

---

## ULUABAT GÖLÜ'NDE SUDAKİ İZ ELEMENT KİRLİLİĞİNİN ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN (2003-2004 VE 2008-2009) İZLENMESİ

*Aslıhan KATİP* \*  
*Nihan ÖZENGİN* \*  
*Saadet İLERİ* \*  
*Ayşe ELMACI* \*  
*Feza KARAER* \*

---

**Özet:** Sahip olduğu biyolojik çeşitlilik nedeniyle dünyanın doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilen sulak alanlar, doğal işlevleri ve ekonomik değerleriyle yeryüzünün en önemli ekosistemleridir. Ülkemizde sulak alanların su kalitelerini, biyolojik çeşitliliklerini, karşılaştıkları çevresel baskıları ve koruma yöntemlerini belirlemeye yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Özellikle, sulak alanlardaki ağır metal ve iz element kirliliği su kalitesini ve sucul canlılarını etkileyen en önemli problemlerden biridir. Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin en önemli sulak alanlarından biri olan ve RAMSAR alanı olarak belirlenerek koruma altına alınan Uluabat Gölü'ndeki iz element kirliliğinin zamansal değişimi ve kirlenici kaynakların iz element kirliliğine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uluabat Gölü'nde kirlenici kaynaklara olan uzaklıklar, farklı derinlikler ve hidrodinamik özellikler göz önüne alınarak seçilen 5 farklı istasyondan 2003-2004 (1. dönem) ve 2008-2009 (2. dönem) yıllarında aylık olarak alınan su örneklerinde Bor (B), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Nikel (Ni) elementlerinin suda çözünmüş haldeki konsantrasyonlarının yıllar arasındaki değişimi incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda kirlilik değişimine mevsimsel faktörlerin, endüstriyel deşarjların ve tarımsal faaliyetlerin etkili olduğu görülmektedir. Özellikle B elementinin yüksek bulunmasının nedeninin, Uluabat Gölü Havzasının jeolojik yapısının bu element açısından zengin olması ve Bor işletme tesislerinin bu havzada yer almasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Uluabat Gölü kirliliğinin önlenmesi için, su kalitesinin düzenli aralıklarla gözlenmesinin ve kirlenicilerin kontrol edilmesine yönelik bilimsel ve teknik çalışmaların göl havzasında bulunan tüm kuruluşların katılımcı yaklaşımı ile birlikte sürdürülmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İz element, Kirlilik değişimi, Su kalitesi, Uluabat Gölü.

### **Monitoring the Temporal Changes of Trace Elements Pollution in Lake Uluabat Water (in 2003-2004 and 2008-2009)**

**Abstract:** Due to its biological diversity wetland is considered the world's natural wealth museums and because of the natural functions and economic values they are the most important ecosystems on earth. The studies to identify the water quality of wetlands, their biodiversity, environmental pressures faced by efforts and protection methods have gained importance in our country. In particular, heavy metal and trace element pollution is one of the most important problems in wetlands affecting water quality and aquatic organisms. In this study, trace elements and contaminants temporal variation of pollution sources of trace elements was conducted to determine the effects of pollution in Lake Uluabat which is one of Turkey's most important wetlands identified as an area protected under the RAMSAR. In Uluabat Lake, five different

---

\* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Görükle, 16059 Bursa  
İletişim yazarı: A. Katip (aballi@uludag.edu.tr)

stations were selected taking into account the distance to pollution sources, different depths and hydrodynamic properties. In the years of 2003-2004 (1<sup>st</sup> term) and 2008-2009 (2<sup>nd</sup> term) monthly water samples were taken and dissolved concentrations of Boron (B), chromium (Cr), Lead (Pb), Nickel (Ni) elements were examined between years. As a result of the evaluations, seasonal factors, industrial discharges and agricultural activities are seen to be effective on changes in pollution. In particular, high concentrations of B elements thought to be due to take place by geological structure of the Lake Basin which is rich in boron and boron operating facilities in this basin. In order to prevent pollution of the water quality of Lake Uluabat it is necessary to be monitored at regular intervals and for the control of pollutants, all of the technical studies should be carried out in the Lake Basin in conjunction with participatory approaches of scientific and public institutions.

**Keywords:** Trace element, Variation of pollution, Water quality, Lake Uluabat.

## 1. GİRİŞ

Sulak alanlar ekolojik oluşumları açısından önemli fonksiyonlara ve çevrelerinde yaşayan tüm canlı türleri için yaşamsal öneme sahiptirler. Su kuşlarına barınma, üreme, beslenme, konaklama ve kışlama ortamı olması yanında; su akışının düzenlenmesi, sulak ortamların beslenmesi, besin zincirinin kontrolü, biyolojik çeşitliliğ in korunması, balıkçılık ve avcılığ ın sürdürülmesi, dinlenme, turizm ve bilimsel araştırma gibi çok yönlü fonksiyonlara sahip olan sulak alanlar; kirlenme, aşırı ve plansız kullanım nedenleriyle en çok tehdit altında olan doğal sistemlerdir. Bu özellikleri itibari ile buldukları bölgenin ve ülkenin doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilmekte ve mutlak korunması gereken ekosistemlerin başında gelmektedirler (Anonim, 2007).

Sulak alanlar toprak, su, bitki, hayvan türleri ve besin maddeleri gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik elementlerden oluşan ekosistemlerdir. Bu alanlar sediman depolama, azot ve fosforu sistemden uzaklaştırma ve inorganik formdaki besin elementlerini, organik forma dönüştürme gibi birçok önemli biyojeokimyasal özelliklere sahiptir. Ayrıca küresel ölçekte sucul ve karasal ekosistemler arasındaki geçişi oluşturmaları sebebiyle havza sistemi içerisinde, havza hidrolojisi ve su kalitesi üzerinde önemli rol oynamaktadır (İnaç, 2001; Korkaç, 2004; Anonim 2013).

