



**ERZURUM İLİ ATIKSU ARITMA TESİSİ'NİN
KARASU NEHRİ SU KALİTESİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Şenol NUROĞLU

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Esat Mahmut KOCAMAN
Yüksek Lisans Tezi
Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2024**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

**ERZURUM İLİ ATIKSU ARITMA TESİSİ'NİN KARASU NEHRİ SU KALİTESİNE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

(Investigation of The Effects of Erzurum Province Wastewater Treatment Plant on Karasu
River Water Quality)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şenol NUROĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Esat Mahmut KOCAMAN

Erzurum
Ağustos, 2024



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

**ERZURUM İLİ ATIKSU ARITIM TESİSİ'NİN KARASU NEHRİ SU KALİTESİNE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Esat Mahmut KOCAMAN danışmanlığında, Şenol NUROĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, 18/09/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı Su Ürünleri Mühendisliği Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği (3/3)** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç.Dr.Özden FAKIOĞLU
Atatürk Üniversitesi

Aslı Islak İmzalıdır

Danışman: Dr.Öğr.Üye. Esat Mahmut KOCAMAN
Atatürk Üniversitesi

Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi: Doç.Dr. Mine KÖKTÜRK
Iğdır Üniversitesi

Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim
Kurulunun .../.../.... tarih
ve sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek lisans Tezi olarak **Dr.Öğr.Üyesi.Esat Mahmut KOCAMAN** danışmanlığında sunulan “**ERZURUM İLİ ATIKSU ARITIM TESİSİ’NİN KARASU NEHRİ SU KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	10	30
Kuramsal Temeller	29	30
Materyal ve Metot	20	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	16	20
Sonuçlar ve Öneriler	9	20
Tezin Geneli	25	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Şenol NUROĞLU	Dr. Öğr. Üyesi Esat Mahmut KOCAMAN
18.9.2024	18.9.2024
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlanmasında akademik, idari ve finansal açıdan katkı sağlayan herkese içtenlikle teşekkür ederim. Özellikle, danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Esat Mahmut KOCAMAN hocama , bana rehberlik ederek ve değerli önerileriyle bu çalışmanın gelişimine katkıda bulunduğu için Doç. Dr. Özden FAKIOĞLU ve Doç. Dr. Arzu UÇAR hocama, Ayrıca, Prof. Dr. Gonca ALAK hocama, Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP hocama, Doç. Dr. Veysel PARLAK, Doç. Dr. Mine KÖKTÜRK hocama şükranlarımı sunarım.

Erzurum Büyükşehir Belediye başkanı Mehmet SEKMEN başkanına, ESKİ Genel Müdürü Remzi ERTEK'e Genel Müdür Yardımcısı Özcan ALKAN'a Arıtma Tesisleri Daire Başkanı M. Tayyip ÇUBUKCU'ya Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisleri Müdürü Selim AYDIN'a ve desteklerini esirgemeyen kurum arkadaşlarıma teşekkürlerimi iletmek isterim. Bu çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanmasında emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Şenol NUROĞLU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM İLİ ATIKSU ARITMA TESİSİ'NİN KARASU NEHRİ SU KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Şenol NUHOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Esat Mahmut KOCAMAN

Amaç: Nehirler insanlık tarihi boyunca gerek su ihtiyacını karşılamada gerekse sulama ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi tarımsal faaliyetler için de önemli su kaynağı olmuştur. Ancak bulundukları alanlarda hem tarımsal hem de antropojenik kirleticilerin tehdit altında olmuşlardır. Antropojenik kaynaklı kirleticilerin etkilerini azaltmak amacıyla kurulan atıksu arıtım tesisleri akarsu kaynaklarının korunmasında rol almıştır. Bu tez çalışması, Erzurum İl sınırında yer alan Atıksu Arıtım Tesisi'nin Karasu Nehri'nin su kalitesi üzerine etkisinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür.

Yöntem: Karasu Nehri'nin geçtiği Erzurum Atıksu Arıtım Tesisi öncesi, merkezi ve sonrasındaki 3 istasyondan su örnekleri polietilen örnek kaplarıyla alınmıştır. Su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH, elektrik iletkenliği çoklu parametre ölçüm cihazı ile yerinde ölçülmüştür. Askıda katı madde tayini Gravimetrik metotla belirlenmiştir. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini Deney metodu Manometrik/SM 5210 B ve Manometri yöntemi, KOİ Titrimetrik / SM 5220 B Hazır Kit Metodu, toplam azot tayini Spektrometrik / ISO 29441 Hazır Kit Metodu, Amonyum, Amonyum Azotu, Nitrat ve Nitrat Azotu tayinleri Spektrometrik / SM 4500 Hazır Kit Metoduyla tespit edilmiştir.

Bulgular: Bu çalışmada, su sıcaklığı ortalama 13,8°C, pH değeri ortalama 7,7, elektriksel iletkenlik ortalama 403 µs/cm, çözünmüş oksijen değeri ortalama 6 mg/l olarak ölçülmüştür. Askıda katı madde (AKM) miktarı ortalama 46,7 mg/l, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) derişimi ortalama 28,9 mg/l, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) derişimi ortalama 18,5 mg/l, toplam azot (TN) derişimi ortalama 4,47 mg/l, nitrat (NO₃) derişimi ortalama 5,35 mg/l, nitrat azotu (NO₃-N) derişimi ortalama 1,21 mg/l, toplam sertlik (TS) ortalama 155 mg/l, amonyum (NH₄) derişimi ortalama 2,75 mg/l, amonyum azotu (NH₄-N) derişimi ortalama 2,16 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Sonuçlar: Bu çalışmamızda, Karasu Nehri bazı su kalite parametreleri değerine göre I, II, III ve IV sınıf sular sınıfında yer almaktadır. Nehrin antropojenik kirleticilerin etkisi altında olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su kalitesi, Atıksu arıtım, Karasu Nehri

Ağustos 2024, 33 Sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ERZURUM PROVINCE WASTEWATER TREATMENT PLANT ON KARASU RIVER WATER QUALITY

Şenol NUROĞLU

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Esat Mahmut KOCAMAN

Purpose: Rivers have been important water sources throughout human history, both for meeting water needs and for agricultural activities such as irrigation and aquaculture. However, they have been under threat from both agricultural and anthropogenic pollutants in the areas where they are located. Wastewater treatment plants established to reduce the effects of anthropogenic pollutants have played a role in protecting stream resources. This thesis study was conducted to investigate the effect of the Wastewater Treatment Plant located in the border of Erzurum Province on the water quality of the Karasu River.

Method: Water samples were taken from 3 stations before, in the center and after the Erzurum Wastewater Treatment Plant through which the Karasu River passes using polyethylene sample containers. Water temperature, dissolved oxygen, pH and electrical conductivity were measured on-site using a multi-parameter measuring device. Determination of suspended solids was determined by the Gravimetric method. Determination of Biochemical Oxygen Demand (BOD) was determined by Experimental Method Manometric/SM 5210 B and Manometry method, Chemical Oxygen Demand (COD) Titrimetric / SM 5220 B Ready Kit Method, Total Nitrogen determination by Spectrometric / ISO 29441 Ready Kit Method, Ammonium, Ammonium Nitrogen Nitrate and Nitrate Nitrogen determinations by Spectrometric / SM 4500 Ready Kit Method.

Findings: In this study, water temperature was measured as an average of 13.8°C, pH value as an average of 7.7, electrical conductivity as an average of 403 µs/cm, and dissolved oxygen value as an average of 6 mg/L. Suspended solids (SSM) amount was determined as an average of 46.7 mg/L, chemical oxygen demand (COD) concentration as an average of 28.9 mg/L, biological oxygen demand (BOD) concentration as an average of 18.5 mg/L, total nitrogen (TN) concentration as an average of 4.47 mg/L, nitrate (NO₃) concentration as an average of 5.35 mg/L, nitrate nitrogen (NO₃-N) concentration as an average of 1.21 mg/L, total hardness (TS) as an average of 155 mg/L, ammonium (NH₄) concentration as an average of 2.75 mg/L, ammonium nitrogen (NH₄-N) concentration as an average of 2.16 mg/L.

Conclusions: In this study, Karasu River is in the class I, II, III and IV waters according to some water quality parameter values. It is thought that the river is under the influence of anthropogenic pollutants.

