

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

ARMAĞANKÖY BARAJININ İÇME SUYU KALİTESİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE AĞIR METAL DERİŞİMİNİN
AAS İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çisem ÇETİNKAYA GOGOLAR

OCAK - 2024

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

ARMAĞAN KÖYÜ BARAJININ İÇME SUYU KALİTESİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE AĞIR METAL DERİŞİMİNİN
AAS İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çisem ÇETİNKAYA GOGOLAR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cemile ÖZCAN

Eş danışman: Dr. Öğr. Üyesi Burhan CEYLAN

Ocak– 2024

“Armağan Köyü Barajının İçme Suyu Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi ve Ağır Metal Derişiminin AAS ile Belirlenmesi” adlı tez çalışması **Çisem ÇETİNKAYA GOGOLAR** tarafından hazırlanmış olup aşağıdaki jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Cemile ÖZCAN
Kırklareli Üniversitesi

.....

Eş Danışman:

Dr. Öğr. Üyesi Burhan CEYLAN
Harran Üniversitesi

.....

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Meryem ÇAMUR DEMİR
Kırklareli Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Yasemin BAKIRCIOĞLU KURTULUŞ
Trakya Üniversitesi

.....

Tez Savunma Tarihi: 16/01/2024

.....

Doç. Dr. Hasibe Hale KARAYER
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Kırkırelili Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Çisem ÇETİNKAYA GOGOLAR
16/01/2024

ÖZET

ARMAĞANKÖY BARAJININ İÇME SUYU KALİTESİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ VE AĞIR METAL DERİŞİMİNİN AAS İLE BELİRLENMESİ

Çisem ÇETİNKAYA GOGOLAR

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Prof. Dr. Cemile ÖZCAN

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Burhan CEYLAN

Ocak 2024, 45 sayfa

Bu araştırmada, Kırklareli ili sınırları içerisinde bulunan, içme ve sulama amaçlı kullanılan Armağanköy Barajının içme suyu kalitesi açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, Armağanköy Barajı üzerinde 4 (dört) ve Bulgaristan sınırında yer alan Dereköy'ün içinde bulunan ve Armağan Barajı'na kaynak sağlayan derelerden biri olan Burgazcık Dere'si üzerinde 1 (bir) istasyon belirlenmiş olup; toplamda 5 (beş) numune ile 2021 ile 2022 yıllarında sırasıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde numuneler toplanmıştır. Çalışmada baraj suyunda içme suyu kalitesine göre iletkenlik, çözülmüş oksijen (Ç.O_2), pH, organik madde, bulanıklık, fosfat (PO_4^{3-}), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), amonyum (NH_4^+), Cd, Al, Cu, Ni, Mn, Fe, Na, Pb, Zn, Ca, Mg ve K analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde içme suyu kalitesi açısından "Yüksek Kaliteli Su" olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Armağanköy Barajı, içme suyu kalitesi, mevsimsel değişim.

ABSTRACT

EVALUATION OF ARMAGANKÖY DAM IN TERMS OF DRINKING WATER QUALITY AND DETERMINATION OF HEAVY METAL CONCENTRATION BY AAS

Çisem ÇETİNKAYA GOGOLAR

MSc Thesis

Kirklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cemile ÖZCAN

Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Burhan CEYLAN

January 2024, 45 pages

In this study, it is intended to evaluate the Armağan Dam in terms of drinking water quality which is located within the borders of Kirklareli province and used for drinking and irrigation water.

4 (four) stations on Armağanköy Dam and 1 (one) station on Burgazcık Stream which is located on the border of Bulgaria and one of the streams that provides resource to Armağanköy Dam, have been determined and 5 (five) samples have been collected. With 5 samples, between 2021 and 2022, samples are collected respectively in summer, autumn, winter and spring.

In this study, conductivity, dissolved oxygen, pH, organic matter, turbidity, phosphate (PO_4), nitrite (NO_2^-), nitrate, ammonium, Cd, Al, Cu, Ni, Mn, Fe, Na, Pb, Zn, Ca, Mg and K analysis of dam water have been done in terms of drinking water quality. When the results obtained are examined, it has been evaluated as "High Quality Water" in terms of drinking water.

Keywords: Armağanköy Dam, drinking water quality, seasonal change.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde değerli yardımları ve katkıları ile beni yönlendiren, motivasyonumda çok büyük katkısı olan, her zaman bilgisiyle yanımda olan tez danışmanı hocam Sayın Prof. Dr. Cemile ÖZCAN'a,

Kırklareli Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi laboratuvarında tez çalışmam sürecinde gerekli olanakların kullanılması için yardımlarından dolayı Belediye Başkanına, birim sorumlumuz Belediye Başkan Yardımcısı Sayın Mehmet GİDER'e, Su İşleri Müdürü Sayın Selçuk TANTA'ya ve Tesis Sorumlusu Sağlık Teknikeri Sayın Mücahit KILIÇARSLAN'a,

Çalışmamdaki yardımlarından ve katkılarından dolayı meslektaşım Biyolog Sayın Tolga SAVAŞTÜRK'e,

Bu süreçte desteğini hiç esirgemeyen hayatımın her anında yanımda olan sevgili eşim Serdar GOGOLAR'a, benimle birlikte ilk derslerine katılan küçük yaşına rağmen anlayışıyla bana yardımcı olan güzel kızım Zeynep Güneş GOGOLAR ile varlığını bu çalışma sürecindeyken öğrendiğim minik oğlum Gökçe Ata GOGOLAR' a ve her daim yanımda hissettiğim beni bu yolda hep destekleyen kalbimde olan canım babam Adil ÇETİNKAYA' ya, her zaman büyük destekçim annem Filiz ÇETİNKAYA ile kardeşim Fatma ÇETİNKAYA'ya sağladıkları manevi desteklerinden dolayı,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİ	3
2.1. Su Kalitesi Sınıflandırması.....	3
2.2. Demir (Fe) ve Mangan (Mn)	7
2.3. Nikel (Ni)	8
2.4. Bakır (Cu)	8
2.5. Alüminyum (Al)	9
2.6. Kadmiyum (Cd).....	9
2.8. Kurşun (Pb).....	10
2.9. Çinko (Zn).....	10
2.10. Kalsiyum (Ca)	10
2.11. Magnezyum (Mg)	11
2.12. Potasyum (K) ve Sodyum (Na).....	12
2.13. Organik Madde	12
2.14. Bulanıklık.....	12
2.15. Toplam Azot, Amonyum, Nitrit ve Nitrat	13
2.16. Fosfor (P)	14
2.17. Literatür Özetleri	14
3. MATERYAL VE DENEYSEL YÖNTEM	17
3.1. Araştırma Bölgesi	17
3.2. Numune Toplama Bölgeleri	18
3.3. Numunelere Yapılan Fiziko-Kimyasal ve Metal Analizleri	19
3.3.1 Elektriksel İletkenlik, pH ve Çözünmüş Oksijen	20
3.3.2 Bulanıklık Tayini	20
3.3.3 Organik Madde Tayini	20
3.3.4 Nitrat Tayini	21

3.3.5 Nitrit Tayini.....	21
3.3.6 Amonyum tayini	21
3.3.7 Fosfat Tayini.....	21
3.3.8 Toplam Azot Tayini.....	21
3.3.9 Metallerin Analizi.....	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ.....	45



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 2.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik değerleri.....	5
Çizelge 2.2. TS266/T3 içme suyu standartları	5
Çizelge 2.3. WHO'nun içme suyu kalite parametreleri.....	6
Çizelge 2.4 Azotlu yapıların sudaki durumu.....	14
Çizelge 3.1. Numune Alım İstasyon Koordinatları.....	19
Çizelge 3.2. FAAS cihazında metal analizleri için uygulanan parametreler	23
Çizelge 4.1. Yaz mevsimine ait organik madde, bulanıklık, T. N ₂ , NO ⁻² , NO ⁻³ , NH ₃ ⁺ ve PO ₄ ⁻³ analiz sonuçları.....	25
Çizelge 4.2. Sonbahar mevsimine ait organik madde, bulanıklık, T. N ₂ , NO ⁻² , NO ⁻³ NH ₃ ⁺ ve PO ₄ ⁻³ analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.3. Kış mevsimine ait organik madde, bulanıklık, T. N ₂ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₃ ⁺ ve PO ₄ ⁻³ analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.4. İlkbahar mevsimine ait organik madde, bulanıklık, T. N ₂ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₃ ⁺ ve PO ₄ ⁻³ analiz sonuçları.....	27
Çizelge 4.5. Al, Ca, Mg, Mn, Fe, K, Na, Zn metal analiz sonuçları.....	29
Çizelge 5.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik değerleri ile yıllık ortalama analiz sonuçlarının değerlendirilme.....	35
Çizelge 5.2. Armağanköy Barajının TS266/T3 İçme Suyu Standartları ile sonuçlarının değerlendirilmesi.....	39
Çizelge 5.3. WHO'nun içme suyu kalite parametreleri ile analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.....	40

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 3.1. Armağan Barajının coğrafi koordinat sisteminde bulunduğu yeri(07/12/2023 Tarihli Google Earth Uydu Görüntüsü).....	17
Şekil 3.2. Armağan Barajının coğrafi koordinat sisteminde bulunduğu yeri(07/12/2023 Tarihli Google Earth Uydu Görüntüsü).....	18
Şekil 3.3. Armağan Barajının coğrafi koordinat sisteminde bulunduğu yeri(07/12/2023 Tarihli Google Earth Uydu Görüntüsü).....	18
Şekil 3.4. Armağan Barajı ve numune alım yerleri.....	19
Şekil 3.5. Kırklareli Belediyesi içme suyu artıma tesisinde yapılan analiz görseli.....	20
Şekil 3.6. Spektrometrik analizlerde kullanılan spektrometre.....	21
Şekil 3.7. FAAS cihazının şematize edilmiş hali.....	22
Şekil 3.8. Metal analizlerinde kullanılan FAAS cihazı.....	22
Şekil 4.1. Al metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	30
Şekil 4.2. Mn metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	30
Şekil 4.3. Fe metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	31
Şekil 4.4. Zn metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	32
Şekil 4.5. Ca metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	32
Şekil 4.6. Mg metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	33
Şekil 4.7. K metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	33
Şekil 4.8. Na metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	34
Şekil 5.1. Fe değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi. .	36
Şekil 5.2. Al değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi..	37
Şekil 5.3. Ca derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.	38
Şekil 5.4. Mg derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.	38
Şekil 5.5. K derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi...39	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

hm³	Hektometreküp
km²	Kilometrekare
m³	Metreküp
mg/L	Miligram/Litre
µS/cm	Mikrosiemens/Santimetre
µg/dL	Mikrogram/Desilitre

Kısaltmalar

Açıklamalar

AAS	Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrometre
Ç.O₂	Çözünmüş Oksijen
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
ICP-MS	Endüktif Eşleşmiş Kütle Spektrometre
NTU	Nefelometrik Bulanıklık Birimi
PACS	Polialüminyum Klorür Hidroksit Sülfat
PAC	Polialüminyum Klorür
PAFC	Polialüminyum Demir Klorür
TS266	Türk Standartları 266 Numaralı Çizelge
TN₂	Toplam Azot
T.E.	Tespit Edilmedi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

İnsan yaşamı için hayati öneme sahip olan su, yaşamsal olmasının yanı sıra yaşam için de vazgeçilmezdir. Dünyadaki ilk yaşam suda ortaya çıkmıştır ve tüm canlıların yapısı büyük oranda sudan oluşmaktadır. Vücudumuzdaki su oranının yaşam sürecimiz içinde değişime uğradığı görülmektedir. Yeni doğan bir bebeğin vücudundaki su oranı kendi ağırlığının %75'i kadarken, bu oran çocuklarda %70, yetişkinlerde %60 ve yaşlılarda ise %50 oranına düşmektedir. Yetişkin bir birey suyun bir kısmını yiyeceklerden karşılamaktadır ve günde en fazla 3 litre suya ihtiyaç duymaktadır [1].

Günümüzün en önemli gelişmişlik göstergelerinden biri kişi başına düşen su miktarı ve su kalitesidir. Nüfus artışı ve ihtiyaçların değişimi sebebiyle içme suyu ve kullanım miktarları günden güne artış göstermektedir. İnsan sağlığının önemini göz önünde bulunduran ülkeler için su kaynaklarının kirlilikten korunması toplumu ilgilendiren ciddi konulardandır [2].

Son birkaç yıl içinde giderek belirginleşen küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artması beklenen su kıtlığı, bu yüzyılda önemli sorunlarından biri halini almıştır. Gerek ülkemizde gerekse dünyanın tüm ülkelerinde kıt olan su kaynakları için sürekli bir rekabet söz konusudur [3].

Kullanılabilir doğal su kaynakları ile su ihtiyacı arasındaki açığın artması iklim değişikliği krizi sebebiyle alınması gereken önlemler arasında içme sularının önemini daha da arttırmıştır [3]. Bu yüzyıldaki önemli toplumsal sorunlar arasında, su kaynaklarına uygulanan baskının nasıl hafifletileceği, var olan büyüme hızı, değişken su tüketme alışkanlığı, su kaynaklarının gelecek nesillere sorunsuz şekilde nasıl miras bırakılacağı ve iklim değişikliğinin yarattığı olumsuz etkiler karşısında su kaynaklarının nasıl uyum göstereceği yer almaktadır [4].

Endüstriyel açıdan gelişmiş ve gelişmekte olan bölgeler içinde bulunan kirleticiler doğal alıcı olarak kabul edilen derelere, yer altı sularına, göllere ve denizlere boşaltılarak buraların kirlenmesine yol açmaktadır [5].

Küresel ısınmanın yanı sıra iklim değişikliği de su kaynaklarının miktarını ve kalitesini etkileyecek, bununla birlikte sıcaklıkların artması, yağış ve akışların azalması nedeniyle kirlilik düzeyi artacak, bu da kalite sorunlarına yol açacaktır [6]. Kuraklık ve aşırı yağış su kalitesine baskı oluşturmakta, kurak dönemlerde akarsu ve göllerdeki su miktarının azalması, özellikle noktasal kaynaklardan gelen kirleticilerin daha yüksek düzeyde olmasına neden olmakta ve bu da su kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır [7]. Sıcak su daha az oksijen içerir ve su kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan çözülmüş oksijen seviyesinin azalması ciddi kirlilik sorunlarına yol açmaktadır. Daha sıcak suda çözülmüş oksijen miktarı daha düşüktür ve sıcaklığın artması çürüdüğünde oksijen tüketen alglerin çoğalmasını da kolaylaştırır. Biyolojik ve kimyasal süreçlerin çoğu su sıcaklığına bağlı olmakla birlikte yüksek sıcaklıklar bazı kimyasalların artmasına, bazılarının ise azalmasına neden olmaktadır [8].

Ülkemizde 17/02/2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik*” ile içme kullanma sularının izlenmesi ve denetim çalışmaları AB içme suyu direktifi doğrultusunda uyumlaştırılmıştır ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 1993 yılında Cenevre’de belirlenen *İçme Suyu Kalite standartları*, içme suyu güvenliği açısından uluslararası bir referans noktası teşkil etmektedir. Su kalitesi izleme çalışmalarından elde edilen sonuçlar, kirlilik kaynaklarının bütünsel bir bakış açısıyla ele alınmasıyla etkin su kalitesi yönetiminin sağlanabileceğini göstermektedir [9].

