



GİRESUN
ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GİRESUN YAYLALARI
KAYNAK SULARI
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI
Yüksek Lisans Tezi
Selin KARADENİZ
162102011
2020

GİRESUN

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GİRESUN YAYLALARI
KAYNAK SULARI
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : Selin KARADENİZ
ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-3179-4312>
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :

Enstitü Anabilim Dalı : BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Fikret USTAOĞLU
ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-8415-8557>

**ARALIK 2020
GİRESUN**

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GİRESUN YAYLALARI
KAYNAK SULARI
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adı SOYADI

SELİN KARADENİZ

Enstitü Anabilim Dalı : BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu tez 24/12/2020 tarihin de aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr.
Yalçın YEPE
Jüri Başkanı**

**Dr. Öğr. Üyesi
Fikret USTAOĞLU
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi
Yalçın TÖRE
Üye**

**Doç. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Selin KARADENİZ

24/12/2020

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren her aşamada yardımını gördüğüm hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Fikret USTAOĞLU' na teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bana desteği büyük olan Prof. Dr. Hatice KATI hocama teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları sırasında yardımını esirgemeyen Serhat DURUKAN'a, Halil USTAOĞLU'na, Tuğba USTA'ya, Handan AYDIN hocama, her zaman yanımda olan annem Selma KARADENİZ, kardeşim Sinem KARADENİZ ile babam Mehmet Şükrü KARADENİZ'e ve oğlum Serhat Deniz DURUKAN' a sonsuz teşekkür ederim.

Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: FEN-BAP -C-281119-75) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER	II
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
ÖZET.....	X
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Su	2
1.2. Su Kalitesi	2
1.3. Su Kalitesi Parametreleri	3
1.3.1. Sıcaklık.....	3
1.3.2. pH.....	3
1.3.3. Toplam Sertlik (TH).....	4
1.3.4. Toplam Alkalinite (TA)	4
1.3.5. Toplam Çözünmüş Madde (TDS).....	4
1.3.6. Elektriksel İletkenlik (EI).....	5
1.3.7. Çözünmüş Oksijen (ÇO).....	5
1.3.8. Toplam Fosfor (TP).....	5
1.3.9. Çözülebilir Reaktif Fosfor (SRP).....	6
1.3.10. Tuzluluk	6
1.3.11. Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP).....	6

1.3. 12.Nitrit Azotu (NO ₂ -N)	7
1.3. 13.Nitrat Azotu (NO ₃ -N).....	7
1.3. 14.Silikat (SiO ₂)	8
1.4. Makro Elementler ve Ağır Metaller	8
1.5. Suların Sulama Suyu Açısından Değerlendirilmesinde Kullanılan Parametreler.	9
1.6. Su Kalite İndeksi (WQI)	11
1.7. Ağır Metal Kirlilik İndeksi (HPI)	13
1.8. Ağır Metal Değerlendirme İndeksi (HEI)	13
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	15
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Saha Çalışması	19
3.2. Örneklerin Alınması ve Hazırlanması.....	29
3.2.1. Laboratuvar Çalışmaları.....	30
BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI	31
4.1. Sıcaklık.....	32
4.2. pH.....	32
4.3. Toplam Sertlik (TH).....	33
4.4. Toplam Alkalinite (TA)	34
4.5. Toplam Çözünmüş Madde Miktarı (TDS).....	34
4.6. Oksidasyon İndirgeme Potansiyeli (ORP)	35
4.7. Çözünmüş Oksijen (ÇO)	36
4.8. Tuzluluk	36
4.9. Elektriksel İletkenlik (EI).....	37
4.10. Toplam Fosfor (TP).....	38
4.11. Çözülebilir Reaktif Fosfor (SRP).....	38
4.12. Nitrat Azotu (NO ₃ -N).....	39
4.13. Nitrit Azotu (NO ₂ -N)	40
4.14. Silikat	40
4.15. Sodyum (Na)	41
4.16. Magnezyum (Mg).....	41
4.17. Kalsiyum (Ca)	42

4.18. Potasyum (K)	43
4.19. Alüminyum (Al).....	44
4.20. Krom (Cr).....	44
4.21. Mangan (Mn)	45
4.22. Nikel (Ni)	46
4.23. Bakır (Cu)	47
4.24. Çinko (Zn).....	48
4.25. Arsenik (As).....	48
4.26. Kadmium (Cd)	49
4.27. Kurşun (Pb)	49
4.28. Demir (Fe).....	50
4.29. Kobalt (Co)	51
4.30. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	52
4.31. Sodyum Karbonat Kalıntısı (RSC)	52
4.32. Magnezyum Zararı (MH).....	53
4.33. Sodyum Yüzdesi (%Na).....	54
4.34. Su Kalite İndeksi (WQI)	54
4.35. Ağır Metal İndeksi (HEİ)	54
4.36. Ağır Metal Kirlilik İndeksi (HPI)	55
BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ	56
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

%.	:	Yüzde
% Na	:	Sodyum Yüzdesi
°C	:	Santigrat Derece
µg/L	:	Mikrogram/litre
µL	:	Mikrolitre
µm	:	Mikromilimetre
Al	:	Alüminyum
As	:	Arsenik
Ca.	:	Kalsiyum
Cd	:	Kadmiyum
Cr	:	Krom
Cu	:	Bakır
K	:	Potasyum
Mg	:	Magnezyum
mg/L	:	Miligram/Litre
mL	:	Mililitre
Mn	:	Mangan
Na	:	Sodyum
Ni	:	Nikel
NO ₂ -N:	:	Nitrit Azotu
NO ₂	:	Nitrit
NO ₃	:	Nitrat
NO ₃ -N:	:	Nitrat Azotu
Pb	:	Kurşun
Zn	:	Çinko
Eİ	:	Elektriksel İletkenlik

HPI	:	Ağır Metal Kirlilik Endeksi
MH	:	Magnezyum Zararı
ORP	:	Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli
RSC	:	Kalıntı Sodyum Karbonat
SAR	:	Sodyum Adsorbsiyon Oranı
SRP	:	Çözünebilir Reaktif Fosfor
TA	:	Toplam Alkalinite
TDS	:	Toplam Çözünmüş Madde
TP	:	Toplam Fosfor
TH	:	Toplam Sertlik
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü
WQI	:	Su Kalitesi İndeksi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.Çalışma Alanının Haritası ve Örnekleme Yapılan İstasyonlar	19
Şekil 3.2. Genel Görünüm İstasyon-1-	20
Şekil 3.3. Genel Görünüm İstasyon-2-	20
Şekil 3.4. Genel Görünüm İstasyon-3-	21
Şekil 3.5. Genel Görünüm İstasyon-4-	21
Şekil 3.6. Genel Görünüm İstasyon-5-	22
Şekil 3.7. Genel Görünüm İstasyon-6-	22
Şekil 3.8. Genel Görünüm İstasyon-7-	23
Şekil 3.9. Genel Görünüm İstasyon-8-	23
Şekil 3.10. Genel Görünüm İstasyon-9-	24
Şekil 3.11. Genel Görünüm İstasyon-10-	24
Şekil 3.12. Genel Görünüm İstasyon-11-	25
Şekil 3.13. Genel Görünüm İstasyon-12-	25
Şekil 3.14. Genel Görünüm İstasyon-13-	26
Şekil 3.15. Genel Görünüm İstasyon-14-	26
Şekil 3.16. Genel Görünüm İstasyon-15-	27
Şekil 3.17. Genel Görünüm İstasyon-16-	27
Şekil 3.18. Genel Görünüm İstasyon-17-	28
Şekil 3.19. Genel Görünüm İstasyon-18-	28
Şekil 3.20. Genel Görünüm İstasyon-19-	29
Şekil 3.21. Genel Görünüm İstasyon-20-	29
Şekil 4.1. İstasyonlara göre mevsimsel sıcaklık değerleri.....	32
Şekil 4.2 İstasyonlara göre mevsimsel pH değerleri	33
Şekil.4.3. İstasyonlara göre mevsimsel TH değerleri.....	33
Şekil.4.4. İstasyonlara göre mevsimsel TA değerleri.....	34
Şekil.4.5. İstasyonlara göre mevsimsel TDS değerleri.....	35

Şekil.4.6. İstasyonlara göre mevsimsel ORP değerleri	35
Şekil.4.7. İstasyonlara göre mevsimsel ÇO değerleri.....	36
Şekil.4.8. İstasyonlara göre mevsimsel tuzluluk değerleri	37
Şekil.4.9. İstasyonlara göre mevsimsel Eİ değerleri	37
Şekil.4.10. İstasyonlara göre mevsimsel toplam fosfor değerleri	38
Şekil.4.11. İstasyonlara göre mevsimsel SRP değerleri	39
Şekil.4.12. İstasyonlara göre mevsimsel NO ₃ -N değerleri.....	39
Şekil.4.13. İstasyonlara göre mevsimsel NO ₂ -N değerleri.....	40
Şekil.4.14. İstasyonlara göre mevsimsel SiO ₂ değerleri.....	41
Şekil.4.15. İstasyonlara göre mevsimsel Na değerleri	41
Şekil.4.16. İstasyonlara göre mevsimsel Mg değerleri.....	42
Şekil.4.17 İstasyonlara göre mevsimsel Ca değerleri.....	43
Şekil.4.18. İstasyonlara göre mevsimsel K değerleri	43
Şekil.4.19. İstasyonlara göre mevsimsel Al değerleri	44
Şekil.4.20. İstasyonlara göre mevsimsel Cr değerleri	45
Şekil.4.21. İstasyonlara göre mevsimsel Mn değerleri.....	45
Şekil.4.22. İstasyonlara göre mevsimsel Ni değerleri	46
Şekil.4.23. İstasyonlara göre mevsimsel Cu değerleri	47
Şekil.4.24. İstasyonlara göre mevsimsel Zn değerleri.....	47
Şekil.4.25. İstasyonlara göre mevsimsel As değerleri.....	48
Şekil.4.26. İstasyonlara göre mevsimsel Cd değerleri	49
Şekil.4.27. İstasyonlara göre mevsimsel Pb değerleri.....	49
Şekil.4.28. İstasyonlara göre mevsimsel Fe değerleri	50
Şekil.4.29. İstasyonlara göre mevsimsel Co değerleri	51
Şekil.4.30. İstasyonlara göre mevsimsel SAR değerleri	51
Şekil.4.31. İstasyonlara göre mevsimsel RSC değerleri.....	52
Şekil.4.32. İstasyonlara göre mevsimsel MH değerleri.....	53
Şekil.4.33. İstasyonlara göre mevsimsel %Na değerleri	53
Şekil.4.34. İstasyonlara göre WQI değerleri	54
Şekil.4.35. İstasyonlara göre mevsimsel HEİ değerleri	55
Şekil.4.36. İstasyonlara göre mevsimsel HPI değerleri.....	55

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo.1.5. Suların Sulama Suyu Açısından Değerlendirilmesinde Kullanılan Parametreler	11
Tablo.1.6 Çalışma alanındaki parametrelerin ağırlık değerleri.....	12
Tablo.4.1. Ölçülen parametrelerin min., max., ortalama değerleri ile WHO ve TS 266 standart değerleri.....	31
Tablo.5.1 İstasyonların ortalama WOI, HPI, HEİ değerleri ve su kalitesi sınıfları ...	70

GİRESUN YAYLALARI KAYNAK SULARI KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Yaylalar, önemli ekonomik ve ekolojik potansiyele sahip turizm ve hayvancılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği yüksek rakımlı yerleşim alanlarıdır. Özellikle son yıllarda insanların piknik, kampçılık, doğa yürüyüşü gibi rekreasyon faaliyetleri gerçekleştirdikleri cazibe merkezleri haline gelmişlerdir.

Bu çalışma ile Giresun ilindeki yaylalarda bulunan kaynak sularının içme ve sulama suyu kalitesi tespit edilmiştir. Belirlenen 20 istasyondan yağışlı (2019 sonbahar) ve kurak (2020 yaz) mevsimlerde alınan su numunelerin analizleri standart yöntemlerle yapılmıştır. Su kalitesi parametrelerin ortalama değerleri sırasıyla; pH 8,3, sıcaklık 12,89 °C, çözünmüş oksijen (ÇO) 9,3 mg/L, tuzluluk 0,05 ppt, toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) 233 mg/L, elektriksel iletkenlik (EI) 58,14 µs/cm, oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP) -93,4 mV, toplam alkalinite (TA) 60,35 mg/L, toplam sertlik (TH) 53 mg/L, nitrit azotu (NO₂-N) 0,04 mg/L, nitrat azotu (NO₃-N) 1,45 mg/L, toplam fosfor (TP) 0,09 mg/L, çözünebilir reaktif fosfor (SRP) 0,02 mg/L, silikat (SiO₂) 11,01 mg/L bulunmuştur. Kaynak sularında indüktif olarak eşleştirilmiş plazma- kütle spektrometresi (ICP- MS) ile ölçülen metallerin konsantrasyonları ise; Ca (34,25 mg/L)> Na (10,35 mg/L)> Mg (8,19 mg/L)> K (1,50 mg/L)> Al (1093,58 µg/L)> Fe (67,43 µg/L)> Zn (110,54 µg/L)> Mn (23,03 µg/L)> Cu (9,79 µg/L)> As (3,74 µg/L)> Ni (2,99 µg/L)> Cr (2,83 µg/L)> Pb (2,74 µg/L)> Co (1,92 µg/L)> Cd (0,77 µg/L) şeklinde sıralanmıştır. Bu değerler dikkate alınarak, su kalitesi indeksi (WQI), ağır metal kirlilik indeksi (HPI) ve ağır metal değerlendirme indeksi (HEİ) değerleri sırasıyla 49,52-31,23-6,84 olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca sulama suyu kalitesi, sodyum absorpsiyon oranı (SAR=0,44), sodyum yüzdesi (% Na=30,87) magnezyum zararı (MH=29,61) ve sodyum karbonat kalıntısı (RSC=-0,31) indeksleriyle belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Giresun yaylalarındaki kaynak sularının kalitesi hem içme hem de sulama suyu açısından genel olarak “iyi su” ve “uygun su” sınıfına dahildir.

Anahtar kelimeler: Giresun yaylaları, Ağır Metal Kirlilik, Su kalitesi, Sulama suyu kalitesi, İçme suyu

DETERMINING THE QUALITY OF SPRING WATER IN GIRESUN HIGHLANDS

SUMMARY

Plateaus are high altitude residential areas where tourism and animal husbandry activities are carried out with significant economic and ecological potential. Especially in recent years, they have become a hobby center for people who are camping trekking or picnic.

In this study, the drinking and irrigation water quality of the spring waters in the plateaus of Giresun province has been determined. Twenty stations were determined, and water analyzes were performed using standard methods in both wet (autumn 2019) and dry (summer 2020) seasons. The mean values of water quality parameters are as follow; pH 8.3, temperature 12.89 °C, dissolved oxygen (DO) 9.3 mg/L, salinity 0.05 ppt, total dissolved substance (TDS) 233 mg/L, electrical conductivity (EC) 58.14 us/cm, potential oxidation reduction (POR)-93.4 mV, total alkalinity(TA) 60.35 mg/L, total hardness (TH) 53 mg/L, nitrite nitrogen (NO₂-N), 0.004 mg/L, nitrate nitrogen(NO₃-N) 0,02 mg/L, total phosphorous (TP) 0,09 mg/L, soluble reactive phosphorous (SRP) 0.02 mg/L, silicate(SiO₂) 11.01 mg/L. Additionally, the concentrations of inductively coupled metals measured by plasma-mass spectrometry (ICP- MS) in spring waters are as follows; Ca (34.25 mg/L)> Na (10.35 mg/L)> Mg (8.19 mg/L)> K (1.50 mg/L)> Al (1093.58 µg/L)> Fe (67.43 µg/L)> Zn (110.54 µg/L)> Mn (23.03 µg/L)> Cu (9.79 µg/L)> As (3.74 µg/L)> Ni (2.99 µg/L)> Cr (2.83 µg/L)> Pb (2.74 µg/L)> Co (1.92 µg/L)> Cd (0.77 µg/L). Considering these values, the water quality index (WQI), heavy pollution index (HPI), and heavy metal evaluation index (HEI) have been calculated as 49.52-31.23-6.84 respectively.

Furthermore, irrigation water quality has been determined with the indexes of sodium absorption rate (SAR=0.44), percentage of sodium(%Na=30.87), magnesium harm (MH=29.61), residue of sodium carbonate (RSC=0.31). According to these results, the quality of the spring waters in Giresun plateaus may accepted "good water" and "suitable water" for both drinking and irrigation.

Keywords: Giresun plateaus, heavy metal pollution, water quality, irrigation water, drinking water.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Su insanların yaşamlarını devam ettirmesi, yeryüzündeki diğer organizmalar ile canlıların devamlılığı açısından önemli bir yere sahiptir. Dünyamızın 4/3'ü sularla kaplıdır. Bunun ise %2,53'ü tatlı sudur. Tatlı suyun %3'ü canlıların kullanımı için uygundur. Miktar olarak az olan tatlı su insanoğlu açısından vazgeçilmezdir. Gelişen teknoloji, hızlı nüfus artışı, kirleticiler tatlı sularda tehdit yaratmaktadır. Sık karşılaşılan çevresel sorunlardan biri antropojenik nedenli ötrofikasyondur. Bu durum su kalitesinde bozulmaya ve biyoçeşitliliğin azalmasına sebep olmaktadır (Solak, 2003). Kentleşme ile ekonomik faaliyetlerin artması sebebiyle dünya nüfusunun %13'üne yakını yaklaşık 700 milyon insan güvenilir içme suyuna ulaşamamaktadır. Her yıl 1,8 milyon insan içme suyu kaynaklı hastalıktan yaşamını yitirmektedir. Su kalitesinin bozulması; evsel, endüstriyel atıklar ve tarımdan kaynaklı birtakım kirleticiler su fiziko-kimyası ile bileşiminde farklılık yaratmaktadır (Ustaoglu ve ark., 2020). Kirletici kaynakların artması artan su ihtiyacı da hesaba katılınca su kesintileri fazlalaşacak tahmini 2030 yılında dünya nüfusunun yarısı susuzluk ile yüzleşecektir (Jeyaraj ve ark., 2016).

Yayla alanları, sahip oldukları doğal ve beşerî turistik kaynakları nedeniyle insanların beğenisini çekmektedir. Yaylalar temiz havası, şifalı suları, kendilerine has iklimi, flora ve faunasıyla son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. Öyle ki kıyı bölgelerden yaylaya çıkıldığında yayla suyu içmeden geri dönmenin yaylaya çıkılmış olmadığı şeklinde düşünce hakimdir. Bu çalışmanın amacı kaynak sularında ölçülen parametrelerin WHO ve TS 266'nin tavsiye ettiği içme suyu standart değerleriyle karşılaştırılmasıdır. Verilere su kalite indeksi (WQI), ağır metal kirlilik indeksi (HPI), ağır metal değerlendirme indeksi (HEİ), sodyum absorpsiyon oranı (SAR) sodyum yüzdesi (%Na) kalıntı sodyum karbonat (RSC) ve magnezyum zararı (MH) indeksleri uygulanarak kaynak sularının içme ve sulama suyu kalitesi ortaya çıkarılacaktır.

Yaylaların su kalitesi ile ilgili daha önce herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmanın sonuçları gelecekte yapılacak araştırmalar için bir referans olacaktır.

1.1.Suyun Yapısı

Su, bir molekül oksijen ve iki molekül hidrojenden oluşmuş H_2O inorganik bir maddedir. Katı sıvı ve gaz halinde bulunabilmektedir. Her ne kadar H_2O teorikte nötr olsada pratikte H kutup pozitif O kutup ise negatif reaksiyon verir ve dipolar yapı sergiler. Su dipolar (iki kutuplu) olmasından dolayı iyonik bileşiklerde iyi bir çözücüdür. Su bünyesinde barındırdığı maddelere göre çeşitlendirilebilir. Doğal su içerisinde sıvılara ek olarak katı ve gaz şeklinde çözülmüş maddelerde bulundurmaktadır. Bu yüzden içerisinde barındırdığı maddelere ve kaynağına göre; yağış suları (runoff), yeraltı ve kaynak suları, yüzey suları, maden suları, tatlı ve tuzlu sular, acı sular, kireçli sular ve sıcak sular olarak isimlendirilirler (Akbal, 2015).

1.2.Su Kalitesi

Su kalitesi tanımı: fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere dayalı olarak suyun belirli bir kullanım için uygunluğunun bir ölçüsüdür. Tüm canlılar için tüketilen suyun kalitesi önemlidir. Suyun kalitesinin yeterli olmaması sebebi ile birçok canlı sudaki hayatını sürdürememekte ve belirli bir zaman içinde yok olmaktadır (Wang ve ark., 2014). Su kalitesi zamanla üzerinde en çok durulan çevre ve halk sağlığı konusu haline gelmiştir. Su kaynakları kirliliğindeki artışın en önemli sebepleri endüstrileşme, aşırı gübre kullanımı ve pestisit kullanımıdır (Kumar ve ark., 2019). Belirlenen kirlenme noktalarında kontrol başarılı olsa da belirsiz olan kirlilik kaynaklarında kirlenme boyutu ciddi oranda artmaktadır. Kirleticileri taşıyan yağmurlar, akıntılar ve sızıntılar su kirliliğini etkileyerek içme suyu kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır (Ustaoglu ve Tepe, 2019; Xiao ve ark., 2019).

Suya ait olan kalite, daha buhar iken başlayıp yağmur olarak yağarken oluşur. Yağmur yeryüzüne ulaşır yüzeyden akmaya başlaması ile toprak partikülleri ile birleşir. Suyun

temas ettiği topraklarda var olan bakteriler suya geçmiş olur (Wang ve ark., 2014). Su kalitesi arıtım, dağıtım ve hidrolojik dolaşım vb. durumlara bağlıdır. Suyun kendi doğasından olan değişiklikler dışında birde insanoğlu tarafından meydana getirilen su kalitesindeki bozulmalar mevcuttur (Xiao ve ark., 2019). İnsan, hayvan dışkıları ile sağlık açısından zehirli bakteriler ve bitkilerin yaydığı zehirli maddeler toprağa karışarak suya geçer. Bazen de toprakta var olan madensel tuzlar suya karışabilir. Bu durum yer altı sularında daha fazla mineral bulunmasını kanıtlamaktadır. Ancak minerallerin bir kısmının bulunması istenirken toksik etki yaratabileceklerin var olmaması istenir (Kumar ve ark.,2019).

1.3.Su Kalitesi Parametreleri

1.3.1. Sıcaklık

Sıcaklık parametresi su kaynaklarının olduğu yerdeki iklim, rakım, akıntı hızı ve su kaynağı özelliklerine gore değişim göstermektedir (Nemerow, 2009). Sıcaklık artması ile suda çözünen oksijen miktarı azalır ve su içindeki reaksiyon hızı artar. Yüksek sıcaklıkta çözünen kimyasal bileşiklerin etkisi artar ve kirleticiler sudaki canlılar üzerine de etki eder (Kim ve ark., 2017). Su sıcaklıklarının yüksekliği suyun tat, koku, renk ve korozyon sorunlarını artırabilmektedir (WHO 2011).

1.3.2. pH

Su içinde var olan hidrojen iyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması olup asitlik ve bazlık durumunu gösterir. Sularda llen $pH = 7$ olduğunda nötr, $pH < 7$ ise asidik, $pH > 7$ baziktir. pH değerleri 0-14 arasında değerşebilmekte, içme suyu olarak kullanılacak suda 4 ile 9 arasında olması beklenmekte ve karışılaşılan değerler daha çok 5,5 ve 8,6 arasında değerşmektedir. Toprak yapısı, sanayi atıkları, drenaj suları yeraltı sularında pH değerşimine neden olmaktadır. pH bazı bileşik ve metal iyonları zehirliliği üzerine de etkilidir. pH insan sağlığında direk etkisi olmasa da işletme açısından önemli kalite parametrelerindendir (Kim ve ark., 2017).

1.3.3. Toplam Sertlik (TH)

Kalsiyum ve magnezyum tuzlarının su içinde erimiş halde bulunmasına sertlik denir. Sertlik, 1 litre suda mg/L CaCO_3 (ppm) ile gösterilir. İçme sularında önemli bir kalite parametresidir. Sertliğe neden olan bazı sudaki elementlere demir, alüminyum, çinko, mangan ve stronsiyumu örnek verebiliriz. Fakat Ca ve Mg kadar etkili değildir. Ülkelerde kullanılan sertlik derecesi birimleri farklı olup birbirlerine dönüştürülebilirler (Dinçer, 2014).

1.3.4. Toplam Alkalinite (TA)

Alkalinite 1 lt sudaki asitle titre edilebilir bazların toplamının mg/L CaCO_3 (ppm) cinsinden ifadesidir. Suyun asitleri tamponlama (buffer) gucu olarakta bilinir. pH'sı 7'den büyük sular alkali su, 7'nin altındaki sular ise asidik su olarak nitelendirilmektedir. Suyun alkaliliğini bikarbonat, karbonat ve hidroksil iyonları oluşturur. Alkali suların içimi iyi olmayıp sağlık açısından bir yan etkisi yoktur (Tepe, 2009).

1.3.5. Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

Suda çözünmüş halde bulunan kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, bikarbonat, klor ve sülfatlar ile az miktarda organik maddelerden oluşmaktadır. Doğal kaynaklardan, lağım sularından, sanayi atıklarından karışımlar olabilir ve toplam çözünmüş madde oluşabilir. Kışın buzlanmaya karşı kullanılan tuzlar ve jeolojik yapı TDS' nin fazlalaşmasını sağlayabilir. Sudaki bulanıklığı da sağlayan katı maddeler, toprak ve bitki parçaları suda var olan sucul ekosistem için zarar teşkil edebilir ve su kalitesinde sorun yaratabilir, su lezzetinde değişikliklere neden olur (Soylak ve Doğan, 2000; Hintz ve ark., 2003).

