

## Karagöl (Hafik-Sivas) ‘ün Su Kalitesinin İncelenmesi

Ekrem MUTLU<sup>1</sup> Telat YANIK<sup>2</sup> Tuğba DEMİR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Hafik, Sivas

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Erzurum

<sup>3</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Hafik Kemer Örnek MYO, Sivas

e-posta: ekrem-mutlu@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received:22.04.2013 Kabul Tarihi/Accepted:28.05.2013

**Özet:** Karagöl, Sivas İli Hafik ilçesi Çimenyenice köyü ile Zara ilçesi Bulakbaşı köyleri arasında bulunan küçük bir göldür. Göl 1300m rakımında 5-6 ha büyüklüğünde ortalama 4-5 m derinliktedir. Obruk türünde bir jeolojik oluşum olup, etrafı çam ağaçları ile kaplıdır. Çalışmada Karagöl (Hafik- Sivas)’ün Su kalitesi özelliklerini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmaya Kasım 2011 tarihinde başlanmış olup su örneklerinde su kalitesi parametrelerinden çözünmüş oksijen (Ç.O), tuzluluk, pH, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik (E.İ), askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam alkalinite, toplam sertlik, toplam amonyak azotu, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat, sülfid, serbest klor, sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir, kurşun, bakır ve kadmiyum analizleri 12 ay boyunca aylık olarak yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Karagöl (Hafik-Sivas) mevcut su kalitesi durumu belirlenmiş ve su kalitesi parametrelerinin aylara göre değişimleri gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Su Kalitesi, Göl, Karagöl, Hafik, Sivas

### Investigation the Water Quality of Karagöl (Hafik-Sivas)

**Abstract:** Karagöl, with the village of Sivas Province Hafik Çimenyenice Zara County township is a small lake located between the villages of Bulakbaşı. 1300m altitude average of 5-6 ha of the lake at a depth of 4-5 m. Obruk a type of geological formation, and is covered with pine trees around.

This study was being carried since November 2011 and so on Samples that used for water quality parameters analysis were collected once in a month. Water quality parameters, dissolved oxygen (DO), salinity, pH, temperature and electrical conductivity (E.İ) was measured directly in the field with the help of devices. Other water parameters as suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), total alkalinity, total hardness, total ammonia nitrogen, nitrite, nitrate, ammonia, phosphate, sulfate, sulfite, free chlorine, sodium, magnesium, calcium, iron, lead, copper and cadmium are analyzed. In this study conducted for Karagöl (Hafik-Sivas) water quality of the stream is followed by water quality methods during a year.

**Keywords:** Water Quality, Lake, Karagöl, Hafik, Sivas

## 1. GİRİŞ

Sulak alan; doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gel git hareketlerinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan, bütün sular, bataklıklar, sığ göl ve göletler, sazlık, ıslak çayır ve turbiyeler sulak alanlar kapsamındadır.

Sulak alanlar; gerek ekolojik dengenin sağlanmasında gerekse biyolojik çeşitliliğin korunmasında büyük önem taşımalarının yanı sıra yöre ve ülke ekonomisine çok büyük katkıları olan ekosistemlerdir. (Can ve ark., 2012)

Günümüzde; hızlı nüfus artışı, sanayinin gelişmesi, aşırı kentleşme sonucunda ortaya çıkan altyapı eksikliği, artan tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile evsel atık su artış ile plansız yapılan regülasyon çalışmaları çevre kirliliğine sebep vermektedir. Çevre kirliliğinin sonucunda alıcı ortam olan göl, gölet ve akarsuların su kalitesinin ve doğal dengesinin bozulmasına yani su kirliliğine neden olmaktadır. Başlıca kirleticiler organik ve inorganik maddeler, tozlar, mikroorganizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri, atık su vb dir (Ellis, et. Al. 1989). Çeşitli insan aktiviteleri sonucunda oluşan ve çok değişken yapıya sahip olan atık sular, nehir, göl ve deniz gibi

alıcı ortamlara boşaltıldıklarında ortam suyunun fizikokimyasal ve biyolojik yapısını önemli ölçüde değiştirmekte ve suyun dip yapısında da önemli değişikliklere neden olmaktadır (Ünlü ve ark., 2008)

Göle giren kirleticilerin büyük bir kısmı akarsular, yağmur suları, endüstriler ve drenaj yoluyla taşınmasına rağmen atmosferle kirlilik taşınımı da önemsenecek düzeydedir. Atmosferler çeşitli maddelerin kükürt ve azot oksitleri, hidrokarbonların uzun mesafelere taşınmasına sebep olur. Suyun kalitesini değiştiren çeşitli faktörlerin bilinmesi, kullanım amacına uygunluğun değerlendirilebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. (Akyurt, 1993)

Göller; büyük arazi parçalarının drenaj sularını aldıklarından göl ve gölü çevreleyen kara arasında sürekli bir alışveriş vardır. Yüzey ve yüzey altı akışları göle girer ve çıkar. Bu akışlarda çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenleri, organik maddeleri, tortu ve diğer birçok maddeyi beraberinde sürükler. Bu akışların hızı gölün coğrafi yapısı, iklim ve mevsimsel şartlara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Ünlü ve ark., 2008).

Akarsulara göre akış kısıtlaması olan göldeki kirliliğin boyutları daha farklıdır. Bir gölün drenaj alanındaki kaya tipi, göl suyunun inorganik bileşimini belirleyen en önemli etkidir. Özellikle dışarıya akışı olmayan göllerde ağır metaller, zirai ilaç ve suni gübre kalıntıları ile pestisit gibi kirleticilerin giderek kirlilik potansiyelini artırmaları yüzey suları arasında kirlenmeye karşı en hassas su grubunu oluşturan göllerin korunmasında ne denli hassas olunması gerektiğini ortaya koymaktadır (Çakmak ve Demir, 1997).

Su ortamlarında kirlenmeyi belirleyen belli başlı kriterler fizikokimyasal ve biyolojik faktörlerdir. Bir suda yaşayan canlıların; biyolojik çeşitlilik, besin zinciri su kalitesi ve suyun biyolojik yönden temizlenmesi gibi faktörler açısından büyük bir önemi vardır. Gölde fizikokimyasal parametrelerin aylık değişimlerinin incelenmesi ve değişen parametrelerin su kalitesini nasıl etkilediğinin incelenmesi gerekmektedir. Bu sebeple doğal bir ekolojik yapıya sahip olan Karagöl (Hafik – Sivas) 1971 yılında İran’ın Ramsar kentinde kabul edilen “Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme” veya kısa adı RAMSAR olan sözleşme hükümlerine göre koruma altına alınmış doğal bir göldür.

