

## Eğirdir Gölü Su Kalitesine Yönelik Ön Bulgular: Yerinde Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Şehnaz ŞENER<sup>1\*</sup>, Erhan ŞENER<sup>2</sup>, Ayşen DAVRAZ<sup>1</sup>,  
Remzi KARAGÜZEL<sup>3</sup>, Cafer BULUT<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü / İSPARTA

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi / İSPARTA

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü / İSTANBUL

<sup>4</sup>Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eğirdir / İSPARTA

Alınış tarihi:16.10.2009, Kabul tarihi:24.02.2010

**Özet:** Göller Bölgesi içerisinde yer alan Eğirdir Gölü Türkiye'nin ikinci büyük tatlı su gölüdür. Göl içme - sulama suyu, turizm ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi amaçlarla kullanımı sebebiyle ülkemiz için büyük bir öneme sahiptir. Ancak, göl havzası içerisindeki tarımsal, endüstriyel ve evsel atıklar gölün su kalitesinde olumsuz değişime neden olmaktadır. Bu çalışma ile Mayıs-2009 tarihinde Eğirdir Gölü su kalitesinin belirlenmesine ilk adım olarak, sistematik bir şekilde belirlenen 48 lokasyonda göl suyunun sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen (ÇO) ve seki disk derinliği değerleri yerinde ölçümler ile belirlenmiştir. Ayrıca, belirlenen 6 lokasyonda derinliğe bağlı sıcaklık, pH, EC ve ÇO değerleri ölçülerek grafikleri hazırlanmıştır. Elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve her bir parametre için Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği kullanılarak tematik haritaları hazırlanmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre göl suyu sıcaklığı ortalama 25,2 °C, pH değeri ortalama 9,0, EC değerleri ortalama 391 µmhos/cm, çözülmüş oksijen değerleri ortalama 8,3 mg/l ve ortalama seki disk derinliği ise 2,1 m olarak belirlenmiştir. Bu değerler, Schoeller içme suyu diyagramı ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre göl sularının çok iyi kaliteli sular özelliğinde ve I. sınıf su karakterinde olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışma sonucunda, ölçümlerin periyodik olarak tekrarlanması göl su kalitesinin sürdürülebilir bir şekilde korunması için zorunlu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Eğirdir Gölü, Su kalitesi, Yerinde Ölçümleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri

## Preliminary Findings In Eğirdir Lake Water Quality: Assessment of In-Situ Measurements

**Abstract:** The Eğirdir Lake is located within the Lake District and it is the second largest fresh water lake of the Turkey. The Lake have quite importance for our country because of using different aims such as drinking-irrigation water, tourism, fishing. However, agricultural, industrial and domestic wastes are the main causes of the degradation of water quality. In this study, temperature (°C), pH, conductivity, dissolved oxygen and depth of secchi-disc values were determined with in-situ measurement in the systematically decided 48 location as the first step to determine water quality of the Eğirdir Lake during May 2009. Also, temperature, pH, conductivity and dissolved oxygen were measured in different dept and 6 locations, and then related graphs were prepared. Obtained data were evaluated by using Geographic Information Systems (GIS) and thematic map of the each parameter was derived using Inverse Distance Weighted Technique (IDW). According to measurement results, average lake water temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, depth of secchi-disc values were determined as 25,2 °C, 9,0, 391 µmhos/cm, 8,3 mg/l, 2,1 m respectively. These data shows that the lake water has very good quality and in class of I according to Schoeller drinking water diagram and Regulation of water pollution control. It is concluded that, the measurements should be repeated periodical to protection of sustainable lake water quality.

**Keywords:** Eğirdir Lake, Water Quality, In-situ Measurements, Geographic Information Systems

## Giriş

Su, insanların en temel gereksinimi olması ve her türlü ekonomik faaliyetlere kaynak olması özelliği ile ulusların devamlılığı için yaşamsal bir kaynaktır. Sosyal ve ekonomik faaliyetlerin devamı büyük ölçüde temiz ve yeterli su kaynağına sahip olmaya bağlıdır. Ülkemizde de hızla artan nüfusa paralel olarak su ihtiyacı giderek artmaktadır. Bugün kişi başına su tüketimi halen 1400 m<sup>3</sup>/yıl ile dünya ortalamasının (7600 m<sup>3</sup>/yıl) çok gerisinde olmakla birlikte yapılan çalışmalarda 2030 yılında ülkemizde su kıtlığı olacağı öngörülmektedir (Tomar, 2009). Ülkemizdeki yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının birçoğu günümüzde kirlenmişliğin ötesinde yok olmak üzeredir. İznik Gölü gerek tarımda kullanılan gübreler, pestisidler ve gerekse

evsel ve endüstriyel atıklarla hızla kirlenmektedir. Yapılan çalışmalar, göldeki aşırı alg patlamasının ve gölden çekilen ağlarda aşırı otlama görüldüğünü, gölün ekolojik dengesinin hızlı bir şekilde değişmeye başladığını ve birkaç yıl içinde gölün ötrofik karakter kazanacağını göstermektedir (Erk'akan ve Özeren, 2004). Ulubat Gölü'nün ötrofikasyon kontrolüne yönelik yapılan modelleme çalışmasında göle 4grP/m<sup>2</sup>/yıl'lık fosfor girişinin olduğunobelirlenmiştir. Bu durum gölün tarımsal aktivitelerden yoğun bir şekilde etkilendiğinin göstermektedir (Aksoy vd., 2006). Beyşehir Gölü ile ilgili yapılan çalışmalar ile göl havzasındaki yoğun tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve ilaçların, yeraltısuyu, sulama kanalları ve dereler ile direkt olarak göle karıştığı

belirlenmiştir. Özellikle su kanalları ve dereler ile gelen sular göl için ciddi kirlilik kaynaklarıdır (Nas vd., 2008).

Genel olarak su kirliliği, kentsel atıklardan, sanayiden, tarımsal faaliyetlerden, taşımacılık, termik ve nükleer santrallerden kaynaklanmaktadır (Ellis vd., 1989; Ünlü vd., 2008). Çeşitli nedenlerle yüzey sularının su kalitesinin bozulması su kalitesi araştırmalarına her geçen gün daha fazla önem kazandırmaktadır (Tepe, 2009). Göller sürekli alıcı ortam özelliği gösterdiği için çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenmektedirler. Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmakta ve yine akarsular yoluyla göllere ve denizlere ulaşmaktadır. Bu nedenle, doğal kaynaklardan temin edilen ve özellikle içme suyu olarak kullanılan göllerin su kalite özellikleri çok iyi bilinmeli ve sulardaki ekolojik denge korunmalıdır (Taş, 2006).

Eğirdir Gölü sulama, turizm ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi amaçlarla kullanımının yanı sıra özellikle Isparta ilinin içme suyu ihtiyacının yaklaşık % 90'lık bir kısmını karşılaması nedeniyle büyük bir öneme sahiptir (Anonim, 2005). Son zamanlarda suyun kalitesinin bozulduğuna dair bazı işaretler vardır. Bunlar, biyokütlede artış (ötrofikasyon işareti), görüntüde bozulmalar, planktonların azalması, balıkların azalması olarak sıralanabilir. Ayrıca, yapılan çeşitli bilimsel araştırmalarda göl sularında pestisit ve ağır metal gibi kirleticilerin konsantrasyonlarında artışlar gözlenmiştir (Beyhan, 2007).