1.3.6. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

Suyun elektrik akımını taşıyabilme kapasitesine denir. Bu özelliğin suda çözünmüş olarak bulunan iyonların cinsine, konsantrasyonuna ve sıcaklığına bağlı olduğu bilinmektedir. Sudaki iyon konsantrasyonu arttıkça iletkenlikte artmaktadır. Bu nedenle elektriksel iletkenlik, suyun içindeki iyonlaşmış halde bulunan toplam katı maddelerin konsantrasyonu hakkında bilgi vermesi açısından önem taşımaktadır. İletkenlik birimi mho veya Siemens'tir. $1S=1/Ohm=Ohm^{-1}=1mho$ olduğundan, öz iletkenlik = $mho.cm^{-1}$ veya $S.cm^{-1}$ birimi ile ifade edilir. Doğal suların iletkenliği çok az olduğundan özgül iletkenliğin ölçüsü olarak $\mu mho/cm$ veya $\mu S/cm$ kullanılır. Suların elektriksel iletkenliği (Eİ) esas alınarak su sınıflandırılması yapılabildiği gibi, içme ve sulama suları sınıflamasında da bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Hintz ve ark., 2003).

1.3.7. Çözünmüş Oksijen (ÇO)

Çözülmüş oksijen, su içinde çözülmüş molekül halinde bulunan oksijen miktarıdır ve sucul ekosistemleri etkileyen en etken parametrelerdendir. Oksijen, tüm canlılar için hayati öneme sahiptir (Chapman ve Kimstach, 1996). Kaynak sularının oksijen içeriği; sıcaklık, tuzluluk, türbülans, alg ve diğer bitkilerin fotosentetik aktivitesi ve atmosferik basınç ile değişir. Temiz sularda ÇO yaklaşık 10 mg/L civarındadır. Soğuk sular genellikle daha fazla çözülmüş oksijen içerir (Chin, 2006).

1.3.8. Toplam Fosfor (TP)

Doğal sularda verimlilik üzerine en önemli etkisi olan minerallerden fosfor, bazı organizmaların yaşamını sürdürebilmesi için sınırlayıcı anahtar etki gösterir. Bunlara fotosentezle üretim yapan ototrof canlılar örnek verilebilir. Çünkü canlı protoplazmanın ağırlığının büyük bir kısmını fosfor oluşturmaktadır (Kim ve ark., 2017). Toplam fosfor miktarını sucul ortamlarda organik ve inorganik fosfat gruplarının tamamı meydana getirir. Fosfor, Alglerin büyüme hızını etkileyerek üremeyi artırıp su kalitesi üzerindeki parametrelerde değişiklik meydana getirir. Sulara

karışan organik madde, bölgenin jeolojisi, evsel atıklar ve sudaki organizma yaşamı doğal sularda toplam fosfor miktarını etkilemektedir (Kim ve ark.,2017).

1.3.9.Çözülebilir Reaktif Fosfor (SRP)

Toplam fosfor sucul ortamlarda organik ve inorganik fosfat gruplarının toplamıdır ve canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için yararlandıkları yapılardır. SRP yani çözülebilir reaktif fosforlar ortofosfat olarak adlandırılan inorganik fosfatlardır. Sularda kirlilik açısından oluşan en önemli fosfor kirliliği ötrofikasyondur. Alıcı ortama çeşitli yollardan ulaşan fosfor alglerin çoğalmasını ve suda çözünmüş oksijen miktarının azalmasını sağlamaktadır. Buda içme sularında koku ve tad problemi meydana getirmektedir (Tepe ve Mutlu 2004). Havuz taban çamurları fosfor için adeta bir lavabo görevi üstlenir. Suda var olan fosforu hızla bağlayarak bünyesine dahil eder.

1.3.10. Tuzluluk

1 kg suda çözünmüş toplam iyonların ‰ veya ppt olarak derişim şeklinde ifade edilen tuzluluk, bulundukları yerdeki kayalar, yağış ve buharlaşma etkisi altındadır. Deniz suyundan farklı olarak iç sularda tuzluluğu meydana getiren Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- gibi anyon ve katyonlardır. Suda bulunan tuzluluğun artması ile osmotik basınç ve elektriksel iletkenlikte artmaktadır (Atay ve Pulatsü, 2000).

Sulardaki tuzluluk miktarı sucul yaşamdaki canlıların yaşamlarını da etkilemektedir. Evsel atıklar ve endüstriyel atıklar ile sularda biriken tuzluluk sulama suyu olarak kullanılacak sularda en önemli sorunlardandır (Cirik ve Cirik, 2005; Egemen, 2006; Yetik, 2007). Balıkların vucudlarındaki tuzluluk yoğunluğunu çevresel tuzluluk yoğunluğuna göre düzenlemeleri osmoregulasyon olarak bilinir.

1.3.11. Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP)

Çözelti içerisinde oksitlendirme ve indirgeme gücünü milivolt olarak değerlendiren bir ölçümdür. Elektron transferi ile alakalıdır. Oksidan maddelerin fazlalığı su kaynağında

oksidasyon redüksiyon potansiyelinin yüksek olduğunu gösterir. Redüktan madde ile de ters orantılıdır. Su kaynağında yapılan ölçümlerde organik bileşiklerin karışmış olduğu yer altı sularında negatif değerler, kirlenmemiş doğal yeraltı sularında pozitif değerler çıkmaktadır. Negatif değer çıkması suyun antioksidan özellikte olduğunu, pozitif çıkması ise okside edici ve paslandırma özelliğinin olduğunu göstermektedir (Rostom ve ark., 2017).

1.3.12. Nitrit Azotu (NO₂-N)

Nitrit sağlık açısından önemli bir parametredir (Çobanoğlu ve Güler, 1994). Bazı bakteriler tarafından indirgenen nitratin, nitrite dönüşmesi ile fazla miktarda nitrit açığa çıkar. Bu nitritin emilerek kandaki hemoglobini methemoglobine çevirmesi sonucunda kahve rengi kan hastalığı denilen durum oluşur ve oksijen dokulara taşınmaz ve böylece balık ölümleri ortaya çıkar. Ayrıca nitrit yalnız başına kanserojen nitroaminlerin meydana gelmesini sağladığından arzu edilmeyen bir değerdir (Güler,1997; Atabey, 2005). Amonyak ve nitrit sulardaki organik kirlenmeyi gösterdiğinden sularda detaylı bir bakteriyolojik incelemenin yapılması gerektiğini düşündürmektedir. Doğal sular içinde bulunan nitrit kısa sürede nitrata dönüşmektedir (Atabey, 2005). Bu dönüşüm için ortamda oksijen, gram negatif bakteri olan aeromonas ve en az 15 °C su sıcaklığı olmalıdır.

1.3.13. Nitrat Azotu (NO₃-N)

Doğal sularda bulunan nitratin nispeten az bir kısmı, çoğu organik ve inorganik kaynaklardan gelen, atık deşarjları dahil olmak üzere, esas olarak suni gübrelerden oluşan mineral kökenlidir. Bununla birlikte, bakteriyel oksidasyon ve azotun bitkilerle sabitlenmesi nitrat üretebilir (Atabey, 2005). Nitratin kendisi doğrudan bir toksik madde değildir, ancak methemoglobine neden olan kan hemoglobini ile reaksiyona giren nitrite dönüşmesi nedeniyle sağlık açısından tehlikelidir. Atık su, nitrojen madde bakımından zengindir; bu da bakteriyel etki yoluyla en sonunda su ortamında nitrat olarak görünebilir. Bu nedenle, örneğin yer altı sularındaki nitratin varlığı, atık su

kirliliğinden ya da toprağa yayılan aşırı gübrelerden veya gübre bulamaçlarından kaynaklanmaktadır (Kim ve ark.,2017).

1.3.14.Silikat (SiO_2)

Silikon dioksit (SiO_2) genellikle silikat olarak bilinir. Doğal sularda her zaman olan ve silika olarak adlandırılan kayalarda en çok bulunan elementtir. Suda bulunan çözülmüş silisin kaynağı silikatların metamorfik veya atmosferik olaylarla kimyasal parçalanmalarıdır. Alglerin ana yapısını oluşturmakta olan diatomların (Bacillariophyta) yapısının ana bir bileşenidir ve bir su içinde alg büyümesi gerçekleştiğinde, diatom popülasyonu arttıkça silika seviyelerinde çarpıcı bir düşüş olacaktır (Taş ve ark., 2019). Silisyumun suyun saflığı veya tüketime uygunluğu için belirgin bir çağrışım olmadığı için belirlediği diatom popülasyonu ile bağlantılıdır (Kim ve ark.,2017).

1.4. Makro Elementler ve Ağır Metaller

Çok yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, kendine özgü parlaklığı olan, oksijenli birleşimiyle çoğunlukla bazik oksitler veren maddelere metal denir. Ağır metal ise toksik etki gösteren metallere denir. Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd), Arsenik (As), Cıva (Hg), Demir (Fe), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn) olmak üzere 60'tan fazla ağır metal vardır. Yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak ikiye ayrılırlar. Suya taşınmaları rüzgarlarla, volkanik faaliyetlerle, erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, orman yangınları ile gerçekleşir (Gündüz, 2008; Ustaoglu ve Tepe, 2018). Ağır metaller sulardaki kirlenmenin önemli kaynaklarından sayılsa da bazı ağır metallerin uygun miktarları canlı yaşamı için gerekli olup noksanlıkları değişik semptomatik bozukluklara sebep olabilir (Ustağlu ve Aydın, 2020). Gerekli olsun ya da olmasın yüksek miktarları potansiyel olarak zehirlidirler (Ağcasulu, 2007). Bu metaller endüstriyel, kentsel ve tarımsal atıklar ile topraktan doğal su kaynaklarına yansarak suları kirlenmektedirler. Suları kirlenerek topraktan suya geçen başlıca metaller; Na, K, Ca, Mg ve kısmen Al'dir. Endüstri ve evsel atıklar yoluyla suyu kirlen toksik metaller ise Al, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg, As, Cr, Co, Mn ve Zn gibi metallerdir. En

tehlikelileri Hg, Cd, Bi, Sb, Pb ve As'dir (Demirak ve Mutluay, 1996). Ağır metaller havaya atıldığında karaya, bitkilere buradan dolaylı yollardan insan ve hayvanlara nüfus ederler. Endüstriyel atıkların suya karışması ile partiküllerin tozlaşması ile yine canlılara nüfus etme sağlanır (Güven ve ark., 2004). Ağır metallerin kendiliğinden vücutta olma şansı çok düşüktür. Fakat birikimler ile artınca toksik etki yapmaya başlar (Tofan, 2008). İnsan davranışlarını doğrudan etkilemeye başlar. Kandaki asitlik oranını artırır.

Sudaki ağır metal konsantrasyonlarının, kabul edilebilir sınır değerlerle değerlendirilmesi, onların insanlar üzerindeki negatif etkilerinin hassas bir şekilde değerlendirilmesinde yetersiz kalabilir. Sudaki konsantrasyonları uluslararası standartlara uysa bile, yine de önemli sağlık riski oluşturma olasılığına sahip olabilirler (Gao ve ark., 2019; Xiao ve ark., 2019). Bu yüzden son on yılda yerüstü suları ve yeraltı sularının kalitesini daha etkin değerlendirebilmek için kirlilik indekslerinden faydalanılmaktadır. Bu indeksler su kalitesinin değerlendirilmesinde; su kalitesi yöneticileri, çevre yöneticileri, karar vericiler ve potansiyel kullanıcılar için basit, kullanışlı ve anlaşılması kolay araçlardır (Ustaoglu, 2020; Canpolat ve ark., 2020).

1.5. Suların Sulama Suyu Açısından Değerlendirilmesinde Kullanılan Parametreler

Sulama suyu kalitesi her zaman tarımsal ürün veriminin önemli bir parçası olmuştur. Suyun mineral bileşiminin topraklar ve bitkiler üzerindeki etkisi, yeraltı suyunun sulama amaçları için uygunluğunu belirler. Bu amaçla, sulama sularının kalitesini değerlendirmek için SAR, RSC, Na% ve MH gibi çeşitli kriterler kullanılmıştır (Ravikumar ve ark., 2013). Tablo 1.5 'de sınır değerleri verilmiştir.

SAR, Wilcox (1955) tarafından tanımlanmıştır. Deneyler, SAR'ın sulama suyunun toprakta bir katyon değişim reaksiyonuna girme eğilimini makul bir şekilde tahmin ettiğini göstermektedir. Yüksek SAR değerleri, toprak yapısına nihai olarak zarar veren bir durum olan, sodyumun adsorbe edilmiş kalsiyum ve magnezyumun yerini

alması tehlikesine işaret eder (Khan ve Abbasi, 2013). SAR, meq / L cinsinden verilen konsantrasyonlarla denklem 1'de gösterilen ilişkiye göre hesaplanmıştır.

$$SAR = \frac{Na_{meq}^+}{\sqrt{\frac{Ca_{meq}^{2+} + Mg_{meq}^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

RSC, karbonat ve bikarbonatın tarımsal amaçlı su kalitesi üzerindeki zararlı etkisini belirlemek için hesaplanmıştır. RSC, tüm iyonik konsantrasyonların meq /L cinsinden ifade edildiği denklem 2 ile hesaplanmaktadır (Eaton, 1950).

$$RSC = [Alkalinity \times 0,0333] - (Ca_{meq}^{2+} + Mg_{meq}^{2+}) \quad (2)$$

Genelde sudaki kalsiyum ve magnezyum denge halindedir. Ancak sudaki magnezyum miktarı artarsa, toprağın alkalinitesini artırarak toprak kalitesini olumsuz etkiler, dolayısıyla ürün verimini düşürür (Szabolcs, 1964). MH, tüm değerler meq/ L olarak denklem 3'deki formülle hesaplanmaktadır.

$$MH = \left(\frac{Mg_{meq}^{2+}}{Ca_{meq}^{2+} + Mg_{meq}^{2+}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Toprakların su ve hava geçirme özelliklerine kötü etki eden ve toprağın işlenmesini zorlaştıran Na yüzdesi denklem 4'teki eşitlik ile hesaplanır. Genellikle sodyum oranı fazla olan sular yumuşak sulardır. Eşitlikteki Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} ve K^+ değerleri meq/L cinsinden elde edilir.

$$\%Na = \frac{(Na_{meq}^{2+} + K_{meq}^+) \times 100}{Na_{meq}^+ + Ca_{meq}^{2+} + Mg_{meq}^{2+} + K_{meq}^+} \quad (4)$$

Tablo.1.5. Suların Sulama Suyu Açısından Değerlendirilmesinde Kullanılan Parametreler

% Na (meq/L)	Su Kalitesi	SAR (meq/L)	Su Kalitesi	MH (meq/L)	Su Kalitesi	RSC (meq/L)	Su Kalitesi
<20	Mükemmel	0-6	İyi	<50	Uygun	<1,25	İyi
20-40	İyi	6-9	Şüpheli	> 50	Uygun	1,25-2,5	Şüpheli
40-60	İzin verilebilir	> 9	Uygun değil		değil	> 2.5	Uygun değil
60-80	Şüpheli						
> 80	Uygun değil						

1.6. Su Kalite İndeksi (WQI)

Su kalite indeksi (WQI), suyun içilebilirliği ve yönetim perspektifleri açısından su kalitesini test eden önemli bir araçtır (Sahu ve Sikdar, 2008). Temel amacı geniş su kalitesi veri setini bilgilendirici ve anlaşılabilir bir şekilde azaltmaktır. Su kalitesi verilerinin halka, politika yapıcılara ve yöneticilere çok daha basit sunulmasında oldukça etkilidir. Bu endeksler, dünyanın çeşitli ülkelerinde suyun kalitesini değerlendirmek için önemli ölçüde kullanılmaktadır (Ravikumar ve ark., 2013; Mir, 2019; Khalid, 2019; Kükre ve Mutlu, 2019).

WQI, içme suyu amaçlı çalışma alanındaki yeraltı suyunun kalitesini belirlemek için hesaplanmıştır. Horton'dan (1965) bu yana birçok WQI modeli önerilmiştir, ancak hepsinin sınırlamaları vardır. En çok bilinen model olan ağırlıklı aritmetik ortalama fonksiyonu, WQI'yı hesaplamak için seçilmiştir.

Bu çalışmada WQI hesaplamasına su kalitesindeki önemine göre ve WHO (2011) de limit değeri belirtilmiş parametreler seçilmiştir. Her bir parametreye insan sağlığındaki önemine göre minimum 1, maksimum 5 arası ağırlık değeri (AW) atanmıştır. Aşağıdaki formül kullanılarak bağıl ağırlık (RW) hesaplanmıştır (denklem 5).

$$RW = \frac{AW}{\sum_{i=1}^i AW} \quad (5)$$

İkinci adımda, analizi yapılan parametrelerin konsantrasyon değerleri (C_i) Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) tarafından belirlenmiş içme suyu limit değerine (S_i) bölünüp 100 ile çarpılmasından kalite değerlendirmesi (Q_i) hesaplanmıştır (denklem 6).

$$Q_i = \left(\frac{C_i}{S_i} \right) \times 100 \quad (6)$$

WQI'nın son aşamasında bağıl ağırlık (RW) ile kalite değerlendirmesi (Q_i) çarpılarak her bir su kalitesi parametresi için alt endeksler (SI_i) değerleri belirlendi (denklem 7). Tüm alt değerler (SI) değerlerinin toplanması ile su kalitesi indeksi belirlenmiştir (denklem 8).

$$SI_i = RW \times Q_i \quad (7)$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i \quad (8)$$

Tablo.1.6 Çalışma alanındaki parametrelerin ağırlık değerleri

	WHO (2011)	Ağırlık Değeri (AW)	Bağıl Ağırlık (RW)
Na (mg/L)	200	3	0,04
Mg (mg/L)	50	2	0,02
K (mg/L)	12	2	0,02
Ca (mg/L)	75	2	0,02
Al (μ g/)	200	4	0,05
Cr (μ g/)	50	5	0,06
Mn (μ g/)	400	5	0,06
Fe (μ g/)	300	4	0,05
Ni (μ g/)	70	5	0,06
Cu (μ g/)	2000	2	0,02
Zn (μ g/)	3000	3	0,04
As (μ g/)	10	5	0,06
Cd (μ g/)	3	5	0,06
Pb (μ g/)	10	5	0,06
Toplam		52	0,62

WQI değerleri sırasıyla “0–25, mükemmel su; 26–50, iyi su; 51–75, zayıf su; 76–100, çok zayıf su ve >100 içme suyu için uygun değil” şeklinde değerlendirilmiştir. Aralıklar WQI sınıflandırılması Yadav ve ark. (2010)’na göre yapılmıştır.

1.7. Ağır Metal Kirlilik İndeksi (HPI)

Ağır Metal Kirlilik indeksi (HPI) su kalitesini gösterir ve sudaki ağır metal konsantrasyonundan hesaplanır. HPI hesaplamak ve su kalitesini belirlemek için farklı araştırmacılar tarafından çeşitli algoritmalar önerilmiş ve kullanılmıştır (Kumar ve ark., 2019; Tokatlı ve Ustaoglu, 2020). Ağır Metal Kirlilik indeksi (HPI), genel etkilerin tahmin edilmesinde çok yararlı bir araçtır; çünkü ölçülen tüm metallerin konsantrasyonunu içerir. Bazı eser metaller insanlar için gereklidir, ancak yüksek seviyesi fizyolojik bozukluklara neden olabilir (Chaturvedi ve ark., 2018).

Ağır Metal Kirlilik İndeksi (HPI) ve her parametrenin (Q_i) alt indeksi, aşağıdaki korelasyonlar kullanılarak hesaplanır (Leventeli ve ark., 2019). C_i , sudaki ölçülen ağır metallerin konsantrasyonlarını temsil eder. S_i ise WHO (2011) 'un belirlediği içme suyu standart değerleridir. Eğer HPI 100' den düşük ise seviyeli bir Ağır Metal Kirliliğinin olduğunu ve olumsuz sağlık etkilerinin olmadığını işaret eder. $HPI = 100$ olduğunda, eşik riskinin ve olumsuz sağlık etkilerinin mümkün olduğunu gösterir. HPI 100'den fazlaysa, su içmek için kullanılamaz ve tüketim için uygun değildir (Saleh ve ark., 2019). HPI denklem 9 ve denklem 10'daki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (9)$$

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100 \quad (10)$$

1.8. Ağır Metal Değerlendirme İndeksi (HEİ)

HEİ' de, HPI gibi sudaki Ağır Metal Kirlilik ile ilgili olarak su kalitesinin genel eğilim değerlendirmesini tarif eder. Dolayısıyla suyun kirlilik seviyesinin kolay yorumlanmasına yardımcı olur (Edet ve Offiong 2002). HEİ, denklem 11'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$HEI = \sum_{i=1}^n \frac{H_c}{H_{MAC}} \quad (11)$$

Burada H_c her bir parametre için gözlemlenen değerdir, H_{MAC} ise her bir parametrenin izin verilen maksimum konsantrasyon değeridir. İzin verilen maksimum konsantrasyon (MAC) değerine kıyasla bir metalin konsantrasyonu ne kadar yüksek olursa, suyun kalitesi o kadar kötü olur (Goher ve ark., 2014). Eğer suda konsantrasyonları daha düşük ancak kendi MAC değerlerine yakın elementler varsa ilave etkilere dolayı su kalitesi de düşer. Genel olarak tek bir elementin konsantrasyonu MAC değerinden yüksekse, $HEI > 1$ olur ve su kullanım için uygun değildir. Suda birkaç metal bulunduğunda $HEI < 10$ az, $10 < HEI < 20$ orta, $20 < HEI$ yüksek yoğunluk var demektir (Bodrud-Doza ve ark., 2016; Saleh ve ark., 2019)

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yıldıztekin ve Tuna (2011), Muğla -Karabağlar yöresel kuyu sularının sulama suyu kalitesi ve ağır metal içeriklerini saptamışlardır. Mevsimsel olarak alınan 20'şer adet su örneklerinde Eİ, pH değerleri ile ağır metal (Cd, Co, Ni, Pb, Cu, Fe, Mn) konsantrasyonlarını ölçmüşler ve sonuçların sınır değerlerini aşmadığını bildirmişlerdir.

Dinçer (2014), Giresun ili Görele İlçesinden denize dökülen Çanakçı Deresi'nin bazı su kalite parametreleri ve kirlilik durumunu belirlemek için 12 ay boyunca tespit edilen 3 istasyondan su örnekleri aylık olarak toplanmıştır. Parametrelerin ortalama değerlerini; çözülmüş oksijen 7,11 mg/L, pH 7,92, sıcaklık 13 °C, tuzluluk 0,07 ppt, TDS 0,091 mg/L, Eİ 147 µS/cm, ORP- 94,18 mV, toplam alkalinite 43 mg/L, toplam sertlik 68 mg/L, toplam fosfor 0,46 mg/L, SRP 0,02 mg/L olarak tespit etmiştir.

Tepe ve Aydın (2017), Batlama deresi su kalitesi ve kirlilik düzeyinin belirlemek için yürüttüğü çalışmada ,12 ay boyunca 3 istasyondan su numunelerini toplamıştır. Kaydedilen verilerin ortalama değerleri; çözülmüş oksijen 10,65 mg/L, pH 8,25, sıcaklık 11,54°C, tuzluluk 0,12 ppt, TDS 168,66 mg/L, iletkenlik 203,92 µS/cm, ORP -77,25 mV, toplam alkalinite 103,66 mg/L, toplam sertlik 125,58 mg/L, SRP 0,022 mg/L olarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda Batlama Deresi su kalitesinin tarımsal faaliyetler için kullanılabilir, sucul canlılar için uygun yaşam ortamı olabileceği sonucuna varmıştır.

Özel ve Gemici (2018), yaptıkları çalışmada Bartın Irmağı'nda 12 ay süreyle fiziksel su kalitelerinde meydana gelen değişiklikleri tespit etmeye çalışmışlardır. Sıcaklık 7,5-26,4°C, pH, 7,3- 8,5, iletkenlik 535-735 µS/cm ve çözülmüş oksijen 4,98 – 8,92 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin Kıta İçi Su

Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Değerleri esas alınarak Bartın Irmağı'nın II. ve III. sınıf su kalite sınıfına girdiğini belirlemişlerdir.

Demir ve arkadaşları (2016), Murat Nehri suyunun tarımsal açıdan kullanılabilirliği ile su kalitesindeki zamanla değişimini araştırmışlardır. Murat Nehri suyunun tarımda sulama suyu olarak kullanılabileceği saptamışlardır.

Kobyay ve Yeşilkanat (2017), Doğu Karadeniz illerinden Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Gümüşhane ve Bayburt illerindeki doğal kaynak sularında elemental analizlerini yapmışlardır. Alınan 40 adet doğal kaynak suyu örneğinde ICP-OES cihazı yardımı ile elemental analiz (Na, Al, P, K, Ca, Mn, Ni, Cu, Zn) yapılmıştır. Verileri genel olarak WHO ve TS 266 değerlerine kıyasla izin verilebilir değerlerine uygun bulmuşlardır.

Yavuz (2018), yaptığı çalışmada Kızılcahamam yüzeysel su kaynaklarını Ağır Metal Kirlilik yönünden incelemiştir. İlçe sınırları içerisinde yer alan 10 örnekleme noktasından aldığı numuneleri sertlik, pH, Eİ, tuzluluk analizleri ve bazı ağır metal (Al, As, Cu, Mn, Zn) açısından TS 266, 2005 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı'nda yer alan suların sınıflandırılmasındaki azami değerlerle karşılaştırmıştır. Analizler sonucu yüksek çıkan Al, As, Cr, Cu, değerlerin doğal yollarla su kaynaklarına geçtiğini düşünmüştür. Bunun nedeni Kızılcahamam'ın volkanik kayalardan oluşan dağ yapısı ve jeotermal kaynakların bölgede yer alması olduğunu bildirmiştir.

Özcan (2018), Kütahya ve Köprüören ovalarındaki yüzey ve yeraltı sularının Ağır Metal Kirlilik ve kirleticilerin ne derece etkin olduğunu belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Örnekleme yapılan numunelerde Arsenik (As), Kurşun (Pb), Demir (Fe), Antimon (Sb), Çinko (Zn), Mangan (Mn) konsantrasyonlarını belirleyerek bu suların içme suyu olarak kullanımına uygunluğunu Ulusal ve Uluslararası Kalite Standartlarına göre tespit etmiştir. Ayrıca, bu suların tarımsal sulamaya uygun olup olmadığı da tespit etmiştir.

Ertan (2019), Niğde Bölgesinde içme ve sulama suyu kaynaklarını su kalitesi ve içilebilirlik açısından değerlendirmiştir. Kuyu ve kaynak sularını 2 ayda 37 farklı noktadan alarak çalışmalar yapmıştır. Tüm fiziko-kimyasal parametreler, genel olarak TDS, Ca^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- ve As hariç, içme suyu için WHO ve TS 266 değerlerine uygun olduğunu bulmuştur.