Bu çalışmada Armağanköy Barajı sularının içme suyu kalite parametreleri bakımından fiziko-kimyasal parametrelerine ve ağır metal içeriğine bakılmıştır.

2. GENEL BİLGİ

2.1. Su Kalitesi Sınıflandırması

Hidrojenin oksidasyonu ile meydana gelen su, dünya üzerindeki en önemli bileşiklerdendir [10]. Tüm canlı yapısında sıvı bileşen olarak bulunan su, canlıların yaşamsal faaliyetlerini yürütebilmeleri için gerekli bir bileşendir. Dünyada bulunan bileşiklerin hiçbiri yaşamın devamı için su kadar önemli değildir [11]. Suda bulunan kimyasalların miktarları her tür canlı organizma üzerinde çok farklı etkilere sahiptir. Su yaşamın en temel ihtiyaçlarından biridir ve ülkelerin sosyal ve ekonomik faaliyetlerinin gelişmesi büyük ölçüde temiz ve yeterli su kaynaklarına bağlıdır [3].

Dünyada yaklaşık olarak 1.4 milyar km³ su bulunmaktadır ve bu suyun %97,5'i tuzlu su iken %2,5'u tatlı sudur [12]. Fakat bu su miktarının %69'u buzullarda yer almaktadır ve canlıların kullanabileceği durumda değildir. Bununla birlikte var olan tatlı su miktarının %30'u yer altı suyu olarak, %1'i ise ekosistemlerin ve insanların ulaşabileceği tatlı su olarak bulunmaktadır [13]. 2020 yılı itibariyle Dünya'da kullanılan suyun %69'u tarımda, %19'u sanayide ve %12'si içme suyu amaçlı tüketilmektedir [14].

Günümüz su kaynaklarının insan faaliyetleri ve doğal süreçler nedeniyle süregelen bir tehdit altında olduğu görülmektedir. Su kaynaklarının kullanılamaz hale gelme sebepleri arasında, şehirleşme, nüfus artışı, evsel ve endüstriyel atıklar, tarımsal faaliyetler, yaşam standartlarının artması vb. baskılar sayılabilmektedir. Bahsi geçen etkenlere iklim değişikliği ve doğa koşulları da eklenince su kaynaklarının korunmasının daha da zorlaştığı görülmektedir. Küresel iklim değişikliği etkilerinin hissedilmeye başlandığı ülkemizde, hızlı nüfus artışıyla orantılı olarak suya olan ihtiyaç da artış göstermekle birlikte var olan su kaynaklarının çoğunun kirlenmiş veya kirlilik tehdidi altında olduğu gözlenmektedir. Özellikle ulaşılması daha kolay olan yüzey suları üzerinde yapılan izleme çalışmaları, su kalitesinin her geçen gün bozulduğunu ve çoğunluğun tüketilemez hale geldiğini göstermektedir [15].

Su kalitesi, yüzey ya da yeraltı suyunun çeşitli amaçlara (içme suyu, tarımsal sulama, sanayi vb.) uygun olup olmadığının ölçüsü olarak tanımlanabilir. Burada bahsedilen ölçümler suyun uluslararası standartlar çerçevesinde belirlenen bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin analiz edilerek belirlenmesidir [16]. Su kalitesi, inorganik ve organik maddelerin oranı, çeşitliliği ve derişimini; su sistemindeki suda yaşayan

organizmaların yeri ve bileşimi; su ortamında iç ve dış faktörlerin etkisi altında meydana gelen mevsimsel ve yerel değişkenlerin tanımı olarak ifade edilir. Su kullanım yelpazesinin genişlemesiyle birlikte su kalitesi kavramı daha da önemli hale gelmiştir [17].

Ülkemizde içme ve kullanma suyunun taşınması gereken fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik nitelikleri ve üst sınır limit değerleri Çizelge 2.1.'de olduğu gibi “*İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik*” tarafından belirlenmiştir. Ayrıca bu yönetmelikler içinde olmayan bazı parametreler Çizelge 2.2.'de olduğu gibi “*Türk Standartlarında (TS266/T3)*” ayrıca belirtilmektedir.



Çizelge 2.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik değerleri [18].

<i>Parametreler</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>
İletkenlik, $\mu\text{S/cm}$	2500	-	25000
Çözünmüş O_2, mg/L	5	5	5
pH	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5
Organik Madde, mg/L	0-5	0-5	0-5
Bulanıklık, NTU	1	50	500
PO_4^{3-}, mg/L	0,4	0,7	-
NO_2^-, mg/L	0,5	-	3,3
NO_3^-, mg/L	50	-	330
NH_4^+, mg/L	0,5	2,5	5
Cd, mg/L	0,005	0,015	0,05
Al, mg/L	0,2	0,5	2
Cr, mg/L	0,05	0,5	1
Cu, mg/L	2	5	20
Ni, mg/L	0,02	0,03	0,2
Mn, mg/L	0,05	0,1	0,25
Fe, mg/L	0,2	1	2
Na, mg/L	200	-	2000
Pb, mg/L	0,01	0,05	0,1
Zn, mg/L	3	6	12

*A1: Basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları,

*A2: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen sular

*A3: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları, ifade eder.

*Tablodaki A1 sınır değerine kadar olan sular A1 sınıfında, A1 sınır değerinden A2 sınır değerine kadar olan sular A2 sınıfında, A2 sınır değerinden A3 sınır değerine kadar olan sular A3 sınıfındadır. Bir parametre için herhangi bir sınıf sınır değer verilmemiş olması, o parametrenin o sınıftaki arıtma prosesleri ile giderilemediğini göstermektedir.

Çizelge 2.2. TS266/T3 içme suyu standartları [19].

<i>Parametreler</i>	<i>Tavsiye edilen değer</i>	<i>İzin verilen maks. değer</i>
Ca, mg/L	100	200
Mg, mg/L	30	50
K, mg/L	10	12

Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 1993 yılında Cenevre’de belirlenip 2018’de revize edilen İçme Suyu Kalite Standartları, Çizelge 2.3.’te görüldüğü üzere içme suyu güvenliği açısından uluslararası bir referans noktası teşkil etmektedir [20].

Çizelge 2.3. WHO’nun içme suyu kalite parametreleri [20].

<i>Parametreler</i>	<i>Sınır değer(Maks)</i>
İletkenlik, $\mu\text{S/cm}$	2500
Çözülmüş O_2 , mg/L	5
pH	6,5-9,5
Organik Madde, mg/L	0- 5
Bulanıklık, NTU	5
PO_4^{3-} , mg/L	0,4
NO_2^- , mg/L	0,5
NO_3^- , mg/L	50
Cd, mg/L	0,003
Al, mg/L	0,200
Cr, mg/L	0,05
Cu, mg/L	2
Ni, mg/L	0,02
Mn, mg/L	0,10
Fe, mg/L	0,300
Na, mg/L	200
Pb, mg/L	0,010
Zn, mg/L	-
Ca, mg/L	100
Mg, mg/L	-
K, mg/L	-

Yapılan araştırma Armağanköy Barajı üzerinde 4 (dört) ve barajı besleyen Burgazcık Dere üzerinde 1 (bir) numune alma noktası belirlenmiş olup 2021 ile 2022 yıllarında sırasıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde numuneler toplanarak analizleri yapıldı. Bu çalışmada baraj suyunda içme suyu kalitesine göre iletkenlik, çözülmüş oksijen (CO_2), pH, organik madde, bulanıklık, PO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , Fe, Mn, Ni, Cu, Al, Cd, Pb, Zn, Ca, Mg, K ve Na analizleri yapılmış olup içme suyu kalitesi açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

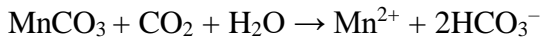
2.2. Demir (Fe) ve Manganez (Mn)

Fe ve Mn dünyada en yaygın bulunan elementler arasında yer almaktadır. Demir, kaya, toprak ve suda çeşitli bileşikler şeklinde bulunmaktadır. Hematit (Fe_2O_3), demir hidroksit ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) ve demir sülfür (FeS_2) en yaygın bileşiklerdendir. Bu bileşikler suda çözünmez iken toprak ile kayaya kırmızı ve sarı renklerini veren $\text{Fe}(\text{OH})_3$ bileşiktir. Manganez, toprakta çoğunlukla MnO_2 bileşiği olarak bulunur. Bu maddenin suda çözünürlüğü çok düşük orandadır. Fe ile Mn bazı toprak türlerinde FeCO_3 ve MnCO_3 hallerinde bulunmakla birlikte bunların da suda çözünürlüğü çok düşük orandadır [21].

Fe ve Mn karbonat bileşiklerinin de (FeCO_3 ve MnCO_3) suda çözünürlüğü düşük olmakla beraber, bu maddeler karbon dioksit ile reaksiyona girerler. Hem aerobik hem de anaerobik bakteriler organik maddeleri yükselttikleri zaman karbon dioksit üretirler. Yeraltı sularında ve tabakalaşmış göllerin alt kısımlarında oluşan karbon dioksit gazı atmosfere geçemediği için, bu tip suların içinde yüksek miktarda karbon dioksit birikebilir. Toprakta bulunan demir karbonat, karbon dioksit ile reaksiyona girerek suda çözünürlüğü yüksek olan demir bikarbonata dönüşür [21]:



Aynı şekilde manganez iyonu da suda çözünür:



Fe ve Mn suda çözünebilmesi için anaerobik ve indirgeyici bir ortamın oluşması zorunludur. İçinde Fe ve Mn olan bir su havalandırılırsa (oksijen eklenirse), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ve MnO_2 çöktürleri teşekkül eder ve çökerek uzaklaştırılırlar [21].

İçme suyunda Fe ve Mn bulunmasının su kaynaklarında görülen ortalama konsantrasyon değerlerinde insan sağlığına bir zararı olmadığı kabul edilmektedir. Ancak solunum ile vücuda giren manganezin Parkinson hastalığına benzer nörolojik rahatsızlıklara sebep olduğu bilinmektedir. Bu araştırmalara dayanarak izin verilen azami miktar 0,2 mg/L'dir. Fakat bu değer estetik sebeplerle kabul edilmiş olan 0.05 mg/L sınırının üstündedir [22].

Fe ve Mn varlığının içme ve kullanma suyunda standart değerlerin üzerinde olması estetik açıdan da sorunlar oluşturmaktadır. Fe suya kahverengi-kırmızı renk, manganezin ise siyahımsı renk verir ve suyun tadında da değişimlere sebep olurlar [21].

Su içinde çözülmüş halde bulunan Mn veya Fe iyonlarının varlığında, suda dezenfeksiyon amaçlı kullanılan serbest klor ile $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Fe^{+3}) veya MnO_2 (Mn^{+4}) çökeltilerinin oluşması su borularının tıkanmasına sebebiyet verir [21].

Fe ve Mn varlığının belli standart değerler üzerinde olduğu zaman sebep oldukları olumsuzluklardan dolayı su yapısından uzaklaştırılmaları gerekmektedir [23]. Bunlar için genelde iyon değişimi, kireçleme, oksitleme-yumaklaştırma-çöktürme-filtreleme gibi bazı işlemler uygulanarak giderimi sağlanmaktadır [21].

2.3. Nikel (Ni)

Parlak beyaz, sert bir metal olan Ni doğada sülfidler, oksitler ve silikatlar halinde bulunmaktadır. Yükseltgenmeye olan dayanıklılığı sebebiyle paslanmaz çelik kaplamada ve nikel alaşımlarının üretiminde kullanılır [24].

Nehir ve göllerdeki nikel varlığı düşüktür ve genellikle ortalama olarak $10 \mu\text{g/L}$ 'nin altındadır [25]. Yer altı sularında nikel kayaların çözünmesi sonucu bulunabilir. İçme suyunda ise genelde tesisat borularından kaynaklı olarak bulunabilir [26].

Ni bileşikleri Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından Grup 1 kanser ajan olarak belirtilmiştir [27]. İnsan vücuduna Ni, hava, gıda ve su yolu ile alınabilir.

Kimyasal çöktürme ve filtreleme ile Ni arıtımı % 35-80 oranında mümkündür [28] İyon değişimi, ters ozmos ve kireçle yumuşatma yöntemleri ile de Ni giderimi yapılabilmektedir [26].

2.4. Bakır (Cu)

Cu emilimi insan vücudu için gerekli olduğundan bakır insan sağlığı için önemli bir eser elementtir. Yoğunluğu $8,96 \text{ gr/cm}^3$ tür. Cu birçok yerde, örneğin içme suyunda, havada ve yiyeceklerde bulunan bir element olduğundan, insanlar her gün yeme, içme ve hava yoluyla belirli miktarda bakırı bünyelerine alırlar [29]. Kablolar, kaplamalar, insektisitler, petrol rafinerileri ve katkı maddesi olarak da sıkça kullanılır [30]. Vücutta aşırı Cu elementinin alınması durumunda; kusma, karın ağrısı, bulantı, karaciğer yetersizliği görülür [31]. Cu Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansına göre kansere sebebiyet veren bir metal değildir [32]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyunda izin verilen Cu seviyesini $0,02 \text{ mg/L}$ olarak belirtmiştir [33].

2.5. Alüminyum (Al)

Al doğada en bol bulunan metallere aittir. Yer kabuğunda yaklaşık %8 oranında bulunur. Yoğunluğu 2,7 gr/cm³' tür [30]. Al doğada serbest halde olmayan ve çevrede birçok kimyasal formda bulunma özelliğine sahiptir. Silikat, oksit ve hidroksit formları doğal olarak oluşan formlardır ve ayrıca sodyum ve florür gibi elementler ve diğer organik maddeler ile bileşik formunda bulunurlar. Al bileşikleri yaygın olarak toprakta, minerallerde, kilde ve volkanik kayalarda bulunur [34].

Çevrede her yerde ve her şeyde bulunması mümkün olan Al, gıda saklamada kullanılan kaplarda, gıda katkı maddelerinde, ilaç ve kozmetik ürünlerinde giderek daha fazla kullanılır hale gelmiştir. Al çevredeki var olma oranı ve taşınması birçok faktöre bağlıdır ve olağan süreçlerle gerçekleşir. Ortamdaki asidik süreçler ve asit yağmurları özellikle yeraltı sularında ve içme suyunda Al içeriğini artırıcı etkilere yol açmaktadır [34].

İçme suyunun kaynak özelliklerine bağlı olarak, suda alüminyum değerinin yüksek olmasının bir diğer sebebi de su arıtımında kullanılan alüminyum tuzlarının bırakmış olduğu Al kalıntısıdır [34]. İçme suyu arıtım aşamalarından biri olan "çöktürme" aşamasında sudaki organik madde, bulanıklık ve renk sorunlarını gidermek için alüminyum tuzları kullanılır. İçme suyunun arıtılmasında kullanılan Al tuzlarının dikkatli kullanılması ve arıtılmadan sonra ise Al değerinin mutlaka kayıt altına alınması gerekmektedir.