Günümüze kadar Eğirdir Gölü çeşitli kurum-kuruluş ve üniversitelerde görev yapan araştırmacılar tarafından farklı konularda araştırılmıştır (Güneş, 2008; Güneş vd., 2001; Balık vd., 2007; Aydın, 1993; Atay ve Bulut, 2005; Irlayıcı, 1998; Karagüzel vd., 1995; Karahan, 1991; Kesici ve Kesici, 2006; Menengiç, 1991; Terzi, 2004; Yaman, 2007). Bu araştırmaların başında gölün su kalitesi ve ekolojik özellikleri gelmektedir. Yapılan literatür çalışmalarına göre su kalitesi incelemelerinde çeşitli sebeplerden dolayı yeterli sayıda örnekleme yapılamamıştır. Eğirdir Gölü yaklaşık 482 km<sup>2</sup>'lik yüzey alanına ve 3309 km<sup>2</sup>'lik beslenme havzası alanına sahiptir. Bu nedenle, göl havzası içerisindeki kirletici kaynaklar ile bu kaynakları göle taşınmaları yer yer değişiklik göstermektedir.

Bu çalışma, Eğirdir Gölü kirliliği ve su kalitesinin değerlendirilmesine yönelik olarak halen sürdürülen bir çalışmanın ilk verilerini oluşturmaktadır. Su kalitesi çalışmalarında yerinde yapılan ölçümler suyun orijinal yapısının bozulmadan bulunduğu yerdeki özelliklerini belirlemeye ve suyun fiziksel - kimyasal özellikleri hakkında anında veri teminine olanak sağladığından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca yerinde ölçümler sonucunda belirlenen su sıcaklığı, pH, EC, ÇO ve Seki Disk derinliği parametreleri diğer su kalitesi değerlendirme parametreleri ile doğrudan ilişkili

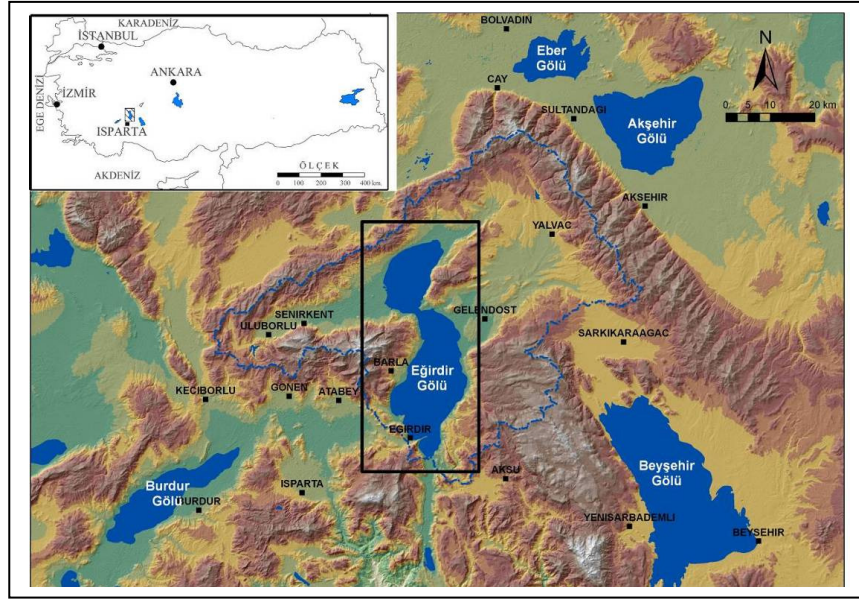
olduğundan bu veriler bir bakıma diğer analiz sonuçlarının elde edilmesi sürecinde ön bulguları oluşturmaktadır.

Yapılan çalışmada, göl su kalitesi ile ilgili daha net ve güvenilir verilerin elde edilmesi için kirletici kaynakların göle boşalım noktaları dikkate alınarak ve sistematik olarak belirlenen 48 lokasyonda ölçüm yapılmıştır. Yerinde ölçümlerden elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile değerlendirilerek su sıcaklığı, pH, EC, ÇO ve Seki Disk derinliği haritaları hazırlanmıştır. Elde edilen haritaların alansal dağılımları ile verilerin çeşitli istatistiksel değerlendirmeleri yine CBS ortamında yapılmıştır. Bu verilerin değerlendirilmesi göl su kalitesindeki değişimlere ışık tutması ve gelecekteki çalışmaların boyutlarının belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

## Materyal ve Metod

Eğirdir Gölü, Göller Bölgesi'nde bulunan Türkiye'nin dördüncü büyük gölü ve ikinci büyük tatlı su gölüdür (Şekil 1). 37° 50' 41" - 38° 16' 55" kuzey enlemleri ve 30° 57' 43" - 30° 44' 39" doğu boylamları arasında bulunan göl, K-G uzanımlı büyük bir çöküntü alanının kuzey sınırında rift tektoniğine bağlı olarak oluşmuştur (Yaman, 2007). Gölün uzunluğu 50 km, kıyı uzunluğu 150 km, en geniş yeri 16 km, en dar yeri ise 3 km' dir (Karagüzel vd., 1995). Deniz seviyesinden 915 metre yükseklikte bulunan göl ortalama 8-9 metre derinliğe sahiptir. Eğirdir Gölü'nün en derin noktası 13-14 metredir. Eğirdir Gölü'nde kemer boğazın kuzeyinde yer alan bölümü Hoyran, güneyinde yer alan bölümü Eğirdir olarak bilinmektedir (Kesici ve Kesici, 2006).

Havzada en önemli noktasal kaynaklı kirleticilerin başında evsel sıvı atıklar gelmektedir. Özellikle Eğirdir Gölü beslenme havzası içerisindeki bazı yerleşim merkezlerinin evsel sıvı atıkları arıtılmadan Pupa Çayı, Yalvaç Deresi ve Değirmen Çayı vasıtasıyla doğrudan Eğirdir Gölü'ne ulaşmaktadır. Gölün güneyinde bulunan Eğirdir ilçesi'ne ait atıksu arıtma tesisi İller Bankası tarafından tamamlanmış ve işletmeye alınmıştır. Ancak zaman zaman kollektör hattının bazı bölümlerinde meydana gelen oturmalarından dolayı borularda çatlamalar olduğundan atıksuların bir kısmı arıtma tesisine iletilmeden göle boşalmaktadır (Anonim, 1999). Havzada yeralan tarımsal alanlarda özellikle elma ve kiraz gibi meyveler yoğun olarak yetiştirilmektedir. Dolayısıyla havzada en önemli yayılı kirleticileri tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan yoğun pestisit ve gübre kullanımı oluşturmaktadır. Ayrıca, havza içerisinde düzensiz bir şekilde araziye bırakılmış evsel atıkların sızıntı suları ve Yalvaç Deri Organize Sanayisinin atıkları yüzeysel akış ile göle taşınarak göl su kalitesini tehdit etmektedir (Mutlutürk vd., 1991; Soyaslan, 2004; Seyman, 2005).



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Çalışma'da Eğirdir Gölü havzasında su kalitesini etkileyebilecek mevcut noktasal kirletici kaynaklar (kentsel atıksu, vahşi depolanan katı atıklar, endüstriyel kirleticiler, madencilik faaliyetleri vb.) ve yayılı kirletici kaynaklar (tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirleticiler vb.) dikkate alınarak 48 noktadan oluşan ölçüm ağı (Network) kurulmuş ve koordinatları Magellan Explorist 600 el GPS'ine yüklenmiştir. Bu ölçüm ağında yer alan istasyonlarından 2009-Mayıs ayında su sıcaklığı, pH, EC ve ÇO verilerinin toplanmasında Elmetron CX-401 ve YSI Professional Plus marka çok parametrelili portatif su kalitesi ölçüm cihazı ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Eğirdir Su Ürünleri Enstitüsü'ne ait tekne ve arazi aracı kullanılmıştır. Ayrıca, bu parametrelerin derinliğe bağlı değişimlerinin belirlenmesi amacıyla seçilen 6 farklı lokasyonda (30, 41,42, 43, 44 ve 45 numaralı istasyonlar) her 2,5 m su derinliğinde ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen veriler SPSS ve Microsoft Excel yazılımları ile değerlendirilerek çeşitli istatistik veriler ile grafikler hazırlanmıştır. Elde edilen tüm veriler CBS kullanılarak değerlendirilmiştir. Yeryüzünde mekana bağlı her türlü veriyi depolayan, sorgulayabilen, güncelleştiren ve analiz eden bir sistem olarak tanımlanan CBS, günümüzde büyük ve karmaşık veri setlerinin analizinde yoğun olarak kullanılmaktadır (Tecim, 2008).