Özer ve Köklü (2019), Aşağı Sakarya Alt Havzası'nın tarımsal sulama kalitesi ni inceledikleri çalışmada, Eİ, TH, SAR, %Na değerlendirme kriterleri kullanılarak bu etkileri yorumlamışlardır.

Kaçar (2019), Hakkâri-Merkez sulama havuzlarındaki su kalitesinin sulama suyu açısından uygunluğunu araştırmıştır. Sulama havuzundan 2018 tarihlerinde 10 adet su örnekleri almış ve alınan sulama suyu örneklerinde pH, Eİ, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , NO_3^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- ve Cl analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yararlanılarak SAR, RSC, %Na değerleri saptamıştır. Sulama sularının büyük çoğunluğu belirlenen sınır değerler arasında ve sulamaya uygun çıktığını bulmuşlardır.

Kahriman (2019), Kastamonu ili, Daday ilçesinde bulunan Bezirgân Hazım Kılıç Göletinde 1 yıl boyunca 3 ayrı istasyondan alınan su numunelerinin bazı fiziksel ve kimyasal su parametrelerini ile ölçmüştür. Çözünmüş oksijen (mg/L), tuzluluk, pH, sıcaklık (°C), Eİ, sodyum (mg/L), potasyum (mg/L), toplam sertlik (mg/L), toplam alkalinite (mg/L), magnezyum (mg/L), kalsiyum (mg/L), nitrit (mg/L), nitrat (mg/L), kurşun ($\mu\text{g/L}$), bakır ($\mu\text{g/L}$), kadmiyum ($\mu\text{g/L}$), çinko ($\mu\text{g/L}$) olmak üzere fiziko-kimyasal parametrenin analizlerini yapmıştır. Yüzey Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (YSKKY)'inde verilen "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" tablosuna göre, III sınıf kaliteli su kriterlerine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Gürbüztürk (2019), Suat Uğurlu Baraj Gölünün bazı fiziksel, kimyasal özelliklerinin, su kalitesinin ve ekolojik durumunun, kirlenme ile ilgili bir problemin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, iletkenlik, toplam çözünmüş madde, tuzluluk, bazı makro, mikro

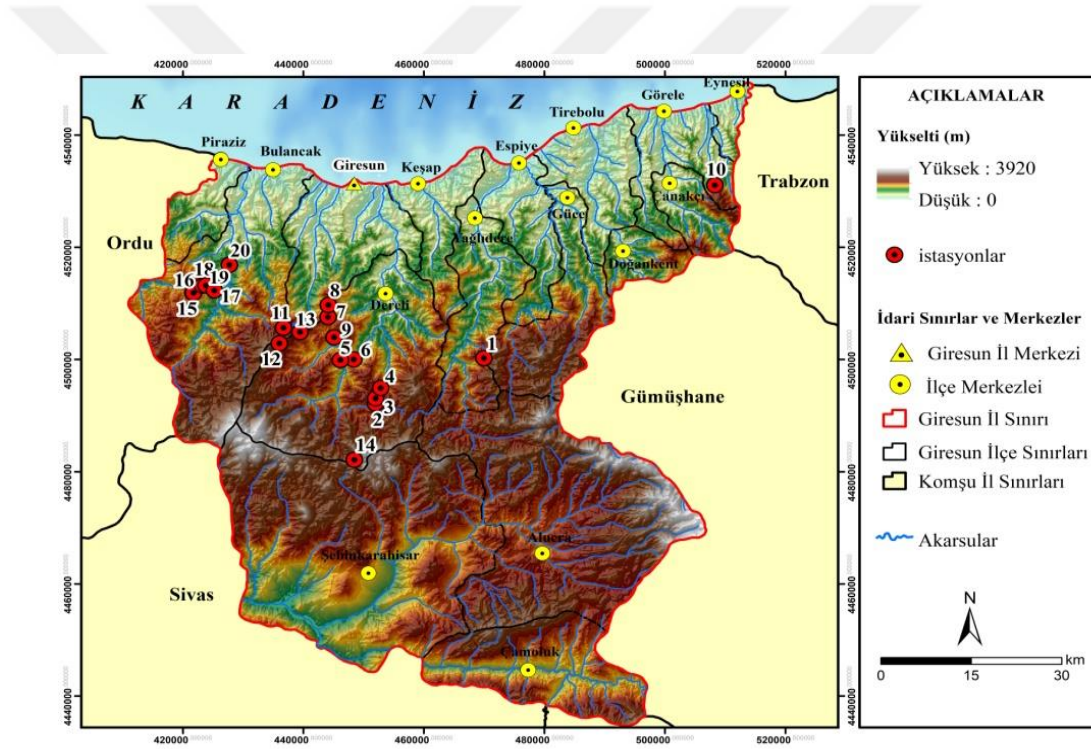
ve iz elementlerin (Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb; $\mu\text{g/L}$) değerlerini belirlemiştir. Araştırma sonucunda Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün su kalitenin I-II. sınıf aralığında olduğunu kaydetmiştir.



BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Saha Çalışması

Bu çalışma Giresun İl sınırları içerisinde yer alan Kümbet, Bektaş, Paşakonağı, Kulakkaya ve Dokuzgöz, Eğribel yaylalarında yürütülmüştür. Belirlenen 20 istasyondan 2019 yağışlı (sonbahar) ve 2020 kurak (yaz) dönemlerinde numuneler alınmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1.Çalışma Alanının Haritası ve Örnekleme Yapılan İstasyonlar

1.İstasyon; Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyonlardan birincisi 40° 38' 07" Kuzey / 38° 38' 41" Doğu koordinatlarında Mavi göl turizm merkezinde bulunmaktadır. Mavi Göl, Giresun iline bağlı Dereli ilçesinin sınırları içerisinde yer alan Pınarlı Köyü'nde yer almaktadır. Mavi Göl ile Giresun şehir merkezi 50 km uzaklıktadır (Şekil.3.2.).



Şekil 3.2. Genel Görünüm İstasyon 1

2.İstasyon; Kümbet Yaylasında yer almaktadır. Kümbet Yaylası; Giresun İlinin 52 km. kadar güneyinde ve Dereli ilçesi sınırlarında 1710 metre rakımı bulunan, yaylalardan birisidir. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 33' 43''$ Kuzey / $38^{\circ} 25' 58''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Genel Görünüm İstasyon 2

3.İstasyon; Kümbet yaylası ile Dereli Yolu arasında su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 34' 14''$ Kuzey / $38^{\circ} 26' 00''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Genel Görünüm İstasyon 3

4.İstasyon; Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 35' 12''$ Kuzey / $38^{\circ} 26' 34''$ Doğu koordinatlarına sahiptir Kümbet yaylası ile Dereli yolu arasında bulunmaktadır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Genel Görünüm İstasyon 4

5.İstasyon; Mavi Göl olarak da bilinen bu istasyon 3 farklı gölün birleşmesi ile meydana geldiği söylenen ve dere görüntüsü andıran karakteri ile de ilgi çekici bir hal almaktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 37' 56''$ Kuzey / $38^{\circ} 23' 22''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Genel Görünüm İstasyon 5

6.İstasyon; Pınarlar Köyünde yer almaktadır. Dereli Köyleri semtinde bulunan Pınarlar Köyü Dereli ilçesine bağlıdır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon 40⁰ 37' 52" Kuzey /38⁰ 21' 48" Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.8.).



Şekil 3.7. Genel Görünüm İstasyon 6

7.İstasyon; Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon 40⁰ 42' 00" Kuzey/38⁰ 20' 19" Doğu koordinatlarında tespit edilmiştir. Kulakkaya Cami Yanı mevkiindedir. Giresun ilinin en çok gidilen yaylaları arasında yer alan Kulakkaya Yaylası, Giresun il merkezine 45 km uzaklıkta ve 1500 rakımlı bir bölgede yer alan, Dereli ilçesine bağlı olan Yavuzkema beldesinin sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.9.).



Şekil 3.8. Genel Görünüm İstasyon 7

8.İstasyon: Kulakkaya Yaylasında yer almaktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 43' 09''$ Kuzey / $38^{\circ} 20' 20''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.10.).



Şekil 3.9. Genel Görünüm İstasyon 8

9.İstasyon; Kulakkaya Yaylasına gidilirken Dereli İlçesine bağlı Süllü Köyündedir. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 40' 03''$ Kuzey / $38^{\circ} 21' 03''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.11.).



Şekil 3.10. Genel Görünüm İstasyon 9

10.İstasyon; Dokuzgöz Yayla yolunda yer almaktadır. Görele ilçesine bağlı bir yayla ve mesire yeridir. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $41^{\circ} 00' 41''$ Kuzey / $39^{\circ} 03' 13''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.12.).



Şekil 3.11. Genel Görünüm İstasyon 10

11.İstasyon; Bektaş Yaylasında yer almaktadır. Bektaş Yaylası Giresun il merkezine 56 km uzaklıkta ve 2030 metre yüksekliktedir. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 40' 56''$ Kuzey / $38^{\circ} 15' 05''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.13.).



Şekil 3.12. Genel Görünüm İstasyon 11

12.İstasyon; Bektaş Yaylasında yer almaktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 39' 26''$ Kuzey / $38^{\circ} 14' 36''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.14.).



Şekil 3.13. Genel Görünüm İstasyon 12

13.İstasyon; Bektaş Yaylasında yer almakta olup su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 40' 37''$ Kuzey / $38^{\circ} 17' 03''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.14. Genel Görünüm İstasyon 13

14.İstasyon; Eğribel Geçidinde bulunmaktadır. Eğribel Geçidi bağlı olduğu Giresun iline 57 kilometre mesafe uzaklıktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^0 28' 17''$ Kuzey / $38^0 23' 32''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.16.).



Şekil 3.15. Genel Görünüm İstasyon 14

15.İstasyon; Paşa Konağı Yaylasında bulunmaktadır. Paşakonağı Yaylası bağlı olduğu Giresun iline 32 kilometre mesafe uzaklıktadır. Denizden yaklaşık 1450 metre yükseklikte yer alan turistik mekân içinde derin vadiler, şelaleler ve yaylaya özgü çiçekleri ile meşhur olmuştur. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^0 44' 12''$ Kuzey / $38^0 04' 21''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.17.).



Şekil 3.16. Genel Görünüm İstasyon 15

16.İstasyon; Paşa Konağı merkezde bulunmaktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 44' 13''$ Kuzey / $38^{\circ} 04' 26''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.18.).



Şekil 3.17. Genel Görünüm İstasyon 16

17.İstasyon; Paşa Konağı Yaylasında yer almaktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 44' 55''$ Kuzey / $38^{\circ} 05' 29''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.19.).



Şekil 3.18. Genel Görünüm İstasyon 17

18.İstasyon; Paşa Konağı Yaylasında yer almaktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 44' 57''$ Kuzey / $38^{\circ} 05' 53''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.20.).



Şekil 3.19. Genel Görünüm İstasyon 18

19.İstasyon; Paşa Konağı Yaylasında yer almaktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 44' 28''$ Kuzey / $38^{\circ} 06' 53''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.21.).



Şekil 3.20. Genel Görünüm İstasyon 19

20.İstasyon Paşa Konağı Yaylasında yer almaktadır. Su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyon $40^{\circ} 46' 57''$ Kuzey / $38^{\circ} 08' 37''$ Doğu koordinatlarına sahiptir (Şekil 3.22.).



Şekil 3.21. Genel Görünüm İstasyon 20

3.2 Örneklerin Alınması ve Hazırlanması

Sıcaklık, pH, iletkenlik, çözülmüş oksijen, tuzluluk, TDS, ORP gibi bazı su kalitesi parametreleri ölçümleri YSI pro1030 and Hach Lange HQ40D model multiparameter ile yerinde ölçülmüştür. Su örneklemeleri, numune kaplarına aldığımız su ile çalkalanarak doldurulmasıyla alınmıştır. Alınan su örnekleri vakit kaybetmeden

Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarlarına getirilerek aynı gün içerisinde analizleri yapılmıştır.

3.2.1. Laboratuvar Çalışmaları

Kimyasal analizler için alınan su örnekleri yağışlı (sonbahar) ve kurak(yaz) mevsimlerde alınmış olup %4 lük HCl ile yıkanmış saf su ile durulanmış 1,5 litrelik polietilen şişeler ile yapılmıştır. Su numuneleri alınıp Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarlarına getirilerek analiz edilmiştir.

Toplam sertlik ve alkalinite için titrimetrik yöntemler kullanılmıştır. Toplam alkalinite için 100 mL su numunesi beherglası alınarak 0,02 N sülfürik asitle (H_2SO_4) titrasyon yapılmıştır. Toplam fosfor ve çözünabilir reaktif fosfor (SRP) analizleri için uygun şekilde kombine reaktif hazırlanmış ve gerekli prosedürler uygulanarak spektrofotometrede okuma yapılmıştır (Boyd ve Tucker,1992).

Nitrat azotu ve nitrit azotu merck marka hazır kitler kullanılarak, Shimadzu UV-1240 model spektrofotometre ile ölçülmüştür.

Metal analizleri için numuneler 0,45 µm filtre kağıdından süzölmüştür. Meydana gelebilecek kontaminasyonu önlemek için pH< 2 olacak şekilde konsantre HNO_3 ilave edilmiş ve analiz edilene kadar 4 °C 'de saklanmıştır.

Su numunelerinden 14 element (Na, K, Ca, Mg, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Cd, Fe, Co) indüktif olarak eşleştirilmiş plazma- kütle spektrometresi (ICP- MS Agilent/ 7700 X) cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Belirlenen istasyonlarda yapılan çalışmada yağışlı (2019 sonbahar) ve kurak (2020 yaz) mevsimde yaylalardaki (Giresun Dağları ve önemli doğa alanı) kaynak sularının kalitesinin belirlenmesi için kullanılan parametre ölçümlerinin ortalama, minimum, maksimum değerleri ile WHO ve TS 266 standart değerleri aşağıda verilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo.4.1. Ölçülen parametrelerin min., mak., ortalama değerleri ile WHO ve TS 266 standart değerleri

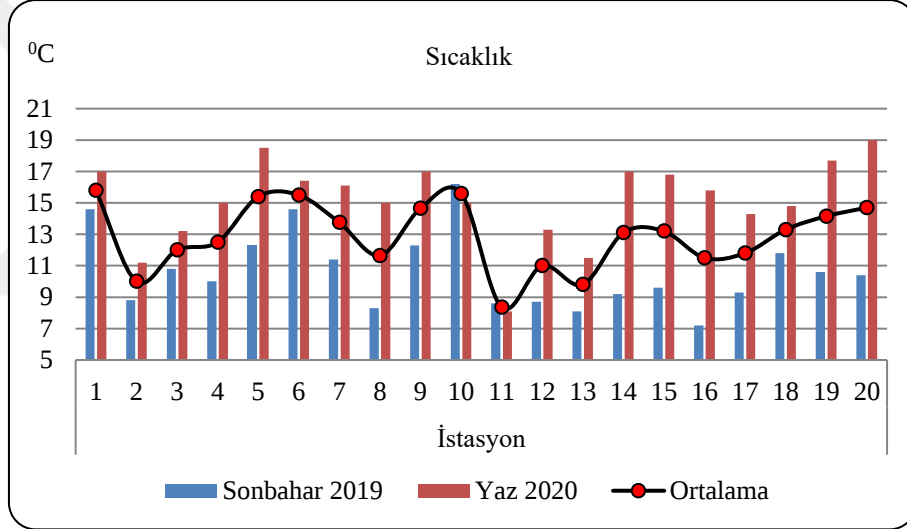
	Ortalama (N=40)	Min.	Max.	WHO,2011	TS 266, 2005
pH	8,3	6,35	10,14	7.5	6,5-9,5
WT(°C)	12,89	7,2	19		
ÇO (mg/L)	9,3	5,95	13,84		
Eİ (µScm-1)	58,14	5,3	428,6	1500	2500
TDS (mg/L)	233	30,9	480	600	
TA (mg/L)	60,35	10	345	600	
TH (mg/L)	53	15	411	100	
SRP (mg/L)	0,02	0	0,063		
Tuzluluk (ppt)	0,05	0	0,4		
ORP (mV)	-93,4	-176	12		
NO ₂ -N (mg/L)	0,04	0,008	0,3	0.9	0,5
NO ₃ -N (mg/L)	1,45	0,09	3,25	11.3	50
SiO ₂ (mg/L)	11,01	7,91	27,7		
TP (mg/L)	0,09	0,01	0,42		
Ca (mg/L)	34,25	6,17	150,18	75	
K (mg/L)	1,50	0,58	2,99	12	
Mg (mg/L)	8,19	2,3	35,19	50	
Na (mg/L)	10,35	4,49	38,15	200	200
Al (µg/L)	1093,58	2,11	4716,6	200	
Cr (µg/L)	2,83	1,02	11,41	50	50
Mn (µg/L)	23,03	1,31	267,8	400	
Fe (µg/L)	67,43	1,64	219,05	300	200
Co (µg/L)	1,92	1,18	10,71	50	
Ni (µg/L)	2,99	1,21	11,86	70	
Cu (µg/L)	9,79	1,59	158,33	2000	2000
Zn (µg/L)	110,54	1,28	605,01	3000	
As (µg/L)	3,74	0,27	11,87	10	10

Tablo.4.1. (Devamı)

Cd (µg/L)	0,77	0,65	2,22	3	5
Pb(µg/L)	2,74	0,55	8,91	10	10

4.1.Sıcaklık

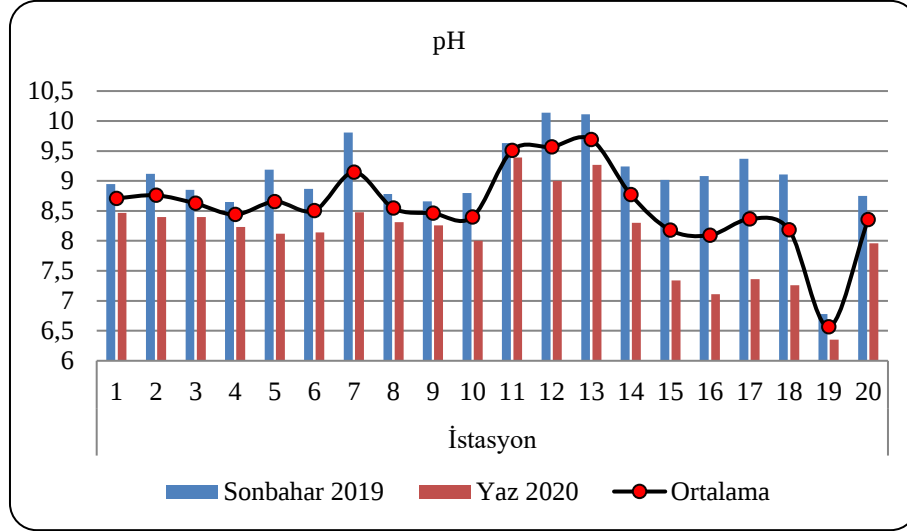
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda su sıcaklığı ortalamaları 8°C ile 16 °C arasında değişim göstermiştir. En düşük sıcaklık (7,2 °C) 16. istasyonda sonbaharda, en yüksek sıcaklık (19 °C) yaz mevsiminde 20. İstasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi ortalamaları ise sırasıyla 10,64 °C -15,14 °C olup genel sıcaklık ortalaması 12,89 °C'dir. Sıcaklık değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. İstasyonlara göre mevsimsel sıcaklık değerleri

4.2 pH

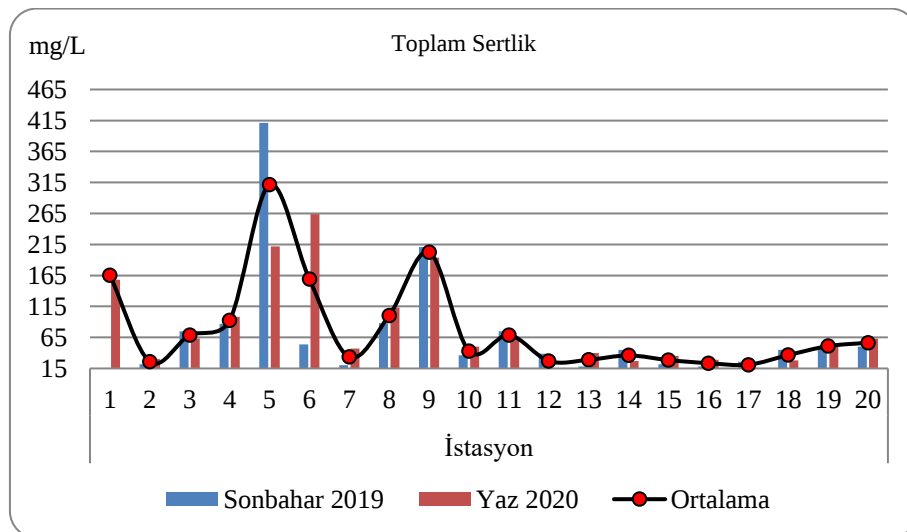
İstasyonlardaki ölçülen pH değerleri ortalamaları 6,5 ile 10 arasında değişim göstermiştir. En düşük pH (6,35) 19.istasyon yaz mevsiminde, en yüksek pH (10,14) 12. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi pH ortalamaları ise sırasıyla 9,04 -8,5 olup genel pH ortalaması 8,3'tür. pH değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 İstasyonlara göre mevsimsel pH değerleri

4.3. Toplam Sertlik (TH)

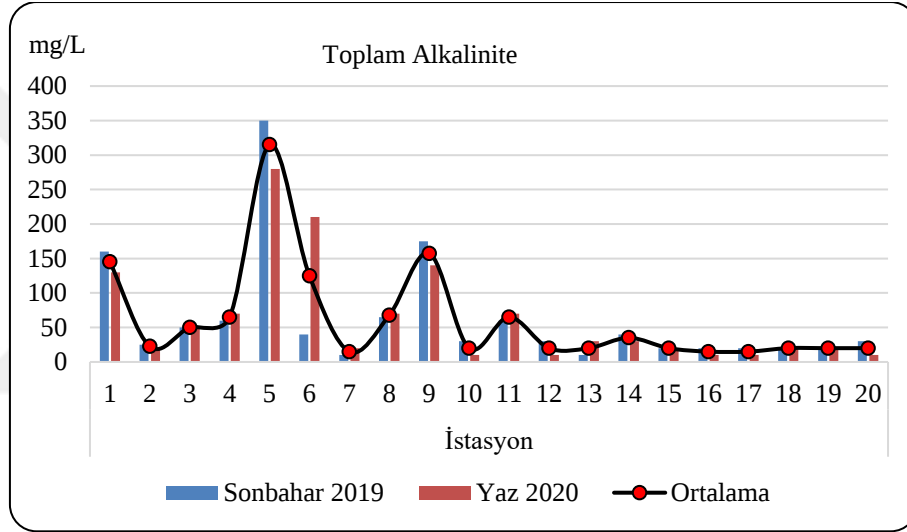
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda toplam sertlik ortalamaları 21 mg/L ile 312 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük toplam sertlik (15 mg/L) 12. istasyonda yaz, en yüksek toplam sertlik (411 mg/L) sonbahar mevsiminde 5. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi toplam sertlik ortalamaları ise sırasıyla 78,1 mg/L -80 mg/L olup genel toplam sertlik ortalaması 53 mg/L'dir. Toplam sertlik değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil.4.3. İstasyonlara göre mevsimsel TH değerleri

4.4. Toplam Alkalinite (TA)

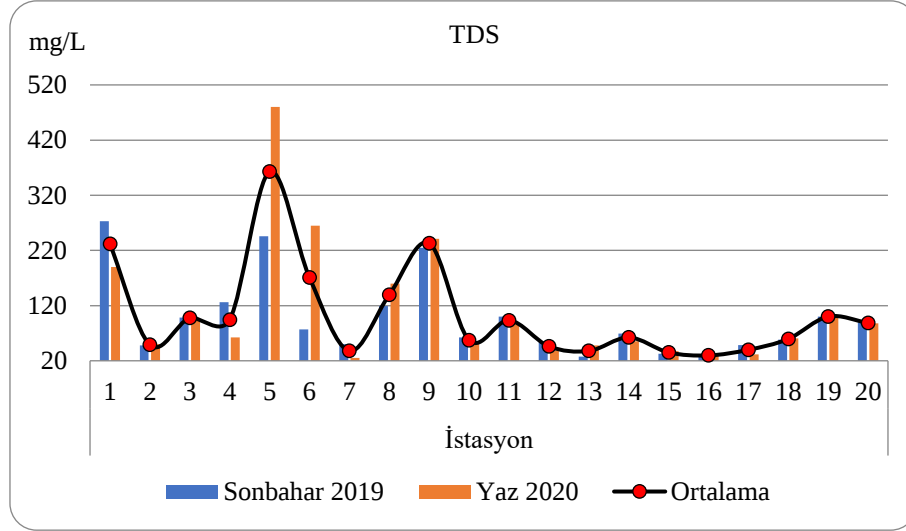
İstasyonlardaki ölçülen toplam alkalinite değerleri ortalamaları 16 mg/L ile 314 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük toplam alkalinite (10 mg/L) 20.istasyon yaz mevsiminde, en yüksek toplam alkalinite (345 mg/L) 5. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi toplam alkalinite ortalamaları ise sırasıyla 59 mg/L -61,7 mg/L olup genel toplam alkalinite ortalaması 60,35 mg/L 'dir. Toplam alkalinite değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.4'de sunulmuştur.