WHO'ya göre, sudaki Al değerinin 0,2 mg/L seviyesini aşmamalıdır [33].

2.6. Kadmiyum (Cd)

Cd., şarj edilebilir pillerin yapısında, sigarada, fosfat gübrelerinde element formunda bulunmaktadır [30].

Uluslararası kanser araştırma enstitüsü kadmiyumu kansere sebebiyet veren element sınıfında değerlendirmektedir [35]. Uzun süreli kadmiyuma maruz kalındığında iskelet sistemine zarar verdiği ve kemik erimesine neden olduğu bildirilmiştir [36].

WHO'ya göre içme suyunda tolere edilebilir Cd seviyesi 0,005 µg/L olarak belirlenmiştir [30].

2.7. Kurşun (Pb)

Pb, oldukça zararlı bir etkiye sahip ağır metaldir, doğada doğal olarak bulunur. Yoğunluğu $11,34 \text{ gr/cm}^3$ ' tür. 19. yüzyılın sonlarında zehirli bir metal olduğu keşfedilene kadar günlük yaşamda yaygın olarak kullanılan Pb, insan sağlığına zararlı dört ana metalden biridir. İnsan vücuduna; gıda (%65), su (%20) ve hava (%15) yoluyla girebilir. Ayrıca, meyve, sebze, et, gibi yiyecekler de ciddi miktarda ağır metali barındırabilir. Pb, su borularının korozyonu yoluyla içme suyuna karışabilir. Endüstriyel süreçler ile katı atıkların yakılması gibi diğer insan faaliyetleri çevrede bulunan Pb miktarını artırır. Pb sudaki ve topraktaki organizmalarda birikir. Vücuda aşırı Pb alımının baş ağrısı, sinirlilik, karın ağrısı ve merkezi sinir sistemi ile ilgili çeşitli bozukluklara neden olduğu görülmektedir. Kandaki Pb düzeyi artıkça IQ puanlarının düştüğü gözlenmiştir [37].

WHO'ya göre içme suyunda tolere edilebilir Pb düzeyi $0,01 \text{ mg/L}$ olarak belirlenmiştir [20].

2.8. Çinko (Zn)

Zn, temel elementler sınıfında yer almaktadır. Yoğunluğu $7,14 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. ZnCl_2 formuyla deodorantlarda, kepek önleyici şampuanlarda, ZnSO_3 yapısıyla boyalarda parlaticı olarak, çeşitli çinko alaşımları ise evsel materyallerden endüstriyel ürünlere kadar birçok sahada kullanımı vardır [30].

Zn, hücrenin metabolizma faaliyetlerinde; enzim yapısında bulunarak protein sentezinde ve DNA sentezinde rol alır, bağışıklık sisteminde önemli görevleri olan bir elementtir. Eksikliğinde ishal, iştahsızlık, ağırlı adet, testosteron hormonun da azalma görülebilir [30]. WHO içme suyunda Zn seviyesini 5 mg/L seviyesini geçmemesi gerektiğini belirtmiştir [20].

2.9. Kalsiyum (Ca)

Ca, alkali toprak elementlerinden biridir. Yer kabuğundaki Ca miktarının yaklaşık %3,64 olduğu tahmin edilmektedir. Yoğunluğu $1,55 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Ca aktif metal olduğu için doğada bileşikleri hâlinde bulunur. En yaygın hali "aragonit" olarak da bilinen kalsiyum karbonattır (CaCO_3). Aragonit, kalsit, tebeşir, kireçtaşı, mermer ve traverten olarak, istiridye kabukları ve mercanlarda bulunur [38].

Suda çözülmüş kalsiyum iyonları borularda ve kazanlarda kireç benzeri birikintiler oluşturur. Bu sertlik ve ortaya çıkan kalıntılar, suya yumuşatıcıların eklenmesiyle önlenir [38].

Ca, hayati önemde bir mineraldir. Su çıkarıldıktan sonra vücut kütlelerinin yaklaşık üçte birini içeren Ca elementinin %99'u kemik ve dişlerde bulunurken kalan %1'lik kısım kan ve yumuşak dokuda bulunmaktadır. Ca insan vücudunda iki şekilde bulunur. Birisi, iskelet sistemini ve kemikleri güçlendiren kalsiyum tuzları ve diğeri, vücut sıvılarında çözünen ve hücrelere elektriksel uyarılar gönderen kalsiyumdur. Vücut için ana kalsiyum kaynağı süt ve peynirdir. Ca ihtiyacı gıda yoluyla karşılanamıyorsa, Ca kaynağı olarak sert su, önemli bir eksikliği telafi edebilir [39].

Su sertliğine suda bulunan iki değerlikli metal katyonları sebep olmaktadır. Kalsiyumun artı yüklü bir iyon olmasından dolayı su sertliğinin oluşumuna katkı sağlamaktadır. Sulardaki Ca kaynağı kayaç yapısına bağlıdır. Sert suların sağlık üzerine bilinen bir olumsuz etkisi yoktur. Ancak içimi zor olduğundan tercih edilmezler [40].

Su sertliğini gidermek için en pratik yöntem toz halinde kireç ve soda kullanımındır. İyon değiştirici reçineler kullanılarak da sular yumuşatılabilir [40].

2.10. Magnezyum (Mg)

Mg, dünyanın %13'ünü oluşturur ve tabiatta oldukça fazla bulunan elementlerden biridir. Na ve Cl'den sonra deniz suyunda çözülmüş halde bulunan üçüncü element Mg'dur. Doğada saf olarak bulunmaz. Yerkabuğundaki minerallerin yaklaşık % 3'ü Mg içerir [41].

Genellikle diğer metallerle birlikte alaşım maddesi olarak kullanılır. Mg tıp ve endüstrinin birçok alanında kullanılan önemli bir elementtir. Hafifliği nedeniyle birçok endüstriyel üründe tercih edilmektedir. Hafif olmaları nedeniyle Mg ve Al alaşımları, sağlam ve hafif malzeme gerektiren uçak, füze ve roket parçalarında kullanılmaktadır. Aynı zamanda otomotiv endüstrisinde de yaygın olarak tercih edilen bir metaldir [41].

İnsanlar, hayvanlar ve bitkiler için çok önemlidir. Bitkilerin fotosentez yapmasını sağlayan kimyasal bir maddedir. Fotosentez için gerekli olan klorofilin ana molekülüdür. Bitkilerde fosforun taşınmasına yardımcı olur. İnsan vücudunun işleyişi için gerekli bir mineraldir ve birçok enzimatik reaksiyona katılır. Enerji

metabolizmasında görev alan enzimleri faydalı forma dönüştürür. Ca ve fosforlarla ortak görevler yürütür [40].

2.11. Potasyum (K) ve Sodyum (Na)

K, hücre içi sıvıda büyük oranda mevcut olan ve pozitif yüke sahip bir elementtir. Bedendeki sıvı-elektrolit dengesini sağladığından dolayı hayati öneme sahip bir mineraldir [42]. K'nin insan bedenindeki en önemli görevi Na metali ile birlikte sıvı elektrolit dengesinin sağlanmasıdır. Hücre içi sıvıda K yüksek oranda bulunurken hücre dışı sıvıda Na yüksek oranda bulunmaktadır. K vücutta Na ile beraber çalışarak sıvının dengesini ve hücre içindeki sıvının sürekliliğini sağlamaktadır [43].

Na veya K düzeylerinin anormal derecede yükselmesi veya düşmesi, kalp ritim bozuklukları, kas zayıflığı, sinir sistemi problemleri ortaya çıkabilir [42].

2.12. Organik Madde

Su kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri olan sudaki organik maddeler; istenmeyen problemlere neden olarak, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarında doğal olarak bulunurlar [44]. Bir dizi kompleks biyotik ve abiyotik reaksiyonlar sonucu organik maddeler oluşmaktadır [45]. Yüzeysel sularında doğal olarak bulunan veya kirletici kaynaklardan sulara ulaşan çeşitli organik maddeler, ortamdaki mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu anaerob veya aerob olarak belirli düzeyde ayrışır ve bu sırada suyun oksijen dengesini etkilerler [46]. Zaman ve konum bakımından sulara bulunan organik maddelerin içeriği ve fizikokimyasal karakterizasyonu çeşitlilik gösterebilir.

2.13. Bulanıklık

Bulanıklık, içme suyu kalitesinin en önemli parametrelerinden birisidir. Suyun bulanıklığı estetik açıdan da önemlidir. Toprak (kil, kum, vb.) veya kaya parçacıkları, bitki lifleri gibi sekonder metabolitler, mikroorganizmalar, çevresel atıklardan kaynaklı organik ve anorganik katı parçacıklar (büyüklüğü $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$ veya daha küçük parçacıklar) bulanıklığa sebep olurlar [21]. Bulanıklık suyun tadını da etkiler. Bulanıklığın kaynağı endüstriyel kirlenme, evsel kirlenme veya doğal bozulma olabilir.

Suyun bulanıklık derecesi, içerdiği askıdaki madde miktarı, cinsleri, şekilleri, incelik derecesine göre değişir. Ülkemiz Sağlık Bakanlığı'nın "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği" ve "TS 266 içme suyu standardına" göre içilebilir bir suyun

bulanıklığının 5 Nefelometrik Bulanıklık Birimi (NTU)' geçmemesi gerekmektedir. Ayrıca ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Avrupa Birliği'ne (EU) göre ise bu değer 1 NTU olarak değerlendirilmektedir [47].

2.14. Toplam Azot, Amonyum, Nitrit ve Nitrat

Yüzeysel sularının, kirlenmiş su kütlelerinin, içme sularının ve kullanım sularının içerdiği çeşitli organik ve anorganik azotlu bileşikler analiz edilerek, su kalitesinin değerlendirilmesinde büyük önem taşımaktadır [48].

Atmosferde %78 oranında bulunan serbest azot, fiksasyon aşamasından sonra toprağa bağlanarak kimyasal yollardan değişik yükseltgenme basamaklarından da geçerek sulara karışır ve sularda sık sık görülen parametrelerden birisidir. Sularda ve atık sularda bulunan başlıca azot bileşikleri azalan yükseltgenme kademesine göre nitrat azotu (NO_3^- -N), nitrit azotu (NO_2^- -N), amonyak azotu (NH_3 -N) ve organik azot (Org-N) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bunların yanı sıra azot gazı (N_2 -N)'da azot çevriminde yer bulmaktadır. Bu çevrimde bulunan türler, oluşan biyokimyasal reaksiyonlarla birbirlerine dönüşebilme özelliğindedir. Oksitlenmiş olan toplam azot, nitrat ve nitriti içermektedir [49].

Sulardaki nitritin kaynağını; organik maddeler, azotlu gübreler ve tabiattaki bazı mineraller teşkil etmemektedir Azotun dolayısıyla nitritin bir başka olumsuz etkisi de nitrifikasyon sebebi ile sularla ötrofikasyonlara sebep olmasıdır. Nitrit bileşiği son derece kararsız bir azot formu olup, ortamda nitrifikasyon veya denitrifikasyon reaksiyonlarının gerçekleşmekte olduğunu gösterir. Bu olay sulardaki kirliliği arttıran bir faktördür. Sularda nitritin bulunması insan ve canlı sağlığı bakımından çok önemlidir [49].

Daha önceden kirlenmemiş yüzey sularında ve yeraltı sularında eser miktarda bulunması gereken nitratın belirgin biçimde görülmesi, mevcut suların öncesinde amonyum ve organik azot içeren evsel veya endüstriyel atık sularıyla kirlendiğini ya da suya doğrudan nitrat deşarjının yapıldığını ifade eder. İçme ve kullanma sularıyla, yüzeysel suların ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği organik ve inorganik azotlu bileşiklerin ölçümü birçok bakımdan önem taşır (Çizelge 2.4). İçme suyunda amonyak tespit edilmesi, dışkı kaynaklı bir kirlenmeye işaret eder [49].

Su kalitesi değerlendirilmesi bakımından su kaynaklarında azot türlerinin izlenmesi önemlidir. Su kaynaklarında azot, özellikle ötrofikasyon durumunun belirlenmesinde çok önemlidir. Azot bileşiği yeryüzündeki hemen hemen tüm canlılar için büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 2.4. Azotlu yapıların sudaki durumu

<i>Form (Sembol)</i>	<i>Sudaki rolü</i>
Azot (N ₂)	Etkisiz gazdır. Atmosferden suya geçer.
Organik azot (Org-N)	Proteinlerin parçalanmasıyla oluşur.
Amonyak (NH ₃)	Sucul hayvanlar için oldukça toksiktir. Yüksek pH'ta daha çok ortaya çıkmaktadır.
Amonyum (NH ₄ ⁺)	Çok yüksek derişimleri dışında toksik değildir. Düşük pH'ta daha çok ortaya çıkmaktadır.
Toplam amonyak (NH ₃ + NH ₄ ⁺)	İyonize ve iyonize olmamış amonyağın toplamıdır. Çoğunlukla amonyak testlerinde toplam amonyak azotu olarak ölçüm yapılır. Nitrifikasyon bakterileri ile nitrite dönüşür.
Nitrit (NO ₂ ⁻)	Sucul hayvanlar için toksiktir ve nitrifikasyon bakterileri ile nitrate dönüşür.
Nitrat (NO ₃ ⁻)	Çok yüksek derişimleri dışında toksik değildir. Su bitkileri tarafından kullanılabilir.

2.15. Fosfor (P)

P, canlılar için temel besin maddelerindedir. ATP ve DNA'nın yapısında, hücre zarında, kemiklerin yapısında bulunur. Bitki gelişimi için de önemli bir bitki besinidir [50]. P, doğada fosfat (PO₄) halinde bulunmaktadır. Fosforun doğada en bol yer kabuğundaki fosfatlı kayaçlarda ve su kaynaklarında bulunur [51].

Azot ve fosfor miktarının fazla olduğu sucul ortamlarda alg oluşumu gözlenir ve alg patlamaları meydana gelebilir. Alglerin varlığı, endüstriyel ve günlük kullanım yanında içme sularının kullanımını önemli derecede kısıtlamaktadır [52]. Temizlik malzemesinde bulunan polifosfatlar veya fosfor bileşikleri, suyun yüzey gerilimini değiştirecek biyolojik olayları olumsuz yönde etkiler [52]. Fosfor konsantrasyonun içme sularında 7 mg P₂O₅/l (üst sınır) düzeyinde olması istenir [53].

2.16. Literatür Özetleri

Semih Yaşar ve Arkadaşları 2012 yılında Mardin ilinin içme suyunda yaptıkları bir araştırmada Mn, Co, Cu ve Zn ağır metallerinin derişimlerini alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi (FAAS) ile belirlemişler. İçme suyu olarak kullanılan noktalardan 15

adet numune toplanarak yapılan çalışmanın sonucunda numuneler. Türk Standartları Enstitüsü'nün İnsani Amaçlı İçme ve Kullanma suyu standartlarına göre değerlendirilmiş ve tüm numunelerde Mn sonucu limit değerlerinin üzerinde bulunmuşken Co sonuçları üç numune sınır değerler altında gözlemlenmiş, on iki numunede sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Cu ve Zn ise bütün numunelerde sınır değerlerinin altındadır. Araştırma sonucunda Mardin ilinde içme suyu için kullanılan kaynaklarda Mn ve Co ağır metalleri için gerekli önlemlerin alınması gerektiği ortaya konmuştur [54].