Eğirdir Gölü su kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan yerinde ölçümlerine ait tematik haritaların hazırlanmasında "Ters Mesafe Ağırlıklı Entropolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted, IDW)" kullanılmıştır. IDW entropolasyon tekniği noktasal örnekleme verilerinden entropolasyonla grid üretmede yoğun olarak kullanılan bir yöntemdir ve interpolate edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır. Bu teknik interpolate edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örnekleme noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey

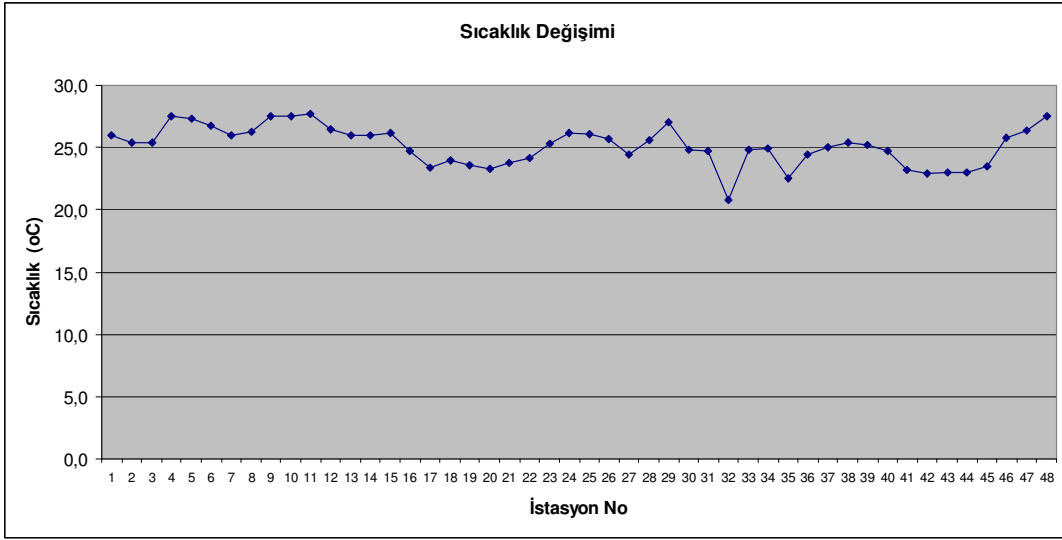
entropolasyonu yapmaktadır (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005). Göl sularının seki disk derinliği 20-30 cm çapında daire biçiminde, yarısı siyah yarısı beyaz boyalı yassı bir levha kullanılarak ölçülmüştür. Kullanılan levha ölçüm lokasyonunda su kolonu boyunca yavaşça aşağıya indirilmiş ve görüntünün kaybolduğu andaki derinlik "seki derinliği" olarak not edilmiştir.

## Bulgular

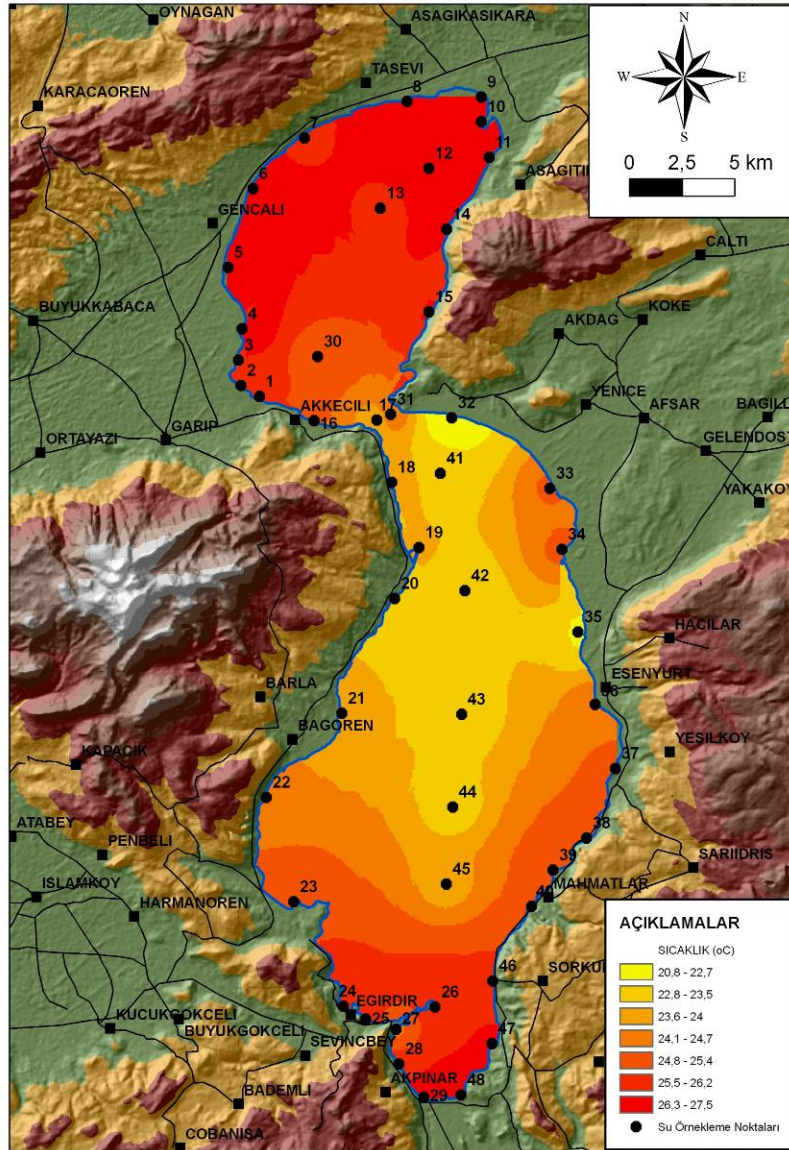
### Sıcaklık:

Sıcaklık göllerde tabakalaşmanın belirlenmesinde ölçülmesi gereken en önemli parametredir. Ayrıca, su kaynağındaki biyolojik ve kimyasal işlemleri etkilediğinden pek çok parametrenin konsantrasyonu değişmektedir (Ünlü vd., 2008). Yapılan sıcaklık ölçümleri ile göl suyu sıcaklığının 20,8 °C ile 27,7 °C arasında değişmekle birlikte ortalama su sıcaklığının 25,2 °C olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