Keywords: Water quality, Wastewater treatment, Karasu River

August 2024, 35 Pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	ix
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	5
MATERYAL ve YÖNTEM	8
Materyal	8
Çalışma alanı.....	8
Yöntem.....	9
Askıda katı madde tayini.....	9
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı tayini	10
Toplam azot tayini.....	11
Amonyum ve amonyum azotu tayinleri	11
Nitrat ve nitrat azotu tayinleri	11
Analiz Verilerinin Değerlendirilmesi.....	11
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	12
Karasu Nehri Bazı Fiziko-Kimyasal Parametreleri.....	12
Karasu Nehri'nin AKM, BOİ, KOİ ve Toplam Sertlik Değerleri.....	14
Karasu Nehri'nin Besin Tuzları Konsantrasyonu	16
SONUÇ ve ÖNERİLER	19
KAYNAKLAR.....	20
ÖZGEÇMİŞ.....	22

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. İstasyonlara Ait Koordinat Bilgileri ve Fotoğrafları	9
Tablo 2. Karasu Nehri'nin pH, Çözünmüş Oksijen, Elektrik İletkenliği ve Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma)	13
Tablo 3. Karasu Nehri'nin Toplam Sertlik, KOİ, BOİ ve AKM Değerlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma)	15
Tablo 4. Karasu Nehri'nin TN, NO ₃ , NO ₃ -N, NH ₄ , NH ₄ -N Derişimlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart Sapma, mg/L)	17

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Karasu Nehri ve istasyonları gösteren harita	8
Şekil 2. Biyolojik oksijen ihtiyacı cihazı	10
Şekil 3. Analizlerde kullanılan Kitler ve Spektrofotometre	11



KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

°C	: Santigrat Derece
µS/cm	: Mikrosiemens bölü santimetre
AKM	: Askıda Katı Madde
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CaCO ₃	: Kalsiyum karbonat formülü
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
mg/L	: Bir litredeki miligram derişimi
NH ₄ ⁺	: Amonyum kimyasal formülü
NH ₄ -N	: Amonyum azotu formülü
NO ₃ ⁻	: Nitrat kimyasal formülü
NO ₃ -N	: Nitrat Azotu formülü
pH	: H İyonu Derişiminin 10 Tabanında (-) Logaritması
TN	: Toplam azot
TS	: Toplam Sertlik

GİRİŞ

Tatlısu kaynakları dünya üzerindeki en önemli doğal kaynaklardan biridir ve insanlık için hayati önem taşır. Tatlı su kaynakları, içme suyu temini, tarımsal sulama, sanayi üretimi ve enerji üretimi gibi çeşitli alanlarda kullanılır. Ancak, küresel iklim değişikliği, nüfus artışı, kentleşme ve çevresel kirlilik gibi faktörler su kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu nedenle, su kaynaklarının etkin ve adil bir şekilde yönetilmesi, gelecek nesiller için temiz ve yeterli su sağlamak adına büyük önem taşımaktadır. Su kaynaklarının korunması, suyun ekolojik dengesi, insan sağlığı ve ekonomik kalkınma açısından kritik bir rol oynamaktadır (Tomanbay, 1998).

Su, yaşamımız ve doğamız için olmazsa olmaz bir kaynaktır. Ancak Dünya'daki suyun yalnızca %0,02'si insanlar, bitkiler ve hayvanlar için kullanılmaktadır. Su kullanılabilirliği çoğunlukla nehirlerden denizlere doğru olan akışlar üzerinden değerlendirilir ve tahmini küresel yıllık deşarj 45.500 km³/yıldır ve bu büyük ölçüde yağış ve buharlaşmanın mekansal ve zamansal dağılımına bağlıdır. Bu dağılım bölgeler arasında su kıtlığına yol açmaktadır (Wang *et al.* 2020). Hagemann *et al.* (2013) su mevcudiyetinin birçok nehir havzasında artacağını ancak iklim değişikliği nedeniyle diğer nehir havzalarında da ciddi şekilde azalacağını belirtiyor. Dahası, arazi kullanımındaki değişiklik, sulama ve baraj inşaatları gibi sosyoekonomik değişiklikler, su deşarjının zamanlamasını ve büyüklüğünü değiştirerek hidrolojik döngüyü doğrudan etkiliyor (Koutroulis *et al.* 2019).

Dünya genelinde nehirler, küresel ısınma, iklim değişikliği, hidro-morfolojik baskılar, hızlı kentleşme, sanayileşme, jeojenik kaynaklardan kaynaklanan kirlilik, evsel atık sular ve kentsel noktasal olmayan kaynaklar gibi çeşitli doğal ve antropojenik faaliyetlerden tehdit altındadır (Begum *et al.* 2023).

Akarsular yeryüzüne düşen yağışın buharlaşmasından sonra artakalan suyun oluşturduğu sistemlerdir. Yağışın yaklaşık %20'si buharlaşır. Kalan kısmın çoğu akarsuları oluşturarak göl veya denize doğru akarken az bir kısmı toprak altına sızarak yeraltı suyunu oluşturur (Tanyolaç, 2009).

Nehirlerde su kalitesini korumanın ana zorluklarından biri kirleticilerin varlığıdır. Ağır metaller, kimyasallar ve kanalizasyon gibi endüstriyel ve insan yapımı kirleticiler, fabrikalar, atık su arıtma tesisleri, tarımsal faaliyetler ve kentsel akış gibi çeşitli kaynaklardan nehirlere girebilir.

Birkaç yıl öncesine kadar, küresel su kıtlığı değerlendirmeleri esas olarak su mevcudiyetinin nicelik perspektifindeki değişikliklere odaklanıyordu (Greve *et al.* 2018). Ancak, artan ve yeni ortaya çıkan kirleticilerin neden olduğu azalan su kalitesi de suyun doğa ve insanlar tarafından güvenli bir şekilde kullanılmasını sınırlamanın önemli bir nedeni haline geldi ve su kıtlığı sorunlarını daha da kötüleştirdi. Örneğin, tarımsal yoğunlaşma ve kentleşme, su kütlelerine besin maddeleri, patojenler, plastikler ve diğer kimyasallar gibi aşırı kirleticiler ekledi (Li *et al.* 2022). Kirleticiler arasında, su ekosistemlerine aşırı azot (N) girdileri, zararlı alg patlamaları, hipoksi ve balık ölümleri gibi olumsuz sonuçlara yol açabilir ve içme suyu olarak kullanımını FR F Bu, kirliliğin suyun güvenli bir şekilde kullanılmasını sınırlaması nedeniyle su kıtlığının artmasına yol açar.

Ayrıca, su kalitesinin ele alınması, çeşitli Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKH) ulaşmak için büyük önem taşımaktadır. Çalışmalar, gıda güvenliğini (SKH 2), sürdürülebilir kentleşmeyi (SKH 11), sorumlu üretim ve tüketimi (SKH 12) ve iklim değişikliğinin hafifletilmesini (SKH 13) sağlayan diğer SKH'ler arasında birçok etkileşim (sinerji ve takas) olduğunu göstermektedir. Su kirliliğini kontrol etmek için gübre kullanımını azaltma gibi stratejiler, gıda tedarikini zorlayan uzlaşmalara yol açabilir. Bu uzlaşmalar, mahsul veriminin korunması ve gıda talebinin karşılanması için mahsullerin besin verimliliğini artırmak amacıyla tarımsal uygulamalar (örneğin, alternatif çeşitler, mahsulleri besin gereksinimlerine göre gübreleme) uygulanarak sinerjiye dönüştürülebilir. Bu nedenle, gıda, şehirler ve iklim hedeflerine ulaşmada olumsuz etkilerden kaçınmak için su kıtlığı stratejilerinde yukarıda belirtilen SKH'ler arasındaki etkileşimleri dikkate almak önemlidir. Temiz su kıtlığı sıcak noktaları ve bunların sosyo-ekonomik ve iklim özellikleri hakkındaki sonuçlarımız, su kıtlığını azaltmak ve toplumun diğer alanları için sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için nerede ve hangi etkileşimlerin ele alınması gerektiğine dair çok değerli bir gösterge sağlar (Wang *et al.* 2022; Xue *et al.* 2018; Flörke *et al.* 2019).

Bilgimize göre, iklim ve sosyo-ekonomik senaryolar altında nehirlerdeki nitrojen kirliliğine dayalı gelecekteki su kıtlığını nicelleştiren küresel bir değerlendirme eksikliği var. Böyle bir değerlendirme önemlidir çünkü sosyo-ekonomik ve iklim değişiklikleri altında gelecekteki küresel su kıtlığı sıcak noktalarının daha iyi anlaşılması, etkili su yönetimi politikalarının formüle edilmesine ve 2030 için Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden (SKH) biri olan herkes için temiz su tedarik edilmesine katkıda bulunacaktır (Farinosi *et al.* 2018).

Bir su kütlesinin veya havzanın hidrokimyasal analizlerini gerçekleştirirken, suyun birkaç fizikokimyasal parametresinden oluşan büyük veri kümeleri üretilir (Adeogun vd.,

2021). Su kalitesi değişkenlerinin her birine ilişkin veriler, su kalitesi durumunu veya su k t leleri içinde meydana gelen fizikokimyasal etkileşimleri yöneten kimyasal süreçlere ilişkin bir içgörü sağlayabilir. Bu tür veri kümeleri, çevresel değişkenlerin olası etkilerini belirlemek için genellikle çok değişkenli istatistiksel araçlar kullanılarak analiz edilir (Devi vd., 2021). Bununla birlikte, su kalitesi durumu, "Su Kalitesi Endeksi" (WQI) yöntemi uygulanarak da kapsamlı bir şekilde anlaşılabilir. WQI, Horton (1965'te) tarafından tanıtılan ve birkaç su kalitesi parametresine dayalı olarak belirli bir yer ve zamanda suyun genel kalitesini ifade edebilen tek bir sayı (bir derece gibi) sağlayan matematiksel bir araçtır (Liang vd., 2020; Begum *et al.* 2023).