2006 ve 2007 yıllarında Bitlis il merkezi ve ilçelerindeki içme suyu kaynağı olarak kullanılan musluk ve depolardan toplanan 164 içme suyu numunesi ile yapılan çalışmada ağır metallerin varlığı FAAS ile yapılan analizler ile tespit edilmiştir. Sonbahar ve İlkbahar mevsiminde toplanan numunelerde Cu, Zn, Fe, Mn, Co, Pb, Ni ve Cd ağır metalleri araştırılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu sınırlara göre değerlendirilen analiz sonuçlarında Pb ağır metali iki mevsimde de numunelerin tamamında sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. İlkbahar mevsiminde Fe, Zn, Cd, Ni ve Co ağır metallerinin ortalama değerleri daha yüksek değerlerde bulunurken, sonbaharda ise Mn ve Cu ağır metalleri ortalama değerlerin üzerinde bulunmuştur. Bitlis il merkezi ve ilçelerinde bulunan su kaynaklarında yapılan incelemede içme sularındaki ağır metal değerlerinin farklı sonuçlar vermesinin mevsim ve yerleşim yerlerinin farklı olmasından kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır [55].

Kastamonu ilinde bulunan Daday ilçesindeki Germeçtepe Barajından 2016 yılının Ocak ile Aralık ayları arasında olmak üzere her ay toplanan yüzey sularından yapılan bir çalışmada, fiziko-kimyasal incelemeler yapılmıştır. Analizlerde spektrofotometrik metot kullanılmış olup; analiz sonuçları yüzey suları yönetmeliğinin iç sulardan olan yüzeysel suların, kaynak kalite değerlerine göre değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmanın sonuçlarına göre NO_3^- , NH_4^+ , pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerine göre 1. sınıf su, NO_2^- değerleri açısından 2. sınıf su, PO_4^{3-} bakımından ise 4. sınıf su kalitesinde olduğu değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda Germeçtepe barajı yüzey suyunda önemli bir kirlilik olmadığı sonucuna varılmıştır [56]



3. MATERYAL VE DENEYSEL YÖNTEM

3.1. Araştırma Bölgesi

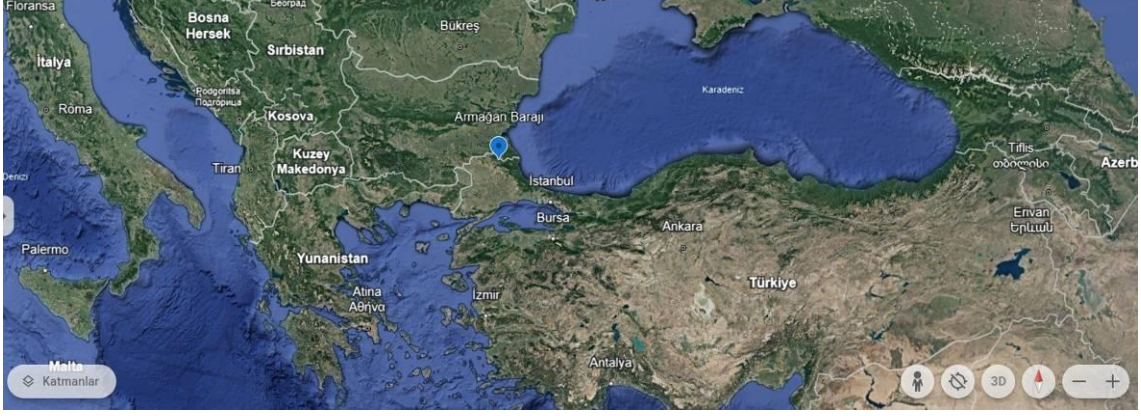
Araştırma ülkemizde Kırklareli ilinde bulunan Armağan Köyü sınırları içinde olan ve aynı adı taşıyan Armağanköy Barajında, mevsimsel değişimleri göz önüne serecek şekilde yaz-sonbahar-kış-ilkbahar mevsimlerini kapsayan aylarda alınan numuneler ile yapılmıştır.

Armağanköy Barajı; Kocadere üzerine, tarım sulama amacıyla 1986-1998 yılları arasında inşa edilmiş kaya gövde dolgu tipi olan bir barajdır. Göl hacmi 1.553.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 61 m, normal su kotunda göl hacmi 51 hm³, normal su kotunda 3 km² göl alanına sahiptir.

Armağanköy Barajı tarımsal sulama suyu olarak kullanılmakta olup; ileriki yıllarda Kırklareli İli için içme suyu olarak da kullanılması planlanmaktadır (Şekil 3.1-3.3).



Şekil 3.1. Armağan Barajının coğrafi koordinat sisteminde bulunduğu yeri (07/12/2023 Tarihli Google Earth Uydu Görüntüsü)



Şekil 3.2. Armağan Barajının coğrafi koordinat sisteminde bulunduğu yeri (07/12/2023 Tarihli Google Earth Uydu Görüntüsü)



Şekil 3.3. Armağan Barajının coğrafi koordinat sisteminde bulunduğu yeri (07/12/2023 Tarihli Google Earth Uydu Görüntüsü)

3.2. Numune Toplama Bölgeleri

Mevsimsel değişimlerin sudaki etkisinin ne olduğunu gözlemlemek için örnekler 2021 yılının Yaz mevsimi ve Sonbahar mevsimi (Ağustos ve Ekim) ile 2022 yılının Kış mevsimi ve İlkbahar mevsimi (Ocak ve Haziran) dönemlerinde Şekil 3.4. ve Çizelge 3.1.'de belirtilen noktalardan ve koordinatlardan toplanmıştır. Armağanköy barajı üzerinde dört (4) adet numune alanı Armağan Barajı'nı besleyen Dereköy'de bulunan Burgazcık Deresi üzerinde de bir (1) adet numune alanı belirlenmiştir. Belirlenmiş olan 5 numune alanından alınan örnekler “SKKY Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliğine” göre alınmıştır. Örnekler kıydan yaklaşık 1 m uzaktan ve su yüzeyinden yaklaşık 55 ile 60 cm derinliğinden su içinde açılması sağlanan aparat ile toplanmıştır.

Belirlenen numune alma noktalarından alınan örneklerin iletkenlik, pH, çözünmüş oksijen, hava sıcaklığı değerlerinin ölçümü anlık olarak yapılmıştır. Diğer analizler için

su numuneleri 1,5 litre kapasiteli plastik şişelere konularak, çökmeleri önlemek için pH 2 olacak şekilde nitrik asit eklenerek muhafaza edilmiştir.

Su örnekleri laboratuvarında analiz süresine kadar buzdolabında +4 ile +8 °C'de saklanmıştır.



Şekil 3.4. Armağan Barajı ve numune alım yerleri

Çizelge 3.1. Numune alım istasyon koordinatları.

<i>Numune alım istasyonları</i>	<i>Kuzey koordinatları</i>	<i>Doğu koordinatları</i>
1.	41°52'58"N	27°26'01"E
2.	41°52'47"N	27°26'15"E
3.	41°53'04"N	27°26'19"E
4.	41°53'31"N	27°26'02"E
5.	41°55'49"N	27°26'56"E

3.3. Numunelere Yapılan Fiziko-Kimyasal ve Metal Analizleri

Örneklerin metal analizleri Kırklareli Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Laboratuvarında, fiziko-kimyasal analizleri ise Kırklareli Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi Laboratuvarında yapılmıştır. Hava sıcaklığı, pH, iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerleri numune alımı esnasında anlık olarak ölçülmüştür.

Bulanıklık, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, organik madde, fosfat ve T.N₂ analizleri Kırklareli Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi Laboratuvarında yapılmıştır. Örneklerin laboratuvar çalışması sırasındaki görseli Şekil 3.5.'de gösterilmiştir. Metallerin analizleri ise Kırklareli Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Laboratuvarında alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi (FAAS) cihazı ile yapılmıştır.



Şekil 3.5. Kırklareli Belediyesi içme suyu arıtma tesisinde yapılan analiz görseli.

3.3.1. Elektriksel iletkenlik, pH ve çözünmüş oksijen ölçümü

Elektriksel iletkenlik, pH ve çözünmüş oksijen ölçümleri Hach HQ40d dijital multimetre seti ile yapılmıştır.

3.3.2. Bulanıklık tayini

Bulanıklık ölçümü Hach marka TU5200 model masa tipi lazer türbidimetre cihazı kullanılarak yapılmıştır.

3.3.3. Organik madde tayini

Organik madde tayini için, 100 mL'lik bir erlene 50 mL örnek numuneden konularak 5 mL seyreltik H₂SO₄ ve 5 mL potasyum permanganat (0,01 N) çözeltisi katılarak yapılır. Asit katılmasının amacı asitli ortamın sağlanarak potasyum permanganat ile organik maddenin yükseltgenmesidir. Erlen 70 °C'ye ayarlı su banyosunda 30 dk tutulmuştur. Sıcak su banyosundan çıkarılan erlene 5 mL oksalat çözeltisi ilave edilmiş ve 0,01 N potasyum permanganat çözeltisi ile numunede hafif pembe renk oluşumu gözlenene kadar titrasyon işlemi yapılmıştır. Sarf edilen potasyum permanganat miktarından faydalanarak, organik maddenin konsantrasyon hesaplanması yapılmıştır [57].

Potasyum Permanganat Sarfıyatı (mg O₂/L) = (8x1000 x B x 0,1) / A

(A: Alınan numune hacmi, mL/ B: Titrasyonda harcanan 0,01N KMnO₄ miktarı mL)

3.3.4. Nitrat tayini

NO₃⁻ analizi tayini LCK339 koduna sahip Hach marka hazır kit ile yapılmış ve Hach DR6000 spektrofotometre cihazında (Şekil 3.6) okutularak sonuçlar bulunmuştur.



Şekil 3.6. Spektrometrik analizlerde kullanılan spektrometre

3.3.5 Nitrit tayini

NO₂⁻ tayini “Diazolandırma metodu”na göre yapılmıştır. 50 mL olarak erlene alınan numune üzerine 1 g NO₂⁻ reaktifi ve 5 mL asetik asit konularak ağzları kapalı ve ışık almayacak şekilde bekletilen numuneler 30 dk sonunda 385 nm dalga boyunda Hach DR6000 cihazında okutularak sonuçlar bulunmuştur.

3.3.6 Amonyum tayini

NH₄⁺ tayini LCK304 koduna sahip Hach marka hazır kit ile yapılmış ve Hach DR6000 cihazında okutularak sonuçlar bulunmuştur.

3.3.7 Fosfat tayini

PO₄³⁻ tayini LCK348 koduna sahip Hach marka hazır kit ile yapılmış ve Hach DR6000 cihazında okutularak sonuçlar bulunmuştur.

3.3.8 Toplam azot (T.N₂)tayini

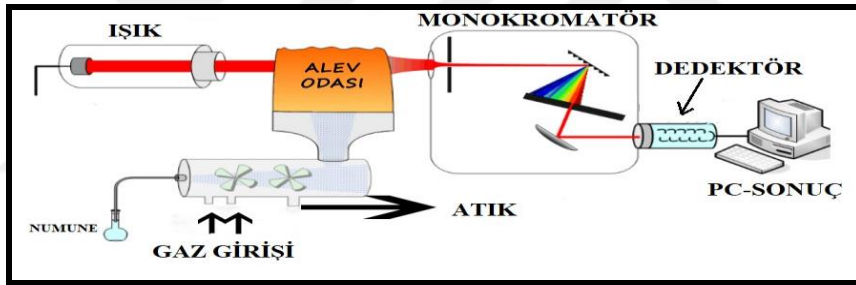
T.N₂ tayini LCK328 koduna sahip Hach marka hazır kit ile yapılmış ve Hach DR6000 cihazında okutularak sonuçlar bulunmuştur.

3.3.9 Metallerinin analizleri

Çalışmamızda bulunan metallerin analizi için FAAS (*Agilent Technologies 200 Series AA: 240FS Modeli*) cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.7). Şekil 3.8.'de FAAS cihazının şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Metal analizlerinde kullanılan FAAS cihazı.



Şekil 3.8. FAAS cihazının şeması

Analizi yapılan metallerin kalibrasyon grafikleri farklı konsantrasyonlarda hazırlanan numunelerin alınarak çizilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır. Standartların hazırlanması sırasında 1000 mg/L NIST ana stok standartlarından seyreltmeler yapılarak 50 mg/L ara stok çözeltiler hazırlanmıştır. Kalibrasyon grafiği oluşturulması sırasında analizi yapılan elementlerin derişim aralığı aşağıda olup, FAAS cihazında uygulanan parametreler Çizelge 3.2'de sunulmuştur. Fe için 0,1-10 mg/L aralığı, Mg ve Mn için 0,05-5 mg/L aralığı, Zn ve Cu için 0,01-5 mg/L aralığı, Al için 0,025-5 mg/L aralığı, Cd için 0,025-3mg/L aralığı, Pb, Ni ve Ca ve K için 0,025-3mg/L aralığı, Na için 0,5-5 mg/L aralığı kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. FAAS cihazında metal analizleri için uygulanan parametreler.

<i>Element Adı</i>	<i>Lamba akımı (mA)</i>	<i>Slit genişliği (nm)</i>	<i>Dalga boyu (nm)</i>	<i>N₂O akış hızı, mL/min</i>	<i>Hava akış hızı, mL/min</i>	<i>Asetilen akış hızı, mL/min</i>
Pb	10	0,5	283,3	-	13,5	2,0
Ni	4,0	0,2	352,5	-	13,5	2,0
Cd	4,0	0,5	326,1	-	13,5	2,0
Cu	4,0	0,2	324,8	-	13,5	2,0
Zn	5,0	1,0	213,9	-	13,5	2,0
Fe	5,0	0,2	372,0	-	13,5	2,0
Mn	5,0	0,2	279,5	-	13,5	2,0
Mg	3,0	0,5	285,2	-	13,5	2,0
Na	5,0	0,5	589,0	-	13,5	2,0
K	5,0	1,0	766,5	-	13,5	2,0
Al	10,0	0,5	309,3	10,0	-	6,8
Ca	10,0	0,5	422,7	10,0	-	6,8



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması 2021 yılı yaz ve sonbahar dönemleri ile 2022 yılının kış ve ilkbahar dönemlerinde Armağanköy Barajından dört(4) farklı istasyondan ve aynı barajı besleyen Burgazcık Dere adıyla bilinen bir(1) istasyondan su numuneleri toplanarak yapılmıştır. Çalışmamızdaki analizlerden, organik madde, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ ve fosfat analizleri Kırklareli Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesis laboratuvarında yapılmıştır. Çizelge 4.1-4.4.'te numunelerin mevsimsel analizlerinin sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Yaz mevsimine ait organik madde, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃⁺ ve PO₄³⁻ analiz sonuçları.

