermektedir. Esas itibarıyla gölde su hacminin azalmasına bağlı olarak konsantrasyonların daha fazla artması beklenirken bu artışın gölün yeraltı suyu beslemesi ve meteorolojik faktörler nedeniyle sınırlı olduğu düşünülmektedir. Ağır metallerin zararlı etkileri dikkate alındığında her ne kadar gölde üretim olmasa da göle deşarj edilen atıksuların kontrol edilmesi gölün ekolojisinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

Teşekkür: Burdur göl suyu ve çamur numunesi alımında motorlu taşıt desteği sağlayan Eğirdir Su Ürünleri Fakültesine teşekkür ederiz. Bu çalışma SDÜ BAP Yönetim Birimi tarafından 891-M-04 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Arcak, S., Altındağ, A. 2000. Water Quality and Ecological Properties of Burdur Lake. I. International Symposium on Desertification, Konya. http://www.toprak.org.tr/isd/isd_13.htm. (Erişim Tarihi 26.05.2005)
- Beyhan, M., Şahin, Ş., Keskin, M.E., Demer, S., Harman, B.İ., 2006. Burdur Gölü Seviye Değişiminin Göl Suyu Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Çevre ve Tektonizma Açısından İncelenmesi Sonuç Raporu, SDÜ BAP 891-M-04, s. 26-29, Isparta.
- Burdur Göller Havzası, 1998. Burdur Gölü Seviye Düşüş Nedeni Çalışmaları. Teknik Rapor, DSİ 18. Bölge Müdürlüğü, Isparta.
- Burdur Gölü ve Çevresi Yer Bulduru Haritası, <http://www.wwf.org.tr/su/tuerkiyenin-su-kaynaklari/baslica-su-kaynaklari/burdur-goelue/>, (Erişim Tarihi 22.06.2007)

- Davraz, A., Karagüzel, R., Soyaslan, İ.İ. 2003. Importance of hydrogeological and hydrological investigations in the residential area in Burdur. Turkey, Environmental Geology, Springer Verlag, 44/7, 852-861, Berlin.
- Ertunç, A., Karagüzel, R., Yağmurlu, F., Türker, E., Keskin, N. 2001. Burdur Belediyesi Kent Merkezi ve yakın çevresinin depremselliği ve yerleşime uygunluk açısından incelenmesi. SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Araştırma Raporu, s. 4, Isparta.
- Şahin, Ş., Beyhan, M., Keskin, E., Harman, B. İ. 2005. Burdur Çevresinde Yaşanan Depremler ve Çevresel Sorunlar. I. Burdur Sempozyumu, 16-19 Kasım 2005, Burdur.
- Şener, E., Davraz, A., İsmailov, T., 2005. Burdur Gölü Seviye Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile İzlenmesi. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu (TURQUA-V), 2-5 Haziran 2005, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, s. 148-156, İstanbul.
- Yağmurlu, F. 2000. Burdur Fayının Sismoteknik Özellikleri. Batı Anadolunun Depremselliği Sempozyumu, 143–151, İzmir.
- Yavuz, A. 1982. Burdur Göl Suyu Araştırma Ön Raporu, İnceleme ve Araştırma Notları. Burdur Valiliği Yayını, s. 5, Burdur.