

GÖKGÖL (ORDU-TÜRKİYE)'ÜN BAZI FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Beyhan TAŞ, Murat ÇETİN

Ordu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Cumhuriyet Yerleşkesi 52200,
Ordu, Türkiye

Özet

Gökgöl, Ordu ili Gököy ilçe merkezinde yer alan tektonik orijinli küçük bir göldür. 840 m rakımda olan gölün alanı yaklaşık 2 dekar, ortalama derinliği 8.5 m civarındadır. Bir park alanı içinde bulunan Gökgöl'ün çevresine peyzaj uygulanmıştır. Yöre halkı için dinlenme, eğlence alanı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Gökgöl'ün 2009 yılı yaz aylarında bazı fiziko-kimyasal özellikleri incelenmiştir. Gökgöl; zayıf asidik karakterde, çözülmüş oksijen içeriği az, iletkenliği yüksek, çok sert su özelliğine sahip, fosfor başta olmak üzere besleyici elementler ve mineral konsantrasyonu oldukça fazla olan bir göldür.

Anahtar kelimeler: Göl, fiziko-kimyasal özellik, tatlı su, su kalitesi

INVESTIGATING OF SOME PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF LAKE GÖKGÖL IN ORDU-TURKEY

Abstract

Lake Gökgöl is a small lake which tectonic origin in the center of Gököy district in Ordu. The lake is at 840 m, means depth 8.5 m, and has an area about two decares. The surrounding of Lake Gökgöl which located in a park area has application landscape. It is used as a recreation and picnic area for local people. In this study, some physico-chemical properties of the lake were examined in the summer of 2009. Lake water is weak acidic and low in dissolved oxygen. Also, it has a high conductivity and very hard water. The Lake is quite rich in terms of mineral concentration, nutritive elements and particularly phosphorus.

Keywords: Lake, physico-chemical properties, freshwater, water quality

1. GİRİŞ

Göller; hidrolojik döngüdeki rolü, biyolojik çeşitliliği, balıkçılık, rekreasyon, turizm gibi birçok özellikleriyle önemli doğa alanlarıdır. Göller, oldukça 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 akışlar da çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenleri, organik maddeleri, tortu ve diğer pek çok maddeyi beraberinde sürükler. Bu

akışların hızı gölün coğrafik yapısı, iklim ve mevsimsel şartlara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Ünlü ve ark., 2008).

Gölün jeolojik yapısı, göl suyunun inorganik bileşimini belirleyen en önemli unsurdur. Durgun sistemler (lentik) olan göller akarsulara göre akış kısıtlaması olduğu için lotik sistemlerle karşılaştırıldığında kirliliğin boyutları farklılık gösterir. Özellikle dışarıya akışı olmayan göllerde kirlenme boyutları çok hassas noktalara ulaşabilir. Göllerde başlıca kirleticiler organik ve inorganik maddeler, tuzlar, mikroorganizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri, atık ısı vb.'dir (Ellis ve ark., 1989). Kirlilik nedeniyle yurdumuz ve dünya gölleri büyük bir baskı altındadır. Bu nedenle kullanılabilir tatlı su yetersizliği dünyanın en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır.

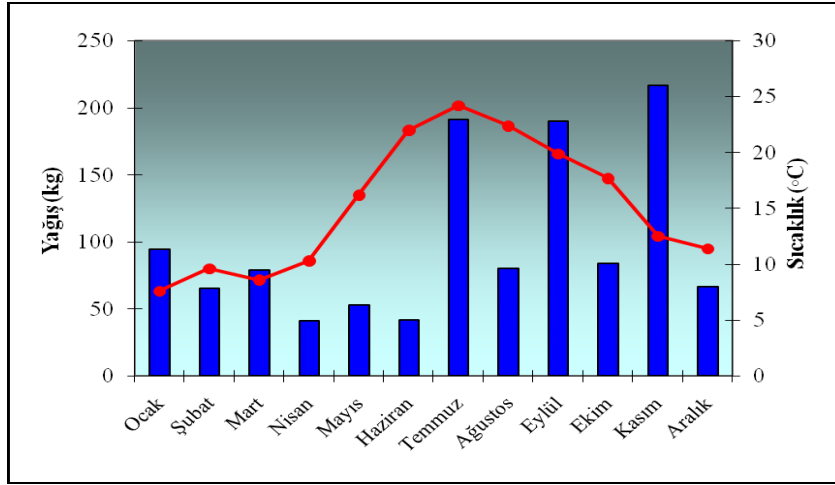
Suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri sucul flora ve faunayı etkiler. Aynı zamanda türlerin kompozisyonunu, produktivitesini, bolluk durumlarını ve fizyolojik durumlarını da değiştirir. Bu nedenle; içme, kullanma, su ürünleri üretimi ve rekreasyonel amaçlarla kullanılan yüzeysel suların özelliklerinin çok iyi bilinmesi, ekolojik yapısının bozulmaması, korunması ve durumun sürekliliğinin sağlanması gerekir. Sucul ekosistemlerin hangi amaçlarla kullanılabileceğini tespit etmek için ekolojik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla, bugüne kadar bilimsel bir çalışmanın yapılmadığı Orta Karadeniz Bölgesi'nde Ordu ili Gölköy ilçe merkezinde yer alan Gökgöl'ün bazı fiziko-kimyasal özellikleri incelenerek suyun bazı ekolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Analiz sonuçları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)'ne göre değerlendirilmiş, göller, göletler, bataklıklar ve baraj hazneleri için verilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır (SKKY, 2004).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma alanı