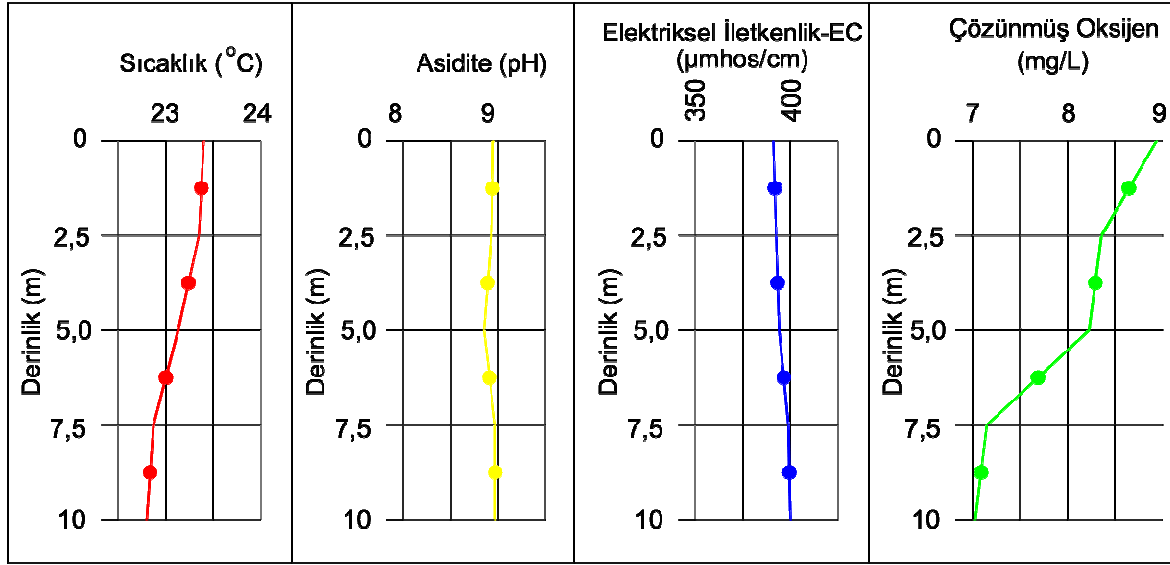
Su sıcaklığının en düşük olduğu bölge Gelendost ilçesi açıklarında olup bu bölgelerde göl dibindeki yeraltısuyu kaynaklarından büyük miktarlarda göle yeraltısuyu boşalımı olduğu bilinmektedir (Soyaslan, 2004; Davraz vd., 2008). En yüksek su sıcaklığı ise gölün kuzeydoğusunda yer alan 11 nolu istasyonda ölçülmüştür. Sıcaklık değişimlerinin alansal dağılımlarına bakıldığında, gölün Hoyran kesiminde su sıcaklığı daha yüksek iken orta kesimlerde su sıcaklıkları nispeten daha düşüktür (Şekil 3). Bu durumun gölün dibindeki yeraltısuyu boşalımının yanı sıra göl derinliğindeki değişimden de kaynaklandığı düşünülmektedir. Su sıcaklığının en düşük (20,8-22,7 °C) olan bölümleri göl alanının yaklaşık %1,06'lık bölümünü oluşturmakla birlikte su sıcaklığının en yüksek (26,3-27,5 °C) olduğu bölümler ise göl alanının yaklaşık % 17,03'lük bir bölümünü oluşturmaktadır. Ayrıca, sıcaklık değişimi gölün derinliğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Eğirdir Gölü'nde derinliğe bağlı olarak her 2,5 m'de yapılan yerinde ölçümler sonucunda sıcaklık değerlerinin derinlere indildikçe azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 2. Eğirdir Gölü sularının sıcaklık değişimleri



Şekil 3. Eğirdir Gölü sıcaklık dağılım haritası

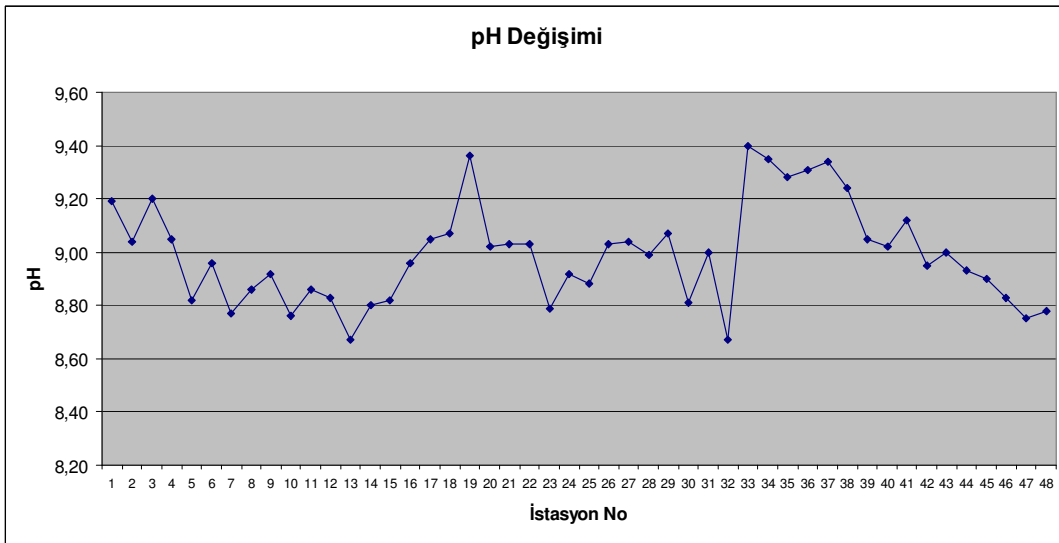


Şekil 4. Eğirdir Gölü'nde derinliğe bağlı ölçümlerden elde edilen ortalama sıcaklık, pH, EC, çözülmüş oksijen değerlerinin grafiği

#### Asidite (pH):

Asidite (pH) sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçüsüdür. Sudaki canlılar ve su hayatı için önemli bir parametre olup asit ve bazlar arasındaki dengeyi ifade eder. Doğal suların pH değerleri 4-9 arasında değişmektedir. Sulardaki pH değeri genellikle karbonat sistemi ile dengelenir (Atay ve

Bulut, 2005). Türk İçme suyu standartlarına göre (TSE 266, 1997) maksimum kabul edilen pH değeri 6,5-9,2 arasındadır. Göl sularında yapılan ölçümlere göre pH değerleri 8,67 ile 9,40 arasında değişmektedir. Ayrıca, ortalama pH değerleri 9.0 olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Eğirdir Gölü sularının pH değişimleri

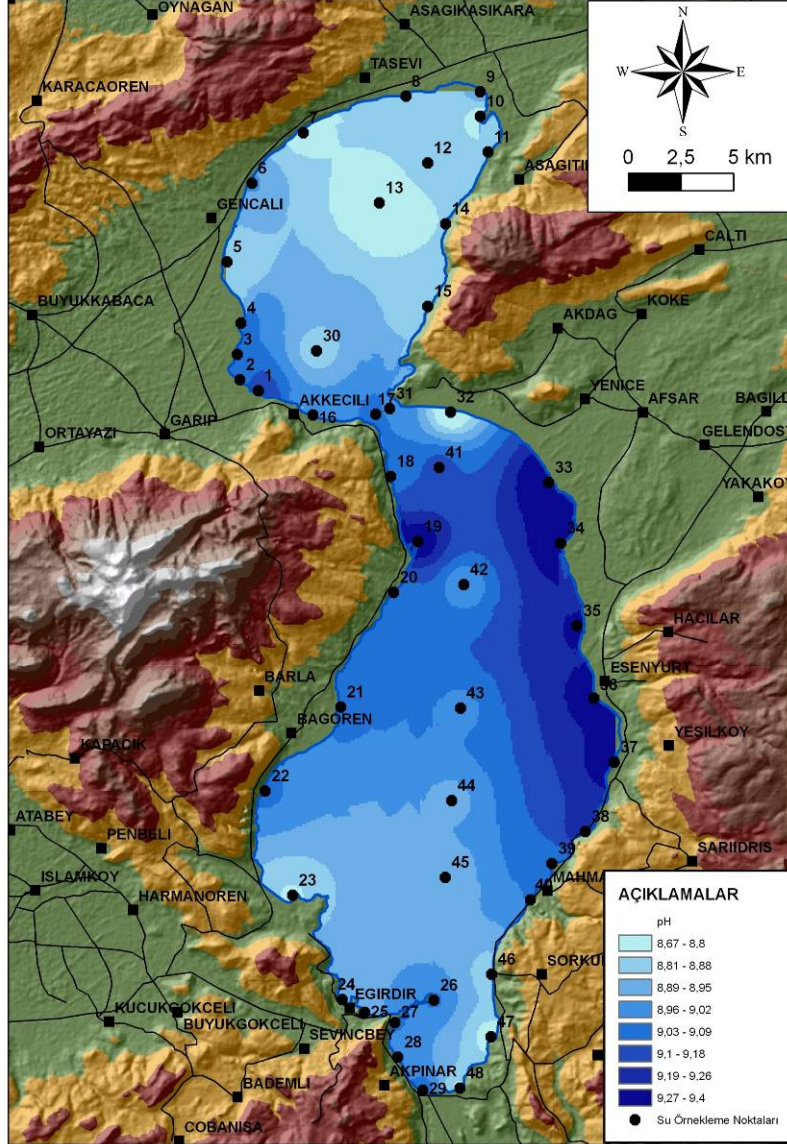
Eğirdir Gölünün pH değerleri benzer diğer göllere göre (Eymir Gölü, Hazar Gölü, Reyhanlı Yenişehir Gölü, Derbent Gölü) daha yüksektir. Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tipi hidrokimyasal fasiyese sahip sulardan oluşan Eğirdir Gölü'nün beslenme havzası içerisinde geniş ölçekte karbonatlı kayalar yüzlenmektedir. Kayaç-su etkileşimine bağlı olarak yeraltı ve yüzeyel akışlar sonucu karbonatlı sular göle boşalmaktadır. Bu nedenle pH değerlerinin yüksek olması, havzanın jeokimyasal yapısına bağlı doğal bir özelliktir (Güneş vd., 2001). Çalışmada en düşük pH değerleri, gölün Hoyran