Şekil.4.4. İstasyonlara göre mevsimsel TA değerleri

4.5. Toplam Çözünmüş Madde Miktarı (TDS)

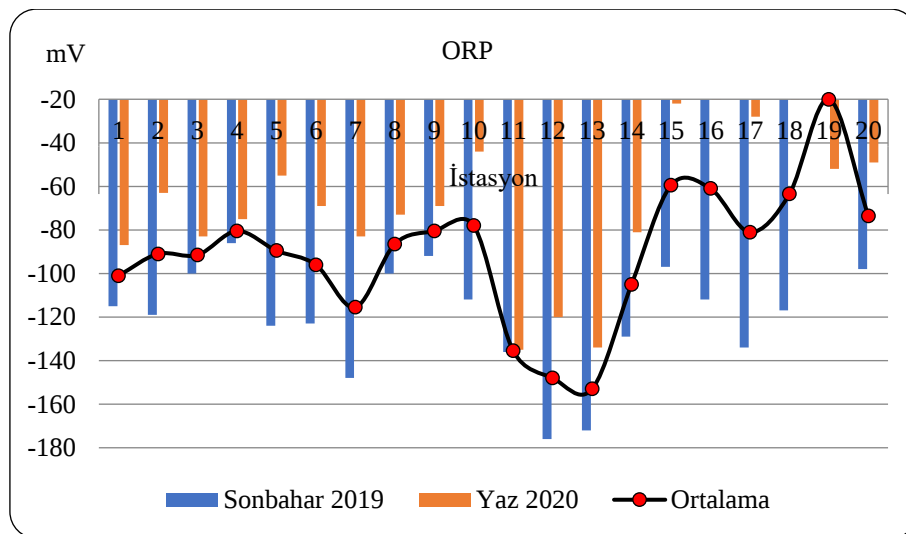
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda TDS ortalamaları 37 mg/L ile 363 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük TDS (27,8 mg/L) 5. istasyonda yaz, en yüksek TDS (480 mg/L) yaz mevsiminde 5. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi TDS ortalamaları ise sırasıyla 249 mg/L -245,2 mg/L olup genel TDS ortalaması 233 mg/L'dir. TDS değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil.4.5. İstasyonlara göre mevsimsel TDS değerleri

4.6. Oksidasyon İndirgeme Potansiyeli (ORP)

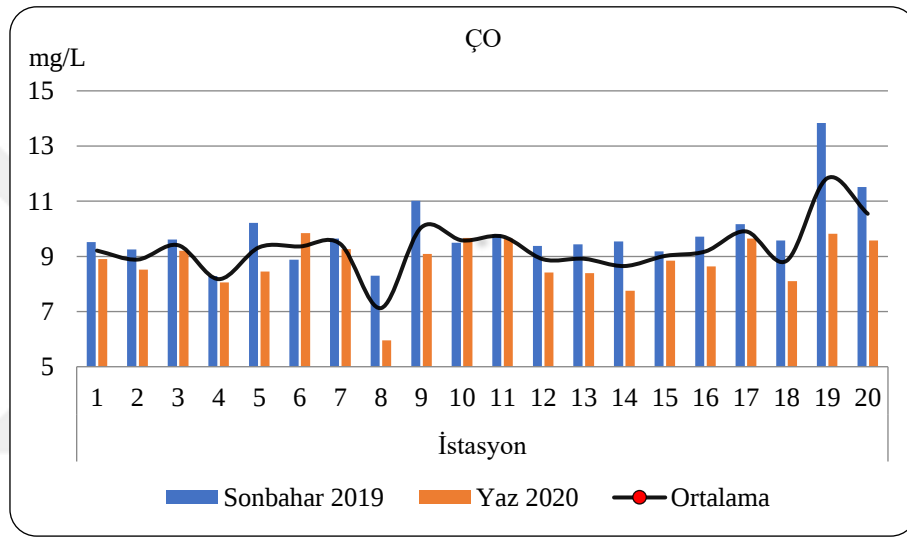
İstasyonlardaki ölçülen ORP değerleri ortalamaları -20 mV ile -136 mV arasında değişim göstermiştir. En düşük ORP (-176 mV) 12.istasyon sonbahar mevsiminde, en yüksek ORP (-10 mV) 16., 18. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi ORP ortalamaları ise sırasıyla -113,9 mV, -67,1 mV olup genel ORP ortalaması -93,4 mV'dir. ORP değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil.4.6. İstasyonlara göre mevsimsel ORP değerleri

4.7. Çözünmüş Oksijen (ÇO)

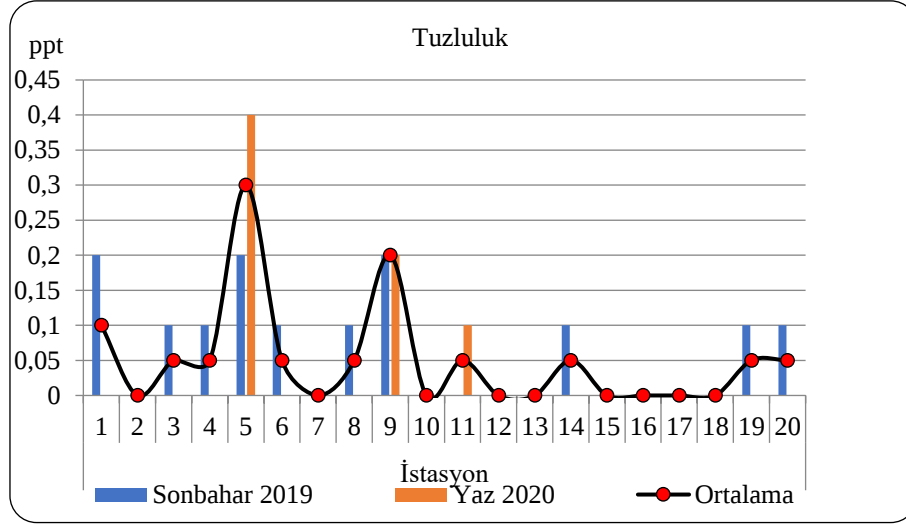
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda ÇO ortalamaları 7 mg/L ile 12 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük ÇO (5,95 mg/L) 8. istasyonda yaz, en yüksek ÇO (13,84 mg/L) sonbahar mevsiminde 19. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi ÇO ortalamaları ise sırasıyla 9,1 mg/L- 8,78 mg/L olup genel ÇO ortalaması 9,3 mg/L'dir. ÇO değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil.4.7. İstasyonlara göre mevsimsel ÇO değerleri

4.8. Tuzluluk

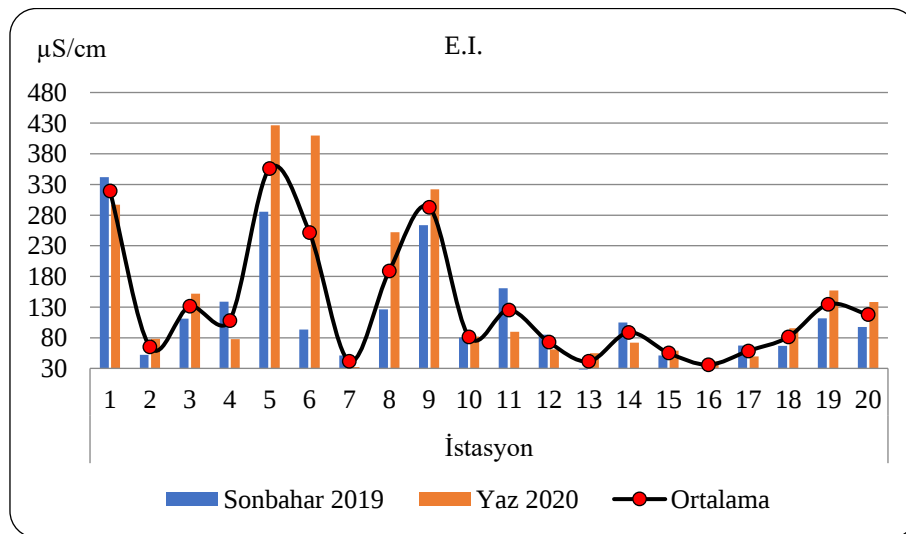
İstasyonlardaki ölçülen tuzluluk değerleri ortalamaları 0 ppt ile 0,2 ppt arasında değişim göstermiştir. En düşük tuzluluk (0 ppt) en yüksek tuzluluk (0,4 ppt) 5. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi tuzluluk ortalamaları ise sırasıyla 0,065 ppt – 0,035 ppt olup genel tuzluluk ortalaması 0,05 ppt'dir. Tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil.4.8. İstasyonlara göre mevsimsel tuzluluk değerleri

4.9. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

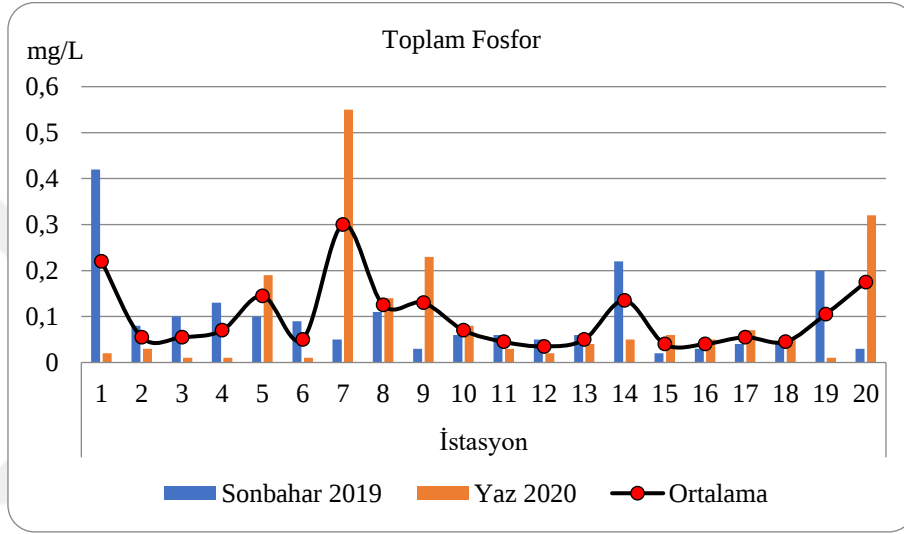
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda Eİ ortalamaları 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 451 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişim göstermiştir. En düşük Eİ (5,95 $\mu\text{S}/\text{cm}$) 17. istasyonda yaz, en yüksek Eİ (428,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) yaz mevsiminde 5. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Eİ ortalamaları ise sırasıyla 52 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -64,28 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olup genel Eİ ortalaması 58,14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Eİ değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.9'da sunulmuştur.



Tablo.4.9. İstasyonlara göre mevsimsel Eİ değerleri

4.10. Toplam Fosfor (TP)

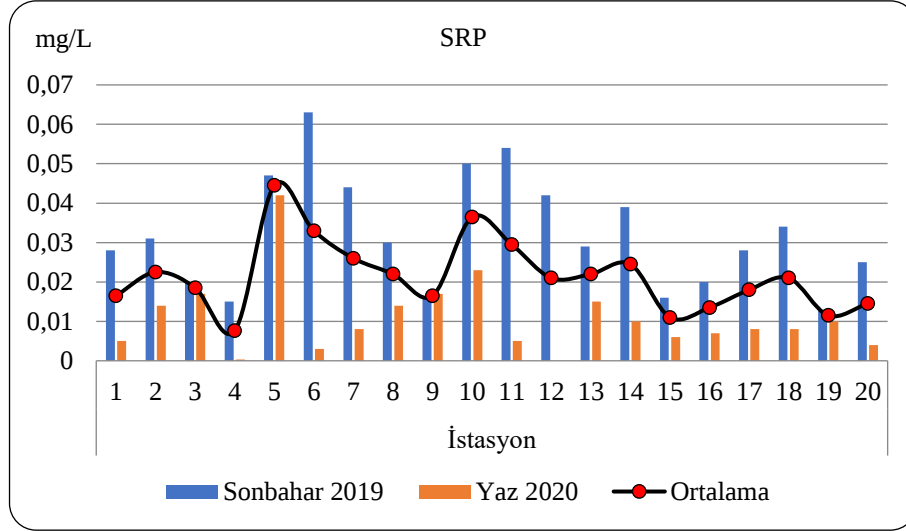
İstasyonlardaki ölçülen toplam fosfor değerleri ortalamaları 0,3 mg/L ile 0,05 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük TP (0 mg/L) en yüksek TP (0,4 mg/L) 5. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi TP ortalamaları ise sırasıyla 0,083 mg/L– 0,098 mg/L olup genel TP ortalaması 0,09 mg/L'dir. TP değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil.4.10. İstasyonlara göre mevsimsel toplam fosfor değerleri

4.11. Çözülebilir Reaktif Fosfor (SRP)

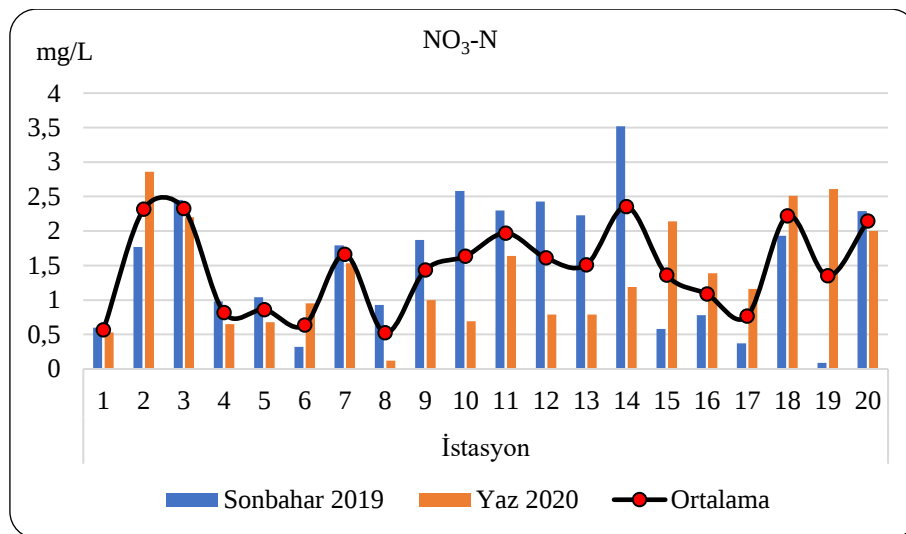
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda SRP ortalamaları 0,007 mg/L ile 0,04 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük SRP (0,0003 mg/L) 4. istasyonda yaz, en yüksek SRP (0,06 mg/L) sonbahar mevsiminde 6. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi SRP ortalamaları ise sırasıyla 0,032 mg/L -0,01 mg/L olup genel SRP ortalaması 0,02 mg/L'dir. SRP değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.11'de sunulmuştur.



Şekil.4.11. İstasyonlara göre mevsimsel SRP değerleri

4.12.Nitrat Azotu (NO₃-N)

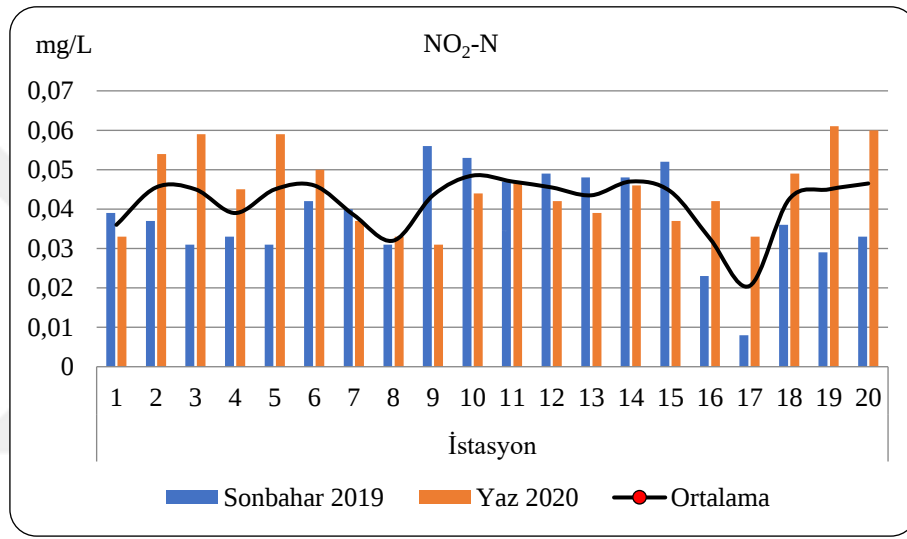
İstasyonlardaki ölçülen nitrat azotu değerleri ortalamaları 0,5 mg/L ile 2,5 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük nitrat azotu (0,09 mg/L) 19. İstasyon sonbahar mevsiminde, en yüksek nitrat azotu (3,52 mg/L) 14. İstasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi nitrat azotu ortalamaları ise sırasıyla 1,54 mg/L – 1,37 mg/L olup genel nitrat azotu ortalaması 1,45 mg/L'dir. Nitrat azotu değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil.4.12. İstasyonlara göre mevsimsel NO₃-N değerleri

4.13.Nitrit Azotu (NO₂-N)

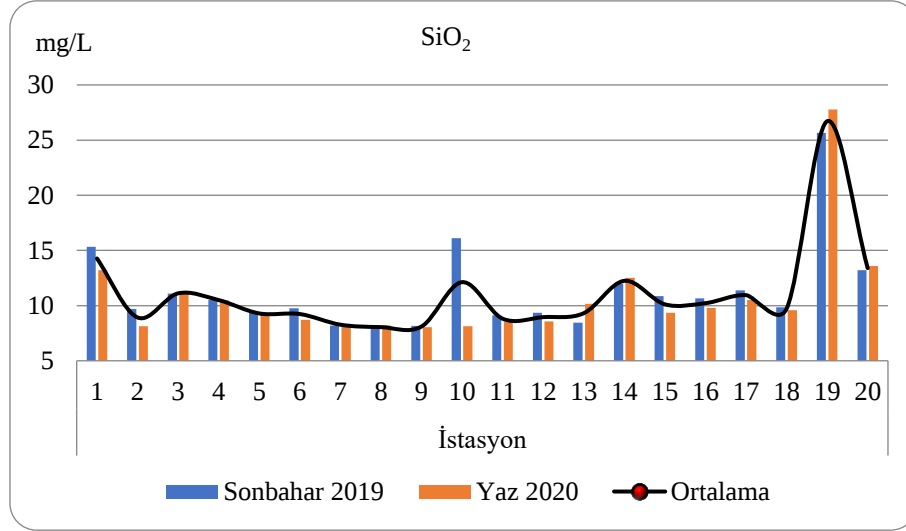
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda nitrit azotu ortalamaları 0,03 mg/L ile 0,04 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük nitrit azotu (0,008 mg/L) 17. istasyonda sonbahar mevsiminde, en yüksek nitrit azotu (0,3 mg/L) sonbahar mevsiminde 8. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi ortalamaları ise sırasıyla 0,05 mg/L -0,04 mg/L olup genel nitrit azotu ortalaması 0,04 mg/L'dir. Nitrit azotu değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.13'de sunulmuştur.



Şekil.4.13. İstasyonlara göre mevsimsel NO₂-N değerleri

4.14.Silikat

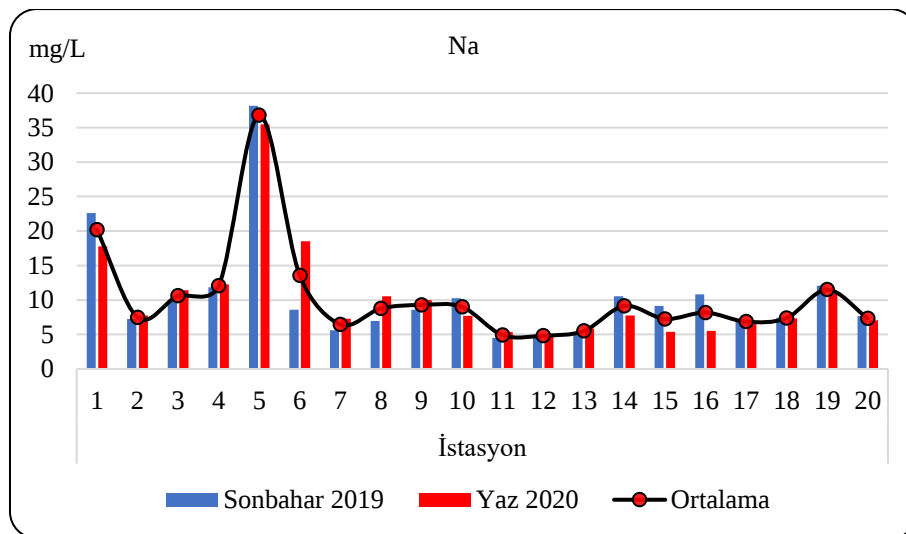
İstasyonlardaki ölçülen silikat değerleri ortalamaları 8 mg/L ile 14,5 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük silikat (7,91 mg/L) 8. İstasyon sonbahar mevsiminde, en yüksek silikat (27,7 mg/L) 19. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi silikat ortalamaları ise sırasıyla 11,33 mg/L – 10,69 mg/L olup genel silikat ortalaması 11,01 mg/L'dir. Silikat değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil.4.14. İstasyonlara göre mevsimsel SiO₂ değerleri

4.15. Sodyum (Na)

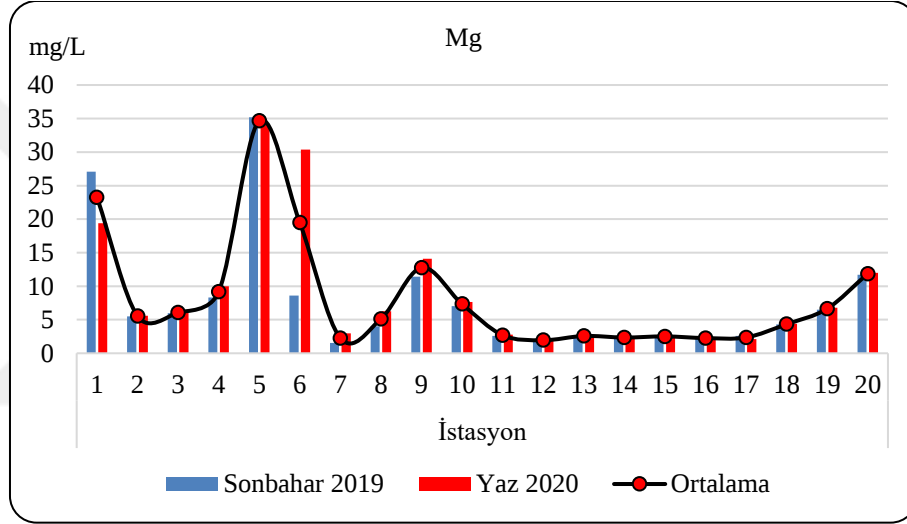
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda Na ortalamaları 4,5 mg/L ile 37 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Na (4,49 mg/L) 11. istasyonda sonbahar mevsiminde, en yüksek Na (38,15 mg/L) sonbahar mevsiminde 5. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Na ortalamaları ise sırasıyla 10,44 mg/L -10,26 mg/L olup genel Na ortalaması 10,35 mg/L'dir. Na değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.15'de sunulmuştur.



Tablo.4.15. İstasyonlara göre mevsimsel Na değerleri

4.16.Magnezyum (Mg)

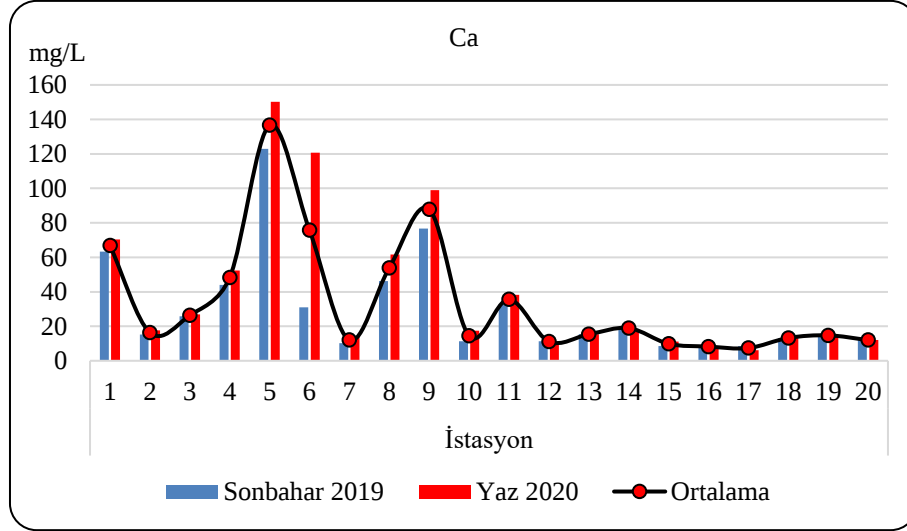
İstasyonlardaki ölçülen Mg değerleri ortalamaları 2 mg/L ile 35 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Mg (2,3 mg/L) 14. istasyon yaz mevsiminde, en yüksek Mg (34,1 mg/L) 5. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Mg ortalamaları ise sırasıyla 7,71 mg/L – 8,66 mg/L olup genel Mg ortalaması 8,19 mg/L'dir. Mg değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil.4.16. İstasyonlara göre mevsimsel Mg değerleri

4.17.Kalsiyum (Ca)

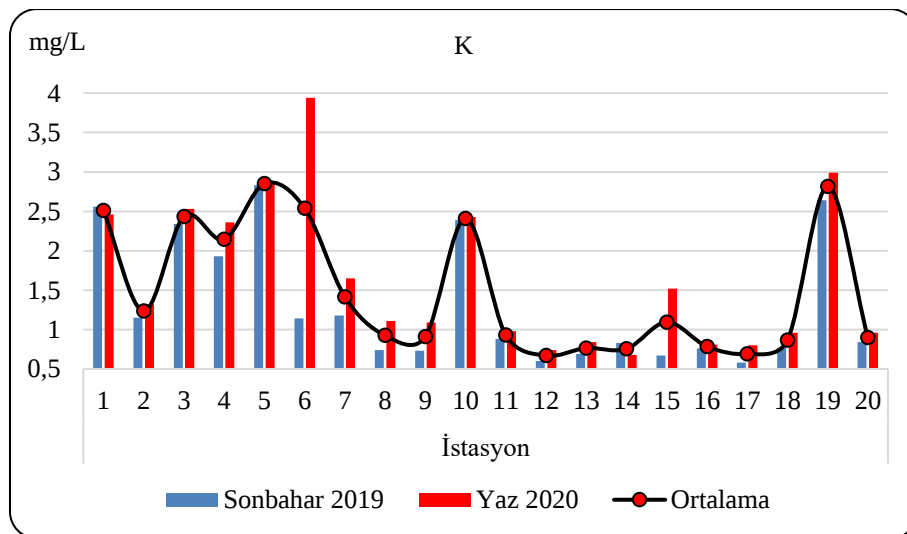
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda Ca ortalamaları 8 mg/L ile 137 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Ca (6,17 mg/L) 17. istasyonda yaz mevsiminde, en yüksek Ca (150,18 mg/L) yaz mevsiminde 5. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Ca ortalamaları ise sırasıyla 29,6 mg/L -38,9 mg/L olup genel Ca ortalaması 34,25 mg/L'dir. Ca değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.17'de sunulmuştur.