Bu çalışmanın amacı; 2011 Kasım- 2012 Ekim ayları arasında bir yıl boyunca aylık olarak gölün bütününe temsil eden bir nokta örnekleme istasyonu olarak belirlenmiş ve bu örnekleme istasyonundan alınmış olan su örneklerini analizi ve doğal bir ekolojik yapıya sahip olan, kirlenmeye karşı en hassas su grubunu oluşturan gölleden olan Karagöl (Hafik – Sivas)’ün su kalitesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait parametreleri su kalitesi ve su ürünleri yetiştiriciliği açısından irdeleyerek, mevsimsel değişimlerini araştırmak, diğer kirletici kaynakların göl suyuna etkisini incelemek ve gölün suyunu su Kirliliği ve Kontrol yönetmeliği (SKKY) ‘ne göre sınıflandırmaktır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Karagöl; Sivas ili Hafik ilçesi Çimenyeni Köyü ile Zara İlçesi Budakbaş köyü arasında bulunan küçük bir göldür. Göl; denizden 1300 metre yüksekliğinde 5-6 ha büyüklüğünde ve ortalama 4-5 m derinlikindedir. Karagöl (Hafik – Sivas) obruk türünde bir jeolojik oluşum olup, etrafı ağaçlar ile kaplıdır. Göl; su kuşları için önemli bir yaşama alanı olduğu için RAMSAR sözleşmesi kapsamında koruma altına alınmış olup, sportif balıkçılık ile çevresinde ağaç ve yeşil alanların bulunması ile yöre halkını piknik alanı olarak da çekmektedir. Gölün çok alanda kullanılması bölge için olan önemini her geçen gün arttırmaktadır. Karagöl (Hafik – Sivas)koruma altında olması sebebiyle gölde ticari balıkçılık yapılmamaktadır. Bu da göldeki balık popülasyonları ile sucul canlıların artmasına sebep olmaktadır.



**Resim 1.** Sivas ili ve Karagöl (Hafik Sivas) Gölünün Konumu

Kasım 2011 tarihinde başlanan bu çalışma, bir yıl sürdürülmüştür. Su kalitesini oluşturan bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin analizlerinde kullanılacak numuneler ayda bir toplanmış olup Kasım 2012 tarihine kadar devam etmiştir. Numune toplamaya çıkmadan bir gün önce, arazide kullanılacak tüm ekipmanlar, arazi tipi ölçüm cihazları ve cam numune kaplarının bakım ve temizliği yapılarak hazır hale getirilmiştir. Numune kapları asit solüsyonuna daldırılıp, sonrasında saf suyla yıkanıp etüvde kurutulmuştur. Su örneklemeleeri, numune kaplarının çalkalanarak, su yüzeyinin yaklaşık 15cm altına daldırılarak suyun kendi cazibesi ile numune kaplarının doldurulması sağlanmıştır.

Alınan su örnekleri analiz için en geç 2 saat içerisinde laboratuara taşınmıştır. Sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, tuzluluk ve elektriksel iletkenlik parametreleri arazi tipi cihazlar yardımıyla sahada ölçülmüştür. Çözülmüş oksijen ve sıcaklık YSI marka 52 model oksijen metre, pH ölçümü Orion marka 420A model pH metre, elektriksel iletkenlik (NS/cm) ve Tuzluluk (ppt) ölçümleri YSI marka 30/50 FT model iletkenlik ölçer kullanılmıştır.

Su kalitesini belirleyen diğer parametrelerden; toplam alkanite, toplam sertlik, nitrit, nitrat, amonyum azotu, fosfat, sülfat, sülfat klorür, sodyum, potasyum askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), kalsiyum, magnezyum, demir, kurşun, bakır ve kadmiyum analizleri yapmak için su numuneleri Cumhuriyet Üniversitesi Hafik Kamer Örnek Meslek Yüksekokulu Laboratuvarlarına getirilmiş ve aynı gün analiz edilmiştir.

Toplam alkanite için sülfurik asitle, toplam sertlik için EDTA ile titrasyon yöntemi kullanılmıştır. Sonuç değerleri de Mg/L CaCO<sub>3</sub> cinsinden ifade edilmiştir. Kimyasal oksijen seviyesi; kuvvetli kimyasal oksitleyiciler kullanılarak doğal ve kirletici organik yükün parçalanması sırasında kullanılan oksijen miktarını saptamaya dayanan demir amonyum sülfat ile titrasyon yoluyla hesaplanmıştır. Nitrit, nitrat, amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), fosfat, sülfat, sülfat, klorür, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum standart prosedürlere uygun olarak su numunelerinin analizleri CECİL CE4003 marka spektrometre ile Merk fotometrik test kitleri kullanılarak kurşun bakır, demir ve kadmiyum su numuneleri PERKIN ELMER Marka ELMER ANALIST 800 Atomik Absorbsiyon Spektrometre ile laboratuarda belirlenmiştir. Askıda katı madde (AKM) analizi ise, su, Whatman Marka 42 nolu 0,45 NM membran filtrelerden süzülüp, daha sonra filtre kağıtlarının 103°C'de 24 saat bekletilmesi ile oluşan ağırlık farkından hesaplanmıştır.

Her parametrenin aylık ortalamaları, standart sapmaları ve grafikleri Microsoft Office Professional Edition 2007 ürününün bir parçası olan Office Excel 2007 kullanılarak hazırlanmıştır.