kesiminin ortasında, 12 nolu istasyonda ve boğaz olarak adlandırılan bölgede 32 nolu istasyonda ölçülmüştür. En yüksek pH değeri ise gölün doğusunda yer alan 33 nolu istasyonda ölçülmüştür. Hazırlanan pH dağılım haritasına göre gölün batısında pH değerleri daha yüksek, güney ve kuzey kesimlerinde nispeten daha düşüktür (Şekil 6). Ayrıca, göl alanının yaklaşık % 6,04'lük bölümünü en düşük (8,67 - 8,80) pH değerine, yaklaşık % 4,8'lik bir bölümü ise en yüksek (9,27-9,40) pH değerine sahiptir. Farklı derinliklerden alınan ölçümler değerlendirildiğinde pH değerlerinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4).

**Çözünmüş Oksijen (ÇO)**

Çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu sudaki organik madde konsantrasyonu ve suyun kendi kendini ne derece temizleyebileceğini ifade ettiği gibi su ortamındaki canlıların yaşayabilme kalitesini de ifade eder (Ünlü vd., 2008).

Yapılan çalışmada Eğirdir Gölü'nde ölçülen ÇO değerleri 5,1 mg/l ile 11,2 mg/l arasında değiştiği ve ortalama ÇO değerlerinin 8,3 mg/l olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). En düşük ÇO değeri Hoyran kesiminin batısında Pupa Çayının döküldüğü bölgede yer alan 4 nolu istasyonda, en yüksek değer ise Hoyran kesiminin doğusunda yer alan 14 nolu istasyonda ölçülmüştür.



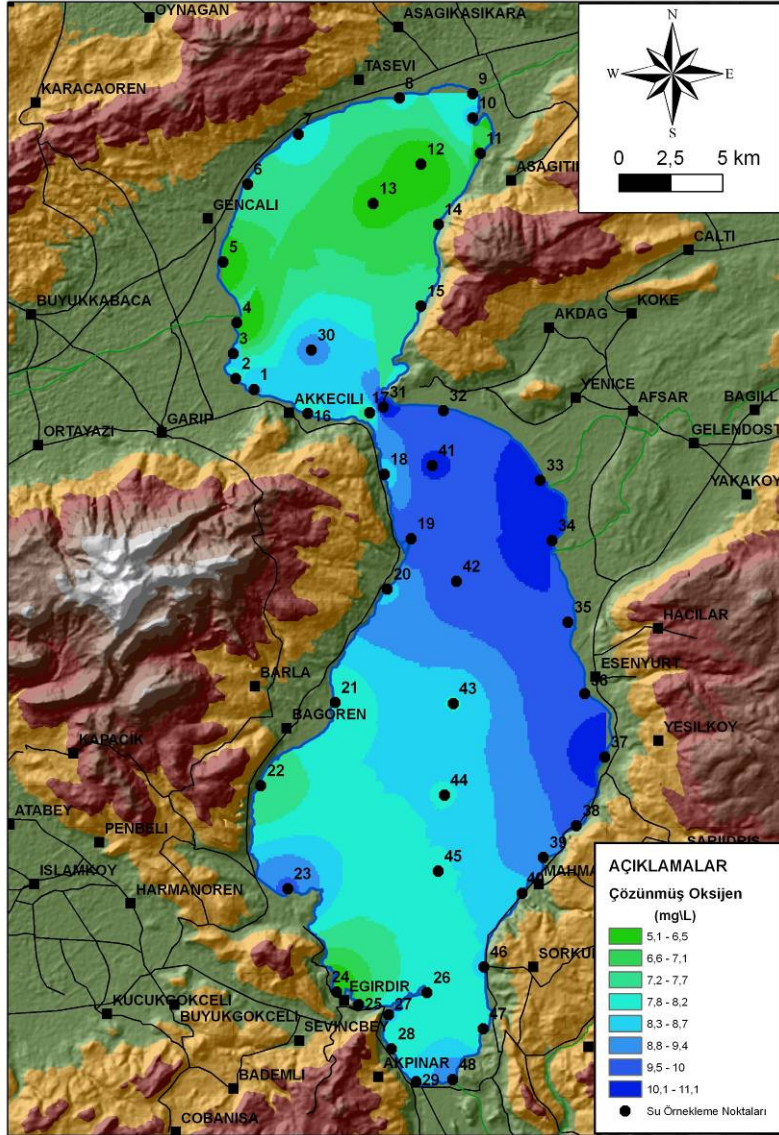
Şekil 6. Eğirdir Gölü pH dağılım haritası

Göl sularının ÇO değişimlerinin alansal dağılımlarına bakıldığında Eğirdir Gölü'nün doğusunda daha yüksek değerlere sahip iken gölün kuzey kesimlerinde nispeten daha düşük olduğu gözlenmektedir (Şekil 8). Eğirdir Gölü'nün en düşük ÇO değerlerine (5,1-6,5 mg/l) sahip

olan bölümleri göl alanının yaklaşık % 4,3'ünü oluştururken en yüksek ÇO değerleri (10,1-11,1 mg/l) göl alanının yaklaşık % 5,23'lük bir bölümüdür. Derinliğe bağlı yapılan ölçümler sonucunda derinlere inildikçe ÇO miktarının düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 7. Eğirdir Gölü sularının Çözünmüş Oksijen değişimleri



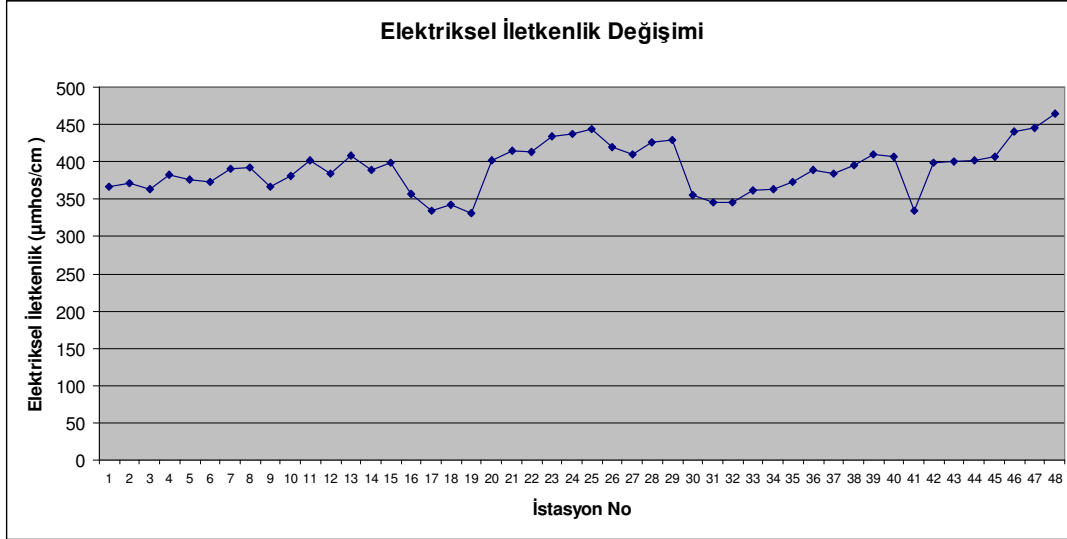
Şekil 8. Eğirdir Gölü Çözünmüş Oksijen dağılım haritası

### Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik suyun elektrik akımını iletebilmesinin bir ölçüsüdür ve sularda çözülmüş katılardaki değişimi ifade eder (Ünlü vd., 2008). Dolayısıyla EC sulardaki kirliliğin bir ölçüsü olarak yararlanılabilir. Eğirdir Gölünde ölçülen EC değerleri 331 - 465  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında değişmekte olup ortalama EC değeri 391  $\mu\text{mhos/cm}$ ' dir (Şekil 9).

Gölün güneyinde daha yüksek EC değerleri ölçülürken, boğaz olarak adlandırılan bölgede nispeten daha düşük

değerler ölçülmüştür (Şekil 10). Bu durum, göl su kalitesinin gölün güneyinde bulunan yerleşim alanlarından kaynaklanan kirleticilerden olumsuz yönde etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca, yapılan alan hesaplamaları sonucunda gölün % 6,77'sinin en düşük (331-350  $\mu\text{mhos/cm}$ ) EC değerlerine, % 2,67'sinin en yüksek (435-465  $\mu\text{mhos/cm}$ ) EC değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Derinliğe bağlı ölçümlerin değerlendirildiği grafiklerde EC parametresinde az miktarda artış gözlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 9. Eğirdir Gölü sularının Elektriksel İletkenlik değişimleri

### Seki Disk Derinliği

Seki disk derinliği suyun bulanıklığını belirlemek için ölçülmektedir. Göllerde mevsimsel olarak değişiklikler göstermekle birlikte meteorolojik hava şartları, derinlik, askıda katı madde ve çözülmüş madde miktarlarına bağlıdır. Şekil 11'de seki disk derinliklerinin değişimi görülmektedir.

Göl sularında ölçülen ortalama seki disk derinliği 2,1 m dir. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre, en düşük seki disk derinliği 4 nolu istasyonda ölçülmüştür ve genel olarak gölün güney kesimlerinde seki disk derinlikleri daha düşüktür (Şekil 12). En yüksek seki disk derinlikleri ise gölün boğaz kısımlarında ölçülmüştür. Bu durum gölün boğaz kısımlarında suyun berrak olduğunu göstermektedir. Ayrıca elde edilen verilere göre, göl alanının % 3,91'lük bölümünü en düşük (0,45-1,19 m), %1,35'lik bölümü en yüksek (3,20- 4,24 m) seki disk derinliği değerlerine sahiptir.

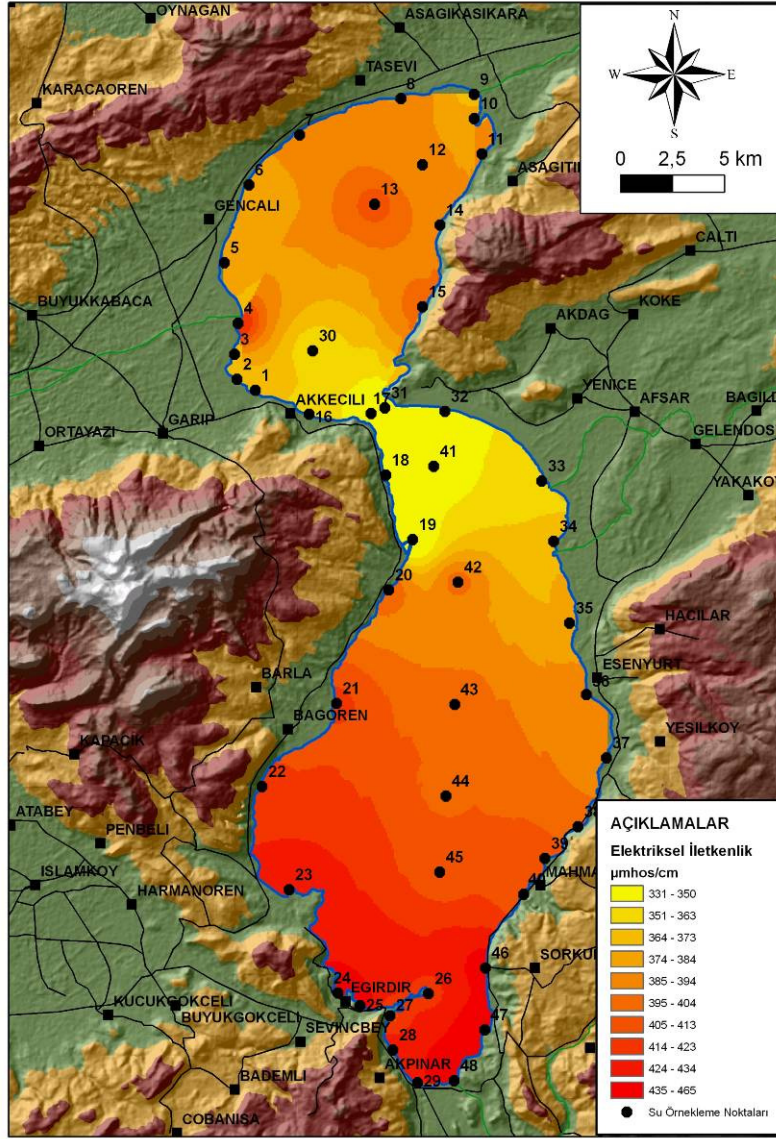
### Tartışma ve Sonuçlar

Eğirdir Gölü'nde Mayıs (2009) ayı içerisinde noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar gözönüne alınarak belirlenen 48 farklı lokasyonda sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH,  $\text{CO}_2$ , EC ve seki diski derinliği değerleri ölçülmüştür. Ayrıca, bu parametrelerin

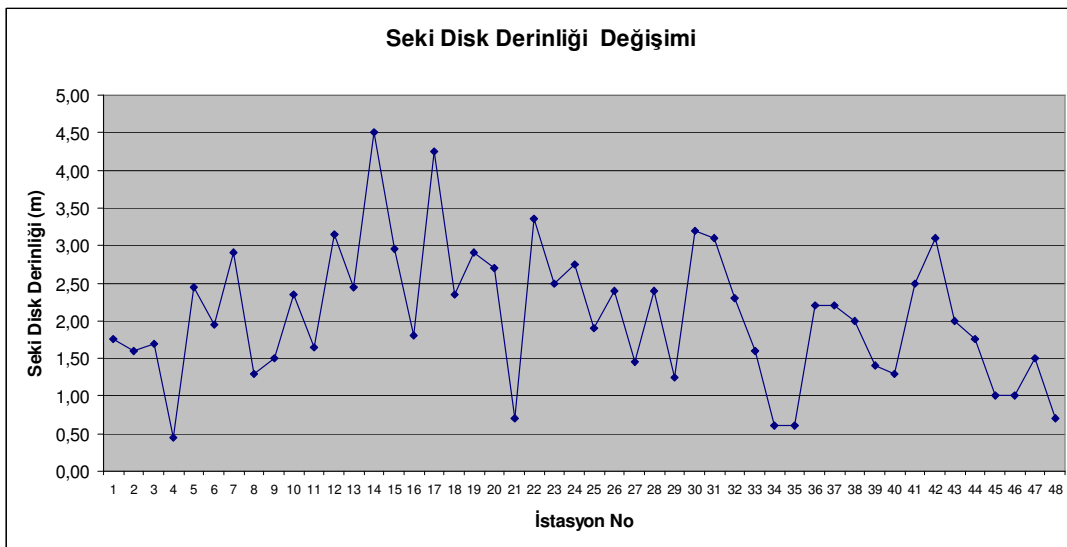
derinliğe bağlı değişimlerinin belirlenmesi amacıyla 6 farklı lokasyonda her 2,5 m derinlikte ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler CBS kullanılarak değerlendirilmiştir. Ölçülen parametrelerin değişim grafikleri ve göl içerisindeki alansal dağılımlarının yorumlanabilmesi için tematik haritaları hazırlanmıştır. Ayrıca derinliğe bağlı ölçüm sonuçları hazırlanan grafikler üzerinde gösterilmiştir.

