



Karakuyu Gölü (Afyonkarahisar) Su Kalitesinin Bazı İndeks ve İstatistiksel Analizler Kullanılarak Belirlenmesi

Eda DEMİRKIRAN¹ , Selda TEKİN-ÖZAN^{2*} 

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Isparta

Ö Z

Karakuyu Gölü, Göller Yöresi'nde bulunan önemli sulak alanlarımızdan biridir. Nisan 2023 ve Ocak 2024 arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen bu çalışmada Karakuyu Gölü'nün su kalitesinin bazı indeks ve istatistiksel analizler kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Göl'den alınan su örneklerinde sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, biyolojik oksijen ihtiyacı, klorür, sülfat, ortofosfat, amonyum ve nitrat değerleri ölçülmüştür. Sonuçların değerlendirilmesi için Su Kalite İndeksi (WQI), OneWay Anova, Pearson Korelasyon Testi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi yapılmıştır. Sonuçlar ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından verilen içme suyu ve su kalitesi standart değerleri ile kıyaslanmış ve göl suyunun kalite sınıfları belirlenmiştir. Göl suyunun pH, elektriksel iletkenlik, biyolojik oksijen ihtiyacı, ortofosfat, klorür, nitrat ve amonyum değerleri açısından I. kalite sınıfında, sıcaklık ve sülfat değerlerine göre I. ve II. kalite sınıfında, oksijen miktarına göre kış mevsiminde II. kalite sınıfında, diğer mevsimlerde ise III. kalite sınıfında olduğu saptanmıştır. Göl suyunda ölçülen fizikokimyasal parametrelerin EU, EPA, WHO, TS 266'da belirtilen içme suyu standartlarına göre kabul edilebilir değerler içerisinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından bildirilen Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde ve Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından bildirilen Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen kriterlere göre de değerlendirilmiştir. WQI sonuçlarına göre göl suyunun mükemmel su sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Su kalitesi, Karakuyu Gölü, su kalitesi indeksi, fizikokimyasal parametreler

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 03.06.2024

Düzeltilme : 24.01.2025

Kabul : 10.03.2025

Yayın : 30.04.2025



DOI:10.17216/LimnoFish.1495007

* SORUMLU YAZAR

seldaozan@sdu.edu.tr

Tel : +90 246 211 40 52

Determination of Water Quality of Karakuyu Lake (Afyonkarahisar) Using Some Indices and Statistical Analysis

Abstract: Karakuyu Lake is one of our important wetlands in the Lakes Region. Since it is in the direction of the migration route of many birds, it has become a natural habitat for various water birds, especially endangered and protected. In this study, which was carried out between April-2023 and January-2024, was aimed to determine the water quality of Karakuyu Lake using some indexes and statistical analyses. Temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, oxygen saturation, biological oxygen demand, chloride, sulfate, orthophosphate, ammonium and nitrate values were measured in water samples taken from the lake seasonally. Water Quality Index (WQI), OneWay Anova, Pearson Correlation Test and Duncan Multiple Test were performed to evaluate the results. In addition, the results were compared with the standart values given by national and international organizations and the quality classes of the lake water were determined. It was determined that the lake had class I water quality in terms of pH, electrical conductivity, biological oxygen demand, orthophosphate, chloride, nitrate and ammonium values. According to temperature and sulphate values, Karakuyu Lake had class I or II water quality, based on oxygen values it had class II. quality water in winter while in class III water quality in other seasons. It has been determined that the physicochemical parameters values measured in Karakuyu Lake water are within acceptable values according to the drinking water standarts specified in EU, EPA, WHO and TS 266. The data obtained were also evaluated according to the criteria specified in the Water Pollution Control Regulation reported by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change and the Surface water Quality Regulation reported by the Ministry of Agriculture and Forestry. According to the WQI results, it was determined that the lake water was in the perfect water class.

Keywords: Water quality, Karakuyu Lake, water quality index, physico-chemical parameters

Alıntılama

Demirkıran E, Tekin-Özan S 2025. Karakuyu Gölü (Afyonkarahisar) Su Kalitesinin Bazı İndeks ve İstatistiksel Analizler Kullanılarak Belirlenmesi LimnoFish. 11(1): 38-54-. doi: 10.17216/LimnoFish.1495007

Giriş

Doğal kaynakların en önemlisi sudur ve günlük ihtiyaçlarımız başta olmak üzere temizlik, yemek, ısınma ve enerji sağlama bakımından mutlaka gerekli olan bir maddedir (Akman vd. 2004). Dünyada bulunan 1,4 milyar km³ suyun sadece %3'lük kısmını iç sularda bulunan tatlısular meydana getirmektedir. Tatlı suların ise büyük çoğunluğu doğrudan kullanılamayacak şekilde kutuplar ve buzullarda buz şeklinde ya da çok derinlerde yeraltı suyu halinde bulunmaktadır. Ulaşılabilen tatlısuyun ise çok daha az miktarı kullanılabilir kalitededir (Kocataş 2008). Dünyamızda kullanılabilir su miktarı bu kadar az iken nüfus artışı, kentleşme, teknolojik gelişmeler, hayvansal faaliyetler, tarım faaliyetleri, kuraklık, madencilik gibi etkenlerden dolayı tatlı su sistemleri sürekli olarak kirliliğe maruz kalmakta ve bu duruma bağlı olarak suların kalitesi düşmekte ve biyoçeşitliliği azalmaktadır. Ancak diğer taraftan nüfus artışına bağlı olarak kaliteli, güvenli ve temiz suya olan ihtiyaç da artmaktadır (Ouyang 2005; Poonam vd. 2013; Şener vd. 2023). İnsanlar da dahil olmak üzere pek çok organizma hayatta kalma, içme suyu olarak kullanma, balıkçılık, endüstriyel aktiviteler, tarımsal sulama ve rekreasyon gibi ihtiyaçlar ve faaliyetler nedeniyle tatlı suya bağımlıdır (Bhateria ve Jain 2016).

Su kalitesi, farklı amaçlar için kullanılan suyun durumunu göstermektedir. Su kalitesi, suyun kimyasal, fiziksel, hidromorfolojik ve biyolojik özelliklerini ifade eder (Boyd 1990). İçme, kullanma, tarımsal veya endüstriyel amaçla kullanılan kısıtlı miktardaki suların kullanım amacına uygun olması gerekmektedir. Suların kullanıma uygun olup olmadığının tespiti ise su kalitesinin tespiti ile mümkündür. Su kalitesi canlıların popülasyon dinamiğini, bolluk durumlarını ve fizyolojilerini etkileyen önemli bir faktördür (Tepe ve Boyd 2002). Sucul sistemlerin korunması, ekolojik dengenin devamlılığı, sucul sistemin sürdürülebilirliği ve sulardan uzun yıllar verimli bir şekilde faydalanmak için su kalitesinin belirli aralıklarla izlenmesi, geçmiş yıllar ile karşılaştırmalar yapılması ve elde edilen verilere göre gerekli tedbirlerin alınması oldukça önemlidir (Cüce vd. 2020; Gümüş 2021).

Geçmişte, sulak alanlara özellikle göllere atık alanlar olarak bakılmış, hastalık taşıyan, bataklık ve verimsiz alanlar olarak düşünülmüş ve değeri uzun yıllar anlaşılmamıştır (Sülük vd. 2013). Sularda oluşan kirliliğin ve kalitesi düşük suyun canlı sağlığını tehdit etmeye başlamasıyla sulak alanların su kalitesi hem bilim insanlarının hem de yöneticilerin dikkatini çekmiştir. Günümüzde hem ülkemizde hem de Dünya'da sucul sistemlerin su kalitesi ile ilgili araştırmalar giderek önem kazanmaktadır. Bu sebeple özellikle sınırlı miktarda olan tatlı sularda su kalitesine yönelik çalışmaların

indekslerle desteklenmesi uluslararası platformda ilgiyle takip edilmektedir.

Su kalite indeksi (WQI), suyun kullanım amacının belirlenmesinde önem arz eden bir derecelendirme sistemidir. İlk olarak ABD'de Horton (1965) ve Brown vd. (1970) tarafından kullanılan su kalite indeksi (WQI), Avrupa, Afrika ve Asya ülkelerinde kabul görmüştür ve kullanımı oldukça yaygındır. ABD Ulusal Sağlık Hizmetleri Kurumu Su Kalite İndeksi (USV SKİ), Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksi (KÇBK SKİ) ve Oregon Su Kalite İndeksi (O SKİ) başta olmak üzere Dünya'da farklı bilim insanları tarafından geliştirilen 35'den fazla su kalite indeksi bulunmaktadır (Brown vd. 1970; Abbasi vd. 2002; Khan vd. 2003; Debels vd. 2005; Abbasi ve Abbasi 2012). Su kalite indeksi (WQI) içme suyu kalitesine etki eden farklı biyolojik ve fiziksel parametrelerin belli bir sistem kullanılarak hesaplanması esasına dayanmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre suyun genel kalitesi hakkında fikir veren bir derecelendirme ölçeğidir. Su kalite indeksinin temel amacı, elde edilen fazla miktarda verinin su kalitesini doğru ve güvenilir bir ölçekte temsil edecek tek bir sayıya indirgenmesidir (Taş vd. 2021). Hesaplamalar sonucu bulunan bu rakamsal değer, sonuçların fazla miktarda sayısal veri içeren parametre tablosuna göre daha basit ve anlaşılır olmasını sağlar (Taner 2007). Bu indekslerin hesaplanması ve değerlendirilmesi oldukça kolay, basit ve su kalitesinin değerlendirilmesi açısından faydalıdır (Ustaoglu 2020). Su kalite indeksi (WQI), farklı araştırmacılar tarafından ülkemizdeki bazı sucul sistemlerin su kalitesini belirlemek amacıyla kullanılmıştır (Imneisi ve Aydın 2016; Alver ve Baştürk 2019; Kükrer ve Mutlu 2019; Taş vd. 2021; Şener ve Şener 2022; Çankaya vd. 2023; Tekin-Özan vd. 2024; Özçelik ve Tekin-Özan 2024). Su kalitesini daha kapsamlı analiz edebilmek için indekslerle istatistiki analizlerin birlikte kullanılması daha etkili olabilir (Şimşek vd. 2022).