Katı, sıvı ve gaz halindeki endüstriyel atıklar, jeokimyasal yapı ve madenler sucul ortamlarda ağır metal ve iz element kirliliğ ine potansiyel kaynak oluşturmaktadır (Olgunoğ lu ve Polat, 2007). Belirli çevresel koşullar altında, ağır metal ve iz elementler toksik konsantrasyonlara kadar birikim yaparlar (Güven ve diğ ., 1999) ve ekolojik hasara yol açabilirler (Shamuyarira ve Gumbo, 2014; USEPA, 2014). Ağır metal ve iz element birikimi sadece toprak verimliliğ i ve ekosistem faaliyetleri üzerinde etkili olmayıp, bitki bünyesindeki fotosentez, solunum, büyüme ve gelişme gibi birçok metabolik olayları da etkilemekte ve böylece bitki sağ lığ ını bozarak verim düşüklüğ ü yaratmaktadır. Ayrıca, besin zinciri nedeniyle hayvan ve insan sağ lığ ını önemli düzeyde etkilemektedir (Barlas ve diğ . 2005). Ağır metal birikimi görülen topraklar üzerinde insanların çeşitli faaliyetleri esnasında ciltle temas, solunum, yetiştirilen ürünlerin tüketilmesi gibi farklı yollarla ağır metaller insan bünyesine ulaşır. Böylece insan bünyesine ulaşan toksik düzeydeki ağır metallerin, insan bünyesinde birikmesi sonucunda, metalin türüne ve miktarına bağ lı olarak insanlarda en önemlisi kanser olmak üzere mide bozuklukları, sarılık, kansızlık, böbrek yetmezliğ i, akli bozukluklar, deri lezyonları ve kırılğan kemik yapısı gibi birçok sağ lık sorunu görülebilmektedir (Katip, 2010).

Akarsu ve göllerde yapılan su, sediman ve balıklardaki iz element kirliliğ i çalışmaları özellikle son on yılda çevresel ilgi odağ ı olmuştur (Begüm ve diğ . 2005; Barlas ve diğ . 2005; Kurtoğ lu, 2006; Elmacı ve diğ ., 2007; Özmen ve diğ . 2008; Fernandes ve diğ ., 2008; Öztürk ve diğ . 2008; Pote ve diğ ., 2008, Praveena ve diğ . 2008, Öztürk ve diğ ., 2009; Arslan ve diğ . 2010; Katip, 2010; Katip ve diğ . 2012a; Katip ve diğ . 2012b; Katip ve diğ . 2013; Karaer ve diğ . 2013; Semiz 2014).

Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Marmara Bölgesi'nde yer alan ve Bursa İli'nin önemli su kaynaklarından biri olan Uluabat Gölü sucul ekosistem yönünden Türkiye'nin ve Dünya'nın

en zengin göllerinden biridir (Aksoy ve Özsoy, 2002). Gölü besleyen ana kaynak Mustafakemalpaşa Çayı'dır. Uluabat Gölü'nü besleyen havzadan kaynaklanan birçok evsel ve endüstriyel atık su, tarımsal faaliyetlerden ve açık madencilikten kaynaklanan büyük miktarlarda sediman kökenli kirleticiler (askıda katı maddeler), besin elementleri, pestisitler ve ağır metaller gölü kirletmektedirler (İleri, 2010; Katip ve diğ., 2013; Katip ve Karaer, 2013; Karaer ve diğ., 2014). Ayrıca, sulama amaçlı olarak kullanılan Uluabat Gölü'nde mevsimsel olarak yapılan bilimsel çalışmalar Uluabat Gölü'nün besin maddeleri yönünden kirlendiğini ve bu nedenle de ötrofik ve bazı bölgelerinin de hiperötrofik seviyede olduğunu göstermiştir (Elmacı ve diğ., 2009; Akdeniz ve diğ., 2011; Katip ve Karaer, 2013; İleri ve diğ., 2014a; Karaer ve diğ., 2014).

Bu çalışmada, Uluabat Gölü'nde kirletici kaynaklara olan uzaklıklar, farklı derinlikler ve hidrodinamik özellikler göz önüne alınarak seçilen 5 farklı istasyondan 2003-2004 (1. dönem) ve 2008-2009 (2. dönem) yıllarında aylık olarak alınan su örneklerinde Bor (B), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Nikel (Ni) elementlerinin suda çözünmüş formlarının yıllar arasındaki değişiminin ve bu değişimin nedenlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı

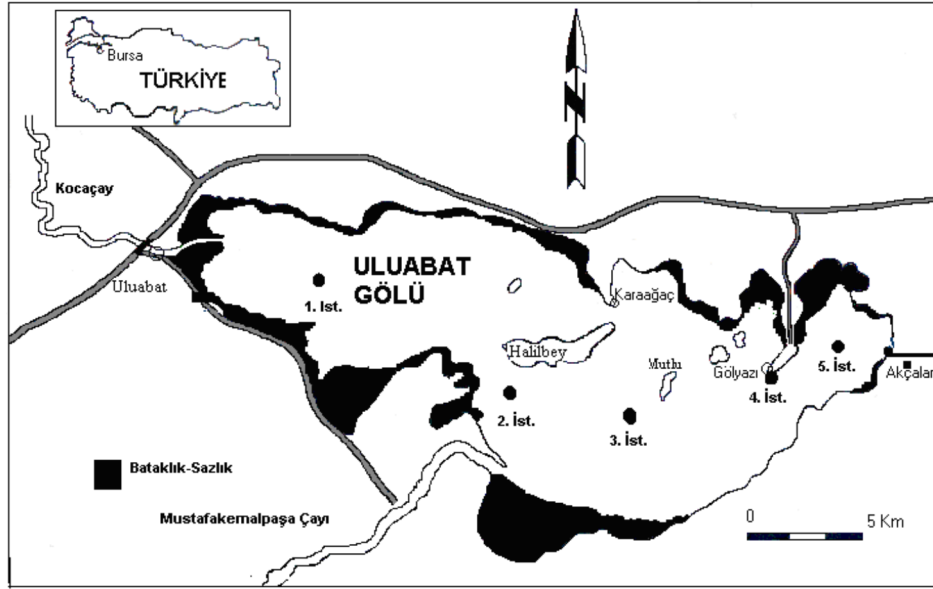
Uluabat Gölü, Marmara Denizi'nin güneyinde ve Bursa İli'nin sınırları içerisinde (40°10'K, 28°36' D) yer almaktadır. Ortalama 2,5 m derinlikte tipik bir sığ göl olan Uluabat Gölü'nde yaz aylarında su derinliği 0,5-1 m'ye kadar düşerken, kış aylarında maksimum 4,5 m ölçülmüştür. Gölü besleyen en önemli su kaynağı Mustafakemalpaşa Çayı'dır. Ayrıca, göl yakın çevresinden drene olan ufak dereler, sulama kanalları ve drenaj sularıdır (Katip ve diğ., 2013; İleri ve diğ., 2014a; İleri ve diğ., 2014b). Göl suları Uluabat Çayı ile drene olarak Susurluk Çayı ve Nilüfer Çayı ile birleşir nihayetinde Marmara Denizine Kocasu Çayı ismi ile dökülür. Ancak, boşalım ayağı her zaman gölü drene edemez, bazı özel hallerde Kocasu Çayı'nın akışı, gölü besler yönde ters doğrultudadır (Elmacı ve diğ., 2010; İleri, 2010; Anonim, 2011; Sarmaşık 2012).

Anadolu'ya kuzeybatıdan giren kuş göç yolu üzerinde yer alması, önemli kuş alanlarından Manyas Gölü'ne çok yakın mesafede bulunması, besin maddelerince oldukça zengin olması ve uygun iklim koşullarının var oluşuyla değişik türden kalabalık kuş gruplarının alanda beslenmesine, kışlamasına ve üremesine olanak sağlaması Uluabat Gölü'nü yalnızca ülkemizin değil, Avrupa ve Ortadoğu'nun da en önemli sulak alanlarından birisi yapmaktadır (Welch and Welch, 1998; Salihoğlu ve Karaer, 2004; Welch ve Gem, 2009). Göl ekolojik önemi nedeniyle 15.04.1998 tarih ve 23314 sayılı Resmi Gazete ile Çevre Bakanlığı tarafından RAMSAR (Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme) koruma bölgesi olarak belirlenip koruma altına alınmış ve ardından 4. Uluslararası EXPO 2000 konferansında Uluslar arası Yaşayan Göller Ağı arasına dahil edilmiştir (Dalkıran ve diğ., 2006; Elmacı ve diğ., 2008; Karaer ve diğ., 2009; Sarmaşık ve diğ., 2011). Gölde 9 familyaya ait 21 türden (*Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio*, *Leuciscus cephalus*, *Leuciscus birsthenicus*, *Alburnus alburnus*, *Barbus plebejus escherichi*, *Blicca bjorkna*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Vimba vimba taenella*, *Alosa maeotica*, *Clupeonella abrau muhlisi*, *Chalcalburnus chalcoides*, *Rhodeus amarus*, *Mugil cephalus*, *Proterorhinus marmoratus*, *Cobitis taenia*, *Esox lucius*, *Silurus glanis*, *Syngnathus abaster*, *Orthrias angorae*, *Gambusia affinis*) değişik balık türünün varlığı zenginliğin en önemli göstergelerindendir (Akdeniz ve diğ., 2011; Berber ve diğ., 2011; Çınar ve diğ., 2013).

Uluabat Gölü'nün korunması amacıyla 1999 yılında "Uluabat Gölü Yönetim Planı" başlatılmış ve 2002 yılında tamamlanarak uygulamaya aktarılmıştır. Yönetim Planı kapsamında 11 adet faaliyet hedefi konularak çalışmalar başlatılmıştır (Anonim, 2008).

## 2.2. Örnekleme Noktaları ve Örneklerin Alınması

Uluabat Gölü'nde çözülmüş formda bulunan iz element konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla gölü temsil edebilecek 5 farklı istasyondan su örneği alınmıştır (Şekil 1). 1. istasyon, gölün kuzeybatı ucunda yer alan Uluabat Gölüyağı açıklarından seçilmiştir. Bu istasyon yaz aylarında yoğun su otları ile kaplanmaktadır. Gölün drenajı, Uluabat'tan başlayan Gölüyağı (Kocasu) deresi ile Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır. Kocasu Deresi, Simav Çayı, Karadere ve Nilüfer Çayı'nı da aldıktan sonra denize dökülmektedir. Ancak, kış aylarında yükselen dere tersine akarak, kirlilik yükünü Uluabat Gölü'ne taşımaktadır. 2. istasyon hayvancılık yapılan gölün en büyük adası olan Halilbey Adası'nın güneyindedir. Bu istasyon aynı zamanda pek çok atıksu deş arjının yapıldığı Mustafakemalpaşa Çayı'nın göle karıştığı bölgenin yakınlarındadır. 3. istasyon Mutlu Adası'nın güneybatısında yer alan bir bölgeden seçilmiştir. 4. istasyon çeşitli süt ve deniz ürünleri işleyen tesislerin bulunduğu Gölyazı Köyü açıklarında yer almaktadır. 5. istasyon ise gölün doğusunda yer alan ve çeşitli mezbahaların bulunduğu Akçalar Köyü açıklarından seçilmiştir (Anonim, 2010).