Ordu ili Gölköy ilçe merkezinin hemen güneyinde yer alan Gökgöl, Çermik Gölü kompleksinin (Gökgöl-Uyuz Gölü) bir parçasıdır. Göl, fay kaynağının yüzeye ulaştığı kesimde oluşmuş küçük göllerimizdendir (Özdemir, 2006). Dolayısıyla gölün oluşum şekli tektonik orijindir. Gökgöl 840 m rakımda, 40°41'04.93'' kuzey enlemi ile 37°36'46.05'' doğu boylamı arasında yer alır. Gölün alanı 2020 m² (yaklaşık 2 dekar), çevresi 168 m, çapı 48 m'dir. Gölün ortalama derinliği 8.5 m, maksimum derinliği 10 m civarındadır. Yeraltı kaynak suları ve yağmur sularıyla beslenen gölün yüzeyden bir kanalla çıkışı bulunmaktadır. Göl park alanı içinde yer almaktadır ve çevresine peyzaj uygulanmıştır. Yöre halkı dinlenme, eğlence alanı olarak kullandığı gölde özellikle yaz aylarında serinlemek amacıyla yüzmektedirler (Şekil 1).

Araştırma alanının da içinde bulunduğu Bolaman Çayı Havzası'nda, mevsimlere düzenli dağılım gösteren yağışlarla, en düşük sıcaklık ortalaması 5-6 °C, en yüksek sıcaklık ortalaması da 20-22 °C dolayında olan, orta kuşak iklimlerinden ozeanik orta kuşak iklim (Britanya iklimi) özellikleri görülmektedir. 925 m yükseltide 40° 41' N enleminde yer alan Gölköy meteoroloji istasyonu verine göre; kuzeyden güneye doğru yükseltinin artması ve denizel etkilerin daha az hissedilmesi nedeniyle aylık ve yıllık sıcaklık ortalamaları azalmaktadır. Yılın büyük bir bölümünün nemli geçtiği Gölköy çevresinde, sadece Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yarı kurak koşullar belirirken, Haziran ayı nemli iklim özelliği göstermektedir. Gölköy'de en yüksek ve en düşük sıcaklıkların ölçülmesi, bu kesimde karasal etkilerin daha fazla hissedildiğini göstermektedir. Dolayısıyla iç kesimlerde kış mevsimi daha uzun ve karasal etkiler daha fazladır.



Şekil 2. Ordu ili sıcaklık-yağış grafiği (2009)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Gökgöl'de 2009 yılı yaz aylarında yapılan araştırmada elde edilen fiziko-kimyasal parametrelere ait analiz sonuçları Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir. Analiz sonuçları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiş (SKKY, 2004) ve gölün su kalite sınıfı belirlenmeye çalışılmıştır.

Suyun asitlik özelliğinin bir göstergesi olan pH sudaki canlı yaşamını etkileyen önemli bir faktördür. Canlılar genelde 6.5-8.5 pH aralığında iyi gelişim gösterirler. Gökgöl'ün ortalama pH değeri yüzey suyunda 6.31, 5 m derinlikte yaklaşık olarak 6'dır. Bu değere göre Gökgöl'de pH < 7 olduğu için zayıf asidik karakter göstermektedir. SKKY'ye göre gölün su kalitesi I. sınıftır (Çizelge 4). Analiz sonucu; göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, Gökgöl'ün çeşitli kullanımlar için değerlendirilebileceği görülmektedir (SKKY, 2004). Çermik Gölü kompleksinde derinlerden yüzeye ulaşan karbondioksitli sular (Özdemir, 2006), Gökgöl'ün asidik özellikte olmasına neden olmuş olabilir.