31/08/2021 Tarihli Numune Analizleri				Hava Sıcaklığı 28 °C		
Analizler	1.	2.	3.	4.	5.	Ortalama
İletkenlik, µs/cm	372	370	377	371	541	406
Ç.O ₂ , mg/L	7,6	7,6	8,0	8,1	7,9	7,8
pH	8,1	8,2	8,2	8,3	7,9	8,1
O. Madde, mg/L	1,2	1,3	1,0	1,0	0,8	1,1
Bulanıklık, NTU	3,7	6,1	4,2	9,5	13	7,4
T. N ₂ , mg/L	65	65	68	68	52	64
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,001	0,001	TE	TE	TE	TE
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,02	TE	0,02	0,02	0,02	0,02
NO ₃ ⁻ , mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,1	0,08	0,04	0	0,02	0,05

TE: Tespit edilemedi

Çizelge 4.2. Sonbahar mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃⁺ ve PO₄³⁻ analiz sonuçları.

30/10/2021 Tarihli Numune Analizleri				Hava Sıcaklığı 12,6°C		
Analizler	1.	2.	3.	4.	5.	Ortalama
İletkenlik, µs/cm	365	360	366	364	559	403
Ç.O ₂ , mg/L	10	10	10	10	9,6	10
pH	8,3	8,5	8,5	8,5	7,5	8,3
O. Madde, mg/L	1,3	1,2	1,1	1	0,8	1,1
Bulanıklık, NTU	1,5	1,5	1,2	1,5	0,3	1,2
T. N ₂ , mg/L	70	75	76	77	63	72
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,001	0,001	TE	TE	TE	TE
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,02
NO ₃ ⁻ , mg/L	0,2	1	0,6	0,5	TE	0,5
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,2	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2

TE: Tespit edilemedi

Çizelge 4.3. Kış mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃⁺ ve PO₄³⁻ analiz sonuçları.

30/01/2022 Tarihli Numune Analizleri				Hava Sıcaklığı 6°C		
Analizler	1.	2.	3.	4.	5.	Ortalama
İletkenlik, µs/cm	343	359	362	360	551	395
Ç.O ₂ , mg/L	10,6	10,3	10,4	10,1	8,5	10,0
pH	8,5	8,5	8,5	8,5	7,6	8,3
O. Madde, mg/L	1,0	1,0	0,8	0,8	0,5	0,8
Bulanıklık, NTU	1,3	1,3	1,0	1,1	0,2	1,0
T. N ₂ , mg/L	63	63	65	66	51	62
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,002	0,001	0,001	0,001	TE	0,001
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,02	TE	0,02	0,02	0,02	0,02
NO ₃ ⁻ , mg/L	0,12	0,11	0,10	0,10	0,14	0,11
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,12	0,28	0,25	0,09	0,21	0,19

TE: Tespit edilemedi

Çizelge 4.4. İlkbahar mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃⁺ ve PO₄³⁻ analiz sonuçları.

30/06/2022 Tarihli Numune Analizleri				Hava Sıcaklığı 27°C		
Analizler	1.	2.	3.	4.	5.	Ortalama
İletkenlik, µs/cm	350	353	368	365	554	398
Ç.O ₂ , mg/L	8,0	7,9	8,1	8,1	8,1	8,0
pH	8,4	8,3	8,4	8,4	7,4	8,2
O. Madde, mg/L	1,3	1,1	1,1	1,1	0,8	1,1
Bulanıklık, NTU	1,7	1,5	1,2	1,2	0,3	1,2
T. N ₂ , mg/L	50	51	51	51	48	50
NO ₂ ⁻ , mg/L	TE	0,001	TE	TE	TE	TE
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,03	0,05	0,01	0,01	0,02	0,02
NO ₃ ⁻ , mg/L	0,19	0,19	0,30	0,30	TE	0,20
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,1	0,11	0,08	0,09	0,15	0,11

TE: Tespit edilemedi

Elektriksel iletkenlik sonuçlarına baktığımızda Armağan barajının farklı noktalarından alınmış ilk dört numunenin sonuçları birbiriyle benzerken, beşinci numune alma noktası olan Burgaz derenin elektriksel iletkenlik değerleri dört mevsim döneminde de diğer numunelerden farklılık göstermiştir. Yaz ve sonbahar mevsimindeki ortalama değerler kış ve ilkbahar mevsimindeki ortalama değerlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Armağan Barajı'nda 2015 yılında yapılan ve Şubat, Mart ve Nisan aylarını kapsayan çalışmanın elektriksel iletkenlik sonuçlarına baktığımızda Şubat ayında elektriksel iletkenlik en düşük seviyelerdeyken Mart ve Nisan aylarında belirgin yükseliş göstermiştir [58].

Çözünmüş oksijen değeri en yüksek sonbahar mevsiminde olduğu gözlemlenmiş olup; sonbahar mevsiminde numunelerin ortalama çözünmüş oksijen değeri 10,3 mg/L'dir. Çözünmüş oksijen değerinin en düşük olduğu mevsim ise yaz mevsimi olduğu görülmüştür. Yaz mevsiminde ki ortalama çözünmüş oksijen değeri 7,3 mg/L olarak saptanmıştır. 2015 yılında yapılan çalışmada çözünmüş oksijen değerinin en yüksek seviyesinin Şubat ayında olduğu görülmüş ve bunun sebebinin sıcaklık artışı olduğunun altı çizilmiştir [58].

pH değerleri çalışmamız boyunca 7 ile 9 arasında değişmiştir. Ortalama pH değerleri mevsimsel olarak değişiklik göstermiştir. Yaz mevsiminde ortalama pH 8,1; sonbaharda ortalama pH 8,3; kış mevsiminde ortalama pH 8,3 ve ilkbahar mevsiminde ortalama pH

8,2 olarak ölçülmüştür. 2015 yılında yapılan çalışmada da takip edilen aylarda pH çok yüksek bir değışime uğramamıştır [58].

Organik madde değerlerine bakıldığında mevsimsel olarak çok büyük bir farklılık saptanmamıştır. Organik madde ortalamasının en düşük olduğu dönem kış mevsimidir. Kış mevsimi organik madde ortalaması 0,8 mg/L dir. Yaz mevsimi organik madde ortalaması 1,1 mg/L sonbahar ve ilkbahar mevsimindeki organik madde ortalaması 1,1 mg/L'dir.

Bulanıklık yaz mevsimi döneminde tüm numune alma noktalarında oldukça yüksek bulunmuştur. Yaz döneminde ortalama bulanıklık değeri 7,4 NTU iken en düşük ortalama bulanıklık 1,1 NTU ile kış mevsimi döneminde görülmüştür.

Toplam N₂ (T.N₂) sonuçlarında mevsimsel olarak farklılıklar bulunurken, istasyonlar arasında benzer artış ve azalışlar olduğu gözlemlenmiştir. T.N₂ sonuçları en yüksek sonbahar mevsiminde gözlemlenmiştir. Sonbahar mevsiminde ortalama miktarı T.N₂ 72 mg/L'dir. En düşük ortama T.N₂ ilkbahar mevsiminde 50 mg/L'dir

NO₂⁻ sonuçları mevsimsel ve istasyon bazında değışiklik göstermemiş olup; tüm dönemlerde ortalama NO₂⁻ değeri tayin sınırının altında bulunmuştur.

NH₄⁺ sonuçlarında mevsimsel olarak ve istasyon bazında birbirinden çok farklı sonuçlar bulunmamakla birlikte ortalama NH₄⁺ ortalama değeri tüm dönemler için 0,02 mg/L olarak bulunmuştur.

NO₃⁻ sonuçları en yüksek değerleri sonbahar mevsiminde bulunmuştur. Sonbahar mevsiminde 2 numaralı numune alma noktasında 1 mg/L ile en yüksek değeri kaydedilmiştir. Yaz mevsimi ortalama nitrat değeri 0,12 mg/L iken Kış mevsimi ortalama değeri 0,11 mg/L olarak bulunmuştur.

PO₄³⁻ sonuçları yaz-ilkbahar ve kış-sonbahar dönemlerinde benzerlik göstermiştir. Her mevsim döneminde de en yüksek değerler 2. ve 3. numune alma noktalarında gözlemlenmiştir. Kış mevsiminde 4. İstasyonda PO₄³⁻ tespit edilmemiştir.

Çalışmamızda metallerinin (Fe, Cu, Mn, Ni, Cd, Al, Na, Ca, Mg, Zn, K ve Pb) analizleri FAAS kullanılarak Kırklareli Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

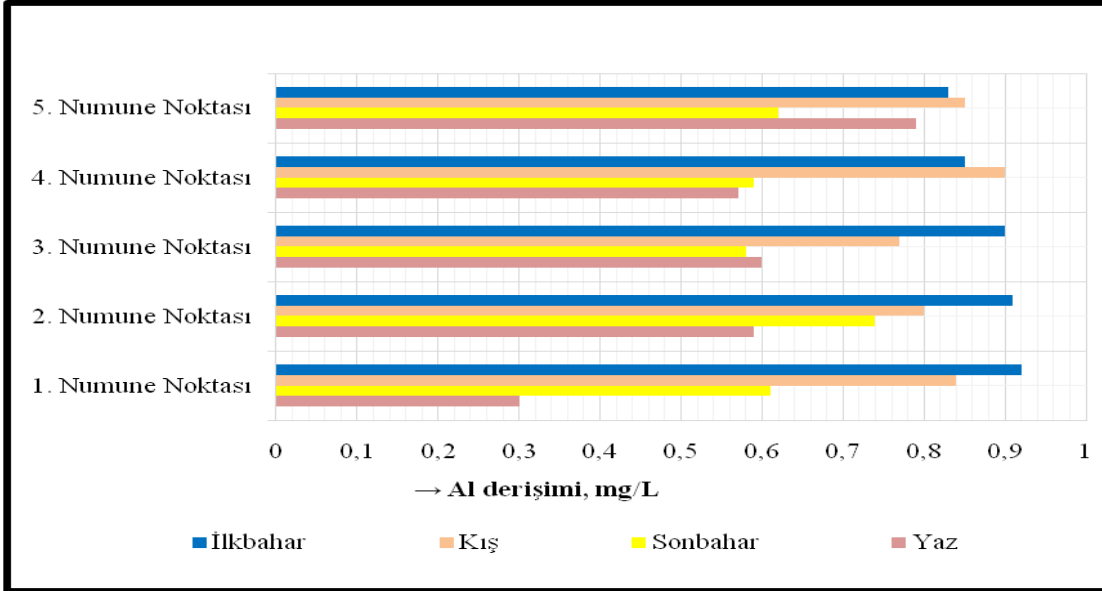
Cd, Cu, Ni, Pb, metalleri numunelerde tespit edilememiştir. Fe, Mn, Al, Ca, Mg, Na, K ve Zn metallerine ait sonuçlar Çizelge 4.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Al, Ca, Mg, Mn, Fe, K, Na, Zn metal analiz sonuçları.

2021 Yaz Dönemi								
Numune Alanı	Al, mg/L	Ca, mg/L	Mg, mg/L	Mn, mg/L	Fe, mg/L	K, mg/L	Na, mg/L	Zn, mg/L
1	0,3	49	294	0,01	0,08	1,68	11,2	0,26
2	0,6	49	298	0,02	0,25	1,67	7,96	0,13
3	0,6	32	300	0,01	0,10	1,86	7,70	0,11
4	0,6	45	270	0,01	0,08	1,16	5,59	0,06
5	0,8	55	327	0,02	0,08	2,28	6,45	0,011
ORT.	0,6	46	298	0,01	0,12	1,73	7,79	0,11
Numune Alanı	2021 Sonbahar Dönemi							
1	0,61	51	305	0,02	0,12	1,77	8,59	0,15
2	0,74	50	293	0,01	0,16	1,47	6,97	0,09
3	0,58	45	251	0,01	0,14	1,02	4,83	0,14
4	0,59	51	299	0,01	0,8	1,64	7,36	0,15
5	0,62	76	281	0,002	0,06	1,05	7,18	0,15
ORT.	0,628	55	286	0,01	0,11	1,39	6,99	0,14
Numune Alanı	2022 Kış Dönemi							
1	0,84	52	273	0,03	0,04	1,39	6,16	0,18
2	0,80	51	287	0,03	0,12	1,60	6,92	0,15
3	0,77	51	291	0,03	0,11	1,59	7,03	0,13
4	0,90	52	297	0,04	0,1	1,71	7,48	0,11
5	0,85	77	268	0,002	0,1	0,99	8,14	0,10
ORT.	0,83	56	283	0,03	0,1	1,45	7,15	0,13
Numune Alanı	2022 ilkbahar Dönemi							
1	0,92	51	295	0,01	0,1	1,42	7,24	0,13
2	0,91	51	302	0,02	0,1	1,71	7,84	0,48
3	0,9	50	298	0,003	0,15	1,30	7,37	0,24
4	0,85	51	300	0,002	0,06	1,53	7,91	0,25
5	0,83	53	208	0,001	0,1	0,61	5,64	0,24
ORT.	0,88	51	281	0,006	0,097	1,31	7,20	0,27

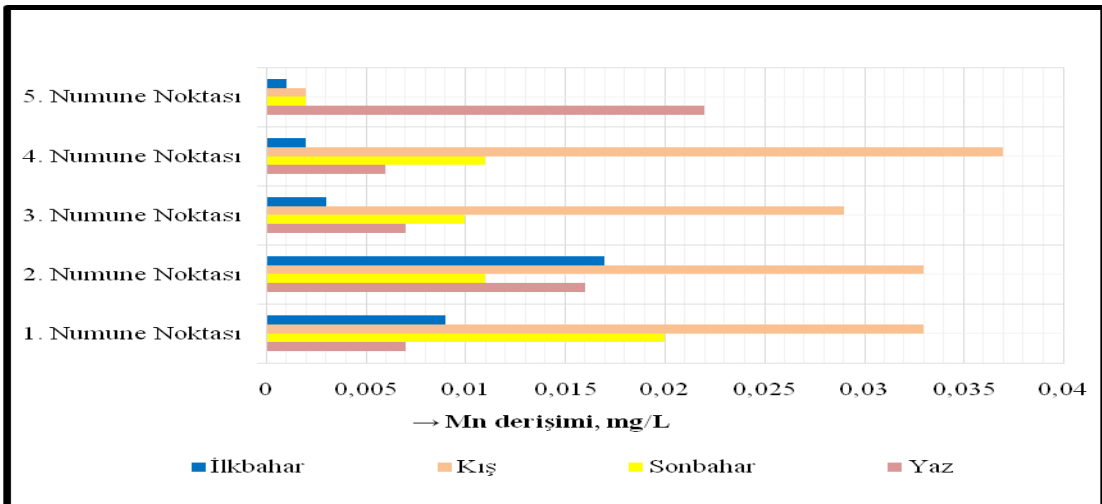
Al metalinin tüm numune alma noktalarında varlığı tespit edilmiştir. Al metali kış ve ilkbahar mevsiminde yüksek değerli sonuçlara sahipken, yaz ve sonbahar

mevsimlerinde daha düşük değerli sonuçlara sahip olduğu Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.1'de görülmektedir. En yüksek Al değeri 0,92 mg/L ile 1. numune alma noktasında ilkbahar mevsiminde görülmüştür.