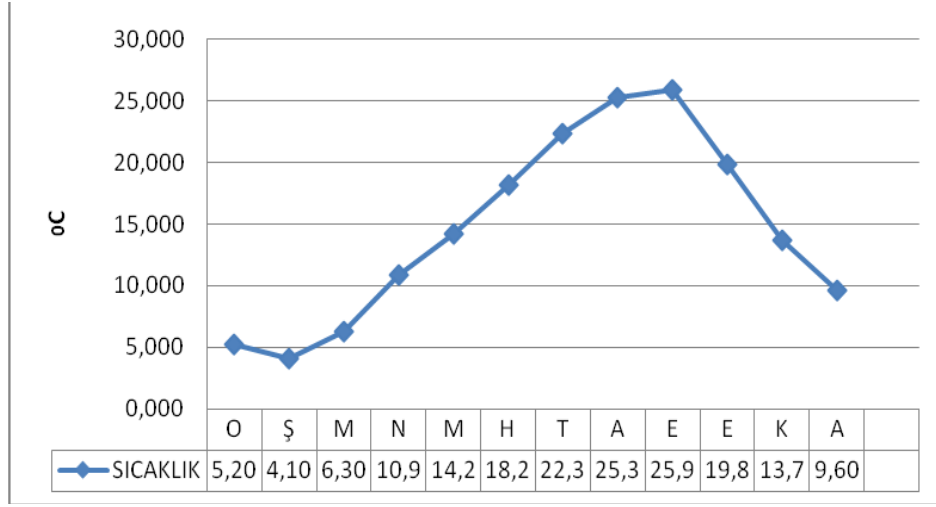
### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Karagöl'de ölçülen su kalite parametrelerinin mevsimsel değişimleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Karagöl (Hafik – Sivas)’ün Ortalama Su Kalitesi Parametrelerinin Mevsimsel Değerleri ve Standart Sapmaları

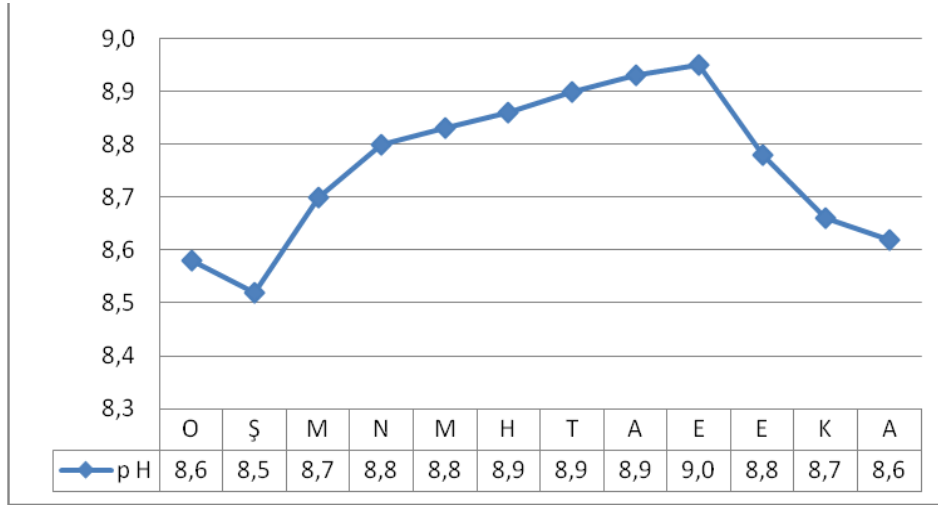
Parametreler/Mevsimler	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	SD
Çözünmüş Oksijen(mg/L)	11,16	10,27	7,73	7,69	1,91
Tuzluluk (%)	0,06	0,15	0,26	0,21	0,09
pH	8,57	8,78	8,90	8,80	0,14
Elek. İletkenlik	123,67	179,00	275,33	253,67	69,70
Askıda Katı Madde (mg/L)	0,47	1,43	3,93	5,10	2,15
Kim.Oksijen İh. (mg/L)	7,80	18,48	42,19	40,74	16,94
Nitrit (NO <sub>2</sub> )(Mg/L)	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01
Klorür (Cl) (Mg/L)	21,86	60,13	144,21	153,33	64,26
Fosfat (PO <sub>4</sub> ) (Mg/L)	0,14	0,36	0,12	0,24	0,11
Sülfat (SO <sub>4</sub> ) (Mg/L)	39,33	160,00	45,33	96,67	56,03
Sodyum (Na) (mg/L)	78,00	116,00	61,67	63,00	25,33
Potasyum (K) (mg/L)	4,70	10,51	4,45	7,07	2,81
Toplam Sertlik mg/L CaCO <sub>3</sub>	223,00	303,00	266,67	250,00	33,47
Toplam Alkanite mg/L CaCO <sub>3</sub>	224,67	304,33	267,67	251,00	33,36
Mg (mg/L)	32,59	86,05	66,36	56,06	22,26
Ca (mg/L)	31,80	87,14	65,87	55,55	22,99
Fe (mg/L)	0,02	0,25	0,66	0,22	0,27
Amonyum Azotu (mg/L)	0,01	0,51	0,46	0,17	0,24
Nitrat (NO <sub>3</sub> ) (mg/L)	0,48	5,96	3,28	1,62	2,38
Sülfid (mg/L)	0,83	1,63	5,13	5,27	2,31
Kurşun (mg/L)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Bakır (mg/L)	0,00	0,08	0,03	0,02	0,03
Kadmiyum (mg/L)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Sıcaklık ( °C)	6,30	10,47	21,93	19,80	7,46

Karagöl’ün sıcaklık dereceleri aylara ve mevsimlere göre önemli değişiklikler göstermiştir. Şubat 2012’de en düşük 4,10 ° C olarak ölçülen su sıcaklığı, Eylül 2012’de 25,9 °C olarak ölçülmüş ve yıllık ortalama 14,6°C olarak kaydedilmiştir.



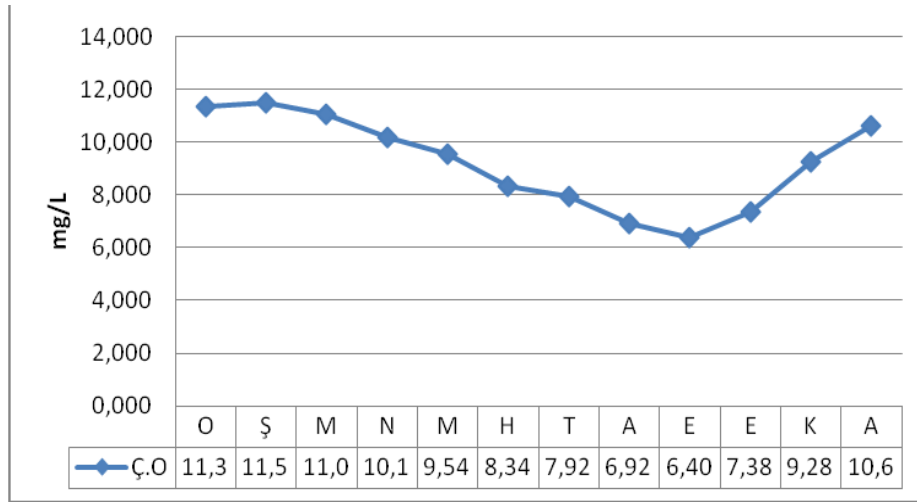
Şekil 1. Aylık İstasyonların Sıcaklık (°C) Dereceleri

Suların asidik ve bazlık durumunu gösteren pH değeri, Karagöl'ün bazik olduğunu göstermiştir. Bu çalışma boyunca pH değeri en düşük 8,52 ile Şubat ayında, en yüksek 8,95 ile Eylül ayında ve ortalaması 8,76 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca mevsimsel olarak hesaplanan ortalamaları kış 8,57, ilkbahar 8,78, yaz 8,90 ve sonbahar 8,80 olarak bulunmuştur.



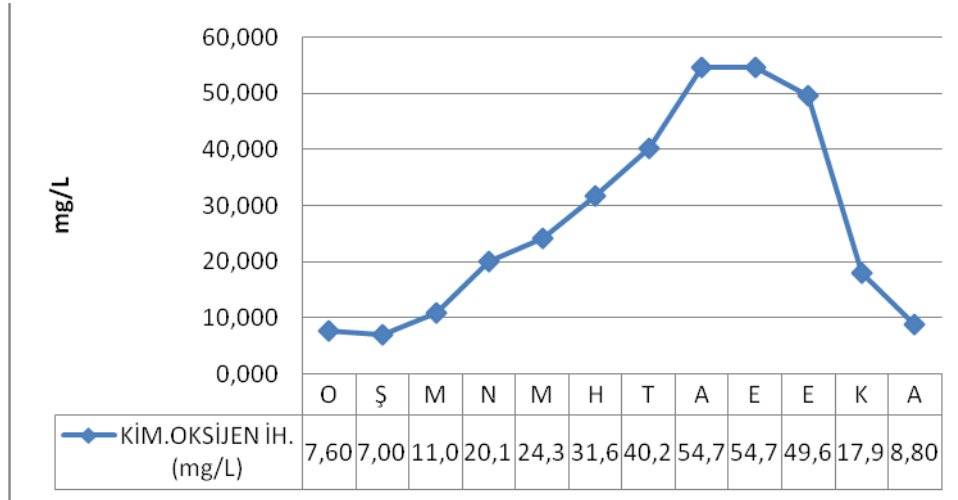
Şekil 2. Aylık pH Değerleri

Araştırma boyunca çözülmüş oksijen miktarı aylar ve mevsimler arasında farklılıklar göstermiş olup, en düşük değeri 6,40 mg/L (Eylül 2012), en yüksek değer 11,52 mg/L (Şubat 2012) ve yıllık ortalama 9,21 mg/L olarak ölçülmüştür. Gölün çözülmüş oksijen miktarları; kış 11,16 mg/L, ilkbahar 10,27 mg/L, yaz 7,73 mg/L ve sonbahar 7,69 mg/L olarak bulunmuştur.



Şekil 3. Aylık Çözünmüş Oksijen Değerleri (mg/L)

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ); Şubat 2012’de 7,00 mg/L iken her ay yapılan ölçümlerde görüldüğü gibi yaz aylarında daha da artış göstermiş ve Eylül 2012’de 54,70 mg/L’ye ulaşmıştır. Yıllık ortalama KOİ değeri 27,30 mg/L hesaplanmıştır. Gölde KOİ değerleri aylar ve mevsimler arasında büyük farklılıklar göstermiştir. KOİ’ nin mevsimsel ortalamaları Kış 7,80 mg/L, ilkbahar 18,48 mg/L, yaz 42,90 mg/L ve sonbahar 40,74 mg/L olarak bulunmuştur.



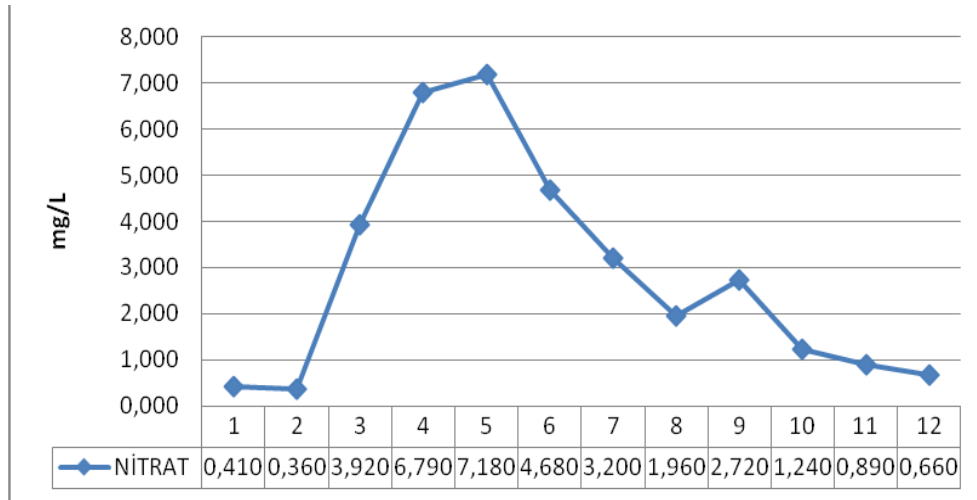
Şekil 4. Aylık Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) mg/L Değerleri

Karagöl’de tuzluluk; mevsimler arasında büyük farklılıklar göstermiştir. Tuzluluk kış aylarında düşmüş, buharlaşmanın fazla, su seviyesinin azaldığı yaz aylarında artış göstermiştir. Yıllık ortalama tuzluluk 0,17 ppt, en düşük Şubat 2012’de 0,05 ppt, en yüksek Eylül 2012’de 0,30 ppt olarak ölçülmüştür. Göldeki mevsimsel tuzluluk ortalamaları; kış 0,06 ppt, ilkbahar 0,15 ppt, yaz 0,26 ppt ve sonbahar 0,21 ppt olarak bulunmuştur.

Karagöl’de elektriksel İletkenlik (E.İ.) değerleri mevsimsel olarak çok büyük farklılıklar göstermiştir. Elektriksel İletkenlik, tuzluluk değerine bağlı olarak buharlaşmanın fazla su seviyesinin düşük olduğu yaz aylarında artış, kış aylarında ise düşüş göstermiştir. En düşük Şubat 2012’de 118,00  $\mu\text{s/cm}$ , en yüksek Eylül 2012’de 338,00  $\mu\text{s/cm}$  ve yıllık ortalama 207,91  $\mu\text{s/cm}$  olarak ölçülmüştür. Gölün Elektriksel İletkenlik ortalamaları; kış 123,67  $\mu\text{s/cm}$ , ilkbahar 179,00  $\mu\text{s/cm}$ , yaz 275,33  $\mu\text{s/cm}$  ve sonbahar 253,67  $\mu\text{s/cm}$  olarak tespit edilmiştir.

Göldeki Askıda Katı Madde (AKM) değerleri aydan aya ve mevsimden mevsime farklılıklar göstermiş olup en yüksek değeri olan 7,20 mg/L'ye Eylül 2012'de ulaşmıştır. Daha sonra yıl içerisinde gerçekleşen en düşük seviyesi olan 0,30 mg/L'ye (Şubat 2012) kadar inmiştir. Yaz aylarında yükselişe geçmiş, kış aylarında düşmüştür. AKM'nin yıllık ortalaması 2,73 mg/L'dir. A.K.M.'nin mevsimsel ortalamaları ise; kış 0,47 mg/L, ilkbahar 1,43 mg/L, yaz 3,93 mg/L ve sonbahar 5,10 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Karagöl'de nitrit, nitrat, ve amonyum azotu ( $\text{NH}_4^+$ ) seviyeleri çalışma süresince kış aylarında diğer aylara göre daha düşük değerlerde olduğu kaydedilmiştir. Göldeki mevsimsel nitrit seviyeleri ortalaması; kış 0,001 mg/L, ilkbahar 0,002 mg/L, yaz 0,005 mg/L ve sonbahar 0,004 mg/L olarak belirlenmiştir. Nitrit en yüksek Eylül 2012'de 0,007 mg/L ve ortalama değeri 0,003 mg/L'dir.



Şekil 5. Aylık Nitrat (mg/L) değerleri

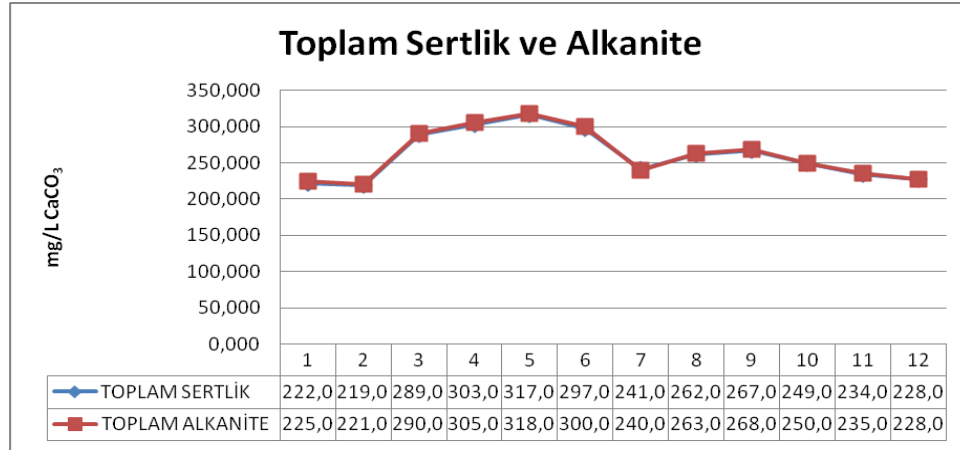
Göldeki nitratın yıllık ortalaması 2,83 mg/L, yıl boyunca en düşük 2012 Şubat ayında 0,36 mg/L ve en yüksek değeri 2012 Mayıs ayında 7,18 mg/L olarak kaydedilmiştir. Nitrat değerlerinin mevsimsel ortalamaları kış 0,48 mg/L, ilkbahar 5,96 mg/L, yaz 2017 mg/L ve sonbahar 1,62 mg/L olarak belirlenmiştir.

Amonyum Azotu ( $\text{NH}_4^+$ )'nun mevsimsel ortalamaları kış 0,011 mg/L, ilkbahar 0,51 mg/L, yaz 0,46 mg/L ve sonbahar 0,17 mg/L'dir. Amonyum Azotu en düşük değerini Şubat 2012'de 0,008 mg/L, en yüksek değeri Mayıs 2012'de 0,83 mg/L ve yıllık ortalama 0,28 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Karagöl'de Toplam Alkanite ve Toplam Sertlik değerleri birbirine paralellik göstermiş olup sonuçlar oldukça birbirine yakın bulunmuştur. Gölde toplam alkanite ve toplam sertlik değerleri kış aylarında düşüş, ilkbahar aylarında artış göstermiştir. En düşük toplam alkanite değeri Şubat 2012'de 221,00 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , en yüksek Mayıs 2012'de 318,00 mg/L  $\text{CaCO}_3$  ve yıllık ortalama 261,91 mg/L  $\text{CaCO}_3$  olarak tespit edilmiştir. Toplam alkanite değerinin mevsimsel ortalamaları; kış 224,67 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , ilkbahar 303,00 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , yaz 266,67 ve sonbahar 250,00 mg/L  $\text{CaCO}_3$  olarak gerçekleşmiştir. En yüksek toplam sertlik değeri Mayıs 2012'de 317 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , en düşük Şubat 2012'de 219,00 mg/L  $\text{CaCO}_3$  ve yıllık ortalama 260,66 mg/L  $\text{CaCO}_3$  olarak belirlenmiştir.

Karagöl'de sülfat değeri aydan aya ve mevsimden mevsime çok farklılıklar göstermiştir. En yüksek Nisan 2012'de 227,00 mg/L, en düşük Eylül 2012'de 14,00 mg/L ve ortalama 85,33 mg/L olarak belirlenmiştir. Sülfatın mevsimsel ortalamaları; kış 39,33 mg/L ilkbahar 160,00 mg/L, yaz 45,33 mg/L ve sonbahar 96,67 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Gölde sülfat ortalaması 3,21 mg/L seviyesinde çıkmıştır. En düşük Şubat 2012'de 0,30 mg/L ve en yüksek Eylül 2012'de 6,90 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sülfatın mevsimsel ortalamaları kış 0,83 mg/L, ilkbahar 1,63 mg/L, yaz 5,13 mg/L ve sonbahar 5,27 mg/L olarak belirlenmiştir.