Su sıcaklığı; sucul ekosistemde biyotik faktörler üzerinde oldukça etkili olan bir faktördür. Üreme, beslenme ve metabolik faaliyetlerde önemli olup, biyolojik aktivite hızını artırır, oksijen doygunluğunu azaltır. Araştırmada gölün ortalama su sıcaklığı yüzeyde 23.2 °C, 5 m derinlikte 20.75 °C'dir. Bu değere göre gölün su kalitesi I. sınıftır.

Çözünmüş oksijenin suda çözünübilirliği sıcaklıkla ters orantılıdır. Ayrıca göl yüzeyinin dalgalı olması, nem içeriğinin fazla olması oksijenin çözünübilirliğini artırmaktadır. Suda tuz yoğunluğu artarken çözünen oksijen miktarı da azalmaktadır (Cirik ve Cirik, 1999). Gökgöl'de yaz aylarında çözünmüş oksijen miktarı yüzey suyunda 4.45 mgL⁻¹ (%52.6), 5 m derinlikte 2.09 mgL⁻¹ (%25.2) olarak ölçülmüştür. SKKY'ye göre Gökgöl'ün yüzey suyu III. sınıf kalite özelliği gösterirken, 5 m derinlikteki su IV. sınıf su kalitesindedir (oksijen doygunluğu < 40).

Çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu; göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri ile karşılaştırıldığında (7.5-5.0 mgL⁻¹), Gökgöl'ün çeşitli kullanımlar için uygun olmadığı görülmektedir (ÇO < 5 mgL⁻¹) (SKKY, 2004). Sucul ortamlarda çözünmüş oksijen değeri, sıcaklığın yanında bitkilerin fotosentez hızına ve göllerin trofik düzeyine bağlı olarak farklılık gösterir (Akbulut ve Yıldız, 2001). Elektriksel iletkenlik (EC),

sudaki toplam çözünmüş madde miktarının bir göstergesidir. EC jeolojik yapıya ve yağış miktarına bağlı olarak değişim gösterir. Balıkçılık açısından uygun olan suların EC değerleri genellikle 150-170 μScm^{-1} arasında değişir (Bremond ve Vuichard, 1973).

Çizelge 1. Gökgöl'ün fiziko-kimyasal özelliklerini tespit etmek için kullanılan yöntemler

Parametreler	Yöntem
pH	CyberScan PC 300 multiparametre
Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	CyberScan DO 100 multiparametre
Çözünmüş oksijen (mgL^{-1}), (%)	CyberScan DO 100 multiparametre
İletkenlik (μScm^{-1})	CyberScan PC 300 multiparametre
Toplam çözünmüş madde (mgL^{-1})	CyberScan PC 300 multiparametre
Amonyum-N (mgL^{-1})	Nessler
Nitrit-N (mgL^{-1})	Diazotitasyon
Nitrat-N (mgL^{-1})	Kadmium indirgemesi
Sülfat (mgL^{-1})	Baryum sülfat
Fosfat-P (mgL^{-1})	Fosformolibden mavisi
Fosfat (mgL^{-1})	Fosformolibden mavisi
Ca (mgL^{-1})	EDTA Titrimetrik
Mg (mgL^{-1})	EDTA Titrimetrik
Toplam sertlik ($\text{mgL}^{-1} \text{CaCO}_3$)	EDTA Titrimetrik
Askıda katı madde (AKM) (mgL^{-1})	Gravimetrik
Işık geçirgenliği (m)	Secchi diski

Dışarıya akıntısı olan göllerde toplam çözünmüş madde miktarı 100-200 ppm arasındadır. Akıntısı olmayan kapalı göllerde buharlaşma çözünmüş katı madde miktarını artırır (Tanyolaç, 2009). EC değeri Gökgöl'de ortalama olarak yüzeyde 1294.3 μScm^{-1} , 5 m'de 1278.5 μScm^{-1} olarak ölçülmüştür. Bu yüksek değerler gölde çözünmüş katı maddelerin fazlalığını göstermektedir. Aynı zamanda gölün sadece bir küçük kanalla dışarıya akıntısı vardır, yani yarı kapalı göldür. Bu parametre bakımından göl balık yaşamı için uygun değildir. EC değeri, su ürünleri standartları ve yüzeysel su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması hakkındaki protokolda belirtilen (Uslu ve Türkman, 1987) değerlerin (150–500 μScm^{-1}) çok üzerinde yer almaktadır. Aynı ilçede bulunan Ulugöl'de iletkenlik değeri 187.46 μScm^{-1} olarak ölçülmüştür (Taş ve ark., 2010).