Şekil.4.17 İstasyonlara göre mevsimsel Ca değerleri

4.18.Potasyum (K)

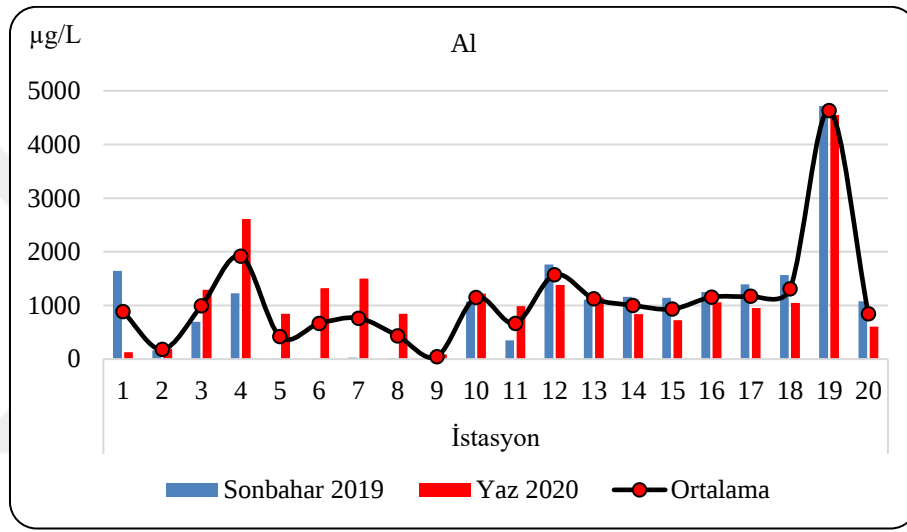
İstasyonlardaki ölçülen K değerleri ortalamaları 0,5 mg/L ile 2,9 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük K (0,6 mg/L) 12. istasyon sonbahar mevsiminde, en yüksek K (2,99 mg/L) 19. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi K ortalamaları ise sırasıyla 1,35 mg/L – 1,65 mg/L olup genel K ortalaması 1,50 mg/L'dir. K değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil.4.18. İstasyonlara göre mevsimsel K değerleri

4.19. Alüminyum (Al)

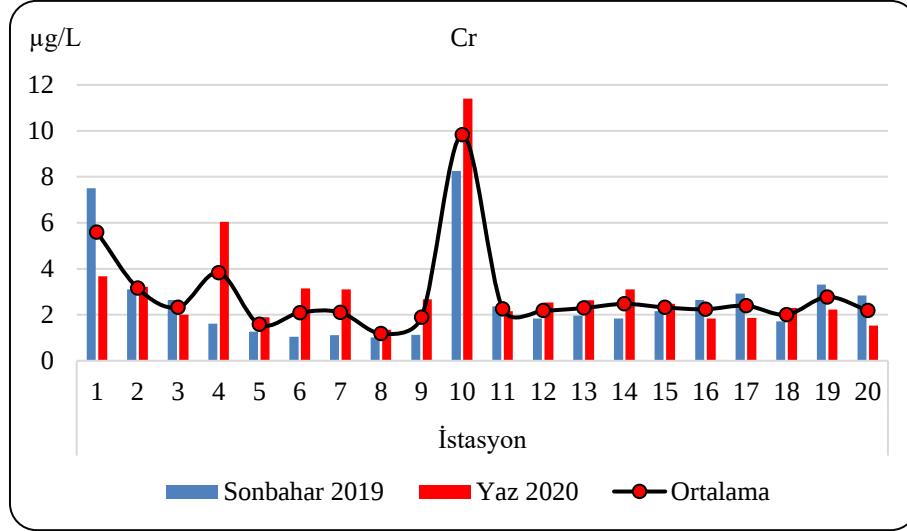
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda Al ortalamaları 48 µg/L ile 1920 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Al (2,11 µg/L) 5. istasyonda sonbahar mevsiminde, en yüksek Al (4716,66 µg/L) sonbahar mevsiminde 19. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Al ortalamaları ise sırasıyla 1019,93 µg/L-1167,24 µg/L olup genel Al ortalaması 1093,58 µg/L'dir. Al değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.19'da sunulmuştur.



Şekil.4. 19. İstasyonlara göre mevsimsel Al değerleri

4.20.Krom (Cr)

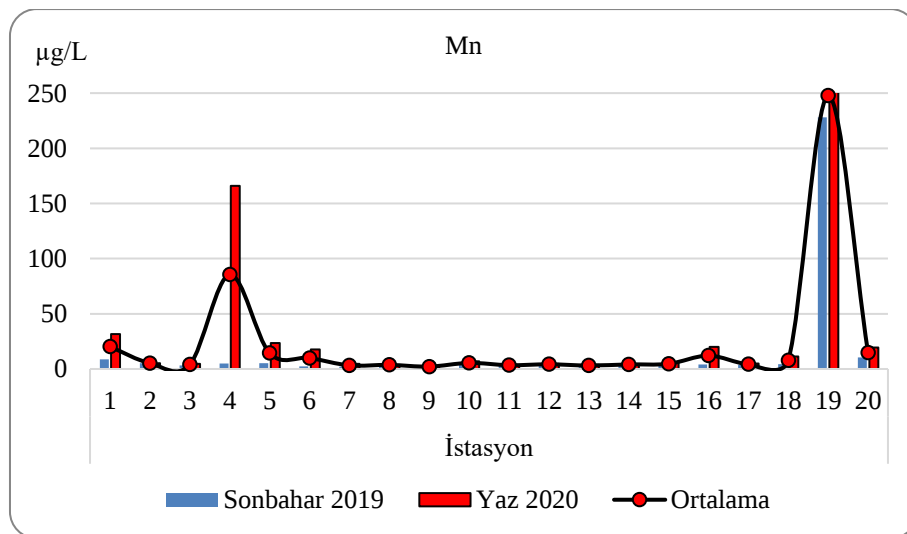
İstasyonlardaki ölçülen Cr değerleri ortalamaları 1,5 µg/L ile 9,9 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Cr (1,02 µg/L) 8. istasyon sonbahar mevsiminde, en yüksek Cr (8,26 µg/L) 10. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Cr ortalamaları ise sırasıyla 2,61 µg/L – 3,05 µg/L olup genel Cr ortalaması 2,83 µg/L'dir. Cr değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil.4. 20. İstasyonlara göre mevsimsel Cr değerleri

4.21.Mangan (Mn)

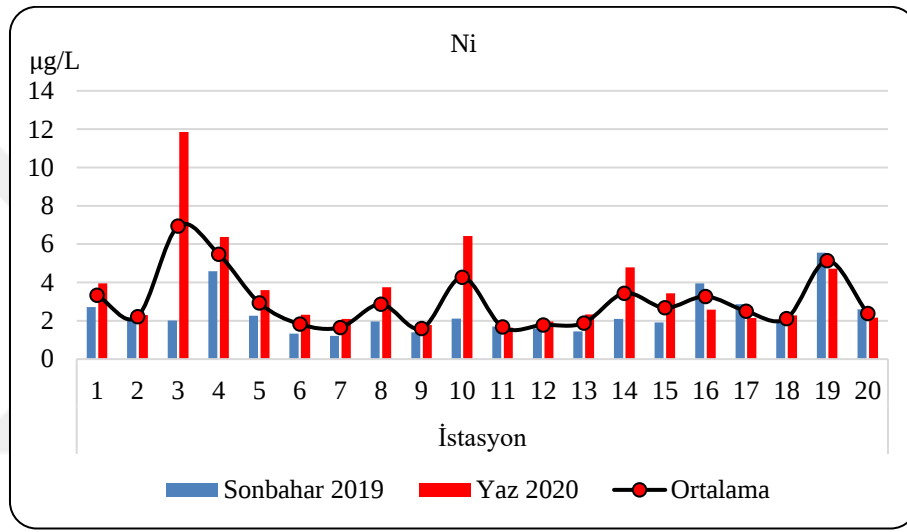
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda Mn ortalamaları 2 µg/L ile 248 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Mn (1,31 µg/L) 9. istasyonda sonbahar mevsiminde, en yüksek Mn (267,8 µg/L) yaz mevsiminde 19. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Mn ortalamaları ise sırasıyla 15,53 µg/L-30,5 µg/L olup genel Mn ortalaması 23,03 µg/L'dir. Mn değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.21'de sunulmuştur.



Şekil.4. 21. İstasyonlara göre mevsimsel Mn değerleri

4.22.Nikel (Ni)

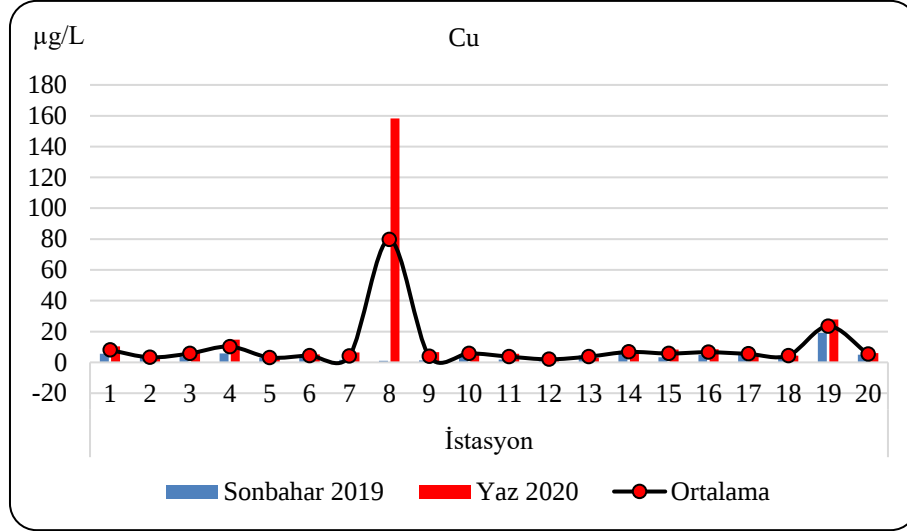
İstasyonlardaki ölçülen Ni değerleri ortalamaları 1,5 µg/L ile 7 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Ni (1,21 µg/L) 7. istasyon sonbahar mevsiminde, en yüksek Ni (11,86 µg/L) 3. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Ni ortalamaları ise sırasıyla 2,36 µg/L – 3,62 µg/L olup genel Ni ortalaması 2,99 µg/L'dir. Ni değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil.4. 22. İstasyonlara göre mevsimsel Ni değerleri

4.23.Bakır (Cu)

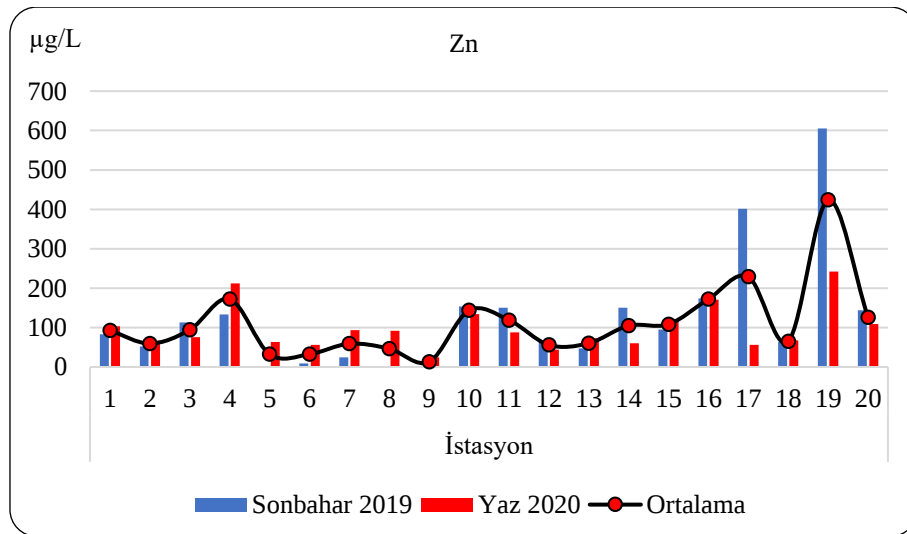
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda Cu ortalamaları 1,5 µg/L ile 80 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Cu (0,95 µg/L) 8. istasyonda sonbahar mevsiminde, en yüksek Cu (158,33 µg/L) yaz mevsiminde 8. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Cu ortalamaları ise sırasıyla 4,59 µg/L-14,98 µg/L olup genel Cu ortalaması 9,79 µg/L'dir. Cu değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.23'de sunulmuştur.



Şekil.4.23. İstasyonlara göre mevsimsel Cu değerleri

4.24.Çinko (Zn)

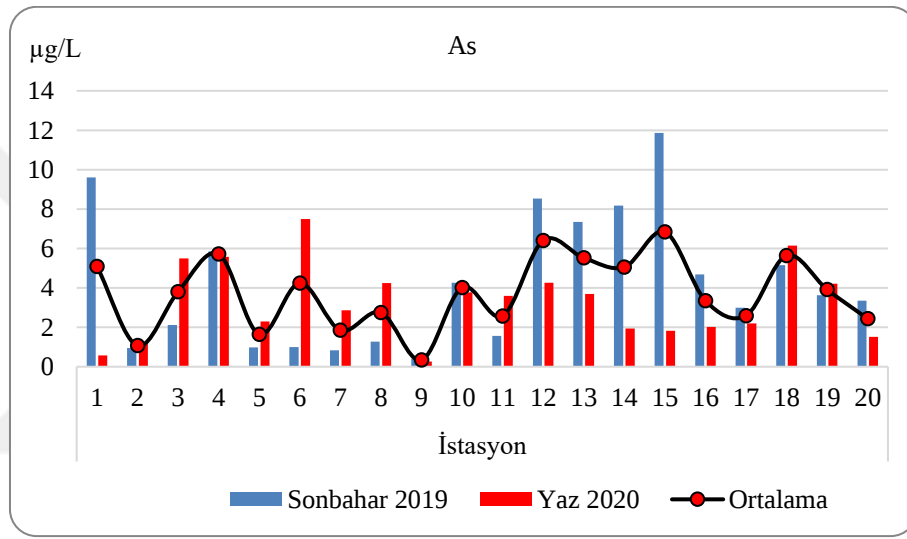
İstasyonlardaki ölçülen Zn değerleri ortalamaları 32 µg/L ile 424 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Zn (1,81 µg/L) 5. istasyon sonbahar mevsiminde, en yüksek Zn (605,01 µg/L) 19. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Zn ortalamaları ise sırasıyla 123,5 µg/L – 97,58 µg/L olup genel Zn ortalaması 110,54 µg/L’dir. Zn değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.24’de gösterilmiştir.



Şekil.4.24. İstasyonlara göre mevsimsel Zn değerleri

4.25.Arsenik (As)

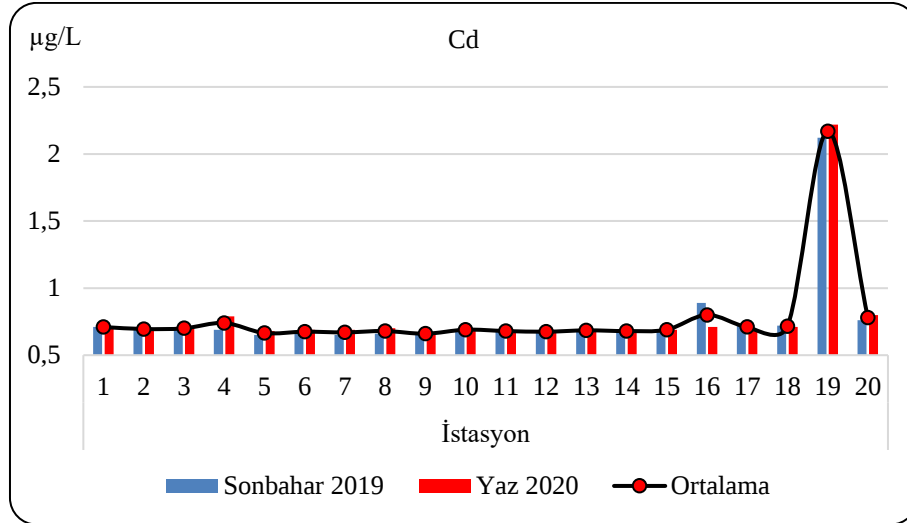
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda As ortalamaları 0,3 µg/L ile 7 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük As (0,27 µg/L) 9. istasyonda yaz mevsiminde, en yüksek As (11,87 µg/L) sonbahar mevsiminde 15. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi As ortalamaları ise sırasıyla 4,22 µg/L-3,26 µg/L olup genel As ortalaması 3,74 µg/L'dir. As değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.25'de sunulmuştur.



Şekil.4.25. İstasyonlara göre mevsimsel As değerleri

4.26.Kadmiyum (Cd)

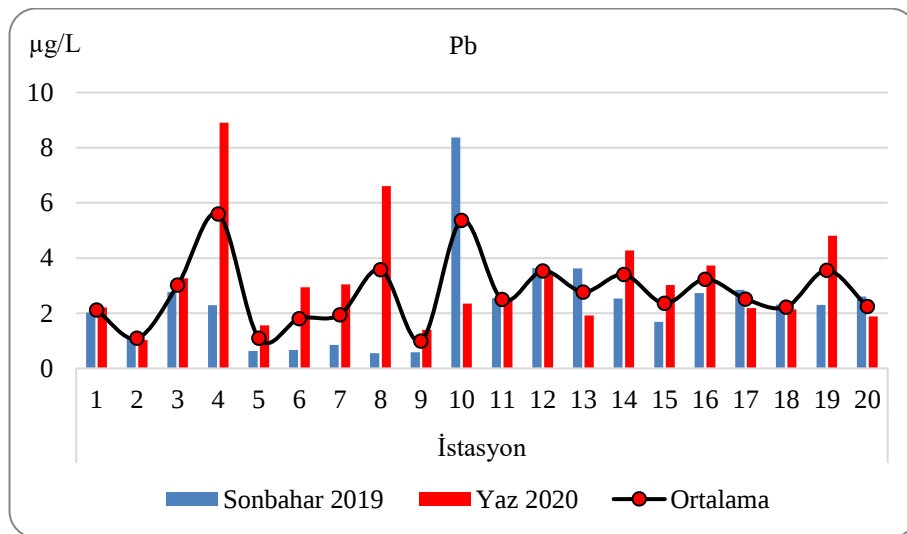
İstasyonlardaki ölçülen Cd değerleri ortalamaları 0,5 µg/L ile 2,2 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Cd (0,65 µg/L), en yüksek Cd (2,22 µg/L) 19. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Cd ortalamaları ise sırasıyla 0,76 µg/L – 0,77 µg/L olup genel Cd ortalaması 0,77 µg/L'dir. Cd değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.26'de gösterilmiştir.



Şekil.4. 26. İstasyonlara göre mevsimsel Cd değerleri

4.27.Kurşun (Pb)

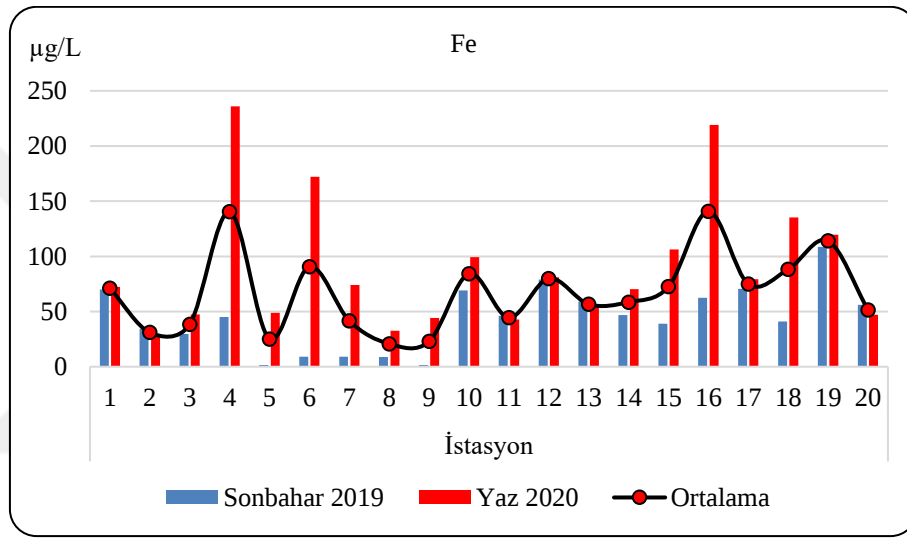
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda Pb ortalamaları 0,9 µg/L ile 3,6 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük Pb (0,55 µg/L) 8. istasyonda sonbahar mevsiminde, en yüksek Pb (8,91 µg/L) yaz mevsiminde 4. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Pb ortalamaları ise sırasıyla 2,33 µg/L-3,15 µg/L olup genel Pb ortalaması 2,74 µg/L'dir. Pb değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.27'de sunulmuştur



Şekil.4. 27. İstasyonlara göre mevsimsel Pb değerleri

4.28.Demir (Fe)

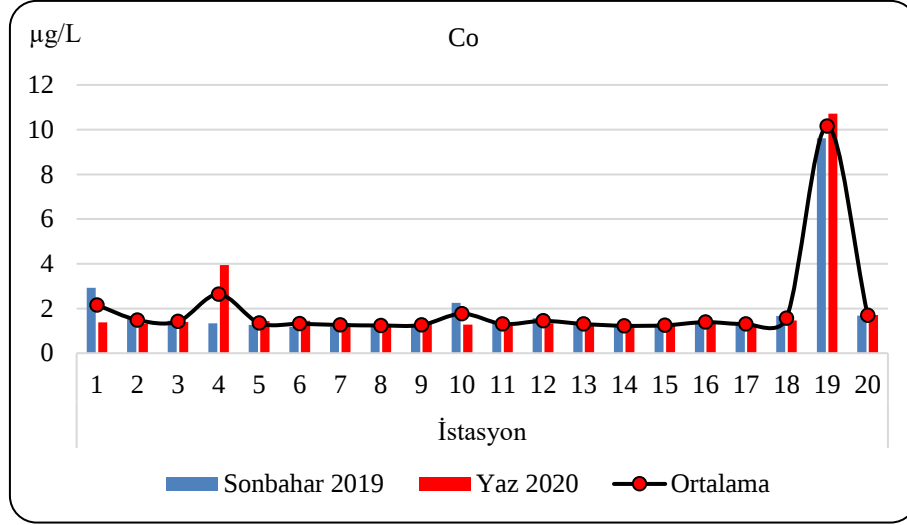
İstasyonlardaki ölçülen Fe değerleri ortalamaları 21 $\mu\text{g/L}$ ile 141 $\mu\text{g/L}$ arasında değişim göstermiştir. En düşük Fe değeri (1,59 $\mu\text{g/L}$) 9.istasyon sonbahar, en yüksek Fe (219,05 $\mu\text{g/L}$) 16. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Fe ortalamaları ise sırasıyla 44,38 $\mu\text{g/L}$ – 90,47 $\mu\text{g/L}$ olup genel Fe ortalaması 67,43 $\mu\text{g/L}$ 'dir. Fe değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



Şekil.4. 28. İstasyonlara göre mevsimsel Fe değerleri

4.29.Kobalt (Co)

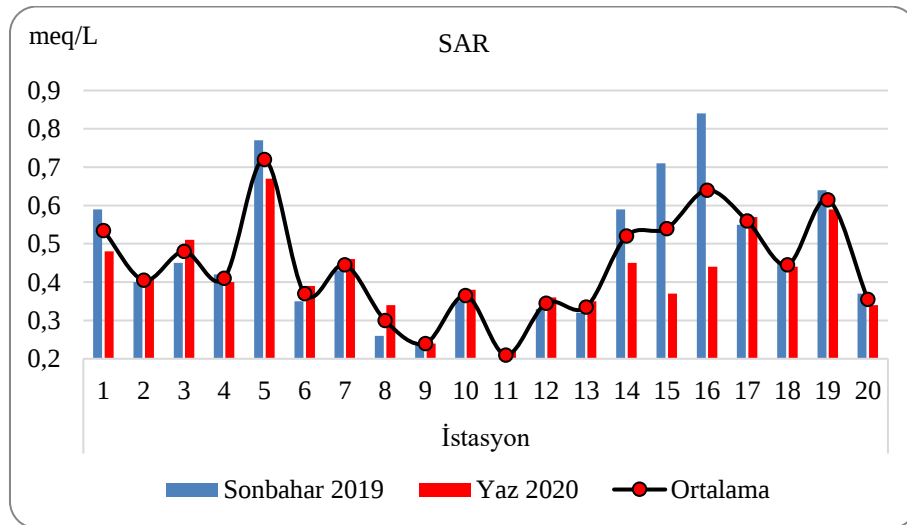
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda Co ortalamaları 1 $\mu\text{g/L}$ ile 10,2 $\mu\text{g/L}$ arasında değişim göstermiştir. En düşük Co (1,2 $\mu\text{g/L}$) 8. istasyonda sonbahar mevsiminde, en yüksek Co (10,71 $\mu\text{g/L}$) yaz mevsiminde 19. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi Co ortalamaları ise sırasıyla 1,89 $\mu\text{g/L}$ -1,95 $\mu\text{g/L}$ olup genel Co ortalaması 1,92 $\mu\text{g/L}$ 'dir. Co değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.29'da sunulmuştur.



Şekil.4. 29. İstasyonlara göre mevsimsel Co değerleri

4.30. Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR)

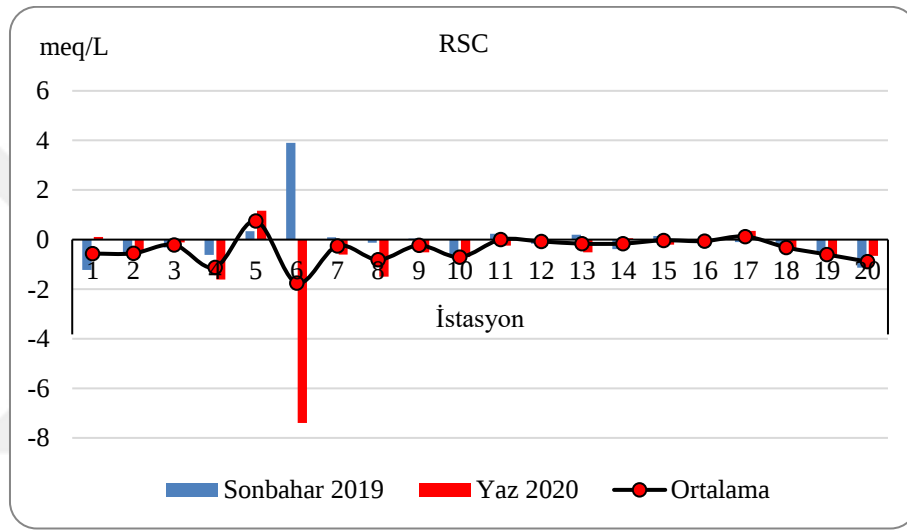
İstasyonlara göre hesaplanan SAR değerleri ortalamaları 0,2 meq/L ile 0,6 meq/L arasında değişim göstermiştir. En düşük SAR değeri (0,2 meq/L) 11.istasyon sonbahar, en yüksek SAR (0,84 meq/L) 16. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi SAR ortalamaları ise sırasıyla 0,46 meq/L – 0,42 meq/L olup genel SAR ortalaması 0,44 meq/L’dir. SAR değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.30’da gösterilmiştir.