Buna göre, Eğirdir Göl suları ortalama sıcaklık değeri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'ne göre I. Sınıf su kalitesi grubundadır. Ölçülen pH değerleri benzer göllere nazaran biraz yüksek olup ortalama 9 olarak belirlenmiştir. Bu değer TSE 266'ya göre maksimum değerler arasındadır. Ayrıca, pH değerine göre göl suları IV. su kalite sınıfındadır. Ortalama  $\text{CO}_2$  değeri (8,3 mg/l) açısından ise göl suları I. sınıfta yer almaktadır. Sularda ölçülen ortalama EC değeri 391  $\mu\text{mhos/cm}$  olarak belirlenmiştir. Ancak gölün güney kesimlerinde, göl sularının çevredeki kirleticilerden olumsuz yönde etkilendiğini gösteren yüksek EC değerleri ölçülmüştür.

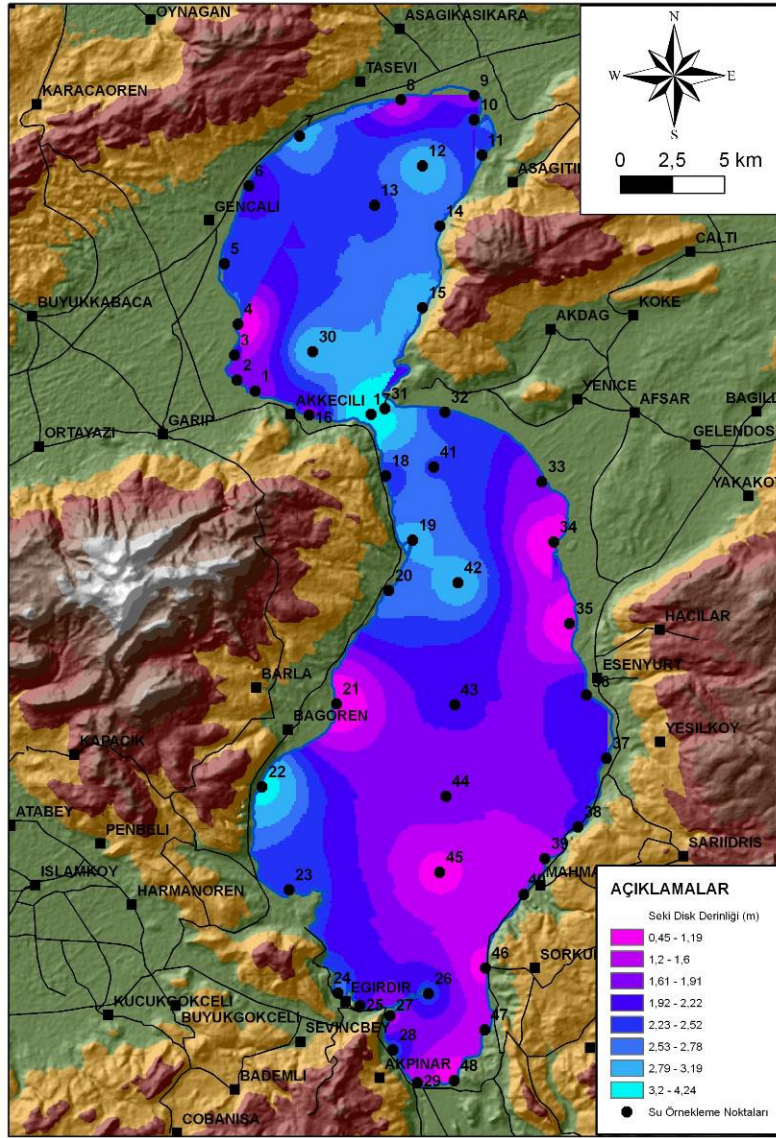




Şekil 10. Eğirdir Gölü Elektriksel İletkenlik dağılım haritası



Şekil 11. Eğirdir Gölü sularının Seki Disk Derinliği değişimleri



Şekil 12. Eğirdir Gölü Seki Disk Derinliği dağılım haritası

Ayrıca, Carlson (1977) tarafından yapılan trofik durum indeksine göre < 2 m ötrofik gölleri, 2-4 m mezotrofik gölleri, > 4 m ise oligotrofik gölleri işaret etmektedir. Buna göre Seki Disk Derinlikleri incelendiğinde Eğirdir Gölü'nün yaklaşık % 47'lik bir bölümünün ötrofik, % 51'lik bir bölümünün mezotrofik ve %2'lik bir bölümünün ise Oligotrofik karakterde olduğu belirlenmiştir. Ötrofikasyon, su ortamında (özellikle göllerde) besin zenginleşmesi ve aşırı miktarda organik madde üretim süreci için kullanılan bir terimdir. Jeolojik olarak genç tüm göller oligotrofik göl iken zamanla ötrofik göl özelliğine kayma gösterir. Oligotrofik göller derin ve berrak olup oksijen gölün derinliklerine dağılmış haldedir. Ötrofikasyon doğal olarak gelişen bir olay olmakla beraber, insan aktiviteleri, arazi kullanımı, tarımsal girdiler, evsel ve endüstriyel atık suların su alıcı ortamına ulaşması gibi nedenlerle hızla artar. Ötrofik göller antropojenik kökenli kirlilikten etkilenmiş, besin yönünden çok zengin, askıda ve dipte fazla miktarda organik madde içermektedir. Göl çevresinde yosun, bitki üretimi vardır ve alg patlaması olabilir. Mezotrofik göller ise oligotrofik ve ötrofik göller arasında geçiş grubunu oluşturan göllerdir. Eğirdir Gölü'nün % 47'lik bir

bölümünün ötrofik olması gölün kirlilikten etkilenmiş olduğunun bir göstergesidir. Ancak göllerin trofik durum indeksinin belirlenmesi aşamasında Seki Disk Derinliklerinin yanısıra toplam Fosfor ve Klorofil-a verilerinin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Göllerde fosfor ve Klorofil-a değerlerinin artması göllerde ötrofikasyona işaret etmektedir.

Eğirdir Gölü'nde belirlenen 6 istasyondan derinliğe bağlı olarak her 2,5 m'de yapılan yerinde ölçümler sonucunda ise sıcaklık değerlerinin derinlere indildikçe azaldığı, pH değerlerinin derinliğe bağlı olarak belirgin bir değişim göstermediği, çözülmüş oksijen değerlerinin derinlikle birlikte düştüğü, Elektriksel İletkenlik değerlerinin ise derinliğe bağlı olarak az miktarda arttığı belirlenmiştir. Su kütesinin hacmi, iklim, sudaki organizmaların cinsi ve sayısı, çözülmüş ve askıdaki katı maddeler, sudaki organik maddenin miktarı ve organik atıklar gibi faktörler suda ÇO miktarını etkilemektedir. Göl gibi durgun sularda oksijen sadece yüzeyde bulunmakta ve derinlere sızamamaktadır (Çınar, 2008). Eğirdir gölünde derinliğe bağlı olarak ölçülmüş ÇO değerleri bu durumu desteklemektedir.