Bu çalışmada ülkemizin güneybatısında Afyonkarahisar sınırları içerisinde yer alan Karakuyu Gölü'ne ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçülmesi, ölçülen bu parametre değerlerinin indeksler ve istatistiki testler kullanılarak analiz edilmesi ve gölün su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

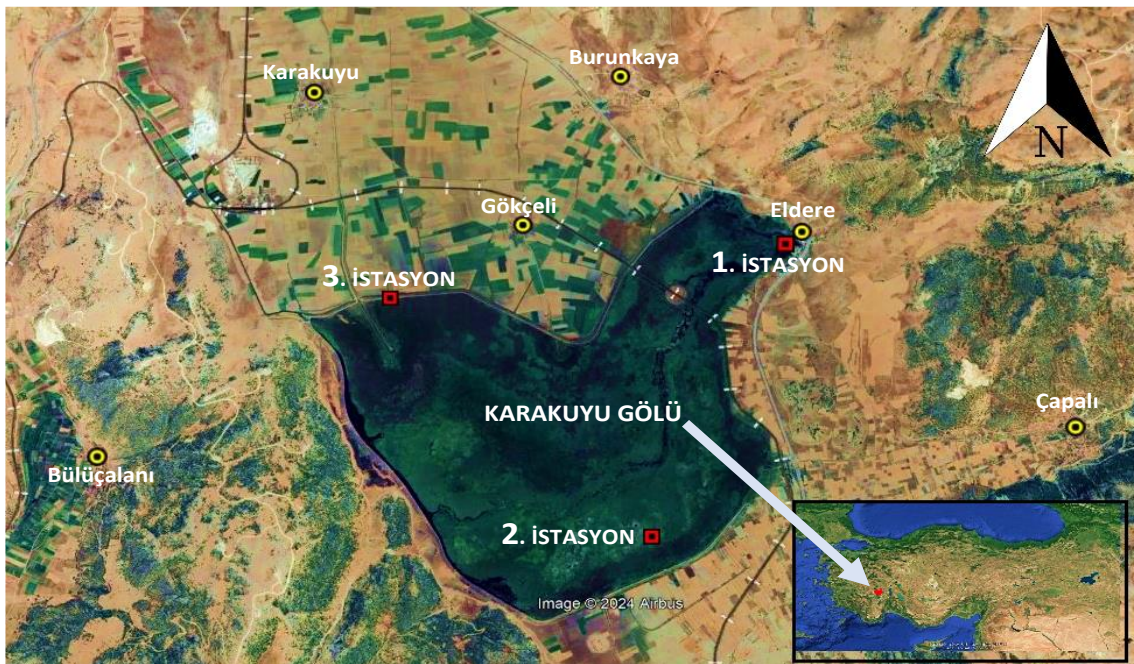
Çalışma alanı ve istasyonlar

Ülkemizin güneybatısında Afyonkarahisar ilinin Dinar ilçesi sınırları içinde bulunan Karakuyu Gölü 38°02'21"-38°04'44" Kuzey enlemleri ile 30°13'04"-30°16'25" Doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Antalya-Afyon karayoluna paralel güney-kuzey doğrultusunda uzanan bir yapıya sahiptir (Özdemir 2017). Dinar'ın yaklaşık 10 km güneyinde

Dombayova Grabeni içerisinde yer alır. Gölü kuzeydoğuda Eldere Köyü içinden çıkan Ulupınar Deresi, güneyde İncesu Köyü'nden ve kuzeydeki Kumalar Dağı'ndan gelen mevsimsel dereler beslemektedir (Bulut vd. 2016). Bölgedeki en önemli dereler Çay Deresi ve Kumalar Çayı'dır. Kumalar Çayı Sandıklı Ovası'nın güneydoğu bölgesinden doğar ve Karakuyu Gölü'nde dökülür. Gölü besleyen en önemli kaynak ise mevsimsel yağışlar ve yüzey akıntılarıdır (Özdemir 2017).

1979'da DSİ'nin başlattığı proje kapsamında Karakuyu havzasında bulunan tarım alanlarını sulamak ve çevre köylerin içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla Karakuyu Sazlıkları'nın çevresi 2,0-2,5 m yüksekliğinde, 15 km boyunda bentlerle çevrilmiştir. Bu proje 1990'da tamamlanmış ve sazlık sulama, su taşkınından korunma ve elektrik enerjisi üretimi gibi bölgenin ihtiyaçlarını karşılayan bir baraj gölü haline gelmiştir. Projenin tamamlanmasından sonra bu sazlığa Karakuyu Gölü adı verilmiştir. Bu sulak alan ayrıca; Çapalı Gölü, İncesu Gölü ve Karakuyu Sazlıkları olarak da bilinir (Bulut vd. 2016).

Eğirdir, Burdur ve Işıkli göllerinin arasında kalan bu gölün bir başka özelliği de kaynak sularından fazla beslenmesi sebebiyle kış mevsiminde donmaması ve bu sayede kuşlar için doğal bir sığınma alanı olmasıdır. Koruma altına alınan Karakuyu Gölü'nde ve 300 metrelik koruma şeridi içerisinde balık ve kuş avının yapılması yasaklanmıştır (Bulut vd. 2016). Karakuyu Gölü'nün Göller Yöresi'nde bulunması ve kuşların göç yolu istikametinde olması nedeniyle, nesli tehlikede olup koruma altına alınan çeşitli su kuşları için (dikkuyruk, ördek, turna vb.) doğal yaşam alanı ve güvenli bir sığınak olmuştur (Bulut vd. 2016). Gölün büyük bir kısmı kamış, hasır otu, sazlıklar ve nilüferlerle kaplıdır. Gölün bu özelliği kuşların yuva yapmalarına ve kamufle olmalarına olanak sağlar (Bulut vd. 2016). Karakuyu Gölü sülük avcılığı, hasır otu temini, balık üretimi, kamış üretimi ve rekreasyon amaçlı kullanılmaktadır (Bulut vd. 2016). Karakuyu sazlığı çevresindeki bazı köylerde buğday, arpa, şekerpancarı ve haşhaş ekiminin yapıldığı tarım arazileri de bulunmaktadır (Koçyiğit 2006).



Şekil 1. Çalışma alanı; Karakuyu Gölü ve istasyonlar (<https://earth.google.com/>)

Figure 1. Study area; Karakuyu Lake and stations

Karakuyu Gölü ve çevresi 1994 yılında “Yaban Hayatı Koruma Alanı” ve “I. Derece Doğal Sit Alanı” olarak ilan edilmiştir ve müdahaleye kapatılmıştır (Dinar Kaymakamlığı 2024; Afyonkarahisar İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü 2024). Göl ayrıca 2019'da “Ulusal Öneme Haiz Sulak Alan” olarak ilan edilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı 2024). Karakuyu Gölü ve çevresindeki 300 m'lik alan saha ve çevre koruması altına alınmış olup balık ve

kuşların avlanması yasaklanmıştır (Dinar Kaymakamlığı 2024).

Karakuyu Gölü'nün su kalitesini belirlemek için yapılan bu çalışmada, göl üzerinde 3 farklı istasyon seçilmiştir (Şekil 1.). Birinci istasyon 38°04'31"K-30°16'29"D koordinatlarında olup gölün kuzey doğusunda yer almaktadır. Bu istasyonun yaklaşık olarak 75 m güneyinde Pınarbaşı Lokantası bulunmaktadır. Gölün bu kısmı 1,0-1,5 m

derinliğinde olup, gölü besleyen ana kaynak bu alandadır. İkinci istasyon 38°02'44"K-30°15'31"D koordinatlarında, gölün güneyinde, Afyon-Isparta demiryoluna 60 m uzaklıktadır. Derinliği 2,0-2,5 m olup, etrafı hasır otuyla kaplıdır. Üçüncü istasyon 38°04' 06" K-30°13' 37" D koordinatlarındadır ve gölün kuzey batısında yer almaktadır. Bu istasyona

giden yol Karakuyu Köyü'nün içinden geçmektedir. Bu istasyonda gölün zemini oldukça balçıklı bir yapıya sahiptir ve çürümüş bitki kalıntıları mevcuttur. Etrafında çok sayıda kamış otu bulunmaktadır. Yolun diğer tarafında tarım arazileri mevcuttur. Çalışma alanına ait bazı fotoğraflar Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanına ait bazı fotoğraflar

Figure 2. Some views of study area

Arazi çalışmaları ve fizikokimyasal parametreler

Su örnekleri belirlenen istasyonlardan Nisan 2023, Temmuz 2023, Ekim 2023, Ocak 2024 tarihlerinde alınmıştır. Göl suyunun sıcaklık değeri (°C), pH ve elektriksel iletkenlik değeri ($\mu\text{S}/\text{cm}$) arazide YSI 556 MPS multiparametre

cihazı ile ve çözünmüş oksijen değeri (mg/L ve % doyumluk) ise Milwaukee MW600 model oksijenmetre ile yine arazide ölçülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında kimyasal analizler için her istasyondan standart metodlara uygun şekilde (TS ISO 5667-4) su örnekleri alınarak 1 litrelik polipropilen kaplara konulmuştur. Bu örnekler,

nitrat azotu (NO₃-N mg/L), sülfat (SO₄), amonyum azotu (NH₄-N mg/L), ortofosfat fosforu (PO₄-P mg/L), klorür iyonu (Cl⁻ mg/L) gibi parametrelerin analizi için Süleyman Demirel Üniversitesi Su, Kayaç ve Mineral Analiz Laboratuvarına getirilmiş ve analizler hizmet alımı yoluyla gerçekleştirilmiştir. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI₅) (mg O₂/L) ölçümü Süleyman Demirel Üniversitesi Hidrobiyoloji laboratuvarında yapılmıştır.

Su kalite indeksi (WQI)

Su kalite indeksi (WQI) farklı su kalite parametrelerinin bileşik etkisini gösteren bir derecelendirme sistemidir (Sahu ve Sikdar 2008). Suyun kalitesini belirlemek için genel olarak sıcaklık, bulanıklık, pH, fekal koliform, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen

ihtiyacı, toplam fosfat, nitrat ve toplam katı madde gibi parametrelerin kullanılması önerilmiştir (Chaturvedi ve Bassin 2009). Ancak WQI için seçilen parametreler; veri mevcudiyetine, uzman görüşüne ve çalışılan suyun çevresel önemine göre değişiklik gösterebilir (Uddin vd. 2021). Debel vd (2005) pek çok WQI modelinde önerilen parametrelerin analiz sonuçlarının olmaması durumunda diğer temel su kalitesi parametrelerinin de WQI hesaplamasında kullanılabileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada WQI pH, O₂, E.C., BOI₅, NH₄, NO₃, Cl ve SO₄ parametreleri kullanılarak hesaplanmıştır. Her parametre için atanan ağırlık değerleri ile hesaplanan göreceli ağırlık değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Her parametrenin ağırlık ve göreceli ağırlık değerleri

Table 1. Weight and relative weight value of each parameter

Parametreler	Standart Değerler	Ağırlık Değeri (wi)	Göreceli Ağırlık Değeri (Wi)
pH	6,5-8,5 (WHO 2022)	4	0,11
O ₂	8 (YSKY 2023)	4	0,11
EC	2500 (TSE 266 2005)	5	0,138
BOİ	8 (YSKY 2023)	3	0,083
NH ₄	0,50 (TSE 266 2005)	5	0,138
NO ₃	50 (WHO 2022)	5	0,138
Cl	250 (WHO 2022)	5	0,138
SO ₄	250 (WHO 2022)	5	0,138
		Σwi=36	

WQI aşağıda verilen formüller kullanılarak dört aşamada hesaplanır. İlk olarak su kalitesini etkileyen parametrelerin önem derecesine göre, çalışılan her parametreye göreceli olarak 1 ile 5 arasında bir ağırlık değeri (wi) belirlenir ve aşağıdaki formül kullanılarak göreceli ağırlık (Wi) hesaplanır.

$$Wi = \frac{wi}{\sum_{i=1}^n wi}$$

İkinci olarak, ölçümler sonucunda elde edilen veriler (C_i), her parametre için verilen içme suyu standardına (S_i) bölünür, 100 ile çarpılır ve kalite derecelendirilmesi (Q_i) hesaplanır.

$$Q_i = \left(\frac{C_i}{S_i} \right) \times 100$$

Son aşamada ise göreceli ağırlık (Wi) ve kalite derecelendirmesi (Q_i) çarpılarak alt-indeksler (SI) bulunur. Alt-indeksler toplanarak WQI hesaplanır.

$$SI_i = Wi \times Q_i$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i$$

WQI değerleri WQI<50 (mükemmel su), 50<WQI<100 (iyi su), 100<WQI<200 (kötü su), 200<WQI<300 (çok kötü su) ve WQI>300 (içme suyu için uygun değil) olmak üzere 5 kategoride sınıflandırılmıştır (Sahu ve Sikdar 2008).