Şekil.4. 30. İstasyonlara göre mevsimsel SAR değerleri

4.31. Sodyum Karbonat Kalıntısı (RSC)

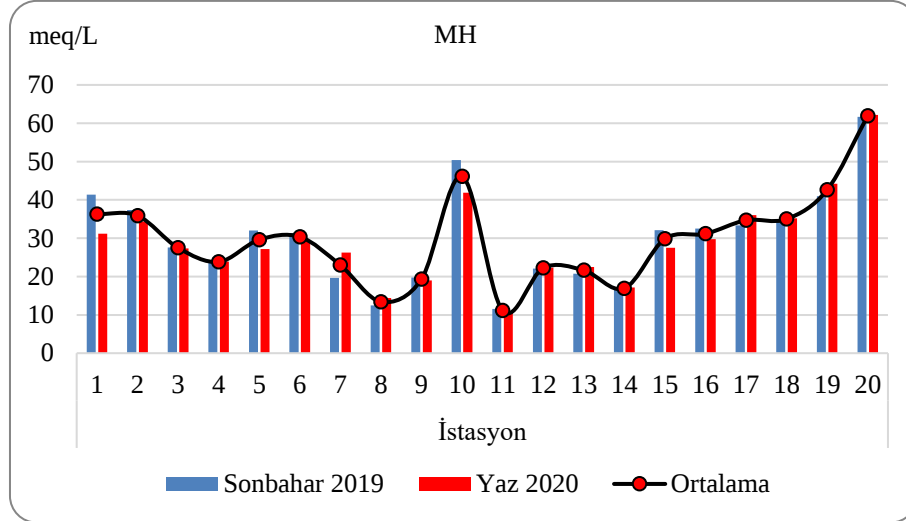
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda hesaplanan RSC ortalamaları 1 meq/L ile -0,9 meq/L arasında değişim göstermiştir. En düşük RSC (-0,73 meq/L) 19. istasyonda yaz mevsiminde, en yüksek RSC (3,9 meq/L) sonbahar mevsiminde 6. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi RSC ortalamaları ise sırasıyla -0,05 meq/L, -0,65 meq/L olup genel RSC ortalaması -0,35 meq/L'dir. RSC değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.31'de sunulmuştur.



Şekil.4.31. İstasyonlara göre mevsimsel RSC değerleri

4.32. Magnezyum Zararı (MH)

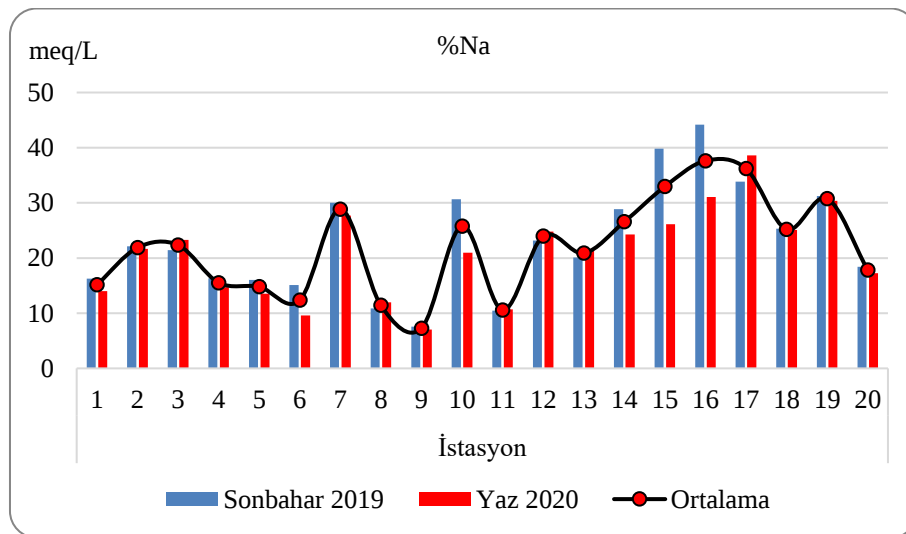
İstasyonlara göre hesaplanan MH değerleri ortalamaları 13 meq/L ile 62 meq/L arasında değişim göstermiştir. En düşük MH (11,55 meq/L) 11.istasyon sonbahar mevsiminde, en yüksek MH (62,18 meq/L) 20. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi MH ortalamaları ise sırasıyla 30,11 meq/L – 29,12 meq/L olup genel MH ortalaması 29,61 meq/L'dir. MH değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.32'de gösterilmiştir.



Şekil.4.32. İstasyonlara göre mevsimsel MH değerleri

4.33.Sodyum Yüzdesi (%Na)

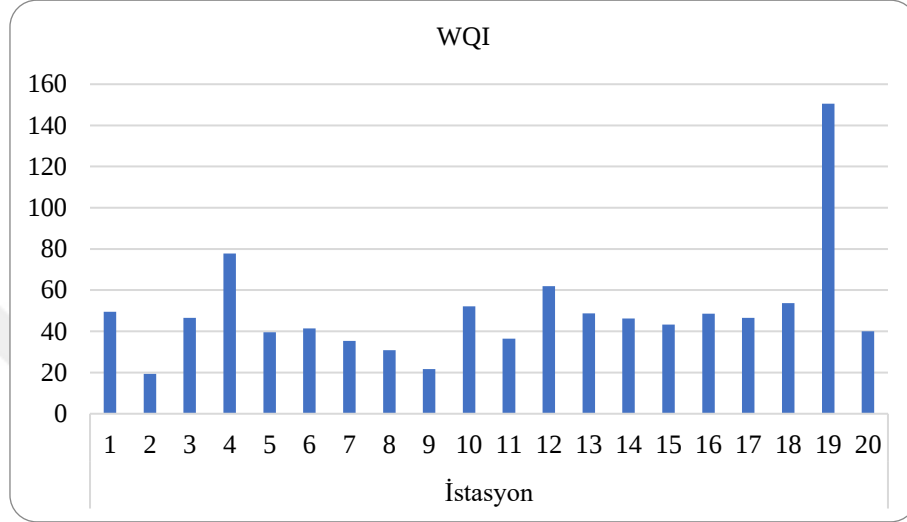
Çalışma sahasında belirlenen 20 istasyonda hesaplanan %Na ortalamaları 7 meq/L ile 38 meq/L arasında değişim göstermiştir. En düşük %Na (7,01 meq/L) 9. istasyonda yaz mevsiminde, en yüksek %Na (44,17 meq/L) sonbahar mevsiminde 16. istasyonda tespit edilmiştir. Sonbahar ve yaz mevsimi %Na ortalamaları ise sırasıyla 23,09 meq/L- 20,71 meq/L olup genel %Na ortalaması 21,90 meq/L'dir. %Na değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.33'de sunulmuştur.



Şekil.4.33. İstasyonlara göre mevsimsel %Na değerleri

4.34. Su Kalitesi indeksi (WQI)

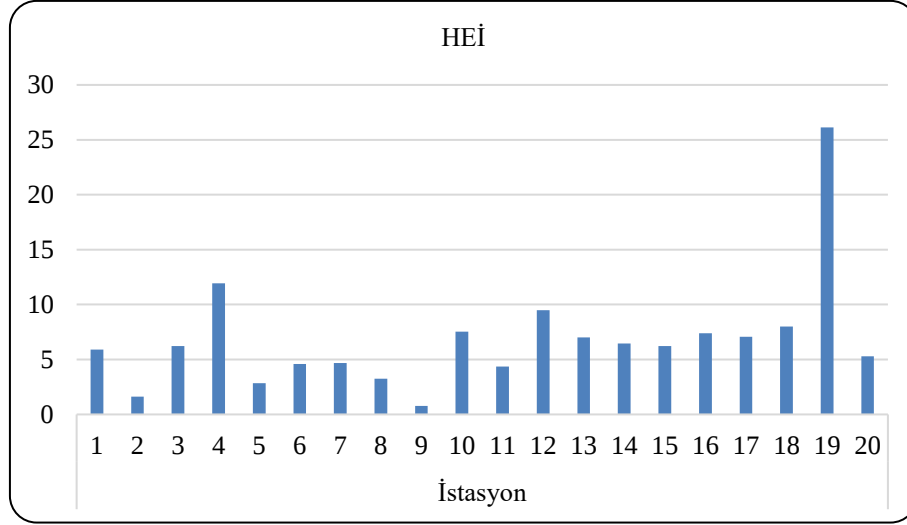
Çalışma sahasında 20 istasyonda belirlenen WQI değerleri en düşük 19,42 2.istasyonda, en yüksek 150,59 ile 19.istasyonda tespit edilmiştir. WQI değerlerinin istasyonlara göre değişimi Şekil 4.34’de sunulmuştur.



Şekil.4.34. İstasyonlara göre WQI değerleri

4.35. Ağır Metal İndeksi (HEİ)

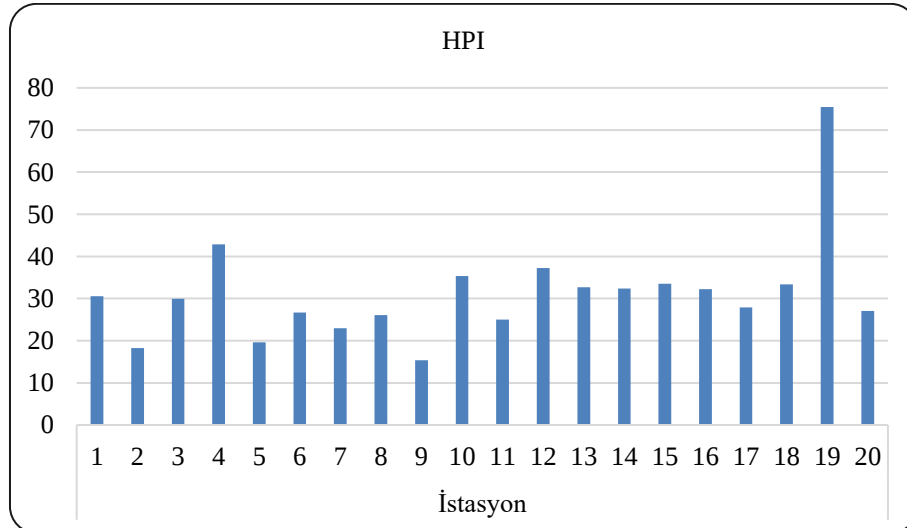
İstasyonlara göre ölçülerek hesaplanan ağır metal indeksi değerleri verilmiştir. En yüksek HEİ değeri 26,13 ile 19.istasyonda, en düşük HEİ değeri 0,77 ile 9. istasyonda belirlenmiştir. HEİ değerlerinin istasyonlara göre değişimi Şekil 4.35’de gösterilmiştir.



Şekil.4.35. İstasyonlara göre HEİ değerleri

4.36. Ağır Metal Kirlilik İndeksi (HPI)

İstasyonlarda ölçülerek hesaplanan HPI değerleri verilmiştir. En yüksek değer 75,48 ile 19.istasyonda, en düşük değer 15,40 ile 9. istasyonda belirlenmiş ve HPI değerlerinin istasyonlara göre değişimi Şekil 4.36’da gösterilmiştir.



Şekil.4.36. İstasyonlara göre HPI değerleri

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma kapsamında Giresun İlinde yer alan yaylalardaki (Giresun Dağları Önemli Doğa Alanı) kaynak sularının kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için Bektaş, Kulakkaya, Kümbet, Paşakonağı, Eğribel ve Dokuzgöz yaylalarındaki 20 adet kaynak suyundan 2019 sonbahar ve 2020 yaz mevsimlerinde su numuneleri alınmıştır. Su kalitesi parametrelerinden pH, sıcaklık, tuzluluk, TDS, Eİ, TA, TH, nitrat azotu, nitrit azotu, silikat, TP, SRP, ORP ölçüm ve analizleri de yapılmıştır. Ayrıca bazı makro metallerin (Na, Mg, K, Ca) ve ağır metallerin (Al, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As, Fe, Co) konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuçlar WHO ve TS 266'nın içme suları için tavsiye ettikleri limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca kaynak sularının kalitesi, su kalite indeksi (WQI), ağır metal kirlilik indeksi (HPI) ve ağır metal değerlendirme indeksi (HEİ) ile değerlendirilmiştir.

Sulama suyu açısından uygunluk durumu ise, SAR, %Na, RSC ve MH gibi değerlendirme kriterleriyle değerlendirilmiştir.

Su sıcaklığı, su kaynaklarının olduğu yerdeki iklim, yükseklik, akıntı hızı ve su kaynağı özelliklerine göre değişim göstermektedir (Nemerow, 2009). İçme sularında en uygun sıcaklık 7-14°C'dir. Aşırı soğuk ya da su sıcaklığı 20°C üzerinde olan sular, sağlık açısından uygun kabul edilmemektedir (Barlas ve Kiriş 2004). Belirlenen 20 istasyonda iki mevsimde alınan su numuneleri sıcaklık ortalaması 12,89 °C, minimum sıcaklık 7,2 °C, maksimum sıcaklık 19°C tespit edilmiştir. Dinçer (2014), Giresun ili Görele ilçesinde denize dökülen Çanakçı Deresi'nin bazı su kalitesi parametreleri ve kirlilik durumunu belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada su sıcaklığını 13 °C bulmuştur. Tepe ve Aydın (2017), Batlama deresi su kalitesi ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi için 12 ay boyunca devam eden çalışmalarda su örnekleri toplamış, su sıcaklığını 11,54°C bulmuştur. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

pH, içme suyu olarak kullanılacak ham suda 4 ile 9 arasında olması beklenmekte ve karşılaşılan değerler daha çok 5,5 ve 8,6 arasında değişmektedir. Toprak yapısı, sanayi atıkları, drenaj suları yeraltı sularında pH değişimine neden olmaktadır. pH insan sağlığında direk etkisi olmasa da işletme açısından önemli kalite parametrelerindendir (Kim ve ark.,2017). Belirlenen 20 istasyonda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri pH ortalaması 8,3 olarak tespit edilmiştir. Minimum pH 6,3, maksimum pH 10,14 bulunmuştur. Minimum ve maksimum değerlerinin TS 266 (6,5-9,5), WHO (7,5) tarafından kabul edilebilirlik değerleri dışında olduğu görülmüştür. Adimalla ve ark. (2020), Güney Hindistan Hard Rockta bir tarım arazisinde yaptıkları çalışmada yeraltı suyu kirliliği indekslerini insan sağlığına etkisi açısından araştırmışlardır. Çalışma bölgesinin yeraltı sularını pH değerlerinin 6,78 ile 8,75 arasında değişiklik göstermiş olduğunu ve ortalama 7,85 değerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Kahriman (2019), Kastamonu ili Daday ilçesinde bulunan Bezirgân Hazım Kılıç Göleti'nde (Eylül 2016 -Ağustos 2017) belirlenen üç istasyondan alınan su numunelerinden bazı fiziksel ve kimyasal su parametrelerini ölçmüştür. pH değerinin üç istasyondaki yıllık ortalamalarına baktığında en yüksek ortalama değerini 8,50 bulmuştur. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Toplam sertlik, içme sularında önemli bir kalite parametresidir. Doğal suların sertliği 5–1000 mg/L CaCO_3 arasında değişim gösterir. Suyun temas ettiği bölgenin jeolojik yapısına göre değişir. Sular genelde mg/L'de bulunan CaCO_3 içeriklerine göre; yumuşak (0-75), orta sert (75- 150), sert (150-300) ve çok sert (300+) sular olarak sınıflandırılır (Samsunlu, 2013). Belirlenen 20 istasyonda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri toplam sertlik ortalaması 53 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum toplam sertlik 15 mg/L, maksimum toplam sertlik değeri 411 mg/L bulunmuştur. Minimum ve maksimum değerlerin WHO (100 mg/L) tarafından kabul edilebilir değerlerde olduğu görülmüştür. Özer ve Köklü (2019), Aşağı Sakarya Nehri su kalitesinin sulama suyu açısından değerlendirilmesini yapmışlardır. Araştırmaları toplam sertlik bazında suyun sınıflandırılmasında, örneklerin çoğunun çok sert su tipinde olduğunu göstermiştir. Sulardaki sertliğin yüksek olmasının nedenini, bölgenin Sakarya Nehri ve kollarıyla birlikte oluşmuş alüvyon zemin üzerinde olmasından

kaynaklandığını bulmuşlardır. Geçer (2019), Zinav Çayı'nın su kalitesinin Türk Mevzuatına ve Uluslararası Kriterlere göre değerlendirilmesini amaçlayarak yapmış olduğu çalışmada sertlik değerlerini; 1. istasyon için 152 mg/L (Sonbahar mevsimi) ile 156 mg/L (Yaz mevsimi) arasında, 2. istasyon için 196 mg/L (Sonbahar mevsimi) ile 216 mg/L (İlkbahar mevsimi) arasında ve 3. istasyon için ise; 143 mg /L (Kış mevsimi) ile 184 mg/L (İlkbahar mevsimi) arasında kaydetmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

pH'sı 7 den büyük sular alkali su olarak nitelendirilmektedir (Tepe, 2009). Doğal sulardaki konsantrasyonu 5-500 mg/L arasında değişir. Alkalinitesi 10 mg/L'den az olan sular; çok düşük alkali sular, 10-50 mg/L arasında olanlar düşük alkali sular, 50-150 mg/L arasında olanlar makul alkali sular, 150-300 mg/L arasında olanlar yüksek alkali sular ve 300 mg/L'den fazla olanlar ise çok yüksek alkali sular olarak sınıflandırılabilir (Göksu ,2015). Belirlenen istasyonlarda toplam alkalinite ortalaması 60,35 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum 10 mg/L, maksimum 345 mg/L bulunmuştur. Maksimum ve minimum değerler WHO (600 mg/L) açısından kabul edilebilir değerlerde tespit edilmiştir. Adimalla ve ark. (2020), yeraltı sularının alkalinite sonuçlarının 100 ile 320 mg/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ustaoglu ve Tepe (2019), evsel, tarımsal atıklar ile HES inşaatlarının, taş ve çakıl ocaklarının baskısına maruz kalan Pazarsuyu Deresi'nin su kalitesini belirlemek için yaptığı çalışmada, istasyonların yıllık ortalama alkalinite değerini 30,17 mg/L bulmuştur. Bu sonuçlardan Adimalla ve arkadaşlarının yaptığı çalışma bizim sonuçlarımızı aşmış fakat Ustaoglu'nun yaptığı çalışmada çıkan sonuçlar bizim sonuçlarımız ile benzerdir.

TDS, suda çözülmüş halde bulunan kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, bikarbonat, klor ve sülfatlar ile az miktarda organik maddelerden oluşmaktadır. Su kalitesinde sorun yaratabilir. Su lezzetinde değişikliklere neden olur. (Soylak ve Doğan 2000; Hintz ve ark. 2003). Doğal suların TDS değeri su havzasındaki minerallerin çözünürlüğüne bağlı olarak 30-6000 mg/L arasında değişir. TDS mevcudiyetine göre içme sularının tadı şu şekilde sınıflandırılır; 300 mg/L'den az ise mükemmel, 300-600 mg/L arasında iyi, 600-900 mg/L arasında makul, 900- 13 1200

mg/L arası kötü, 1200 mg/L 'den yukarısı kabul edilemezdir. Belirlenen 20 istasyondan alınan numune sonuçlarına göre minimum TDS 25,4 mg/L, maksimum TDS 480 mg/L olarak tespit edilmiştir. İstasyonun ortalaması ise 233 mg/L olarak belirlenmiştir. Minimum ve maksimum değerler WHO (600 mg/L) açısından kabul edilebilir değerler aralığında ölçülmüştür. Adimalla ve ark. (2020), yeraltı sularında TDS konsantrasyonunu çalışma bölgesinde 59 ile 5806 mg/L arasında değiştiğini ve ortalamasının 1276,31 mg/L olduğu kaydetmişlerdir. Akram ve ark. (2020), Pakistan'ın Sindh eyaletinin dokuz kentsel ve endüstriyel kentinin yeraltı sularının kalite durumunun belirlenmesi amacıyla araştırılmasını yapmışlardır. TDS ve Eİ'nin birbiriyle orantılı olduğunu bulmuşlardır. Maksimum TDS değeri 859 mg/L kaydetmişlerdir. Bu sonuçların bizim sonuçlarımızı aşmıştır.

Eİ, suyun elektrik akımını taşıyabilme kapasitesine denir. Bu özelliğin suda çözünmüş olarak bulunan iyonların cinsine, konsantrasyonuna ve sıcaklığına bağlı olduğu bilinmektedir. İçme ve sulama suları sınıflamasında da bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Hintz ve ark. 2003). Değerler $<325(\mu\text{S}/\text{cm})$ İçilebilir su, $325-975(\mu\text{S}/\text{cm})$ Çiftlik hayvanları ve sulama için uygun, $975-3250(\mu\text{S}/\text{cm})$ Seçici şekilde çiftlik hayvanları ve sulamada kullanılabilir, $>3250(\mu\text{S}/\text{cm})$ kaba endüstriyel faaliyetler için uygundur olarak sınıflandırılmıştır. Belirlenen 20 istasyonda iki mevsimde alınan su numuneleri ortalaması 58,14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tespit edilmiştir. Minimum değer 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$, maksimum değer 523,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bulunmuştur. 5.ve 9. istasyon ortalama değerleri çiftlik hayvanları ve sulama suyu için uygun, diğer istasyonlar içilebilir su değerlerinde bulunmuştur. Minimum değer uygun bulunurken maksimum değer çiftlik hayvanları ve sulama suyu için uygun olduğu tespit edilmiştir. Özer ve Köklü (2019), Aşağı Sakarya Nehri su kalitesinin sulama suyu açısından değerlendirmesini yapmışlardır. Tüm istasyonlardaki örnekler için su sınıfının Eİ açısından iyi ve izin verilebilir düzeyde olduğunu bulmuşlardır. Lanjwani ve ark. (2020), Aluka Ratodero, Larkana bölgesi, Sindh, Pakistan'da içme ve sulama kullanımları için yeraltı suyu kalitesinin değerlendirmesini yapmışlardır. Bu alandaki Eİ'yi 4820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bulmuşlardır. Bu değer WHO' nun izin verilen sınırları içinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızdan bir hayli fazladır.

Çözünmüş oksijen, su içinde çözülmüş molekül halinde bulunan oksijen miktarıdır ve sucul ekosistemleri etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Yüksek oranda organik madde ve besin içeren atıkların suya boşaltılması mikrobiyal aktiviteyi arttırdığından ÇO seviyesinin azalmasına sebep olur. Kirlenmemiş sularda ÇO yaklaşık 10 mg/L civarındadır (Chin, 2006). Belirlenen 20 istasyonda iki mevsimde alınan su numuneleri ÇO ortalaması 9,30 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum değer 5,95 mg/L, maksimum değer 13,84 mg/L bulunmuştur. Ertan (2019), yaptığı çalışmada, Niğde Bölgesinde su kalitesinin incelenmesi, elde edilen bulgular yardımıyla içilebilirlik değerlendirilmesinin yapılması, içme suyu kalitesinin yağışlı ve kurak dönemlerde zamansal değişiminin tespit edilmesini amaçlamıştır. Niğde bölgesine örneklenen kaynak sularının mayıs döneminde 6,94-8,83 (mg/L), aralık döneminde ise 7,01-8,65 (mg/L) arasında değiştiğini bulmuştur. Özel ve Gemici (2018), Bartın Irmağı'nın fiziksel su kalitesinde meydana gelen değişiklikleri tespit etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla Aralık 2012- Aralık 2013 tarihleri arasında çözünmüş oksijen parametrelerini 12 ay süreyle izlemişlerdir. Yapılan ölçümler sonucunda yıl boyunca çözünmüş oksijen değeri ise 4,9- 8,92 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Yaz aylarında düşük çözünmüş oksijen değerlerinin elde edilmesine sıcaklık artışının yanı sıra organik ve inorganik yükün artmasının sebep olduğunu düşünmüşlerdir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Toplam fosfor miktarını, bölgenin jeolojisi, evsel atıklar ve sudaki organizma yaşamı etkilemektedir (Kim ve ark. 2017). Su ekosistemlerinde dengelerin anahtar elemanıdır. Suların yapısına başlıca katılımı; kayaçlardan, tarımsal gübrelerden, deterjanlardan, kanalizasyon atıklarından, ölü canlıların atıklarından, yağmur sularından ve diğer yüzeysel akışlarla olmaktadır. Doğal sularda TP oranı oldukça düşüktür. Ötrofik ve atık sular hariç nadiren 0,5 mg/L'yi aşar (Göksu, 2015). İstasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri toplam fosfor ortalaması 0,09 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum toplam fosfor 0,01 mg/L, maksimum toplam fosfor değeri 0,2 mg/L tespit edilmiştir. Özoktay (2015) Ordu ilinde bulunan Melet Irmağı, Turnasuyu ve Akçaova Deresi'nin aşağı havzalarında yapılan çalışmada su kalitesinin tespit edilmesini amaçlamıştır. Fosfatlı bileşikler araştırma istasyonlarında I. sınıf su kalite değerlerinin dışında kaydedilmiştir. Melet Irmağı, Turnasuyu ve Akçaova Deresi'nin

fosfor değerlerinin SKKY'ye göre II. sınıf su kalitesinde olduğunu kaydetmiştir. Dinçer (2014), anakı Deresi'nin yıllık ortalama fosfor değerini 0,46 mg/L olarak kaydetmiş ve kirlenmiş su sınıfında yer aldığını bildirmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Tuzluluk miktarı, sulardaki sucul yaşamdaki canlıların yaşamlarını da etkilemektedir. Evsel atıklar ve endüstriyel atıklar ile sularda biriken tuzluluk sulama suyu olarak kullanılacak sularda en önemli sorunlardandır (Atay ve Pulatsü, 2000; Cirik ve Cirik, 2005; Egemen, 2006; Yetik, 2007). Dünya üzerindeki yüzey sularının tuzluluk değeri ortalama 0,12 ppt'dir (Egemen, 2011). İstasyonlardan iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri tuzluluk ortalaması 0,55 ppt olarak tespit edilmiştir. Minimum toplam fosfor 0 ppt, maksimum 0,2 ppt tespit edilmiştir. Dinçer (2014), aylar arasında değerleri karşılaştırmış yaz aylarında su sıcaklığının yükselmesiyle tuzluluk miktarında da artış görmüştür. Su sıcaklığının düşmesi, kar sularının erimesi ve mevsimsel yağış gibi sebeplerle ilkbahar aylarında minimum seviye, sonbahar aylarında maksimum seviyeye ulaşmış ve ortalama tuzluluğu 0,07 ppt tespit etmiştir. Tepe ve Aydın (2017), çalışmasında ortalama tuzluluğu 0,12 ppt bulmuştur. Yaz aylarında su sıcaklığının yükselmesi, buharlaşmanın artmasına bağlı olarak tuzluluk miktarında da artış tespit etmiş ve Temmuz -Ağustos aylarında bulunan 0,27 ppt değeri ile en yüksek ortalaması olan aylar olduğunu kaydetmiştir. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızı aşmıştır.