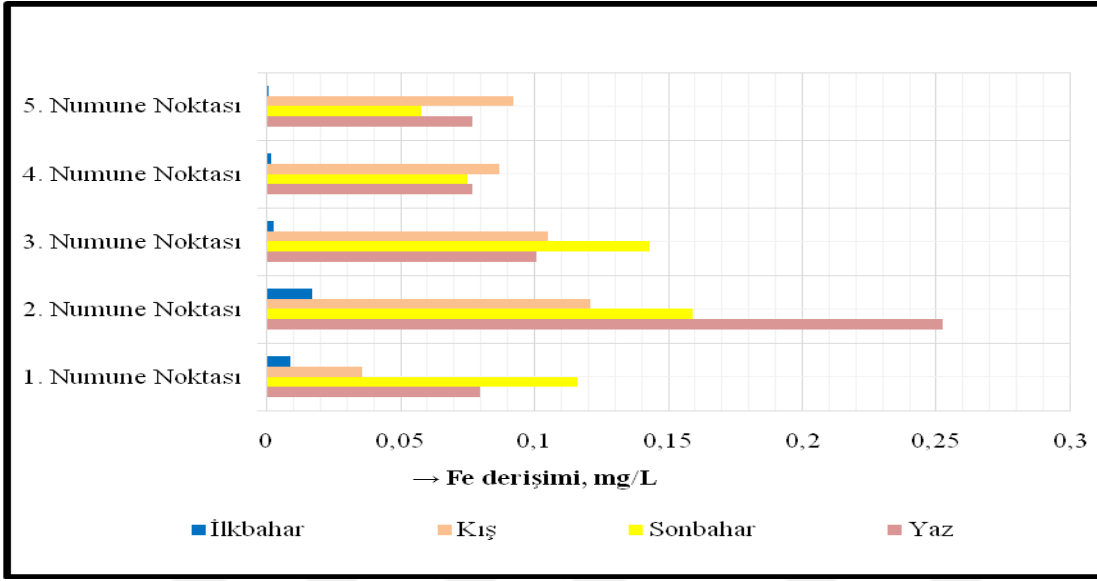
Şekil 4.1. Al metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Mn metalinin tüm numune alma noktalarında varlığı tespit edilmiş olup mevsimsel olarak farklılıklar görülmüştür. En yüksek Mn derişimi 0,04 mg/L ile 4. istasyonda kış mevsiminde görülmüş olup; en düşük Mn ise 0,001 mg/L olarak ilkbahar mevsiminde 5. numune alma noktasında tespit edildiği Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.2'de görülmektedir. 2015 yılında yapılan çalışmada Mn derişimi 0,0003-44 mg/L aralığında gözlemlenmiştir [58].



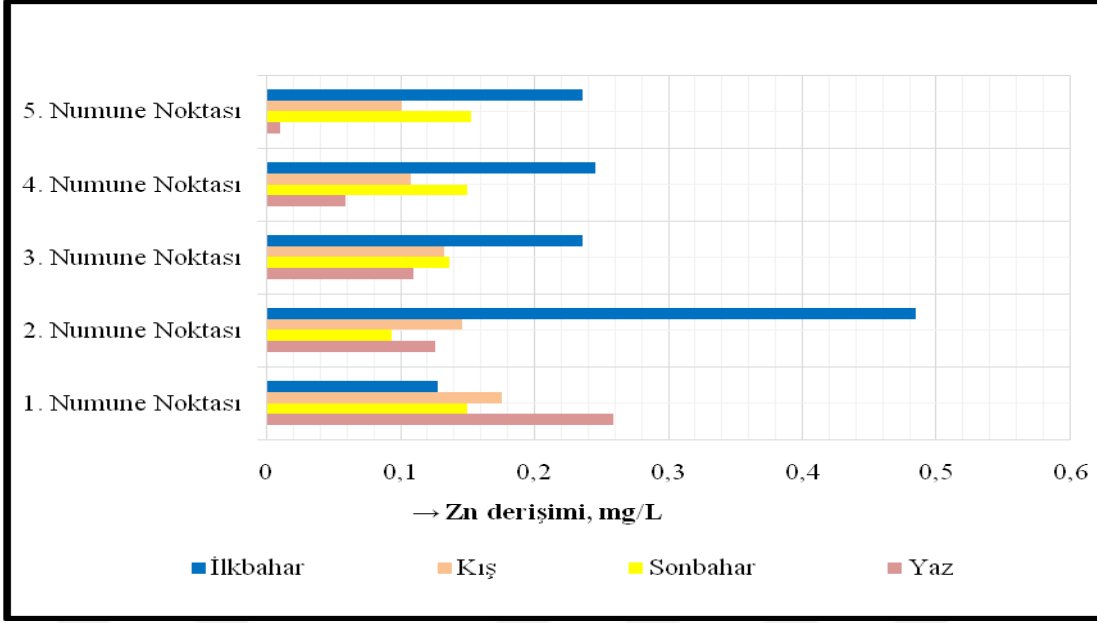
Şekil 4.2. Mn metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Fe metalinin tüm numune alma noktalarında varlığı tespit edilmiş olup mevsimsel olarak farklılıklar görülmüştür. En yüksek Fe derişimi 0,25 mg/L ile 2. numune noktasında yaz mevsiminde görülmüş olup; en düşük Fe ise 0,001 mg/L İlkbahar mevsiminde 5. numune alma noktasında tespit edildiği Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.3'te görülmektedir. 2015 yılında yapılan çalışmada Fe'nin en yüksek derişimin Nisan ayında olduğu gözlemlenmiştir [58].



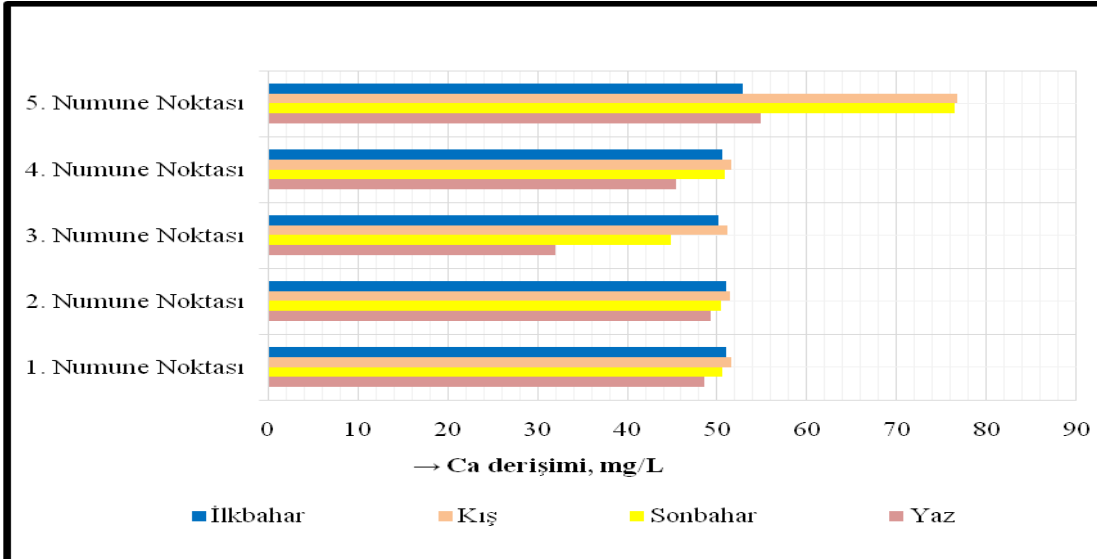
Şekil 4.3.Fe metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Zn metalinin tüm numune alma noktalarında varlığı tespit edilmiş olup mevsimsel olarak farklılıklar görülmüştür. En yüksek Zn derişimi 0,48 mg/L ile 2. numune noktasında ilkbahar mevsiminde görülmüş olup; en düşük Zn ise 0,011 mg/L olarak yaz mevsiminde 5. numune alma noktasında tespit edildiği Çizelge 4.5.'de ve Şekil 4.4.'de görülmektedir. 2015 yılında yapılan çalışmada Zn derişiminin 0-3,609 ppm aralığında olduğu görülmüştür [58].



Şekil 4.4. Zn metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

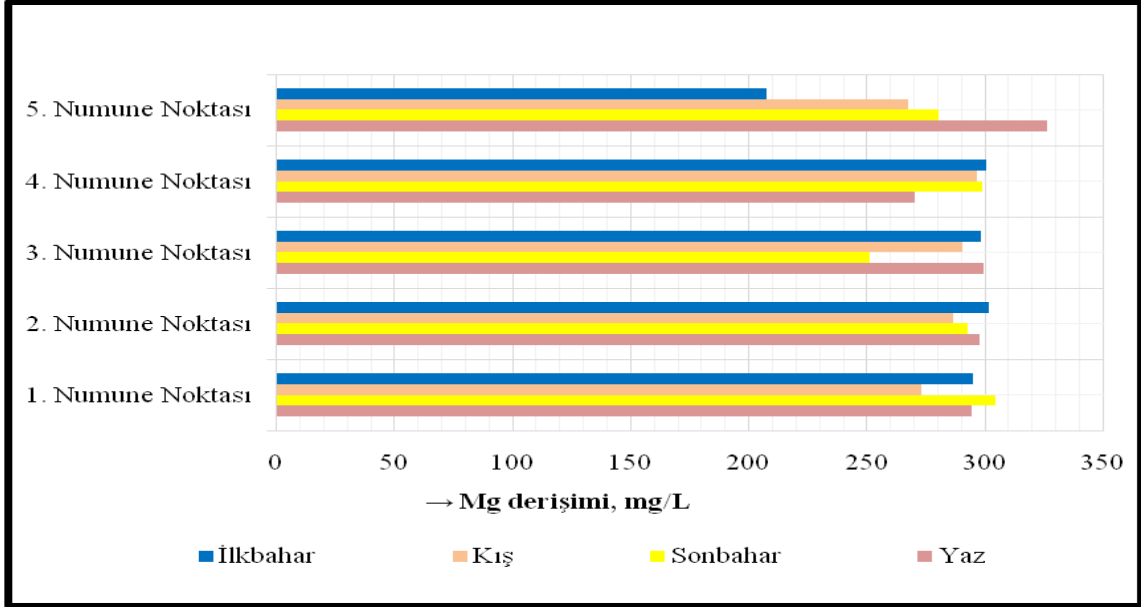
Ca metalinin tüm numune alma noktalarında varlığı tespit edilmiş olup mevsimsel olarak bakıldığında değerlerin 5. numune alma noktası haricinde büyük farklılıklar gözlenmemiştir. 5. Numune noktası kış ve sonbahar mevsiminde en yüksek Ca derişimine, en düşük Ca ise yaz mevsiminde 3. numune alma noktasında 32 mg/L olarak tespit edildiği Çizelge 4.5.'da ve Şekil 4.5.'de görülmektedir. 2015 yılına ait çalışmada da en yüksek Ca derişimi Şubat ayında görülmüştür [58].



Şekil 4.5. Ca metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

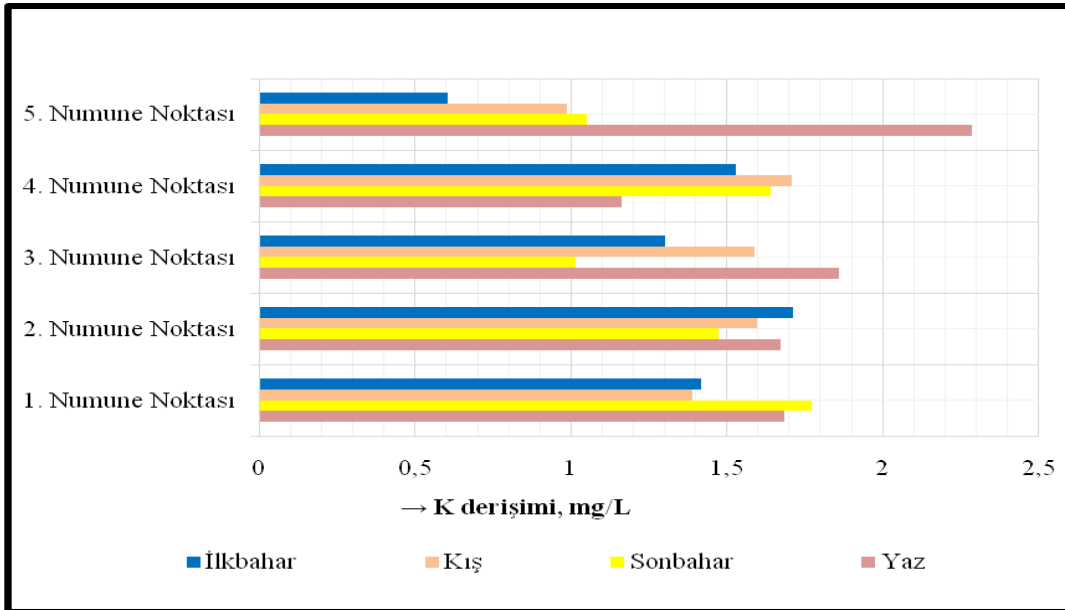
Mg metalinin tüm numune alma noktalarında varlığı tespit edilmiştir. Mevsimsel olarak bakıldığında değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. En yüksek Mg

değeri yaz mevsiminde 5. numune alma noktasında 294 mg/L olarak bulunmuştur. 2015 yılında yapılan çalışmada en yüksek değer Şubat ayında 13300 mg/L olarak bulunmuştur [58]. Diğer mevsimlere ait sonuçlar Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.6'da görülmektedir.



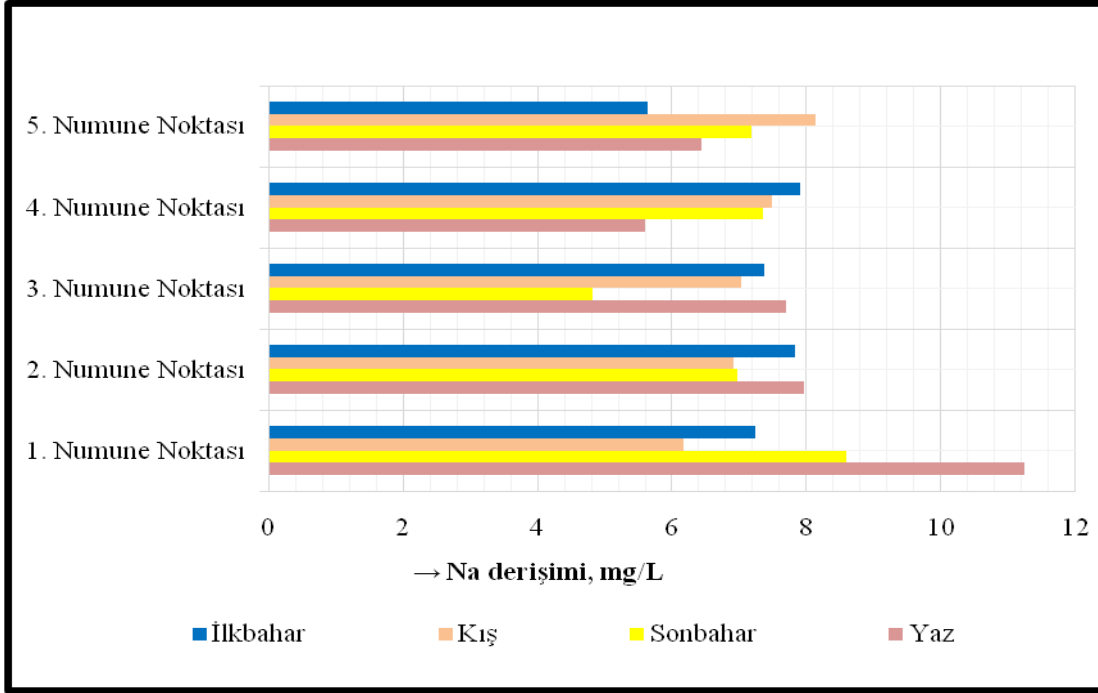
Şekil 4.6.Mg metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

K metalinin yapılan inceleme sonucunda numune noktalarındaki değerleri ve mevsimsel değişimleri Çizelge 4.5. ve Şekil 4.7.'de görünmektedir.