İstatistiksel analizler

Çalışma bölgesindeki 3 farklı istasyondan elde edilen sonuçları mevsimsel olarak değerlendirmek amacıyla sonuçların minimum değeri, maksimum değeri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Ayrıca suda ölçülen fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel olarak değişip değişmediğini ortaya koymak ve fizikokimyasal parametrelerin birbirleri ile ilişkilerini belirlemek amacıyla SPSS 22.0 paket programı kullanılarak One Way Anova, Duncan Testi ve Pearson Korelasyon Testi (PCC) yapılmıştır (Pearson 1992; Fisher 1928; Duncan 1955). Duncan Testi 1951 yılında Duncan tarafından geliştirilen ortalamalar arasındaki farkları belirlemek amacıyla kullanılan çoklu karşılaştırma testidir (Tallarida ve Murray 1987; Açıkgoz ve Açıkgoz 2001). PCC ise parametreler arasındaki ilişkiyi belirleyen bir ölçüttür (Gillham 2001). +1 ve -1 aralığında sonuçlar verir. +1 mükemmel pozitif ilişkiyi, -1 mükemmel negatif ilişkiyi ifade ederken 0 parametreler arasında herhangi bir ilişki olmadığını gösterir (Manders vd. 1992). İstatistiksel olarak p değerinin 0,05'den küçük olması, ilişkiler arasında anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir.

Elde edilen sonuçlar Avrupa Birliği (EU)'nin, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın, ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın ve Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'nün verdiği suda sınıflandırma kriterleri ile kıyaslanmıştır (TSE 2005; EPA 2018; EU 2020; WHO 2022; Tarım ve Orman Bakanlığı 2023; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2023).

Bulgular

Fiziksel ve kimyasal parametreler

Karakuyu Gölü'nün su kalitesini belirlemek amacıyla Nisan 2023 - Ocak 2024 tarihleri arasında gölden alınan su örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler Tablo 2'de verilmiştir.

Sıcaklık değerleri ilkbaharda mevsiminde 12,94 - 15,18 °C arasında, yaz mevsiminde 12,50 - 22,74 °C arasında, sonbaharda 21,59 - 21,77 °C ve kış mevsiminde 9,30 - 10,09 °C arasında değişmiştir. Ortalama sıcaklık değerinin mevsimsel olarak sırasıyla sonbahar (21,66 °C) > yaz (16,88 °C) > ilkbahar (14,14 °C) > kış (10,18 °C) şeklinde olduğu görülmüştür. Sıcaklık değeri açısından tüm mevsimler arasında anlamlı bir farklılık ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Suda belirlenen pH değerleri ilkbaharda 7,13 - 7,99 arasında, yaz mevsiminde 6,90 - 7,96 arasında, sonbaharda 6,95 - 7,62 arasında ve kış mevsiminde 7,01 - 7,52 arasında değişim göstermiştir. Ortalama pH değerinin mevsimsel olarak sırasıyla ilkbahar (7,58) > sonbahar (7,36) > yaz (7,31) > kış (7,29) şeklinde olduğu belirlenmiştir. pH değeri açısından tüm mevsimler arasında anlamlı bir farklılık ($p>0,05$) olmadığı belirlenmiştir.

Karakuyu Gölü'nün suyundaki çözünmüş oksijen değeri ilkbaharda 4,95 - 5,85 mg/L arasında, yaz mevsiminde 3,5 - 4,4 mg/L arasında, sonbaharda 3,9 - 5,8 mg/L arasında ve kış mevsiminde 5,9 - 6,7 mg/L arasında değişmiştir. Mevsimler arasında ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin sırasıyla kış (6,23 mg/L) > ilkbahar (5,43 mg/L) > sonbahar (4,6 mg/L) > yaz (4 mg/L) şeklinde olduğu saptanmıştır. Çözünmüş oksijen miktarının tüm mevsimler arasında anlamlı bir farklılık ($p<0,05$) gösterdiği belirlenmiştir.

Oksijen doygunluğu değerinin ilkbaharda %46 - %60 arasında, yaz mevsiminde %39 - %52 arasında, sonbaharda %48 - %70 arasında ve kış mevsiminde %73 - %79 arasında olduğu saptanmıştır. Oksijen doygunluğu ortalama değerinin mevsimsel olarak sırasıyla kış (%75,33) > sonbahar (%56,67) > ilkbahar (% 52,67) > yaz (%46) şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Oksijen doygunluğu değerinin kış mevsiminde değer mevsimlere göre önemli derecede farklılık gösterdiği ($p<0,05$) tespit edilmiştir.

Tablo 2. Bazı fizikokimyasal parametrelerin mevsimlere göre minimum değerleri, maksimum değerleri, ortalama değerleri ve standart sapmaları**Table 2.** Minimum, maximum, mean values and standart deviations of some physicochemical parameters according to seasons

Parametreler	İlkbahar-2023	Yaz-2023	Sonbahar-2023	Kış-2024
Sıcaklık (°C)	12,94 - 15,18 14,14 ± 1,12 ^{ab*}	12,50 - 22,74 16,88 ± 5,27 ^{bc}	21,59 - 21,77 21,66 ± 0,09 ^c	9,30 - 10,90 10,18 ± 0,81 ^a
pH	7,13 - 7,99 7,58 ± 0,43 ^a	6,90 - 7,96 7,31 ± 0,56 ^a	6,95 - 7,62 7,36 ± 0,35 ^a	7,01 - 7,52 7,29 ± 0,25 ^a
Oksijen (mg/L)	4,95 - 5,85 5,43 ± 0,45 ^{bc}	3,5 - 4,4 4 ± 0,45 ^a	3,9 - 5,8 4,6 ± 1,02 ^{ab}	5,9 - 6,7 6,23 ± 0,41 ^c
Oksijen doygunluğu (%L)	46 - 60 52,67 ± 7,02 ^a	39 - 52 46 ± 6,55 ^a	48 - 70 56,67 ± 11,71 ^a	73 - 79 75,33 ± 3,21 ^b
Elektriksel iletkenlik (µS/cm)	343,2 - 380,5 367,06 ± 20,72 ^a	256,4 - 330,3 284,1 ± 40,27 ^a	295,9 - 398,4 330,66 ± 58,66 ^a	287,7 - 443,2 340,06 ± 89,31 ^a
BOI ₅ (mgO ₂ /L)	0,9 - 2 1,36 ± 0,56 ^a	0,8 - 1,8 1,36 ± 0,51 ^a	0,3 - 1,6 0,9 ± 0,65 ^a	0,3 - 0,5 0,4 ± 0,1 ^a
Cl ⁻ (mg/L)	2,59 - 10,56 6,41 ± 3,99 ^a	2,43 - 2,71 2,53 ± 0,15 ^a	1,14 - 2,11 1,78 ± 0,56 ^a	2,41 - 11,75 5,62 ± 5,31 ^a
SO ₄ ⁻ (mg/L)	0,1 - 3,45 2,23 ± 1,85 ^a	0,09 - 2,98 1,96 ± 1,62 ^a	2,97 - 3,22 3,08 ± 0,12 ^a	0,33 - 3,26 2,16 ± 1,59 ^a
NO ₃ -N (mg/L)	ALA** - 1,39 ^a	ALA - 1,51 ^a	ALA - 1,51 ^a	ALA - 1,53 ^a
PO ₄ -P (mg/L)	ALA	ALA	ALA	ALA
NH ₄ -N (mg/L)	ALA - 0,11 ^c	0,08 - 0,09 0,08 ± 0,005 ^{bc}	0,07 - 0,09 0,08 ± 0,01 ^b	ALA

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemsizdir.

** Analiz Limitinin Altında

Biyolojik oksijen ihtiyacı değeri ilkbaharda 0,9 - 2 mg/L arasında, yaz mevsiminde 0,8 - 1,8 mg/L arasında, sonbaharda 0,3 - 1,6 mg/L arasında ve kış mevsiminde 0,3 - 0,5 mg/L arasında değişmiştir. Biyolojik oksijen ihtiyacı değerinin mevsimsel olarak sırasıyla ilkbahar (1,36 mg/L) = yaz (1,36 mg/L) > sonbahar (0,9 mg/L) > kış (0,4 mg/L) şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Biyolojik oksijen ihtiyacı değerinin mevsimler arasındaki değişiminin istatistiki açıdan önemli olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Klorür iyonu miktarı ilkbaharda 2,59 - 10,56 mg/L arasında, yaz mevsiminde 2,43 - 2,71 mg/L arasında, sonbaharda 1,14 - 2,11 mg/L arasında ve kış mevsiminde 2,41 - 11,75 mg/L arasında belirlenmiştir. Mevsimler arasında ortalama klorür iyonu miktarı ilkbahar (6,41 mg/L) > kış (5,62 mg/L) > yaz (2,53 mg/L) > sonbahar (1,78 mg/L) şeklinde sıralanmıştır. Klorür iyonu miktarı açısından

mevsimler arasında istatistiki açıdan önemli bir fark olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Sülfat iyonu miktarı ilkbaharda 0,1 - 3,45 mg/L arasında, yaz mevsiminde 0,09 - 2,98 mg/L arasında, sonbaharda 2,97 - 3,22 mg/L arasında ve kış mevsiminde 0,33 - 3,26 mg/L arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama sülfat iyonu değerlerinin sırasıyla sonbahar (3,08 mg/L) > ilkbahar (2,23 mg/L) > kış (2,16 mg/L) > yaz (1,96 mg/L) şeklinde sıralandığı saptanmıştır. Sülfat iyonu miktarı açısından mevsimler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Tablo 2'e göre tüm mevsimlerde en düşük nitrat azotu miktarı analiz limitinin altında (<0,01) çıkmıştır. En yüksek nitrat azotu miktarı (1,53 mg/L) kış mevsiminde ölçülmüştür. Yaz ve sonbahar mevsiminde nitrat azotu miktarının (1,51 mg/L) eşit olduğu belirlenmiştir. Nitrat iyonu miktarı açısından

mevsimler arasında önemli bir fark olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Ortofosfat fosforu iyonu değerlerinin tüm mevsimlerde ve tüm istasyonlarda analiz limitinin altında ($p<0,05$) kaldığı tespit edilmiştir.

İlkbaharda en düşük amonyum azotu miktarı analiz değerinin altında ($p < 0,05$) çıkmıştır. Yaz ve sonbaharda ortalama amonyum azotu miktarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kış mevsiminde ise tüm istasyonlarda ölçülen amonyum azotu değerinin analiz limitinin altında ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Amonyum azotu değerinin mevsimler arasında birbirinden önemli derecede farklı olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir.

Pearson korelasyon analizi

Bu çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki açıdan anlamlı bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek için ($p<0,05$ ya da $p<0,01$) pearson korelasyon analizi (PCC) testi yapılmıştır. Daha güvenilir sonuçların elde edilebilmesi için tüm mevsim ve istasyonlarda ölçülen verilerin tümü pearson korelasyon analiz testini hesaplarken kullanılmıştır. Belirlenen su kalite parametre verileri arasında kaydedilen anlamlı istatistiki ilişkiler ve korelasyon katsayıları Tablo 3’de verilmiştir.

Buna göre sıcaklık ile pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, klorür ve sülfat miktarları arasında negatif, sıcaklık ile biyolojik oksijen ihtiyacı, nitrat ve amonyum değerleri arasında ise pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, sıcaklığın artışıyla birlikte biyolojik oksijen ihtiyacı, nitrat ve amonyum değerlerinin artması, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, klorür ve sülfat miktarlarının azalması anlamına gelmektedir. pH ile elektriksel iletkenlik ve nitrat değerleri arasında negatif, pH ile diğer parametreler arasında ise pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu durum, pH’ın artışıyla beraber çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, biyolojik oksijen ihtiyacı, klorür, sülfat

ve amonyum değerlerinin artması, elektriksel iletkenlik ve nitrat miktarlarının azalması anlamına gelmektedir. Elektriksel iletkenlik ile biyolojik oksijen ihtiyacı, sülfat ve nitrat değerleri arasında negatif, elektriksel iletkenlik ile çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, klorür ve amonyum miktarları arasında ise pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Elektriksel iletkenlik miktarının artışıyla çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, klorür ve amonyum miktarları artarken, biyolojik oksijen ihtiyacı, sülfat ve nitrat miktarlarında ise azalma olmuştur. Çözülmüş oksijen ile biyolojik oksijen ihtiyacı, sülfat, nitrat ve amonyum miktarları arasında negatif, çözülmüş oksijen ile oksijen doygunluğu ve klorür miktarları arasında ise pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, çözülmüş oksijen miktarının artışıyla beraber oksijen doygunluğu ve klorür miktarlarının artması anlamına gelmektedir. Oksijen doygunluğu ile biyolojik oksijen ihtiyacı, sülfat ve amonyum miktarları arasında negatif, oksijen doygunluğu ile klorür ve nitrat miktarları arasında ise pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Oksijen doygunluğu miktarının artmasıyla beraber klorür ve nitrat miktarları artarken biyolojik oksijen ihtiyacı, sülfat ve amonyum miktarlarında ise azalma olmuştur. Biyolojik oksijen ihtiyacı miktarının artışıyla klor ve amonyum miktarları da artarken, sülfat ve nitrat miktarlarında ise azalma olmuştur. Klorür iyonu ile sülfat ve amonyum miktarı arasında negatif, klorür iyonu ile nitrat miktarı arasında ise pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Sülfat iyonu miktarının artışıyla nitrat miktarı artarken, amonyum miktarında ise azalma olmuştur. Nitrat ile amonyum miktarı arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, nitrat miktarının artışıyla amonyum miktarının artması anlamına gelmektedir.

Oksijen doygunluğu değeri ile çözülmüş oksijen ve amonyum değeri arasında 0,01 düzeyinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Diğer tüm ilişkiler istatistiki açıdan bir önem arz etmemektedir ($p>0,05$).

Tablo 3. Karakuyu Gölü'nün suyunda ölçülen bazı fizikokimyasal parametrelerin pearson testine göre belirlenen değerleri**Table 3.** The determined values of some physico-chemical parameters of Karakuyu Lake's water according to pearson test

	Sıcaklık (°C)	pH	E.İ. (µS/cm)	Ç.O. (mg/L)	O ₂ doygunluğu (%)	BOI ₅ (mg O ₂ /L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻ (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)
Sıcaklık (°C)	1	-0,131	-0,048	-0,526	-0,401	0,342	-0,500	-0,037	0,027	0,442
pH		1	-0,387	0,218	0,090	0,100	0,181	0,342	-0,097	0,073
E.İ. (µS/cm)			1	0,237	0,106	-0,143	0,560	-0,506	-0,174	0,156
Ç.O. (mg/L)				1	0,896**	-0,378	0,329	-0,117	-0,168	-0,491
O ₂ doygunluğu (%)					1	-0,535	0,153	-0,102	0,004	-0,757**
BOI ₅ (mg O ₂ /L)						1	0,016	-0,416	-0,147	0,555
Cl ⁻ (mg/L)							1	-0,388	0,093	-0,151
SO ₄ ⁻ (mg/L)								1	0,252	-0,042
NO ₃ -N (mg/L)									1	-0,425
NH ₄ -N (mg/L)										1

* 0.05 düzeyinde önemli

** 0.01 düzeyinde önemli

Karakuyu Gölü suyunun su kalite kriterlerine göre değerlendirilmesi

Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz veriler Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2023) tarafından bildirilen Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen kriterlere göre değerlendirildiğinde, Karakuyu Gölü'nün tüm mevsimlerde su sıcaklığı değerlerine göre I-II. kalite sınıfında olduğu belirlenmiştir. Klorür iyonu değerlerine göre tüm mevsimlerde I. kalite sınıfında yer alırken sülfat iyonu değerlerine göre tüm mevsimlerde I-II. kalite sınıfında olduğu hesaplanmıştır. Oksijen doygunluğu değerine göre kış mevsiminde II. kalite sınıfında, diğer mevsimlerde ise III. kalite sınıfında olduğu saptanmıştır.

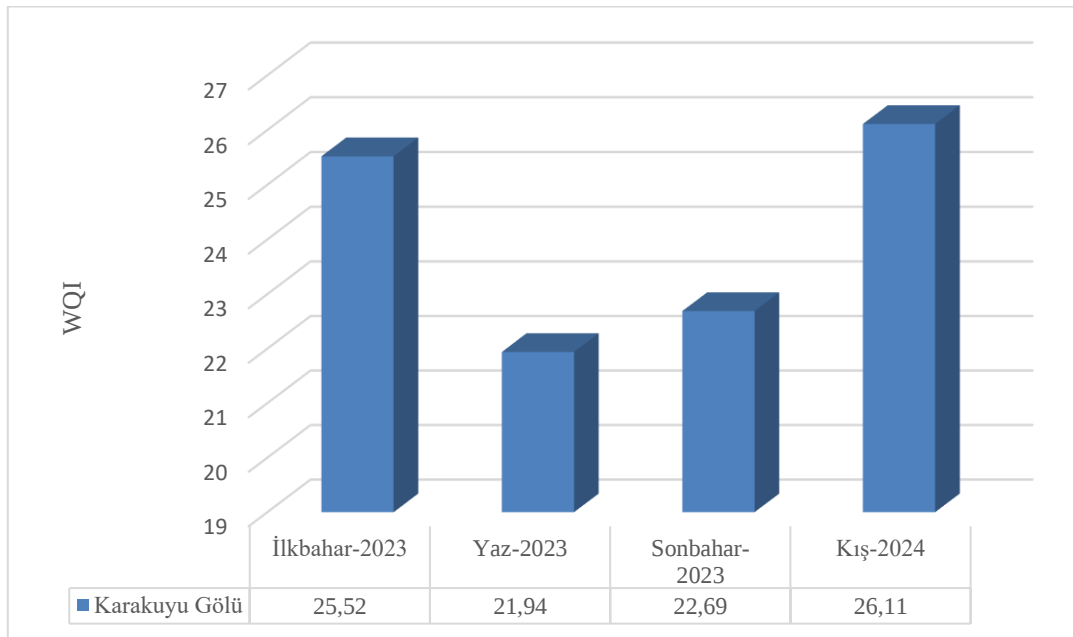
Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz diğer veriler Tarım ve Orman Bakanlığı (2023) tarafından bildirilen Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Buna göre Karakuyu Gölü pH değerlerine göre tüm mevsimlerde I-II-III. kalite sınıfında yer almıştır. Çözülmüş oksijen değerlerine göre kış mevsiminde II. kalite sınıfında, diğer mevsimlerde ise III. kalite sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Elektriksel iletkenlik bakımından ise tüm mevsimlerde I. kalite sınıfında yer almıştır. Biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerine göre tüm mevsimlerde I. kalite sınıfında olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ölçülen ortofosfat fosforu değerleri analiz limitlerinin altında ($p<0,05$) tespit edilmiş ve tüm mevsimlerde I. kalite sınıfında yer almıştır. Nitrat azotu ve amonyum azotu değerlerine göre Karakuyu Gölü tüm mevsimlerde I. kalite sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Karakuyu Gölü suyunda ölçülen bazı fizikokimyasal parametre değerlerinin EU, EPA, WHO VE TS 266'da belirtilen içme suyu standartlarına göre kabul edilebilir değerler içerisinde yer aldıkları belirlenmiştir (TSE 2005; WHO 2022; EPA 2018; EU 2020).

WQI kullanılarak su kalitesinin değerlendirilmesi

Karakuyu Gölü suyu WQI değerleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Belirlenen WQI değerlerine göre Karakuyu Gölü tüm mevsimlerde mükemmel su kalitesi kategorisinde bulunmaktadır. WQI değerlerinin ilkbaharda 25,52, yaz mevsiminde 21,94, sonbaharda 22,69 ve kış mevsiminde ise 26,11 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. Karakuyu Gölü'nün mevsimlere göre WQI değerleri

Figure 3. WQI values of Karakuyu Lake according to seasons

Tartışma ve Sonuç

Sıcaklık yüzeysel suların kalitesini belirlemede kullanılan en önemli değişkenlerden biridir (Nazar 2018). Sudaki kimyasal ve biyolojik reaksiyonların hızlarını etkilemektedir. (Kutanis 2010). Suda

yaşayan canlıların büyüme ve üreme hızları su sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterir (Barlas ve Kiriş 2004). Sıcaklık canlıların sudaki dağılımını ve tüm yaşamsal faaliyetlerini de etkileyerek fizyolojilerinin değişmesine neden olur

(Özakkoyuncu 2007). İklim, atmosfer şartları, deniz seviyesinden yükseklik, su yatağının yapısı, mevcut bitki örtüsü, coğrafi konum gibi nedenlere bağlı olarak göl sularının sıcaklığı değişir (Özakkoyuncu 2007). Suyun sıcaklığı suyun oksijen seviyesini, bitkilerin fotosentez hızını, organizmaların zehirli atıklara, hastalıklara ve parazitlere karşı olan hassasiyetlerini etkiler (Bhateria ve Jain 2016). Karakuyu Gölü'nde su sıcaklığı kış mevsiminde en düşük seviyede iken sonbaharda en yüksek düzeye ulaşmıştır. Ortalama sıcaklık değerinin mevsimsel olarak sırasıyla sonbahar (21,66 °C) > yaz (16,88 °C) > ilkbahar (14,14 °C) > kış (10,18 °C) şeklinde olduğu görülmüştür. Sıcaklık değeri açısından tüm mevsimler arasında anlamlı bir farklılık (<0,05) olduğu belirlenmiştir. Gümüş ve Akköz (2020) Eber Gölü'nde yaptığı çalışmada su sıcaklığının kışın en düşük, yazın ise en yüksek değere ulaştığını bildirmiştir. Karataş Gölü'nde su sıcaklığı ortalama olarak 2,37 °C (kış) ve 30,28 °C (yaz) arasında değişiklik göstermiştir (Tekin-Özan vd. 2024). Aşıkkutlu vd. (2014), Çavuşçu Gölü'ndeki ortalama su sıcaklığını 18,0 °C olarak tespit etmiştir. Sucul sistemlerde su sıcaklığının yaz aylarında artması beklenen bir durumdur. Ancak çalışmamızda su sıcaklığının sonbaharda en yüksek düzeye ulaştığı görülmüştür. Bu durum 2023 yılının meteorolojik verileri ile desteklenmektedir. Karakuyu Gölü'nün bağlı olduğu bölgenin Haziran 2023'de 144,2 mm yağış aldığı ve bu miktarın 2023 yılı için ay bazında en yüksek yağış miktarı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Haziran ayında ortalama hava sıcaklığı 19,6 °C olarak ölçülmüş, maksimum hava sıcaklığı 27,3 °C ile Ağustos ayında tespit edilmiştir (Anonim 2024). Sucul sistemlerdeki su sıcaklığı bölgenin meteorolojik verilerine bağlı olduğundan göldeki su sıcaklığının yaz mevsiminde maksimum düzeyde olmaması 2023 yılının haziran ayının aşırı yağışlı geçmesinden kaynaklanmış olabilir.

Göllerin pH değeri 6-9 aralığında değişiklik gösterir. Ancak kireçli bölgelerdeki, buharlaşmanın yüksek olduğu göllerde, volkanik göllerde ve maden yataklarına yakın göllerde bu değer daha yüksek veya daha düşük olabilir (Tanyolaç 2009). pH sucul sistemlerde, canlıların hayatını etkileyen ve pek çok biyolojik ve kimyasal olayda etken olan en önemli parametrelerden biridir (İkinci 2016; Gümüş ve Akköz 2020). Çalışma süresince pH değerleri 6,90 - 7,99 arasında değişim göstermiş ve en yüksek düzeye ilkbaharda, en düşük düzeye ise kış mevsiminde ulaşmıştır. Ülkemizde yapılan diğer çalışmalarda da pH değerleri Işıklı Gölü'nde 6,79 - 9,57 arasında (Tekin-Özan ve Aktan 2012), Eber Gölü'nde 7,72 - 9,72 arasında (Gümüş ve Akköz 2020) ve Karataş Gölü'nde 7,25 - 9,96 arasında (Tekin-Özan vd. 2024) belirlenmiştir. Karakuyu Gölü ve çevresinde yapılan

diğer çalışmalarda ise suyun pH değerinin 7,30 - 7,8 ve 7,01 - 7,85 arasında değiştiği bildirilmiştir (Bulut vd. 2011; Şener ve Özdemir 2017). Kovada Gölü'nde (Sancer ve Tekin-Özan 2016) ve Eğirdir Gölü'nde (Özçelik 2022) pH değerinin yaz mevsiminde arttığı ve kış mevsiminde azaldığı tespit edilmiştir. Karakuyu Gölü'nün bazik karakterde olduğu belirlenmiştir. Gümüş ve Akköz (2020), Eber Gölü'nün bazik karakterde olduğunu belirtmiş ve bu durumu gölün sığ olması ve fitoplankton gelişimin fazla olması ile açıklamışlardır. Karakuyu Gölü de oldukça sığ ve makrofit gelişiminin fazla olduğu göldür. Genel olarak göllerdeki pH seviyesinin yaz mevsiminde arttığı bilinmektedir. Ancak çalışmamızda pH seviyesinin ilkbaharda maksimum olduğu, yaz mevsiminde ise bir miktar düştüğü belirlenmiştir. Bu düşüşün Haziran 2023'deki aşırı yağış miktarı ile birlikte su miktarının artışına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca göllerde pH miktarı gölün jeolojik özelliklerine, karbonat-bikarbonat dengesine, göldeki biyolojik reaksiyonlara göre değişiklik göstermektedir (Garg vd. 2010; Bhateria ve Jain 2016; Gümüş ve Akköz 2020).

Su kalitesinin en önemli parametrelerinden birisi çözülmüş oksijendir ve aynı zamanda ortamdaki metabolik olayların düzenleyicisidir (Tanyolaç 2009). Suyun sıcaklığı, tuzluluğu ve atmosfer basıncı havadaki oksijenin suda çözünabilirliğine etki eder ve atmosfer basıncı arttıkça çözünürlük artar (Atay ve Pulatsü 2000). Bu çalışmada Karakuyu Gölü'ndeki oksijen değerleri 3,5 - 6,7 mg/L arasında değişim göstermiştir. Oksijen miktarı kış mevsiminde maksimum iken yaz mevsiminde ise minimum düzeye ulaşmıştır. Oksijen doygunluğu değeri ise %39 - %73 arasında değişirken %45 ile yaz mevsiminde en düşük, %75,33 ile kış mevsiminde en yüksek değere ulaşmıştır. Yabancı vd. (2011) Bafa Gölü'nde ortalama oksijen değerini 5,5 mg/L olarak belirlemişlerdir. Öztürk ve Akköz (2014) Apa Baraj Gölü'nde en düşük çözülmüş oksijen değerini yaz mevsiminde (4,36 mg/L), Tekin-Özan vd. (2024), Karataş Gölü'nde en düşük değeri yaz mevsiminde (3,98 mg/L), en yüksek değeri kış mevsiminde (5,95 mg/L), Özçelik (2022), Eğirdir Gölü'nde en düşük değeri yaz mevsiminde (2,94 mg/L), en yüksek değeri ise kış mevsiminde (5,65 mg/L) tespit etmişlerdir. Bulut vd. (2011) 2004-2005 yıllarında Karakuyu Gölü'nde yaptıkları çalışmada en düşük çözülmüş oksijen miktarını ekim ayında 3,30 mg/L ve en yüksek değeri ise haziran ayında 7,18 mg/L olarak belirlemişlerdir. Çalışmamızın sonuçları ile kıyaslandığında göldeki oksijen seviyesinin genel olarak aynı seviyede kaldığı söylenebilir. Thurston vd. (1979)'a göre, yaşamın sürekliliği için gereken oksijen miktarının suda bulunması gerekir. Tatlı su yaşamı için gerekli en düşük çözülmüş oksijen

miktarı 5,0 mg/L olmalıdır (Göksu 2014). Oksijen değerinin yaz mevsiminde azalması su sıcaklığının artmasına bağlı olarak oksijen çözünürlüğünün azalmasından ve sudaki canlıların metabolizma hızlarının artmasına bağlı olarak oksijen gereksinimlerinin artmasından kaynaklanmış olabilir (Wetzel 2001). Bahar ve kış aylarında göle kar ve yağmur şeklinde su girişinin fazla olması ve rüzgarlar nedeniyle sudaki hareketliliğin artması oksijen seviyesinin artmasına neden olabilir. Karakuyu Gölü'nün oksijen değerlerinin genel olarak yaşamı tehdit edecek düzeylere indiği ya da sınır değerlerde olduğu görülmektedir. Çözünmüş oksijen değerlerine göre kış mevsiminde II. kalite sınıfında, diğer mevsimlerde ise III. kalite sınıfında olması da oksijen açısından göle atık suların karıştığını, organik madde yükünün fazla olduğunu, sirkülasyonun az olduğunu düşündürmektedir. Kirletici faktörlerin yoğun olduğu, suda organik madde miktarının fazla olduğu, alglerin aşırı çoğaldığı sucul sistemlerde çözünmüş oksijenin düşük değerde olması olası bir durumdur (Barlas vd. 2000; Göksu 2014).

Karakuyu Gölü'nde elektriksel iletkenlik değeri 256,4 - 443,2 $\mu\text{S/cm}$ arasında tespit edilmiştir. İlkbaharda en yüksek düzeye ulaşırken, yaz mevsiminde ise en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Şener ve Özdemir (2017) Karakuyu Gölü ve çevresinde yaptıkları çalışmada su örneklerinin elektriksel iletkenlik değerinin 347 - 521 $\mu\text{mho/cm}$ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Kükürer ve Mutlu (2019) Saraydüzü Baraj Gölü'nde en yüksek elektriksel iletkenlik değerini Ekim ayında (307,28 $\mu\text{S/cm}$), en düşük değeri ise Mart ayında (152,81 $\mu\text{S/cm}$) belirlemiştir. Eğirdir Gölü'nde en yüksek elektriksel iletkenlik değeri 502,6 $\mu\text{S/cm}$ olarak yaz mevsiminde ve en düşük değeri ise 237,1 $\mu\text{S/cm}$ olarak sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir (Özçelik 2022). Gümüş ve Akköz (2020) Eber Gölü suyunun elektriksel iletkenlik değerinin 697 - 2590 $\mu\text{S/cm}$ arasında değiştiğini ve en düşük değerin kış mevsiminde ölçüldüğünü belirtmişlerdir. Bu durumun da kış aylarında yağışların artması ve su sıcaklığının düşmesinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise en düşük elektriksel iletkenlik değeri yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Bu durumun Haziran 2023'te görülen aşırı yağıştan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sularda organik maddelerin bulunması tek başına bir sorun oluşturmayıp, bu organik maddelerin ayrışması sorun teşkil etmektedir. Çünkü organik maddeler parçalanırken oksijen tüketimi gerçekleşir. Tüketilen oksijenin tekrar kazanılması yüzey sularında oldukça güç olup, yeraltı sularında ise hiç olmamaktadır. BOI_5 , karbon içeren organik maddelerin parçalanmasını sağlayan aerob bakterilerin parçalanma esnasında ihtiyaç duyduğu

oksijen miktarıdır (Göksu 2014). Bu çalışmada Karakuyu Gölü'nde biyolojik oksijen ihtiyacı değerinin 0,3 - 2 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama olarak en yüksek düzeye ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, en düşük düzeye ise kış mevsiminde ulaştığı tespit edilmiştir. Gümüş ve Akköz (2020), Eber Gölü'nde ortalama BOI_5 değerini 2,3 mg/L olarak belirlemiştir. Imneisi ve Aydın (2016), Karaçomak Gölü'nde BOI_5 değerlerinin 2,1 - 19,3 mg/L arasında değiştiğini tespit etmiştir. Nehir veya göllerde, oksijenin azalması veya tükenmesi sonucu, balık ölümleri, kötü kokuların meydana gelmesi ve ekosistem için olumsuz şartlar oluşması gibi sorunlara neden olacağından, BOI_5 kirlilik kontrolünde önemli bir parametredir (Göksu 2014).

Klorür, sulara doğal yollardan karışabildiği gibi evsel, tarımsal ve endüstriyel kaynaklardan da karışmaktadır (Göksu 2014). Suyun mineral içeriğinin artışı klorür miktarını da artırır. Kaynak suları düşük miktarda klorür içermesine rağmen nehir ve yeraltı sularında klorür konsantrasyonu daha yüksektir (Sawyer vd. 2003). Karakuyu Gölü'nün suyunda klorür miktarı 1,14 - 11,75 mg/L arasında değişmiştir. En yüksek değer ilkbaharda, en düşük değer ise sonbaharda tespit edilmiştir. Kükürer ve Mutlu (2019) Saraydüzü Baraj Gölü'nde klorür değerinin aralık ayında maksimum (6,28 mg/L), ocak ayında minimum (3,01 mg/L) olduğunu bildirmişlerdir. Köşrelik Göleti'nde klorürün yıllık ortalama değerinin 68,30 mg/L olduğunu, sonbaharda arttığını tespit etmiştir (Ölmez 2022). Jindal vd. (2014), düşük klorür konsantrasyonunun o sucul ortamın evsel atık su ile kirlenmemiş olduğunun bir göstergesi olabileceğini bildirmişlerdir. Bulut vd (2011) Karakuyu Gölü'nde klorür miktarının 4,78 mg/L (Temmuz) ve 11,12 mg/L (Ekim) arasında değiştiğini saptamışlardır. Klorür anyonunun suyun temas ettiği jeolojik formasyonlardan kaynaklandığını ve Karakuyu Gölü'nün klorür değerleri açısından I. sınıf yani yüksek kaliteli su sınıfına girdiğini belirtmişlerdir (Bulut vd. 2011). Mevcut çalışmada da Karakuyu Gölü suyunun klorür miktarı açısından I. kalite sınıfında olduğu ve suda yaşayan canlılar açısından bir sorun teşkil etmediği görülmektedir. Elektriksel iletkenlik değerinin genel olarak düşük olması da klorür değerinin düşük olmasını doğrulamaktadır.

Sülfat, tatlı sularda sülfürün en çok rastlanan formudur. Suya kayaçlardan, sülfat barındıran sedimenden ve yağmurlardan geçer. Bitki gelişimi ve büyümesi için oldukça önemli olan bir maddedir ve biyolojik verimlilik için ortamda yeterince bulunmalıdır. Eksikliğinde fitoplankton gelişimi olumsuz etkilenir (Atıcı vd. 2005; Tanyolaç 2009; Göksu 2014). Sülfat iyonu miktarı 0,09 - 3,45 mg/L arasında değişiklik göstermiştir. Sonbaharda

maksimum değere ulaşırken, yaz mevsiminde minimum değerde olduğu saptanmıştır. Eber Gölü'nde 113 mg/L (Gümüş ve Akköz 2020), Uluabat Gölü'nde 54,8 mg/L (Elmacı vd. 2010), Eğirdir Gölü'nde 26,57 mg/L (Bulut ve Kubilay 2019) olarak bulunmuştur. Sülfatın yüksek çıkması genel olarak sucul sistemlerin yakınındaki tarımsal faaliyetler ile ilişkilendirilmiştir (Tepe 2009; Gümüş ve Akköz 2020). Karakuyu Gölü'nün sülfat değerlerinin diğer çalışmaların sonuçlarına göre daha düşük olmasının sebebi göl etrafında yoğun bir tarımsal faaliyetin bulunmaması olabilir.

Doğadaki azot kaynağı atmosfer ve canlılardır. Azot havadan suya doğru bir çevrim izlemektedir. Çözünmüş azot algler ve bakteriler tarafından önce nitrata daha sonra da nitratin bir kısmı nitrit ve amonyak formuna dönüştürülür. Amonyum ise azotlu organik maddelerin ya da proteinlerin bakteriler tarafından parçalanması sonucu oluşur (Göksu 2014). Eğer ortamda oksijen var ise amonyum azotu nitrit ve nitrata dönüşür. Ortamdaki azotun oksidasyonu sırasında oksijen tüketilmektedir. Nitrat su ortamının temel besin maddelerinden biri olsa da suda fazla miktarda bulunduğu canlı gruplarına zarar vermekte ve ötrofikasyona neden olmaktadır (Sawyer vd. 2003; Göksu 2014). Çalışmamızda nitrat azotu miktarının tüm mevsimlerde en düşük değerleri analiz limitinin altında iken en yüksek değere kış mevsiminde (1,53 mg/L) rastlanmıştır. Amonyum azotu değeri ise kış mevsiminde analiz limitinin altında iken diğer mevsimlerde en düşük değerler analiz limitinin altında çıkmıştır. Yaz ve sonbaharda ortalama amonyum azotu miktarının eşit olduğu (0,08 mg/L) belirlenmiştir. Her iki parametrenin belirlenen değerlerinin EU, EPA, WHO ve TS 266'da belirtilen içme suyu standartlarına göre kabul edilebilir değerler içerisinde yer aldıkları belirlenmiştir (TSE 2005; EPA 2018; EU 2020; WHO 2022). Eber Gölü'nde amonyum azotunun 2,55 mg/L, nitrat azotunun ise 1,45 mg/L olduğu bildirilmiştir (Gümüş ve Akköz 2020). Yenişehir Gölü'nde ortalama nitrat değeri 5,09 mg/L olarak belirlenmiştir (Tepe 2009). Saraydüzü Baraj Gölü'nde nitrat ve amonyum değeri eylülde maksimum (3,62 mg/L; 0,0016 mg/L) düzeye ulaşmıştır. Karakuyu Gölü'nde nitrat miktarı 0,86 - 2,46 mg/L arasında değişiklik göstermiş ve nitrat değerine göre göl suyunun I. sınıf yüksek kaliteli su sınıfına girdiği bildirilmiştir (Bulut vd. 2011). Sucul sistemlerdeki fazla nitratin azotlu gübre kullanımı ve kanalizasyon artıklarından kaynaklandığı bilinmektedir (Demir 2011). Karakuyu Gölü'nün çevresinde yoğun bir tarımsal faaliyet olmaması bu iki parametrenin değerlerinin düşük çıkmasını doğrular niteliktedir.

Doğadaki başlıca fosfor kaynağı kayalar ve doğal fosfat yığınlarıdır (Göksu 2014). Gündelik yaşamda ise gübreler, deterjanlar ve yıkama suları fosforun diğer kaynaklarıdır. Ayrıca sedimentte biriken fosfatta uygun koşullarda suya geçer (Ali ve Khairy 2016). Fosfor doğada fosfatlar halinde bulunur ve tüm organik fosfor bileşiklerinin temel yapı taşı ortofosfatlar oluşturmaktadır. Karaçomak Baraj Gölü'nde ortofosfat iyonu 0,021 - 0,08 mg/L (Imneisi ve Aydın 2016), Eğirdir Gölü'nde 0,01 - 0,08 mg/L (Bulut ve Kubilay 2019), Saraydüzü Baraj Gölü'nde 0,0014 - 0,51 mg/L (Kürek ve Mutlu 2019) arasında değişim göstermiştir. Bu çalışmada tüm mevsimler ve istasyonlarda ortofosfat fosforu iyonu değerlerinin analiz limitinin altında ($p < 0,05$) kaldığı tespit edilmiştir. Ortofosfat, fosfatın bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından kullanılan tek formudur (Kutlu vd. 2015). Karakuyu Gölü'nde yoğun bir makrofit gelişiminin olması, etrafında yoğun bir tarım faaliyetinin ve yerleşim yerinin olmaması ortofosfat değerinin çok düşük miktarlarda olmasını doğrular niteliktedir. Analiz limiti altındaki ortofosfat değeri, göle evsel atıklardan deterjan karışımı ve tarımsal faaliyetlerden gübre girişi olmadığı veya az olduğu düşüncesini desteklemektedir.

Karakuyu Gölü'nün suyunun bazı fizikokimyasal parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkilerini belirlemek amacıyla Pearson Korelasyon testi yapılmıştır. Buna göre sıcaklık ile pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, klorür ve sülfat arasında, pH ile elektriksel iletkenlik ve nitrat arasında, elektriksel iletkenlik ile biyolojik oksijen ihtiyacı, sülfat ve nitrat arasında, çözünmüş oksijen ile biyolojik oksijen ihtiyacı, sülfat, nitrat ve amonyum arasında, biyolojik oksijen ihtiyacı ile sülfat ve nitrat arasında, klorür ile sülfat ve amonyum arasında, sülfat ile amonyum arasında, nitrat ile amonyum arasındaki ilişkilerin negatif olduğu, diğer tüm ilişkilerin ise pozitif olduğu belirlenmiştir. Kürek ve Mutlu (2019) Saraydüzü Baraj Gölü'nde çözünmüş oksijen değerinin pH, elektriksel iletkenlik ve biyolojik oksijen ihtiyacı ile arasında negatif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Tekin-Özan vd. (2024), Karataş Gölü'nün suyunda sıcaklık ile pH ve çözünmüş oksijen arasında, pH ile elektriksel iletkenlik arasında negatif bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Loktak Gölü'nde pH ile nitrat arasında negatif, sıcaklık ile nitrat arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir (Kangabam vd. 2017). Sıcaklık ile birlikte sularda gazların eriyebilirliği azaldığından (Tanyolaç 2009) sıcaklık artışına paralel olarak oksijen düzeyinin azalması beklenen bir durumdur. Sucul sistemlerdeki elektriksel iletkenlik değeri jeolojik yapı ve yağış miktarı ile yakından ilişkilidir (Temponeras vd. 2000).

Çalışmanın gerçekleştiği dönemde yağış miktarının Haziran 2023'de maksimum düzeye ulaşması nedeniyle elektriksel iletkenlik değerinin yaz mevsiminde düştüğü görülmüştür. Sülfat düzeyinin sıcaklık artışıyla azalması sülfatın bitkiler tarafından yoğun şekilde kullanıldığına işaret etmektedir. Sularda yüksek alkali ortamda amonyum hidroksit yoğunluğu yüksek miktarlara ulaşmaktadır (Tanyolaç 2009). Nitrikasyon sürecinde amonyak önce nitrite sonra nitrate dönüştüğünden ortama hidrojen iyonu girişi olması nedeniyle, nitrat miktarı artarken pH düzeyi de düşmüştür (Yaramaz 1992). Nitrikasyon sürecinde oksijen kullanıldığından (Göksu 2014) oksijen düzeyi ile nitrat ve amonyum değerleri arasında ters bir ilişkinin tespit edilmesi olağandır. Oksijen seviyesi ile sülfat değeri arasındaki negatif ilişkinin organik maddelerin bakteriler tarafından ayrıştırılması esnasında oksijen kullanılması ve son kararlı ürün olarak sülfatın açığa çıkması (Göksu 2014) ile açıklanabilir. Bu reaksiyon aynı zamanda sülfat ve nitrat arasındaki pozitif ilişkiyi de açıklamaktadır. Zira organik maddelerin parçalanması sonucunda nitrat da açığa çıkan kararlı son ürünlerden biridir (Göksu 2014).

Su kalite indeksi (WQI) suyun genel kalitesi hakkında fikir veren, bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin kullanılarak hesaplandığı bir ölçme sistemidir (Imneisi ve Aydın 2016; Taş vd. 2021). Karakuyu Gölü suyu WQI değerlerinin ilkbaharda 25,52, yaz mevsiminde 21,94, sonbaharda 22,69 ve kış mevsiminde ise 26,11 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Karakuyu Gölü tüm mevsimlerde mükemmel su kalitesi kategorisinde bulunmaktadır. Karaçomak Baraj Gölü'nde WQI değerleri 35,57 (fakir su) ve 32,41 (iyi) olarak (Imneisi ve Aydın 2016), Saraydüzü Baraj Gölü'nde 17,62 - 29,88 arasında (Kükrer ve Mutlu 2019) ve Loktak Gölü'nde 64 - 77 arasında (Kangabam vd. 2017) tespit edilmiştir. WQI değerine göre mükemmel su sınıfında olması ile Karakuyu Gölü suyunda ölçülen bazı fizikokimyasal parametre değerlerinin EU, EPA, WHO VE TS 266'da belirtilen içme suyu standartlarına göre kabul edilebilir değerler içerisinde yer alması ile uyumlu sonuçlar vermiştir (TSE 2005; EPA 2018; EU 2020; WHO 2022).

Karakuyu Gölü'nün su kalitesini belirlemek amacıyla bir yıl boyunca yapılan bu çalışmada göl suyunun kalite sınıfları belirlenmiştir. Buna göre gölün pH, elektriksel iletkenlik, biyolojik oksijen ihtiyacı, ortofosfat fosforu, klorür iyonu, nitrat azotu ve amonyum azotu değerleri açısından I. kalite sınıfında olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık ve sülfat iyonu değerlerine göre göl suyu I. ve II. kalite sınıfına ait iken, oksijen miktarına göre kış mevsiminde II. kalite sınıfında, diğer mevsimlerde ise III. kalite sınıfında yer aldığı saptanmıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2023; Tarım ve Orman

Bakanlığı 2023). Karakuyu Gölü suyunda ölçülen bazı fizikokimyasal parametre değerlerinin EU, EPA, WHO VE TS 266'da belirtilen içme suyu standartlarına göre kabul edilebilir değerler içerisinde yer aldıkları belirlenmiştir (TSE 2005; EPA 2018; EU 2020; WHO 2022). WQI sonuçlarına göre göl suyunun mükemmel su sınıfında olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde gölün sıcaklık, oksijen ve sülfat dışındaki diğer parametreler açısından kirlilik ve kalitesinin bariz bir sorun teşkil etmediği görülmektedir. Ancak kuraklık, iklim değişikliği, bilinçsiz sulama, tarımsal aktiviteler, hayvancılık ve nüfus artışı gibi sebeplerle ülkemizdeki sulak alanlar kirlilik ve yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu nedenle Karakuyu Gölü'nün mevcut durumunun korunması, kirlitici girişinin mümkün olduğu kadar engellenmesi, ekolojik dengesinin korunması oldukça önemlidir. Gölde düzenli bilimsel çalışmalar yapılarak su kalitesi ve ötrofikasyon durumu kontrol edilebilir. Göl yönetimine katkı sağlamak amacıyla bütüncül bir yaklaşımın benimsenmesinin ve gölün sürdürülebilirliği için modelleme çalışmalarının yapılmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (Proje no: FYL-2023-9096) tarafından desteklenmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abbasi SA. 2002. Water Quality Indices, State of the Art Report. Roodee, India: Scientific Contribution Published 73 s.
- Abbasi T, Abbasi SA. 2012. Water-Quality Indices: Looking Back, Looking Ahead. In: Abbasi T, Abbasi SA, editors. Water Quality Indices. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. s. 353-356.
- Açıkgöz N, Açıkgöz N. 2001. Tarımsal araştırmaların istatistiki değerlendirilmesinde yapılan bazı hatalar I. tek faktörlü denemeler. Anadolu J of AARI. 11(1):135-147.
- Afyonkarahisar İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. 2024. Goller; [Erişim tarihi: 27 May 2024]. Erişim Adresi: <https://afyon.ktb.gov.tr/TR-63440/goller.html>
- Akman Y, Ketenoğlu O, Kurt L, Düzenli S, Güney K, Kurt F. 2004. Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi). Ankara: Palme Yayıncılık 299 s.
- Ali EM, Khairy HM. 2016. Environmental assessment of drainage water impacts on water quality and eutrophication level of Lake Idku, Egypt. Environ Pollut. 216:437-449.
doi: 10.1016/j.envpol.2016.05.064
- Alver A, Baştürk E. 2019. Karasu Nehri su kalitesinin farklı su indeksleri açısından değerlendirilmesi.

- Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 23(2):488-497.
doi: [10.19113/sdufenbed.528611](https://doi.org/10.19113/sdufenbed.528611)
- Anonim 2024. Dinar ilçesi Meteoroloji istasyonu verileri, Dinar.
- Aşıkkutlu B, Akkız C, Yılmaz-Öztürk B. 2014. Çavuşçu Gölü'nün (Konya/İlgin) Bazı Su Kalite Özellikleri. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi. 39:1-9.
- Atay D, Pulatsü S. 2000. Su kirlenmesi ve kontrolü. Ankara: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi 292 s.
- Atıcı T, Obalı O, Çalışkan H. 2005. Control of Water Pollution and Phytoplanktonic Algal Flora in Bayındır Dam Reservoir (Ankara). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 22(1-2):79-82.
- Barlas M, Yılmaz F, İmamoğlu Ö, Akboyun Ö. 2000. Physico-chemical and biological investigation of Yuvarlakçay (Köyceğiz-Muğla). I. Fisheries Symposium; Sinop, Türkiye.
- Barlas M, Kiriş E. 2004. Akçay (Muğla-Denizli)'ın Fizikokimyasal ve Bentik Makroinvertebrata Yönünden İncelenmesi. Muğla, Türkiye: Muğla Üniversitesi Yayınları 116 s.
- Bhateria R, Jain D. 2016. Water quality assessment of lake water: a review. Sustain Water Resour Manag. 2:161-173.
doi: [10.1007/s40899-015-0014-7](https://doi.org/10.1007/s40899-015-0014-7)
- Boyd CE. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University 482 s.
- Brown RM, McClelland NI, Deininger RA, Tozer RG. 1970. A water quality index-do we dare? Water Sewage Works. 117(10):339-343.
- Bulut C, Atay R, Uysal K, Köse E. 2011. Karakuyu Gölü (Afyon) yüzey suyu kalitesindeki mevsimsel değişimlerin değerlendirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 24:1-8.
- Bulut İ, Çağlar-Karapınar B, Özoğul B. 2016. Karakuyu Gölü (Afyonkarahisar-Dinar) ve Yüzen Adaları. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu; Ankara, Türkiye.
- Bulut C, Kubilay A. 2019. Eğirdir Gölü (Isparta/Türkiye) su kalitesinin mevsimsel değişimi. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 36(1):13-23.
doi: [10.12714/egejfas.2019.36.1.02](https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.1.02)
- Chaturvedi MK, Bassin JK. 2009. Assessing the water quality index of water treatment plant and bore wells, in Delhi, India. Environ Monit Assess. 163(1-4):449-453.
doi: [10.1007/s10661-009-0848-2](https://doi.org/10.1007/s10661-009-0848-2)
- Cüce H, Kalıpcı E, Taş B, Yılmaz M. 2020. Rakım farklılığı nedeniyle oluşan meteorolojik değişimlerin su kalitesine olan etkilerinin CBS ile değerlendirilmesi: Morfolojik olarak farklı iki göl için bir karşılaştırma. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi. 10(1):1-26.
doi: [10.31466/kbfd.649297](https://doi.org/10.31466/kbfd.649297)
- Çankaya Ş, Varol M, Bekleyen A. 2023. Hydrochemistry, water quality and health risk assessment of streams in Bismil plain, an important agricultural area in southeast Türkiye. Environ Pollut. 331:121874.
doi: [10.1016/j.envpol.2023.121874](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121874)
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2023. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik, Resmi gazete; [Erişim tarihi: 20 May 2024]. Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/05/20230512-22.htm>
- Debels P, Figueroa R, Urrutia R, Barra R, Niell X. 2005. Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified Water Quality Index. Environ Monit Assess. 110:301-322.
doi: [10.1007/s10661-005-8064-1](https://doi.org/10.1007/s10661-005-8064-1)
- Demir H. 2011. Tarımsal kaynaklı nitrat kirliliği ve olumsuz etkileri. Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kırac Tarım Kongresi ve Fuarı; Eskişehir, Türkiye.
- Dinar Kaymakamlığı. 2024. Bir Kuş Cenneti Karakuyu Gölü Eldere; [Erişim tarihi 27 May 2024]. Erişim Adresi: <http://www.dinar.gov.tr/bir-kus-cenneti-karakuyu-golueldere>
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11(1):1-42.
doi: [10.2307/3001478](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Elmacı A, Topaç FO, Teksoy A, Özengin N, Başkaya HS. 2010. Uluabat Gölü fizikokimyasal özelliklerinin yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 15(1):149-157.
- EPA 2018. United States Environmental Protection Agency. 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. [Erişim tarihi: 22 May 2024]. Erişim Adresi: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-01/dwtable2018.pdf>
- EU 2020. European Union. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the Quality of Water Intended for Human Consumption. [Erişim tarihi: 22 May 2024]. Erişim Adresi: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj/eng>
- Fisher RA. 1928. The General sampling distribution of the multiple correlation coefficient. P Roy Soc A-Math Phy. 121(788):654-673.
doi: [10.1098/rspa.1928.0224](https://doi.org/10.1098/rspa.1928.0224)
- Garg R, Rao RJ, Uchchariya D, Shukla G, Saxena DN. 2010. Seasonal variations in water quality and major threats to Ramsagar reservoir, India. Afr J Environ Sci Technol. 4 (2):61-76.
- Gillham NW. 2001. A life of Sir Francis Galton: From African Exploration to the birth of eugenics. Oxford: Oxford University Press 432 s.
- Göksu MZL. 2014. Su Kirliliği. Ankara: Akademisyen Kitabevi 200 s.
- Gümüş NE, Akkız C. 2020. Eber Gölü (Afyonkarahisar) su kalitesinin araştırılması. LimnoFish. 6(2):153-163.
doi: [10.17216/limnofish.638567](https://doi.org/10.17216/limnofish.638567)
- Gümüş NE. 2021. Akarçay Akarsuyu (Afyonkarahisar) su kalitesi ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. Anadolu Çev ve Hay Dergisi. 6(1):120-127.
doi: [10.35229/jaes.839147](https://doi.org/10.35229/jaes.839147)

- Horton RK. 1965. An index number system for rating water quality. J Water Pollut Con F. 37:300-306.
- Imneisi IB, Aydın M. 2016. Water Quality Index (WQI) for Main Source of Drinking Water (Karaçomak Dam) in Kastamonu City, Türkiye. J Environ Anal Toxicol. 6(5):1-8.
doi: 10.4172/2161-0525.1000407
- İkinci M. 2016. Sapanca gölü ve gölü besleyen derelerde su kalitesinin değerlendirilmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Sakarya Üniversitesi. 125 s.
- Jindal R, Thakur RK, Singh UB, Ahluwalia AS. 2014. Phytoplankton dynamics and water quality of Prashar Lake, Himachal Pradesh, India. Sustain Water Qual Ecol. 3-4:101-113.
doi: 10.1016/j.swaqe.2014.12.003
- Kangabam RD, Bhoominathan SD, Kanagaraj S, Govindaraju M. 2017. Development of a water quality index (WQI) for the Loktak Lake in India. Appl Water Sci. 7:2907-2918.
doi: 10.1007/s13201-017-0579-4
- Khan AA, Paterson R, Khan H. 2003. Modification and application of the CCME WQI for the communication of drinking water quality data in Newfoundland and Labrador. 38th Central Symposium on Water Quality Research; Burlington, Canada.
- Kocataş A. 2008. Ekoloji Çevre Biyolojisi. 10. Baskı. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Ders Kitapları Serisi 585 s.
- Koçyiğit O. 2006. Karakuyu Sazlığı. In: Eken G, Bozdoğan M, İsfendiyyaroğlu S, Kılıç DT, Lise Y, editörs. Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları Cilt 1. Ankara: Doğa Derneği. s. 318-319.
- Kutanis VV. 2010. Trabzon Bölgesinde Satışa Sunulan Ambalajlı Suların Mikrobiyolojik Analizi. [Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi. 77 s.
- Kutlu B, Sesli A, Tepe R, Mutlu E. 2015. Assessment of physico-chemical water quality of Birecik Dam, Şanlıurfa, West East Region, Turkey. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 3(7):623-628.
doi: 10.24925/turjaf.v3i7.623-628.423
- Kükrer S, Mutlu E. 2019. Assessment of surface water quality using water quality index and multivariate statistical analysis in Saraydüzü Dam Lake, Turkey. Environ Monit Assess. 191(2):1-16.
doi: 10.1007/s10661-019-7197-6
- Manders EMM, Stap J, Brakenhoff GJ, Van Drie R, Aten JA. 1992. Dynamics of three-dimensional replications patterns during the S-phase, analysed by double labelling of DNA and confocal microscopy. J Cell Sci. 103(3):857-862.
doi: 10.1242/jcs.103.3.857
- Nazar M. 2018. Beyşehir Gölü ve Beyşehir Gölü ile Tuz Gölü arasındaki sulama ve tahliye kanallarındaki su kalitesinin değişimi. [Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi. 210 s.
- Ouyang Y. 2005. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. Water Res. 39(12):2621-2635.
doi: 10.1016/j.watres.2005.04.024
- Ölmez F. 2022. Köşrelik Göleti (Ankara)'nın bazı su kalitesi parametrelerinin incelenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Kastamonu Üniversitesi. 58 s.
- Özakkoyuncu S. 2007. Gölünyazı Gölü'nün (Çorum) Su Kalitesinin Fiziksel ve Kimyasal Yöntemlerle Tespit Edilmesi ve Göl civarında yaşayan bazı hayvanların belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Gazi Üniversitesi. 66 s.
- Özçelik Ş. 2022. Eğirdir Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve göldeki *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex. Steudel ile *Typha angustifolia* (L.) örneklerindeki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. [Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi. 209 s.
- Özçelik Ş, Tekin-Özan S. 2024. Evaluation of selected heavy metal and selenium pollution in water and sediments of Lake Eğirdir (Isparta/Türkiye) using statistical analysis and pollution indices. Oceanol Hydrobiol St. 53(2):186-207.
doi: 10.26881/oahs-2024.2.09
- Özdemir H. 2017. Karakuyu (Afyon) Gölü sulak alanı ve çevresinin hidrojeoloji incelemesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi. 96 s.
- Öztürk BY, Akkız C. 2014. Investigation of water quality of Apa Dam Lake (Çumra-Konya) and according to the evaluation of PCA. Biological Diversity and Conservation. 7(2):136-147.
- Pearson K. 1992. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. In: Kotz S, Johnson NL, editors. Breakthroughs in Statistics Volume II, Methodology and Distribution. New York: Springer 628 s.
- Poonam T, Tanushree B, Sukalyan C. 2013. Water quality indices-important tools for water quality assessment, a review. Int J Adv Chem. 1:15-29.
- Sahu P, Sikdar PK. 2008. Hydrochemical framework of the aquifer in and around East Kolkata Wetlands, West Bengal, India. Environ Geol. 55:823-835.
doi: 10.1007/s00254-007-1034-x
- Sancer O, Tekin Özan S. 2016. Seasonal Changes of Metal Accumulation in Water, Sediment and *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel Growing in Lake Kovada (Isparta, Türkiye). SDÜ J of Sci. 11(2):45-60.
- Sawyer CN, McCarty PL, Parkin GF. 2003. Chemistry for Environmental Engineering and Science Fifth Edition. New York: McGraw-Hill Inc 752 s.
- Sülük K, Nural S, Tosun İ. 2013. Sulak alanlarda halkın çevre bilincinin değerlendirilmesi: Işıklı Gölü örneği. European Journal of Science and Technology. 1(1):7-11.
- Şener Ş, Özdemir H. 2017. Karakuyu (Afyon) Gölü sulak alanı ve çevresinin hidrojeoloji incelemesi. 5(2):425-439.
doi: 10.21923/jesd.314288
- Şener Ş, Şener E. 2022. Tavşanlı (Kütahya) Ovası yüzey sularının hidrojeokimyası ve su kalite indeksi (WQI) yöntemi ile su kalitesinin değerlendirilmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi. 10(2):380-391.
doi: 10.21923/jesd.1017100
- Şener E, Şener Ş, Bulut C. 2023. Assessment of heavy metal pollution and quality in lake water and sediment by various index methods and GIS: A case study in Beyşehir Lake, Turkey. Mar Pollut Bul. 192:115101.
doi: 10.1016/j.marpolbul.2023.115101

- Şimşek A, Türkten H, Bakan G. 2022. Su kalite indeksi ve istatistiksel analiz kullanılarak Orta Karadeniz Bölgesi Kızılırmak ve Yeşilirmak Nehirleri su kalitesinin değerlendirilmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi. 12(2):645-662.
doi: 10.31466/kfbd.1100682
- Tallarida RJ, Murray RB. 1987. Duncan Multiple Range Test. In: Tallarida RJ, Murray RB, editors. Manual of Pharmacologic Calculations with Computer Programs, Second Edition. New York (NY): Springer-Verlag. s. 125-127.
- Taner MÜ. 2007. Development of water quality index as a sustainability indicator in Küçükçekmece watershed, İstanbul. [Yüksek Lisans Tezi]. Boğaziçi Üniversitesi. 114 s.
- Tanyolaç J. 2009. Limnoloji Tatlı Su Bilimi 5. Baskı. Ankara: Hatiboğlu Yayıncılık 294 s.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. 2023. Yerüstü Su kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. [Erişim tarihi: 25 May 2024]. Erişim Adresi:
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210616-1.htm>
- Tarım ve Orman Bakanlığı. 2024. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Sulak Alanlar. [Erişim tarihi: 06 Eyl 2024]. Erişim Adresi:
<https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Menu/31/Sulak-Alanlar>
- Taş B, Yılmaz Ö, Ustaoglu F. 2021. Ilıman bir Türkiye nehir havzasında dere su kalitesinin çok değişkenli analiz ve biyolojik yaklaşımlarla değerlendirilmesi. Acta Aquatica Turcica. 17(1):34-55.
doi: 10.22392/actaquatr.751773
- Tekin-Özan S, Aktan N. 2012. Relationship of Heavy Metals in Water, Sediment and Tissues with Total Length, Weight and Seasons of *Cyprinus carpio* L., 1758 from Işıklı Lake (Turkey). Pak J Zool. 44(5):1405-1416.
- Tekin-Özan S, Tunç M, Bakioğlu-Acar B. 2024. Evaluation of heavy metals and selenium pollution in Karataş Lake (Burdur/Turkey) using various pollution indices and statistical analysis. Mar Pollut Bull. 199:115927.
doi: 10.1016/j.marpollbul.2023.115927
- Temponeras M, Kristiansen J, Moustaka-Gouni M. 2000. Seasonal variation in phytoplankton composition and physical-chemical features of the Shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece. Hydrobiologia. 424(1):109-122.
doi: 10.1023/A:1003909229980
- Tepe Y, Boyd CE. 2002. Sediment quality in Arkansas bait minnow ponds. J World Aquacult Soc. 33(3): 221-232.
doi: 10.1111/j.1749-7345.2002.tb00499.x
- Tepe Y. 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi. Ekoloji. 18(70):38-46.
doi: 10.5053/ekoloji.2009.706
- Thurston RV, Russo RC, Fetterolf CM Jr., Edsall TA, Barber YM Jr. 1979. A Review of the EPA Red Book: Quality Criteria for Water. Maryland, the USA: American Fisheries Society 313 s.
- TSE. 2005. Türk Standardları Enstitüsü. Sular - İnsani Tüketim Amaçlı Sular - TS266. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü 20 s.
- Uddin GM, Nash S, Olbert AI. 2021. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. Ecol Indic. 122:107218.
doi: 10.1016/j.ecolind.2020.107218
- Ustaoglu F. 2020. Evaluation of the effect of dissolved metals detected in Değirmendere Dam (Amasya, Turkey) on drinking and irrigation water quality. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 8(12):2729-2737.
doi: 10.24925/turjaf.v8i12.2729-2737.4019
- Wetzel RG. 2001. Limnology. United States: Academic Press 1006 s.
- WHO 2022. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality, Fourth Edition Incorporating the First Addendum. [Erişim tarihi: 03 Tem 2024]. Erişim Adresi:
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>
- Yabanlı M, Türk N, Tenekecioğlu E, Uludağ R. 2011. Bafa Gölü'ndeki toplu balık ölümleri üzerine bir araştırma. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 15(1):36-40.
- Yaramaz Ö. 1992. Su kalitesi. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi 105