Doğal sularda çözünen maddelerin veya minerallerin toplam miktarının bilinmesi, suyun kimyasal içeriğini tanımlamada yararlı bir parametredir. Aynı zamanda suyun verimliliğine katkıda olan dip yapısı hakkında genel bir bilgi verir (Tanyolaç, 2009). Toplam çözünmüş maddeler (TDS) doğal kaynaklardan, evsel ve endüstriyel atık sulardan ve tarımsal alanlardan kaynaklanır. TDS miktarına katkıda bulunan başlıca iyonlar karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum vb'dir. Ayrıca silt, kil, organik yapıdaki küçük partiküller, inorganik maddeler, çözünebilen organik bileşikler, plankton ve diğer mikroskopik organizmalar TDS'yi oluştururlar. Gökgöl'de ölçülen ortalama TDS değeri yüzeyde 649 mgL^{-1} , 5 m'de 638.5 mgL^{-1} 'dir. TDS değerine göre Gökgöl'ün su kalitesi II. sınıftır (SKKY, 2004).

Secchi diski (SD) derinliği, suyun bulanıklılığını ya da su gövdesinde şeffaflığı belirlemek için kullanılan basit ve ucuz bir yöntem olup, gölün ötrofik yapısının belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir. SD derinliği, göldeki ötrofik seviye ve askıda katı madde (AKM) miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bu derinlik mevsimlere, suda asılı olan veya yüzen partiküllere, havanın rüzgârlı oluşu, gelen ışığın şiddeti ve gelme açısına, çevre yükseltisine ve su derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Bunun yanı sıra fitoplankton yoğunluğu ve göle ulaşan sel suları bulanıklığı etkilemekte, SD derinliğinin az ölçülmesine neden olmaktadır. Gökgöl'de yaz aylarında ölçülen ortalama SD derinliği yaklaşık olarak 2 m'dir (1.97 m).

Çizelge 2. Gökgöl'de yüzey ve 5 m derinlikte yerinde yapılan analiz sonuçları

Parametreler	Aylar							
	Haziran'09		Temmuz'09		Ağustos'09		Ortalama	
	Yüzey	5 m	Yüzey	5 m	Yüzey	5 m	Yüzey	5 m
pH	6.22	5.87	6.4	6.06	6.32	5.92	6.31	5.99
Sıcaklık (°C)	19.3	16.5	23.5	20	26.8	21.5	23.2	20.75
Çözünmüş oksijen (mgL ⁻¹)	3.62	1.68	4.1	2.65	5.63	1.53	4.45	2.09
Oksijen doygunluğu (%)	43.7	23.5	49.3	33	65	17.4	52.6	25.2
İletkenlik (µScm ⁻¹)	1294	1218	1269	1228	1320	1329	1294.3	1278.5
T. çözülmüş madde (mgL ⁻¹)	649	625	635	608	663	669	649	638.5
Işık geçirgenliği (m)	2.26		1.92		1.72		1.97	

Çizelge 3. Gökgöl yüzey suyunda yapılan analiz sonuçları

Parametreler	Aylar			
	Haziran'09	Temmuz'09	Ağustos'09	Ortalama
Amonyum-N (mgL ⁻¹)	0.22	0.7	1.2	0.7
Nitrit-N (mgL ⁻¹)	0.022	0.03	0.045	0.032
Nitrat-N (mgL ⁻¹)	0.2	3.1	3.9	2.4
Sülfat (mgL ⁻¹)	88	86	82	85.33
Fosfat-P (mgL ⁻¹)	0.336	0.398	0.421	0.385
Fosfat (mgL ⁻¹)	1.03	1.22	1.42	1.22
Ca (mgL ⁻¹)	256.52	303.58	306.21	288.77
Mg (mgL ⁻¹)	51.52	25.76	23.56	33.61
Toplam Sertlik (mgL ⁻¹ CaCO ₃)	853.3	864.96	892.56	870.27
Seston (AKM) mgL ⁻¹	1.4	0.2	2.0	1.2

OECD raporuna göre ortalama SD derinliği ≥ 6 m olan göller oligotrofik, 6-3 m olan göller mezotrofik, < 3 m olan göller ötrofiktir (Vollenweider ve Kerekes, 1982). Bu parametre bakımından Gökgöl ötrofik özellik taşımaktadır.