**Şekil 6.** Aylık Toplam Sertlik mg/L CaCO<sub>3</sub> değerleri

Karagöl'ün klorür değerleri aylardan aya ve mevsimlerden mevsime değişiklik göstermiştir. En yüksek Eylül 2012'de 196,14 mg/L en düşük Şubat 2012'de 12,30 mg/L ve yıllık ortalama 94,88 mg/L olarak bulunmuştur. Gölde klorür değeri Mart ayından Eylül ayına kadar artış göstermiş, Eylül ayından Şubat ayına kadar ise düşüş göstermiştir. Klorürün mevsimsel ortalamaları; kış 21,86 mg/L, ilkbahar 60,13 mg/L, yaz 144,21 mg/L ve sonbahar 153,33 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Gölde fosfat seviyesi çok düşük seviyelerde tespit edilmiştir. En yüksek Mayıs 2012'de 0,49 mg/L, en düşük Eylül 2012'de 0,02 mg/L ve yıllık ortalama 0,21 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sucul yaşamın verimliliğini etkileyen önemli bir besleyici mineral olan fosfat ilkbahar aylarında artış göstermiştir. Fosfatın mevsimsel ortalamaları; kış 0,14 mg/L, ilkbahar 0,36 mg/L, yaz 0,12 mg/L ve sonbahar 0,24 mg/L olarak bulunmuştur.

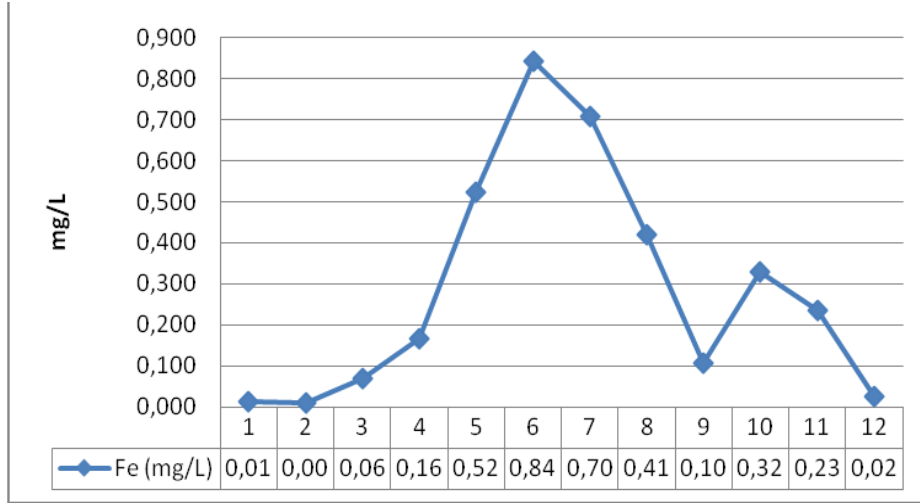
Karagöl'de magnezyum ve kalsiyum değerleri birbirine paralellik göstermiş olup ölçülen sonuçlar birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Magnezyum ve kalsiyum değerleri kış mevsiminde düşmüş, ilkbahar mevsiminde artış göstermiştir. En yüksek magnezyum değeri Mayıs ayında 95,42 mg/L, en düşük Şubat ayında 27,18 mg/L ve yıllık ortalama 60,26 mg/L olarak tespit edilmiştir. Kalsiyum değerlerinin mevsimsel olarak ortalamaları; kış 31,80 mg/L ilkbahar 87,14 mg/L yaz 65,87 mg/L ve sonbahar 55,55 mg/L olarak belirlenmiştir. Kalsiyum değeri en düşük Şubat 2012'de 21,60 mg/L ve en yüksek Mayıs 2012'de 93,28 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Karagöl'de sodyum değeri aydan aya büyük farklılıklar göstermiştir. Nisan ayından Eylül ayına kadar düzenli olarak düşüş göstermiştir. En yüksek değeri Nisan 2012'de 123,00 mg/L, en düşük değeri Eylül 2012'de 37,00 mg/L ve yıllık ortalama 79,66 mg/L olarak belirlenmiştir. Sodyum değerinin mevsimsel ortalamaları; kış 78,00 mg/L, ilkbahar 116,00 mg/L, yaz 61,67 mg/L ve sonbahar 63,00 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Potasyum değerinin yıllık ortalaması 6,68 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük Eylül 2012'de 2,32 mg/L ve en yüksek Mayıs 2012'de 14,26 mg/L olarak ölçülmüştür. Potasyumun mevsimsel değerleri; kış 4,70 mg/L, ilkbahar 10,51 mg/L, yaz 4,45 mg/L ve sonbahar 7,07 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Karagöl'ün kurşun, bakır ve kadmiyum değerleri yıl boyunca çok düşük seviyelerde bulunmuş olup, suda tespit edildikleri en yüksek miktar bile SKKY göre kabul edilebilir düzeyin altında kalmıştır. Demir seviyesi ise, Ocak ve Şubat 2012'de 0,01 mg/L ile en düşük seviyede tespit edilirken, en yüksek Haziran 2012'de 0,84 mg/L ve ortalama 0,28 mg/L olarak tespit edilmiştir. Demir'in mevsimsel değerleri; kış 0,02 mg/L, ilkbahar 0,25 mg/L yaz 0,66 mg/L ve sonbahar 0,22 mg/L olarak bulunmuştur.





Şekil 7 Aylık Demir (mg/L) değerleri

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sivas ili Hafik İlçesi Çimenyenice Köyü ile Zara İlçesi Budakbaş köyü arasında bulunan yer altı kaynak suları ile yağış ve kar suları ile beslenen etrafı ağaçlık olan Karagöl'ün suyu hafif tuzlu, berrak ve kokusuzdur. Karagöl'de yapılan bir yıllık çalışmanın her ay ölçülen su kalitesi parametrelerinin mevsimlere göre ortalama değerleri ve standart sapmaları Tablo 1'de verilmiştir.

