

SIĞ GÖLLERDE SU KALİTESİ DEĞERLENDİRMESİ, ULUABAT GÖLÜ ÖRNEĞİ

*Saadet İLERİ **
*Feza KARAER **
*Ashhan KÂTİP **
*Sonay ONUR **

Özet: Uluabat Gölü, Marmara Denizi'nin 20 km güneyinde, Bursa ili sınırları içerisinde merkezi konum olarak 40°10' kuzey enlemi ve 28°36' doğu boylamında yer almaktadır. Göl, sucul bitkiler, balık ve kuş varlıkları açısından ülkemizin zengin sığ göllerinden biridir. Aynı zamanda Ramsar ve Living Lakes Network tarafından tanınan uluslararası öneme sahip bir doğal yaşam alanıdır. Yapılan çalışmada Uluabat Gölü su kalitesi Haziran 2008-Mayıs 2009 dönemlerini kapsayan 12 aylık süreçte göl içerisinde belirlenen 8 farklı istasyonda aylık olarak izlenmiş ve parametrelerin bölgesel ve zamansal değişimleri irdelenmiştir. İzlenen parametreler pH, sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen (ÇO), askıda katı madde (AKM), seki derinliği (SD), su derinliği (WL), nitrat azotu (NO₃-N), toplam azot (TN), fosfat fosforu (PO₄-P), toplam fosfor (TP), alkalinite, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) ve klorofil-a (Chl-a) dır. Çalışma sonucunda, parametrelerin konsantrasyonlarının bölgesel olarak özellikle 1., 4., 5. ve 8. istasyonların bulunduğu bölgelerde ve zamansal olarak da genellikle yaz aylarında yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre ise AKM ve NO₃-N dışındaki tüm parametrelerin bölgesel ve zamansal değişimlerinin önemli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bölgesel değişim, Su kalitesi, Uluabat Gölü, Zamansal değişim

Evaluation of Water Quality in Shallow Lakes, Case Study of Lake Uluabat

Abstract: Lake Uluabat, located 20 km south of the Marmara Sea, between 42° 12' North latitude, 28° 40' East longitude and is located in the province of Bursa. The Lake is one of the richest lakes in terms of aquatic plants besides fish and bird populations in Turkey. In this study, water quality of the Lake was monitored from June 2008 to May 2009 during the 12 month period with the samples taken from 8 points in the lake and spatial and temporal variations of the parameters were examined. pH, temperature (T), electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), suspended solids (SS), secchi depth (SD), water level (WL), nitrate nitrogen (NO₃-N), total nitrogen (TN), phosphate-phosphorus (PO₄-P), total phosphorus (TP), alkalinity, chemical oxygen demand (COD) and chlorophyll-a (Chl-a) were the monitoring parameters. As a result, concentrations of the parameters were found at high levels especially the 1st, 4th, 5th, and 8th stations and temporally were found at high levels often in the summer. According to the results of analysis of variance, regional and temporal variations of all parameters were found important except SS and NO₃-N.

Key Words: Spatial changes, Water quality, Lake Uluabat, Temporal changes

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Görükle 16059, Bursa.

İletişim Yazarı: F. Karaer (karaer@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Sulak alanlar ekolojik oluşumları açısından önemli fonksiyonlara sahiptir ve çevrelerinde yaşayan insanlar için çeşitli değerler taşırlar. Bataklık ya da sazlık olarak tanımlanan sulak alanlar özellikleri, yararları ve içerdikleri biyolojik çeşitlilik yönünden büyük bir öneme sahiptirler. Geniş çeşitlilikteki flora ve fauna için yaşam alanı sağlamakta, kirlenmiş suların temizlenmesi ile ilgili hidrolojik ve kimyasal döngülerde, önemli fonksiyonları bulunmaktadır (Elmacı ve diğ. 2010, Katip ve Karaer 2011, Lai ve diğ. 2012). Ancak, en çok tehdit altında olan doğal ekosistemlerdir. Bu özellikleri itibari ile buldukları bölgenin ve ülkenin doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilmekte ve mutlak korunması gereken ekosistemlerin başında gelmektedirler (Anonim 2007).

Çalışmada ülkemiz için önemli sulak alanlardan biri olan Uluabat Gölü üzerinde yapılan araştırma sonuçları sunulmuştur. Uluabat Gölü, Bursa kent merkezinin 30 km batısında, 40°10' kuzey enlemi ve 28°36' doğu boylamında yer almaktadır. Ülkemizin en önemli sulak alanlarından birisidir. Uluabat Gölü, Nisan 1998 tarihinde "Ramsar sözleşmesi" kapsamına, 2001 yılında da "Living Lakes" ağına dahil edilmiş ve sadece ülkemiz için değil aynı zamanda uluslararası öneme de sahip bir göl konumuna yükselmiştir. Ancak, son yıllarda çok değerli bir sulak alan olan Uluabat Gölü, konumu nedeniyle doğal ve antropojenik baskı unsurları ile tehdit altındadır (Salihoğlu ve Karaer 2004, Yenilmez ve Aksoy 2007, Anonim 2011). Göl çevresinde çok sayıda yerleşim yeri, fabrika ve işyeri bulunmaktadır. Bölgede hızlı nüfus artışı, endüstrileşme, bilinçsiz yapılan tarımsal faaliyetler, madencilik faaliyetleri gölde kirliliğin giderek artmasına, tür çeşitliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Nitekim göl havzasında yapılmış olan birçok çalışmadan elde edilen sonuçlar gölde sediment birikimi, ötrofikasyon ve ağır metal kirliliğinin devam ettiğini göstermektedir (Anonim 2011, Aksoy ve Özsoy 2002, Akdeniz 2005, Barlas ve diğ. 2005, Elmacı ve diğ. 2007, Kazancı ve diğ. 2010, Katip 2010, İleri 2010, Sarmaşık 2012).

Çalışmanın amacı, Haziran 2008-Mayıs 2009 döneminde, aylık olarak, göl içerisindeki 8 örnekleme istasyonunda, su kalitesinin fiziko-kimyasal parametreler açısından izlenmesidir. Zamansal ve bölgesel (aylık ve istasyonlara göre) izleme sonucunda, gölün hangi bölgelerinin, hangi dönem veya mevsimde baskı altında olduğu araştırılmış ve bunun nedenlerinin neler olabileceği tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

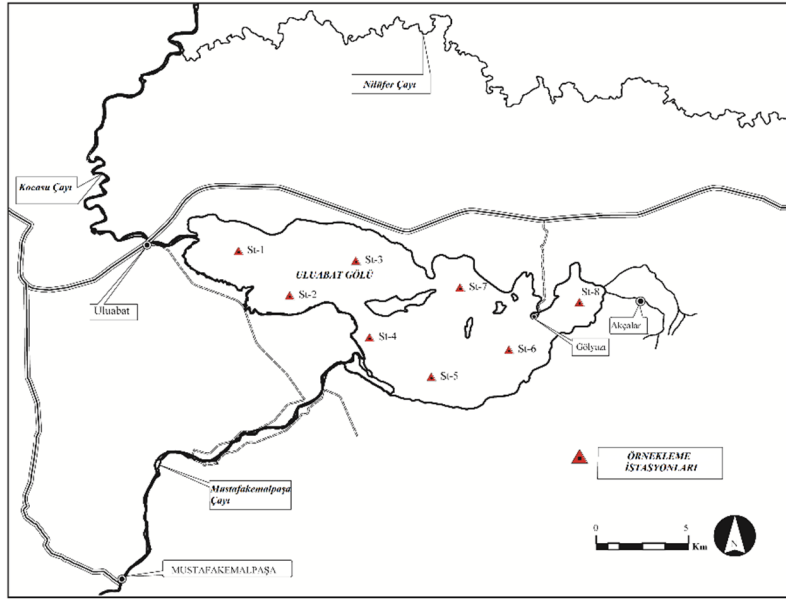
2.1. Çalışma Alanı

Uluabat Gölü, Marmara denizinin güneyinde, Bursa ilinin sınırları içerisinde (40°10' K, 28°36' D) yer almaktadır. Ortalama 2,5 m derinlikte tipik bir sığ göl olan Uluabat Gölü'nde yaz aylarında su derinliği 0,5-1 m'ye kadar gerilerken, kış aylarında maksimum 4,5 m ölçülmüştür. Gölü besleyen en önemli su kaynağı Mustafakemalpaşa Çayı ve göl yakın çevresinden drene olan ufak akıntılardır. Göl suları Uluabat Çayı ile drene olarak Susurluk çayı ve Nilüfer Çayları ile birleşerek nihayetinde Marmara Denizine Kocasu Çayı ismi ile dökülür (Anonim 2011, İleri 2010, Sarmaşık 2012). Göl ekolojik önemi nedeniyle 15.04.1998 tarih ve 23314 sayılı Resmi Gazete ile, ülkemizde bulunan "13 Ramsar Alanı" içerisine ve bunun yanında, 2001 yılı itibariyle dünyaca ünlü 32 gölü bünyesine alan "Living Lakes" ağına dahil edilmiştir (Dalkıran ve diğ. 2006, Sarmaşık ve diğ. 2011). Gölde 21 değişik balık türünün varlığı zenginliğin en önemli göstergelerindendir (Akdeniz ve diğ. 2011). Ülkemizdeki diğer göllerle kıyaslandığında bu sayı oldukça yüksektir. Bu türler içerisinde ticari amaçla avlananlardan başlıcaları turna ve sazan balıklarıdır. Az miktarda da olsa yayın, tatlı su kefalı ve kızılkanat balıkları da avlanmaktadır. Göl, kuşların göç yolu üzerinde yer alması, önemli kuş alanlarından Manyas Kuş Gölü'ne çok yakın mesafede bulunması, besin maddelerince oldukça zengin oluşu ve uygun iklim koşullarının varlığı nedeniyle değişik türden kalabalık kuş gruplarına da beslenme, kışlama ve üreme olanağı sağlamaktadır. Uluabat Gölü, dünya çapında yok olma tehlikesi altında olan kuş türlerinden küçük

karabatağın ülkemizdeki en önemli üreme alanıdır. Yine önemli türlerden biri olan tepeli pelikanın da önemli beslenme ve kışlama alanlarından biridir. Bu türlerin dışında Uluabat Gölü'nde 85 türden 5000 çift civarında üreyen kuş bulunmaktadır. Uluabat Gölü sucul bitkiler yönünden de ülkemizin en zengin sulak alanlarından biridir. Gölün hemen hemen bütün kıyıları geniş sazlıklarla, sığ kesimleri ise su içi bitkileri ile kaplıdır. Gölde görülen en yaygın bitki grubu kamış ve sazdır. Ayrıca Türkiye'nin en geniş nilüfer yataklarına sahiptir. Beyaz nilüfer, gölün kuzeydoğu kıyılarında ve Mustafakemalpaşa Çayı'nın göle giriş ağzında çok geniş alanları kaplamaktadır (Aksoy ve Özsoy 2002, Akdeniz 2005, İleri 2010, Kurtoğlu 2006).