Isparta ilinin içme suyunun büyük bir bölümü ile havzada yeralan bir çok yerleşim merkezinin içme suyu ihtiyacını karşılayan Eğirdir Gölü bir çok noktasal ve yayılı kirleticiler tarafından baskı altındadır. Bu çalışma kapsamında yalnızca göl sularında yapılan yerinde ölçümler sonucunda belirlenen sıcaklık, pH, ÇO, EC ve seki diski derinliği üzerinde durulmuş ve ön bulguların değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu bulgulara göre gölün yer yer havza içerisindeki kirleticilerden etkilendiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, acil olarak göl suyunda ve havza içerisindeki kirleticiler ile etkileşim halinde olan yüzey ve yeraltısularında, mevsimsel-aylık periyodlarla yapılacak kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik, pestisid ve ağır metal analizleri ile mevcut durum net bir şekilde ortaya konulmalı ve kirleticilerin göle etkileri belirlenmelidir. Ayrıca, sözkonusu analizlerin periyodik olarak yapılması ve su kalitesindeki değişimin izlenmesi Eğirdir Gölü'nün sürdürülebilir bir şekilde korunması-kullanılması için büyük önem taşımaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK ÇAYDAG 108Y258), tarafından finansal olarak desteklenmektedir. Yazarlar ayrıca, Eğirdir Gölü'ndeki arazi çalışmaları sırasındaki ulaşım desteklerinden dolayı Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederler.

## Kaynaklar

- Aksoy, A., Bulut, E., Yenilmez, F. 2006. Uluabat Gölü Ötrofikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu Projesi, Ankara, 105 s.
- Anonim, 1999. İçmesuyu Kaynağı Olarak Eğirdir Gölü'nün Korunması Projesi, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, 156 s.
- Anonim, 2005. Isparta Çevre Durum Raporu, Isparta Valiliği İl Çevre Orman Müdürlüğü, Isparta, 210 s.
- Arslanoğlu, M., Özçelik, M. 2005. Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi. [http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/D9NH\\_140\\_ek.pdf](http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/D9NH_140_ek.pdf) (Erişim tarihi: 25.12.2009).
- Atay, R., Bulut, C. 2005. Beyşehir, Eğirdir, Kovada, Çivril ve Karakuyu (Çapalı) Göllerinde Su Kirliliği Projesi. Tarım Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Isparta, 225 s.
- Aydın, A.F., 1993. Eğirdir Gölü Su Kalite Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 229 s.
- Balık, İ., Çubuk, H., Özkök, R. 2007. Eğirdir Gölü'nde Ekonomik Balık Populasyonlarının Göl

Sahasındaki Dağılımları. Journal of Fisheries Sciences, 1, 88-96.

- Beyhan, M. 2007. Eğirdir Gölünde Su Kalitesi. Eğirdir Gölü Yönetim Planı Çalıştayı, Isparta Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 22 Mayıs, Isparta, 20-21.
- Carlson, R.E. 1977. A Trophic State Index For Lakes. Limnology and Oceanography, 22, 361-369.
- Çınar, Ö. 2008. Çevre Kirliliği ve Kontrolü. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi, İstanbul, 201 s.
- Çoban, F., Tunç, S.M. 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniversitesi. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 23, 119-127.
- Davraz, A., Karaguzel, R., Soyaşlan, İ., Şener, E., Seyman, F., Şener, Ş. 2008. Hydrogeology of Karst Aquifer Systems in SW Turkey and an Assessment of Water Quality and Contamination Problems. Environmental Geology, 58, 973-988.
- Ellis, K.V., White, G., Warn, A.E. 1989. Surface Water Pollution and It's Control. The Macmillan Press Ltd., London, 373 pp.
- Erk'akan, F., Özeren, C. 2001. İznik Gölünün Su Kalitesi ve Balıkçılık Bakımından Yönetimi. TÜBİTAK Tarım Araştırma Projesi, Ankara, 251 s.
- Güneş, K., Tüvekçi, H., Karakaş, D., Morkoç, E., Tüfekçi, V., Okay, O., Tolun, L., Karakoç, T. 2001. Eğirdir Gölü Havzasının Evsel Atık Sularının Arıtımına Yönelik Master Plan Hazırlanması ve Göl Su Kalitesinin İzlenmesi. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Kocaeli, 229 s.
- Güneş, K. 2008. Point and Nonpoint Sources of Nutrients to Lakes – Ecotechnological Measures and Mitigation Methodologies – Case Study. Ecological Engineering, 34, 116–126.
- İrlyayıcı, A. 1998. Eğirdir ve Burdur Gölleri Arasının Hidrojeoloji İncelemesi. Doktora Tezi, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 150 s.
- Karahan, H. 1991. Eğirdir Gölü'nün Hidrolojik ve Hidrodinamik Özelliklerinin İncelenmesi. Göller Bölgesi Tatlı su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 3-5 Haziran, Isparta, 285-305.
- Karaguzel., R., Taşdelen, S., Akyol E., Tokgözlü, A., İrlyayıcı, A., Özgül, S. 1995. Eğirdir Gölü Hidrojisi (Ön rapor). SDÜ Müh-Mim Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, Isparta, 61 s.

- Kesici, E., Kesici, E. 2006. Eğirdir Gölü (Isparta)'nın Doğal Yapısına Yapılan Müdahalelerin Gölün Ekolojik Yapısına Etkileri. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 23, 99-103.
- Menengiç, M. 1991. Eğirdir Gölü Su Kalitesi ve Kirlenme Düzeyinin Tespiti. Göller Bölgesi Tatlı su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 3-5 Haziran, Isparta, 251-268.
- Mutlutürk, M., Karagüzel, R., Köseoğlu, M., Oran, S., Oğlakçı, M., Taşdelen, S. 1991. Eğirdir Gölü ve Havzası Kirlenme Faktörlerinin Araştırılması. Göller Bölgesi Tatlı Su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 3-5 Haziran, Isparta, 479-489.
- Nas, B., Berktaş, A., Sevimli, F., Yağcı, K., Yılmaz, S. 2008. Beyşehir Gölü Koruma Eylem Planı. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dairesi, Konya, 122 s.
- Seyman, F. 2005. Senirkent-Uluborlu (Isparta) Havzasının Hidrojeolojik İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 96 s.
- Soyaslan, İ. İ. 2004. Eğirdir Gölü Doğusunun Hidrojeoloji İncelemesi ve Yeraltı Suyu Modellemesi, Doktora tezi, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 261s.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004. Resmi Gazete, Tarih: 31 Aralık, Sayı: 25687.
- Taş, B. 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su kalitesinin İncelenmesi. Ekoloji Dergisi, 15, 6-15.
- Tecim, V. 2008. Coğrafi Bilgi Sistemleri Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi, Renk Form Ofset Matbaacılık, Ankara, 363 s.
- Tepe, Y. 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji 18, 38-46.
- Terzi, Ö. 2004. Eğirdir Gölü'ne Ait Buharlaştırma Modellerinin Geliştirilmesi ve Uygulanması. Doktora Tezi, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 134 s.
- TSE 266, 1997. İçme Suları Standardı, Türk Standartları Enstitüsü 1. Baskı, Ankara, 1-25.
- Tomar, A. 2009. Toprak ve Su Kirliliği ve Su Havzalarının Korunması. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 8-10 Ocak, İzmir, 333-345.
- Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, S.M. 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 119-127.
- Yaman, E. 2007. Eğirdir ve Kovada Göl Havzası Oluşumu ve Hidrolojik Değerlendirilmesi. Eğirdir Gölü Yönetim Planı Çalıştay, 22 Mayıs, Isparta, 26-28.