Şekil 4.7.K metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Na metali tüm numune alama noktalarında ve tüm mevsimlerde varlığı tespit edilmiştir. En yüksek Na konsantrasyonu 11,2 mg/L ile 1. numune noktasında yaz mevsiminde görülmüştür. 2015 yılında yapılan çalışmada Na derişimi 3,05-7,57 ppm aralığında değişmektedir [58]. Çizelge 4.5.'de ve Şekil 4.8.'de diğer numune noktalarına ait değerler görülmektedir.



Şekil 4.8.Na metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Çalışmamızı yürüttüğümüz Armağanköy Baraj suyunda Cd, Cu, Ni ve Pb metalleri tespit edilememiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Armağanköy barajında yapılan bu çalışmada numunelerimize ait fiziko-kimyasal ve metal analizleri yapılmıştır. Bulunan sonuçlarının yıllık aritmetik ortalama sonuçları, “İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik” değerlerine göre iletkenlik, pH, PO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , Cd, Cu, Ni, Pb, Mn, Fe, K, Mg, Na, Ca ve Zn analiz sonuçları A1 sınıfına ait su kalitesindedir. Bulanıklık parametresine göre A2 sınıfına ait su kalitesinde ve Al parametresine göre ise A3 sınıfına ait su kalitesinde olduğu tespit edilmiş ve bu değerler Çizelge 5.1.’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik değerleri ile yıllık ortalama analiz sonuçlarının değerlendirilmesi [18].

PARAMETRELER	A1	A2	A3	ARMAĞAN BARAJI YILLIK ORT. SONUÇ DEĞERLERİ
İletkenlik, $\mu S/cm$	2500	-	25000	393,0
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	8,22
Bulanıklık, NTU	1	50	500	2,68
PO_4^{3-} , mg/L	0,4	0,7	-	0,09
NO_2^- , mg/L	0,5	-	3,3	0,00
NO_3^- , mg/L	50	-	330	0,22
NH_4^+ , mg/L	0,5	2,5	5	0,02
Cd, mg/L	0,005	0,015	0,05	T.E
Al, mg/L	0,200	0,500	2	0,728
Cu, mg/L	2	5	20	T.E
Ni, mg/L	0,02	0,03	0,20	T.E
Mn, mg/L	0,05	0,100	0,250	0,0139
Fe, mg/L	0,200	1	2	0,103
Na, mg/L	200	-	2000	7,280
Pb, mg/L	0,010	0,050	0,100	T.E
Zn, mg/L	3	6	12	0,162

*T.E. : Tespit Edilmedi.

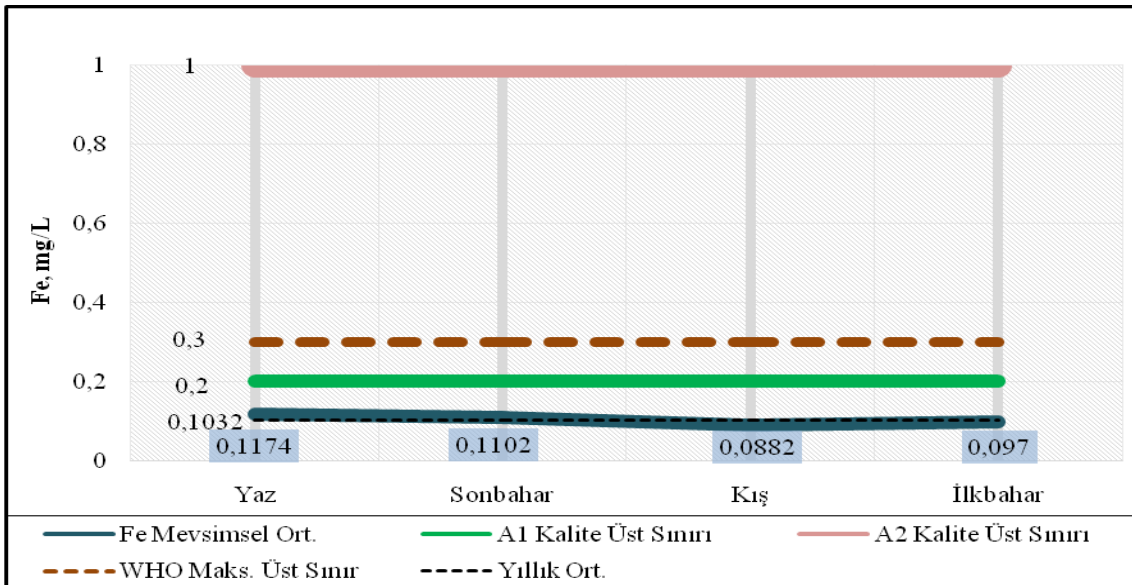
*Çizelgede arka zemini boyalı olan kısımlar suyun hangi kalite sınıfına ait olduğunu gösterir

Armağanköy Barajı'nda yürüttüğümüz çalışmada yapılan analizlerde Na, Zn, Fe, Mn, Al, Ca, Mg ve K metalleri dört mevsimde ve tüm numune alma noktalarında tespit edilmiştir. Cd, Cu, Ni, ve Pb metalleri ise bu numune alma noktalarından hiçbirin de tespit edilememiştir.

Zn metalinin en yüksek olduğu değer ilkbahar mevsiminde 2. numune alma noktasında 0,48 mg/L olarak; en düşük olduğu değer ise yaz mevsiminde 5. numune alma noktasında 0,01 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık bazda aritmetik olarak ele alındığı zaman Zn derişim ortalaması 0,16 mg/L'dir. Bu değerler sonucunda A1 kalitesindeki sular sınıfında yer almaktadır.

Na metalinin en yüksek olduğu değer yaz mevsiminde 1. numune alma noktasında 11,2 mg/L olarak; en düşük olduğu değer ise sonbahar mevsiminde 3. numune alma noktasında 4,82 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık bazda aritmetik olarak ele alındığı zaman Na derişim ortalaması 7,28 mg/L'dir. Bu değerler sonucunda A1 kalitesindeki sular sınıfında yer almaktadır.

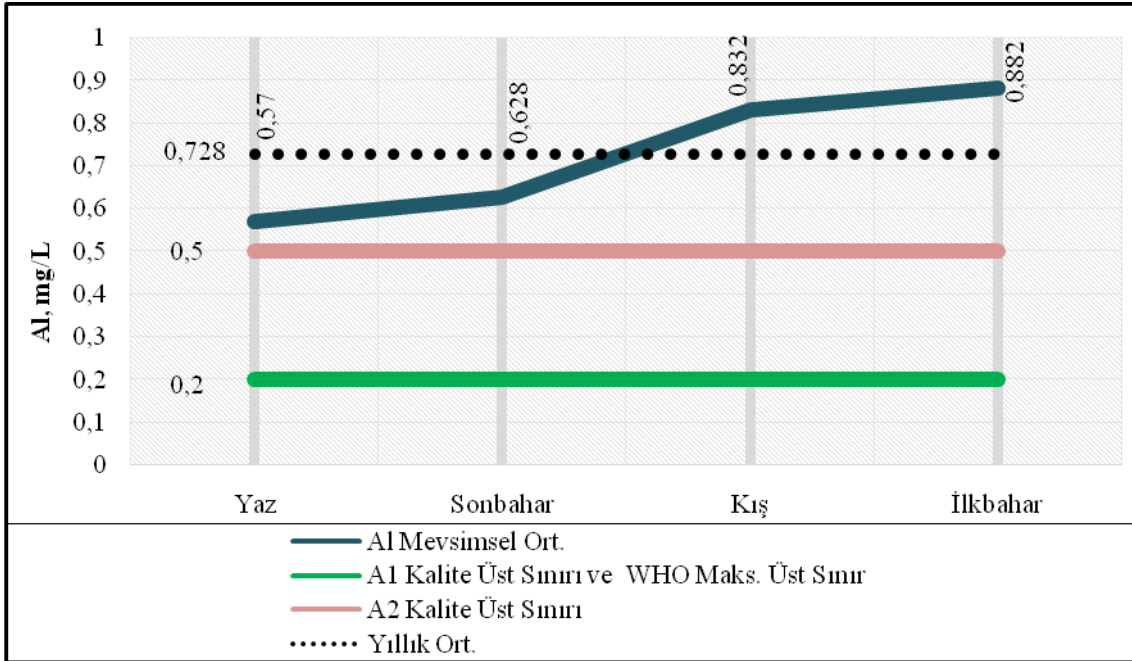
Fe metalinin en yüksek olduğu değer yaz mevsiminde 2. numune alma noktasında 0,252 mg/L olarak; en düşük olduğu değer ise ilkbahar mevsiminde 5. numune alma noktasında 0,001 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık bazda aritmetik olarak ele alındığı zaman Fe derişim ortalaması 0,103 mg/L'dir. Şekil 5.1.'de görüldüğü üzere bu değerler sonucu A1 kalitesinde ki sular sınıfında yer alır.



Şekil 5.1. Fe değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.

Mn metalinin en yüksek olduğu değer kış mevsiminde 4. Numune alma noktasında 0,037 mg/L olarak; en düşük olduğu değer ise ilkbahar mevsiminde 5. Numune alma noktasında 0,001 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık bazda aritmetik olarak ele alındığı zaman Mn derişim ortalaması 0,039 mg/L'dir. Bu değerler sonucunda A1 kalitesindeki sular sınıfında yer almaktadır.

Al metalinin en yüksek olduğu değer ilkbahar dönemine ait 1. numune alma noktasında 0,92 mg/L olarak; en düşük olduğu değer ise yaz dönemine 1. numune alma noktasında 0,30 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık bazda Al derişiminin ortalaması 0,728 mg/L'dir. Şekil 5.2.'de görüldüğü üzere tüm mevsimlerindeki ortalama sonuçları A2 kalite üst sınırının üstünde olup A3 kaliteye sahip sularda sınıfında yer almaktadır.



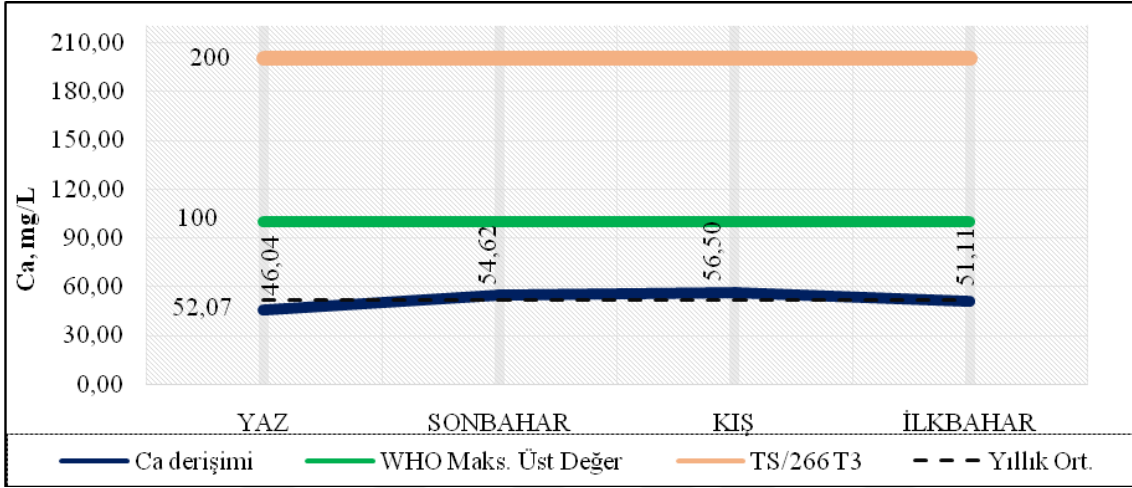
Şekil 5.2. Al değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.

Ca metalinin en yüksek olduğu değer kış dönemine ait 1. numune alma noktasında 76,8 mg/L olarak; en düşük olduğu değer ise yaz dönemine 3. numune alma noktasında 32,0 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık bazda Ca metalinin ortalaması 52,1 mg/L'dir.

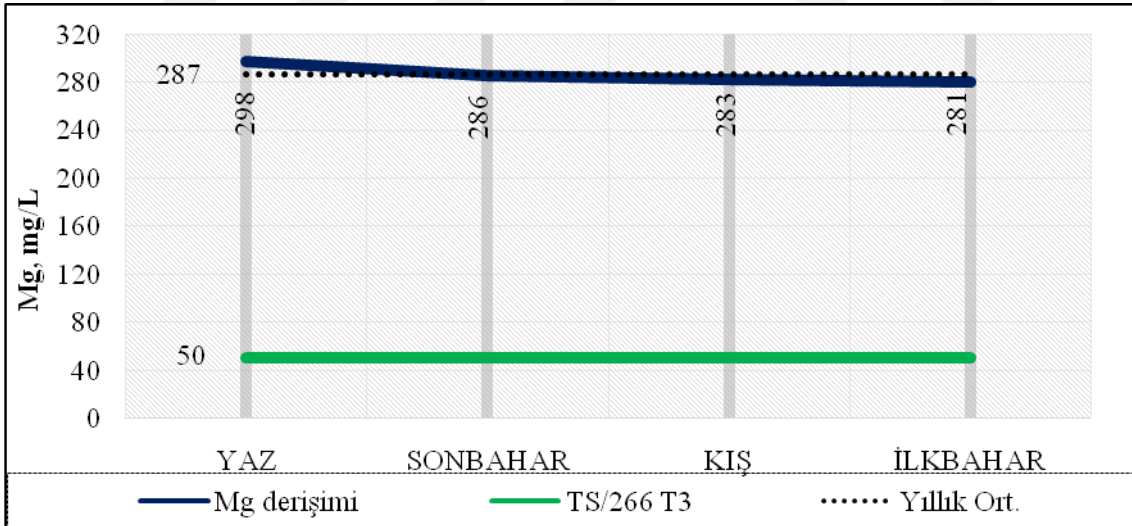
Mg metalinin en yüksek olduğu değer yaz dönemine ait 5. numune alma noktasında 327 mg/L olarak; en düşük olduğu değer ise sonbahar mevsiminde 3. numune alma noktasında 251 mg/L olarak bulunmuştur. Mg metalinin yıllık ortalama derişimi 287 mg/L olarak bulunmuştur

K metaline ait en yüksek değer 2,3 mg/L olarak yaz mevsiminde 5. numune alma noktasında, en düşük değer ise yine 5. numune alma noktasında ilkbahar mevsiminde 0,61 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık ortalama K miktarı ise 1,5 mg/L olarak bulunmuştur.

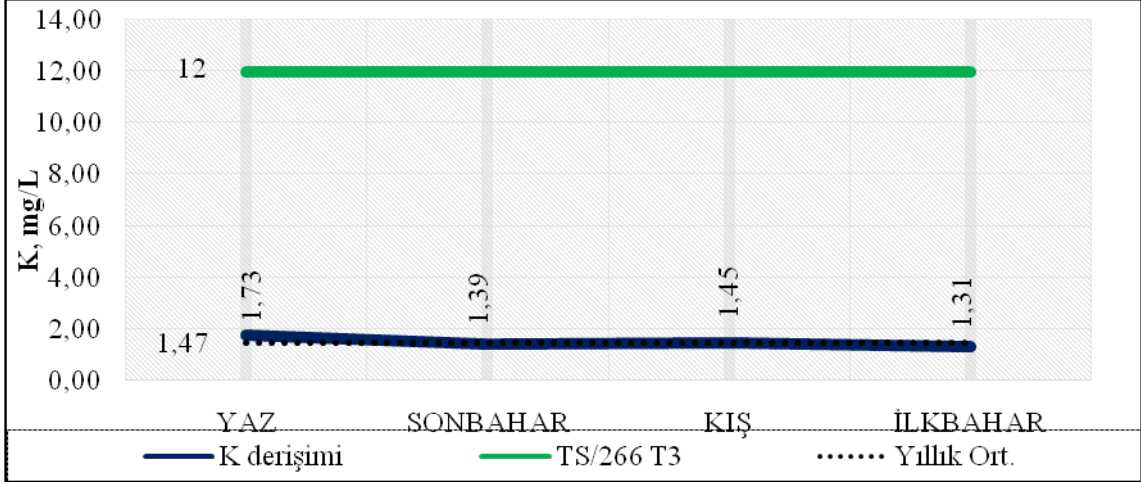
Ca, Mg ve K metallerine ait mevsimsel ve yıllık ortalama değerlerinin TS266/T3’de değerlendirilmesi Şekil 5.3.-5.5.’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Ca derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.



Şekil 5.4. Mg derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.



Şekil 5.5 . K derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.

‘İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelikte’ Ca, Mg ve K metaline yer verilmediğinden, analiz sonuçları ‘Türk Standartları İçme Suyu (TS266/T3)’ sınır değerleri ile değerlendirilmiştir. Ca ve K değerlerinin yıllık ortalama derişimi izin verilen maksimum değerinin altında tespit edilirken. Mg değeri sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. TS266/T3 İçme Suyu Standartları ile analiz sonuçlarının değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 5.2.’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Armağanköy Barajının TS266/T3 İçme Suyu Standartları ile sonuçlarının değerlendirilmesi [19].

Parametreler	İzin Verilen Maks. Değer	Armağanköy Barajı Yıllık Ortalama Değerleri
Ca, mg/L	200	52,06
Mg, mg/L	50	286,82
K, mg/L	12	1,47

Çizelge 5.3’de Dünya Sağlık Örgütü tarafından içme suyunda kullanılacak olan suların maksimum sınır değerleri ile analiz sonuçlarımız karşılaştırılmış ve sadece Al sonuçlarının sınır değerleri üzerinde olduğu, diğer parametrelerin sınır değerlerinin altında olduğu gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. WHO'nun içme suyu kalite parametreleri ile analiz sonuçlarının değerlendirilmesi [20].

<i>Parametreler</i>	<i>Maks. Sınır Değer</i>	<i>Armağanköy Barajı Yıllık Ort. Değerleri</i>
İletkenlik, $\mu\text{S/cm}$	2500	393,0
pH	6,5-9,5	8,22
Organik Madde, mg/L	0-5	1,01
Bulanıklık, NTU	5	2,68
PO_4^{3-}, mg/L	0,4	0,09
NO_2^-, mg/L	0,5	0,00
NO_3^-, mg/L	50	0,22
NH_4^+, mg/L	-	0,02
Cd, mg/L	0,003	T.E
Al, mg/L	0,200	0,728
Cu, mg/L	2	T.E
Ni, mg/L	0,02	T.E
Mn, mg/L	0,10	0,0139
Fe, mg/L	0,300	0,103
Na, mg/L	200	7,280
Pb, mg/L	0,010	T.E
Zn, mg/L	-	0,162
Ca, mg/L	100	52,066
Mg, mg/L	-	286,82
K, mg/L	-	1,47

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçların neticesinde Armağanköy Barajı'nın suları analiz edilen parametreler açısından bir risk teşkil etmemektedir. Kırklareli İli'ne içme suyu sağlanması düşünülen bu barajın arıtma basamakları ile daha da kaliteli hale gelmesi mümkündür. Ancak çevresel faktörlerin ilerleyen zamanlarda su üzerine kirletici bir etki yapmaması açısından belli periyotlarla analizlerin tekrarlanması gerektiği ve suyun bu mevcut durumunun korunması için su havzası etrafında yapılacak çalışmalarda suyun kalitesinin bozulmaması adına özenli davranılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** <<https://suder.org.tr/saglikli-su-hidrasyon/suyun-onemi>>, erişim tarihi 10.11.2023
- [2] **Kalaycı H.** (2019). *Silopi İçmesuyu Arıtma Prosesleri ve Kalite Kontrol Parametrelerinin Değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin Üniversitesi, Mersin
- [3] **Karaman S, Gökalp Z.** (2010) *Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri* Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi c.3 sayı:1 ss:59-66.
- [4] **Url-2** <<https://seragazi.net/iklim-degisikligi-ve-su-kaynaklari>>, erişim tarihi 10.11.2023
- [5] **Url-3** <<https://suyonetimi.ankara.edu.tr/>>, erişim tarihi 10.11.2023
- [6] **Küçükklavuz, E.** (2009) *Küresel Isınmanın Su Kaynakları Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği* (Yüksek lisans tezi), Harran Üniversitesi, SBE İktisat Anabilim Dalı, 134 s. Şanlıurfa.
- [7] **Kody, M. K. K.** (2019). *Quality and Physicochemical Characterization of Drinking Water in Southern Kordofan State* (Doctoral dissertation, Sudan University Of Science & Technology).
- [8] **World Health Organization-WHO.** (2005). Nickel in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: World Health Organization.
- [9] **Url-4** <<https://www.who.int/publications/>>, erişim tarihi 11.11.2023
- [10] **Yanık T. ,Aras N.M. ,Çiltaş A.K.** (2001) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:225.
- [11] **Tanyolaç J.** (2011) ‘‘Limnoloji Tatlı Su Bilimi,’’ (6. bs.), ISBN: 975-7527-46-7. Hatipoğlu Yayınları, Ankara,294s.
- [12] **Url-5** <<http://awsassets.wftr.panda.org/downloads/>>, erişim tarihi 15.11.2023 Türkiye'nin Su Riskleri Raporu. (2014).
- [13] **Url-6** <<https://www.usgs.gov/special-topics/>>, erişim tarihi 15.11.2023
- [14] **Url-7** <<https://sutema.org/suyun-dagilimi-pdf>>, erişim tarihi 15.11.2023
- [15] **Fıstıkoglu O., Biberoglu E.** (2008) Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Önlemleri, TMMOB İklim Değişimi Semp., 238- 252, 13-14 Mart , Ankara.
- [16] **Url-8** <<https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/pdf/FS-027-01.pdf>, USGS. (2001). A Primer on Water Quality. USGS.>, erişim tarihi 16.11.2023
- [17] **Chapman, D.** (1996) *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.* 2nd Edition
- [18] **Url-9** <<https://www.mevzuat.gov.tr/>> , erişim tarihi 16.11.2023

- [19] **Url-10** <<https://intweb.tse.org.tr/Standard/>>, erişim tarihi 16.11.2023
- [20] **Url-11** <<https://www.who.int/publications/it/>>, erişim tarihi: 16.11.2023
- [21] **Url-12** <<https://avesis.marmara.edu.tr/resume/downloadfile/omer.akgiray/>>, erişim tarihi: 16.11.2023
- [22] **AWWA** (1999). Water Quality and Treatment, A Handbook of Community Water Supplies. 5th Ed., American Water Works Association, McGraw-Hill, New York.
- [23] **Kody, M. K. K.** (2019). *Quality and Physicochemical Characterization of Drinking Water in Southern Kordofan State* (Doctoral dissertation, Sudan University Of Science & Technology).
- [24] **Oğuz T.C.** (2015) ‘‘İçme Suyu Arıtımında Yaygın Olarak Karşılaşılan Su Kalite Problemleri Ve Arıtımı İçin Çözüm Önerileri’’ (Uzmanlık Tezi) T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı , Ankara
- [25] **Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR.** (2005). Public Health Statement – Nickel. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- [26] **World Health Organization-WHO.** (2011). Guidelines for Drinking Water Quality. 4th edn. Geneva: World Health Organization.
- [27] **Begum, W., Rai, S., Banerjee, S., Bhattacharjee, S., Mondal, M. H., Bhattarai, A., & Saha, B.** (2022). *A comprehensive review on the sources, essentiality and toxicological profile of nickel. RSC advances, 12(15), 9139-9153*
- [28] **World Health Organization-WHO.** (2005). Nickel in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: World Health Organization.
- [29] **Yaşar S. Üstek M.A. Bengü A.Ş. Mis L.** (2016) ‘‘Mardin Bölgesi İçme Sularında Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması’’ Cumhuriyet Üniv. Sağ. Bil. Enst. Derg. Yaşar ve ark. (1)2: 63-71
- [30] **Poyraz, B.** (2014) ‘‘Farklı Lokasyonlardan Alınan İçme Sularında Ağır Metal Analizi’’. Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi, c. 2, sy. 1, ss. 16-27.
- [31] **Yaman, M.** (2000). Speciation of copper in soils and relation with its concentration in fruits. Communications in soil science and plant analysis, 31(19-20), 3205-3215.
- [32] **Mulware, S. J.** (2013). Trace elements and carcinogenicity: a subject in review. 3 Biotech, 3(2), 85-96.
- [33] **WHO.**(2011) Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed.; WHO: Geneva, Switzerland,

- [34] **Yavuz C.I. Vaizođlu S.A. Güler Ç.** (2013)“İçme Suyunda Alüminyum” TAF Prev Med Bull 2013;12(5):589-596
- [35] **Manić, L., Wallace, D., Onganer, P. U.,** (2022) Taalab, Y. M., Farooqi, A. A., Antonijević, B., & Djordjevic, A. B. Epigenetic mechanisms of metal carcinogenicity. Toxicology Reports.
- [36] **Järup, L.** (2003). Hazards of heavy metal contamination. British medical bulletin, 68(1), 167-182.
- [37] **Url-13** <<https://evrimagaci.org/kursun-10056>>, erişim tarihi 23.11.2023
- [38] **Url-14** <<https://evrimagaci.org/kalsiyum-9916>>, erişim tarihi 23.11.2023
- [39] **Url-15** <<https://www.makaleler.com/kalsiyum/>>, erişim tarihi 23.11.2023
- [40] **Boysan F. Şengörür B.** (2009) *Su sertliğinin İnsan Sağlığı İçin Önemi*, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 13. Cilt, 1. Sayı, s. 7-10,
- [41] **Url-16** <<https://evrimagaci.org/magnezyum/>>, erişim tarihi 27.11.2023
- [42] **Url-17** <<https://www.cerrahi.com.tr/>>, erişim tarihi 27.11.2023
- [43] **Url-18** <<https://www.memorial.com.tr/>>, erişim tarihi 27.11.2023
- [44] **Gümüş D. Akbal F.** (2013) *İçme Sularında Doğal Organik Madde Giderimi ve Trihalometan Oluşumunun Önlenmesi*. review paper / derleme makalesi removal of natural organic matter in drinking waters and prevention of trihalomethanes formation journal of engineering and natural sciences - mühendislik ve fen bilimleri dergisi sigma 31, 529-553,
- [45] **Küçükçongar S. Sevimli M.F. Yel E.** (2009) Organik madde konsantrasyonunun trihalometan (thm) bileşiklerinin oluşumuna etkisi. sujest. Haziran;24(2):1-8.
- [46] **Teksoy A.,** (2006) *İçme Sularından Organik Madde Giderimi ve Trihalometan Oluşumunun Önlenmesi İçin Arıtma Proseslerinin Optimizasyonu* (Doktora Tezi) Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [47] **Özyonar F.Karagözođlu B.** (2013)“İçme sularından elektrokoagülasyon ve kimyasal koagülasyon ile bulanıklığın giderimi”.Gazi Üniversitesi mühendislik mimarlık fakültesi dergisi 27/1 .
- [48] **Özgür C. Barış D. Kaçkoç M. Kaplan Bekarođlu Ş.Ş.** (2020) “Su Kaynaklarında Ve Şebekelerde Çözünmüş Organik Azotun Mevsimsel Değişiminin İzlenmesi” Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 8(3), 961 – 972, e-ISSN: 1308-6693
- [49] **Url-19** <<https://avys.omu.edu.tr/>>, erişim tarihi: 18.11.2023
- [50] **Spellman, F.R.** (2003). Water and Wastewater Treatment Plant Operations. Lewis Publishers, Florida, 653 p., USA.

- [51] **Ertürk, M. D.** (2005) *Acarlar Gölünde Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlenme Olaylarının Tespiti*, (Yüksek Lisans Tezi) Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,
- [52] **Url-20** <<https://cdn.bartın.edu.tr/>>, erişimtarihi18.11.2023
- [53] **Url-21** <www.agri.ankara.edu.tr/>, erişim tarihi 18.11.2023
- [54] **Yaşar S. Üstek M.A. Bengü A.Ş. Mis L.**(2016).” Mardin Bölgesi İçme Sularında Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması”. *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 63-71.
- [55] **Kahraman T. Alemdar S. Alisharlı M. Ağaoğlu S.** (2012) Bitlis İli İçme Sularında Ağır Metal Düzeyleri. *Eurasian J Vet Sci*,28,3, 164-171
- [56] **E. Atea , A. E. Kadak ve A. Y. Sönmez** , (2017) "Germeçtepe Baraj Gölünün (Kastamonu-Daday) Bazı Fiziko-kimyasal Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi",*Alinteri Journal of Agriculture Science*, c. 32, sayı. 1, ss. 55-68, doi:10.28955/alinterizbd.316483.
- [57] **Url-22** <<https://avys.omu.edu.tr/>>, erişim tarihi 18.11.2023.
- [58] **AKAR S. A.** (2015) *Armağanköy Barajı Sularının Karakterizasyonu ve Su Kalitesinin AğırMetaller Bakımından İzlenmesi* (Yüksek lisans tezi) Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