Sucul ortamda kirlenmeyi belirleyen belli başlı kriterler fiziko-kimyasal ve biyolojik faktörlerdir. İçinde yaşayan organizmalara doğal bir ortam oluşturan göl suları birçok fiziko - kimyasal faktörlerin etkisi altında kalmaktadır. Su kalitesinin fiziki-kimyasal parametrelere göre değerlendirilmesi suyun o andaki durumu hakkında bilgi vermektedir (Dirican, 2008)

Su sıcaklığı; sucul canlıların ve balıkların biyolojik faaliyetlerini etkileyen en önemli faktördür. Su sıcaklığında değişimler mevsimsel ısı değişimlerinden ileri gelmektedir. Karagöl karasal su karakteri göstermektedir. Yıl boyunca ölçülen su sıcaklık farklılıkları gölde yaşayan canlıları olumsuz etkileyecek düzeyde olmamıştır. SKKY göre Karagöl'ün sıcaklık yönünden su kalitesi I. sınıftır.

Sudaki pH değeri, suda bulunan CO<sub>2</sub> miktarındaki değişime orantılı olarak değişim gösterir. (Taş, 2010) pH'ın suda artması veya azalması bazı bileşiklerin toksitesini etkiler (Mutlu ve ark., 2012). Karagöl'ün pH değişimleri fazla olmamakla birlikte bazik özellik göstermektedir. SKKY göre su kalitesi I – III sınıf arasında değişmiştir.

Toplam alkanite ve toplam sertlik değerleri Karagöl'de yıl boyunca birbirine yakın ve paralel seyretmiştir. Kireçli topraklardaki sularda toplam alkanite ve toplam sertlik değeri çoğu zaman birbirine yaklaşık ve eşittir. (Boyd ve ark., 1998) Çalışmada Karagöl'ün ortalama alkanite değeri 261,82 mg/L CaCO<sub>3</sub> tespit edilmiş olup bu değer su kalite kriterlerine uygun olup balık yetiştiriciliği açısından bir sorun teşkil etmediği görülmüştür. Gölün toplam sertlik değeri, toplam alkanite değerinden 4-5 mg/L düşük olup su kalitesi açısından sorun yaratacak bir durum olmadığı görülmüştür.

Doğal sularda en yaygın bulunan azotlu bileşikler, nitrit, nitrat ve amonyum azotudur. Bu bileşikler ölçülere suyun kalitesi hakkında bilgi verebilmektedir. Azot bileşikleri suyun kirliliğinde önemli etkilere sahip olup çözünmüş oksijen ile otifikasyona etkileri çok büyüktür. Çalışmamızda nitrit, ve amonyum azotu seviyelerinin artış ve azalışları birbirine paralel seyretmiş, kış mevsiminde azalma, yaz mevsiminde artma gözlenmiştir. Nitrat ise Nisan ve Mayıs aylarından artmış olup kabul edilebilir düzeyin altında tespit edilmiştir. Bunun nedeni gölün çevresinde bulunan tarım arazilerinde Nisan – Mayıs aylarında yoğun bir şekilde gübreleme işleminin yapılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elektriksel İletkenlik (E.İ.) sudaki toplam çözünmüş madde miktarının bir göstergesi olup, jeolojik yapıya ve yağış miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. (Temponeras ve ark., 2000) Karagöl’de; E.İ. ve tuzluluk değerleri birbirine paralellik göstermiş olup kış aylarında düşük, yaz aylarında yüksek ölçülmüştür. Göl, Elektriksel İletkenlik değeri yönünden SKKY göre iyi durumdadır.

Yeraltı kaynak suları ile yapış ve kar suları ile beslenen Karagöl ( Hafik – Sivas )’de Ağustos ve Eylül aylarında KOI değerinin yüksek olmasının sebebi, etrafı ormanlık ve tarımsal arazi olan ve çevresinde bu aylarda yoğun olarak piknik yapılan göle, organik kirlilik yaratıcı kaynaklar (gübre, hayvan atıkları, insan ve evsel atıklar vb.) karışmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

AKM; kil ve çamur gibi inorganik maddelerden kaynaklanır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kabul edilebilir AKM sınır değeri 100 mg/L’dir. (Ntengwe, 2006) Karagöl’ün ortalama değeri 2,73 mg/L olup SKKY göre II. Sınıftır.

Su kaynaklarında bulunan fosfor, ötrofikasyonun en temel elementidir. (Harper, 1992) Fosfordan kaynaklanan su kirlenmesinin en büyük faktörü %83’lük bir oranla kanalizasyon ve endüstri atık suları olduğu bilinmektedir. Kirlenmiş doğal sularda fosfor 0,01 – 0,03 mg/L arasında bulunur. Gölün ortalama fosfor değeri 0,21 mg/L olup, SKKY göre III. Sınıf sudur.

Suyun doğal anyonlarından olan sülfat, biyolojik verimin artması için doğal sularda bulunmalıdır. ( Taş ve ark., 2010) Su ürünleri açısından suda bulunması gereken en yüksek sülfat değeri 90 mg-L olarak belirlenmiştir. (Küçük, 2007) Çalışmada gölde tespit edilen ortalama sülfat değeri 85,33 mg/L olup SKKY göre I. Sınıftır.

Çalışmada ölçülen sülfid  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sodyum sülfittir ve ortalama 3,21 mg/L olarak bulunmuştur. Su ürünleri açısından bulunması gereken en yüksek sülfid miktarı 10 mg/L olup Karagöl sülfid değeri bakımından su kalitesi iyi durumdadır.

$\text{Ca}^{++}$  ve  $\text{Mg}^{++}$  sudaki en önemli çözünmüş katı maddelerdendir. Besin tuzlarının tüm organizmaların fizyolojik aktivitelerinde etkili olduğu bilinmektedir herhangi birinin eksikliği organizmanın gelişimin olumsuz etkiler. Araştırmada  $\text{Ca}^{++}$  ortalama değeri 60,09 mg/L olup Karagöl gibi biraz sert su özelliği gösteren göl için normal sınırlar içindedir.  $\text{Mg}^{++}$  değerinin ortalama değeri de 60,26 mg/L olup biraz sert sularda  $\text{Mg}^{++}$  değeri 60-100 mg/L arası kabul edildiği için, Karagöl’ün  $\text{Mg}^{++}$  değeri normal sınırlar içindedir. Potasyum doğal sularda 1-10 mg/L arasında değişim gösterir (Boyd, 1998) ve potasyum için çalışmada 6,68 mg/L hesaplanmıştır. Sodyum tuzu ise doğal sularda 2-100 mg/L arasında bir değer gösterir (Boyd, 1998) Ortalama sodyum değeri 79,66 mg/L çıkmıştır. SKKY göre I. Sınıftır.