Şekil 1:

*Uluabat Gölü'nün ve örnekleme istasyonlarının genel görünümü (Aksoy ve Özsoy 2002'den alınarak uyarlanmıştır).*

Gölün yüzeyinden alınan su örnekleri 1 litrelik koyu renkli daha önceden HNO<sub>3</sub> ve deiyonize su ile temizlenmiş olan polietilen (PE) şişelere aktarılmıştır. Örnekler aylık olarak alınmıştır ve izleme çalışması bir yıl sürmüştür. Toplanan örnekler kısa sürede analizlerin yapılacağı U.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarına ulaştırılmıştır (APHA, 1998; Anonim, 2010).

## 2.3. Analiz

Suda çözülmüş formda bulunan iz element analizleri için, gerekli miktarda su örnekleri laboratuvara getirildikten sonra, filtre edilmiş (0,45 µ) su örnekleri temizlenmiş cam şişelerde %2 (v/v) konsantr nitrik asit ile asitlendirilerek 4°C'de buz dolabında saklanmıştır (APHA 1998, Nguyenve diğ., 2005). 1. dönemde Krom (Cr), Kurşun (Pb), Nikel (Ni) konsantrasyonları Unicam 929 marka Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazı ile, B konsantrasyonları ise Dr. Lange

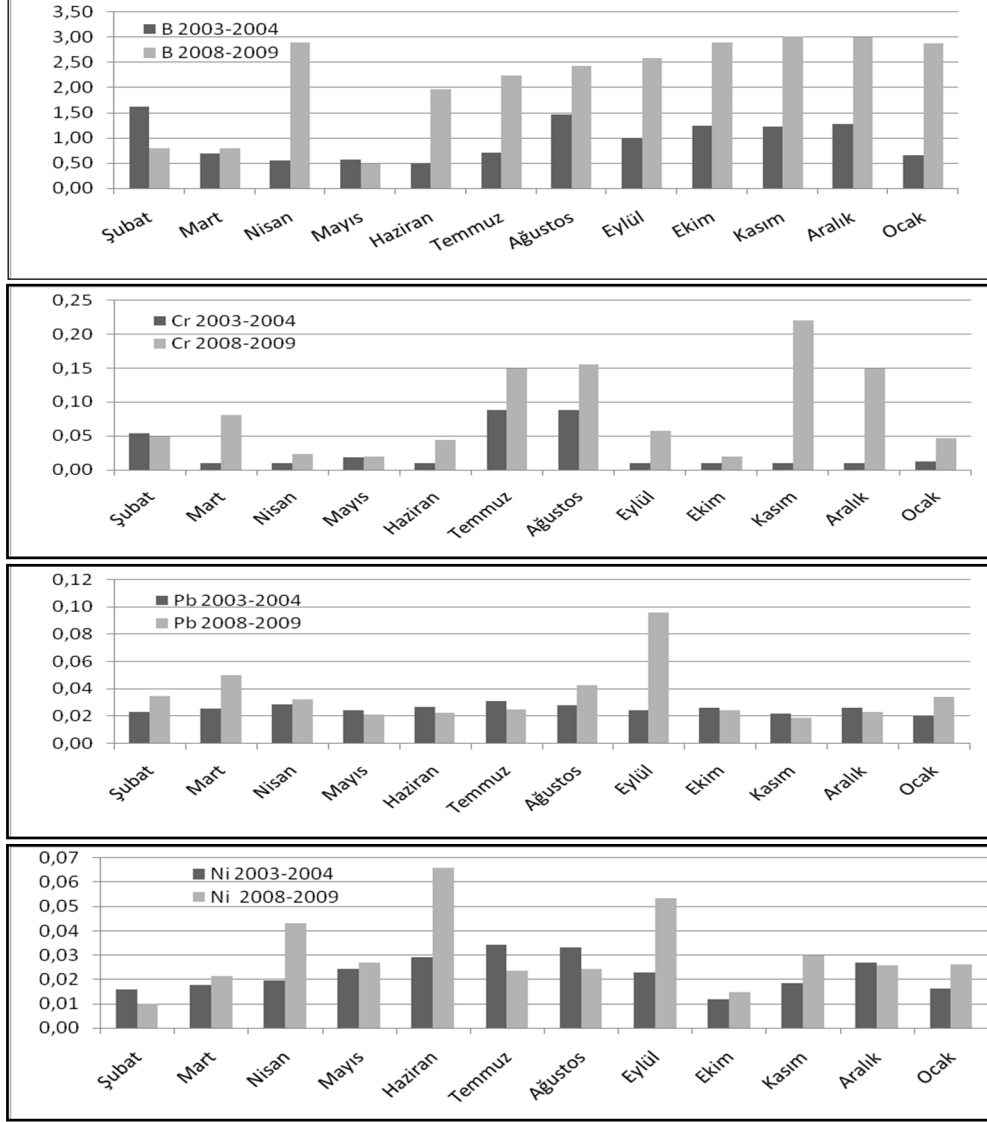
307 kiti ile belirlenmiştir (Elmacı ve diğ., 2007). 2. dönemdeki numunelerin ölçümleri VARIAN marka ICP-OES cihazının VISTA- MPX modeli kullanılarak yapılmıştır (Karaer ve diğ., 2013). Okumalar sırasında, elementlerin birbirlerine girişim yapmasını engellemek amacıyla, standartlar hazırlanırken üç farklı grup oluşturulmuştur. Oluşturulan gruplama şöyledir: 1. Grup; Fe, Zn, Cr, Mn, Ni, Cu. , 2. Grup; B, Cd, Pb. 3. Grup; As. 3. Grup elementi olan As, hidrür sistemi kullanılarak analiz edilmiştir. Standartların hazırlanmasında, 1000 µg/ml'lik (% 5 HNO<sub>3</sub>) standart stok çözeltisi kullanılmıştır. İz element konsantrasyon değerlerinin çok farklı büyüklüklerde olması sebebiyle düşük, orta ve yüksek olmak üzere ppb (mg/L) ve ppm (µg/L) seviyesinde, üç farklı standart seri hazırlanmıştır. Cihazının kalibrasyonu 500 ppm'lik Merck Mn çözeltisinden hazırlanan 5 ppm'lik çözelti kullanılarak yapılmıştır. Kalibrasyon esnasında, olabilecek genleşmeleri engellemek amacıyla, ortam sıcaklığının 25 °C olmasına dikkat edilmiştir (Katip, 2010; Karaer ve diğ., 2013). Elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır (Anonim, 2006a; Anonim, 2006b; Anonim, 2008; Katip ve Karaer, 2011).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Son yıllarda büyük bir ilgi alan ağır metal kirliliği, önemli bir kentsel çevre sorunudur. Özellikle madencilik ve cevher işleme prosesleri ile ilgili olan endüstri kuruluşları ağır metal kirliliğinin kaynağını oluştururken, diğer sanayi dallarından gelen kirlleticiler ile birlikte evsel kaynaklı kirlleticiler ve zirai faaliyetler de ağır metal kirliliği kaynaklarındandır (Sarmaşık ve diğ. 2011). Bu antropojenik faaliyetlerin yanında bazı ağır metaller (As, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, Se, Zn) su havzasının doğal toprak yapısından da yüzeysel sulara karışabilmektedir (Katip 2010). Seçilen istasyonlarda, belirlenen parametrelere ait konsantrasyonların aylık ortalamalarına göre değerlendirmeler yapılmıştır (Şekil 2). 