Nehirlerin su kalitesini belirlemek amacıyla birçok kriter geliştirilmiştir. Avrupa  lkeleri tarafından hazırlanan ve ülkemizde 2005 yılında yürürlüğe giren Su  er eve Direktifi bu kriterlerden biridir. Bu kriter tatlısu kaynaklarını, su sıcaklığı, pH, çözünmüş oksijen, amonyum-azotu, nitrit-azotu, nitrat-azotu, toplam fosfor ve kimyasal oksijen ihtiyacı parametrelerine göre sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde bu direktife uyumlu olarak hazırlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve aynı kanunda geçen Kıta İçi Yüzeysel Suları Standart'larına göre i  sular 4 ana sınıfa toplanmıştır (Anonim 2015).

Türkiye, su kaynakları bakımından zengin olmasına rağmen, gerekli önlemler alınmadığı takdirde yakın gelecekte su sorunları yaşayabilecek bir ülke konumundadır. Ülkenin ortalama akarsu potansiyeli 186 km³'tür ve bu miktar 10 km³'l k yeraltı suyu eklenerek 196 km³'e ulaşmaktadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.430 m³ olduğu için Türkiye, su sıkıntısı çeken ülkeler arasında yer almaktadır (Tomanbay, 1998).

Sınır aşan bir nehir olan Fırat Nehri, Türkiye'nin en büyük havzasına sahiptir. Havzada hidroelektrik üretimi, sulama, balık çiftçiliği, içme suyu temini, balıkçılık ve rekreasyon için kullanılan birçok rezervuar bulunmaktadır. Bu nedenle, nehrin su kalitesi büyük önem taşımaktadır (Varol *et al.* 2021; Varol *et al.* 2022). Karasu Nehri, Fırat Nehri'nin ana koludur. Erzurum ve Erzincan illerindeki atık su arıtma tesislerinden (AAT) gelen evsel atık su deşarjları, endüstriyel atıklar, havzadaki tarımsal uygulamalar ve madencilik faaliyetleri Karasu Nehri'ni tehdit eden önemli kirlilik kaynaklarıdır (Varol *et al.* 2021).

Karasu Nehri, tarım sulaması, enerji üretimi ve biyoçeşitliliğe ev sahipliği yapması nedeniyle Erzurum ili başta olma üzere geçmiş olduğu diğer bölgeler için de büyük bir öneme sahiptir. Ancak, nehirlerin kirlenmesi ve aşırı kullanımı gibi sorunlar, ekosistemler üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir ve sürdürülebilirlik endişelerini artırabilir. Bu nedenle, Karasu Nehri'nin doğal ve ekonomik değerinin korunması ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır (Eren ve Kaya, 2020).

Bu nedenle araştırmamızda Karasu Nehri yakınında kurulan ve Erzurum İli çıkışındaki bölümünde yer alan Atıksu Atım Tesisi'nden çıkan suyun Karasu Nehri su kalitesine etkilerinin araştırılması amacıyla yürütölmüştür.



KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Su, insan yaşamı ve sosyal gelişimi ile ekolojik (doğal, biyolojik, çevresel) sağlık için hayati önem taşıyan doğal bir unsurdur. Su, içme ve kişisel hijyenden bağımsız olarak endüstriyel, tarımsal ve biyotransformasyon amaçları için temel unsurdur. Son birkaç on yılda, su kirliliği dünya çapında, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ciddi bir sorun haline gelmiştir. Bu nedenle, su kalitesi değerlendirmesi, insanların yaşamlarını doğrudan etkilediği ve karar vericilerden daha fazla ilgi gerektirdiği için önemli bir konudur (Zhang ve Li, 2020). Bu amaçla, suyun biyolojik, fiziksel, kimyasal ve radyolojik olmak üzere temel özellikleri su kalitesi olarak kabul edilir (Liou vd., 2004). Ekosistemlerin sağlığı, insan güvenliği ve içme suyu gibi çeşitli standartlara göre hesaplanan yüzey suyunun düşük kalitesi, gelişmekte olan dünyada ekosistemleri ve bitki/hayvan yaşamını ve insan sağlığını tehdit eden önemli bir konudur. Nehirler en erişilebilir su kaynaklarıdır ve tarih boyunca insan medeniyetlerinin birincil su kaynağı olmuştur ve çeşitli su temin kaynakları arasında nehirler, kolay erişim nedeniyle insan toplumlarının gelişimi için daha sık kullanılmıştır (Ishikawa vd., 2019).

Karasu Deresi'nin karbondioksit, sıcaklık, alkalinite, pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, klorür, BOİ, hidrojen sülfür, amonyum azotu, organik madde, toplam askıda katı madde parametreleri ile fekal koliform ve toplam koliform değerleri araştırılmıştır. Mayıs 2014'ten Nisan 2015'e kadar her ay izlenen Karasu Deresi'nin toplam koliform ve fekal koliform yükü en yüksek yaz mevsiminde (istasyon 1) ve en düşük kış mevsiminde (istasyon 2) belirlenmiştir. Su örneklerinin analizleri BOİ₅, NH₄-N, OM, Toplam koliform ve Fekal koliform ortalama değerlerinin hem mevsimler arasında hem de istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Ayrıca sıcaklık, alkalinite CO₂, pH, DO, ve H₂S değerleri mevsimden mevsime önemli derecede farklılık gösterirken ($p < 0,05$), istasyonlar arasında fark yoktur ($p < 0,05$). Sonuç olarak, Yüzey Suyu Kalitesi Yönetmeliği ile karşılaştırıldığında nehir suyunun Toplam koliform (Sınıf II-III) ve fekal koliform (Sınıf II-III) yük sınıfları belirlenmiştir. Su kaynağının DO değerinin düşük, H₂S, fekal koliform değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum su temininde ötrofikasyonun başlayabileceği veya artabileceği olasılığını güçlendirmektedir (Gündoğdu ve Çarlı 2020).

Bu çalışmada, Ocak 2019 ile Aralık 2019 arasında Karasu Nehri boyunca 8 istasyondan aylık olarak alınan su örneklerindeki on TM'nin (Fe, Al, Cd, Ni, Cu, Zn, Pb, As, Mn ve Cr)

seviyeleri ölçüldü ve su kalite yönergeleriyle karşılaştırıldı. Ayrıca, mekansal ve mevsimsel değişimler, sağlık riskleri, kirlilik durumu ve TM'lerin olası kaynakları değerlendirildi. TM'lerin 90. yüzdelik seviyeleri içme suyu standartlarının altındaydı. En yüksek toplam konsantrasyon, aşınma süreçleri ve yağmur ve kar erimesi akışı nedeniyle en akış yukarısındaki istasyonda kaydedildi. Toplam metal konsantrasyonu, doğal ve antropojenik kaynakların birleşik etkisi nedeniyle kıştan yaza doğru artan bir eğilim göstermiştir. Metal kirliliği indeksleri, nehir suyu kalitesinin içilebilir kullanım için uygun olduğunu göstermiştir. Faktör ve kümeleme analizlerinin sonuçları, Ni, Fe, Mn ve Cr'nin hem litojenik kaynaklar hem de antropojenik aktiviteler tarafından kontrol edildiğini, diğer TM'lerin ise litojenik kaynaklar tarafından kontrol edildiğini ortaya koymuştur. Hem su yutma hem de dermal temas yolları için her bir TM'nin tehlike katsayısı (HQ), sakinler için risk seviyesinin altındaydı. Ancak, çocuklar için su yutma için tehlike endeksi (tüm TM'lerin HQ'larının toplamı) risk seviyesinden yüksekti, bu da Karasu Nehri'ndeki on TM'nin yutulmasının çocuklar için kanserojen olmayan sağlık riskleri oluşturabileceğini göstermiştir. As ve Cr'nin hem su yutma hem de dermal emilim için kanserojen risk sonuçları, kabul edilebilir kanserojen risk aralığında veya altındaydı (Varol *et al.* 2021).

Fırat Nehri'nin (Türkiye) ana kolu olan Karasu Nehri'nin su kalitesini değerlendirmek yürütülen bir araştırmada, bir yıl nehir boyunca sekiz istasyonda aylık olarak 19 su kalitesi değişkeni izlendi. Ortalama çözünmüş oksijen (DO), elektriksel iletkenlik (EC), nitrat-azot ($\text{NO}_3\text{-N}$), ortofosfat-fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$), toplam fosfor (TP), amonyum-azot ($\text{NH}_4\text{-N}$), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) ve toplam azot (TN) seviyelerine göre, nehirdeki çoğu istasyon yüzey suyu kalite kriterlerine göre "çok iyi" su durumuna olduğunu tespit etmişlerdir. APCS-MLR modelinde kaynak dağılımı, mevsimsel ve antropojenik kaynakların nehir suyu kalite parametrelerine sırasıyla %35,2 ve %25,5 oranında katkıda bulunduğunu, bunu fitoplankton (%21,4) ve doğal kaynakların (%17,9) izlediğini ortaya koymuştur (Varol *et al.* 2022).