2.2. Örnek Alma Noktalarının Belirlenmesi

Gölde, çalışmanın amacına yönelik olarak 8 farklı istasyon belirlenmiştir. Bu istasyonların belirlenmesi aşamasında, gölde daha önce çalışmalarda bulunmuş kişi ve kuruluşların görüşleri alınmış, ayrıca kirlenici kaynaklara olan uzaklıklar, farklı derinlikler ve hidrodinamik özellikler de göz önüne alınarak örnekleme istasyonlarının yerleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda gölün tamamını temsil ettiği düşünülen ve önceki çalışmalarda da kullanılmış olan göl içi sekiz istasyondan numune alınması kararlaştırılmış ve bu istasyonlar **Şekil 1**'de sunulmuştur. İstasyonların koordinatları Küresel Konum Belirleme Cihazı (GPS) ile tespit edilmiş ve bu veriler doğrultusunda numune alma noktaları haritalandırılmıştır. Ölçüm sıklığı belirlenirken, laboratuvar imkânları, örnek alma yeri ve sayısı, laboratuvarla numune alma noktaları arasındaki uzaklık ve mevcut bütçe imkânları göz önüne alınmıştır.



Şekil 1:

Uluabat Gölü Su Kalitesi Örnekleme İstasyonları (Kaynak: Anonim 2011)

2.3. Laboratuvar Analizleri

Uluabat Gölü su kalitesinin izlenmesi sürecinde su numuneleri, Haziran 2008 ile Mayıs 2009 tarihleri arasında tüm mevsimleri tanımlayacak şekilde, aylık olarak alınmıştır. Numuneler, yüzeyden 0.5 m derinlikten, Hydro-Bios marka standart su numunesi alma cihazı kullanılarak, önceden yıkanmış, temiz, koyu renkli polietilen (PE) şişelere aktarılmıştır. Su numunelerinin alınması sırasında sahada, HACH marka Sension 156 model cihaz kullanılarak ÇO, T, pH ve EC, seki diski ile SD ve WL ölçülmüştür. Laboratuvar ortamında ise, AKM 105 °C'de kurutulmuş

gravimetrik yöntemle, alkalinite titrasyon metodu ile, Chl-a 90 % aseton çözeltisinde ekstrakte edilerek kolorimetrik metotlara göre (Parsons ve Strickland 1963), KOI standart metotlara göre (APHA 1998), NO₃-N ve TN su buharı destilasyonu yöntemiyle (Bremner ve Mulvaney 1982), PO₄-P ve TP askorbik asit yöntemiyle (APHA 1998) ölçülmüştür. Su kalitesi izleme sonucu elde edilen veriler bulgular kısmında sunulmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Uluabat Gölü su kalitesi üzerine yapılan bu çalışmada sekiz örnekleme noktasından ve yüzeyden 0.5 m derinlikten alınan su örneklerinde fiziko-kimyasal analizler yapılmıştır. Bir yıllık izleme süreci sonrasında parametrelerin mevsimsel değerleri **Tablo 1** de, bölgesel olarak (istasyonlara göre) göl ortalama değerleri de **Tablo 2** de sunulmuştur. Son zamanlarda sığ göllerde yapılan pek çok çalışmada sıcaklığın (T) su kalitesini etkileyen önemli bir parametre olduğu vurgulanmaktadır (Xu ve diğ. 2012, Spears ve diğ. 2008, Xia ve Zhang 2008, Chowdhury ve Bakri 2006, Zhang ve diğ. 2008, Liikanen ve diğ. 2002). **Tablo 1** incelendiğinde parametrelerin mevsimsel olarak değişim gösterdiği görülmektedir. pH değerlerinin mevsimsel ortalamaları birbirine yakın olmakla birlikte en yüksek değer yaz mevsiminde, Temmuz ayında 8.64 olarak ölçülmüştür. Temmuz ayındaki yüksek pH değerinin nedeni olarak yaz aylarında artan fotosentez sırasında planktonların çözünmüş inorganik karbonu asimile etmeleri sırasında asidik özelliğin azalması ve alkalinitenin artmasının olabileceği düşünülmektedir. Suların iletkenliği sulardaki iyon sayısı hakkında bilgi vermektedir (Ünlü ve diğ. 2008). Uluabat Gölü'nde ölçülen elektriksel iletkenlik (EC) değerleri genel ortalama olarak 553,02 µs/cm'lik bir değere sahip olup, **Tablo 1** ve **Tablo 2** incelendiğinde göl içerisinde EC için bölgesel olarak büyük farklılıklar gözlenmemekte, ancak mevsimsel olarak değerlendirildiğinde yazın maksimum seviyelerde, kışın ise minimum seviyelerde olduğu görülmektedir. Aynı şekilde T, alkalinite, AKM, TN, Chl-a değerlerinin de yaz mevsiminde maksimum, kış mevsiminde ise minimum seviyelere ulaştıkları görülmektedir. Yaz ve kış arasındaki bu farklılığın, yaz boyunca artan sıcaklık ve buharlaşma konsantrasyonlarındaki artışa, kış mevsiminde meydana gelen yağışlar ve yakın çevreden göle ulaşan yüzey suları nedeni ile göl suyunda meydana gelen seyrelmelere bağlanmıştır (Katip ve Karaer 2011, Xu ve diğ. 2012, Singh ve diğ. 2008). Fosfor konsantrasyonlarının genellikle yaz mevsiminde daha yüksek olduğu bilinmektedir (Søndergaard ve diğ. 1999, 2001). Çalışmada TP parametresinin maksimum değeri yaz mevsiminde, minimum değeri ise ilkbaharda ölçülmüştür. Bunun nedeni olarak ilkbahar mevsiminde fotosentezin hızlanması sonucunda alglerin fosforu kullanmasının ve yağışların artmasıyla gölde seyrelmenin meydana gelmesinin olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca sudaki fosfor konsantrasyonunun azalmasında, çökeltme önemli bir mekanizmadır. Çökeltme ile oluşan net kayıp sığ göllerde çok azdır. Bunun sebebi, stabil olmayan tabakalaşma, çökeltme materyalinin tekrar askıda hale geçmesi ve besin maddesi/elementleri sedimentten serbest hale geçerek suya karışmasıdır. Bu nedenlerden dolayı, sığ göller derin göllere göre daha yüksek fosfor konsantrasyonuna ve fitoplankton biyomasına sahiptirler (Hejzlar ve Vyhnaek 1998). Azot ve fosfor formları, fitoplanktonların birincil üretimde sınırlayıcı rol oynamaları sebebi ile değerlendirilmektedir. Yazın su seviyesinin üst kısımlarında, azot ve fosforun azalması, fitoplanktonların artması sebebi ile gerçekleşmektedir. Ancak, göl genelinde su seviyesinin düşmesi ve sıcaklığın artışı ile bağlantılı olarak, fosfor sedimentten suya geçmekte ve sudaki konsantrasyonu artırmaktadır. Çözünmüş oksijen parametresinin kış mevsiminde yüksek, yaz mevsiminde oldukça düşük konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijen, suyun kirlenme derecesini ifade ederken, ayrıca sularda biyolojik büyüme ve su kirliliği hakkında yorum yapmamıza yardımcı olabilecek önemli bir parametredir (Hejzlar ve Vyhnaek 1998, Singh ve diğ. 2008, Ünlü ve diğ. 2008, Zhou ve diğ. 2012). Sıcaklık ile çözünmüş oksijen değerleri arasında ters bir orantı görülmektedir. Yaz mevsiminde sıcaklığın artışı ile çözünmüş oksijen değerleri minimum seviyelere düşerken, kışın azalan sıcaklık ile çözünmüş oksijen değerlerinin artış gösterdiği görülmektedir. Çözünmüş

oksijenin yaz mevsiminde düşmesinin sebebi, azalan su seviyesi, bu mevsimde artan klorofil-a (alg popülasyonu) konsantrasyonu ve biyolojik aktivitenin artmış olmasından kaynaklanmaktadır. Kış aylarında yağmurların ve rüzgarların şiddetinin artmasıyla sirkülasyon oluşması ve gölü besleyen su debilerinin artması sebebiyle meydana gelen karışımların etkisiyle göl suyu tekrar oksijen kazanmaktadır (Singh ve diğ. 2008). KOI değeri sularda organik kirlenmeyi gösteren önemli bir parametredir. İlkbahar ve yaz aylarında mikrobiyal aktivitenin artması sebebiyle organik maddelerin bozunma hızları artmakta dolayısıyla KOI değeri de artmaktadır.

Tablo 1. Uluabat Gölü Su Kalitesi Mevsimsel ve Yıllık Ortalama Değerleri

Parametre	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ort ± SD	Max – Min
pH	8,34	8,36	8,42	8,09	8,305±0,287	8,64-7,16
EC (µs/cm)	600,43	648,04	490,91	472,68	553,02±82,57	686-403
T (°C)	26,1	19,29	7,47	19,43	18,053±7,709	28,9-4,1
ÇO (mg/l)	5,082	6,591	10,316	10,004	7,998±2,546	12,09-3,43
Alkalinite (mg/l)	282,85	249,17	194,27	270,1	249,35±44,5	407,5-157,5
AKM (mg/l)	98,08	55,73	16	25,66	48,87±77,06	980-4
NO ₃ -N (mg/l)	0,685	0,00	0,116	0,00	0,2005±0,736	4,2-0
TN (mg/l)	19,87	7,061	4,841	4,987	9,191±8,239	63,7-1,4
PO ₄ -P (mg/l)	0,211	0,1959	0,0402	0,0464	0,1234±0,12	0,426-0,009
TP (mg/l)	0,2758	0,2621	0,0894	0,0884	0,179±0,138	0,557-0,048
KOI (mg/l)	49,33	53,125	37,33	56	48,94±17,71	80-16
Chl-a (mg/m ³)	33,43	14,64	7,72	16,08	17,97±14,94	90,36-2,035
SD (cm)	15,21	39,37	73,33	99,58	56,87±44,01	200-5
WL (m)	1,68	1,48	2,93	3,56	2,41±1,01	4,5-0,7

Tablo 2. Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri Arası Su Kalitesi Bölgesel Değişimi Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Parametre	1. İst	2. İst	3. İst	4. İst	5. İst	6. İst	7. İst	8. İst
pH	8,280±0,295	8,240±0,256	8,330±0,226	8,190±0,239	8,300±0,257	8,310±0,262	8,250±0,262	8,500±0,400
EC (µs/cm)	552,45±83,7	546,54±86,8	548,16±90,9	572,58±69,7	565,29±77,1	555,45±88,9	551,5±91,91	532,16±74,5
Sıcaklık (°C)	16,775±7,51	16,928±7,57	16,991±7,80	18,678±7,50	19,204±8,09	19,044±8,28	18,017±7,61	18,904±7,96
Çöz. Oksijen (mg/l)	7,863±2,310	6,282±1,082	6,107±1,448	6,857±2,235	7,958±2,746	7,963±2,631	7,786±2,916	8,190±2,680
Alkalinite (mgCaCO ₃ /l)	251,81±40,5	233,37±43,3	239,75±39,2	257,04±38,4	258,9±37,01	254,79±56,9	259,37±62,7	239,95±34,7
AKM (mg/l)	40,83±32,81	94,04±193,9	45,00±36,89	44,75±45,61	41,08±29,52	44,54±41,14	39,00±27,96	41,70±37,08
NO ₃ -N (mg/l)	0,380±1,380	0,290±0,920	0,110±0,570	0,290±0,540	0,204±0,480	0,029±0,140	0,000±0,000	0,290±0,840
TN (mg/l)	13,440±7,86	9,791±5,490	8,706±6,010	8,283±6,400	6,708±6,310	7,291±6,900	8,137±8,560	11,17±14,06
PO ₄ -P (mg/l)	0,121±0,117	0,130±0,116	0,124±0,127	0,134±0,130	0,126±0,131	0,141±0,135	0,126±0,127	0,082±0,075
TP (mg/l)	0,183±0,141	0,185±0,126	0,192±0,147	0,187±0,144	0,170±0,145	0,190±0,167	0,184±0,148	0,138±0,092
KOI (mg/l)	52,00±15,44	43,33±14,65	44,66±14,25	41,33±19,84	52,66±18,19	42,66±14,20	49,33±20,98	65,58±14,15
Chl-a (mg/m ³)	14,26±7,128	16,87±19,04	18,51±13,11	10,41±6,374	15,33±11,21	16,66±11,58	16,871±9,67	34,85±23,41
Seki Derinliği (m)	0,183±0,141	0,185±0,126	0,192±0,147	0,187±0,144	0,170±0,145	0,190±0,167	0,184±0,148	0,138±0,092
Su Derinliği (m)	0,520±0,154	0,433±0,146	0,446±0,142	0,413±0,198	0,526±0,182	0,426±0,142	0,493±0,209	0,655±0,141

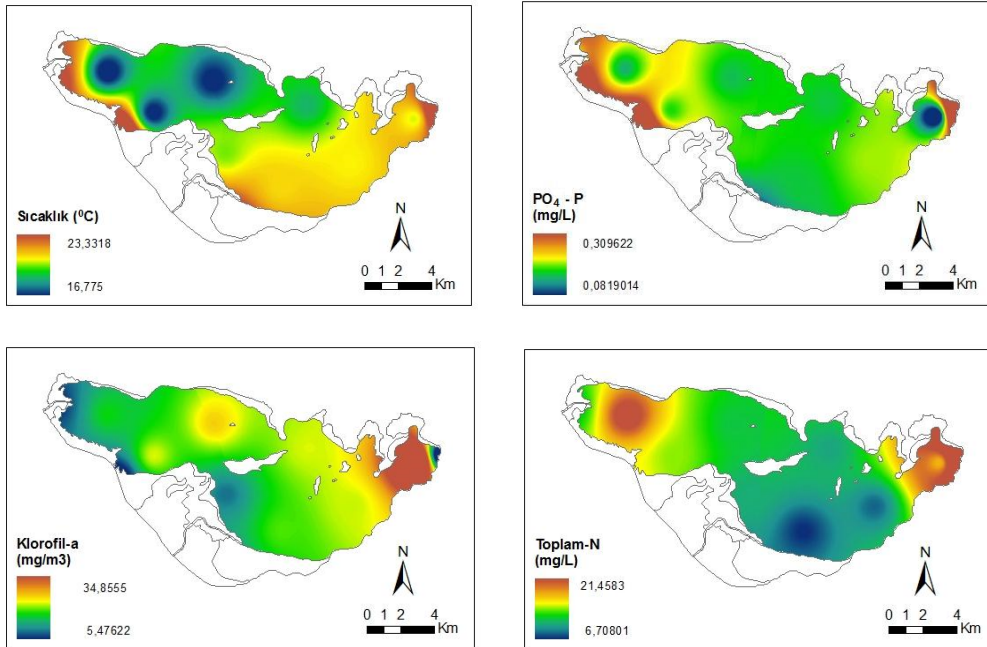
Tablo 2 incelendiğinde, bir yıllık izleme sürecindeki parametrelerin yıllık ortalama değerlerinin istasyonlara göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Ortalama pH parametresinin göl genelinde çok büyük değişim göstermediği, ancak en yüksek 8. istasyonda, en düşük ise 4. istasyonda olduğu, EC değerinin en yüksek 4. istasyonda, en düşük 8.istasyonda olduğu tespit edilmiştir. Su derinliğinin en yüksek olduğu istasyon 8. istasyon olup, aynı istasyonda seki derinliğinin en düşük olduğu, buna bağlı olarak klorofil-a değerinin maksimum seviyeye bu istasyonda ulaştığı görülmektedir. Çünkü 8.istasyon ötrofikasyonun en yoğun gözlemlendiği, Akçalar beldesi yakınında, gölün giriş ve çıkışından uzak, durağan bir bölgede yer almaktadır. Akçalar beldesinden evsel ve endüstriyel atık su deşarjlarının yapıldığı bilinen bir gerçektir (Dalkıran ve diğ. 2006). Bu nedenlerle bölgede yoğun kirliliğin yaşandığı düşünülmektedir. Organik madde yükünün genelde evsel atık sularından ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı söylenebilir (İleri 2010). Organik kirliliğin göstergesi olan KOI parametresinin 1, 4, 5 ve 8. istasyonlarda göl geneline göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 1. istasyon göl çıkışında yer almaktadır. Bu bölgede DSİ' ye ait olan ve tarımsal sulamadan geri dönen drenaj sularının toplandığı, gölü besleyen Uluabat ve Atabay pompa istasyonları mevcut olup bu istasyonlardan gelen yükler sonucu, hidrodinamik akım etkisi ile de bu bölgede yoğun kirlilik gözlemlendiği düşünülmektedir. Ayrıca bu bölgede gölün çıkış ayağı Kocasu Çayı bulunması nedeni ile zaman zaman çayda gözlenen geri beslemeler (ters akım) sonucu türbülans oluşumu, oluşan türbülansın sedimenti hareketlendirmesi ve kirliliğin yoğunlaşması muhtemeldir (Sarmaşık ve diğ. 2011). 4. ve 5. istasyonlar ise göle giriş yapan Mustafa Kemalpaşa Çayı'nın yer aldığı istasyonlardır. Bu istasyonlarda pH, alkalinite ve KOI parametreleri açısından nispeten yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir. MKP Çayına evsel ve endüstriyel atık su deşarjları yapılmaktadır. Organik kirleticilerin haricinde, MKP Çayı önemli miktarda AKM de taşımaktadır (Aksoy ve Özsoy 2002). Son on yıldır, MKP Çayı ile taşınan AKM sebebi ile göldeki ortalama su seviyesi önemli ölçüde değişmektedir (Sarmaşık 2012). Ayrıca iklim koşulları ve çevresel faktörler de gölün trofik durumunu günden güne tehlikeye atmaktadır (Akdeniz 2005, Dalkıran ve diğ. 2006). Gölde en yüksek AKM konsantrasyonu 2. istasyonda ölçülmüştür. Bu durumun o bölgenin hidrodinamik akımından ve oldukça yoğun rüzgar alan bir bölge olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bölgede hakim rüzgar yönünün etkisi ile kirliliğin daha yoğun gözlemlendiği bilinmektedir (İleri 2010). NO₃-N ve toplam azotun 1. istasyonda oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu duruma daha önce değinildiği gibi pompa istasyonlarının mevcudiyeti ile yüksek azot içerikli tarımsal sulamalardan dönen drenaj sularının sebep olduğu düşünülmektedir.

Uluabat Gölü su numuneleri, aylık olarak 8 farklı ölçüm istasyonundan numuneler alınarak incelenmiştir. Bu sebeple su kalitesi parametrelerinin gölün farklı alanlarını temsil eden istasyonlar arasındaki değişiminin ve bütün bir yıl boyunca meydana gelen aylık artış ve azalışlarının belirlenmeleri önemlidir. Su kalitesi parametreleri, varyans analizi yapılarak ANOVA tablosu ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda parametrelerin istasyonlar arası ve aylar arasında farklılık gösterip göstermedikleri belirlenmiştir. Minitab 15 istatistik programı kullanılarak yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıda detaylı olarak verilmiştir. Varyans analizinde, iki farklı önermeye göre değerlendirme yapılmıştır. 1. önermede, parametrenin, istasyonlara ve aylara göre değişim göstermediği yani aynı olduğu, 2. önermede ise değişim gösterdiği yani farklı oldukları kabul edilmiştir. Önem derecesi p=0,05 olarak kabul edilmiştir. **Tablo 3**'te su kalitesi parametrelerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmektedir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, AKM ve NO₃-N parametrelerinin istasyonlara göre farklılık göstermediği, diğer parametrelerin ise hem istasyonlara hem de aylara göre değişimlerinin önemli olduğu belirlenmiştir.

Parametrelerin tümünde mevsimsel değişimlerle birlikte sıcaklık ve güneş ışığının yoğunluğunun değişiklik göstermesi sebebiyle aylara göre farklılık görülmüştür. Varyans analizi sonucunda istasyonlara göre değişimleri önemli olduğu belirlenen parametreler görsel olarak da sunulmak üzere ArcGIS 9.1 programı yardımı ile görselleştirilmiş bazı kirlilik dağılım haritaları **Şekil 2**'de verilmiştir.

Tablo 3. Su kalitesi parametreleri varyans analizi sonuçları

Parametre	İstasyon	Aylar
Sıcaklık	Önemli	Önemli
	P=0	P=0
ÇO	Önemli	Önemli
	P=0,022	P=0
AKM	Önemsiz	Önemli
	P= 0,109	P= 0
pH	Önemli	Önemli
	P= 0	P= 0
İletkenlik	Önemli	Önemli
	P= 0	P= 0
NO ₃ -N	Önemsiz	Önemli
	P= 0,437	P= 0
TN	Önemli	Önemli
	P= 0	P= 0
PO ₄ -P	Önemli	Önemli
	P= 0	P= 0
TP	Önemli	Önemli
	P= 0,001	P=0
KOİ	Önemli	Önemli
	P= 0	P= 0
Alkalinite	Önemli	Önemli
	P= 0,014	P= 0
Klorofil-a	Önemli	Önemli
	P= 0	P= 0



Şekil 2:
Uluabat Gölü Su Kalitesi Bölgesel Kirlilik Dağılım Haritaları

Şekil 2 incelendiğinde, sıcaklık parametresinin özellikle 4, 5, 6, 7 ve 8. istasyonların bulunduğu bölgelerde akımın nispeten durağan olması nedeni ile daha yüksek olduğu, göl çıkışına doğru yer alan 1, 2 ve 3. istasyonlarda ise düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. PO₄-P sonuçlarının ise 2, 4, 6. istasyonlar ile pompa istasyonlarının bulunduğu bölgelerde oldukça yüksek oldukları görülmektedir. Chl-a parametresinin özellikle Akçalar deresinin döküldüğü 8. İstasyonda oldukça yüksek, toplam azotun ise yine 8. istasyon ve 1. istasyonlarda oldukça yüksek oldukları görülmektedir.

4. SONUÇ

Bir su kaynağının amacına uygun olarak kullanılabilmesi için periyodik olarak izlenmesi gerekmektedir. RAMSAR alanı olarak belirlenip koruma altına alınmış olan Uluabat Gölü'nde Haziran 2008-Mayıs 2009 dönemlerini kapsayan süreçte, aylık olarak su kalitesinin fizikokimyasal parametreler açısından değerlendirilmesi bu çalışmanın başlıca amacını oluşturmaktadır. Bu sayede parametreler bazında gölün hangi bölgelerinin daha fazla baskı altında olduğu ve bunun nedenlerinin neler olabileceği hakkındaki yorumlara yer verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kirlilik parametrelerinin bölgesel ve zamansal değişimlerinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Gölde izleme çalışmalarının sürekliliğinin sağlanabilmesi, su kalitesinin korunması için mevcut yönetim planının etkin hale getirilmesi, havza boyutunda yönetim ve eşgüdüm çalışmalarının yürütülmesi, su ve sediment kalite değişimlerini izleme ve değerlendirme amacıyla modelleme çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) Araştırma Destek Programları Başkanlığı'nın Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Destek Grubu (ÇAYDAG) (Proje No: 107Y278) tarafından ve Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu (Proje No: M-2007/27) tarafından desteklenmiştir.

NOT:

Bu çalışma birinci yazarın 19.07.2010 tarihinde Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Akdeniz, S. (2005). Uluabat Gölü Su kalitesinin Değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Analizi, Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
2. Akdeniz, S., Karaer, F., Katip, A. ve Aksoy, E. (2011). A GIS-based Method for Shallow Lake Eutrophication Assessment. *J. Biol. Environ. Sci.*, 2011, 5(15), 195-202.
3. Aksoy, E., ve Özsoy, G. (2002). Investigation of multitemporal and use/cover and shoreline changes of the Uluabat Lake Ramsar site using RS and GIS. *International Conference on Sustainable Land Use and Management*, Çanakkale, Turkey, 13 October 2002.
4. Anonim (2007). *Uluabat Gölü Sulakalan Yönetim Planı (2003-2007-2011)*, Bursa İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Doğa Koruma ve Milli Parklar Şube Müdürlüğü, 172s.
5. Anonim (2011). Uluabat Gölü Su Kalitesinin Modellenmesinde Ağır Metal ve Bazı İz Elementlerin Değerlendirilmesi, *Tübitak Projesi*. Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Feza Karaer, Proje No: 107Y278. Aralık 2011, Bursa.

6. APHA (1998). *Standard Methods for the examination of water and waste water*. American Public Health Association, 20th Edition. Washington, D. C.
7. Barlas, N., Akbulut, N. ve Aydoğan, M. (2005). Assessment of Heavy Metal Residues in the Sediment and Water Samples of Uluabat Lake, Turkey. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 74, 286-293.
8. Bremner, J.M., Mulvaney, C.S. (1982). *Nitrogen-Total, Methods of Soil Analysis, Chemical and microbiological Properties*. Agronomy Monograph vol 2, 2nd edition. ASA-SSSA. Madison, Wisconsin, USA, 595-622, 1982.
9. Chowdhury, M., ve Al Bakri, D. (2006). Diffusive nutrient flux at the sediment-water interface in Suma Park Reservoir, Australia. *Hydrological Sciences Journal* 51 (1), 144–156.
10. Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Dere, Ş., Şentürk, E., Torunoğlu, T. (2006). Factors affecting the current status of a eutrophic shallow lake (Lake Uluabat, Turkey): Relationships between water physical and chemical variables. *Chemistry and Ecology* 22, 279–298.
11. Elmacı, A., Teksoy, A., Topaç, F.O., Özengin, N., Kurtoğlu, S. ve Başkaya, H.S. (2007). Assessment of Heavy Metals in Lake Uluabat, Turkey. *African Journal of Biotechnology* 6 (19), 2236-2244.
12. Elmacı, A., Topaç, F.O., Teksoy, A., Özengin, N. ve Başkaya, H.S. (2010). Uluabat Gölü Fizikokimyasal Özelliklerinin Yönetmelikler Çerçevesinde Değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering and Architecture*, 15(1), s: 149-157.
13. Hejzlar, J. ve V. Vyhnaek (1998). Longitudinal heterogeneity of phosphorus and phytoplankton concentrations in deep-valley reservoirs. *International Review of Hydrobiology* 83, 139-146.
14. İleri, S. (2010). Uluabat Gölü Su ve Sediment Kalitesinin Fiziko-Kimyasal Parametreler Açısından Değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Analizlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
15. Katip, A. (2010). Uluabat Gölü Su Kalitesinin İzlenmesi, Doktora Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
16. Katip, A. ve Karaer, F. (2011). Uluabat Gölü Su Kalitesinin Türk Mevzuatına ve Uluslar arası Kriterlere Göre Değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering and Architecture*, 16(2), s: 25-34, 2011.
17. Kazancı, N., Leroy, S., Öncel, S., İleri, Ö., Toprak, Ö., Costa, P., Sayılı, S., Turgut, C., Kibar, M. (2010). Wind control on the accumulation of heavy metals in sediment of Lake Uluabat, Anatolia, Turkey. *Journal of Paleolimnology* 43, 89–110.
18. Kurtoğlu, S. (2006). Uluabat Gölü Sedimentinde Bazı Kimyasal Parametrelerin ve Mevsimsel Değişimlerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
19. Lai, X.J., Huang, Q., ve Jiang, J.H. (2012). Wetland inundation modeling of Dongting Lake using two dimensional hydrodynamic model on unstructured grids. *Procedia Environmental Sciences* 13, 1091 – 1098.
20. Liikanen, A., Murtoniemi, T., Tanskanen, H. (2002). Effects of temperature and oxygen availability on greenhouse gas and nutrient dynamics in sediment of a eutrophic mid-boreal lake. *Biogeochemistry* 59 (3), 269–286.

21. Parsons, R.T. ve Strickland, J.D. (1963). Discussion of spectrofotometric determination of marine plantpigments with revised equations for ascertaining chlorophyll and corotenoids. *Journal of Marine Resources* 21, 155-163.
22. Salihoğlu, G. ve Karaer, F. (2004). Ecological Risk Assessment and Problem Formulation for Lake Uluabat, a Ramsar State in Turkey. *Environmental Management*, Vol.33 (6), p: 899-910.
23. Sarmaşık, S. (2012). Uluabat Gölü Hidrodinamik Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
24. Sarmaşık, S., Karaer, F., Katip, A., İleri, S., Aksoy, E. (2011). Uluabat Gölü Su ve Sedimentinde Bazı Ağır Metallerin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Değerlendirilmesi, 9. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Samsun, 5-8 Ekim 2011.
25. Singh, A.P., Srivastava P.C., Srivastava, P. (2008). Relationships of Heavy Metals in Natural Lake Waters with Physico-chemical Characteristics of Waters and Different Chemical Fractions of Metals in Sediments. *Water Air Soil Pollut.* 188 p: 181-193.
26. Søndegaard, M., J.P. Jensen, E. Jeppesen (1999). Internal phosphorus loading in shallow Danish lakes. *Hydrobiologia* 408/409, 145.
27. Søndegaard, M., J.P. Jensen, E. Jeppesen (2001). Retention and internal loading of phosphorus in shallow, eutrophic lakes. *Scient. World J.*, 1, 427.
28. Spears, B.M., Carvalho, L., Perkins, R. (2008). Effects of light on sediment nutrient flux and water column nutrient stoichiometry in a shallow lake. *Water Research* 42 (4-5), 977-986.
29. Ünlü, A., Çoban, F. ve Tunç, M.S. (2008). Hazar gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* Cilt 23, No 1, 119-127.
30. Xia, J., Zhang, Y.Y. (2008). Water security in North China and countermeasure to climate change and human activities. *Physics and Chemistry of the Earth* 33, 359-363.
31. Xu, L., Hua Li, Xinqiang L., Yuxin Y., Li Z., Xinyi C. (2012). Water quality parameters response to temperature change in small shallow lakes. *Physics and Chemistry of the Earth* 47-48 (2012) 128-134.
32. Yenilmez, F. ve Aksoy, A. (2007). Uluabat Gölü Su Kalitesinin Wasp7.2 Modeli Kullanılarak Değerlendirilmesi. 7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 24-27 Ekim, İzmir, 56-62.
33. Zhang, M., Xu, J., Xie, P. (2008). Nitrogen dynamics in large shallow eutrophic Lake Chaohu, China. *Environmental Geology* 55 (1), 1-8.
34. Zhou, Jie-xing, Wang, J., Wang, P., Hua, Y., Liu, B., Li, J. (2012). Wavelet Analysis of Water Quality Changes in Dianchi Lake during the past 7a. *Procedia Earth and Planetary Science* 5 p: 280 - 288.

Makale 10.06.2013 tarihinde alınmış, 06.03.2014 tarihinde düzeltilmiş, 06.03.2014 tarihinde kabul edilmiştir.