1. dönemdeki B, Cr, Pb, ve Ni elementlerinin konsantrasyonlarının ortalama değerleri sırasıyla 0,9592, 0,021, 0,025, ve 0,022 mg/L ve büyüklük sıralaması B>Pb>Ni>Cr olarak belirlenmiştir. 2. dönemdeki ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 2,166, 0,0848, 0,0355 ve 0,0304 mg/L ve büyüklük sıralaması B>Cr>Pb>Ni şeklindedir. Tablo 1'de ölçülen iz element konsantrasyonlarının yıllık ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerleri verilmiştir. 2. dönemde ölçülen B, Cr ve Ni elementlerinin konsantrasyonlarının Şubat ayında, B ve Ni değerlerinin ise ilkbahar sonu ile yaz aylarında geçmiş yıllardaki verilere göre düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Pb konsantrasyonunun ise yaz ve sonbahar aylarında geçmiş yıllardaki verilere yakın konsantrasyon değerlerinde olduğu belirlenmiştir. Diğer aylardaki ölçüm sonuçları incelendiğinde, konsantrasyonların 2. Dönemde, 1. Döneme göre artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar ülkemizde yürürlükte olan Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'ne göre değerlendirildiğinde; B elementinin 1. dönemde sınır değere çok yakın konsantrasyonda bulunurken, 2. dönemde sınır değeri aşmış olduğu, Cr'un 2. sınıftan 3. sınıfa düştüğü, Pb (3. sınıf) ve Ni (2. sınıf) elementlerinin aynı kalite sınıfı değerleri aralığında kaldığı belirlenmiştir (SKKY, 2004). 2012 yılında yürürlüğe giren Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği ile karşılaştırıldığında, Pb (3. sınıf) ve Ni (2. sınıf) elementlerinin aynı kalite sınıfı değerleri aralığında kaldığı belirlenmiştir (YSKYY, 2012). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonları Tablosu ile karşılaştırıldığında B elementi 1. Dönemde duyarlı bitkiler için (Örneğin; Ceviz, Limon, İncir, Elma, Üzüm ve Fasulye) 3. Sınıfta ve orta derecede dayanıklı bitkiler için (Örneğin; Arpa, Buğday, Mısır, Yulaf, Zeytin ve Pamuk) 2. Sınıfta ve dayanıklı bitkiler (Örneğin; Şeker Pancarı, Yonca, Bakla, Soğan, Marul ve Havuç) için ise 1. Sınıfta bulunurken, 2. Dönemde duyarlı bitkiler için 5. Sınıfta, orta derecede dayanıklı bitkiler için 3. Sınıfta ve dayanıklı bitkiler için ise 3. Sınıfta bulunmuştur. Cr, Pb ve Ni elementlerinin her iki dönemde de tüm zemin cinslerinde sürekli sulama yapılması durumunun da kullanılan sınır değerlerin altında bulunduğu belirlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe Göre B, Pb ve Ni'nin her iki dönemde de sınır değerleri aşmış

olduğ u, Cr'nin ise 1. Dönemde sınır değ erin altında, 2. Dönemde bu değ eri aşmış olduğ u belirlenmiştir (Anonim, 1991; Anonim, 2005).



Ş ekil 2. Su örneklerinde ölçülen iz element konsantrasyonları (mg/L).

Tablo 1. İz Element Konsantrasyonlarının Yıllık Ortalama, Standart Sapma, Maksimum ve Minimum Değ erleri

İ z element (mg/L)	2003-2004		2008-2009	
	Ort±std	Mak-Min	Ort±std	Mak-Min
B	0,959±0,378	1,628-0,503	2,167±0,909	3,025-0,480
Cr	0,028±0,030	0,088-0,01	0,085±0,064	0,221-0,019
Pb	0,026±0,003	0,031-0,020	0,036±0,020	0,096-0,019
Ni	0,022±0,007	0,034-0,012	0,030±0,015	0,066-0,010

Çalışma sonuçları uluslararası standartlarla (WHO ve USEPA) karşılaştırıldığında; B elementinin Dünya Sağlık Örgütü (WHO) değerlerine göre her iki dönemde de yüksek değerlerde olduğu ortaya çıkmıştır. Ni konsantrasyonlarının Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) sınır değerlerine göre zamansal olarak değişmediği, ancak WHO değerlerine göre artış gösterdiği belirlenmiştir. Pb elementinin her iki dönemde de WHO sınır değerlerine göre yüksek olduğu ve EPA kriterlerine göre kronik etki seviyesinde olduğu gözlenmiştir. Cr konsantrasyonlarının 1. dönemde EPA kriterlerine göre düşük seviyedeysen, 2. dönemde kronik etki seviyesinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2, Anonim, 2006a; Anonim 2006b).

**Tablo 2. İz Element Konsantrasyonlarının Ulusal ve Uluslararası Standartlarla Karşılaştırılması (Anonim, 1991; SKKY, 2004; Anonim, 2005; Anonim, 2006a; Anonim, 2006b, Anonim 2012)**

Ulusal ve Uluslararası Standartlar	Sınıfı	B (mg/L)	Cr (mg/L)	Pb (mg/L)	Ni (mg/L)	
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Kıta içi Su Kaynakları Kriterleri	I	1	0,02	0,01	0,02	
	II	1	0,05	0,02	0,05	
	III	1	0,2	0,05	0,2	
	IV	> 1	> 0,2	> 0,05	> 0,2	
Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği	I			0,01	0,02	
	II			0,02	0,05	
	III			0,05	0,2	
	IV			> 0,05	> 0,2	
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Sulama Suyu Kriterleri	Duyarlı Bitkiler	I	0.33'ten az			
		II	0.33-0.67			
		III	0.67-1.00	0.1*	5*	0.2*
		IV	1.00-1.25			
		V	1.25'ten fazla			
Orta Derecede Dayanımlı Bitkiler	I	0.67'den az				
	II	0.67-1.33				
	III	1.33-2.00	0.1*	5*	0.2*	
	IV	2.00-2.50				
	V	2.50'den fazla				
Dayanımlı Bitkiler	I	1.0'den az				
	II	1.00-2.00				
	III	2.00-3.00	0.1*	5*	0.2*	
	IV	3.00-3.75				
	V	3.75'ten fazla				
İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik	Tek Değer	1	0,05	0,01	0,02	
Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standardı (WHO)	Tek Değer	0,5	...	0,01	0,02	
Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA)	Akut Etki Kriteri	Tek Değer	...	0.57	0.065	0.47
	Kronik Etki Kriteri	Tek Değer	...	0.074	0.0025	0.052

\* Her türlü zemin için

#### 4. SONUÇ

Uluabat Gölü, hem sucul bitkiler, hem de balık ve kuş varlıkları açısından ülkemizin zengin göllerinden biridir. Göl ekolojik önemi nedeniyle 1998 yılında ülkemizde bulunan 13 Ramsar alanı içerisine dahil edilmiştir. Ramsar alanı olarak belirlenip koruma altına alınmış olan Uluabat Gölü'nde sudaki iz element kirliliğinin yıllar bazında değ iştiğ i ve artma eğ iliminde olduğ u belirlenmiştir. İncelenen elementler arasında borun her iki dönemde de en yüksek konsantrasyonda olduğ u görülmüştür. Ulusal ve uluslararası standartlar açısından kalite sınıflarının düştüğü ve insani tüketim ve kullanım açısından uygun olmadığı görülmüştür. Ayrıca, genel olarak meyve (duyarlı bitki) üretiminin yapıldığı Uluabat Gölü çevresinde bu bitkiler açısından su kalitesinin oldukça düşmüş olduğ u da belirlenmiştir.