Karasu Nehri'ndeki fitoplankton kompozisyonunun ve biyolojik çeşitliliğinin mevsimsel ve zamansal değişimlerinin incelendiği bir araştırmada, fitoplankton ve su örnekleri Ocak 2019-Temmuz 2019 döneminde iki ayda bir 0,5-8 m derinlikten beş istasyondan toplanmışlardır. Dört çeşitlilik indeksi (Shannon-Wiener, Simpson, Margalef ve Menhinick) incelenmişlerdir. Endeksler arasındaki ilişkiyi yorumlamak için MINITAB 15 yazılımı kullanılmışlardır. Ortalama su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve iletkenlik değerleri sırasıyla 19,43 °C, 7,9 mg/l, 8,3 ve 465 mS/cm olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada toplam 123 fitoplankton türü tespit edilmişlerdir. Bu türlerden Bacillariophyta grubuna ait 106 tür, Chlorophyta grubuna ait 10 tür, Cyanobacteri grubuna ait 6 tür ve Euglenophyta grubuna ait 1

tür teşhis etmişlerdir. Çalışma boyunca Shannon-Wiener, Simpson Margalef ve Menhinick çeşitlilik indeksleri sırasıyla 1,89 H', 11,53, 5,12, 0,83 ve 1,44 olarak hesaplanmışlardır. Bu çalışma sonucunda fitoplankton çeşitlilik indeks değerleri ile Karasu Nehri'nin su kalitesine bağlı ekolojik durum değerlendirilmesi bir biri ile uyumlu olmadığı tespit etmişlerdir (Fakıoğlu *et al.* 2023).

Aras Nehri'nde yürütülen bir araştırmada, nehir KYSKS (2012) belirtmiş olduğu sınıflandırmaya göre su sıcaklığı ve nitrat azotu değerine için I. sınıf, elektrik iletkenliği ve toplam fosfor değerlerine için II. sınıf sular, çözülmüş oksijen ve amonyak azotuna için III. sınıf sular ve nitrit azotu değerine için IV. sınıf sular sınıfında olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte ölçülen ve analizi yapılan parametreler Hazen yöntemi ile değerlendirilmiş ve nehrin su kalitesinin IV. sular (Kötü) sınıfında olduğu tespit edilmişlerdir (Gedik 2023).



MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışma alanı

Fırat Nehri'nin ana kollu olan Karasu Nehri Erzurum Aşkale İlçesinden geçerek Erzincan'a yönelen nehir, Palandöken Dağından gelen Tuzla deresini de alır ve Sansa Boğazı'nı geçtikten sonra Erzincan Ovası'nı aşar buradan Kemah Boğazı'na girer, derin ve dar boğazlardan sonra Keban Barajı'nda Murat Nehri ile birleşir. Bu çalışma, Karasu Nehri'nin Erzurum İli Arıtım Tesisin'e geldiği, tesisin bulunduğu ve tesis çıkış suyunun karıştığı bölgelerden Ekim 2023-Eylül 2024 tarihleri arasında 12 ay boyunca su örnekleri alınarak yürütülmüştür. Çalışma alanına ait harita ve koordinat bilgileri şekil 1'de verilmiştir. İstasyonlara ait koordinat bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Karasu Nehri ve istasyonları gösteren harita

Tablo 1. İstasyonlara Ait Koordinat Bilgileri ve Fotoğrafları

İstasyon	Enlem ve Boylam Bilgileri	İstasyonlara ait fotoğraf
1	39°58'02"N 41°07'29"E	
2	39°57'32"N 41°06'10"E	
3	39°57'11"N 41°04'17"E	

Yöntem

Bu araştırmada, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, pH ve elektrik iletkenliği değerleri örnek alma esnasında çoklu parametre ölçen cihaz ile yerinde ölçülmüştür. Askıda katı madde, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), toplam azot tayini, amonyum, amonyum azotu, nitrat ve nitrat azotu tayinleri yapılmıştır.

Askıda katı madde tayini

Gravimetrik metot ile belirlenmiştir. Filtrasyon düzeneğinin kurulması ve 105°C'de etüvde 1 saat bekletilen filtre kâğıdı desikatörde soğutulmasının ardından sabit tartımı alınmıştır. Daha sonra çok iyi karıştırılarak homojen konumuna gelen belli hacimdeki numune

süzülmeye bırakılmıştır. 103-105 °C'deki etüvde1 saat kurutulmuştur. Desikatöre bekletilen örnekler tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$AKM (mg/l) = (C-D) \times 1000 / V$$

C= Filtre kâğıdı +süzülen kuru kalıntının tartımı (mg),

D= Filtre kâğıdının süzüntüden önceki tartımı (mg),

V= Karışım numunesinin hacmi (ml).

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı tayini

BOİ tayini Manometrik/SM 5210 B ve Manometri yöntemi ile KOİ tayini Titrimetrik / SM 5220 B Hazır Kit Metodu ile yapılmıştır (Şekil 2).

Bu metoda göre belirlenmiş hacimdeki su örnekleri sıcaklığı 20 °C'ye getirilmiştir. BOİ şisesine alınan numuneye bir adet besin yastığı eklenmiş, sonra sıcaklığı 20°C olan inkibatöre konulmuş ve 5 gün sonra sonuçlar cihazdan okunmuştur.

Kimyasal oksijen ihtiyacını ölçmek için su örneklerinden mikropipetle 2 ml alınarak hazır kite eklenmiş ve Termoreaktör cihazında 148 °C'de 2 saat yakılmıştır. Oda sıcaklığına bekletilen örnekler spektrofotometrede okunmuştur.



Şekil 2. Biyolojik oksijen ihtiyacı cihazı

Toplam azot tayini

Spektrometrik / ISO 29441 Hazır Kit Metodu ile yapılmıştır (Şekil 3). Su örnekleri önce kaba filtre kâğıdından süzöldükten sonra hazır kitin prosedüründe belirtilen reaktiflerde 1,3 ml alınarak cam tüpe koyunulmuştur. Termoreaktör cihazında 120°C’de yarım saat yakıldıktan sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Daha sonra 0,5 ml örnekten alınarak hazır kite aktarılmış üzerine prosetürde belirtilen reaktiften 0,2 ml daha eklenmiş 15 dk beklendikten sonra spektrofotometre okuma yapılmıştır.

Amonyum ve amonyum azotu tayinleri

Spektrometrik / SM 4500 Hazır Kit Metodu ile tespit edilmiştir (Şekil 3). Su örnekleri kaba filtre kağıdından süzöldükten sonra 5 ml alınarak hazır kite eklenip 15 dk bekletildikten sonra spektrofotometre de değler okunmuştur.

Nitrat ve nitrat azotu tayinleri

Spektrometrik / SM 4500 Hazır Kit Metodu ile tespit edilmiştir (Şekil 3). Su örnekleri kaba filtre kağıdından süzöldükten sonra 1 ml alınıp prosetürde belirtilen reaktiften 0,2 ml eklenmiş ve 15 dakika bekletilmiştir. Daha sonra spektrofotometreden okuma yapılmıştır.



Şekil 3. Analizlerde kullanılan Kitler ve Spektrofotometre

Analiz Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma boyunca elde edilen verilerinin mevsime ve istasyonlara bağı değışimi IBM SPSS 20 kullanılarak One-Way (ANOVA) testi ile belirlenmiştir. Farklılıkların önem düzeyleri DUNCAN testine göre değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırma boyunca, çözülmüş oksijen, elektrik iletkenliği ve su sıcaklığı değerlerinin mevsime ve istasyonlara bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ancak pH değerinin mevsimler arasındaki farkı istatistiksel olarak önemli bulunurken ($p<0,05$), istasyonlar arasındaki farkı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Karasu Nehri Bazı Fiziko-Kimyasal Parametreleri

Bu araştırmada pH değerinin en düşük değeri 7,54 ve en yüksek değeri 7,95 olarak ölçülmüştür. Çalışma süresinde arazi çalışmaları sırasında ölçülen elektrik iletkenliği değeri en düşük 214 ve en yüksek 578, çözülmüş oksijen değeri en düşük 3,02 mg/L en yüksek 8,74 mg/L olarak saptanmıştır. Karasu Nehri su sıcaklığı değeri en düşük 3,4 °C ve en yüksek 22,2 °C olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Akarsuların çözülmüş oksijen, elektrik iletkenliği ve su sıcaklığı değerleri taban yapısı, akış hızı, iklim yükselti gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Su sıcaklığı değerleri mevsime bağlı olmasının yanı sıra günlük olarak havanın açık ya da kapalı olmasına bağlı olarak da değişmektedir. Akarsu havzasının jeolojisine bağlı olarak akarsularda pH'ın genellikle 6,0 ile 9,0 arasında değiştiğini bildirmiştir (Tanyolaç, 2009).

Araştırmamız boyunca su sıcaklığı ortalama 13,8 °C, pH değeri ortalama 7,7, elektriksel iletkenlik ortalama 403 μ S/cm, çözülmüş oksijen değeri ortalama 6 mg/l olarak ölçülmüştür. Bu araştırmamızda elde edilen veriler Kıta İçi Yüzeysel Suları Standart'larına (Anonim, 2015) göre değerlendirildiğinde su sıcaklığı, pH ve elektrik iletkenliği göre **I. sınıf sular**, çözülmüş oksijen değerine göre **II. sınıf sular** sınıfında yer almaktadır.

Tablo 2. Karasu Nehri'nin pH, Çözünmüş Oksijen, Elektrik İletkenliği ve Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma)

Aylar	Istasyon	pH	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	Elektrik iletkenliği (µS/cm)	Su sıcaklığı(°C)
Ekim	1	7,60±0,33 ^{Db}	7,62±0,43 ^{Aa}	322±4,68 ^{Kc}	16,5±1,66 ^{Kc}
	2	7,62 ± 0 ^{Ca}	5,27±0 ^{İc}	346±0 ^{Kb}	16 ± 0 ^{Aa}
	3	7,63±0,01 ^{Ca}	5,77±0,54 ^{İb}	367,50±23,60 ^{Ka}	15±1,10 ^{Ab}
Kasım	1	7,65±0,03 ^{Ba}	6,26±0,86 ^{İa}	424,33±87,26 ^{Aa}	14,67±1 ^{Aa}
	2	7,64±0,02 ^{Ca}	6,17±0,75 ^{Hb}	402,50±84,25 ^{Gb}	13,25±2,70 ^{Bb}
	3	7,66±0,04 ^{Ba}	6,27±0,69 ^{Fa}	395,40±76,11 ^{Hc}	12,32±3,07 ^{Cc}
Aralık	1	7,65±0,03 ^{Ba}	6,36±0,66 ^{Ga}	412,83±79,87 ^{Ea}	11,83±3,00 ^{Ca}
	2	7,64±0,05 ^{Ca}	6,32±0,62 ^{Ga}	403,14±77,55 ^{Fb}	10,86±3,70 ^{Eb}
	3	7,63±0,05 ^{Ca}	6,32±0,58 ^{Ea}	397,75±73,77 ^{Gc}	10,10±4,01 ^{Fc}
Ocak	1	7,63±0,05 ^{Ca}	6,33±0,54 ^{Hb}	409,11±76,72 ^{Ga}	9,64±3,99 ^{Fa}
	2	7,62±0,05 ^{Ca}	6,39±0,55 ^{Fa}	403,20±74,85 ^{Eb}	9,08±4,16 ^{Hb}
	3	7,61±0,05 ^{Ca}	6,42±0,53 ^{Da}	400,09±71,95 ^{Dc}	8,56±4,29 ^{İc}
Şubat	1	7,61±0,05 ^{Ca}	6,48±0,54 ^{Fc}	411,33±78,51 ^{Fa}	8,33±4,18 ^{İa}
	2	7,61±0,05 ^{Ca}	6,65±0,80 ^{Cb}	405,15±78,40 ^{Db}	8,22±4,03 ^{Jb}
	3	7,62±0,05 ^{Ca}	6,79±0,93 ^{Aa}	402,29±76,20 ^{Cc}	8,14±3,89 ^{Kc}
Mart	1	7,62±0,05 ^{Ca}	6,92±1,02 ^{Ba}	414±85,88 ^{Da}	8,06±3,77 ^{Jc}
	2	7,64±0,09 ^{Ca}	6,86±1,02 ^{Ab}	413,94±83,10 ^{Bc}	8,18±3,67 ^{Kb}
	3	7,65±0,11 ^{Ba}	6,81±1,00 ^{Ac}	414,41±80,59 ^{Bb}	8,27±3,58 ^{Ja}
Nisan	1	7,66±0,10 ^{Aa}	6,81±0,98 ^{Ca}	417,89±79,60 ^{Ba}	8,38±3,51 ^{İc}
	2	7,67±0,12 ^{Aa}	6,76±0,98 ^{Bb}	417,63±77,45 ^{Ab}	8,53±3,47 ^{İb}
	3	7,69±0,13 ^{Aa}	6,75±0,95 ^{Bb}	417,25±75,47 ^{Ac}	8,67±3,43 ^{İa}
Mayıs	1	7,69±0,13 ^{Aa}	6,76±0,93 ^{Da}	416,33±73,74 ^{Ca}	8,80±3,40 ^{Hc}
	2	7,70±0,13 ^{Aa}	6,74±0,91 ^{Ba}	407,14±83,61 ^{Cb}	9,04±3,51 ^{İb}
	3	7,70±0,13 ^{Aa}	6,73±0,89 ^{Ba}	398,83±90,68 ^{Fc}	9,27±3,60 ^{Ha}
Haziran	1	7,70±0,13 ^{Aa}	6,73±0,87 ^{Da}	393,63±92,23 ^{İa}	9,48±3,67 ^{Gc}
	2	7,70±0,12 ^{Aa}	6,67±0,90 ^{Cb}	391,48±90,96 ^{İb}	9,76±3,84 ^{Gb}
	3	7,70±0,12 ^{Aa}	6,63±0,91 ^{Cb}	389,96±89,50 ^{Jc}	10,00±3,96 ^{Ga}
Temmuz	1	7,70±0,12 ^{Aa}	6,62±0,89 ^{Ea}	391,19±88,03 ^{Ja}	10,24±4,08 ^{Ec}
	2	7,70±0,12 ^{Aa}	6,52±1,00 ^{Eb}	390,50±86,50 ^{İb}	10,64±4,50 ^{Fb}
	3	7,70±0,12 ^{Aa}	6,46±1,03 ^{Dc}	390,31±84,98 ^{İc}	11,01±4,85 ^{Ea}
Ağustos	1	7,70±0,11 ^{Aa}	6,39±1,08 ^{Ga}	394,93±87,21 ^{İa}	11,39±5,18 ^{Dc}
	2	7,70±0,11 ^{Aa}	6,30±1,18 ^{Gb}	394,90±85,77 ^{İa}	11,68±5,34 ^{Db}
	3	7,70±0,11 ^{Aa}	6,22±1,22 ^{Gc}	394,66±84,42 ^{İb}	11,95±5,48 ^{Da}
Eylül	1	7,70±0,11 ^{Aa}	6,19±1,23 ^{İa}	399,55±87,64 ^{Ha}	12,22±5,61 ^{Bc}
	2	7,70±0,11 ^{Aa}	6,09±1,33 ^{İb}	399,26±86,35 ^{Hb}	12,36±5,58 ^{Cb}
	3	7,70±0,11 ^{Aa}	6,02±1,38 ^{Hc}	399,29±85,09 ^{Eb}	12,48±5,55 ^{Ba}

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

a, b, c Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

Karasu Nehri'nin AKM, BOİ, KOİ ve Toplam Sertlik Değerleri

Karasu Nehri'nde yürütmüş olduğumuz bu çalışmada, toplam sertlik, KOİ, BOİ, AKM değerlerinin mevsime ve istasyonlara bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Toplam sertlik değişimi en düşük 127 mg/l CaCO_3 , en yüksek 195 mg/l CaCO_3 ; KOİ değeri en düşük 14,4 mg/l en yüksek 130 mg/l, BOİ değeri en düşük 9 mg/l, en yüksek 90 mg/l, AKM en düşük 3 mg/l ve en yüksek 455 mg/l olarak ölçülmüştür (Tablo 3).

Kıta İçi Yüzeysel Suları Standart'larına (Anonim, 2015) göre Karasu Nehri'nden alınan su örneklerinde KOİ göre **I. sınıf sular** ve BOİ değerine göre **III. sınıf sular** sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

Sulardaki toplam askıda katı maddeler doğal kaynaklardan, evsel-endüstriyel atık sular ve tarımsal alanlardan gelmektedir ve toplam askıda katı madde miktarının yüzey suları için 5 mg/L olması gerektiğini bildirilmiştir (Anonymous 1975). Bu araştırmamızda ortalama AKM değeri 229 mg/L olarak bulunmuştur ki bu değer olması gereken değer çok üzerindedir.

Peavy *et al.* (1985), suları sertlik derecesine göre 50 mg CaCO_3/L den küçük olan suların yumuşak, 50-150 mg CaCO_3/L arasında olan suların orta sert, 150- 300 mg CaCO_3/L arasında olan suların sert ve 300 mg CaCO_3/L 'den büyük olan suların ise çok sert su sınıfına girdiğini belirtmiştir. Bu çalışmamızda toplam sertlik değeri ortalama 161 mg CaCO_3/L olarak saptanmış ve bu değere göre Karasu Nehri **sert sular sınıfında** yer almaktadır.

Karasu Nehri'nin su kalitesi Aralık 2015 ve Kasım 2016 tarihleri arasında yürütülen bir araştırmada yüzeysel suların kalitesine dair yönetmeliğe göre $\text{NH}_4\text{-N}$, BOI_5 , Co, fekal koliform, Ba, Cu, Zn ve çözünmüş oksijen parametrelerinin sınır değerlerini aştığı ve suyun kalitesini etkileyen ana parametreler olduğu tespit etmişlerdir. Karasu Nehri'nin su kalitesi, Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksine (USV SKİ) göre “orta”, Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksine (KÇBK SKİ) göre “kötü” ve Oregon Su Kalite İndeksine (OSKİ) göre de “kötü” seviyede saptamışlardır (Alver ve Baştürk, 2019).

Tablo 3. Karasu Nehri'nin Toplam Sertlik, KOİ, BOİ ve AKM Değerlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart sapma)

Aylar	Istasyon	Toplam Sertlik (mg/l CaCO ₃)	KOİ (mg/l)	BOİ (mg/l)	AKM (mg/l)
Ekim	1	139,87±107,64 ^{Jc}	49,18±106,66 ^{Aa}	16,51±102,11 ^{Aa}	14,70±8,29 ^{Ea}
	2	142,00±0 ^{Kb}	17,40±0 ^{lb}	10,00±0 ^{lb}	8,00±0 ^{Kb}
	3	150,00±8,76 ^{Ka}	17,20±0,22 ^{lc}	9,50±0,55 ^{Kc}	6,50±1,64 ^{Kc}
Kasım	1	165,00±23,54 ^{Ab}	18,00±1,21 ^{Ha}	10,00±0,87 ^{Ja}	11,00±6,87 ^{İa}
	2	165,25±20,08 ^{Aa}	17,58±1,29 ^{Hb}	10,00±0,74 ^{Ja}	10,25±6,02 ^{Jb}
	3	160,40±20,44 ^{Ac}	16,94±1,74 ^{Kc}	9,80±0,77 ^{Jb}	10,20±5,33 ^{İb}
Aralık	1	161,17±18,63 ^{Ba}	17,22±1,70 ^{Ja}	10,17±1,10 ^{İb}	13,50±9,00 ^{Ga}
	2	158,86±18,13 ^{Bb}	17,04±1,63 ^{Jb}	10,14±1,01 ^{lc}	12,43±8,73 ^{Fb}
	3	156,50±18,07 ^{Bc}	17,04±1,52 ^{Jb}	10,25±0,99 ^{İa}	11,75±8,34 ^{Gc}
Ocak	1	155,78±17,12 ^{Ca}	17,26±1,56 ^{Ja}	10,44±1,09 ^{İb}	12,67±8,28 ^{Ha}
	2	153,70±17,40 ^{Gb}	17,23±1,48 ^{İb}	10,50±1,04 ^{İa}	11,90±8,18 ^{Hb}
	3	153,55±16,58 ^{Gc}	17,30±1,43 ^{İa}	10,55±1,00 ^{İa}	11,27±8,04 ^{Hc}
Şubat	1	154,00±15,92 ^{Ea}	17,69±1,90 ^{İa}	10,83±1,36 ^{Ha}	10,92±7,78 ^{Ja}
	2	152,23±16,49 ^{İb}	17,56±1,88 ^{Hb}	10,77±1,33 ^{Hb}	10,31±7,77 ^{İb}
	3	151,43±16,15 ^{İc}	17,41±1,89 ^{Hc}	10,75±1,28 ^{Hb}	9,93±7,61 ^{Jc}
Mart	1	152,87±16,51 ^{Hc}	17,56±1,90 ^{lc}	10,87±1,31 ^{Hc}	9,97±7,34 ^{Kc}
	2	153,94±16,51 ^{Fa}	18,71±4,87 ^{Gb}	11,63±3,23 ^{Gb}	10,47±7,37 ^{İb}
	3	153,82±16,02 ^{Fb}	19,61±5,96 ^{Ga}	12,24±3,98 ^{Ga}	10,85±7,31 ^{aİ}
Nisan	1	153,89±15,56 ^{Fb}	20,41±6,68 ^{Gc}	12,72±4,37 ^{Gc}	11,14±7,20 ^{lc}
	2	154,47±15,34 ^{Ca}	20,76±6,66 ^{Fb}	12,95±4,36 ^{Fb}	12,03±7,97 ^{Gb}
	3	154,45±14,95 ^{Ca}	21,17±6,74 ^{Fa}	13,20±4,39 ^{Fa}	13,33±9,64 ^{Fa}
Mayıs	1	154,62±14,60 ^{Da}	21,64±6,90 ^{Fc}	13,52±4,52 ^{Fc}	15,45±13,43 ^{Fc}
	2	154,32±14,33 ^{Db}	26,56±23,72 ^{Eb}	17,00±16,65 ^{Db}	35,43±93,19 ^{Eb}
	3	153,91±14,14 ^{Ec}	30,63±30,11 ^{Ca}	19,65±20,54 ^{Ca}	51,89±119,78 ^{Ca}
Haziran	1	153,75±13,86 ^{Ga}	33,10±31,79 ^{Ba}	21,33±21,68 ^{Ba}	63,90±130,78 ^{Aa}
	2	153,12±13,93 ^{Hb}	32,80±31,18 ^{Ab}	21,14±21,26 ^{Ab}	62,14±128,39 ^{Ab}
	3	152,27±14,31 ^{lc}	32,44±30,62 ^{Ac}	20,90±20,87 ^{Ac}	60,56±126,12 ^{Ac}
Temmuz	1	152,15±14,05 ^{İa}	32,23±30,06 ^{Ca}	20,76±20,49 ^{Ca}	59,65±123,82 ^{Ba}
	2	151,25±14,57 ^{Jb}	31,68±29,65 ^{Bb}	20,41±20,20 ^{Bb}	57,77±121,96 ^{Bb}
	3	151,24±14,32 ^{Jb}	31,12±29,28 ^{Bc}	20,05±19,94 ^{Bc}	55,98±120,19 ^{Bc}
Ağustos	1	152,37±15,34 ^{İb}	30,89±28,81 ^{Da}	19,90±19,62 ^{Da}	54,45±118,44 ^{Ca}
	2	152,35±15,08 ^{İb}	30,47±28,43 ^{Cb}	16,91±19,36 ^{Ec}	52,85±116,82 ^{Cb}
	3	152,72±14,98 ^{Ha}	30,05±28,07 ^{Dc}	19,31±19,12 ^{Db}	51,45±115,23 ^{Dc}
Eylül	1	154,00±16,45 ^{Ec}	29,81±27,67 ^{Ea}	19,15±18,85 ^{Ea}	50,32±113,63 ^{Da}
	2	154,24±16,26 ^{Eb}	29,55±27,30 ^{Db}	18,97±18,60 ^{Cb}	49,01±112,19 ^{Db}
	3	154,31±16,03 ^{Da}	29,22±26,97 ^{Ec}	18,74±18,38 ^{Ec}	47,76±110,80 ^{Ec}

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

a, b, c Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

Karasu Nehri'nin Besin Tuzları Konsantrasyonu

Karasu Nehri'nde yürütmüş olduğumuz bu araştırmada, toplam azot, nitrat, nitrat azotu, ammonium, ammonium azotu mevsime ve istasyonlara bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Toplam azot derişimi ortalama 4,75 mg/L olarak saptanmıştır. Araştırma dönemi boyunca şubat ve mart aylarında toplam azot derişiminin arttığı tespit edilmiştir. Araştırmamızda nitrat derişimi en düşük 2,15 mg/L ve en yüksek 7,06 mg/L ölçülmüştür. Buna karşın nitrat azotu derişimi en düşük 0,48 mg/L ve en yüksek 2,83 mg/L olarak saptanmıştır. Nitrat derişimi toplam azot derişimi gibi şubat ve mart aylarında diğer aylara göre daha yüksek saptanmıştır. amonyum ve amonyum azotu derişimlerinin ortalama değerleri sırasıyla 3 mg/L ve 2,24 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Azot bileşikleri mevsimsel dalgalanmalar gösterir. Nitrat miktarı yüzey akıntılarından etkilenmektedir. Kirlilik nedeniyle amonyum bileşiklerinin yoğunluğu artar bu da belli sınırlarda biyolojik verimliliği artırmaktadır. Azot kaynağı olarak nehir yataklarındaki kayalar ve seller ile taşınım gösterilebilir. Akarsularda pek çok iyon bulunmaktadır. Bu iyon oluşumuna nehir havzasının yapısı etken faktördür. Örneğin granitik dağ bölgelerindeki vadilerden akan nehirler toplam organik çözünmüş madde açısından zengindir (Tanyolaç, 2009).

Sonuçlarımız, SKH'ler arasında benzer potansiyel sinerji ve takaslar olduğunu göstermektedir. Örneğin, su kıtlığının çoğunlukla yoğun tarımsal üretimin olduğu (SKH 2) ve/veya yoğun nüfuslu (SKH 11) alt havzalarda bulunduğunu ve bunun da iklim değişikliği kaynaklı hidrolojik değişiklikler (SKH 13) nedeniyle nispeten düşük su bulunabilirliğinden dolayı yüksek kirlletici yüklerine ve yüksek su çekimlerine (SKH 12) yol açtığını bulduk.