ORP, su kaynağında yapılan ölçümlerde organik bileşiklerin karışmış olduğu yer altı sularında negatif değerler, kirlenmemiş doğal yeraltı sularında pozitif değerler çıkmaktadır. Negatif değer çıkması suyun antioksidan özellikte olduğunu, pozitif çıkması ise paslandırma özelliğinin olduğunu göstermektedir (Rostom ve ark. 2017). Doğal sulardaki değeri -500mV ile +700 mV arasında değişir. Çözünmüş oksijen içeren yüzey ve yeraltı sularındaki ORP değeri genellikle +100 mV ile +500 mV arasındadır (Chapman ve Kimstach 1996). Belirlenen istasyonda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri ORP ortalaması -93,4 mV olarak tespit edilmiştir. Minimum ORP -176 mV, maksimum ORP 12 mV ölçülmüştür. Ustaoglu ve Tepe (2019), su kalitesini belirlemek için yaptığı çalışmada örneklerin yıllık ortalama değerlerini

oksidasyon-redüksiyon potansiyeli için; -61,02 mV kaydetmiştir. Giresun ilinde yapılan benzer çalışmalarda ORP değeri Batlama Deresi'nde -77,25 mV (Tepe ve Aydın 2017), Aksu Deresi'nde -93,1 mV (Şengün 2013), olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

SRP, sularda kirlilik açısından oluşan en önemli fosfor kirliliği ötrofikasyondur. Alıcı ortama çeşitli yollardan ulaşan fosfor alglerin çoğalmasını ve suda çözünmüş oksijen miktarının azalmasını sağlamaktadır. Buda içme sularında koku ve tad problemi meydana getirmektedir (Tepe ve Mutlu, 2004). Kirlenmemiş sularda bu oran 0,001-0,005 mg/L aralığındadır (Göksu, 2015). İstasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri SRP ortalaması 0,02 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum SRP 0 mg/L, maksimum SRP 0,063 mg/L ölçülmüştür. Ustaoglu ve Tepe (2019), SRP miktarları ortalama 0,02 mg/L, minimum 0,005, maksimum 0,058 mg/L aralığında tespit etmiştir. Tokatlı ve ark. (2012), Burdur Kestel Deresi'nde, Orto-fosfat (SRP) değerini 0,034- 0,073 mg/L aralığında, yine Bulut ve ark. (2010) Denizli ve Muğla sınırları içinde bulunan Karanfilliçay Deresi üzerinde memba ve dere sonu olarak seçilen iki istasyonda orto-fosfat değerini ortalama 0,1-0,13 mg/L olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Nitrit azotu, sağlık açısından önemli bir parametredir. Bazı bakteriler tarafından indirgenen nitratın, nitrite dönüşmesi ile fazla miktarda nitrit açığa çıkar. Nitrit yoğunluğu tatlı sularda genellikle 0,001 mg/L'den düşüktür. Nadir de olsa 1 mg/L'den yüksek olabilir. Nitrat, nitrite dönüştüğü zaman toksik bir etki meydana getirir (Güler, 1997; Atabey, 2005). İstasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum nitrit 0,008 mg/L, maksimum nitrit 0,061 mg/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 0,04 mg/L olarak belirlenmiştir. Minimum ve maksimum WHO (0,9 mg/L), TS 266 (0,5 mg/L) açısından kabul edilebilir değerler aralığında ölçülmüştür. Ertan (2019), Niğde bölgesinde mayıs ve aralık dönemlerinde çeşitli lokasyonlarda örneklenen yer altı ve kaynak sularının nitrit azotu bakımından uygun sınırlar içerisinde olduğu gözlemlenmiştir (0,5 mg/L). Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Nitrat azotu, nitratın kendisi doğrudan bir toksik madde değildir. WHO'nun içme suları için tavsiye ettiği değer maksimum 50 mg/L'dir. Daha yüksek nitrat içeriği sağlık açısından riskli olabilir (Chapman ve Kimstach 1996). İstasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri nitrat ortalaması 1,45 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum nitrat 0,09 mg/L, maksimum nitrat 2,86 mg/L ölçülmüştür. Minimum ve maksimum değerler WHO (11,3 mg/L), TS 266 (50 mg/L) tarafından kabul edilebilir seviyede belirlenmiştir. Ertan (2019), Niğde bölgesinde örneklenen yeraltı suyu nitrat azotu değerlerini mayıs döneminde 0,6-67,74 mg/L, aralık döneminde 0,9-94,6 mg/L arasında değişiklik gösterdiğini bulmuştur. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızı aşmıştır.

Nehir ve göllerin silika içeriği genellikle 1-30 mg/L arasında değişir. Yeraltı sularında ve volkanik sularda bu oran daha yüksektir hatta termal sularda 1 g/L'yi geçebilir (Chapman ve Kimstach 1996). Belirlenen istasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri silisyum ortalaması 11,01 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum silisyum 7,91 mg/L, maksimum silisyum 27,77 mg/L belirlenmiştir. Ustaoglu ve Tepe (2019), çalışmasında silisyumu 3,36-6,44 mg/L aralığında ortalama 4,49 mg/L olarak tespit etmiştir. Tepe ve ark. (2006), Hasan Çayı'nda silisyum miktarının dalgalanma göstermediğini ve yıllık ortalamasının 2,47 mg/L olduğunu, Tepe ve Mutlu (2004), Hatay Harbiye kaynak İlaveten Samandağ Karamanlı Göleti'nde silisyum değerini 9,55 mg/L olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Ağır metallerden magnezyum suyun sertliğini oluşturan iyonlardan biridir. İnsan sağlığına önemli etkileri vardır (Güler, 1997). İstasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri magnezyum ortalaması 8,19 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum Mg 1,93 mg/L, maksimum Mg 35,19 mg/L belirlenmiştir. İstasyonlarda bulunan minimum ve maksimum bulgular WHO (50 mg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyededir. Aravinthasamy ve ark. (2020), Güney Hindistan'ın kentsel bölgelerinden birinde, hızla büyüyen ve giderek sanayileşen Coimbatore şehri için insan sağlığı risk değerlendirmesi için yeraltı suyu kalitesi araştırmaları yapmışlardır. Bu çalışmanın su örneklerinin Magnezyum (Mg) içeriği 18 ile 120 mg/L arasında değişmiştir. Singha ve Pasupuleti (2020), çalışma alanında yaptıkları analiz ile yeraltı suyu örneklerinde Mg

miktarını 1,20 mg/L ile 82,80 mg/L arasında değişen konsantrasyonlarda bulmuşlardır. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Kalsiyum, suyun sertliğini oluşturan iyonlardandır. Sularda çok farklı konsantrasyonlarda bulunabilir çünkü kaynağı karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleridir. İnsanlar için önemlidir. İnsan bünyesinde olan en önemli katyondur. (Güler, 1997). Belirlenen istasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum Ca 6,17 mg/L, maksimum Ca 150,18 mg/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 34,25 mg/L olarak belirlenmiştir. Minimum ve maksimum değerler WHO (75 mg/L) standartlarında uygun bulunmuştur. Aravinthasamy ve ark. (2020), yaptığı çalışmada Kalsiyum (Ca) içeriğini 42 ile 292 mg/L arasında ortalama 146,12 mg/L kaydetmişlerdir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Sodyum, suya tuzlu bir tat verir ve kolaylıkla çözünebilir. Sodyum sulama sularında önem teşkil etmektedir. Sodyumun diğer katyonlara göre oranı tarımda önemlidir. Çünkü sodyumun toprak ve bitki üzerinde olumsuz özellikleri vardır (Tuncay, 1994). İstasyonardan alınan numune sonuçlarına göre minimum Na 4,49 mg/L, maksimum Na 38,15 mg/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 10,35 mg/L olarak belirlenmiştir. Minimum ve maksimum değerler TSE 266 ve WHO (200 mg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede bulunmuştur. Singha ve Pasupuleti (2020), yaptığı çalışmada Na değerlerini 0,80 mg/L ile 26,50 mg / arasında, ortalama değer 6,02 mg/L kaydetmişlerdir. Aravinthasamy ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada Na içeriğini 44 ile 380 mg/L arasında değişir bulmuşlardır. Ortalama değeri ise 162,50 mg/L tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir

Potasyum, yer kabuğunda en çok var olan elementtir. Sularda ki miktarı azdır. Bunun nedeni jeokimyasal ve absorpsiyon nedeni ile topraktan suya geçememesidir. İnsan sağlığına etkisi ise kanda bulunma seviyesi ile ilgilidir (Güler, 1997). İstasyonlardada iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri K ortalaması 1,50 mg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum K 1,58 mg/L, maksimum K 3,94 mg/L bulunmuştur. İstasyonlarda bulunan minimum ve maksimum bulgular WHO (12 mg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede bulunmuştur. Shaikh ve ark. (2020), K iyonu

değerini, konakçı kayaçların ayrışması ve antropojenik aktivitenin bir sonucu olarak 0,01 ile 2,56 mg/L arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Aravinthasamy ve ark. (2020), çalışmalarında su örneklerinin 3 mg/L ile 48 mg/L (ortalama = 17 mg/L) arasında potasyum (K) içeriğine sahip olduğunu ve örneklerin %76'sının izin verilen sınırdan (<10 mg/L) daha yüksek olduğunu kaydetmişlerdir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Alüminyum, suların içerisinde az miktarda bulunmasına rağmen yerkabuğunda en fazla yer alan elementtir. Çok az bir kısmı bile renk değişikliğine sebep olabilir. Toprak ve kayaların erimesi ile doğal sularda bulunabilir (Güler, 1997). Belirlenen istasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri Al ortalaması 1093,58 µg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum Al 2,11 µg/L, maksimum Al 4716,66 µg/L bulunmuştur. İstasyonlar da bulunan minimum ve maksimum bulgular WHO (200 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyenin üzerinde kaydedilmiştir. Yavuz (2018), Kızılcahamam yüzeysel su kaynaklarının Ağır Metal Kirlilik yönünden incelemesini yapmıştır. Yağışlı dönem analizlerinde Al değerleri yüksek çıkarken kurak dönemde yapılan analizler sonucunda daha düşük değerlerde seyretmiştir. Alüminyum değerleri kurak dönemde 0.234-1.272 µg/L, yağışlı dönemde ise 0.322-1.638 µg/L arasında her noktada farklılık göstermiştir. Özger (2019), Kars ilinin Sarıkamış ilçesinde belediyeye ait içme suyu arıtma tesisinde arıtılan suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin tesis giriş ve çıkış değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması ve bu değerlerin içme suyu standartlarına göre değerlendirilmesi amaçlamıştır. TS 266'a göre üst sınır olarak kabul edilen 200 µg/L değerinin altında olduğunu tespit etmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Krom üç ve altı değerlikli şeklinde vardır. 3 değerlikli olan krom daha az bulunmasına rağmen 6 değerlikli krom tuzları sağlık açısından kanserojendir. Bu sebepten içme sularında bulunup kirlilik oluşturmaması istenmez. Krom tuzları en fazla endüstriyel saniyede kullanılmaktadır (WHO, 2011). İstasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri Cr değerleri ortalaması 2,83 µg/L olarak belirlenmiştir. Minimum Cr 1,02 µg/L, maksimum Cr 11,4 µg/L kaydedilmiştir. Bulunan bulguların TSE 266 ve WHO (50 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede olduğu görülmüştür. Yavuz (2018),

Kızılcahamam yüzeysel su kaynaklarının Ağır Metal Kirlilik yönünden incelemesini yapmıştır. İnceleme yaptığı noktalarda krom değerleri yağışlı dönemde kurak döneme göre yüksek çıksa da standartları aşmamıştır. Krom değerleri kurak dönemde 13 ile 15 $\mu\text{g/L}$, yağışlı dönemde ise 31-32 $\mu\text{g/L}$ arasında her nokta için farklı değerlerde çıkmıştır. Kâtip ve Karaer (2011), Uluabat Gölü su kirliliğini mevsimsel olarak incelemiş, ulusal yönetmelikler ve uluslararası standart değerlere göre değerlendirmişlerdir. Buna göre, konvansiyonel parametrelerin konsantrasyonlarının genellikle yaz aylarında en yüksek seviyede olduğu, bu nedenle de kirliliğin yaz aylarında artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Cr değeri 1,6 ile 1959,7 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Mangan minerallerden toprağa geçen, atmosferik olayların etkisi ile toprak ve tortul kütlelerinden çözünerek suya karışır. Mangan diğer elementlere göre daha az zehirli olup sadece endüstri sularında arıtımı önerilmektedir (Özgür, 2012). Belirlenen istasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri Mn değerleri ortalaması 23,03 $\mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir. Minimum Mn 1,31 $\mu\text{g/L}$, maksimum Mn 267,8 $\mu\text{g/L}$ ile tespit edilmiştir. İstasyonlarda bulunan minimum ve maksimum bulgular WHO (400 $\mu\text{g/L}$) standartlarında kabul edilebilir seviyede olduğu kaydedilmiştir. Koby ve Yeşilkanat (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki 7 ildeki (Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Gümüşhane ve Bayburt) doğal kaynak sularının elemental analizinin yapılmasını amaçlamışlardır. En düşük Mn için Artvin Yusufeli, Trabzon Arsin ve Çarşıbaşı ve Gümüşhane Kürtün'de, en yüksek değer Artvin Arhavi'de tespit edilmiştir. Sağlık Bakanlığı'nın sınır değerlerinin altında kaldığı belirlenmiştir. Yavuz (2018), Kızılcahamam ilçesi yüzeysel su kaynaklarını Ağır Metal Kirlilik açısından değerlendirmiştir. Mangan değerleri örnek alınan noktalarda kurak dönemde 39-47 $\mu\text{g/L}$, yağışlı dönemde 23-28 $\mu\text{g/L}$ arası değerlerde çıkmıştır. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Nikel tuzlarının suda erime özelliği ile sulara da kolay karışabilirler. Ancak doğal sularda az rastlanılır bir elementtir. Toksik olmayan bir element olup gıda ve sulardan bulaşma olduğunda nikelin önemli bir sağlık sorunu yaratmayacağı bilinmektedir. Deri teması ve solunum yolu ile canlı bünyesine girerse fizyolojik sorunlara sebep olabilir

(Tofan, 2008). İstasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri Ni değerleri ortalaması 2,99 µg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum Ni 1,21 µg/L, maksimum Ni 11,86 µg/L bulunmuştur. Bulunan bulgular WHO (70 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede kaydedilmiştir. Koby ve Yeşilkanat (2017), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki 7 ildeki (Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Gümüşhane ve Bayburt) doğal kaynak sularının elemental analizinin yapılması amaçlamışlardır. Ni için Artvin Yusufeli ve Trabzon Arsin'de en düşük değer, en yüksek değer Trabzon Köprübaşı'nda kaydedilmiştir. Sağlık Bakanlığı'nın sınır değerlerinin altında kaldığı belirlenmiştir. Yavuz (2018), Kızılcahamam ilçesi yüzeysel su kaynakları Ağır Metal Kirlilik açısından değerlendirmiştir. Nikel değerleri kurak dönem de 10 ile 100 µg/L arasında olup dedeksiyon limiti altında, yağışlı dönemde ise artış göstererek 15 ile 18 µg/L değerleri arasında her nokta için farklılık göstermiştir. Bu değerlere göre WHO açısından risk oluşturabilecek değerlerde çıkmamıştır. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Bakır jeolojik konum, sanayi ve gübre kullanımına göre bakır ve bileşikler çevremizde, yüzeysel sularda var olabilirler. Suyun pH' sı ve karbonat miktarı sudaki bakır miktarı üzerinde etkilidir. Sudaki formu insan sağlığına zarar vermemektedir. Belli bir değer üzerine çıkması ile suda acılık oluşturur (Güler, 1997). Belirlenen istasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum Cu 1,19 µg/L, maksimum Cu 158,33 µg/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 9,79 µg/L olarak belirlenmiştir. Bulunan bulgular TSE 266 ve WHO (2000 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede bulunmuştur. Kâtip ve Karaer (2011), Uluabat Gölü su kirliliğini mevsimsel olarak incelemiş, ulusal yönetmelikler ve uluslararası standart değerlerine göre değerlendirmişlerdir. Cu değerini 0 ile 116 µg/L arasında bulmuşlardır. Lanjwani ve ark. (2020), Aluka Ratodero, Larkana bölgesi, Sindh, Pakistan'da içme ve sulama kullanımları için yeraltı suyu kalitesinin değerlendirmesini yapmışlardır. Bu alandaki elde edilen Cu değerini 13.4 µg/L ile 77.5 µg/L arasında bulmuşlardır. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Çinko, doğal olarak su, hava ve toprakta bulunan bir elementtir. Doğal sularda bulunma oranı daha azdır. İnsanlar ve hayvanlar için enzimlerin aktivasyona

uğramasını sağlamak açısından önemlidir. Vücutta birikimi olmaz fazlası dışarı atılabilmektedir (WHO, 2011). Belirlenen istasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum Zn 1,28 µg/L, maksimum Zn 605,01 µg/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 110,54 µg/L olarak belirlenmiştir. Bulunan bulgular WHO (3000 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede bulunmuştur. Koby ve Yeşilkanat (2017), en düşük çinko değerin Artvin Borçka ve Trabzon Köprübaşı'nda 0 olduğunu, en yüksek değerin Trabzon Beşikdüzü'nde 518 µg/L olduğunu kaydetmişlerdir. Lanjwani ve ark. (2020), Aluka Ratodero, Larkana bölgesi, Sindh, Pakistan'da içme ve sulama kullanımları için yeraltı suyu kalitesinin değerlendirmesini yapmışlardır. Çinko içeriğini ortalama 134.9 µg/L bulmuşlardır. Değerlerin ise 27.7 ile 359 µg/L arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Kadmiyum, çinko, bakır ve kurşun ile birlikte sülfat cevherlerinde doğal olarak bulunmaktadır. Çinko üretimine eşlik etmesi için üretilmiştir. Bu yüzden bu ortaya çıkana kadar etrafa bulaşıklığı bulunmamaktadır. Ancak varlığı önemli bir kirleticidir. Suda çözünmesi fazla ama kaynağı ve pH 'sı da önemlidir (Rankama ve Sahama, 1964; Türkoğlu, 2008; Ağcasulu, 2007). İstasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri Cd değerleri ortalaması 0,77 µg/L olarak, minimum Cd 0,65 µg/L, maksimum Cd 2,22 µg/L kaydedilmiştir. Bulunan bulgular TSE 266 (5 µg/L) ve WHO (3 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede olduğu bulunmuştur. Kada ve Demdoun (2020), Cezayir'deki Chaabet el Hamra, Southern Setif bölgesi, hauterivian yeraltı suyunun su kalitesini değerlendirmek için ağır metal analizi yapmışlardır. Cd değeri tespit edilememiştir. Kâtip ve Karaer (2011), Uluabat Gölü su kirliliği mevsimsel olarak incelemiş, ulusal yönetmelikler ve uluslararası standart değerlere göre değerlendirmişlerdir. Cd değeri 0 ile 384,6 µg/L konsantrasyonlarında kaydedilmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Kurşun toprakta var olan elementlerden olsa da birçok endüstride kullanılmaktadır. Sulardaki varlığının nedeni ise genelde bulaşmalardır. Sindirim sistemi ile vücut tarafından emilirler. Alınan kurşun vücut tarafından atılabilir ancak fazla birikimi toksik etki yaratabilir (WHO, 2011). Belirlenen istasyonlarda iki ayrı mevsimde alınan su numuneleri Pb değerleri ortalaması 2,74 µg/L olarak tespit edilmiştir. Minimum Pb

0,55 µg/L, maksimum Pb 8,37 µg/L bulunmuştur. Bulunan bulgular TSE 266 ve WHO (10 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede kaydedilmiştir. Yavuz (2018), Kızılcahamam yüzeysel su kaynaklarının Ağır Metal Kirlilik yönünden incelemesini yapmıştır. Kurşun değerleri kurak dönemde 13 ile 16 µg/L arasında olup dedeksiyon limiti altında, yağışlı dönemde ise 2-4 µg/L arasında her nokta için farklı değerlerde çıkmıştır. Long ve ark. (2020), Dongting Gölü Ovası çevresindeki sığ yeraltı sularında arsenik ve ağır metaller ile sağlık riskinin tahminini yapmışlardır. Bazı bölgelerdeki Pb konsantrasyonları izin verilen maksimum konsantrasyonun üzerinde bulunmuştur. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Arsenik doğada sülfür ve oksit halde bulunabildiği gibi çevreye başlıca yayılma yolu sulardır. Ağır metal olmasına rağmen suda anyoniktir. Kaynak sularına pestisitler, sanayi ve mineral çözünmesinden geçerler. Arsenik bileşikler şeklinde ise vücut tarafından kolayca emilir. Element şeklinde ise zor emilir. Toksik olması ise alınım şekline, insanların yaşına, cinsiyetine, alınan miktarına ve süresine göre değişiklik gösterir. İstasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum As 0,84 µg/L, maksimum As 11,87 µg/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 3,74 µg/L olarak belirlenmiştir. Bulunan bulgular TSE 266 ve WHO (10 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede belirlenmiştir. Kâtip ve Karaer (2011), As değerini 1,2 ile 93,3 µg/L arasında bulmuşlardır. Yavuz (2018), arsenik değerleri kurak dönemde 36 µg/L dedeksiyon limiti altında, yağışlı dönemde 117 µg/L değerlerinde tüm örnekleme noktalarında sabit bulmuştur. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Kobalt doğada bakır ve nikel mineralleri ile birlikte bulunmaktadır. Doğal sulardaki kobalt yoğunluğu 0,01 mg/L'den daha düşüktür. İçme ve kullanma sularında kobalt için bir sınır değeri verilmemiştir. Sulama sularında 0,05 mg/L'den fazla kobalt bulunması istenilmeyen bir durumdur (Yalçın, 2010). İstasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum Co 1,18 µg/L, maksimum Co 10,71 µg/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 1,92 µg/L olarak belirlenmiştir. Bulunan bulgular WHO (50 µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede belirlenmiştir. Gürbüzürk (2019), Yeşilirmak Havzası'ndaki Yeşilirmak Nehri üzerinde aşağı havzada kurulan en son baraj olan Suat Uğurlu Barajı suyunun su kalitesinin belirlenmesi amacıyla çalışma

yapmıştır. İstasyonların farklı dönemlerine ait ortalama Co değerlerini incelediğinde en yüksek değer 0.08 µg/L ile 6. istasyondan, en düşük değer ise 0.04 µg/L ile 3. istasyondan elde etmiştir. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızın altında kalmıştır. Lanjwani ve ark. (2020), Aluka Ratodero, Larkana bölgesi, Sindh, Pakistan'da içme ve sulama kullanımları için yeraltı suyu kalitesinin değerlendirmesini yapmışlardır. Kobalt sonuçlarını 12.9 ile 88.8 µg/L arasında bulmuşlardır. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızı aşmıştır.

Demir son derece yaygın metaldir ve normalde çözünmeyen formda olmasına rağmen toprakta doğal olarak meydana gelen birçok kompleks reaksiyon nedeniyle çözünür demir formları oluşabilir. Öldürücü dozları vücut ağırlığı başına 200-250 mg/kg arasında değişmektedir. İçme ve kullanma sularında 0,3 mg/L'den fazla demir bulunması suyun tadını bozduğu ve çamaşır yıkamada renk oluşturduğu için istenilmeyen bir durumdur. Sucul canlılar için 1 mg/L'den fazla demir zararlı etki yapar (Akbal, 2015). İstasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum Fe 1,64 µg/L, maksimum Fe 219,05 µg/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 67,43 µg/L olarak belirlenmiştir. Bulunan bulgular WHO (300µg/L) standartlarında kabul edilebilir seviyede belirlenmiştir. Gürbüzürk (2019), istasyonların farklı dönemlerine ait ortalama Fe değerlerini incelediğinde en yüksek değer 46 µg/L ile 10. istasyondan, en düşük değer ise 14 µg/L ile 3. istasyondan elde etmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir. İçme suyu kalitesi indeksleri kısmında WQI, HPI HEİ, su kalitesinin daha iyi anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlayan dikkat çekici tekniklerdir. Çeşitli fizikokimyasal parametrelerin toplu sonuçlarını yansıtan büyüklüğü temsil ederler (Adimalla ve ark., 2020).