Yapılan değ erlendirmeler sonucunda kirlilik değ işimine mevsimsel faktörlerin, endüstriyel deş arjların ve tarımsal faaliyetlerin etkili olduğ u görülmektedir. Özellikle B elementinin yüksek bulunmasının nedeni, Uluabat Gölü Havzasının jeolojik yapısının bu element açısından zengin olması ve B işletme tesislerinin bu havzada yer almasından kaynaklanmaktadır. Göl su kalitesinin artırılabilmesi için düzenli aralıklarla izlenmesi ve Uluabat Gölü Yönetim Planı'nın iz elementler ve diğ er kirlilik parametreleri açısından hayata geçirilebilmesi için noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarının kontrol edilmesine yönelik bilimsel ve teknik çalışmaların tüm kuruluşların katılımcı yaklaşımı ile birlikte ve tüm havzayı içine alabilecek şekilde sürdürülmesi gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. Akdeniz, S., Karaer, F., Katip, A. and Aksoy, E. (2011) A GIS-based method for shallow lake eutrophication assessment. *J. Biol. Environ. Sci.*, 5, 195-202.
2. Aksoy, E. and Özsoy, G. (2002) Investigation of multi-temporal landuse/cover and shoreline changes of the Uluabat Lake Ramsar Site using RS and GIS. *In: International Conference on Sustainable Land Use and Management*, Çanakkale, Turkey, 318-325.
3. Anonim (1991) Su Kirliliğ i Kontrolü Yönetmeliğ i Teknik Usüller Tebliğ i Resmi Gazete; 7 Ocak 1991, Sayı 20748.
4. Anonim (2005) Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular. TS 266/Nisan 2005, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
5. Anonim (2006a). USEPA *National Recommended Water Quality Criteria Correction Office of Water*, EPA 822-z-99-001, p. 25.
6. Anonim. (2006b). WHO, *A Compendium of Drinking-Water Quality Standards in The Eastern Mediterranean Region*.
7. Anonim (2007) Uluabat Gölü Sulak Alan Yönetim Planı (2003-2007-2011), Bursa İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Doę a Koruma ve Milli Parklar Ş ube Müdürlüğü, 172s.
8. Anonim (2008) İklim değ işikliğ i ve yapılan çalışmalar. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığ ı Doę a Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, 101s.
9. Anonim (2010) Ağ ır Metal ve İz Element Kirliliğinin Sığ Göllerde Modellenmesi ve Ekolojik Etkisi, Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Feza Karaer, Proje No: M-2007/27, 2007-2010, Bursa.
10. Anonim (2011) Uluabat Gölü Su Kalitesinin Modellenmesinde Ağ ır Metal ve Bazı İz Elementlerin Değ erlendirilmesi, *TÜBİTAK Projesi*, Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Feza Karaer, Proje No: 107Y278. Aralık 2011, Bursa.



11. Anonim (2012) Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği 28483sayılı Resmi Gazete.
12. Anonim (2013) *Sulak Alanlar*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, 160s
13. APHA (1998) *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition*. American Public Health Association, Bultimore.
14. Arslan, N., Koç, B., Çiçek, A. (2010). Metal contents in water, sediment, and Oligochaeta-Chironomidae of Lake Uluabat, a Ramsar site of Turkey. *The Scientific World Journal*, Volume: 10, 88-99.
15. Barlas, N., Akbulut, N., Aydoğan, M. (2005). Assessment of heavy metal residues in the sediment and water samples of Uluabat Lake, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume: 74, Issue: 2.
16. Begüm, A., Amin, N., Kaneco, S. and Ohta, K. (2005) Selected elemental composition of the muscle tissue of three species of fish, *Tilapia nilotica*, *Cirrhinamrigala* and *Clarius batrachus*, from the fresh water Dhanmondi Lake in Bangladesh. *Food Chemistry*, 93(3), 439–443.
17. Berber S., Şaşlı, H., Topkara, E.T. ve Cengiz, Ö. (2011). Apolyont Gölü (Bursa) Balık Faunasının Belirlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 26: 27-55.
18. Çınar Ş., Küçükkara, R., Balık, İ., Çubuk, H., Ceylan, M., Erol, K.G., Yeğen, V. ve Bulut, C. (2013). Uluabat (Apolyont) Gölü'ndeki Balık Faunasının Tespiti, Tür Kompozisyonu ve Ticari Balıkçılığın Türlere Göre Dağılımı, *Journal of Fisheries Sciences.com*, 7(4): 309-316.
19. Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Dere, Ş., Şentürk, E. and Torunoğlu, T. (2006) Factors Affecting the Current Status of a Eutrophic Shallow Lake (Lake Uluabat, Turkey): Relationships Between Water Physical and Chemical Variables. *Chem. Ecol.*, 22, 279-298.
20. Elmacı, A., Teksoy, A., Topaç, F. O., Özengin, N., Kurtoğlu, S. and Başkaya, H. S. (2007) Assessment of heavymetals in Lake Uluabat, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 6(19), 2236-2244.
21. Elmacı, A., Teksoy, A., Topaç, F.O., Özengin, N. Ve Başkaya, H. S. (2008) Uluabat Gölü'nün Mikrobiyolojik Özelliklerinin Mevsimsel Değişiminin İzlenmesi. *U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 13(1), 93-103.
22. Elmacı, A., Özengin, N., Teksoy, A., Topaç, F. O., and Başkaya, H. S. (2009) Evaluation of Trophic State of Lake Uluabat, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 30 (5), 757-760.
23. Fernandes, C., Fontainhas-Fernandes, A., Cabral, D. And Salgado, M. A. (2008) Heavy metals in water, sediment and tissues of Lizasaliens from Esmoriz-Paramos lagoon, Portugal. *Environ. Monit. Assess.*, 136, 267–275.
24. Güven, K., Özbay, C., Ünlü, E. and Satar, A. (1999) Acute lethal toxicity and accumulation of copper in *Gammarus pulex* (L.) (Amphipoda). *Tr. J. of Biology*, 23, 513–521.
25. 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.
26. İleri, S., Karaer F., Katip, A. and Onur, S. (2014a). Sığ göllerde su kalitesi değerlendirmesi, Uluabat Gölü örneği. *U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 47-57.
27. İleri, S., Karaer, F., Katip, A., Onur, S. and Aksoy, E. (2014b) Assessment of some pollution parameters with geographic information system (GIS) in sediment samples of Lake Uluabat, Turkey. *JBES-Journal of Biological and Environmental Sciences* (Kabul Edilmiştir).

28. İ naç, S. (2001) Kahramanmarař Türkođ lu Gavur Gölü sulak alanında yaban hayatı, *Türkiye Ormancılar Derneđ i, I. Ulusal Ormancılık Kongresi Bildiri Kitabı*, Ankara, 536-543.
29. Karaer, F. Katip, A., İ leri, S., Sarmař ık, S., Aksoy, E., Öztürk, C. (2014) The Spatial and Temporal Changes in Water Quality Parameters of a Shallow Lake, *Environmental Engineering and Management Journal* (In Press).
30. Karaer, F. Katip, A., İ leri, S., Sarmař ık, S. and Aydođ an, N. (2013) Dissolved and particulate trace elements configuration: Case study from a shallow lake, *International Journal of Physical Sciences*, 8(24), 1319-1333.
31. Karaer, F., Katip, A., Aksoy, E., İ leri, S. and Sarmař ık, S., (2009) Sulak alanların önemi, sorunları ve Uluabat Gölü. *Türkiye Sulak Alanlar Kongresi*, s: 81-87, Eskikaraađ aç Köyü, Bursa.
32. Katip, A. (2010) Uluabat Gölü Su Kalitesinin İ zlenmesi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliđ i Bölümü Doktora Tezi, Bursa.
33. Katip, A. and Karaer, F. (2011) Uluabat Gölü Su Kalitesinin Türk Mevzuatına ve Uluslar Arası Kriterlere Göre Değerlendirilmesi, *U.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(2), 25-33.
34. Katip, A. and Karaer, F. (2013) Research on the non-pointpollution loads in the Lake Uluabat Basin. *Journal of Environmental Protection*, 4, 29-37.
35. Katip, A., Karaer, F., Bař kaya, H. S., İ leri, S. and Sarmař ık, S.(2012a) Fraction distribution and risk assessment of heavy metals and trace elements in sediments of Lake Uluabat, *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(9), 5399-5413.
36. Katip, A., Karaer, F., İ leri, S. and Sarmař ık, S. (2013) Uluabat Gölü'nde iz metallerin askıda katı madde ile su arasındaki dağılımının araş tırılması. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28(4), 865-874.
37. Katip, A., Karaer, F., İ leri, S., Sarmař ık, S., Aydođ an, N. And Zenginay, S.(2012b) Analysis and assessment of trace elements pollution in sediments of Lake Uluabat, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 33(5), 961-968.
38. Korkanç Yař ar, S. (2004) Sulak Alanların Havza Sistemi İ çindeki Yeri. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 6(6), 117-124.
39. Kurtoğ lu, S. (2006) Uluabat Gölü Sedimentinde Bazı Kimyasal Parametrelerin Belirlenerek Mevsimsel Değerış imlerinin İ ncelenmesi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
40. Nguyen, H. L., Leermakers, M., Osán, J., Török, S. and Baeyens, W. (2005) Heavy metals in Lake Balaton: water column, suspended matter, sediment and biota. *Science of the Total Environment*, 340(1-3), 213-230.
41. Olgunoğ lu, M. P. P. ve Polat, S. (2007) İ skenderun Körfezi'nde dağılım gösteren iki makroalg türünde [Cystoseiracorniculata (Phaeophyta), Laurenciapapillosa (Rhodophyta)] ağır metallerin mevsimsel değerış imi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 24(1-2), 25-30.
42. Özmen, M., Ayas, Z., Güngördü, A., Ekmekci, G. F. and Yerli, S. (2008) Ecotoxicological assessment of water pollution in Sariyar Dam Lake, Turkey. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70, 163-173.
43. Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O. and Minareci, E. (2008) Determination of heavymetals in of fishes, water and sediment from the Demir köprü Dam Lake (Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences*, 2(3), 99-104.

44. Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O. and Minareci, O. (2009) Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. *Iranian Journal of Environmental Health, Science and Engineering*, 6(2), 73-80.
45. Pote, J., Haller, L., Loizeau, J.L., Bravo, A. G., Sastre, V., and Wildi, W. (2008) Effects of a sewage treatment plant outlet pipe extension on the distribution of contaminants in the sediments of the Bay of Vidy, Lake Geneva, Switzerland. *Bioresource Technol.*, 99, 7122–7131.
46. Praveena, S. M., Radojevic, M., Abdullah, M. H. And Aris, A. Z. (2008) Application of sediment quality guidelines in the assessment of *Health. Sci. Eng.*, 5 (1): 35–42.
47. Salihoglu, G. and Karaer, F. (2004) Ecological risk assessment and problem formulation for Lake Uluabat, a Ramsar State in Turkey. *Environmental Management*, 33(6), 899-910.
48. Sarmaşık, S. (2012) Uluabat Gölü Hidrodinamik Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
49. Sarmaşık, S., Karaer, F., Katip, A., İleri, S. and Aksoy, E. (2011) Uluabat Gölü su ve sedimentinde bazı ağır metallerin coğrafi bilgi sistemi ile değerlendirilmesi, 9. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Samsun.
50. Semiz, G.D. (2014) Sulama suyu açısından Bor içeriğinin değerlendirilmesi: Uluabat gölünü besleyen Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çayları, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, (11)1: 98-105.
51. Shamyarira, K. K. and Gumbo, J. R. (2014) Assessment of heavy metals in municipal sewage sludge: a case study of Limpopo Province, South Africa. *J. Environ. Res. Public Health*, 11(3), 2569-2579.
52. SKKY (2004) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
53. Welch, H. and Gem, A. (2009) *Uluabat Gölü fakat ne zamana kadar?* Türkiye Sulak Alanlar Kongresi Bildiriler Kitabı, 43-44.

Makale 09.10.2014 tarihinde alınmış, 19.12.2014 tarihinde düzeltilmiş, 22.12.2014 tarihinde kabul edilmiştir.