Suda bulunan askıda katı madde (AKM) miktarı (seston) alloktan ve otokton kaynaklı maddeler nedeniyle değişir. Seston alıcı su ortamlarına evsel ve endüstriyel atık sularla da taşınır. Bunun sonucunda suyun bulanıklığı artar, ışık geçirgenliği azalır, fotosentez olayı olumsuz yönde etkilenir. Sedimentasyon sonucu tabanda yaşayan bentik canlıların

substratlarını olumsuz etkilenir. AKM değerinin, 25-80 mgL⁻¹ arası normal olduğu, 80 mgL⁻¹'nin üstündeki değerlerin sudaki canlılar açısından sakıncalı olabileceği belirtilmektedir.

Gökgöl'de AKM miktarı ortalama 1.2 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür. En fazla Ağustos ayında (2 mgL⁻¹) kaydedilmiştir. Elde edilen bu değerlerin SKKY'de belirtilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin (5-15 mgL⁻¹) altında olduğu görülmektedir. Göl, park içinde bulunduğu ve göl çevresi betonlaştırıldığından dolayı göle evsel ve endüstriyel atık su ve erozyon girdisi söz konusu değildir. Ulugöl'de de AKM miktarı az olup, ortalama 1.24 mgL⁻¹ ölçülmüştür.

Çizelge 4. Gökgöl'ün bazı parametrelerinin su kalite sınıfları ile karşılaştırılması (SKKY, 2004)

Su kalite parametreleri	Su kalite sınıfları				Gökgöl	Sınıf
	I	II	III	IV		
Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30	23.2	I
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında	6.31	III
Çözünmüş oksijen (mgL ⁻¹)	8.00	6.00	3.00	<3	4.45	III
Oksijen doygunluğu (%)	90	70	40	<40	52.6	III
Amonyum-N (mg NH ₄ ⁺ -N L ⁻¹)	0.2	1	2	>2	3.09	IV
Nitrit -N (mg NO ₂ -N L ⁻¹)	0.002	0.01	0.05	>0.05	0.032	III
Nitrat -N (mg NO ₃ -N L ⁻¹)	5.00	10.00	20.00	>20	2.4	I
Toplam fosfor (mg PO ₄ -P L ⁻¹)	0.02	0.16	0.65	>0.65	0.385	IV
Sülfat iyonu (mg SO ₄ L ⁻¹)	200.00	200.00	400.00	>400	85.33	I
Toplam çözünmüş madde (mgL ⁻¹)	500	1500	5000	>5000	649	II

Sularda bulunan başlıca azotlu bileşikler, azalan oksidasyon kademesine göre nitrat azotu (NO₃⁻-N), nitrit azotu (NO₂⁻-N), amonyak azotu (NH₃-N) ve organik azottur (Org-N). Bu azotlu bileşikler ölçülerek, suyun kalitesi hakkında karar verilebilmektedir. Temiz ve bol oksijenli sularda NH₄⁺ bileşikleri çok düşük düzeylerde bulunmaktadır. Sucul canlıların atık maddesi olup tekrar organizmalar tarafından absorblanır (Cirik ve Cirik, 1999). Amonyum (NH₄⁺) birçok alg ve yüksek bitkiler tarafından doğrudan alınabilir. Genellikle 1 mgL⁻¹ veya daha az olması gerekir. Gökgöl'de ortalama NH₄⁺-N değeri 0.7 mgL⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Bu parametre bakımından su kalitesi II. sınıftır (SKKY, 2004).

Nitrit (NO₂⁻), amonyumdan nitrate ulaşan biyolojik oksidasyonda ara üründür. NO₂⁻'nin çoğunlukla doğal sularda konsantrasyonu düşüktür, fakat organik pollusyonun ve oksijenin düşük olduğu yerlerde yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Egemen, 2006). Gökgöl'de ortalama NO₂⁻-N 0.032 mgL⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bu değere göre göl suyu su kalitesi bakımından III. sınıftır (SKKY, 2004). Gölde, ÇO çok az olduğu için NO₂⁻-N yüksek kaydedilmiştir.

Nitrat (NO₃⁻), oksijen zengin sularda azotun çok yaygın görülen mineral şekli olup, algal büyümeyi sınırlayabilen veya artırabilen önemli bir faktördür. Yüzey sularında eser miktarlarda bulunmaktadır. Oligotrofik sularda azot miktarı düşük, ötrofik sularda ise oldukça yüksektir. Fitoplanktonun yoğun bir şekilde gelişmesi için vazgeçilmez bir element olan NO₃⁻-N sularda 1-10 mgL⁻¹ arasında bulunur. Gökgöl'de ortalama NO₃⁻-N 2.4 mgL⁻¹ kaydedilmiştir. Bu değere göre göl suyu I. sınıf su kalitesindedir (SKKY, 2004).

Sülfat iyonu (SO_4^-), biyolojik verimin artması için doğal sularda bulunmalıdır. Yeterince bulunmaması durumunda fitoplankton gelişimi engellenir, bitkilerin büyümesi yavaşlar. Doğal göllerin SO_4^- değerleri $3-30 \text{ mgL}^{-1}$ arasındadır (Atıcı ve Obalı, 1999). Sucul ortamlarda çeşitli endüstri atıkları, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların neden olduğu sülfat artışı kirliliğin bir göstergesidir. Sülfat içeriğinin 250 mgL^{-1} 'den fazla olması ciddi derecede kirlenmeye işaret etmektedir (Nisbet ve Verneaux, 1970). Gökgöl çevresinde evsel, endüstriyel bir kirlilik kaynağı yoktur. Park alanı içinde bulunan kafeteryanın atık suları göle boşaltılmamakta, bir kanala verilmektedir. Gökgöl'de ortalama 85.33 mgL^{-1} SO_4^- ölçülmüştür. Gölün su kalitesi bu değere göre I. sınıftır (SKKY, 2004). Narlıgöl'de yapılan araştırmada $3.84-9.6 \text{ mgL}^{-1}$ aralığında SO_4^- tespit edilmiştir (Durak ve ark., 1997). Kara ve Bahadıroğlu (2001)'nin belirttiğine göre, ortalama SO_4^- değeri Kumaşır Gölü'nde 29.26 mgL^{-1} , Akşehir Gölü'nde 500 mgL^{-1} , Beyşehir Gölü'nde 50 mgL^{-1} , Eğirdir Gölü'nde 18 mgL^{-1} 'dir. Gökçöy ilçesinde bulunan Ulugöl'de ortalama $\text{SO}_4^- 2.5 \text{ mgL}^{-1}$ kaydedilmiştir (Taş ve ark., 2010).

Fosfor, doğal suların verimliliğini etkileyen besleyici minerallerin en önemlisidir. Özellikle ototrof ve heterotrof organizmaların büyümelerinde sınırlayıcı etki gösterir. Doğal sularda toplam fosfor yoğunluğu; havzanın morfolojisine, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde ve evsel atık özellikle deterjan olup olmadığına ve sudaki organik metabolizmaya bağlıdır. Fosfor su ortamında meydana gelen ötrofikasyonun temel elementidir (Harper, 1992). Kirlenmemiş doğal sularda oldukça küçük miktarlarda bulunur ve göllerin verimliliğini belirler (Tepe ve Boyd, 2003). Nisbet ve Verneaux (1970) fosfat içeriğinin $0.15-0.30 \text{ mgL}^{-1}$ olan sularda üretkenliğin yüksek olduğunu ancak bu değer 0.30 mgL^{-1} 'yi aşması halinde suyun kirlenmiş sayılacağını belirtmektedir. Fosfat içeriğinin 0.50 mgL^{-1} 'yi aşması halinde ise aşırı kirlenme ve ötrofikasyon söz konusudur. Thomann ve Mueller (1987)'e göre toplam fosfor $<10 \mu\text{gL}^{-1}$ ise göl oligotrofik, $10-20 \mu\text{gL}^{-1}$ ise mezotrofik, $>20 \mu\text{gL}^{-1}$ ise ötrofiktir. Gökgöl'de ortalama toplam fosfor değeri oldukça yüksek kaydedilmiştir (0.385 mgL^{-1}). Bu değere göre gölün trofik seviyesi ötrofiktir. SKKY (2004)'ye göre göl suyu III. sınıf kalitede olup; göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri ($0.005-0.1 \text{ mgL}^{-1}$) ile karşılaştırıldığında sınır değerlerini aşmaktadır. Gölün ilçe merkezinde park içinde bulunması, rekreasyonel amaçlı kullanımı, gölün bulunduğu arazinin eğimli olması nedeniyle yağmur sularıyla yüzeysel suların göle ulaşması fosfor değerini artıran etkenler olabilir. Ancak, fosforun yüksek çıkmasının asıl nedeni gölün jeolojik yapısından kaynaklıdır. Ulugöl'de yaz aylarında ortalama toplam fosfor 0.018 mgL^{-1} kaydedilmiştir (Taş ve ark., 2010).

Kalsiyum (Ca) doğal sularda en bol bulunan elementlerden biridir. Algler ve yüksek bitkiler için önemlidir. Doğal suların Ca içeriği 150 mgL^{-1} 'ye kadar ulaşabilirken, 25 mgL^{-1} civarında iken üretkenlikte maksimuma ulaşır, 12 mgL^{-1} 'nin altında ise üretkenliğin iki kat azalacağı belirtilmektedir (Nisbet ve Verneaux, 1970; Bremond ve Vuichard, 1973). Genellikle sudaki Ca iyonu kaynağını karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleri teşkil eder. Bu nedenle sularda, çok değişik konsantrasyonlarda Ca bulunabilir. Ca suya sertlik özelliği veren en önemli iyonudur (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Sularda Ca ve Mg iyonlarına bakarak sertlik tayini yapılır. Bazı araştırmacılara göre; kalsiyum 10 mg 'den azsa yumuşak su, $20-25 \text{ mg}$ ise orta sert su ve 25 mg 'den fazlaysa sert su olarak tanımlanır (Tanyolaç, 2009). Gökgöl'de ortalama 288.77 mgL^{-1} Ca kaydedilmiştir. Araştırma yapılan alanının litolojik yapısını volkanik formasyonlar ve kireçtaşları oluşturduğu için Ca iyonu yüksek kaydedilmiştir. Bu yüksek değer gölün çok sert su özelliğinde olduğunu göstermektedir.

Magnezyum iyonu (Mg) suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan biridir. Mg klorofilin bileşiminde bulunduğundan klorofilli bitkiler için yaşamsal önem taşır. Alg, mantar ve

bakterilerde fosfor metabolizmasını düzenler. Göllerde Mg oranının düşük olması gölün fitoplankton verimliliğini önemli ölçüde etkiler, bunun sonucunda göl oligotrofik özellik kazanır (Egemen, 2006). Doğal sularda Mg 10-50 mg L⁻¹ arasında değişir. Gököl'de ortalama Mg değeri 33.61 mgL⁻¹'dir.

Suların en önemli özelliği sertliktir. Suların sertliği, başta kalsiyum ve magnezyum bikarbonat iyonları olmak üzere, kalsiyum ve magnezyum klorür, kalsiyum ve magnezyum nitrat ve az miktarda da demir, alüminyum ve stronsiyum iyonlarından ileri gelmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Sularda sertlik suyun evsel ve endüstriyel kullanıma uygunluğunun belirlenmesi için de önemlidir. Suların sertliği buldukları yerin jeolojik yapılarına göre değişir. Toplam sertlik değeri Gököl'de ortalama olarak 870.27 mg CaCO₃L⁻¹ kaydedilmiştir. Bu değere göre Gököl çok sert sular sınıfına girmektedir. Klee (1990) yaptığı suları sertlik derecesine göre sınıflandırma tablosuna göre de Gököl suyu çok sert su sınıfına girmektedir (30-50 d°H). Hatta alışılmışın dışında sert su sınıfına (>50 d°H) çok yakındır (48.73 d°H). Yeraltı suları genellikle yüzeysel sulardan daha serttir. Çünkü bu sular yeraltında bulunan madensel maddelerle daha çok temastadırlar (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Sert su kayalarındaki toprak alkali minerallerin parçalanmasından ortaya çıkmaktadır (Dayıoğlu ve ark., 2004). Gököl yer altı kaynak suları ile beslenmekte, tektonik orijinli, toprak yapısı volkanik ve kalkerli yapıda olduğu için sert su özelliği göstermektedir. Ulugöl'ün suyu yumuşak su (111.25 mg CaCO₃L⁻¹) özelliği taşımaktadır (Taş ve ark., 2010).

Gököl'ün su kalitesi, Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (YSKY, 2006)'nde yüzme ve rekreasyon amacıyla kullanılan suların sağlanması gereken kalite kriterleri ile karşılaştırıldığında uygun kalitede olduğu görülmektedir (YSKY, 2006).

4. SONUÇ

Gököl'ün suyu zayıf asidik karakterdedir. Çözünmüş oksijen içeriği ve oksijen doygunluğu çok azdır. Elde edilen bu sonuca göre göl III. sınıf su kalitesindedir. pH ve çözünmüş oksijen değerleri gölde canlı çeşitliliğinin olmaması ile doğrudan ilgilidir. Suyun elektriksel iletkenliği çok yüksektir. Bunun nedeni gölde çözünmüş katı maddelerin fazlalığıdır. Aynı zamanda göl yarı kapalı göl konumundadır. Bu parametre bakımından göl balık yaşamı için uygun değildir. Toplam çözünmüş katı madde miktarına göre Gököl'ün su kalitesi II. sınıftır. Secchi diski derinliği gölün ötrofik seviyede olduğunu göstermektedir. Besleyici elementlerden özellikle fosfor Gököl'de yüksek değerlerde ölçülmüş, SKKY'ye göre göl suyu IV. su kalite sınıfına dahil olmuştur. Fosfor konsantrasyonu ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerini aşmıştır. Gököl'ün, azotlu bileşiklerden NH₄⁺-N değerine göre su kalitesi II. sınıf, NO₂⁻-N değerine göre III. sınıf, NO₃⁻-N değerine göre I. sınıf kaydedilmiştir. SO₄⁼ parametresine göre gölün su kalitesi I. sınıftır. Suyu sertlik kazandıran Ca iyonu çok yüksek kaydedilmiştir. Bunun nedeni araştırma yapılan alanın litolojik yapısından kaynaklanmaktadır. Toplam sertlik değerine göre Gököl'ün suyu çok sert sular sınıfına girmektedir.

Teşekkür

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Biyolog Ahmet Yavuz Candan, Sertan Topkara, Osman Serden ve Kadir Öztürk'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akbulut, A. ve Yıldız, K. 2001. Mogan Gölü (Ankara) Planktonik Bacillariophyta üyeleri ve dağılımları. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14(4): 1081-1093.
- Atıcı, T. ve Obalı, O. 1999. Susuz Göleti (Ankara) algleri ve su kalite değerlendirmesi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 19(3): 99-104.
- Bremond, R. et Vuichard, R. 1973. Parameters de la qualité des eaux. Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement Documentation, Française, Paris.
- Cirik, S. ve Cirik, Ş. 1999. Limnoloji. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 21, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Dayıoğlu, H., Özyurt, M.S., Bingöl, N. ve Yıldız, C. 2004. Kütahya ili içme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7, 71-90.
- Durak, Y., Küçüköyük, M., Dural, H., Ertuğrul, K. ve Öztürk, C. 1997. Narlıgöl (Niğde-Sofular)'ün kimyasal ve biyolojik özellikleri. Ekoloji Çevre Dergisi, 22, 21-22.
- Egemen, Ö. 2006. Su kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, yayın no:14, 6. baskı, Bornova-İzmir.
- Ellis, K.V., White, G. and Warn, A.E. 1989. Surface Water Pollution and Its Control. Antony Rome Ltd., Chippenham, Wiltshire.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. 1997. Su kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, Birinci baskı, ISBN 975-7572-60-8, Ankara.
- Harper, D. 1992. Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration. Chapman and Hall, London, UK.
- Kara, C. ve Bahadıroğlu C. 2001. Kumaşır Gölü (Kahramanmaraş)'nün bazı ekolojik özellikleri. K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, 4(1): 57-62.
- Klee, O. 1990. Wasser Untersuchen: Einfache Analysenmethoden und Beurteilungskriterien. 1. Auflage, Quelle & Meyer, Wiesbaden.
- Nisbet, M. et Verneaux, J. 1970. Composants chimiques des eaux courantes: discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. Annales de Limnologie, 6 (2), 161-190.
- Özdemir, M. 2006. Bolaman Çayı Havzası'nın Coğrafyası. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Türk Tarih Kurumu Yayınları, XXVII. dizi-sayı 6, Ankara.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. 31.12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Tanyolaç, J. 2009. Limnoloji (Tatlısu Bilimi), Hatipoğlu Yayınevi, Ankara
- Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. ve Topkara, S. 2010. Ulugöl (Ordu)'ün bazı fiziko-kimyasal özellikleri. Journal of FisheriesSciences.com, 4 (3): 254-263.
- Tepe, Y. and Boyd, C.E. 2003. A reassessment of nitrogen fertilization for sunfish ponds. Journal of World Aquaculture Society, 34 (4), 505-511.
- Thomann, R.V. and Mueller, J.A. 1987. Principle of surface water quality modelling and control. Harper and Row Publishers, New York.
- Uslu, O. ve Türkman, A. 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1. Ankara. 364s.
- Ünlü, A., Çoban, F. ve Tunç, M.S. 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Zamanla Değişimi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 93-101.
- Vollenweider, R.A. and Kerekes, J. 1982. Eutrophication of waters, monitoring, assessment and control, Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris.
- YSKY, 2006. Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (76/160/AB). 09.01.2006 Tarih ve 26048 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.