Bu araştırmamızda elde edilen veriler Kıta İçi Yüzeysel Suları Standartlarına (Anonim, 2015) göre değerlendirildiğinde toplam azot değerine göre **III. sınıf sular** ve nitrat azotu ve amonyum azotu derişimlerine göre ise **IV. sınıf sular** sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

Nehirlerde su kalitesini korumanın ana zorluklarından biri kirleticilerin varlığıdır. Erzurum İl sınırları içerisinde yer alan akarsu kaynaklarından biri olan Tortum Çayı'nda yapılan araştırmada amonyak azotu değerinin ortalama 0,3 mg/L ve nitrat azotu değeri ortalama 0,24 mg/L olarak saptanmışlardır (Köktürk, 2013). Aras Nehri'nde yürütülen araştırmada ise amonyak azotu derişimine göre III. sınıf sular, nitrat azotu derişimine göre ise I. sınıf kaliteli sular sınıfında yer aldığı belirtilmiştir (Gedik, 2023). Ancak bu araştırmada nitrat azotu ve amonyum azotu derişimlerine göre Karasu Nehri IV. sınıf sular sınıfında yer aldığı saptanmıştır.

Tablo 4. Karasu Nehri'nin TN, NO₃, NO₃-N, NH₄, NH₄-N Derişimlerinin Aylara ve İstasyonlara Bağlı Değişimi (Ortalama±Standart Sapma, mg/L)

Aylar	Istasyon	TN	NO ₃	NO ₃ -N	NH ₄	NH ₄ -N
Ekim	1	4,82±0,40 ^{Aa}	5,47±0,19 ^{Aa}	1,96±0,02 ^{Aa}	3,58±0,67 ^{Aa}	2,32±0,06 ^{Aa}
	2	4,36±0 ^{Fb}	4,94±0 ^{Kb}	1,12±0 ^{Eb}	3,05±5,44 ^{Ac}	2,37±0 ^{Bc}
	3	4,41±0,05 ^{Eb}	4,78±0,18 ^{Jc}	1,08±0,05 ^{Gc}	3,58±0,58 ^{Ab}	2,78±0,45 ^{Ab}
Kasım	1	4,45±0,08 ^{Ha}	5,54±1,15 ^{lb}	1,25±0,27 ^{Fa}	3,19±0,74 ^{Ba}	2,48±0,57 ^{Ba}
	2	4,37±0,16 ^{Eb}	5,48±0,99 ^{lc}	1,24±0,23 ^{Da}	3,04±0,69 ^{Ab}	2,36±0,54 ^{Bb}
	3	4,39±0,15 ^{Eb}	5,64±0,94 ^{Ha}	1,27±0,22 ^{Ea}	2,95±0,64 ^{Cc}	2,29±0,49 ^{Cc}
Aralık	1	4,51±0,31 ^{Gc}	6,52±2,19 ^{Eb}	1,47±0,50 ^{Ca}	2,77±0,71 ^{Fb}	2,15±0,55 ^{Ec}
	2	4,58±0,34 ^{Db}	6,36±2,06 ^{Ea}	1,43±0,47 ^{Ba}	2,81±0,66 ^{Da}	2,23±0,55 ^{Cb}
	3	4,65±0,37 ^{Ca}	6,24±1,94 ^{Ec}	1,40±0,45 ^{Cb}	2,83±0,62 ^{Ea}	2,30±0,54 ^{Ca}
Ocak	1	4,77±0,48 ^{Eb}	6,83±2,49 ^{Ca}	1,54±0,58 ^{Ba}	2,85±0,59 ^{Ec}	2,31±0,51 ^{Db}
	2	4,81±0,47 ^{Bb}	6,70±2,38 ^{Cb}	1,51±0,55 ^{Aa}	2,93±0,60 ^{Cb}	2,36±0,50 ^{Ba}
	3	4,87±0,49 ^{Ba}	6,57±2,31 ^{Cc}	1,48±0,54 ^{Bb}	2,99±0,61 ^{Ca}	2,40±0,50 ^{Ba}
Şubat	1	5,01±0,66 ^{Ca}	7,06±2,76 ^{Ba}	1,59±0,64 ^{Ba}	3,01±0,58 ^{Db}	2,41±0,48 ^{Ca}
	2	5,00±0,64 ^{Aa}	6,93±2,69 ^{Ab}	1,56±0,62 ^{Aa}	3,05±0,58 ^{Aa}	2,43±0,46 ^{Aa}
	3	5,01±0,61 ^{Aa}	6,84±2,62 ^{Ac}	1,54±0,60 ^{Aa}	3,08±0,57 ^{Ba}	2,45±0,45 ^{Ba}
Mart	1	5,07±0,64 ^{Ba}	7,03±2,63 ^{Ba}	1,59±0,60 ^{Ba}	3,08±0,55 ^{Ca}	2,44±0,44 ^{Ba}
	2	4,97±0,72 ^{Ab}	6,89±2,60 ^{Bb}	1,56±0,60 ^{Aa}	2,99±0,63 ^{Bb}	2,37±0,51 ^{Bb}
	3	4,89±0,77 ^{Bc}	6,73±2,60 ^{Bb}	1,52±0,60 ^{Ab}	2,92±0,68 ^{Dc}	2,31±0,55 ^{Cc}
Nisan	1	4,83±0,80 ^{Da}	6,65±2,55 ^{Da}	1,50±0,59 ^{Ca}	2,88±0,68 ^{Ea}	2,27±0,56 ^{Da}
	2	4,73±0,87 ^{Cb}	6,52±2,54 ^{Db}	1,47±0,58 ^{Ba}	2,79±0,77 ^{Db}	2,20±0,63 ^{Cb}
	3	4,66±0,90 ^{Cc}	6,40±2,53 ^{Dc}	1,45±0,58 ^{Ba}	2,71±0,82 ^{Fc}	2,14±0,66 ^{Dc}
Mayıs	1	4,63±0,89 ^{Fa}	6,33±2,49 ^{Fa}	1,43±0,57 ^{Da}	2,67±0,82 ^{Ga}	2,11±0,66 ^{Ea}
	2	4,58±0,90 ^{Db}	6,27±2,44 ^{Fb}	1,42±0,56 ^{Ba}	2,65±0,81 ^{Fb}	2,09±0,65 ^{Da}
	3	4,54±0,90 ^{Db}	6,22±2,40 ^{Eb}	1,40±0,55 ^{Ca}	2,63±0,79 ^{Gc}	2,08±0,64 ^{Ea}
Haziran	1	4,48±0,93 ^{Ha}	6,15±2,38 ^{Ga}	1,39±0,54 ^{Da}	2,60±0,80 ^{Ha}	2,05±0,65 ^{Fa}
	2	4,42±0,96 ^{Eb}	6,04±2,39 ^{Gb}	1,36±0,55 ^{Ca}	2,55±0,82 ^{Ga}	2,01±0,66 ^{Fa}
	3	4,37±0,97 ^{Fb}	5,94±2,39 ^{Fc}	1,34±0,55 ^{Da}	2,51±0,83 ^{Gb}	1,98±0,67 ^{Fb}
Temmuz	1	4,37±0,95 ^{Ia}	5,91±2,35 ^{Ha}	1,34±0,54 ^{Ea}	2,50±0,81 ^{Ia}	1,96±0,66 ^{Ga}
	2	4,36±0,94 ^{Fa}	5,81±2,38 ^{Hb}	1,31±0,54 ^{Ca}	2,53±0,81 ^{Ga}	1,99±0,66 ^{Fa}
	3	4,36±0,92 ^{Fa}	5,71±2,39 ^{Gc}	1,29±0,55 ^{Da}	2,54±0,80 ^{Ha}	2,00±0,65 ^{Fa}
Ağustos	1	4,39±0,93 ^{Ia}	5,64±2,38 ^{Ia}	1,27±0,54 ^{Fa}	2,61±0,87 ^{Hb}	2,05±0,70 ^{Fa}
	2	4,39±0,91 ^{Ea}	5,54±2,41 ^{lb}	1,25±0,55 ^{Da}	2,64±0,88 ^{Fa}	2,07±0,70 ^{Ea}
	3	4,39±0,90 ^{Ea}	5,45±2,43 ^{lc}	1,23±0,55 ^{Ea}	2,66±0,87 ^{Fa}	2,09±0,69 ^{Ea}
Eylül	1	4,41±0,89 ^{Ia}	5,47±2,39 ^{Ja}	1,24±0,55 ^{Fa}	2,68±0,86 ^{Gb}	2,10±0,68 ^{Eb}
	2	4,42±0,88 ^{Ea}	5,38±2,43 ^{Jb}	1,21±0,55 ^{Da}	2,71±0,88 ^{Ea}	2,13±0,69 ^{Da}
	3	4,44±0,87 ^{Ea}	5,28±2,45 ^{lc}	1,19±0,56 ^{Fa}	2,75±0,89 ^{Fa}	2,16±0,71 ^{Da}

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K Büyük harfler aylar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

a, b, c Küçük harfler istasyonlar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

Karasu Nehri'nde ağır metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada Bakır (Cu), Çinko (Zn), Manganez (Mn), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd) ve Demir (Fe) gibi birçok ağır metal test edilmiştir. Su örneklerinden sırasıyla IV, IV, IV, II ve II sınıflarında su kalitesi

olduğunu bildirmişlerdir (Sönmez ve ark., 2013). Nehrin ağır metal derişimlerine göre değerlendirildiği bir diğer çalışmada ırmağın yoğun kirlilik unsurları ile karşı karşıya olduğu ve durumun devamı halinde ekolojik dengenin olumsuz yönde zarar görebileceği bildirilmiştir (Sönmez ve ark., 2012). Bu araştırmamızda da benzer şekilde I, II, III ve IV sınıf sular sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, istasyonlar arası farklılıklar incelendiğinde mevsime bağlı olarak 1. istasyondan itibaren daha yüksek değerler llmesine rağmen 3. istasyonda değerlerin daha düşük ölçüldüğü belirlenmiştir. Özellikle TN, amonyak azotu ve nitrat azotu değerlerine bakıldığında 1. istasyonda ortalama değerler sırasıyla 0,96 mg/L, 2,61 mg/L, 4,17 mg/L olarak bulunurken, 3. istasyonda bu değerler sırasıyla 1,69 mg/L, 2,50 mg/L, 7,45 mg/L olarak bulunmuştur. Ancak amonyak azotu konsantrasyonunun azalması ve bitkiler tarafından kullanılan nitrat azotu konsantrasyonunun artması 3. istasyonlardaki düşük bitki biyokütlesini de etkilemiş olabilir. Bu arada KOİ ve BOİ değerleri karşılaştırıldığında 3. istasyondaki değerlerin (28,78 mg/L ve 18,42 mg/L) 1. istasyondaki değerlerden (29,77 mg/L ve 19,38 mg/L) düşük olduğu belirlenmiştir. Bu da Karasu Nehri su kalitesinin arıtma tesisi çıkış suyundan sonra değişmediği veya çok az değiştiği, bazı parametrelerin ise 1. istasyona göre düşük olduğu ve arıtma tesisinin olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak Karasu Nehri bazı su kalite parametreleri değerine göre I, II, III ve IV sınıf sular sınıfında yer almaktadır. Nehrin antropojenik kirleticilerin etkisi altında olduğu düşünülmektedir. Karasu Nehri Fırat Havzası içerisindeki Fırat Nehri'ni besleyen en önemli iki kaynaktan birisidir. Bu nedenle;

1. Karasu Nehri'nin fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleri nehrin tamamını kapsayacak şekilde detaylı bir şekilde incelenmeli ve izlenmelidir.
2. Karasu Nehri'nde yaşayan sucul canlı türleri araştırılmalı ve bunların gerek genetik metotlar gerekse konvansiyonel analizler ile tür kompozisyonları ortaya konulmalıdır.
3. Karasu Nehri'ne gelen kirlilik kaynakları ortaya konulmalı ve acil tedbirlerin alınması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adeogun, A. I., Bhagawati, P. B., & Shivayogimath, C. B. (2021). Pollutants removals and energy consumption in electrochemical cell for pulping processes wastewater treatment: Artificial neural network, response surface methodology and kinetic studies. *Journal of Environmental Management*, 281, 111897.
- Alver, A., & Baştürk, E. (2019). Karasu nehri su kalitesinin farklı su kalitesi İndeksleri açısından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 488-497.
- Anonim, 2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. 15 Nisan 2015 tarih ve 29327 sayılı Resmi Gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm>. (01/03/2021).
- Anonymous 1975. Standart methods for the examination of water and wastewater. John D. Ducas Co., p.1-1193, USA.
- Begum, W., Goswami, L., Sharma, B. B., & Kushwaha, A. (2023). Assessment of urban river pollution using the water quality index and macro-invertebrate community index. *Environment, Development and Sustainability*, 25(8), 8877-8902.
- Devi, G., Goswami, L., Kushwaha, A., Sathe, S. S., Sen, B., & Sarma, H. P. (2021). Fluoride distribution and groundwater hydrogeochemistry for drinking, domestic and irrigation in an area interfaced near Brahmaputra floodplain of North-Eastern India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 100500.
- Eren, Z., & Kaya, F. (2020). Fırat-Dicle Havza Koruma Eylem Planı çerçevesinde kentsel atıksu arıtma tesisinin Karasu Nehrinin su kalitesi üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(2), 95-109. 30
- Fakıoğlu, Ö., Tanır, Ö. Z., Akyüz, Z., & Topal, M. F. (2023). Evaluation of the Trophic Status of Karasu River (Erzincan, Türkiye) by Biodiversity Indices. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 16(1), 273-285.
- Farinosi, F., Giupponi, C., Reynaud, A., Ceccherini, G., Carmona-Moreno, C., De Roo, A., ... & Bidoglio, G. (2018). An innovative approach to the assessment of hydro-political risk: A spatially explicit, data driven indicator of hydro-political issues. *Global Environmental Change*, 52, 286-313
- Flörke, M., Bärlund, I., van Vliet, M. T., Bouwman, A. F., & Wada, Y. (2019). Analysing trade-offs between SDGs related to water quality using salinity as a marker. *Current opinion in environmental sustainability*, 36, 96-104.
- Gedik, S. 2023. Aras Nehri (Erzurum)'nin Bazı Su Kalite Parametrelerine Göre Ekolojik Durumunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 58s.
- Greve, P., Kahil, T., Mochizuki, J., Schinko, T., Satoh, Y., Burek, P., ... & Wada, Y. (2018). Global assessment of water challenges under uncertainty in water scarcity projections. *Nature Sustainability*, 1(9), 486-494.
- Gündoğdu, A., & Çarlı, U. (2020). Assessment of Sinop Karasu stream's physicochemical properties and microbiological pollution.
- Hagemann, S., Chen, C., Clark, D. B., Folwell, S., Gosling, S. N., Haddeland, I., ... & Wiltshire, A. J. (2013). Climate change impact on available water resources obtained using multiple global climate and hydrology models. *Earth System Dynamics*, 4(1), 129-144.

- Koutroulis, A. G., Papadimitriou, L. V., Grillakis, M. G., Tsanis, I. K., Warren, R., & Betts, R. A. (2019). Global water availability under high-end climate change: A vulnerability based assessment. *Global and Planetary Change*, 175, 52-63.
- Köktürk, M. 2013. Tortum çayı ve kollarının (Erzurum) fiziko-kimyasal parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 88s.
- Li, Y., Wang, M., Chen, X., Cui, S., Hofstra, N., Kroeze, C., ... & Strokal, M. (2022). Multi-pollutant assessment of river pollution from livestock production worldwide. *Water Research*, 209, 117906. 31
- Liang, D., Wang, Q., Wei, N., Tang, C., Sun, X., & Yang, Y. (2020). Biological indicators of ecological quality in typical urban river-lake ecosystems: The planktonic rotifer community and its response to environmental factors. *Ecological Indicators*, 112, 106127.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R., and Tchobanoglous, G., 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York, 699p.
- Tanyolaç, J., 2009. *Limnoloji*. Hatipoğlu Yayınları. Ankara, 67-90.
- Tomanbay, M. (1998). Dünya Su Bütçesi ve Ortadoğu Gerçeği, Gazi Kitap Evi, Ankara, s.18
- Varol, M., Karakaya, G., & Alpaslan, K. (2022). Water quality assessment of the Karasu River (Turkey) using various indices, multivariate statistics and APCS-MLR model. *Chemosphere*, 308, 136415.
- Varol, M., Karakaya, G., & Sünbül, M. R. (2021). Spatiotemporal variations, health risks, pollution status and possible sources of dissolved trace metal (loid) s in the Karasu River, Turkey. *Environmental Research*, 202, 111733.
- Wang, M., Janssen, A. B., Bazin, J., Strokal, M., Ma, L., & Kroeze, C. (2022). Accounting for interactions between Sustainable Development Goals is essential for water pollution control in China. *Nature communications*, 13(1), 730.
- Wang, Y., Xie, Z., Liu, S., Wang, L., Li, R., Chen, S., ... & Xie, J. (2020). Effects of anthropogenic disturbances and climate change on riverine dissolved inorganic nitrogen transport. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(10), e2020MS002234.
- Xue, L., Weng, L., & Yu, H. (2018). Addressing policy challenges in implementing Sustainable Development Goals through an adaptive governance approach: A view from transitional China. *Sustainable Development*, 26(2), 150-158.
- Zhang, Q., & Li, Z. (2020). Development of an interval quadratic programming water quality management model and its solution algorithms. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119319.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Şenol NUROĞLU
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Trabzon Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniv. FEF Biyoloji Bölümü
Yüksek lisans:	
Doktora:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	