Klorür iyonları sağlıklı su için bir göstergedir. Klor canlı metabolizma için önemlidir. Çalışmada gölün ortalama klorür miktarı 94,88 mg/L olarak bulunmuş olup SKKY göre II. Sınıftır.

Çalışmamızda araştırılan ağır metal elementleri kurşun, kadmiyum, bakır ve demir elementleridir. Göl suyu kurşun ve kadmiyum elementi bakımından I. Sınıftır. Bakır elementi Ocak ve Şubat aylarında göl suyunda hiç tespit edilemezken, Nisan ve Mayıs aylarında birden değeri artmış; Nisan ayında 0,13 mg/L olarak en yüksek değerine ulaşmıştır. Bu yükselmenin nedeni, göle yakın bulunan meyve bahçelerinin ilkbahar bakımı ve budama işlemi sırasında kullanılan bordo-bulamacı (göztaşı)’nın yoğun kullanımından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Göl SKKY göre bakır elementi bakımından II. Sınıftır.

Demir elementi; çalışmamızda göl suyunda her ay tespit edilmiş olup miktarı kış aylarında düşük iken, ilkbahar aylarında en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Çalışmada demir miktarı en yüksek Haziran 2012’de 0,84 mg/L olarak tespit edilirken gölün yıllık demir miktarı 0,28 mg/L olarak bulunmuş olup SKKY göre I. Sınıftır.

Sonuç olarak; Karagöl(Hafik-Sivas) su Kalitesi, ekolojik özellikleri ve barındırdığı su kuşları ile Yukarı Kızılırmak havzasında RAMSAR sözleşmesi kapsamında koruma altına alınan bir göl olarak önemli bir yere sahiptir. Karagölün suyu berrak ve kokusuzdur.

Karagöl Gölü SKKY ‘deki kıta içi su kaynaklarının sınıflandırmasına göre I ve III sınıf su kalitesinde bulunmaktadır. Göl pH ve fosfor değeri açısından III sınıf su kalitesindedir.

SKKY 'ne göre o gruba ait en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfı belirlediğinden Karagöl Gölü III sınıf kalitede bir su olarak kabul edilecektir. Bu sebeple Karagöl yağış havzası ile beraber ele alınmalı havzadaki kirletici kaynaklar tek tek tespit edilmeli, göl çevresindeki tarım arazilerinin drenaj sularının göle girişi önlenmeli, çevresinin piknik alanı olması sebebiyle; göle katı atıkların karışmasının önüne geçilmelidir.

Göldeki fosforun kontrol altına alınabilmesi için tarım arazilerinin drenaj sularının bir merkezde toplanarak ileri arıtma yöntemleri ile arıtılması bir zorunluluk teşkil etmektedir.

RAMSAR sözleşmesi kuralları gereğince gölün korunmasına yönelik yasaların uygulanması konusunda titizlik gösterilmeli, göle yapılan baskılar azaltılmalı ve gölün su seviyesi ekolojik dengeleri bozmayacak şekilde korunmalıdır. Ayrıca gölde yaşayan su canlıları ve balıkların yaşamının tehlike altına girmemesi için gerekli tedbirle ivedikle alınmalıdır.

Karagöl Gölü; su ürünleri yetiştiriciliği açısından ekonomik olmayacağı düşünülmüş olup, bu su kaynağının daha da kirlenmemesi ve içinde yaşayan canlıların hayatının tehlike altına girmemesi için periyodik olarak sürekli izlenmesi gereklidir. Verileri tam olarak değerlendirilecek şekilde yürütülen bir izleme programı gölün su ürünleri ve su kalitesi yönetimi için yararlı bilgiler sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akyurt, İ., 1993. Balık Yetiştiriciliğinde Su Kalitesi Yönetimi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, 67 s.
- Anonim, 2010. Su Kirliliği, Kontrol Yönetmeliği, (SKKY), Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete No:25687, Ankara.
- Boyd, C.E., 1998. Water Quality for pond Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Research and Development Series No:43, Auburn
- Boyd, C.E., Tucker C.S., 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management Kluwer Academic Publishers, 700 p
- Can, Ö., Taş B., 2012. Ramsar Alanı İçinde Yer Alan Çernek Gölü ve Sulak Alanının (Kızılırmak Deltası, Samsun) Ekolojik ve Sosyo-Ekonomik Önemi. TÜBAV Bilim Dergisi, 5(2):1-11.
- Çakmak, L. ve Demir, T., 1997. Su Kirliliği ve Etkileri, Çevre ve İnsan Dergisi, 36.27-29.
- Dirican, S., 2008. Kılıçkaya Baraj Gölü (Sivas-Türkiye)'nün Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(4):25-31.
- Ellis, K. V., White, 1989. G. Adn Warn, A. E., Surface Water Pollution and Its Control Antony Rome Ltd. Chippenham, Wiltshire.
- Harper, D., 1992 Eutrophication of Freshwaters: Principles, Problems and Restoration, London, Chapman Hall. 78 p.
- Küçük, S., 2007. Investigation of Water Quality Parameters of the Büyük Menderes River for Fisheries A.D.U. Journal of the Faculty of Agriculture, 4(1-2), s: 7-13.
- Mutlu, E., Yanık T., 2012. Batıyaz Deresi (Samandağ) Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal yöntemlerle Belirlenmesi. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IX Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı. Editörler, Lale BALAS, Aslı, N. GENÇ, Cilt II 1131-1144
- Ntengwe, F.W., 2006 Pollutant loads and water quality in streams of heavily populated and industrialised towns, physics and chemistry of the Earth. 31: 832-839
- Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. V., Topraka, S., 2010. Ulugöl (ORDU) nun Bazı Fiziko Kimyasal Özellikleri Journal of Fisheries Sciences, com 4 (3): 254-263.
- Temponeras, M., Kristiansen, J. And Moustaka Gouni, M. (2000). Seasonal Variation in Phytoplankton Composition and Physical Chemical Features of the Shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece Hydrobiologia, 424:109-122
- Ünlü, A., Çoban, F. ve Tunç, M. S., 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Müh.Mm. Fak. Der. Cilt:23 No:1,119-127.