Tablo.5.1 İstasyonların ortalama WOI, HPI, HEİ değerleri ve su kalitesi sınıfları

İstasyon	WQI	Su Kalite Sınıfı	HPI	Su Kalite sınıfı	HEİ	Kalite Sınıfı
1	49,53	İyi su	30,55	Uygun	5,90	Düşük kirli
2	19,42	Mükemmel su	18,21	Uygun	1,62	Düşük kirli
3	46,57	İyi su	29,98	Uygun	6,23	Düşük kirli
4	77,74	Çok zayıf su	42,87	Uygun	11,93	Orta kirli
5	39,50	İyi su	19,58	Uygun	2,84	Düşük kirli
6	41,35	İyi su	26,65	Uygun	4,58	Düşük kirli
7	35,39	İyi su	22,99	Uygun	4,68	Düşük kirli

Tablo 5.1 (Devamı)

8	30,79	İyi su	26,09	Uygun	3,25	Düşük kirli
9	21,70	Mükemmel su	15,40	Uygun	0,77	Düşük kirli
10	52,15	Zayıf su	35,38	Uygun	7,54	Düşük kirli
11	36,38	İyi su	24,99	Uygun	4,37	Düşük kirli
12	61,97	Zayıf su	37,27	Uygun	9,48	Düşük kirli
13	48,66	İyi su	32,66	Uygun	7,01	Düşük kirli
14	46,27	İyi su	32,38	Uygun	6,45	Düşük kirli
15	43,34	İyi su	33,55	Uygun	6,22	Düşük kirli
16	48,63	İyi su	32,26	Uygun	7,38	Düşük kirli
17	46,58	İyi su	27,90	Uygun	7,06	Düşük kirli
18	53,76	Zayıf su	33,34	Uygun	8,00	Düşük kirli
19	150,59	Uygun değil	75,48	Uygun	26,13	Yüksek kirli
20	40,09	İyi su	27,02	Uygun	5,30	Düşük kirli
Ortalama	49,52	İyi su	31,23	Uygun	6,84	Düşük kirli

Belirlenen 20 istastonda ortalama 49,52 olan WQI değeri "iyi su" sınıfını göstermiştir (Tablo 5.1). Ancak Paşakonağı yaylasında bulunan 19 nolu istasyonda WOI sonuçları 150,59 olup içme suyu için uygun olmadığı belirlenmiştir. Ustaoglu ve Aydın (2020), Türkiye'nin kuzey doğusundaki Doğu Karadeniz Havzası içinde yer alan Giresun alt havzasındaki 7 akarsuda (Pazarsuyu, Batlama, Aksu, Yağlıdere, Gelevera, Harşit, Görele) çalışmıştır. Su kalitesi verilerinin yıllık ortalamaları kullanılarak elde edilen WQI değerleri akarsular arasında fazla bir değişim göstermemiştir. Minimum değer 25,69 ile Gelevera, maksimum değer ise 32,39 ile Batlama Deresi'n de tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre bütün akarsular iyi kalite ($25 < WQI < 50$) sınıfına dahil olduğunu bulmuştur. Panneerselvam ve ark. (2020), çalışma bölgesindeki WQI değerlerinin 13,20 ile 93,76 arasında değiştiğini ve ortalama 42,36 olduğunu hem içme hem de diğer kullanımlar için uygun olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Ağır metal indeksinde numunesi alınan sulardan 1, 2,3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20 numaralı istasyonlar düşük kontaminasyon, 4.istasyon orta, 19. istasyon yüksek kontaminasyonlu olarak tespit edilmiştir. Benhaddya ve ark. (2020), Oued Righ bölgesinde (Cezayir) kirlilik endeksleri kullanarak yüzey ve yeraltı su sistemlerinde Ağır Metal Kirliliğinin değerlendirilmesi çalışmasını yapmışlardır. Ağır metal değerlendirme Endeksi (HEİ) değerleri 2.33 ile 7.07 arasında, yüzey suyu için ortalama değer 4.03 ve yeraltı suyu örnekleri için ortalama değer 1.42 ile 0.95 ile 2,77

arasında değişmiştir. Long ve ark. (2020), Dongting Gölü Ovası çevresindeki sığ yeraltı sularında arsenik ve ağır metallerin sağlık riski üzerine tahmini yapmışlardır. Islak mevsimde, bölgelerin %9'unda sığ yeraltı suyunun HPI'si aşırı ağır kirliliği gösterir, bölgelerin %16'sında sığ yeraltı suyunun HPI'si orta kirlilik aralığındadır; bölgelerin geri kalan %75'inde HPI açıkça güvenli eşiğin içinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Ağır metal kirlilik indeksinde numunesi alınan suların tamamı standartlara uygun tespit edilmiştir. Benhaddya ve ark. (2020), Oued Righ bölgesinde (Cezayir) kirlilik endeksleri ile yüzey ve yeraltı su sistemlerinde Ağır Metal Kirliliğinin değerlendirilmesi amaçlamıştır. Yeraltı suyunun Ağır Metal Kirlilik Endeksi (HPI) 100 kritik endeks sınırının altında, yeraltı suyunun ağır sulara göre kirlenmediğini bulmuşlardır. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

İstasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum SAR 0,2 meq/L ile maksimum SAR 0,84 meq/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise 0,44 meq/L olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak tüm istasyonların SAR değerinin iyi kalitede olduğu görülmüştür. Özer ve Köklü (2019), Aşağı Sakarya Nehri su kalitesinin sulama suyu açısından değerlendirilmesi yapmışlardır. Tüm istasyonlar için su sınıfı SAR açısından mükemmel sınıfı ifade etmektedir. Bu da Aşağı Sakarya Nehri'nin sulama suyu olarak kullanılmasının sodyum içeriği açısından bir tehlike taşımadığını göstermektedir. Kaçar (2019), Hakkâri ilinin merkez köylerinde sulama amaçlı kullanılan suların kalite parametrelerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Tüm araştırma noktaların yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değeri ise 0.137 meq/L olarak bulmuştur. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Belirlenen istasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum RSC -7,4 meq/L, maksimum RSC 1,17 meq/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama ise -0,35 meq/L olarak belirlenmiştir. Su numunelerinin RSC açısından iyi su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Kaçar (2019), Hakkâri ilinin merkez köylerinde sulama amaçlı kullanılan suların kalite parametrelerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Yapılan analizler ve

işlemler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeri -4,92 meq/L ile haziran ayında, en yüksek kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeri ise -3,97 meq/L ile temmuz ayında belirlemiştir. Cerit (2014), yaptığı çalışmada Sivas ili Hafik ilçesinde RSC değerini -1,91 meq/L ile 7,93 meq/L arasında bulmuştur. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

İstasyonlardan alınan numune sonuçlarına göre minimum MH 10,68 meq/L, maksimum MH 62,18 meq/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama 29,61 meq/L olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre suların tamamının uygun kalitede olduğu görülmüştür. Özer ve Köklü (2019), Aşağı Sakarya Nehri su kalitesini sulama suyu açısından değerlendirmesini yapmışlardır. Elde edilen sonuçların hemen hemen tamamı <50 olduğu için MH açısından uygun sınıfı ifade etmiştir. Bu da Aşağı Sakarya Nehri'nin MH açısından sulama suyu olarak kullanıma uygun olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerdir.

Belirlenen 20 istasyondan alınan numune sonuçlarına göre minimum %Na 7,01 meq/L, maksimum %Na 44,17 meq/L tespit edilmiştir. Toplam ortalama 21,90 meq/L olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre 1, 4, 5, 6, 8, 9, 11 numaralı istasyonlar mükemmel, diğer suların su kalitesi iyi kalitede olduğu belirlenmiştir. Özer ve Köklü (2019), çalışmalarında istasyonların değerlerini hesapladıklarında sodyum yüzdesi açısından sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin iyi düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. Kaçar (2019), tüm araştırma noktalarının (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama sodyum yüzdesi (% Na) değerini 3,894 meq/L olarak hesaplamıştır. Yapılan analizler ve işlemler neticesinde tüm noktaların en düşük 56 aylık ortalama sodyum yüzdesi (% Na) değeri 3.304 meq/L ile haziran ayında, en yüksek sodyum yüzdesi (% Na) değeri ise 4.519 meq/L ile eylül ayında belirlenmiştir. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızın aşağısında kalmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmamızda başta bölge sakinleri olmak üzere ulusal ve uluslararası ziyaretçilerin uğrak yeri olan Giresun yaylalarının kaynak sularının kalitesi belirlenmiştir. Çalışma yaptığımız numunelerin sulama suyu açısından kullanılabilirliği uygun bulunmuştur. Ağır metal kirlilik indeksi ve Ağır Metal Kirliliği

bakımından incelendiğinde numunelerin tamamı uygun tespit edilmiştir. İçme suyu kalitesine baktığımızda 19.istasyon dışındaki tüm istasyonların içilebilir su olduğu kaydedilmiştir. Bu istasyondaki metal kirliliğinin kayaç yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir

Yaylalarda suların kirlenmesine etki eden kirletici kaynaklar içerisinde yayla ziyaretine gelenlerin birçoğu çöplerini açık alanlarda bırakmaktadır. İnsanların çevre konusunda bilinçlendirilmesi önem taşımaktadır. Yayla sakinleri ile yaylada hayvancılık faaliyetlerinde bulunanların su kaynaklarını korumaları, etkili ve verimli bir biçimde kullanmaları gerekmektedir. Yayla sakinlerinin gerçekleştirdiği tarımsal faaliyetlerde kullandıkları zirai ilaçlar konusunda dikkat etmeleri önemlidir. Alınacak önlemler ile doğal su kaynaklarımızı korumak hepimizin üzerine düşen bir görevdir.

KAYNAKLAR

- Adimalla, N., Qian, H., Nandan, M. J. 2020. Groundwater chemistry integrating the pollution index of groundwater and evaluation of potential human health risk: A case study from hard rock terrain of south India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 206: 111217.
- Ağcasulu, Ö. 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Capoeta tinca*'nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Akbal, F. 2015. Su Kaynakları İçinde İçme Suyu Kalitesi Problemleri ve Çözümleri Nobel Akademik ve Yayıncılık, Ankara, 77-114.
- Akram, P., Solangi, G. S., Shehzad, F. R., Ahmed, A. 2020. Groundwater Quality Assessment using a Water Quality Index (WQI) in Nine Major Cities of Sindh, Pakistan. *International Journal of Research in Environmental Science* ,6(3):18-26.
- Aravinthasamy, P., Karunanidhi, D., Roy, P. D., Praveenkumar, R. M., Prasanth, K., Selvapraveen, S., Srinivasamoorthy, K. 2020. Evaluation of non-carcinogenic risks due to fluoride and nitrate contaminations in a groundwater of an urban part (Coimbatore region) of south India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2):102.
- Atabey, E., 2005 Tıbbi Jeoloji. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayınları, 88-216.
- Atay, D., Pulatsü, S. 2000. Su Kirlenmesi ve Kontrolü, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 307.
- Barlas, M., Kiriş, E. 2004. Akçay (Muğla-Denizli)'ın Fiziko-Kimyasal ve Bentik Makroinvertebrata Yönünden İncelenmesi. *Muğla Üniversitesi Yayınları*, 49-116
- Benhaddya, M. L., Halis, Y., Hamdi-Aissa, B. 2020. Assessment of heavy metals pollution in surface and groundwater systems in Oued Righ region (Algeria) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *African Journal of Aquatic Science*, 45(3): 269-284.
- Bodrud-Doza, M., Islam, A. T., Ahmed, F., Das, S., Saha, N., Rahman, M. S. 2016. Characterization of groundwater quality using water evaluation indices, multivariate statistics and geostatistics in central Bangladesh. *Water Science*, 30(1):19-40.

- Boyd, C.E., Tucker, C.S. 1992. Water Quality And Pond Soil Analyses For Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA.
- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükkara, R., Savaşer, S. 2010. Karanfilciay Deresi Suyunun Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi ve Akuakültür Açısından Değerlendirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (021):1-8.
- Canpolat, Ö., Varol, M., Okan, Ö. Ö., Eriş, K. K., Çağlar, M. 2020. A comparison of trace element concentrations in surface and deep water of the Keban Dam Lake (Turkey) and associated health risk assessment. Environmental Research, 190: 110012.
- Cerit, Y., 2014. Sivas İli Hafik İlçesinde Yetiştirilen Sebzelerin Sulanmasında Kullanılan Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Cirik, S. ve Cirik, Ş. 2005. Limnoloji Ders Kitabı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 5:166.
- Chapman, D., Kimstach, V. 1996. Selection of Water Quality Variables. In: Water Quality Assessments: A Guide To Use Biota, Sediments And Water Environmental Monitoring, London, 74-133.
- Chaturvedi, A., Bhattacharjee, S., Singh, A. K., Kumar, V. 2018. A new approach for indexing groundwater heavy metal pollution. Ecological Indicators, 87:323-331.
- Chin, D.A 2006. Water-Quality Engineering In Natural Systems, Published By John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published Simultaneously in Canada, 23.
- Çobanoğlu, Z., Güler, Ç., 1994. Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 12, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Yayınları, 975(7572):60-8
- Demir, A. D., Şahin, Ü., Demir, Y. 2016. Murat Nehri su kalite parametrelerinin trend analizi ve tarımsal açıdan kullanılabilirliği. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 26(3):414-420
- Demirak, A., Mutluay, H., 1996, Su Kimyası, Beta Basım, İstanbul, 73- 74.
- Dinçer, S., Mayıs 2014. Çanakçı Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Eaton, F. M., 1950. Significant of carbonates in irrigation waters. Soil Science, 69: 123- 134.
- Edet, A. E., Offiong, O. E. 2002. Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring. A study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin (southeastern Nigeria). GeoJournal, 57(4):295-304.
- Egemen, Ö. 2006. Su kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayınları 6:150.
- Egemen, Ö. 2011. Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir.

- Ertan, G., Ağustos 2019, Niğde Bölgesi İçme ve Sulama Suyu Kaynaklarının Hidrojeokimyasal, Su Kalitesi ve İçilebilirlik Açısından Değerlendirilmesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Gao, B., Gao, L., Gao, J., Xu, D., Wang, Q., Sun, K. 2019. Simultaneous evaluations of occurrence and probabilistic human health risk associated with trace elements in typical drinking water sources from major river basins in China. *Science of the Total Environment*, 666:139-146.
- Geçer, F. Temmuz 2019. Zınav Çayı Su Kalitesinin Türk Mevzuatına ve Uluslararası Kriterlere Göre Değerlendirilmesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Goher, M. E., Hassan, A. M., Abdel-Moniem, I. A., Fahmy, A. H., El-sayed, S. M. 2014. Evaluation of surface water quality and heavy metal indices of Ismailia Canal, Nile River, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(3):225-233.
- Göksu, M.Z.L. 2015. Su Kirliliği. Akademisyen Kitabevi, Ankara.
- Güler, Ç. 1997. Su Kalitesi Çevre Sağlığı Temel Kaynaklar Dizisi, 43.
- Gündüz, T. 2008. Çevre Kimyası. Gazi Kitabevi, Ankara, 54-56.
- Gürbüztürk O. T. 2019. Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün (Samsun) Su Kalitesi ve Trofik Seviyesinin Araştırılması, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Timur, S., İTÜ, M. 2004. Metallerin çevresel etkileri-III. *Metalurji Dergisi*, 138:64-71.
- Hintz, K. J., Yount, G. L., Kadar, I., Schwartz, G., Hammerschlag, R., Lin, S. 2003. Bioenergy definitions and research guidelines. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 9(3):13-30.
- Horton, R. K. 1965. An index number system for rating water quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(3):300-306.
- Jeyaraj, M., Ramakrishnan, K., Anandhi, A. J., Arunachalam, S., Magudeswaran, P. N. 2016. Investigation of physico-chemical and biological characteristics of various lake water in coimbatore district, Tamilnadu, India. *Oriental Journal of Chemistry*, 32(4): 2087-2094.
- Kaçar, K., 2019, Hakkâri -Merkez Sulama Havuzlarındaki Su Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Kada, H., Demdoun, A. 2020. Assessment of the Hauterivian groundwater quality in zinc mining area for drinking and irrigation uses: Case of Chaabet el Hamra, Algeria. *Journal of Water and Land Development*, 46:131-139
- Kahriman, A. 2019. Bezirgân Hazım Kılıç Göleti (Daday – Kastamonu) 'nın Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Yüksek Lisans Tezi.

- Kâtip, A. Karaer, F.2011. Uluabat Gölü su kalitesinin Türk mevzuatına ve uluslararası kriterlere göre değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 16(2):25-34
- Kim, S. E., Seo, I. W., Choi, S. Y. 2017. Assessment of water quality variation of a monitoring network using exploratory factor analysis and empirical orthogonal function. *Environmental Modelling & Software*, 94: 21-35.
- Khalid, S. 2019. An assessment of groundwater quality for irrigation and drinking purposes around brick kilns in three districts of Balochistan province, Pakistan, through water quality index and multivariate statistical approaches. *Journal of Geochemical Exploration*, 197:14-26.
- Khan, T. A., Abbasi, M. A. 2013. Synthesis of parameters used to check the suitability of water for irrigation purposes. *International journal of environmental sciences*, 3(6):2131-2138.
- Kobyay, Y., Yeşilkanat, C. M. 2017. Doğu Karadeniz Bölgesindeki bazı doğal kaynak sularının elemental analizi ve haritalandırılması ile çevre ve insan sağlığına etkilerinin araştırılması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1):28-38.
- Kumar, M., Nagdev, R., Tripathi, R., Singh, V. B., Ranjan, P., Soheb, M., Ramanathan, A. L. 2019. Geospatial and multivariate analysis of trace metals in tubewell water using for drinking purpose in the upper Gangetic basin, India: heavy metal pollution index. *Groundwater for Sustainable Development*, 8:122-133.
- Kükrer, S., Mutlu, E. 2019. Assessment of surface water quality using water quality index and multivariate statistical analyses in Saraydüzü Dam Lake, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 191(2):71.
- Lanjwani, M. F., Khuhawar, M. Y., Jahangir Khuhawar, T. M. 2020. Assessment of groundwater quality for drinking and irrigation uses in taluka Ratodero, district Larkana, Sindh, Pakistan. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-24.
- Leventeli, Y., Yalcin, F., Kilic, M. 2019. An investigation about heavy metal pollution of Duden and Goksu Streams (Antalya, Turkey). *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2):2423-2436.
- Long, X., Liu, F., Zhou, X., Pi, J., Yin, W., Li, F., Ma, F.2020. Estimation of spatial distribution and health risk by arsenic and heavy metals in shallow groundwater around Dongting Lake plain using GIS mapping. *Chemosphere*, 128698.
- Mahananda, M. R., Mohanty, B. P., Behera, N. R. 2010. Physico-chemical analysis of surface and ground water of Bargarh District, Orissa, India. *International journal of research and reviews in applied sciences*, 2(3):284-295.
- Mir, S. A., Qadri, H., Beigh, B. A., Dar, Z. A., Bashir, I. 2019. Assessment of nutrient status and water quality index of Rambiar stream, Kashmir Himalaya, India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3):172-180.
- Mutlu, E., Tepe, A. Y. 2014. Evaluation of some of physical and chemical characteristics of Yayladağı Irrigation Pond (Hatay), *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*, 27:18-23.

- Nemerow, N. L., Agardy, F. J., Salvato, J. A. 2009. Environmental engineering: water, wastewater, soil and groundwater treatment and remediation.
- Özcan, M., Mayıs 2018, Kütahya ve Köprüören Ovalarındaki Yüzey ve Yeraltı sularındaki Ağır Metal Kirliliknin İncelenmesi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Özel, H. U., Gemici, B. T. 2018. Bartın Irmağı kirlilik profilinin fiziksel parametrelerle belirlenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(1):52-58.
- Özer, Ç., Köklü, R. 2019. Aşağı Sakarya nehri su kalitesinin sulama suyu açısından değerlendirilmesi. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi 5(2): 237-246.
- Özger, H., 2019, Kars İli Sarıkamış İlçesi İçme Suyu Arıtma Tesisi Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Çevre Bilimleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Özgür, M. E., Akbulut, A., Demirsoy, A. 2012. Some Quality parameters of surface water of Karasu river in upper part of euphrates basin, TURKEY, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 7(3):183-192.
- Özoktay, S., 2015, Melet Irmağı, Turnasuyu Deresi ve Akçaova Deresinin Aşağı Havzalarında Epifitik Alg Florası ve Su Kalitesinin İncelenmesi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Panneerselvam, B., Karuppannan, S., Muniraj, K. 2020. Evaluation of drinking and irrigation suitability of groundwater with special emphasizing the health risk posed by nitrate contamination using nitrate pollution index (NPI) and human health risk assessment (HHRA). Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 1-25.
- Rankama, K. ve Sahama, T.G., 1964. Geochemistry, The University Of Chicago Pres., Chicago and London, 912.
- Ravikumar, P., Mehmood, M. A., Somashekar, R. K. 2013. Water quality index to determine the surface water quality of Sankey tank and Mallathahalli lake, Bangalore urban district, Karnataka, India. Applied water science, 3(1):247-261.
- Rostom, N. G., Shalaby, A. A., Issa, Y. M., Afifi, A. A. 2017. Evaluation of Mariut Lake water quality using Hyperspectral Remote Sensing and laboratory works. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 20:39-48.
- Sahu, P., Sikdar, P. K. 2008. Hydrochemical framework of the aquifer in and around East Kolkata Wetlands, West Bengal, India. Environmental Geology, 55(4):823-835
- Saleh, H. N., Panahande, M., Yousefi, M., Asghari, F. B., Conti, G. O., Talaei, E., Mohammadi, A. A. 2019. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of heavy metals in groundwater wells in Neyshabur Plain, Iran. Biological trace element research, 190(1):251-261.
- Samsunlu, A. 2013. Çevre Mühendisliği Kimyası. Birsan Yayınevi, İstanbul, 30-31

- Singha, S. S., Pasupuleti, S. 2020. Hydrogeochemical modeling based approach for evaluation of groundwater suitability for irrigational use in Korba district, Chhattisgarh, Central India. SN Applied Sciences, 2(9): 1-13.
- Shaikh, H., Gaikwad, H., Kadam, A., Umrikar, B. 2020. Hydrogeochemical characterization of groundwater from semiarid region of western India for drinking and agricultural purposes with special reference to water quality index and potential health risks assessment. Applied Water Science, 10(9): 1-16.
- Solak, C.N., 2003. Akçay (Muğla-Denizli)'ın Fiziko-Kimyasal ve Epilitik Alg Florası Yönünden İncelenmesi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Soylak, M., Doğan, M. 2000 Su Kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Szabolcs, I. 1964. The influence of irrigation water of high sodium carbonate content on soils. Agrokémia és talajtan, 13: 237-246.
- Şengün, E. 2013. Aksu Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Taş, B., Tepe, Y., Ustaoglu, F., Alptekin, S. 2019. Benthic algal diversity and water quality evaluation by biological approach of Turnasuyu Creek, NE Turkey. Desalination and Water Treatment 155:402–415.
- Tepe, Y., Mutlu, E. 2004. Hatay Harbiye Kaynak Suyu'nun fizikokimyasal özellikleri. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (006):77-88.
- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., Töre, Y. 2006. Hasan Çayı (Erzin-Hatay) su kalitesi özellikleri ve aylık değişimleri. EÜ Su Ürünleri Dergisi, 23(1/1):149-154.
- Tepe, Y. 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. Ekoloji Dergisi, 18(70):38-46.
- Tepe, Y., Aydın, H. 2017. Water quality assessment of an urban water, Batlama Creek (Giresun), Turkey by applying multivariate statistical techniques. Fresenius Environ Bull, 26: 6413-6420.
- Tofan, S., 2008. Konya bölgesindeki içme sularında metal tayini, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Tokatlı, C., Savaşer, S., Öztürk, G. N., Köse, E., Bulut, C., Akçimen, U., Küçükkara, R. 2012. Kestel deresi (Burdur) su kalitesinin belirlenmesi ve alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (028): 1-10.
- Tokatlı, C., Ustaoglu, F. 2020. Health risk assessment of toxicants in Meriç River Delta Wetland, Thrace Region, Turkey. Environ Earth Sci, 79: 426.
- Tuncay, H. 1994. Su kalitesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 243, 512.
- Türkoğlu, M. 2008. Van Gölünden alınan su, sediment ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas, 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması (Doctoral dissertation, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri ABD, Yüksek Lisans Tezi.

- Ustaoğlu, F., Tepe, Y. 2018. Determination of the sediment quality of Pazarsuyu stream (Giresun, Turkey) by multivariate statistical methods. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(3):304-312.
- Ustaoğlu, F., Tepe, Y. 2019. Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *Int Soil Water Conserv Res*, 7:47–56
- Ustaoğlu, F. 2020. Evaluation of the Effect of Dissolved Metals Detected in Değirmendere Dam (Amasya, Turkey) on Drinking and Irrigation Water Quality. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(12): 2729-2737.
- Ustaoğlu, F., Aydın, H. 2020. Health risk assessment of dissolved heavy metals in surface water in a subtropical rivers basin system of Giresun (north-eastern Turkey). *Desalination and Water Treatment*, 194:222–234.
- Ustaoğlu, F., Tepe, Y., Taş, B. 2020. Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecol. Indic*, 113,105815.
- Wang, Y. B., Liu, C. W., Liao, P. Y., Lee, J. J. 2014. Spatial pattern assessment of river water quality: implications of reducing the number of monitoring stations and chemical parameters. *Environmental monitoring and assessment*, 186(3): 1781-1792.
- Wilcox, L. 1955. Classification and use of irrigation waters US Department of Agriculture, 969:19.
- World Health Organization. 2011. Hardness in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality
- Xiao, J., Wang, L., Deng, L., Jin, Z. 2019. Characteristics, sources, water quality and health risk assessment of trace elements in river water and well water in the Chinese Loess Plateau. *Science of the Total Environment*, 650:2004-2012.
- Yadav, A. K., Khan, P., Sharma, S. K. 2010. Water Quality Index Assessment of Groundwater in Todaraisingh Tehsil of Rajasthan State, India-A Greener Approach. *E-journal of Chemistry*, 7.
- Yalçın, H. 2010. Su teknolojisi. Palme Yayıncılık.
- Yavuz, E., 2018, Kızılcahamam Yüzeysel Su Kaynaklarının Ağır Metal Kirlilik Yönünden İncelenmesi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Yetik, M.K. 2007. Akarsuların Dinamik Benzetiminde CBS Tekniklerinden Yararlanmak, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği ABD, Doktora Tezi.
- Yıldıztekin, M., Tuna, A. L. 2011. Muğla Karabağlar Yöresi kuyu sularının sulama suyu kalitesi yönünden araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1):1-10.

ÖZGEÇMİŞ

Selin KARADENİZ.1986 yılında Giresun'un Görele ilçesinde doğdu. İlkokulu Amasya, Gaziantep ve Samsun illerinde, orta ve lise öğrenimini Trabzon Tefvik Serdar Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2004 yılında girdiğı Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bölümünden 2008 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. 2008-2012 yıllarında özel ulusal bir şirkette yöneticilik yaptı. 2012 yılından sonra mesleğı ile ilgili alanlarda çalışmalara katıldı. 2016 yılında Giresun Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı.