

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORDU İLİ YÜZEY VE YERALTI SU KAYNAKLARININ SU KALİTESİ
YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Boubacar SIDIKI TONDE

EKİM 2023
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORDU İLİ YÜZEY VE YERALTI SU KAYNAKLARININ SU KALİTESİ
YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Boubacar SIDIKI TONDE

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
“DOKTOR (JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25/09/2023
Tezin Savunma Tarihi : 25/10/2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Arzu FIRAT ERSOY

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle bu çalışmanın hazırlanmasında beni yönlendiren, değerli bilgileri ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, maddi manevi desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Arzu FIRAT ERSOY'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Türkiye Cumhuriyeti'ne ve bana Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde eğitim alma fırsatı veren Yurtdışı Türkler ve Akraba Toplulukları Başkanlığı YTB'ye teşekkürlerimi sunarım. Araştırmayı maddi açıdan destekleyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında, çok değerli katkı, bilgi, tecrübe ve görüşlerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN'e, Prof. Dr. Ömer YÜKSEK'e, Dr. Öğretim Üyesi Esra HATİPOĞLU TEMİZEL'e, Dr. Öğretim Üyesi Muhammet Oğuz SÜNNETCİ'ye, Öğr. Gör. Dr. Murat KARAHAN'a, Dr. Mahamadou KONARE'ye, Dr. Abdourazakou MAMAN HASSAN'a çok teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları ve veri paylaşımında yardımcı olan Ordu Belediyesi ve Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'ne, Devlet Su İşleri 75. Şube Müdürlüğünde jeoloji mühendisi Yekta YÜKSEL'e, DSİ VII. Bölge Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü'ne, Su Ürünleri Araştırma Merkezi'nde Dilek FİDAN'a, DSİ Genel Müdürlüğü'ne ve orda çalışan Kimya Mühendisi Sahra KOCA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardım ve desteklerini hiç esirgemeyen, Farabi Hastanesi KBB Bölümde Prof. Dr. Abdulcemal Ümit IŞIK, yakın arkadaşlarım Dr. Mahamat Ali MOUSSA ve Ahmed SİNON'a ve ismini saymadığım herkese sonsuz teşekkür ederim.

Boubacar SIDIKI TONDE
Trabzon, 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Ordu İli Yüzey ve Yeraltı Su Kaynaklarının Su Kalitesi Yönünden İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Arzu FIRAT ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 25/10/2023

Boubacar SIDIKI TONDE

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	XI
SUMMARY	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
TABLolar DİZİNİ.....	XVIII
KISALTMALAR DİZİNİ	XXII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.3. Nüfus, Yerleşim ve Ulaşım	4
1.4. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu	4
1.5. Jeomorfoloji.....	7
1.6. İklim ve Bitki Örtüsü	9
1.6.1. Sıcaklık	9
1.6.2. Hidroloji.....	11
1.6.2.1. Yağış	12
1.6.2.2. Buharlaşma	14
1.7. Su Noktaları	18
1.7.1. Akarsular.....	18
1.7.2. Doğal Göller, Göletler ve Rezervuarlar.....	18
1.7.3. Yeraltı suları	19
1.8. Ekonomik ve Sosyal Durum.....	22
1.9. Önceki Çalışmalar	22
1.9.1. Çalışma Alanı ve Çevresinde Yapılan Çalışmalar.....	23
1.9.2. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	26
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	30
2.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları.....	30
2.2. Büro Çalışmaları.....	32
2.2.1. Haritalama İşlemleri	32

2.2.2.	Su Kaynaklarının Jeokimyasal İncelemesi	32
2.2.3.	Su Kalite İndeksleri	33
2.2.3.1.	Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI)	34
2.2.3.2.	Kanada Su Kalite İndeksi (CCME – WQI)	37
2.2.3.3.	Oregon Su Kalite İndeksi (OWQI)	40
2.2.3.4.	Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi (WAWQI)	41
2.2.4.	Su Kaynakların Kalitesi İncelenmesinde Kullanılan Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler	43
2.2.4.1.	Korelasyon Analizi	43
2.2.4.2.	Temel Bileşenler Analizi (TBA)	44
2.2.4.3.	Kümeleme (Salkımlama) Analizi (Cluster Analysis)	44
2.2.5.	Yapay Sinir Ağları (YSA)	45
2.2.5.1.	Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları	47
2.2.5.2.	Non-lineer Aktivasyon Fonksiyonları	48
2.2.5.3.	Geri Yayılım Çok Katmanlı Algılayıcı (GYÇKA) Yapay Sinir Ağları	50
3.	BULGULAR	54
3.1.	Jeoloji	54
3.1.1.	Bölgesel Jeoloji	54
3.1.2.	Çalışma Alanı ve Çevresinin Genel Jeolojisi	54
3.1.2.1.	Mesudiye Formasyonu (Km)	54
3.1.2.2.	Erkiz Üyesi (Kt1)	54
3.1.2.3.	Tirebolu Formasyonu (Kt)	56
3.1.2.4.	Akveren Formasyonu (Kta)	57
3.1.2.5.	Tekkeköy Formasyonu (Tt)	59
3.1.2.6.	Çaybaşı Üyesi (Tetç)	59
3.1.2.8.	Canik Volkanitleri (Tcy)	60
3.1.2.9.	Eski Kumsal Çökelleri (Qek)	61
3.1.2.10.	Güncel Akarsu Çökelleri (Qa)	61
3.1.2.11.	Güncel Kumsal Çökelleri (Qk)	61
3.1.2.12.	Güncel Taşkın Ovası Çökelleri (Qt)	62
3.1.2.13.	Eski Alüvyon (Qek)	62
3.1.2.14.	Yeni Alüvyon (Qal)	62
3.2.	Yapısal Jeoloji	65
3.3.	Hidrojeoloji	65
3.3.1.	Geçirimli Litolojilerin Hidrojeolojik Özellikleri	66

3.3.1.1.	Birincil Gözenekli Litolojilerin Hidrojeolojik Özellikleri.....	66
3.3.1.2.	Derinlik Kayaçlarının Ayrışma Zonu	66
3.3.1.3.	İkincil Gözenekli Litolojilerin Hidrojeolojik Özellikleri	67
3.3.2.	Yarı Geçirimli Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri.....	67
3.3.3.	Geçirimsiz Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri	68
3.4.	Çalışma Alanındaki Suların Hidrojeokimyasal Olarak Değerlendirilmesi	70
3.4.1.	Çalışma Alanındaki Yüzey Sularının Kalite Parametreleri	73
3.4.1.1.	Yüzey Sularına Ait Fiziksel Parametreler	74
3.4.1.1.1.	Yüzey Sularının Sertlik Değerleri	74
3.4.1.1.2.	Sıcaklık	75
3.4.1.1.3.	Hidrojen İyonu Aktivitesi (pH)	78
3.4.1.1.4.	Çözülmüş Oksijen (DO)	79
3.4.1.1.5.	Toplam Çözülmüş Madde Miktarı (TDS)	80
3.4.1.1.6.	Elektriksel İletkenlik (EC).....	81
3.4.1.2.	İnceleme Alanındaki Yüzey Sularında Bulunan Majör İyonlar	86
3.4.1.2.1.	Sodyum (Na^+)	86
3.4.1.2.2.	Kalsiyum (Ca^{2+}).....	87
3.4.1.2.3.	Magnezyum (Mg^{2+})	87
3.4.1.2.4.	Potasyum (K^+)	91
3.4.1.2.5.	Klorür (Cl^-)	92
3.4.1.2.6.	Sülfat (SO_4^{2-})	92
3.4.1.2.7.	Bikarbonat (HCO_3^-)	93
3.4.1.3.	İnceleme Alanındaki Yüzey Sularında Bulunan Kirlilik Parametreleri	93
3.4.1.3.1.	Nitrat (NO_3^-)	93
3.4.1.3.2.	Nitrit (NO_2^-).....	102
3.4.1.3.3.	Amonyum (NH_4^+).....	103
3.4.1.3.4.	Fosfat (PO_4^{3-}).....	104
3.4.1.3.5.	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ).....	106
3.4.1.3.6.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	108
3.4.1.4.	İnceleme Alanındaki Yüzey Sularında Bulunan İz Elementler.....	109
3.4.1.4.1.	Mangan (Mn).....	109
3.4.1.4.2.	Florür (F)	116
3.4.1.4.3.	Selenyum (Se).....	117
3.4.1.4.6.	Bakır (Cu)	118

3.4.1.4.7. Arsenik (As).....	120
3.4.1.4.8. Nikel (Ni).....	121
3.4.1.4.9. Çinko (Zn)	122
3.4.1.4.10. Demir (Fe)	123
3.4.1.4.11. Bor (B).....	125
3.4.1.4.12. Baryum (Ba)	126
3.4.1.4.13. Alüminyum (Al)	127
3.4.1.4.14. Kobalt (Co).....	128
3.4.1.4.15. Kadmiyum (Cd).....	129
3.4.1.4.16. Krom (Cr)	131
3.4.1.4.17. Civa (Hg)	132
3.4.1.4.18. Kurşun (Pb).....	133
3.4.1.4.19. Molibden (Mo).....	135
3.4.1.5. İnceleme Alanındaki Yüzey Sularında Bulunan Diğer Kirlilik Parametreleri.....	136
3.4.1.5.1. Yağ ve Gres	136
3.4.1.5.2. Toplam Kjeldahl-Azotu	137
3.4.1.6. Yüzey Sularının Hidrojeokimyasal Sınıflandırılması.....	138
3.4.1.6.1. Yüzey Sularının Piper Diyagramına Göre Sınıflandırılması	138
3.4.1.6.2. Yüzey Sularının Schoeller Diyagramına Göre Sınıflandırılması	142
3.4.1.6.3. Yüzey Sularının Uluslararası Hidroloji Birliğine Göre Sınıflandırılması	145
3.4.1.6.4. Yüzey Sularının Sodyum Yüzdesi ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR).....	148
3.4.1.6.5. Yüzey Sularının Kalıcı Sodyum Karbonat Değeri (RSC)	150
3.4.1.6.6. Yüzey Sularının Kelly İndeksi (KI).....	150
3.4.1.6.7. Yüzey Sularının Magnezyum Tehlikesi (MH)	151
3.4.1.6.8. Yüzey Sularının Wilcox Diyagramı	151
3.4.1.6.9. Yüzey Sularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	152
3.4.2. Çalışma Alanındaki Yeraltısularının Kalite Parametreleri	154
3.4.2.1. Yeraltısularına Ait Fiziksel Parametreler	155
3.4.2.1.1. Yeraltısularının Sertlik Değerleri	155
3.4.2.1.2. Sıcaklık	157
3.4.2.1.3. Hidrojen İyonu Aktivitesi (pH)	157
3.4.2.1.4. Çözünmüş Oksijen (DO)	157
3.4.2.1.5. Toplam Çözünmüş Madde Miktarı (TDS)	158

3.4.2.1.6.	Elektriksel İletkenlik (EC).....	158
3.4.2.2.	İnceleme Alanındaki Yeraltısularında Bulunan Majör İyonlar	159
3.4.2.2.1.	Sodyum (Na^+)	159
3.4.2.2.2.	Kalsiyum (Ca^{2+}).....	160
3.4.2.2.3.	Magnezyum (Mg^{2+})	160
3.4.2.2.4.	Potasyum (K^+)	161
3.4.2.2.5.	Klorür (Cl^-)	161
3.4.2.2.6.	Sülfat (SO_4^{2-})	162
3.4.2.2.7.	Bikarbonat (HCO_3^-)	162
3.4.2.3.	İnceleme Alanındaki Yeraltısularında Bulunan Kirlilik Parametreleri	162
3.4.2.3.1.	Nitrat (NO_3^-)	162
3.4.1.3.2.	Nitrit (NO_2^-)	164
3.4.2.3.3.	Fosfat (PO_4^{3-})	164
3.4.2.4.	Yeraltısularında Bulunan İz Elementler	164
3.4.2.4.1.	Mangan (Mn).....	164
3.4.2.4.2.	Florür (F)	167
3.4.2.4.3.	Selenyum (Se).....	167
3.4.2.4.4.	Bakır (Cu)	167
3.4.2.4.5.	Arsenik (As).....	168
3.4.2.4.6.	Nikel (Ni).....	168
3.4.2.4.7.	Çinko (Zn)	168
3.4.2.4.8.	Demir (Fe)	169
3.4.2.4.9.	Baryum (Ba)	169
3.4.2.4.10.	Alüminyum (Al)	169
3.4.2.4.11.	Kadmiyum (Cd).....	170
3.4.2.4.12.	Kurşun (Pb).....	170
3.4.2.5.	Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Sınıflandırılması.....	170
3.4.2.5.1.	Yeraltısularının Piper Diyagramına Göre Sınıflandırılması	170
3.4.2.5.2.	Yeraltısularının Schoeller Diyagramına Göre Sınıflandırılması	171
3.4.2.5.3.	Yeraltısularının Uluslararası Hidroloji Birliğine Göre Sınıflandırılması	172
3.4.2.5.4.	Yeraltısularının Sodyum Yüzdesi ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR).....	174
3.4.2.5.5.	Yeraltısularının Kalıcı Sodyum Karbonat Değeri (RSC).....	174
3.4.2.5.6.	Yeraltısularının Kelly İndeksi (KI).....	175
3.4.2.5.7.	Yeraltısularının Magnezyum Tehlikesi (MH)	175

3.4.2.5.8.	Yeraltısularının Wilcox Diyagramı	175
3.4.2.5.9.	Yeraltısularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	176
3.5.	Yüzey ve Yeraltısularının Su Kalite İndeksleri (WQI)	177
3.5.1.	Yüzey Sularının Su Kalite İndeksleri (WQI).....	177
3.5.1.1.	Yüzey Sularında Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi (WAWQI)	177
3.5.1.1.	Yüzey Sularında Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI)	194
3.5.2.	Yeraltısularının Su Kalite İndeksleri (WQI).....	211
3.6.	Yüzey Suları ve Yeraltısularının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	214
3.6.1.	Yüzey Sularının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	215
3.6.1.1.	Yüzey Sularında Spearman Korelasyon Analizi	215
3.6.1.2.	Yüzey Sularında Temel Bileşen Analizi (TBA).....	225
3.6.1.3.	Yüzey Sularında Kümeleme Analizi (Cluster Analysis).....	238
3.6.2.	Yeraltısularının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	240
3.6.2.1.	Yeraltısularında Spearman Korelasyon Analizi	240
3.6.2.2.	Yeraltısularında Temel Bileşen Analizi (TBA).....	242
3.6.2.3.	Yeraltısularında Kümeleme Analizi (Cluster Analysis).....	247
3.7.	Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Su Kalite İndeks Model Geliştirilmesi	249
4.	TARTIŞMA.....	252
5.	SONUÇLAR.....	261
6.	ÖNERİLER.....	266
7.	KAYNAKLAR.....	267
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

ORDU İLİ YÜZEY VE YERALTI SU KAYNAKLARININ SU KALİTESİ YÖNÜNDEN
İNCELENMESİ

Boubacar SIDIKI TONDE

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Arzu FIRAT ERSOY

2023, 270 Sayfa

Bu çalışma Ordu ili su kaynaklarının su kalitesi yönünden incelenmesi amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında Ordu ilinde yüzey ve yeraltı suları analiz sonuçları kullanılarak (TS 266), (WHO, 2006) ve Kıta içi Yerüstü Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Ayrıca suların içme-kullanma ve sulamaya uygunlukları araştırılmıştır. Yüzey ve yeraltısularının kalite indeksleri WAWQI ve NSF-WQI kullanılarak belirlenmiştir. Suların kimyasal parametreleri arasındaki ilişkiler Spearman korelasyon testi, temel bileşenler analizi ve kümeleme analizi yapılarak tespit edilmiştir. Elde edilen NSF-WQI yöntemin su kalite indeksi değerleriyle yapay sinir ağları kullanılarak bir tahmin modeli geliştirmesi hedeflenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, bazı yüzey suyu izleme noktalarında ve yeraltısuyu izleme kuyularında kimyasal parametrelerin standartlarda belirtilen sınır değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm yüzey suların izleme noktalarına ait amonyum miktarı (TS 266)'da belirlenen sınır değerin üstünde bulunmaktadır. Hidrokimyasal sınıflandırmaya göre yüzey ve yeraltısuları Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ su tipindedir. Parametrelerin Spearman korelasyon analizine göre HCO₃-Mg ($r=0,76$), Ca-HCO₃ ($r=0,84$), arasında kuvvetli pozitif korelasyon belirlenmiştir. SAR, magnezyum tehlikesi, RSC ve %Na parametrelerine göre tüm yüzey suyu istasyonlarına ait sular sulamada kullanabilirken; yeraltısularının bir kısmının sulama için uygun olmadığı belirlenmiştir. NSF-WQI su kalite indeksine göre yüzey suları “orta kalite” ile “iyi kalite” arasında değişmektedir. WAWQI su kalite indeksine göre ise yüzey suları “mükemmel”, “iyi” ve “içme için uygun olmayan” su kalitesi; yeraltısuları “mükemmel”, “orta” ve “kötü” su kalitesi arasında değişmektedir. Yapay sinir ağları yöntemiyle geliştirilen basitleştirilmiş NSF-WQI su kalite indeks performansı korelasyon katsayısı (R), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) istatistiksel kriterlerle kullanılarak değerlendirilmiştir ve modelin iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ordu İli, Su Kalitesi, Hidrojeokimya, İstatistik, Su Kalite İndeksi, NSF-WQI, WAWQI, Yapay Sinir Ağları

PhD. Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF SURFACE AND GROUND WATER RESOURCES OF ORDU PROVINCE IN TERMS OF WATER QUALITY

Boubacar SIDIKI TONDE

Karadeniz Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Arzu FIRAT ERSOY
2023, 270 Pages

This study was conducted to investigate the water quality of water resources in Ordu Province. Within the scope of the study, surface and groundwater analysis results in Ordu Province were evaluated according to Turkish Standards (TS 266), World Health Organization guidelines (WHO, 2006), and the Inland Surface Water Pollution Control Regulation. Additionally, the suitability of waters for drinking, domestic use, and irrigation was investigated. The quality indices of surface and groundwater were determined using the WAWQI and NSF-WQI methods. The relationships between the chemical parameters of the waters were identified through Spearman correlation test, principal component analysis, and cluster analysis. The aim was to develop a prediction model using artificial neural networks based on the water quality index values obtained from the NSF-WQI method. As a result of the evaluations, it was determined that in some surface water monitoring points and groundwater monitoring wells, the levels of chemical parameters exceeded the specified limit values in standards. The amount of ammonium in all surface waters exceeded the limit value defined in TS 266. According to hydrochemical classification, surface and groundwater were identified as Ca-Mg-HCO₃ and Ca-HCO₃ types. Strong positive correlations were found between HCO₃-Mg ($r=0.76$) and Ca-HCO₃ ($r=0.84$) according to Spearman correlation analysis. Based on SAR, magnesium hazard, RSC, and %Na parameters, waters from all surface water stations can be used for irrigation, while some groundwater is unsuitable for irrigation. According to the NSF-WQI water quality index, surface waters range between "moderate quality" and "good quality." According to the WAWQI water quality index, surface waters vary between "excellent," "good," and "not suitable for drinking" water quality, while groundwater varies between "excellent," "moderate," and "poor" water quality. The performance of the simplified NSF-WQI water quality index developed using artificial neural networks was evaluated using statistical criteria such as correlation coefficient (R), root mean square error (RMSE), and mean absolute error (MAE), indicating that the model produced good results.

Keywords: Ordu Province, Water Quality, Hydrogeochemistry, Statistics, Water Quality Index, NSF-WQI, WAWQI, Artificial Neural Networks

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	Ordu ilinin yer bulduru haritası..... 6
Şekil 1.2.	Ordu ilinin sayısal yükseklik modeli (SYM)..... 8
Şekil 1.3.	Ordu ilinin aylık sıcaklık ortalama eş sıcaklık haritası..... 11
Şekil 1.4.	Ordu ilinin yıllık yağış ortalama eş yağış haritası 13
Şekil 1.5.	Çalışma alanındaki 30 yıllık (1999-2019) ortalama yağış verileri 14
Şekil 1.6.	Ordu ilinin 30 yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği 15
Şekil 1.7.	Thornwait yöntemi ortalama yağış (P)-potansiyel buharlaşma (Etp) aylık değişim grafiği 16
Şekil 1.8.	Ordu ili su kaynakları haritası..... 20
Şekil 2.1.	Ordu ili yüzey sularında örnekleme çalışması 30
Şekil 2.2.	Ordu ili yüzey sularına ait örnekleme noktaları haritası 31
Şekil 2.3.	NSF-WQI parametrelerin karşılık gelen Q değerleri için kullanılan grafikler..... 36
Şekil 2.4.	Üç boyutlu bir alanda hesaplanan su kalitesi indeksi-CWQI 38
Şekil 2.5.	Bir nöron modelinin şematik gösterimi 46
Şekil 2.6.	Lineer Aktivasyon Fonksiyon şematik gösterimi 48
Şekil 2.7.	Non lineer Aktivasyon Fonksiyon şematik gösterimi..... 49
Şekil 2.8.	Geri Yayılım Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları şematik gösterimi..... 52
Şekil 3.1.	İnceleme alanı ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti 63
Şekil 3.2.	Ordu ilinin jeoloji haritası 64
Şekil 3.3.	Ordu ilin hidrojeoloji haritası..... 69
Şekil 3.4.	Şubat 2023'te örnekleme yapılan yüzey sularına ait pH değerleri 79
Şekil 3.5.	Şubat 2023'te örnekleme yapılan yüzey sularına ait DO değerleri 80
Şekil 3.6.	Şubat 2023'te örnekleme yapılan yüzey sularına ait TDS (mg/l) değerleri 81
Şekil 3.7.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait nitrat değerleri (mg/l) 94
Şekil 3.8.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait nitrit değerleri (mg/l) 103
Şekil 3.9.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait amonyum değerleri 104
Şekil 3.10.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait fosfat değerleri 106

Şekil 3.11.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait BOİ değerleri	107
Şekil 3.12.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait KOİ değerleri	108
Şekil 3.13.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Mn değerleriTablo	110
Şekil 3.14.	2016-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait F değerleri (µg/l)	117
Şekil 3.15.	2016-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Se değerleri	118
Şekil 3.16.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Cu değerleri	119
Şekil 3.17.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait As değerleri	120
Şekil 3.18.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Ni değerleri	122
Şekil 3.19.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Zn değerleri	123
Şekil 3.20.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Fe değerleri	124
Şekil 3.21.	2016-2019 yıllarında örnekleme yapılan yüzey sularına ait B değerleri	125
Şekil 3.22.	2016-2019 yıllarında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Ba değerleri	126
Şekil 3.23.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Al değerleri	128
Şekil 3.24.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Co değerleri	129
Şekil 3.25.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Cd değerleri	130
Şekil 3.26.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Cr değerleri	132
Şekil 3.27.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Civa değerleri	133
Şekil 3.28.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Pb değerleri	134
Şekil 3.29.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Mo değerleri	136
Şekil 3.30.	2016-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait yağ ve gres değerleri.....	137

Şekil 3.31.	2016-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Kjeldahl Azotu değerleri.....	138
Şekil 3.32.	Piper Diyagramı.....	139
Şekil 3.33.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Piper diyagramına göre sınıflandırılması	140
Şekil 3.34.	2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre (a) ilkbahar mevsimine ait Piper diyagramı; (b) kış mevsimine ait Piper diyagramı; (c) yaz mevsimine ait Piper diyagramı; (d) sonbahar mevsimine ait Piper diyagramı	141
Şekil 3.35.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Schoeller diyagramına göre sınıflandırılması	143
Şekil 3.36.	2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre ilkbahar mevsimine ait Schoeller diyagramı.....	143
Şekil 3.37.	2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yaz mevsimine ait Schoeller diyagramı	144
Şekil 3.38.	2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre kış mevsimine ait Schoeller diyagramı	144
Şekil 3.39.	2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre sonbahar mevsimine ait Schoeller diyagramı.....	145
Şekil 3.40.	2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerine ait Wilcox Diyagramı	152
Şekil 3.41.	2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	154
Şekil 3.42.	Ordu ilin ait yeraltısuları izleme kuyuları	156
Şekil 3.43.	2020 yılında örneklenen yeraltısularının Piper diyagramına göre sınıflandırılması	171
Şekil 3.44.	2020 yılında örneklenen yeraltısularının Schoeller diyagramına göre Sınıflandırılması.....	172
Şekil 3.45.	2020 yılında örneklenen yeraltısularına ait Wilcox Diyagramı	176
Şekil 3.46.	2020 yılında örneklenen yeraltısularına ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	177
Şekil 3.47.	2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri	179
Şekil 3. 48.	Şubat 2023'te alınan yüzey suların WAWQI haritası.....	180
Şekil 3.49.	YS1 yüzey suyu örnekleme noktası için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri	181
Şekil 3.50.	Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri (a) YS4; (b) YS5; (c) YS6; (d) YS7; (e) YS8; (f) YS9	182

Şekil 3.51.	Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri (g) YS10;(h) YS11; (i) YS12;(j) YS13; (k) YS14; (l); YS15.....	183
Şekil 3.52.	2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının ilkbahar mevsimi için hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi.....	191
Şekil 3.53.	2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının yaz mevsimi için hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi.....	192
Şekil 3.54.	2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının sonbahar mevsimi için hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi.....	192
Şekil 3.55.	2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının kış mevsimi için hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi.....	193
Şekil 3.56.	2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının mevsimlere göre hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi.....	194
Şekil 3.57.	2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksleri	195
Şekil 3.58.	Şubat 2023 alınan yüzey suların NSFQI haritası	196
Şekil 3.59.	Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (a) YS1; (b) YS3;(c) YS4; (d) YS5; (e) YS6;(f) YS7	204
Şekil 3.60.	Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (h) YS8; (g) YS9;(i) YS10; (j) YS11; (k) YS12;(l) YS13	205
Şekil 3.61.	Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite İndeksi (m) YS14 ; (n) YS15	206
Şekil 3.62.	1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının ilkbahar mevsimi için hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi.....	209
Şekil 3.63.	1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının yaz mevsimi için hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi.....	209
Şekil 3.64.	1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının sonbahar mevsimi için hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi.....	210
Şekil 3.65.	1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının kış mevsimi için hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi.....	210
Şekil 3.66.	1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının mevsimlere göre hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi.....	211
Şekil 3.67.	2020 yılında DSİ tarafından yapılan yeraltısuyu analiz sonuçları için belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi	214
Şekil 3.68.	Melet Irmağı 2016-2019 yıllarına ait faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri	228
Şekil 3.69.	Bolaman Çayı 2016-2019 yıllarına ait faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri	231

Şekil 3.70.	Ünye yüzey suyu kaynaklarının 2016-2019 yıllarına ait faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri.....	234
Şekil 3.71.	Ordu-Merkez göleti sularının 2013-2015 yıllarına ait faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri.....	237
Şekil 3.72.	2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu kimyasal parametrelerine ait oluşturulan dendrogramı	239
Şekil 3.73.	2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu örnekleme noktalarına ait oluşturulan dendrogramı	239
Şekil 3.74.	Ordu ili yeraltısuyu analiz sonuçlarına ait kimyasal parametrelerin faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri	245
Şekil 3.75.	Ordu ili yeraltısuyu analiz sonuçlarına ait kimyasal parametrelerin faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri	246
Şekil 3.76.	2020 yılında örneklenen yeraltısularındaki kimyasal parametrelere ait oluşturulan dendrogram	247
Şekil 3.77.	2020 yılında örneklenen yeraltısuyu örnekleme noktalarına ait elde edilen dendrogram	248
Şekil 3.78.	Hesaplanan NSF-WQI ve modellenen WQI arasındaki korelasyon katsayısı.....	251

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1.	Çalışma alanı içerisindeki Ordu Meteoroloji Müdürlüğü İstasyonuna 1990-2019 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık (°C)	9
Tablo 1.2.	Çalışma alanı içerisindeki Ordu Meteoroloji Müdürlüğü İstasyonuna 2010-2019 yılları arasında yıllık ortalama yağış	12
Tablo 1.3.	Ordu Meteoroloji istasyonu için hazırlanan Thorntwaite buharlaşma-terleme bilançosu (1990-2019)	17
Tablo 1.4.	Ordu ilindeki akarsuları	18
Tablo 1.5.	Ordu ilinin Doğal Göller, Göletler ve Rezervuarlar	19
Tablo 1.6.	Ordu ilinin yeraltı suyu potansiyeli.....	21
Tablo 2.1.	Uzmanların derecelendirdiği parametrelerden en çok adı geçen 11 parametre.....	34
Tablo 2.2.	Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksinde kullanılan parametreleri	37
Tablo 2.3.	Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi sınıflaması.....	37
Tablo 2.4.	Kanada su kalite indeksi kalite sınıflandırması	40
Tablo 2.5.	OWQI yöntemi için kalite sınıfları	40
Tablo 2.6.	Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi sınıflandırılması	41
Tablo 2.7.	Su kalite endeksleri kendi özel avantajları ve dezavantajları	42
Tablo 3.1.	Ordu ili sondaj kuyularına ait veriler	71
Tablo 3.2.	Örneklenen yüzey sularına ait koordinat verileri.....	73
Tablo 3.3.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait fiziksel parametreler	75
Tablo 3.4.	Suların sertlik değerlerine göre sınıflandırılması.....	75
Tablo 3.5.	Ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarının birbirlerine göre karşılaştırılması	76
Tablo 3.6.	Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (2021)	77
Tablo 3.7.	1995-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait fiziksel parametreler.....	82
Tablo 3.8.	Na ⁺ 'un doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları.....	86
Tablo 3.9.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait majör anyon-kasyonlar (mg/l)	88
Tablo 3.10.	1995-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait majör anyon-kasyonlar (mg/l) ve yüzde hata değeri	88
Tablo 3.11.	Potasyumun doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları (mg/l).....	91

Tablo 3.12.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait kirlilik parametreleri (mg/l)	94
Tablo 3.13.	1995-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait kirlilik parametreleri (mg/l)	95
3.14.	2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait iz elementler (µg/l).....	110
Tablo 3.15.	2013-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait iz elementler.....	111
Tablo 3.16.	Yüzey suların 2016-2019 yılları arası B, Ba, Se, F ve Yağ-Gres miktarları.....	117
Tablo 3.17.	2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin sulama suyu olmasına göre ve su tiplerine göre yapılan sınıflama.....	146
Tablo 3.18.	2013-2019 yılları arasında alınan yüzey suyu örneklerinin sulama suyu olmasına göre ve su tiplerine göre yapılan sınıflama.....	146
Tablo 3.19.	Sodyum yüzdesine göre yapılan sınıflama	148
Tablo 3.20.	SAR yüzdesine göre yapılan sınıflama	149
Tablo 3.21.	RSC değerine göre yapılan sınıflandırma	150
Tablo 3.22.	2020 yılında örnekleme yapılan yeraltısularına ait fiziksel parametreler	158
Tablo 3.23.	2020 yılında örnekleme yapılan yeraltısularına ait majör anyon-kasyonlar (mg/l)	160
Tablo 3.24.	2020 yılında örnekleme yapılan yeraltısularına ait kirlilik parametreleri (mg/l)	163
Tablo 3.25.	2020 yılında örnekleme yapılan yeraltısularına ait iz elementler (µg/l)	165
Tablo 3.26.	2020 yılında örneklenen yeraltısularının sulama suyu olmasına göre ve su tiplerine göre yapılan sınıflama	173
Tablo 3.27.	2023 yılı şubat ayı yüzey suyu analiz sonuçları için belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi parametreleri	178
Tablo 3.28.	2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri	186
Tablo 3.29.	2013-2019 yıllarında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri	187
Tablo 3.30.	2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI)	194
Tablo 3.31.	2013-2019 yıllarında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI)	197
Tablo 3.32.	2020 yılında DSİ tarafından yapılan yeraltısuyu analiz sonuçları için belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi parametreleri	212

Tablo 3.33.	Ordu ilinin 2020 yılına ait yeraltı suları WAWQI sınıflaması	212
Tablo 3.34.	DSİ tarafından Melet Irmağı'nda yapılan 2016-2019 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R).....	217
Tablo 3.35.	DSİ tarafından Bolaman Çayı'nda yapılan 2016-2019 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R).....	218
Tablo 3.36.	DSİ tarafından Ünye'de 2016-2019 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)	219
Tablo 3.37.	DSİ tarafından Ordu-Merkez'de 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R).....	220
Tablo 3.38.	DSİ tarafından YS10 İstasyonunda 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R).....	221
Tablo 3.39.	DSİ tarafından Çağlayan'da 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)	222
Tablo 3.40.	DSİ tarafından Kızlar Yaylası'nda 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R).....	223
Tablo 3.41.	DSİ tarafından Ceviz Dere'de 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)	224
Tablo 3.42.	Yüzey suyu analiz sonuçlarına ait KMO ve Barlett testi sonucu.....	226
Tablo 3.43.	Melet Irmağı 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri	227
Tablo 3.44.	Melet Irmağı 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi	227
Tablo 3.45.	Bolaman Çayı 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri.....	229
Tablo 3.46.	Bolaman Çayı 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi	230
Tablo 3.47.	Ünye yüzey suyu örneklerinin 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri	232
Tablo 3.48.	Ünye yüzey suyu örneklerinin 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi	233
Tablo 3.49.	Ordu-Merkez göleti sularının 2013-2015 yıllarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri	235
Tablo 3.50.	Ordu-Merkez göleti sularının 2013-2015 yıllarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi	236
Tablo 3.51.	Ordu ili yeraltısuyu kaynaklarının 2020 yılına ait hidrokimyasal verilerinin korelasyon analizi (R)	241
Tablo 3.52.	Ordu ili yeraltısuyu analiz sonuçlarına ait KMO ve Barlett testi sonucu	243
Tablo 3.53.	Ordu ili yeraltısuyu analiz sonuçlarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri.....	243

Tablo 3.54.	Ordu ili yeraltusuyu analiz sonuçlarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi	244
Tablo 3.55.	Spearman korelasyon testi	249
Tablo 3.56.	YSA yöntemi ile en iyi sonuçlara ulaşılan koşulların detayları.....	250
Tablo 3.57.	YSA yöntemi ile elde edilen sonuçlar	250



KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ANN	: Artificial Neural Netwokrs
ANFIS	: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
BOI	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CWQI	: Kanada Su Kalite İndeksi
CKA	: Çok Katmanlı Algılayıcı
CYCKAYSA	: Geri Yayılım Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağları Gert Yayılım Yapay Smur Ağlar
DO	: Çözünmüş Oksijen
DSI	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel İletkenlik
ETP	: Potansiyel Buharlaşma-Terleme
ETR	: Gerçek Buharlaşma-Terleme
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğüne
MH	: Magnezyum Tehlikesi
%Na	: Sodyum Yüzdesi
RSC	: Kalıcı Sodyum Karbonat
SAR	: Sodyum Adsorpsiyon oranı
TBA	: Temel Bileşen Analizi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
NSFWQI	: National Sanitation Foundation Water Quality Index
RMSE	: Root Mean Squared Error
TS 266	: Türk Standart 266/Turkish Standart 266
WQI	: Su Kalite İndeksi
YSA	: Yapay Sinir Ağları
WAWQI	: Weighted Arithmetic Water Quality Index
R ²	: Determinasyon katsayısı
MAE	: Mean Absolute Error
T	: Sıcaklık
TDS	: Toplam Çözünmüş Madde Miktarı
pH	: Hidrojen Potansiyeli
IAH	: International Association of Hydrogeologist

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzdeki içme suyu eksikliği genellikle dünyanın kurak bölgelerinde görülmektedir. Ancak suyun kalitesinin bozulması bütün dünyada yaygın bir olaydır. Yeraltı ve yüzey sularının insan aktiviteleri ile kirlenmesi konusu giderek önem kazanmaktadır. Kentleşme, sanayileşme, tarımsal faaliyetler (bununla beraber gübreler ve pestisitlerin kullanımı), maden işletmeleri ve kıyı yörelerde deniz suyu girişi günümüzde en büyük su kirlilik nedenlerindendir. Ancak insanın içme suyunu kullanabilmesi için belli bir kimyasal ve mikrobiyolojik standartlara uygun olması gerekmektedir. Türk Standartları Enstitüsü (TS 266, 2005), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006), ABD Çevre Koruma Ajansı (U. S. EPA) 2002, Avrupa Birliği (EU) 1998 veya Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Resmi Gazete, 2021) kullanılmaktadır. Dünya genelinde içme suyu kalitesi bozulması yaygın ve giderek önem kazanmaktadır. Ne yazık ki kirlenen suyun temizlemesi hem maliyet olarak hem de teknoloji olarak büyük bir sorundur. Gelecekte devamlı temiz su kaynakları bulabilmek için henüz kirlenmemiş su kaynaklarının korunması en iyi yöntemdir. Bunun için içme su kalitesi ve suda bulunan kirlilik maddeler düzeylerini belirlenmesi ve gelecek tahmini incelenmesi gerekmektedir.

Su kaynaklarını korumak amacıyla ya akiferlerin kirlilik hassasiyet belirlemek için (yeraltısuyu için); Drastic yöntemi, GOD yöntemi gibi Modellenme yöntemleri geliştirmiştir. Dolayısıyla yapay zekâ teknolojisi geliştiren Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme bilgisayar sistemi son yıllarda güçlü araç olarak tüm bilgi alanında gelecek olayları tahmini için kullanılmaktadır. Su kalitesi ve kirliliği tahmini için farklı incelemeler yapılmıştır. Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak yeraltısuyu akışı ve kalitesinin esnek hesaplama metotları (yapay sinir ağları, bulanık mantık) ile modellenmesi (Kurtuluş, 2008), su kalitesi indeksi için YSA uygulaması (Gupta, 2019), yeraltı nitrojen yüklemesi ve yeniden beslenme verilerini kullanarak yeraltısuyundaki nitrat dağılımını tahmin etmek için modüler sinir ağları (Almasri, 2004), su kalitesi indeksini tahmin etmek için yapay sinir ağı modellerinin uygulanması (Juahir vd, 2004), çevresel su kalitesi değerlendirmesinde Yapay Sinir Ağı Uygulaması (Chu, 2013), Yapay Sinir Ağları yardımı

ile yeraltısuyunda Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR) tahmini: Ergene Havzası Doğu Akiferi örneği (Arkoç, 2016); Nilüfer Çayı su kirliliğinin yapay sinir ağı ile değerlendirilmesi (Bozdemir, 2019); mevsimsel değişikliğin Filyos Çayı su kalitesine etkilerinin yapay sinir ağı ile belirlenmesi (Aksoy,2018) ; Ergene Nehri su kalitesinin değerlendirilmesi ve yapay sinir ağları ile kimyasal oksijen ihtiyacının belirlenmesi (Günhan, 2019) ; Filyos Nehri’ndeki Askıda Katı Madde Miktarının Yapay Sinir Ağları ile belirlenmesi (Aksoy, 2019) ; Su Kalitesi İndeksinin belirlenmesinde Uzman Bulanık Sistem Yaklaşım yöntemi (Tekşen, 2016) ; Amasya İli yüzey ve yeraltısuyu kalite parametrelerinin yapay sinir ağları yaklaşımı ile belirlenmesi ve değerlendirilmesi (Konare, 2021), Şanlıurfa ve yöresindeki kuyu sularında nitrat ve nitrit düzeylerinin belirlenmesi (Durmaz vd. 2007).

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Türkiye diğer dünya ülkeleri gibi su kirlilik sorunları ile karşılaşmaktadır. Türkiye’nin su kaynaklarının kalitesinin bozulmasının başlıca nedenleri arasında; doğal kaynakların aşırı kullanımı, sanayileşme faaliyetlerinin ve kentleşmenin denetimsiz ve düzensiz oluşu, evsel, sanayi ve tarımsal kaynaklı faaliyetler yer almaktadır. Kaynaklar kirlendikten sonra alınacak önlemler daha zor ve pahalı olmaktadır.

Ordu ilinde kıyıya paralel dağlar akarsuların kaynağıdır. İl içerisinde büyüklü küçüklü ırmak ve dereler yoğun olup il topraklarını Canik ve Karadeniz Dağlarından kaynaklanan akarsular sulamaktadır. Ordu İlinde en önemli ve en çok kullanılan su kaynakları yüzey suları, yapay gölet, keson kuyulardır. 2010 yılı sonu itibarıyla içme ve kullanma suyu olarak %40 civarı yüzey suları, %12 yapay gölet, %48 keson kuyulardan temin edilmektedir

Ordu ilinde su kalitesine olumsuz etki eden 3 temel faktör grubu bulunmaktadır: Endüstriyel faktörler, evsel faktörler ve tarımsal faaliyetler. (OSKI 2015-2019 Stratejik Planı).

Toplam 5.954 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye topraklarının %0,73'ünü kaplayan Ordu ilinde kentsel ve kırsal su ve kanalizasyon altyapısı ile ilgili faaliyetler daha önce DSİ 7. Bölge Müdürlüğüne bağlı 75. Şube Müdürlüğü, İl Özel İdaresi, belediyeler ve birlikler tarafından yürütülmekte iken, 2014 yılında OSKİ'nin kurulması ile birlikte bu faaliyetler OSKİ'ye devredilmiştir.

Bu çalışmada su kaynaklarının kalitesinin belirlenmesi amacıyla Ordu ilinde bulunan yüzey ve yeraltısuları hidrojeokimyasal açıdan değerlendirilmiştir. Yeraltı ve yüzey

sularının değerlendirilmesi 7 Nisan 2012 tarih ve 28257 sayılı Resmî Gazete 'de yayınlanan "Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik" ve 30 Kasım 2012 tarih ve 28483 sayılı Resmî Gazete 'de yayınlanan "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre yapılmaktadır. İlde Akçaova Irmağı, Civil Irmağı, Turnasuyu Irmağı, Curi Deresi, Cevizdere Deresi, Elekçi Irmağı, Bolaman Irmağı, Gaga Gölü yüzey sularında 30 Kasım 2012 tarih ve 28483 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre analizler yapılmıştır. Ayrıca Saraycık Kuyu Suyu yer altı suyu kaynağında 7 Nisan 2012 tarih ve 28257 sayılı Resmî Gazete 'de yayınlanan "Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik" uyarınca analizler gerçekleştirilmiştir.

DSİ 7. Bölge Müdürlüğüne bağlı 75. Şube Müdürlüğü 2016 yılı verilerine göre nitrat değerleri yüzey sularında 0.1538- 6.4644 mg/l yeraltısularında 2.0963- 41.8536 mg/l .2018 yılın verilerine göre yüzey sularında nitrat değerleri 0.539- 8.1554 mg/l arasındadır ve yeraltısularında nitrat değerleri 3.2297- 54.4202 mg/l arasında değişmektedir. Bu verilere göre suların nitrat kirliliği giderek artmaktadır.

DSİ 75. Şube Müdürlüğü il sınırları içerisinde yer alan mevcut su kaynaklarının kirliliğinin önlenmesi amacıyla yüzey suyu ve yeraltısuyu ölçüm istasyonda izlemeler yapılmaktadır. Bu istasyonlarda düzenli olarak majör anyon -katyon, kirlilik ve ağır metal analizleri yapılmaktadır.

Bu çalışmada Ordu ili içme su kaynaklarının kirlilik parametre düzeylerinin belirlenmesi, su kalite endekslerinin incelenmesi ve Yapay Sinir Ağları yaklaşımı ile modellenmesi amaçlanmıştır. Belirtilen amaca ulaşmak için aşağıdaki hedefler belirlenmiştir.

- (1) Daha önce yapılan analiz sonuçları, Türk Standartları Enstitüsü (TS 266), Dünya Sağlık Örgütü ve Su Kalite Kontrolü Yönetmeliği tarafından belirlenen su kalite parametreleri sınır değerlerine göre değerlendirilerek içme-kullanma suyu olarak kullanılabilirliğini belirlemek,
- (2) İlin su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek ve suların tarımsal faaliyetlere uygun olup olmadığını belirlemek,
- (3) İlin yeraltı ve yüzey sularının su kalite endekslerini belirlemek,
- (4) Yapay Sinir Ağları kullanarak ilin içme suyu kaynaklarından geçmiş yıllardaki su kalite parametrelerinden elde edilen sonuçlara dayalı olarak, su kalite endeksi tahmin amacıyla bir model geliştirmek.

1.3. Nüfus, Yerleşim ve Ulaşım

Ordu nüfusu 2022 yılına göre 763.190'dir. Bu nüfus, 380.997 erkek ve 382.193 kadından oluşmaktadır. Yüzde olarak ise: %49,92 erkek, %50,08 kadındır. Yüzölçümü 5.952 km² olan Ordu ilinde kilometrekareye 128 insan düşmektedir. Ordu nüfus yoğunluğu 128/km²'dir. En kalabalık ilçeler Altınordu, Ünye ve Fatsa ilçeleridir.

Ordu ili ekonomik yapısı tarım ve kısmen de olsa ticarete dayanmaktadır. Tarım sektörü içerisinde başta bitkisel üretim olmak üzere hayvancılık, arıcılık, balıkçılık ve ormancılık önemli alt sektörlerdir. Bitkisel üretim içerisinde en önemli pay, Türkiye üretiminin %25'ini oluşturan, fındıktır. Tarım sektörü, ilin ve bölgenin ekonomik, sosyal ve kültürel anlamda gelişmesine önemli oranda katkı sağlamaktadır. Ordu sanayisi daha çok fındık ve fındığa bağlı girişimlerden oluşmaktadır. İldeki sanayi sektörüne yönelik özel sektör yatırımları gıda, orman ürünleri ve mobilya sanayi, tekstil, madencilik ve toprağa dayalı sanayi, çimento ve hazır 15 beton imalatı sektörü ile Tekstil ürünleri imalatı ve gıda sanayi yatırımlarının çoğu fındık kırma işleme ve fındık mamulleri üretimine yöneliktir. (Ordu 2022 çevre durum raporu)

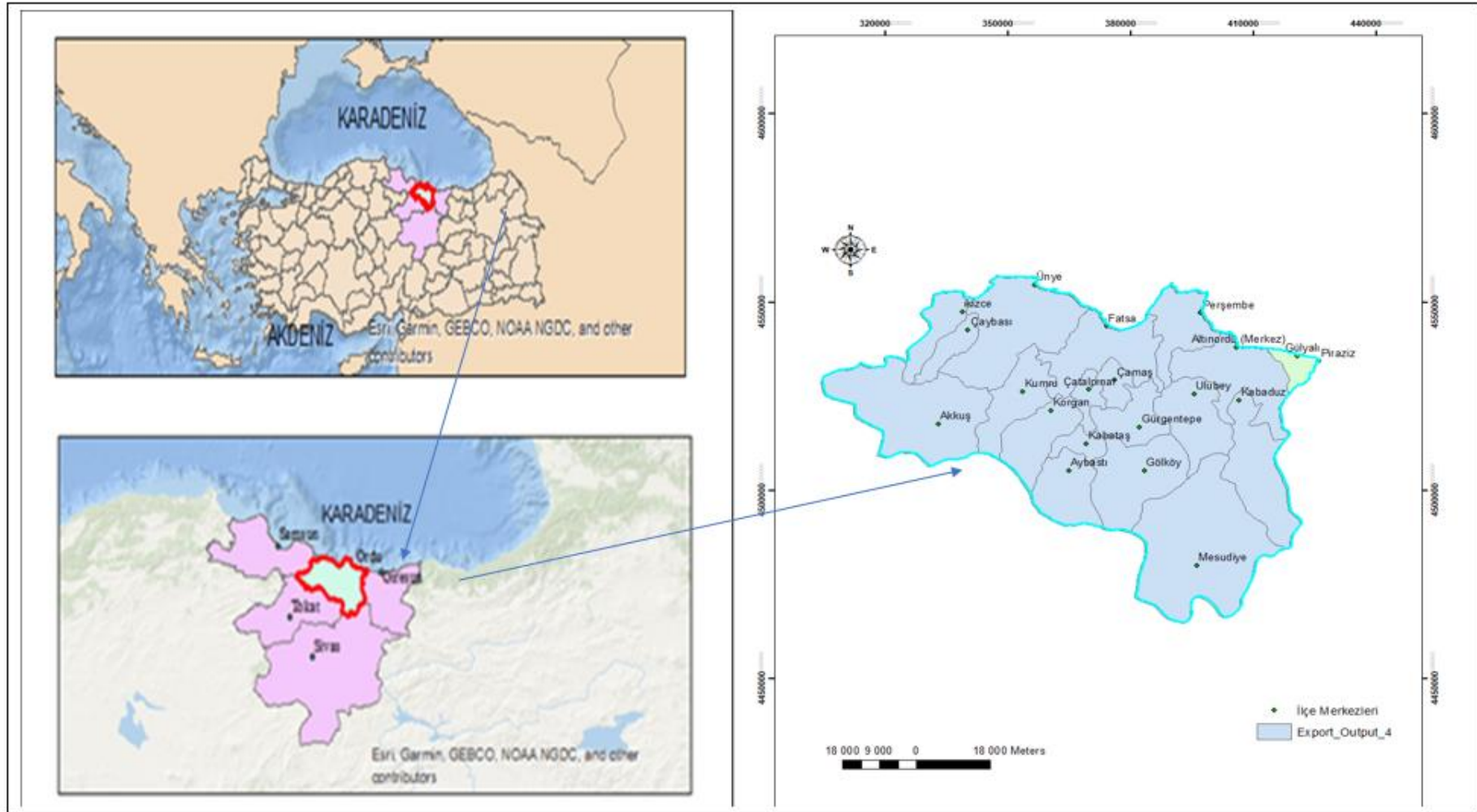
Ordu kentinin karayolu ulaşımı Karadeniz Sahil Yolu ve İç Anadolu bağlantısını sağlayan karayolları ile sağlanmaktadır. Havayoluyla Ordu Havalimanı'na (15 km) Samsun Çarşamba Havalimanı'na (130 km) ve Trabzon Havalimanı'na (187 km) ile bağlantı kurulmaktadır. Deniz ulaşımı ise sadece yük taşımacılığında kullanılmaktadır.

1.4. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Karadeniz Bölgesi'nin batısında Samsun, doğusuna Giresun, güneyinde Tokat ve Sivas, kuzeyinde ise Karadeniz ile komşudur. Ordu İstanbul'a 890 kilometre, Ankara'ya 503 kilometre, Trabzon'a 180 kilometre mesafedir. Şehrin doğusu ve güneydoğusunu Giresun Dağları'nın uzantılar engebelenendirirken güney ve batı kısmında Canik dağları yükselmektedir. Karadeniz Bölgesi'nin Orta ve Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan Ordu'da dağlar kıyıya paralel uzanır. Ordu İli, Karadeniz Bölgesi'nin Orta ve Doğu Karadeniz Bölümleri içinde, 40° 18' ile 41° 09' kuzey enlemleri ve 38° 40' ile 38° 07' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1.1). İl, kuzeyden Karadeniz ile çevrilidir. Ordu ilinin yüzölçümü 5.952 km² olup, Türkiye topraklarının %0,8'ini kapsamaktadır. İl, Kuzey Anadolu Dağlarının doğu-batı yönünde Orta Karadeniz Bölümü'nü tanımlayan ve

Karadeniz kıyılarına paralel olan “Canik Dağları” ile Karadeniz arasındaki alandır. Güneyden denize doğru akan Akçaova Deresi, Ilıca deresi, Bolaman Irmağı, Elekçi Deresi, Curi Deresi, Ceviz Deresi ve Akçay Deresi Canik Dağları’nı derin vadiler halinde ve eğimli bir şekilde bölmektedir. İlin en yüksek noktası Giresun ve Sivas il sınırlarının kesiştiği alanda yer alan 3107 m yükseklikteki Karagöl Dağı’dır. İlde yaylalar geniş yer tutmaktadır. Bunlar; Çambaşı Yaylası, Çukuralan ve Keyfalan yaylaları, Perşembe Yaylası, Güllüyazı, Düздаğ ve Yedigözü yaylalarıdır.





Şekil 1.1. Ordu ilinin yer bulduru haritası

1.5. Jeomorfoloji

Ordu kuzeyinde Karadeniz, doğusunda Giresun, batısında Samsun, güneyinde Sivas ve Tokat illeriyle çevrilidir. Ordu ili Kelkit vadisinin kenarında dik yamaçlarla yükselen dağların dorukları ile Karadeniz kıyıları arasında yer almaktadır. Kent, Orta ve Doğu Karadeniz Bölümlerinin sınırını oluşturan Melet Irmağı ile Bülbül ve Cıvil Dereleri ve Turnasuyu'nun oluşturduğu alüvyon düzlüğünde ve denizden yüksekliği 530 metre olan volkanik bir birikim olan Boztepe'nin eteklerinde yayılmaktadır (Şekil 1.2). Ortalama rakım ve eğimler diğer Karadeniz kıyısı kentlerine nazaran daha düşüktür. Kentin yeni gelişme alanlarından olan Efirli Bölgesi ise Akçaova Deresinin denize döküldüğü yerdeki alüvyon birikimlerden oluşmaktadır. Boztepe, kentin merkezi ile bu bölgeyi ayıran doğal eşik oluşturur.

1.6. İklim ve Bitki Örtüsü

Ordu, tipik Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Kışlar serin, yazlar ılık geçer. Yılın hemen hemen bütün aylarında yağış vardır. Genelde ılıman bir iklim yapısına sahiptir ve yıllık sıcaklık ortalamalarında mevsimlerden ve gece gündüzden sıcaklık farklılıkları çok fazla değildir. Canik ve Giresun Dağlarının güneye bakan yamaçlarının il topraklarında yer alan kısımları olduğu için, deniz ve kara olmak üzere iki farklı iklim karakteri vardır. Ölçümlere göre, en soğuk ay Karadeniz ikliminden ve yerel koşullardan dolayı Şubat ayıdır. Kıyı bölümünde en sıcak ay Ağustos'tur. Karlı gün sayısı azdır ve karın yerde kalma süresi ortalama 9 gündür. (Ünye-Ordu revizyon ve ilave imar planı, 2018). Bu değerler güneye gidildikçe karasal iklim özellikleri göstermeye başlar. Kıyı şeridi en yağışlı kesimdir. En yağışlı mevsim sonbahar, en az yağışlı mevsim ilkbahardır. Ordu'da en hakim rüzgar, güneybatı yönlü lodos rüzgarıdır. Güneyindeki dağlar nedeniyle güneyli yakıcı rüzgârların etkileri çok sık görülmesine de yaz aylarında Kible yönlü rüzgârlar kavurucu etki yaratabilmektedir ve bundan dolayı tarım ürünlerinin verimleri düşebilmektedir.

1.6.1. Sıcaklık

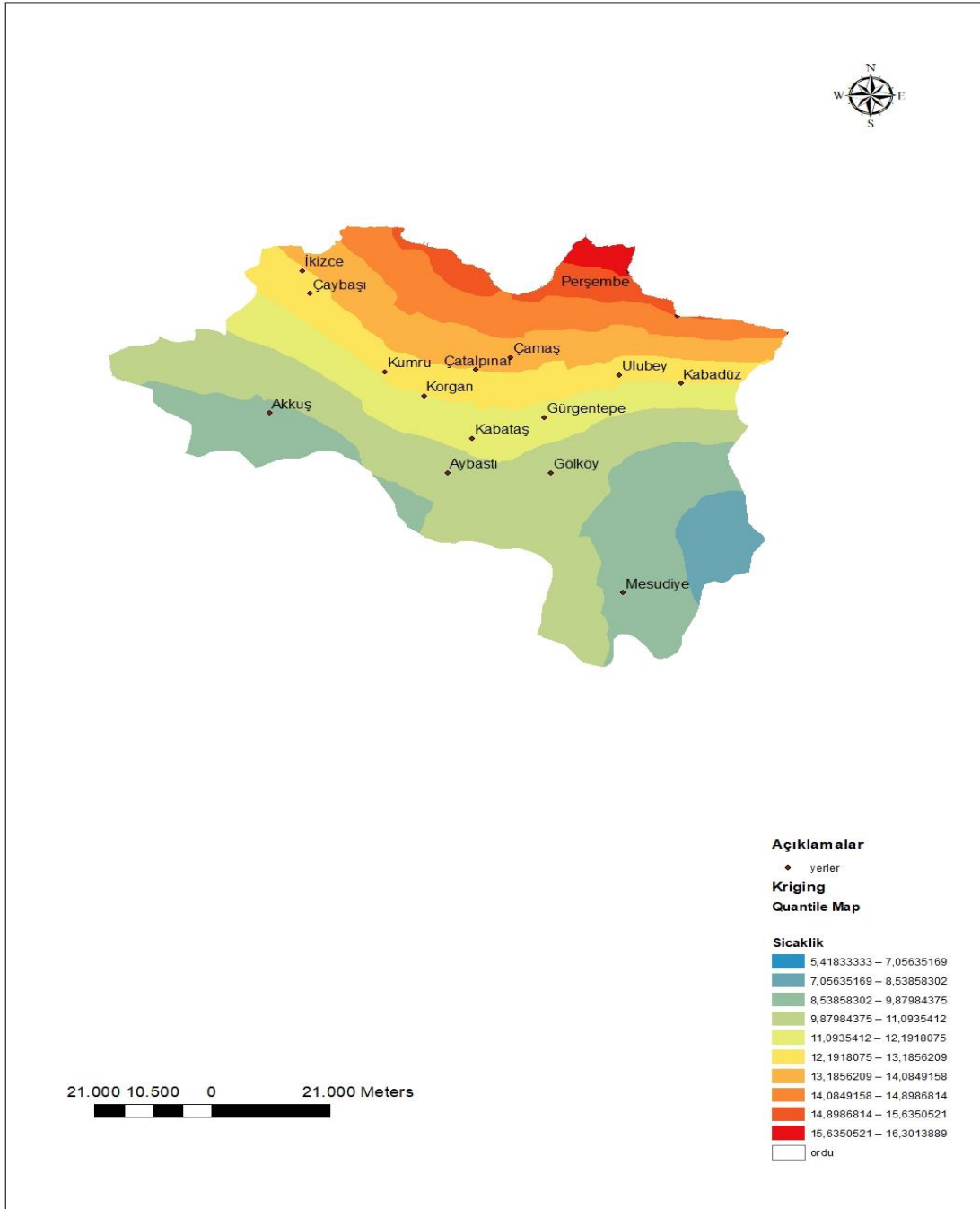
Çalışma alanı içerisindeki Ordu Meteoroloji Müdürlüğü İstasyonuna 2010-2019 yılları arası ait aylık ortalama sıcaklık 5,42-16,30 °C değişmektedir. En düşük ortalama sıcaklık Çambaşı kayak Merkezi istasyon aittir. En yüksek ortalama sıcaklık ise Perşembe 17461 nolu istasyonda belirlenmiştir (Tablo 1.1). Bölgenin Sıcaklık dağılımını belirlemek için Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak eş sıcaklık haritası çizilmiştir (Şekil 1.3). Eş sıcaklık haritasına göre sıcaklık yüksek kotlardan denize doğru artmaktadır.

Tablo 1.1. Çalışma alanı içerisindeki Ordu Meteoroloji Müdürlüğü İstasyonuna 1990-2019 yılları arası ait yıllık ortalama sıcaklık (°C)

MGM İSTASYON	X	Y	Ortalama Sıcaklık
AKKUŞ/18131	332520,64	4518791,95	9,08
AYBASTI/18523	362850,92	4503946,06	11,24
TOYGAR KÖYÜ/18707	359937,83	4498910,7	8,53
ÇAMAŞ/18524	374284,52	4529962,25	13,34
ÇAYBAŞI/18526	340580,97	4542832,25	13,28
FATSA/17689	372679,7	4544992,72	15,11

Tablo 1.1'in devamı

MGM İSTASYON	X	Y	Ortalama Sıcaklık
GÖLKÖY/18130	381444,51	4505522,63	9,97
GÜRGENTEPE/18528	381266,94	4515966,37	9,75
İKİZCE/ŞENBOLLUK/18529	332253,26	4546535,43	12,51
ÇAMBAŞI KAYAK MERKEZİ/18525	410004,97	4498662,09	5,42
KABADÜZ/YOKUŞDİBİ BELDESİ/19033	410183,29	4513153,3	9,69
KABATAŞ/18530	369498,91	4511481,12	13,33
KUMRU/18531	354724,59	4525094,67	12,53
MESUDİYE/18532	396228,58	4480211,08	10,16
MESUDİYE/TOPÇAM/19034	396563,57	4498311,35	11,84
ORDU/17033	406273,12	4537560,09	15,65
ORDU ÜNİVERSİTE KAMPÜSÜ/18527	413109,04	4536557,1	14,84
ORDU-GİRESUN HAVALİMANI/17616	422935,27	4535229,04	15,37
ORDU/ULUBEY/18534	394904,96	4525444,57	12,77
PERŞEMBE/KIRLI BELDESİ/18533	391413,06	4537894,24	14,08
PERŞEMBE/YASONBURNU FENERİ/17461	389422,64	4554668,76	16,30
ÜNYE/17624	356746,52	4556035,86	14,73
ÜNYE BALIKÇI BARINAĞI ANA MENDİREK FENER/17460	361383,59	4553081,11	15,78
ÇATALPINAR/19224	369817,2	4526928,17	15,12
KORGAN/19223	358745,05	4518392,02	10,55



Şekil 1.3. Ordu ilinin aylık sıcaklık ortalama eş sıcaklık haritası

1.6.2. Hidroloji

Çalışma alanı içindeki Ordu Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'ne ait Ordu ve Ünye istasyonlarının verileri kullanılarak bölgenin yağış ve buharlaşma karakteristiği belirlenmiştir. 30 yıllık (1990-2019) yağış verilerinden yararlanarak Ordu iline düşen

ortalama yağış miktarı hesaplanmıştır. Yıllık gerçek buharlaşma değerini hesaplamak için ise Thorntwaite yöntemi kullanılmıştır.

1.6.2.1. Yağış

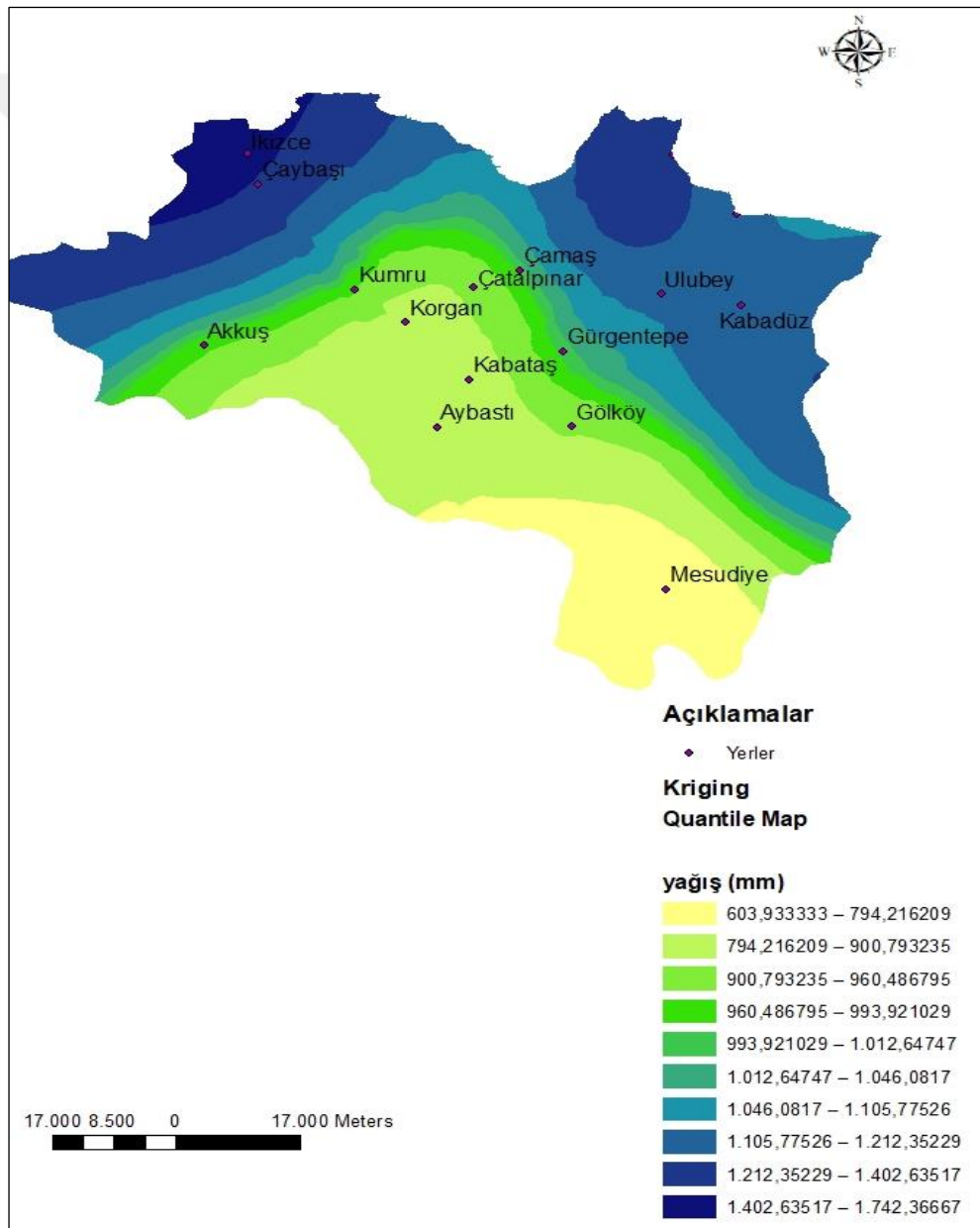
Çalışma alanı içerisindeki Ordu Meteoroloji Müdürlüğü İstasyonuna ait aylık ortalama yağış ve yıllık toplam yağış değerleri hesaplanmıştır. 30 yıllık (1990-2019) verilere göre ölçülen maksimum yağış değeri 2016 yılında 1410,9 mm, minimum yağış değeri ise 898,2 mm 2017 yılında olarak gerçekleşmiştir (Tablo 1.2). 30 yıllık aylık ortalama yağış değerlerine göre en yağışlı ayı Ekim ayı (136,83 mm) en az yağışlı ayı ise temmuz ayı (59,69 mm) hesaplanmıştır (Şekil 1.5). 1990-2019 yılları arası için ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre 30 yıllık yağış ortalamaları kullanılarak yıllık yağıştan eklenik sapma grafiği hazırlanmıştır. Bu grafiğe göre 1990-2003 arası kurak dönem, 2003-2019 yılları arası yağışlı dönemdir (Şekil 1.6). İlinin yağış dağılımını belirlemek için Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak eş yağış haritası çizilmiştir (Şekil 1.4.). Eş yağış haritası baktığımızda ortalama yağış miktarının dağlardan denize doğru giderek artmaktadır.

Tablo 1.2. Çalışma alanı içerisindeki Ordu Meteoroloji Müdürlüğü İstasyonuna 2010-2019 yılları arası ait yıllık ortalama yağış

MGM İSTASYON	X	Y	Yıllık yağış ortalama (mm)
AKKUŞ/18131	332520,6	4518792	913,7571429
AYBASTI/18523	362850,9	4503946	909,2166667
TOYGAR KÖYÜ/18707	359937,8	4498911	827,15
ÇAMAŞ/18524	374284,5	4529962	992,7333333
ÇAYBAŞI/18526	340581	4542832	1344,65
FATSA/17689	372679,7	4544993	994,34
GÖLKÖY/18130	381444,5	4505523	961,3428571
GÜRGENTEPE/18528	381266,9	4515966	1062,216667
İKİZCE/ŞENBOLLUK/18529	332253,3	4546535	1742,366667
ÇAMBAŞI KAYAK MERKEZİ/18525	410005	4498662	1208,883333
KABADÜZ/YOKUŞDİBİ BELDESİ/19033	410183,3	4513153	1290,2
KABATAŞ/18530	369498,9	4511481	789,25
KUMRU/18531	354724,6	4525095	930,72
MESUDİYE/18532	396228,6	4480211	603,9333333
MESUDİYE/TOPÇAM/19034	396563,6	4498311	814,2

Tablo 1.2'nin devamı

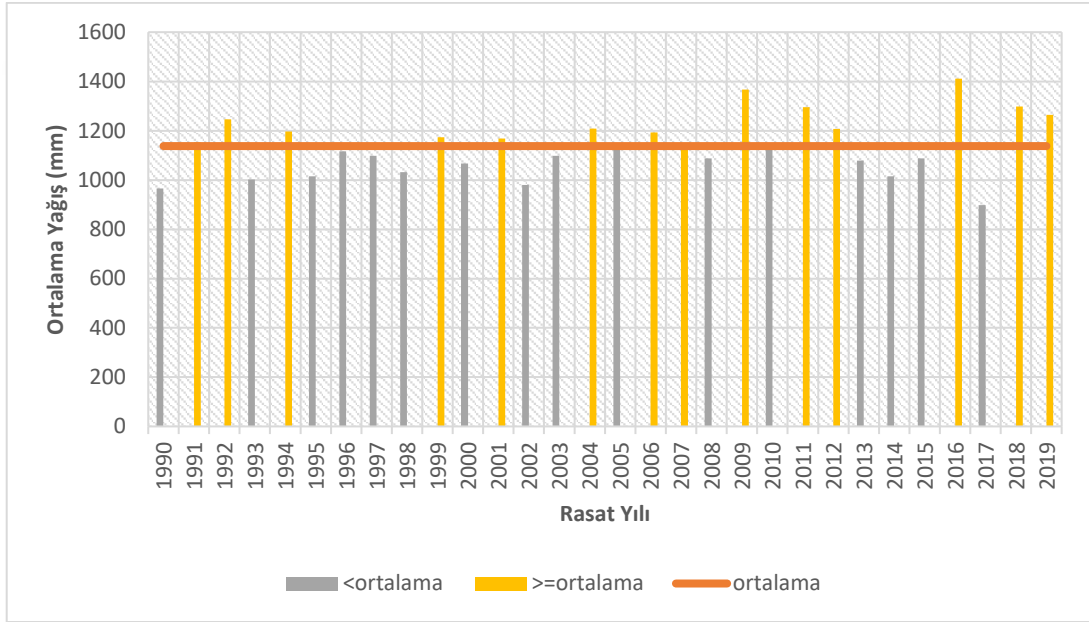
MGM İSTASYION	X	Y	Yıllık yağış ortalama (mm)
ORDU/17033	406273,1	4537560	1021,3
ORDU ÜNİVERSİTE KAMPÜSÜ/18527	413109	4536557	1076,483333
ORDU/ULUBEY/18534	394905	4525445	996,4666667
PERŞEMBE/KIRLI BELDESİ/18533	391413,1	4537894	1541,183333
ÜNYE/17624	356746,5	4556036	1258,222222
ÇATALPINAR/19224	369817,2	4526928	837
KORGAN/19223	358745,1	4518392	849,75



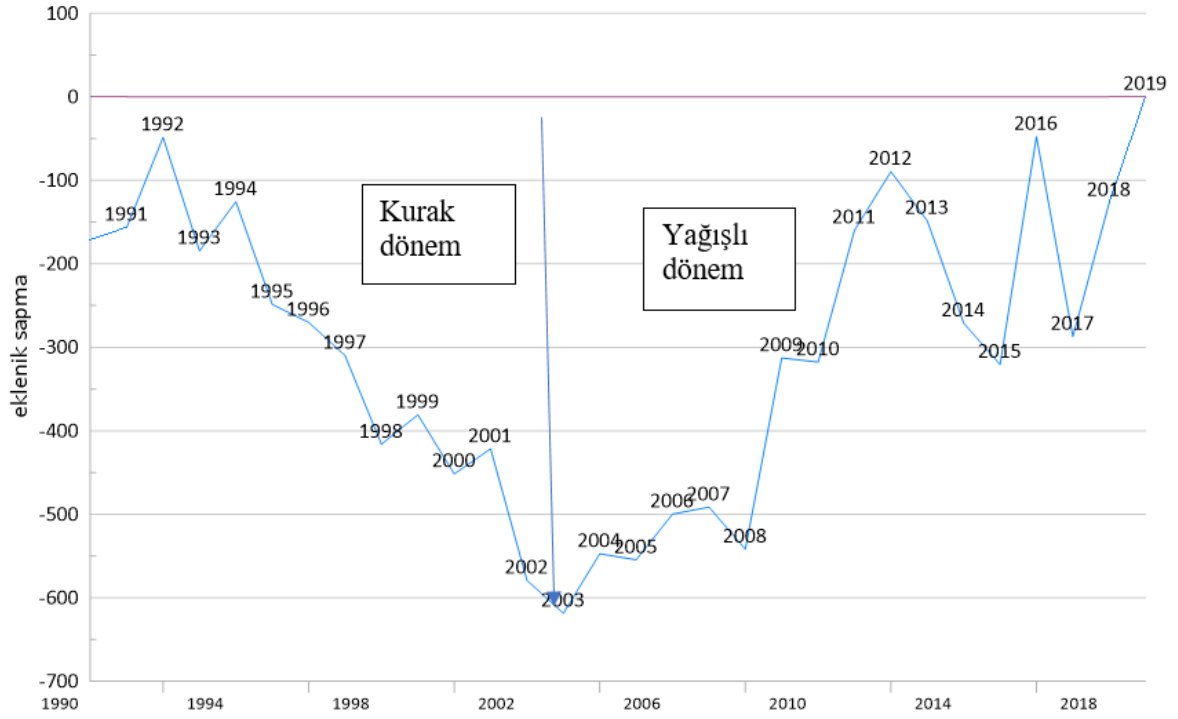
Şekil 1.4. Ordu ilinin yıllık yağış ortalama eş yağış haritası

1.6.2.2. Buharlaşma

İklim koşullarına bağlı olarak buharlaşma ve terleme ile kaybolabilecek maksimum su miktarına potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) denilmektedir. Çalışma alanı için potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma-terleme değerleri Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Thornthwaite yöntemi ile potansiyel buharlaşma-terleme değerinin hesaplanmasında aylara göre ortalama sıcaklık, ortalama yağış, aylık endeks değerleri ve enlem düzeltme katsayıları kullanılır.

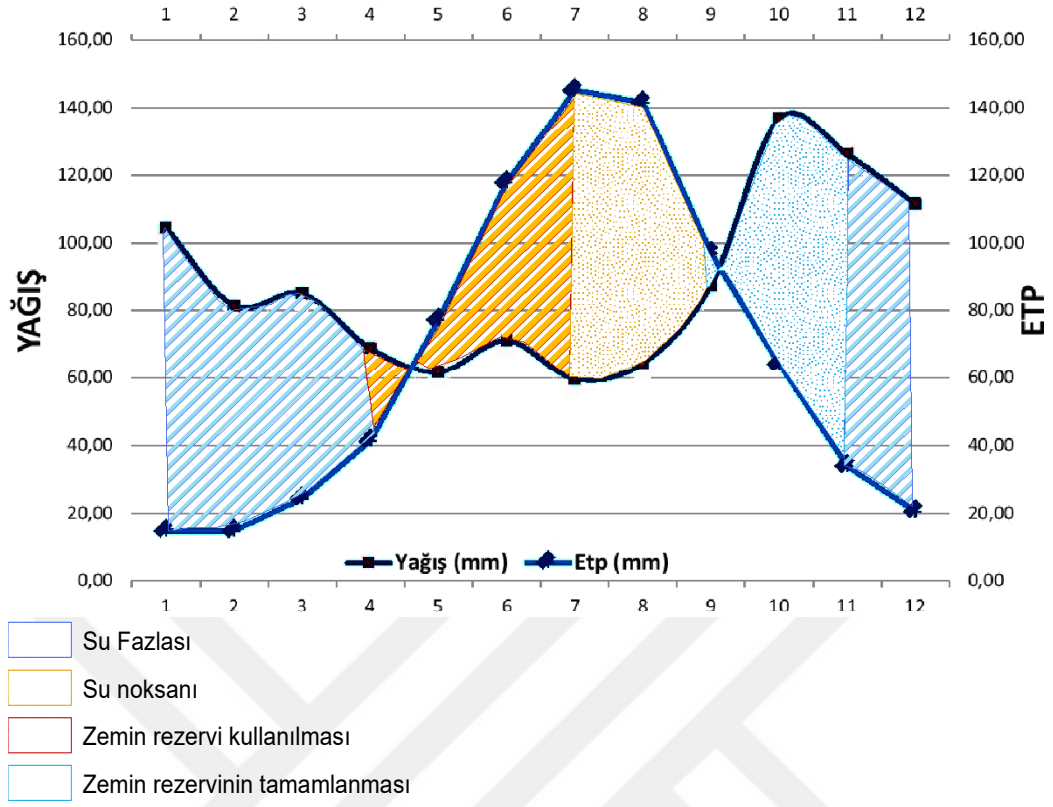


Şekil 1.5. Çalışma alanındaki 30 yıllık (1999-2019) ortalama yağış verileri



Şekil 1.6. Ordu ilinin 30 yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Thornthwaite yöntemine (Tablo 1.3) göre Ordu Meteoroloji il Müdürlüğü'nün yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak ortalama yıllık Etp 793,29 mm, Etr ise 658,77 mm olarak hesaplanmıştır. Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde (Şekil 1.7). Su fazlasının yıllık toplamı 400,23 mm, Temmuz-Ağustos-Eylül ayları arasında gerçekleşen su noksanı ise 134,54 mm olarak belirlenmiştir. Su fazlası yıllık yağış miktarının yaklaşık %38'ini oluşturmaktadır.



Şekil 1.7. Thornwait yöntemi ortalama yağış (P)-potansiyel buharlaşma (Etp) aylık değişim grafiği

Tablo 1.3. Ordu Meteoroloji istasyonu için hazırlanan Thorntwaite buharlaşma-terleme bilançosu (1990-2019)

	Oca	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	Toplam
Aylık ortalama sıcaklık	7,21	7,22	8,63	11,57	16,05	20,93	23,84	24,46	20,89	16,87	12,36	9,10	
Aylık endeks	1,74	1,74	2,28	3,56	5,84	8,74	10,64	11,06	8,71	6,30	3,93	2,47	
Etp (mm)	14,87	14,89	24,38	41,38	77,41	117,81	145,33	141,65	96,93	64,25	33,86	20,55	793,29
Yağış (mm)	104,50	81,42	85,08	68,90	61,82	71,21	59,70	64,35	87,51	136,83	126,19	111,49	1059,00
Zemin rezervi	100,00	100,00	100,00	100,00	84,41	37,81	0,00	0,00	0,00	72,58	100,00	100,00	
Etr (mm)	14,87	14,89	24,38	41,38	77,41	117,81	97,51	64,35	87,51	64,25	33,86	20,55	658,77
Zemin rezerv değişimi	0,00	0,00	0,00	0,00	-15,59	-46,60	-37,81	0,00	0,00	72,58	27,42	0,00	
Su noksanı	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-47,82	-77,30	-9,42	0,00	0,00	0,00	
Su fazlası	89,63	66,53	60,70	27,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	64,91	90,94	400,23
Enlem düzeltme katsayısı	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80	

1.7. Su Noktaları

1.7.1. Akarsular

Ordu ilinde Turnasuyu Deresi, Melet Irmağı, Bolaman Çayı, Ceviz Deresi, Elekçi Irmağı ve Cura Deresi akarsuların başlıcalarıdır. Bu akarsular il topraklarında derin vadiler oluşturarak Karadeniz'e dökülürler. Ayrıca ildeki en uzun ırmak (161 km) Altınordu ilçesinde bulunan Melet Irmağıdır. Melet Irmağı, Ordu şehir merkezinin doğusundan Karadeniz'e dökülür. Melet Irmağı, Doğu Karadeniz ile Orta Karadeniz Bölümlerinin sınırını oluşturur. Karadeniz'e ulaştığı noktada üzerine Ordu merkezinin yerleştiği küçük deltayı oluşturur. Üzerinde 122 m yüksekliğe sahip Topçam Barajı kurulmuştur (Tablo 1.4).

Tablo 1.4. Ordu ilindeki akarsuları

Akarsu İsmi	Toplam Uzunluğu (km)	İl Sınırları İçindeki Uzunluğu (km)	Debisi (m ³ /sn)
Melet Irmağı	161	161	27,299
Bolaman Çayı	77	77	16,8
Turnasuyu Deresi	56	56	6,821
Elekçi Irmağı	51,5	51,5	5,731
Ceviz Dere	64	64	6,39
Akçay Deresi	22,9	22,9	4,804
Cura Çayı	42,2	42,2	3,804
Şahsene Deresi	27	27	3,09

1.7.2. Doğal Göller, Göletler ve Rezervuarlar

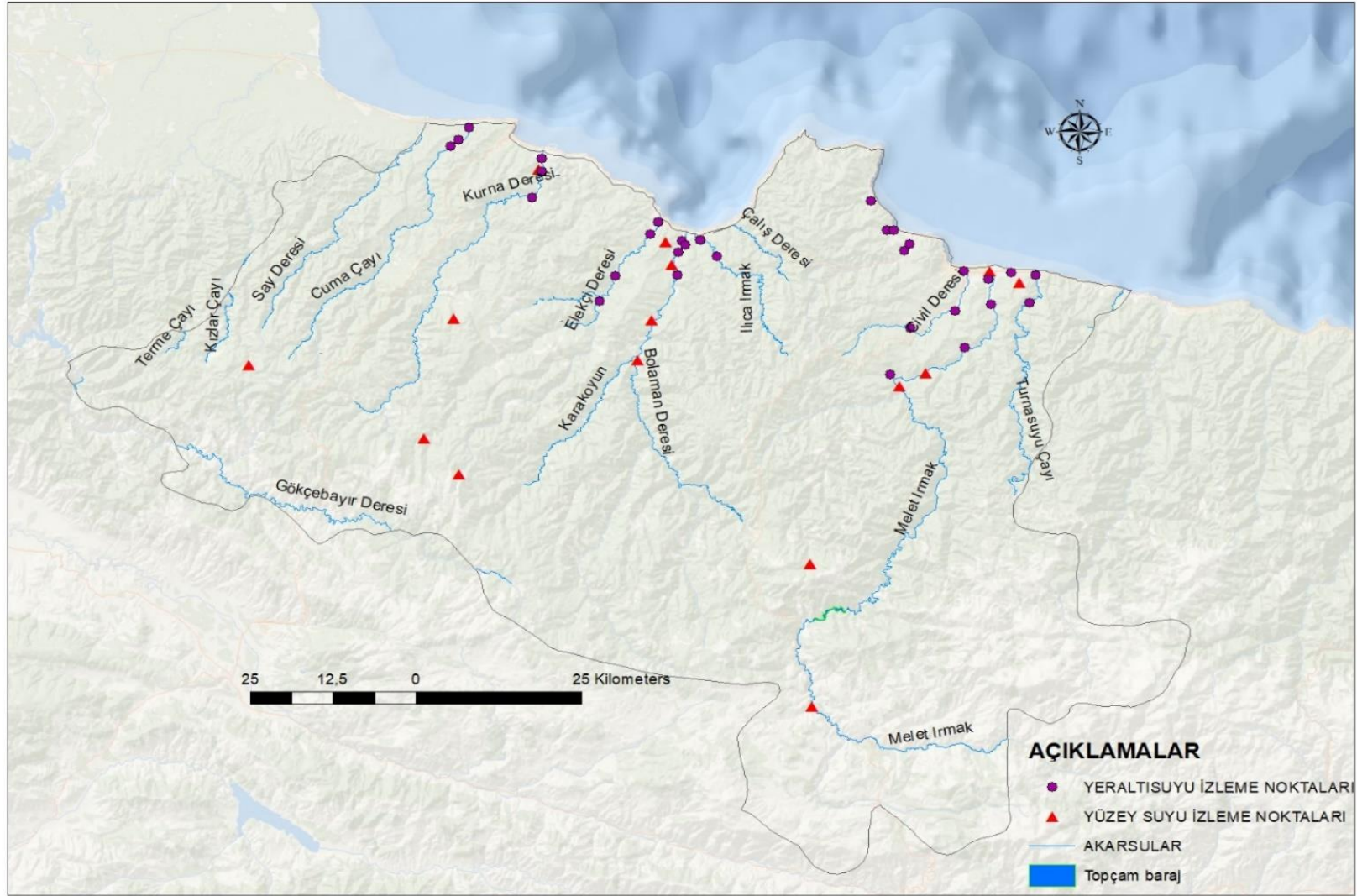
Ordu ilinde toplam 5 adet gölet ve 1 adet baraj bulunmaktadır. Korgan Absut Göleti, Kabadüz Çambaşı Göleti ve Aybastı Perşembe Yaylası Göleti Hayvan İçme suyu amaçlı kullanılmaktadır; Ordu İli Üniversite Göleti Taşkın Koruma ve Kullanma Suyu amaçlı kullanılmaktadır; Ordu İli İlküvez Göleti İçme ve Kullanma Suyu amaçlı kullanılmaktadır (Tablo 1.5). Topçam Barajı ise enerji amaçlı kullanılmaktadır (DSİ, 2022).

Tablo 1.5. Ordu ilinin Doğal Göller, Göletler ve Rezervuarlar

Göletin Adı	Tipi	Göl hacmi, (hm ³)	Kullanım Amacı
Aybastı- Perşembe Yaylası Göleti	Kaya Dolgu	0,55	Hayvan İçme suyu
Kabadüz-Çambaşı Göleti	Harç Kagir Beton	0,08	Hayvan İçme suyu
Korgan- Absut Yaylası Göleti	Harç Kagir Beton	0,032	Hayvan içme suyu
Ordu Üniversitesi Göleti (Çırçıp Deresi)		0,05	Taşkın Koruma Kullanma Suyu

1.7.3. Yeraltısuları

Ordu ili sınırları içindeki yeraltısuyu havzaları; Ordu Merkez ve Çevresi, Fatsa Çevresi, Ünye Çevresi ve Mesudiye Çevresi olmak üzere 4 ana bölüme ayrılmıştır. Bu havzaların yeraltısuyu rezervleri ile içme-kullanma, sanayi suyu ve sulama suyu ihtiyacı için yapılmış yeraltı suyu tahsisleri Tablo 1.6'da verilmiştir. (Ordu 2022 çevre durum raporu) Ordu İl Merkezi ile Ünye İlçe Merkezinin içme suyu ihtiyacı arıtma tesislerinden karşılandığı için, su sondaj kuyuları, ihtiyaç duyulması durumunda çalıştırılmak üzere yedek olarak tutulmaktadır. Ordu il merkezi ve çevresindeki Melet, Civil, Akçaova ve Turnasuyu Derelerinin, Fatsa'da Bolaman ve Elekçi Derelerinin, Ünye'de de Curi ve Ceviz Derelerinin oluşturduğu alüvyal dolgular, Ordu ilindeki önemli yeraltısuyu akiferlerini oluşturmaktadır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8. Ordu ili su kaynakları haritası

Tablo 1.6. Ordu ilinin yeraltısuyu potansiyeli (Ordu 2022 çevre durum raporu)

Sıra no	DSİ bölge	Ova adı- no					
				Belgeli kuyular			Toplam Tahsis
			İŞLETME REZERVİ	İÇME KUL	Sanayi	Sulama	
			(hm3/yıl)	Tahsis	Tahsis	Tahsis	hm3/yıl
1	Doğu Karadeniz 22	Mesudiye çevresi- 18	2				0
2		Ordu çevresi – 19	32	15,82	1,48	0,35	17,66
3		Fatsa çevresi – 21	17	16,65	0,02	0,05	16,72
4		Ünye çevresi- 22	10	10,39	1,94	0,15	12,47
Toplam			61	42,86	3,44	0,55	46,85

1.8. Ekonomik ve Sosyal Durum

Ordu ilinin temel geçim kaynağı tarımdır. Ordu ili ekonomik yapısında tarım sektörü yaklaşık %85'lik bir payla önemli bir yere sahiptir. İlin ekonomisi ana ürün olan fındık üretimine dayalıdır. Türkiye'nin fındık üretiminin %30'u Ordu'da gerçekleşmektedir. Yaklaşık 110.000 fındık üreticisi 227.000 hektar alanda fındık üretimi yapmakta, yıllara göre değişmekle beraber ilde 150.000-180.000 ton fındık üretimi yapılmaktadır. (Çamoğlu vd, 2011) Ordu ili bu ortalamayla da Türkiye' de 1. sırada yer almaktadır.

İlin ekonomisi, tarım ve hayvancılık sektörüne dayalı olmakla birlikte; sanayi, gıda sektörü başta olmak üzere bazı sektörlerde gelişme göstermektedir. İlin sanayi profiline bakıldığında %30'u fındık kırma, işletme, entegre tesisleri birinci sırada yer almaktadır. Fındık tesislerini %20 ile un ve yem tesisleri, Şekerleme helva-lokum tesisleri, süt ve süt işletmeleri, likit yağ tesisleri, balık ve balık ürünleri işletmeleri, meşrubat işletmelerinin oluşturduğu gıda sanayi, %12 ile taş ve toprağa dayalı sanayi tesisleri takip etmektedir.

İlin topraklarının %38'i tarım, %30'u orman, %7'si çayır-mera, %25'i ise yerleşim alanı ve tarım dışı arazidir. İlde tarımsal işletmelerin %71,5'inde bitkisel üretim ile birlikte hayvancılık yapılmakta, %28,5'inde ise sadece bitkisel üretim yapılmaktadır.

İldeki arazinin ürün guruplarına göre dağılımı; 214.052 ha (%70,7) fındık, 32.147 ha (%10,7) meyvelik, 17.382 ha (%5,4) mısır, 8.800 ha (%3) patates, 21.000 ha (%7) buğday-arpa, 1.758 ha (%0,7) yem bitkileri ve 7.579 ha (%2,5) diğer ürünler yetiştirilmektedir.

1.9. Önceki Çalışmalar

Bu doktora tez kapsamında, çalışmanın gerçekleştirildiği alan ve konu ile ilgili yapılan literatür çalışmaları iki farklı aşamada incelenerek sınıflandırılmıştır. Birinci aşamada, çalışma alanı ve çevresinde yapılan jeolojik, hidrojeolojik ve hidrolojik çalışmalar, ikinci aşamada ise tez kapsamında çalışma alanında belirlenen problemin tanımlanmasında ve çözümünde kullanılacak olan yöntemin uygulanmasına yönelik çalışmalar incelenmiştir.

1.9.1. Çalışma Alanı ve Çevresinde Yapılan Çalışmalar

Terlemez ve Yılmaz (1980) Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye Arasındaki Kalan Yörenin Stratigrafisi incelemiştir. Bu çalışmalarında Yaklaşık 3000 km² lik bir yer kaplayan çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, 20 adet stratigrafik dikme kesit ölçülmüş ve 11 formasyon, 8 üye ayırtlanmıştır. Bu çalışmalara göre Orta Jürasik-Pliyosen yaş aralığında Senomaniyen-Kampaniyen yaşta tüfit, andezit akıntısı, aglomera, kireçtaşı ve kumtaşı, tüfit, killi kireçtaşı ardalanması ve güneyde kumlu-killi kireçtaşı, Paleosen yaşta tüfit, aglomera ve kömür arakatlı kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kumtaşı yüzeylenmiştir. Bunların üzerine açısız uyumsuzlukla, bazı yerlerde kireçtaşı, bazı yerlerde de bazalt gelmektedir. Bundan sonra aglomera ile andezit akıntısı ve aglomera arakatlı kumtaşı çökelmiştir. Bu birimler Eosen yaştadır. Miyosen-Pliyosen devresinde çeşitli bazalt oluşumları gelişmiştir. Bunları genç alüvyonlar izlemiştir.

Yanbay (1994) Ünye Curi Irmağı alüvyonlarının hidrojeolojisi incelenmesi çalışmıştır. Bu çalışma Samsun F38-d2 ve Samsun F38-d3 paftaları içinde yer alan yaklaşık 20km² lik bir alan kapsamıştır. Bu çalışmalara göre, alüvyonun porozitesinin %26 özgül veriminin %16,5, ortalama transmisibilitenin 6.62x10⁻³m²/sn, permeabilitenin 2.46x10⁻⁴ m/sn, hidrolik eğiminin 10⁻³ ve yeraltısuyu akımının kuzeye doğru olduğunu belirlenmiştir. Curi Irmağı alüvyonlarına ait tatlı su tuzlu suyun etkili olduğu sahile yakın kesimler hariç diğer bölgelerinde yer alan yeraltısularının benzer kimyasal özellikte olduğunu belirlenmiştir ve kuyu sularının kalsite yakın doygunlukta olduğunu saptanmıştır.

Temizel ve Arslan (2002) İkizce (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı kalk-alkalen volkanitlerinin mineral kimyası ve petrokimyası incelenmiştir. Bu çalışmalarında incelenen volkanitler; genellikle andezit, andezit porfir ve piroklastitlerinden daha az oranda ise bazalt ve bazaltik andezitten oluşmakta olup, genelde porfirik, mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik, hyalopilitik, yer yer de entersertal, entergranüler, akıntı ve glomeroporfirik doku göstermektedir.

Ersoy, Kırmacı ve Fırat Ersoy (2006) Ünye ilçesinde bulunan Yazkonağı mağarasının jeolojisini ve oluşumunu incelenmiştir. Bu çalışmalarda Yazkonağı mağarasının çevresinde bulunan jeolojik birimleri ise Pliyosen, Geç Kretase-Paleosen yaşlı kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve kilaşlarıdır. Ayrıca kilaşlarından oluşan birimin içerisinde, doğu- batı yönlü bir düşey fay boyunca geliştiğini belirlemişlerdir.

Ünal ve Gökçe (2007) Ordu İline bağlı Kabadüz İlçesi'nin güneyinde bulunan Akgüney Bakır-Kurşun-Çinko Yatağının Jeolojisi ve Sıvı Kapanım Özellikleri incelenmiştir. Elden edilen sonuçlara göre Akgüney bakır-kurşun-çinko yataklarının aşırı derecede bozunmuş Üst Kretase yaşlı andezitik kayaçlarında fay zonları boyunca gelişmiş damar tipi oluşumlar şeklinde olduğunu ortaya koymuş ve Cevher damarları ileri derecede limonitleşmiş ve hematitleşmiş kuvars damarları şeklinde yüzeyletiğini ve damarlarında küçük kristalli ve iri kristalli pirit, kalkopirit, sfalerit, galenit, fahlerz ve limonit; gang minerali olarak ise kuvars ve kalsit içeren iki farklı yapıda cevher gözlenmiştir. Sıvı kapanım incelemeleri; hidrotermal çözeltiler içinde CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl ve olasılıkla KCl gibi tuzların bulunduğu ifade edilmiştir.

Yavuz (2010) Fatsa- Arpalık köyü (Ordu) yöresi Bentonit oluşumlarının Mineralojik ve Jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi, kullanım alanlarının belirlenmesini çalışmıştır. Çalışmanın amacı, inceleme sahasında yer alan kayaçların sedimantolojik ve petrografik özelliklerinin belirlemek ve Tirebolu formasyonu bünyesinde bulunan bentonitleşmenin arazi ve inceleme sonuçları yardımıyla oluşum şekilleri ve kullanım sahalarının belirlenmesine yöneliktir. Sonuç olarak analiz edilen bentonitlerin Na-bentonit olduğunu tespit edilmiştir ve ana mineralin montmorillonit olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışma sahasındaki bentonitler; kâğıt sanayi, döküm sanayi, sondaj sanayi ve seramik sanayi alanlarında kullanılmaları uygun olabileceğini düşünülmüştür.

Karslı (2015) Ordu Gököy Çetilli Pb-Zn-Cu sahası maden jeolojisi incelenmiştir. Bu çalışmalara göre ruhsat alanındaki polimetalik Pb, Zn, Cu ve eşlik eden Au ve Ag cevherleşmeleri; Çağlayan formasyonu içerisindeki tektonik hatlar boyunca gelişmiş damar tip cevherleşmeler olup batıdan doğuya doğru 1 no.lu damar, 2 no.lu damar, 3 no.lu damar, 4 no.lu damar, 5 no.lu damar ve 6 no.lu damar şeklinde adlandırılmıştır. Damarlar genel olarak; KB-GD (3 no.lu, 4 no.lu ve 6 no.lu damarlar), KD-GB (2 no.lu ve 5 no.lu damarlar) ve D-B (1 no.lu damar) olmak üzere üç farklı doğrultuda gelişmiştir. Kalınlıkları 30 cm ile 170 cm arasında değişen damarların uzunlukları 200 m (3 no.lu damar) ile 900 m (2 no.lu damar) arasındadır.

Gültekin, Hatipoğlu Temizel, Fırat Ersoy ve Temizel (2015) Fatsa (Ordu) İlçesi, Ilıca Köyü sınırları içerisinde bulunan ve Sarmaşık Kaplıcası olarak tanınan sıcak su kaynağı, jeotermal sularının hidrojeokimyası incelenmiştir. Bu çalışma kapsamda Sarmaşık kaplıcasının oluşum mekanizması, fiziksel ve kimyasal özellikleri, kaplıca sularının kökeni ve yüzey sularıyla karışımlarının olup olmadığı ve jeotermal açıdan önemi araştırılmıştır ve

Çalışma alanının jeoloji ve tektonik haritaları hazırlanarak çalışma alanındaki normal, mineralli ve sıcak kaynak sularının mevcut jeolojik ve tektonik yapı ile ilişkisi belirlenmiştir. Kaynak başında (yerinde) sıcaklık, pH, TDS (toplam çözünmüş madde miktarı), EC (elektriksel iletkenlik) ve DO (özünmüş oksijen) gibi parametreleri ölçülmüştür ve suların kimyasal bileşimi ve izotopik bileşimleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Jeotermal kaynak Na- Ca- SO₄, soğuk su kaynağı ve yüzey suları Ca-HCO₃ su sınıfında belirlenmiş ve Schoeller Diyagramına göre jeotermal suların soğuk su kaynağından ve yüzey sularından bağımsız olduğunu ifade edilmiştir. Sarmaşık jeotermal alanında yapılan izotop analizleri değerlerine göre alandaki suların tümü meteorik kökenli olduğunu belirlenmiştir.

Sünnetçi (2016) Ünye (Ordu) Killerinin Konsolidasyon ve Plastik Özellikleri Arasındaki İlişkilerin araştırılması yapılmıştır. Bu alışmada Cevizdere (Ünye, Ordu) yöresinden alınan 19 adet (örselenmiş ve örselenmemiş) zemin örneğinin plastik, indeks ve sıkışma özellikleri belirlenmiştir ve bu özellikler arasında. Alınan killi zeminler üzerinde oturma ve şişme deneyleri ile indeks ve plastik özellik tayinleri yapılmış, böylece bu zemin örneklerinin şişme potansiyelleri belirlenmiş ve oturma davranışları ile plastik özellikleri arasındaki ilişkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar göre zeminlerin %28 kum, %38 silt ve %34 kil boyutlu malzemeden oluşan zeminlerin montmorillonit türü kil mineralleri içerdiği belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu örneklerin sıkışma indisi (Cc) değerlerinin 0.189 ile 0.625 arasında, yeniden sıkışma indisi (Cr) değerlerinin 0.011 ve 0.041 arasında, aşırı konsolidasyon oranı (OCR) değerlerinin 4.16 ile 95 arasında, aşırı konsolidasyon sınırı (σ'_m) değerlerinin ise 142 ile 492 kPa arasında değiştiği belirlenmiştir. Aşırı konsolidasyon sınırı sınıflamasına göre örneklerin orta-ileri derecede aşırı konsolide oldukları saptanmıştır.

Temizel, Yazar, Arslan, Kaygusuz ve Aslan (2018) Ordu ilin Gököy yöresi Eosen yaşı I-tipi şoşonitik plütonların mineral kimyası, tüm-kayaç jeokimyası ve petrolojisi incelenmesi çalışmıştır. Bu alışmada Petrografik olarak; incelenen plütonlar, ince-orta taneli monzonit, monzodiyorit ve yer yer kuvars monzonit bileşimli olduğu belirlenmiştir.

Gültekin ve Hatipoğlu Temizel (2020) Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde yer alan Doğu Karadeniz Havzası; Kentsel Faaliyetlerin Kıyı Akiferlerine Etkileri incelenmesini çalışmıştır. Bu alışmada Doğu Karadeniz Havzası Artvin (Hopa ve Arhavi ilçeleri), Rize, Trabzon, Gümüşhane (Torul ve Kürtün ilçeleri), Giresun ve Ordu illerini içerisine alan kentsel faaliyetlerin kıyı akiferlerine kimyasal ve hacmi değişimi etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bu akiferler üzerinde son yıllarda sanayi siteleri, taş ocakları, kömür

depolama tesisleri, depolar tespit edilmiş ve akiferlerin tamamında yapılaşmanın olduğu belirlenmiştir.

Hatipoğlu Temizel, Gültekin ve Fırat Ersoy (2019) Doğu Karadeniz Bölümü (Ordu, Rize, Artvin-KD Türkiye) jeotermal sahalarının nadir toprak elementleri ve itriyum jeokimyası incelenmesi çalışmıştır. Bu çalışmalara göre Ayder sahası hariç, tüm jeotermal sular belirgin pozitif Eu, az belirgin Ce anomalisine sahip olduğunu ve Sulardaki Eu anomalisinin kaynağının jeotermal sahaların çevre kayaçlarında bulunan Eu'ca zengin mineraller olduğu düşünülmüştür. Sarmaşık (Ordu) termal suları pH değeri 8, sıcaklık 47 °C ile Na-Ca-SO₄ tipi olduğunu belirlenmiş. Sularda toplam çözünmüş NTE baskın olarak sülfat komplekslerini (LnSO₄ +) ve sahadaki kaynak suyunda serbest metal iyonlarının (Ln⁺³) baskın olduğu görülmüştür.

Uzun Duran, Küçükömeroğlu ve Taşkın (2020) Fatsa-Sarmaşık Kaplıcasında Radon Aktivite Konsantrasyonunun Belirlenmesi (Ordu İli) konusunu çalışmıştır. Bu çalışmada Sarmaşık Kaplıcası termal tesisinde radon aktivite konsantrasyonu ölçümleri yapılmıştır. Kaplıca havuz ortamı, resepsiyon, restoran olmak üzere üç kısımda hava ortamında Cr-39 ve Alpha GUARD PQ 2000 radon dedektörleri yaz ve kış mevsiminde radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Elden edilen sonuçlara göre kaplıca suyu ve hava ortamındaki radon gazı seviyelerinin limit değerlerden daha aşağıda olduğu tespit edilmiştir. Fakat kaplıca ortamında içme suyu olarak kullanılan suyun radon gazı seviyesi EPA'nın izin verdiği seviye olan 11 Bq/l değerinden daha yüksektir.

Evcimen, Tunçdemir, Tok ve Metin (2020) MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı'nca yürütülen “Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Jeolojisi (Ordu - Giresun)” projesi kapsamında Ordu-Giresun haritalama ve stratigrafik çalışmalar yürütülmüş. Bu çalışma sonucunda, Jeoloji Etütleri Dairesi koordinatörlüğünde, 2016-2019 yılları arasında yapılan arazi çalışmaları neticesinde 3 adet 1/100.000 ölçekli paftanın detay jeolojik haritaları hazırlanmıştır ve Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan çalışmalarla bölgesel ölçekte stratigrafik bütünlük ve formasyon bazında birliktelik sağlanmaya çalışılmıştır.

1.9.2. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Demir (2008) Isparta ve yakın çevresi yeraltısularının hidrojeolojik hidrojeokimyasal incelenmesi ve içme suyu kalitesinin izlenmesini çalışmıştır. Çalışma alanında 10

lokasyondan toplam 73 adet örnek alınmıştır. Bunların 41 adedi içme suyu örneği, 32 adedi ise sulama suyu kuyularından alınan örnekleridir. Alınmış örnekler üzerinde su kalitesini belirlemek için in-situ analizleri (suyun sıcaklığı (T), hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), elektriksel iletkenliği (EC), su içinde çözünmüş oksijen miktarı (O₂), redoks potansiyeli (Eh), alkalinite-asiditesi ve suyun sertliği) ve Hidrojeokimyasal analizleri (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Fe²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, Al³⁺, Si⁴⁺, Sr²⁺, Ba²⁺, Mn²⁺, Li⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻) yapılmıştır. Sonuçlar (TS 266), Dünya Sağlık Örgütü (Anonim, 2006), ABD Çevre Koruma Ajansı (Anonim, 2002) ve Avrupa Birliği (Anonim, 1998a)] içme suyu standartları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler içme sularının standartlar ile uyumlu olduğunu göstermiştir ve bölgedeki içme sularının iyi-çok iyi kaliteli sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. Bölgedeki sular genel olarak Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi sular arasında değişimini göstermiştir.

Fırat Ersoy ve Ersoy (2008) Stuyfzand hidrojeokimyasal sınıflama sistemi kullanılarak Gümüşhacıköy Akiferi'nin hidrojeokimyasal evriminin belirlenmesini çalışmıştır. Bu çalışmalarda akiferde bulunan toplam 79 sondaj kuyusunda yapılan su kimyası analiz sonuçları değerlendirilmiş ve yeraltısuyu kimyasal gelişimi ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlara göre akiferde yıkanma NaHCO₃'dan MgHCO₃'ya doğru devam etmektenmiş ve akiferin su tipinin CaHCO₃ + olduğu ifade edilmiştir.

Sirisha ve diğerleri (2008) su kalitesi tahmini için yapay sinir ağlarının uygulanması Rajasthan isimli bir Hindistan bulunan bölgesinde yapılmıştır. Bu çalışmada, bölgeye özgü verilere dayanan yeraltısuyu numunesinin karşılık gelen klorür, florür ve kalsiyum içeriğine göre sertlik değerini tahmin etmek için çoklu regresyon ve yapay sinir ağlarına dayanan ampirik modeller geliştirilmiştir. Klorür, kalsiyum, florür ve sertlik ile ilgili verilerden oluşan otuz puanlık bir veri seti almışlar ve yukarıda belirtilen parametrelere dayanarak sertlik değerini tahmin etmek için fiziksel modelleri geliştirilmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre YSA kullanılan tahminini, regresyon modelinden daha iyi sonuçları verdiğini ifade etmişlerdir.

El Badaoui, Abdallaoui, Manssour ve Lancelot (2012) Fas' ın Boufekrane havzası yüzey suları ağır metal düzeylerin tahmini için yapay sinir ağları ve çoklu doğrusal regresyon kullanılarak stokastik matematiksel modellerin geliştirilmesini çalışmıştır. Bu çalışmada kullanılan veriler, havzadaki dokuz istasyonda gerçekleştirilen çeşitli kampanyalar sırasında alınan su örneklerinin analizi ile yapılmıştır. Suda çözünen ağır metallerin (Fe, Mn ve Al) Bağımlı değişkenler ve Bağımsız değişkenler olarak fizikokimyasal parametreler: ortam

sıcaklığı, iletkenlik, nitratlar, oksidabilite, sülfatlar, klorürler, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, hidrotimetrik titre ve kuru kalıntılar kullanılmıştır. Elde edilen verileri ile çoklu doğrusal regresyon yöntemiyle bir tahmin modeli ve yapay sınır ağlarıyla bir tahmin modeli oluşturarak bir karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yapay sınır ağları yöntemi daha sağlam tahmini yapacağını ifade edilmiştir.

Maedeh, Mehrdadi, Bidhendi ve Abyaneh (2013) İran başkenti Tehran havzasında sulardaki toplam iyon konsantrasyonu (TDS) düzeyleri tahmini için yapay sınır ağları uygulanmıştır. Bu çalışmada istatistik yöntemler kullanarak SPSS yazılım program yardımıyla TDS parametrenin ve diğer elementleri korelasyon Pearson korelasyon ile değerlendirmiş ve elde edilen sonuçlarıyla yapay sinir ağları modeli geliştirmiştir. Geliştirilen model ışığında, daha iyi bir yeraltısuyunun kalitesini gelecek tahmini ve TDS parametresini tahmin etmede sülfür, klorür ve sodyum parametrelerini kontrol ederek yapılabileceğini belirlenmişlerdir.

Akbulut (2016) Adana'nın Aşağı Seyhan Ovası yeraltı ve yüzey suyu kaynaklarının hidrojeolojisi ve hidrojeokimyası incelenmesi çalışmıştır. Bölgedeki kuyulardan ve yüzey sularından toplam 173 adet su numunesi alınmış fiziksel parametrelere, majör iyonlar ve iz element konsantrasyonları çeşitli analiz yöntemleriyle belirlenmiştir. İçme suyu kalitesini belirlemek için Avrupa Ekonomik Topluluğu (EEC) tarafından kabul edilen ve Türkiye'de de uygulamaya başlanan 98/83/EC nolu konsey yönergesiyle ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Na, Cl⁻, SO₄⁻², NO⁻², NH₄⁺, As, B, Fe, Mn, Pb ve F⁻ konsantrasyonları EEC ve WHO standartlarında belirtilen sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Benzer ve Benzer (2017) yapay sınır ağları kullanarak Kütahya ili sınırlarında bulunan yeraltı ve yüzeysel sularındaki nitrat düzeylerinin tahmini çalışmıştır. Bu çalışma, Avrupa Birliği tarafından uygulanan Nitrat Direktifi kapsamında, Kütahya İl Tarım Müdürlüğü'nün 2012 ve 2013 yıllarına ait yeraltı (23 istasyon) ve yüzey (10 istasyon) suları ölçümleri kullanılarak yapılmıştır. Kütahya ilindeki istasyonlardaki yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarına ait nitrat konsantrasyonu verileri ile tasarlanan YSA modeli kullanılarak 2023 yılına ait nitrat konsantrasyonu tahmini yapılmıştır.

Benzer ve Benzer (2017) Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Amasya'nın Yeşilirmak Havzasının Yer Altı ve Yüzey Sularındaki Nitrat Tahmininin Modellenmesi için çalışmış. Yeşilirmak Havzasındaki 2010 yılında 30 istasyonda 9 yer altı suları, 18 yüzey suları ve 3 kapalı su kaynağı ölçülen veriler ile yürütülmüştür. Yapay Sinir Ağları (ANNs) temelli bir

yaklaşım ile sunulmuş ve 2020 ve 2030 yıllarına ait nitrat değerleri tahmin etmiştir. Yeşilirmak havzasında 2020 ile 2030 yıllarında suların Nitrat konsantrasyonunun ortalama olarak sırasıyla 16,99 mg/l ve 17,75 mg/l olduğu hesaplanmıştır.

Sakala ve diğer (2019) yapay sınır ağırları kullanılarak Güney Afrika'nın Mpumalanga ilinde bulunan kapanmış kömür madeni yer alan su kaynaklarının sülfat düzeylerini tahmini çalışmıştır. Bu çalışmada madenin alandaki deşarj sahasında 46 tane su numune analiz sonuçları kullanmıştır ve sülfat düzeylerini kontrol edilen faktörleri dört ana faktör olarak yağış, toprak sıcaklığı, su tablası seviyeleri ve su pH'ı sisteme giderek sülfat düzeyleri hesaplanarak tahmin edilmiştir. Hesaplama Python yazılımı program kullanılarak yapılmış. YSA sistemi, Witkranz deşarj sahasından alınan veriler kullanılarak tasarlanmış ve test edilmiştir ve 46 örnek için %99' dan fazla eğitim doğruluğu elde edilmiştir.

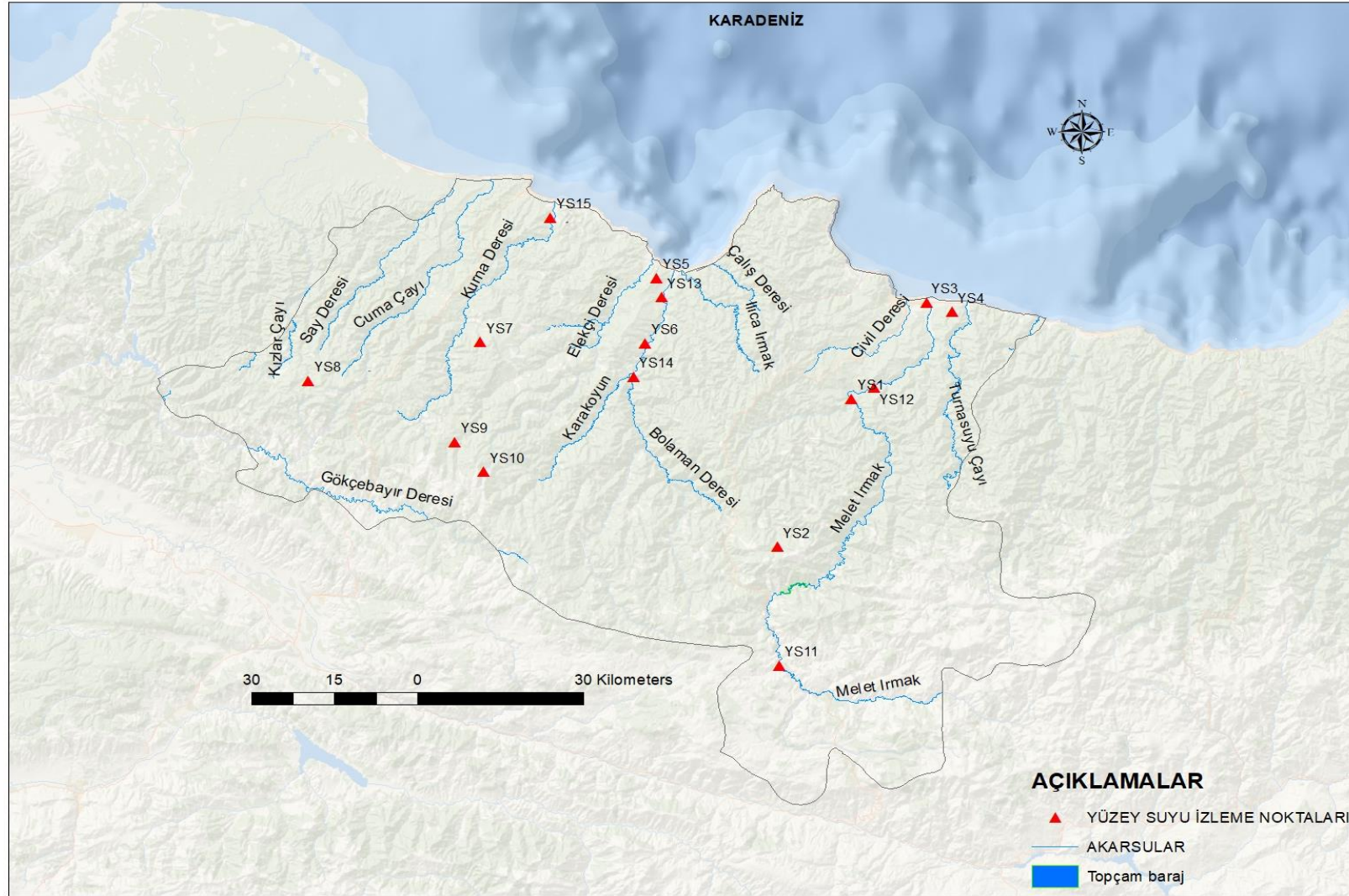
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanındaki yüzey sularının güncel durumunun incelenmesi için DSİ Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilere ait izleme noktalarından örnekleme yapılmıştır (Şekil 2.1). Elde edilen veriler doğrultusunda Ordu ilinde belirlenen yüzey sularında 2023 yılı şubat ayında 15 noktada Yer Üstü Kalite yönetmeliğinde belirtilen standartlara uygun olarak su örnekleme yapılmıştır (Şekil 2.2). Su örnekleri üzerinde, arazide yerinde fiziksel parametreler ölçülmüş ve alınan su numuneleri OSKİ Laboratuvarı'nda ve Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğündeki Kalite Kontrol Laboratuvarı'nda analiz edilmiştir.



Şekil 2.1. Ordu ili yüzey sularında örnekleme çalışması



Şekil 2.2. Ordu ili yüzey sularına ait örnekleme noktaları haritası

2.2. Büro Çalışmaları

Çalışma alanında yer alan su kaynaklarına ait genel bilgiler literatür araştırması yapılarak elde edilmiştir. İnceleme alanı ve çevresinde daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılarak alanın jeoloji haritası, alanda önceden yapılan çalışmalarla denştirilerek çalışmanın amacına yönelik olarak yeniden hazırlanmıştır. İnceleme alanının 1/25000’lik topografik haritaları ArcGIS (ArcMap 10.8) programı kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Daha önce yapılmış kimyasal analizlerden elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

2.2.1. Haritalama İşlemleri

Haritalama işlemleri Coğrafi Bilgi sistemleri (CBS) ortamında ARCGIS 10.8 versiyonu ile gerçekleştirilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan yağış ve sıcaklık verileri ile Thorntwaite yöntemine göre potansiyel buharlaşma-terleme hesaplanmış, gerçek buharlaşma-terleme, su noksanı, su fazlası değerleri belirlenmiştir.

2.2.2. Su Kaynaklarının Jeokimyasal İncelemesi

DSİ Genel Müdürlüğü’nden elde edilen analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde her su kalite parametresinin verdiği sonuç Türk Standardı (TS 266) ve/veya Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organisation WHO) tarafından içme-kullanma suyu için belirlenen sınır değerlerine göre karşılaştırılmıştır.

Yapılan analiz sonuçlarının doğruluğunu denetlemek için katyon-anyon dengesi veya yüzde hata değeri eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$\%HATA = \frac{(TK-TA)*100}{TK+TA} \quad (1)$$

Burada TK toplam katyon, TA toplam anyon ifade etmektedir. Formülde katyon ve anyon olarak bulunan tüm parametreler için mek/l birimi kullanılmıştır. Buna bağlı olarak analiz sonuçlarının sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için hata oranlarının artı, eksi %5 veya altında olması istenmektedir.

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısularının hidrojeokimyasal fasiyesinin ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde Diagrammes (6.61 versiyonu, 2020) ve Easy-Quim (5.0 versiyonu kullanılmıştır.

2.2.3. Su Kalite İndeksleri

Su kalite indeksi (WQI), su kalitesinin karakterizasyonu için bazı standart parametreler kullanılarak elde edilen bir değerdir. Su kalitesi indeksinin amacı, farklı birimleri olan farklı parametreleri içeren karmaşık su kalitesi verilerini daha anlaşılabilir halde sunarak, su kalitesi konusunda uzman olmayan kişi ve kurumların su kalitesi durumu hakkında bilgi edinebilmesi ve bu verileri rahat, hızlı ve anlaşılır bir biçimde kullanabilmesini sağlamaktadır. (Kaçan ;2020)

Su kalite indeksi kavramında ilk olarak Horton, (1965) bahsetmiştir; sonra Genel Su Kalite İndeksi Brown ve diğer. (1970) tarafından geliştirilmiştir. Yıllar içinde birçok su kalite indeksi hesaplama yöntemi özel amaçlarda kullanmak için geliştirilmiştir; (Dalkey 1968; Liebman 1969; Prati ve diğer. 1971; O'Connor 1972; Harkins 1974; Walski ve Parker 1974; Inhaber 1975; Shaefer ve Janardan 1977; Provencher ve Lamontagne 1979; Couillard ve Lefebvre 1985; House ve Ellis 1987; Kanada Çevre Bakanlığı. 2001 Kanada Su Kalite Endeksi (CWQI)). Genel bir SKİ yaklaşımı, aşağıdaki üç adımda açıklanan en yaygın faktörlere dayanmaktadır (Fernández vd;2014):

- ✓ Parametre seçimi: Suyun kullanım amacına göre uzmanların, ajansların veya devlet kurumlarının kararı ile kılavuzlarda ya da yönetmeliklerde belirtilen parametreler baz alınır.
- ✓ Alt İndeks olarak kabul edilen her bir parametre için kalite fonksiyonunun (eğrisinin) belirlenmesi: Farklı konsantrasyon birimlerine sahip parametrelerin aynı şekilde değerlendirilebileceği bir ölçek olan birimsiz değerlere dönüştürülmesidir.
- ✓ Matematiksel ifade ile alt indekslerin birleştirilmesi: Genellikle aritmetik veya geometrik ortalamalar alınarak yapılmaktadır.

2.2.3.1. Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI)

Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi; Amerikan Ulusal Sağlık Kuruluşu (National Sanitation Foundation) tarafından 1970 senesinde farklı su kütleleri üzerinde de uygulanabilecek şekilde geliştirilmiş standart bir su kalite indeksidir (Brown, 1970). Parametre seçiminde etki değerleri belirlenerek hassas bir yöntem oluşturmaya özen gösterilmiştir. Brown'un temelini oluşturduğu bu çalışmayı Ulusal Sanitasyon Vakfı desteklemiştir ve bu nedenden dolayı adı Brown indeksi veya NSF-WQI olarak da bilinmektedir (Abbasi ve Abbasi, 2012). Bu metotta; toplam çözünmüş katı madde, sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, bulanıklık, fekal koliform, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ5), toplam fosfat ve nitrat olmak üzere 9 adet su kalite parametresi kullanılmaktadır (Tablo.2.2)

NSF-WQI geliştirme çalışmalarında, 142 kişilik uzmanlaşmış bir jüri heyeti kurularak, jüri heyetinden indekste yer alması gereken 35 parametreyi azaltmaları istenmiştir. İndekste yer alması muhtemel 35 parametre ile ilgili önem sırasına göre “dâhil edilsin”, “kararsız” ve “dahil edilmesin” şeklinde değerlendirmeleri talep edilmiştir. Daha sonra panelistlerden indeks için en önemli gördükleri en fazla 15 parametreyi önem sırasına göre seçmeleri istenmiştir. Uzmanların derecelendirdiği parametrelerden en çok adı geçen 11 parametre belirlenmiştir. Her parametrenin önem değerlerine göre 1 (yüksek) ve 5 (düşük) arasında oylanarak belirlenmiştir. Son olarak jüri üyeleri ortalama derecelendirmesi ile belirlenen ve önem derecesine göre azalan düzende 11 parametre belirlenerek sunulmuştur (Tablo 2.1) (Abbasi ve Abbasi, 2012).

Tablo 2.1. Uzmanların derecelendirdiği parametrelerden en çok adı geçen 11 parametre

Parametreler	Önem Sırası
Çözünmüş Oksijen	1
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	2
Bulanıklık	3
Toplam Katılar	4
Nitrat	5
Fosfat	6
pH	7
Sıcaklık	8
Fekal Koliform	9
Pestisit	10
Toksik Elementler	11

Panelistlerin en çok vurguladığı 11 parametre, her paneliste tekrar sunularak, 11 parametrenin farklı derişimlerde su kalite seviyesindeki değışimleri için değerler tespit edilmesi istenmiştir. Her parametre için derişim-değer grafiğı oluşturulup, muhtemel ölçümleri ile su kalitesi seviyesi değışiminin en iyi görüldüğü eğriler elde edilmiştir. Pestisit ve toksik elementleri için derişimin 0,1 mg/l'yi geçmesi durumunda su kalite indeksinin sıfır değeri verdiği belirlenmiş ve bu iki parametre dışında kalan 9 parametre ile çalışılmaya devam edilmiştir. Etki değerlerinin son hallerinin oluşturulması için her parametrenin geçici olarak oluşturulan etki değerlerinin, geçici olarak oluşturulmuş etki değerlerinin tümünün toplamıyla elde edilen değere bölünmesiyle elde edilmiştir. NSF-WQI için belirlenen parametreler için hesaplanmış olan etki değerleri Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te verilmiştir (Abbasi ve Abbasi, 2012; Sarıdoğan, 2019).

Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksin hesaplama formülü aşağıdaki denklenmede verilmiştir.

$$NSF - WQI = \sum_{i=1}^n QiWi \quad (2)$$

Burada;

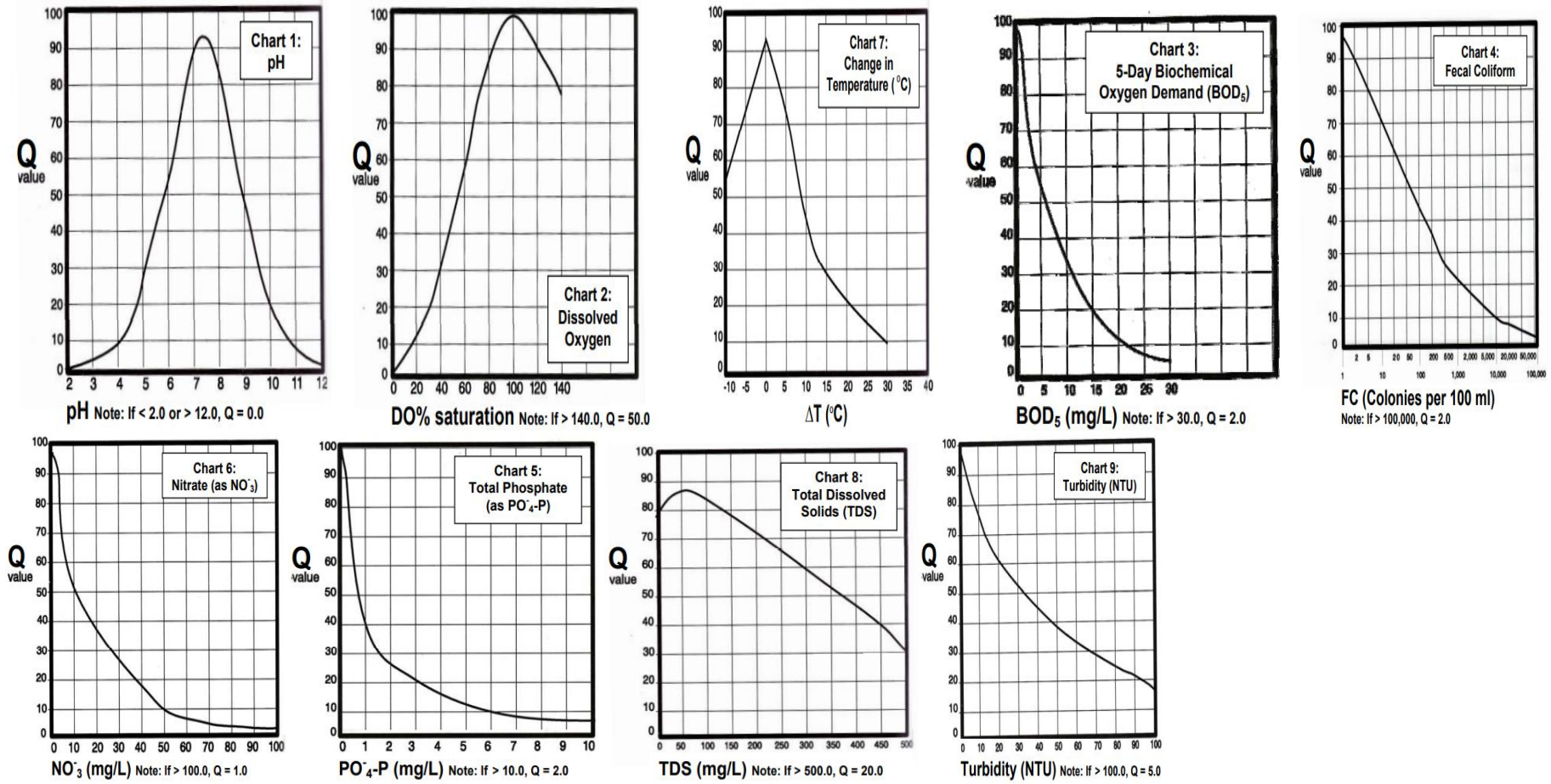
Qi = i numaralı su kalitesi parametresi için ölçülen değer, alt indeks değeri,

Wi = i numaralı su kalite parametresinin ağırlık faktörü,

n = su kalitesi parametrelerinin sayısını ifade etmektedir

NSF-WQI yönteminde su kalitesi değerleri için kalite sınıfları Tablo 2.2'de verilmiştir.

Analizi yapılmış parametre sonuçlarına karşılık gelen Q değerleri, Şekil 2.3-2.11'de verilen grafikler yardımıyla elde edilir. Burada elde edilen Q değerleri, NSF-WQI hesaplanırken kullanılır.



Şekil 2.3. NSF-WQI parametrelerin karşılık gelen Q değerleri için kullanılan grafikler

Tablo 2.2. Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksinde kullanılan parametreleri

Parametreler	Etki Faktörü
Çözünmüş Oksijen	0.17
Fekal Koliform	0.16
PH	0.11
BOİ (5-gün)	0.11
Nitrat	0.10
Fosfat	0.10
Sıcaklık	0.10
Bulanıklık	0.08
Toplam Katı Madde	0.07
Toplam	1.00

Tablo 2.3. Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi sınıflaması

NSF-WQI Değerleri	Kalite Sınıfı
90,1-100	Mükemmel
70,1-90	İyi
50,1-70	Orta
26-50	Kirli
0-25	Çok Kirli

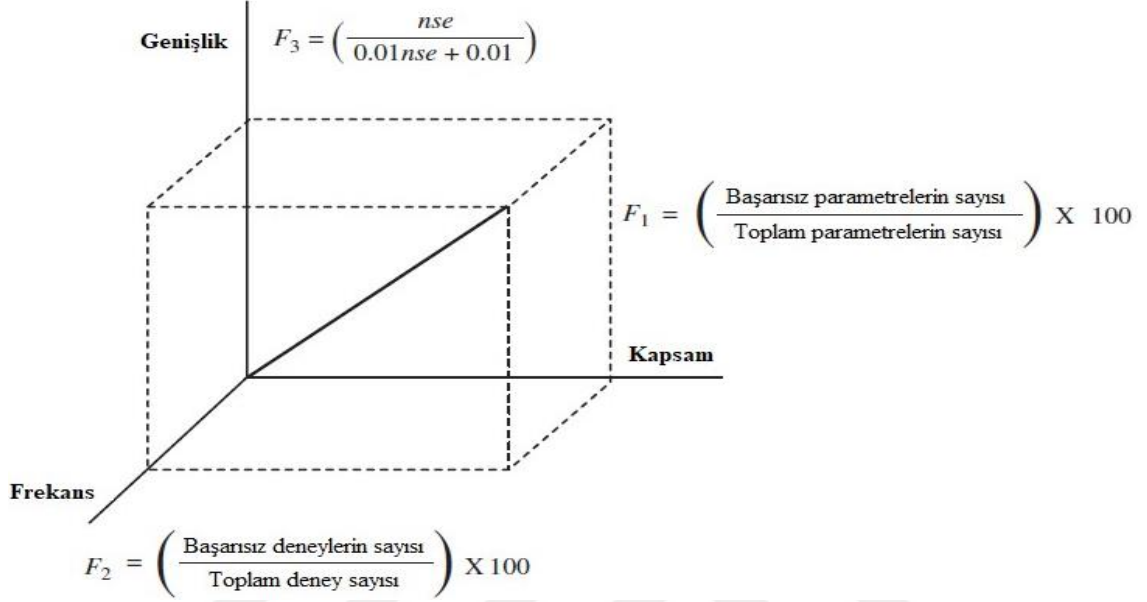
Dünya genelinde farklı su kalite indeksleri geliştirilmiştir. Ancak, çoğu su kalite indeksi NSF-WQI 'ye dayanmaktadır. Çünkü NSF-WQI, yüzey su kaynaklarının su kalitelerine göre sınıflandırılması için kapsamlı ve genel olarak uygulanabilir bir indeks olarak kabul edilmektedir (Noori vd., 2019).

2.2.3.2. Kanada Su Kalite İndeksi (CCME – WQI)

Kanada Çevre Bakanlığı Meclisi su kalite indeksi (CCME-WQI), Kanada Çevre Bakanlığı Meclisi tarafından 2001'de geliştirilmiştir (Şekil 2.4). Kabulünden bu yana, su kalitesini belirtmek için Kanada'da ve dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kanada su kalitesi indeksi hesaplanmasında, en az dört parametre ve bu parametrelerin en az dört kez örneklenmiş olması gerekmektedir (CCME, 2017).

CCME -WQI, üç faktörün kombinasyonuna dayanmaktadır CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment,2017):

1. Kapsam: Hedeflerine ulaşılmayan değişkenlerin sayısı (F1)
2. Frekans: Hedeflerin gerçekleştirilme sıklığı (F2)
3. Genişlik: Hedeflerin karşılanmadığı miktar (F3)



Şekil 2.4. Üç boyutlu bir alanda hesaplanan su kalitesi indeksi-CWQI (Abbasi ve Abbasi,2012 ; Saridoğan, 2019)

İndeks hesaplama teknikleri CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) tarafından kullanıcı kılavuzlarında yayımlanmış şekliyle eşitlik 2.3- 2.10'da incelenmiştir (CCME, 2017).

(F1) Faktörü su kalitesi mevzuatlarında verilen hedef değeri aşan parametrelerin toplam parametrelere göre yüzdesini ifade eder.

$$F1 = \frac{\text{Başarısız parametrelerin sayısı}}{\text{Toplam parametreleri Sayısı}} \times 100 \quad (3)$$

(F2) Faktörü frekans olarak adlandırılır. Test edilen veya gözlemlenen değer kaç defa kabul edilebilir sınırlar veya sınırlar dışında olduğunu gösterir.

$$F2 = \frac{\text{Başarısız test sayısı}}{\text{Toplam test sayısı}} \times 100 \quad (4)$$

F3, sapma genişliği olarak adlandırılmakta olup başarısız test değerlerinin yönergelerine uymadığı miktarı temsil etmektedir. F3 üç aşamada hesaplanmaktadır.

1. Sapma i hesaplanması

✓ Eğer değişken değeri sınır değerden fazla olmalıysa:

$$\text{Sapma } i = \left(\frac{\text{Başarısız deney değeri } i}{\text{Hedef değeri } i} \right) - 1;$$

✓ Eğer değişken değeri sınır değerden az olmalıysa:

$$\text{Sapma } i = \left(\frac{\text{Hedef değeri } i}{\text{Başarısız deney değeri } i} \right) - 1$$

2. normalleştirilmiş sapmalar toplamı hesaplanması

İlk aşamada elde edilen sapmaların toplamının deney sayısına oranı hesaplanmakta olup nse (normalleştirilmiş sapmalar toplamı) olarak adlandırılmaktadır:

$$\text{nse} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Sapma}}{\text{Toplan Deney Sayısı}}$$

3. F3 Hesaplanması

F3'ün değeri daha sonra, önerilen değerlerden (nse) sapma katsayılarının normalleştirilmiş toplamını 0 ile 100 arasındaki bir değer aralığında getiren asimptotik bir işlev kullanılarak hesaplanmaktadır (CCME ;2017).

$$F_3 = \left(\frac{\text{nse}}{0.01\text{nse} + 0.01} \right) \quad (5)$$

Kanada Su Kalitesi İndeksi (CCME-WQI), F1, F2 ve F3 olmak üzere üç faktörden oluşmakta ve bu faktörün vektörel şekilde Phytagore Teoremi kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem, indeksi üç faktöre karşılık gelen üç eksenli tanımlanan üç boyutlu bir alan olarak ele alır . Bu modelde, indeks üç faktörün her biri ile doğru orantılıdır.

$$\text{CCME WQI} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right) \quad (6)$$

Bölen (1.732), elde edilen değerleri 0 ile 100 aralığında normalleştirir; burada 0, "en kötü" su kalitesini ve 100, "en iyi" su kalitesini temsil eder.

Su kalitesi (CCME WQI) değeri hesaplandıktan sonra, su kalitesi Tablo 2.4'te gösterilen kategorilerden birine sınıflandırılır:

Tablo 2.4. Kanada su kalite indeksi kalite sınıflandırması (CCME, 2017)

CCME WQI Değerleri	Kalite Sınıfı	Açıklama
95-100	Mükemmel	Su kalitesi sanal bir tehdit veya bozulma olmadan korunur; doğal veya bozulmamış seviyelere çok yakın koşullar.
80-94	İyi	Su kalitesi yalnızca küçük bir tehdit veya bozulma ile korunur; koşullar nadiren doğal veya istenen seviyelerden ayrılır.
65-79	Orta	Su kalitesi genellikle korunur, ancak bazen tehdit altındadır veya bozulur; koşullar bazen doğal veya istenen seviyelerden farklı olabilir
45-64	Kötü	Su kalitesi sıklıkla tehdit altındadır veya bozulur; koşullar genellikle doğal veya istenen düzeylerden farklıdır.
0-44	Çok Kötü	Su kalitesi neredeyse her zaman tehdit altındadır veya bozulmuştur; koşullar genellikle doğal veya istenen seviyelerden farklıdır.

2.2.3.3. Oregon Su Kalite İndeksi (OWQI)

Oregon su kalite indeksi yöntemi, Oregon bölgesinde bulunan akarsuların genel su kalitesini değerlendirmek ve bu yöntemin diğer coğrafi bölgelerde uygulanmasını sağlamak için bir puanlama sistemi oluşturmakta ve sekiz su kalitesi parametresini tek bir sayıda birleştirmektedir (Alver ve Başturk, 2019). Bu yöntemde kapasan parametreler çözünmüş oksijen, fekal koliform, pH, sıcaklık, biyolojik oksijen ihtiyacı, amonyak, nitrat azotu, toplam fosfor ve toplam katılardır. NSF-WQI'daki gibi değişkenlerin seçiminde Delphi yöntemi kullanılmıştır (Tablo 2.5).

Bu su kalitesi indeksinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$OWQI = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{SI_i^2}}} \quad (7)$$

n, alt indis sayısını SI, i'nci parametrenin alt indisini göstermektedir.

Tablo 2.5. OWQI yöntemi için kalite sınıfları (Tyagi vd, 2013)

OWQI Değerleri	Kalite Sınıfı
90-100	Mükemmel
85-89	İyi
80-84	Orta
60-79	Zayıf
0-59	Çok Zayıf

2.2.3.4. Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi (WAWQI)

Bu yöntem, çeşitli bilim insanları tarafından yaygın olarak kullanılmıştır. Yöntem, su kalitesini, yaygın olarak ölçülen su kalitesi değişkenlerini kullanarak saflık derecesine göre sınıflandırmıştır (Tablo 2.6) (Bilgin,2018). Ağırlıklı aritmetik su kalitesi indeksi (WAWQI) hesaplama için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır:

$$WAWQI = \frac{\sum Qi.Wi}{\sum Wi} \quad (8)$$

Her parametre değeri için kalite değerlendirme ölçeği (Qi) denklem kullanılarak hesaplanır:

$$Qi = 100 \times \frac{Vi - V_0}{Si - V_0} \quad (9)$$

Vi, analiz edilen i numaralı su kalite parametresinin konsantrasyonudur.

V0, bu parametrenin saf suda bulunan ideal değeri

V0 = 0 (pH = 7,0 ve ÇO = 14,6 mg/L hariç)

Si, analiz edilen i numaralı su kalite parametresinin standart değeridir.

Her su kalitesi parametresi için ağırlık (Wi), denklem kullanılarak hesaplanır:

$$Wi = \frac{K}{Si} \quad (10)$$

Burada, K = orantı sabiti ve denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$K = \frac{1}{\sum \frac{1}{Si}} \quad (11)$$

Tablo 2.6. Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi sınıflandırılması (Sanjeev ve Govind, 2016)

WAWQI Değerleri	Kalite sınıfı	Sınıflama
0-25	Mükemmel	A
26-50	İyi	B
51-75	Orta	C
76-100	Kötü	D
>100	İçme amacı için uygun değil	E

Yukarıda tanımlanan su kalite indekslerinin de kendi içinde bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Tablo 2.7).

Tablo 2.7. Su kalite endeksleri kendi özel avantajlar ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
National Sanitation Foundation Su Kalite İndeksi (NSF WQI)	
1. Verileri tek bir indeks değerinde nesnel, hızlı ve tekrarlanabilir bir şekilde özetler. 2. Alanlar arası değerlendirme ve su kalitesindeki değişimleri belirler. 3. İndeks değeri potansiyel bir su kullanımı ile ilgilidir. 4. Uzman olmayan kişilerle iletişimi kolaylaştırır.	1. Genel su kalitesini gösterir, suyun özel kullanımını temsil etmez. 2. Veri işleme sırasında veri kaybı olur. 3. Karmaşık çevresel konularda mevcut olan belirsizlik ve öznellik problemi mevcuttur.
Kanada Su Kalitesi İndeksi (CCME WQI)	
1. Tek bir sayıdaki çeşitli değişkenlerin ölçümlerini temsil eder. 2. Girdi parametrelerinin ve hedeflerinin seçiminde esneklik sağlar. 3. Farklı yasal gerekliliklere ve farklı su kullanımlarına uyumludur.	1. Tek değişkenli bilgi kaybı olabilir. 2. Her yere özgü hedefler ve özel su kullanımı hakkında bilgi kaybı olabilir. 3. Değişkenler arasındaki etkileşimler hakkında bilgi kaybı olabilir.
Kanada Su Kalitesi İndeksi (CCME WQI)	
4. Çok değişkenli karmaşık verilerin istatistiksel olarak basitleştirmektedir. 5. Yöneticiler ve genel halk için açık ve anlaşılır bir yöntemdir. 6. Belirli bir yerde su kalitesi değerlendirmesi için uygun bir araçtır. 7. Hesaplanması kolaydır. 8. Eksik verilere toleranslıdır. 9. Otomatik örneklemeden gelen verilerin analizi için uygundur. 10. Çeşitli ölçümleri çeşitli ölçüm birimlerinde tek bir ölçümde birleştirir.	4. İndeksin farklı ekosistem çeşitleri ile uyumsuzdur. 5. Tüm değişkenler aynı öneme sahiptir. 6. Su kalitesi sadece kısmi olarak yansıtır. 7. F1, çok az sayıda değişken göz önüne alındığında veya aralarında çok fazla kovaryans (ortak değişken) bulunduğunda uygun şekilde çalışmıyor.
Ağırlıklı Ortalama Su Kalite İndeksi (Weight Arithmetic WQI)	
1. Birden fazla su kalitesi parametresinden gelen verileri, su kütlesinin sağlığını sayı ile derecelendiren matematiksel bir denklem oluşturur. 2. Özel kullanım için tüm su kalitesi parametrelerine kıyasla daha az sayıda parametre gerekir. 3. Genel su kalitesi bilgilerinin ilgili vatandaşlara ve politika belirleyicilere aktarılmasını kolaylaştırır. 4. Farklı parametrelerin bileşik etkisini, yani su kalitesinin değerlendirilmesi ve yönetimi için önemli olanı yansıtır. 5. Hem yüzey hem de yeraltısuyu kaynaklarının insan tüketimi için uygunluğu hakkında bilgi verir.	1. WQI, suyun gerçek kalite durumu hakkında yeterli bilgi sağlamayabilir. 2. Su kalitesi verilerinin birçok kullanımı bir indeksle karşılanamaz. 3. Hatalı bir parametre değerinin tutulmasına veya aşırı vurgulanmasına neden olabilir. 4. Tek bir değer tüm su kalitesi hakkında bilgi veremez; indekste dahil edilmeyen birçok su kalitesi parametresi vardır. 5. Sadece bazı çok önemli parametrelere dayanan WQI, su kalitesinin basit bir göstergesini sağlayabilir.

Tablo 2.7'nin devamı

Avantajları	Dezavantajları
Oregon Su Kalite İndeksi (OWQI)	
1. Alt indeksleri birleştirmek için kullanılan ağırlıklı olmayan harmonik kare ortalama formülü, en fazla etkilenen parametrenin su kalitesi indeksi üzerinde en büyük etkiye sahip olmasını sağlar. 2. Yöntem, farklı su kalitesi parametrelerinin, farklı zamanlarda ve yerlerde genel su kalitesine farklı bir önem vereceğini kabul eder. 3. Formül değişen koşullara ve su kalitesi üzerinde önemli etkilere karşı hassastır.	1. Toksik konsantrasyonlarda, habitatlarda veya biyolojideki değişiklikleri dikkate almaz. 2. Belirli kullanımlar için su kalitesini belirleyemez. 3. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik verileri dikkate almadan su kalitesi hakkında kesin bilgi sağlamak için kullanılamaz. 4. Bütün sağlık tehlikelerini (toksikler, bakteriler, metaller vb.) değerlendiremez.

Bu çalışma kapsamında çalışma alandaki suların kalite endeksi incelenmesi için NSF-WQI ve Ağırlıklı Ortalama Su Kalite İndeksi karşılaştırılarak kullanılacaktır.

2.2.4. Su Kaynakların Kalitesi İncelenmesinde Kullanılan Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler

2.2.4.1. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, su kalitesi çalışmalarında önemli bir araçtır çünkü su kaynaklarının sağlığını ve kalitesini anlamak için parametreler arasındaki ilişkileri belirlemeye yardımcı olur. Bu analiz yöntemi, potansiyel kirlilik kaynaklarını tespit etmek, su kalitesini değerlendirmek ve su kaynaklarını etkili bir şekilde yönetmek için kullanılabilir. Korelasyon analizi sayesinde, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve kirliliğin kontrol altına alınması için önemli bilgiler elde edilebilir. Korelasyon katsayısı pozitif olduğunda iki değişken arasındaki doğru orantıyı, negatif olduğunda ters orantıyı ve 0'a yakın değerler değişkenlerin arasında ilişki olmadığını ifade etmektedir. r değeri 0,7'den büyük olduğunda kuvvetli korelasyon, 0,5 ile 0,7 arasında ise orta derecede korelasyonu ifade etmektedir. Korelasyon katsayısı çok yüksek olduğu zaman ($r = +1$ veya -1) değişkenler arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir (Manish vd., 2006). Spearman korelasyon yöntemi, kullanılan bazı parametrelerin normal dağılıma sahip olmadığı durumlarda tercih edilmiştir.

2.2.4.2. Temel Bileşenler Analizi (TBA)

Ana bileşenler analizi, orijinal m değişkenin varyans yapısını daha az sayıda ve bu değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan yeni değişkenlerle açıklama semidir (Anderson, 1958). Dolayısıyla, bu yöntem aralarında yüksek korelasyon bulunan değişkenleri bir araya toplayarak, aralarında korelasyon olmayan daha az sayıdaki orijinal değişkenlerin doğrusal bileşeni olan değişkenler oluşturur. Ana bileşenler analizi bir çeşit değişken sayısını azaltma yöntemi olup, diğer istatistiksel çalışmalar için bir ön hazırlık yöntemidir. Ana bileşenler analizi çoğu kez faktör analizi ile karıştırılır. Aralarındaki önemli fark, faktör analizinde değişkenlerin gruplanmasına neden olan ortak faktörlerin ortaya çıkarılmasıdır (Tüysüz ve Yaylalı Abanuz, 2012).

Bu yöntemle Faktör analizi sonucunda elde edilen faktörler, 0,75'ten büyük olduğunda güçlü, 0,50 ile 0,75 arasında olduğunda orta ve 0,30 ile 0,50 arasında olduğunda ise zayıf olarak değerlendirilmektedir (Liu vd., 2003). Toplanan verilerin ana bileşenler analizine uygun olup olmadığını belirlemek için Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) katsayısı ve Barlett Testi (Küresellik Testi) yapılmaktadır. “Kaiser-Meyer-Olkin” (KMO) ölçüsü, gözlenen korelasyon katsayısı ile kısmi korelasyon katsayılarının önemini karşılaştırarak örnek kütesinin faktör analizi için uygunluğunu test eden bir indeks değeridir. Bu değer 0,50'nin altında olduğunda veriler ABA için kabul edilmezdir. Barlett testi ise değişkenler arasında ilişki varsa bunların önemli olup olmadığını anlamak için uygulanmaktadır (Kellekçi vd., 2006). Barlett testi “korelasyon matrisi, birim matrise eşittir” hipotezini test etmektedir. Bu test için iki hipotez kurulmaktadır: H0: İlişki matrisi ile birim matris arasında hiçbir fark yoktur. Değişkenler arasındaki ilişkiler önemsizdir. H1: İlişki matrisi ile birim matris arasında bir fark vardır. Değişkenler arasındaki ilişkiler önemlidir. ABA analizinde verilerin kabul edilmesi için olasılık değeri olan Sig değerinin 0,05'ten küçük olması gerekmektedir, başka bir deyişle Ho hipotezi reddedilmelidir.

2.2.4.3. Kümeleme (Salkımlama) Analizi (Cluster Analysis)

Kümeleme analizi birimleri ya da değişkenleri birbirinden farklı homojen sınıflara ayırabilme tekniklerinden biridir. Birimleri ve sınıflandırma teknikleri genel olarak 4 grup altında toplanabilir (Anderberg,1973; Tüysüz ve Yaylalı Abanuz, 2012).

Bunlar:

- 1- Ayırma yöntemi
- 2- Keyfi kökensel yöntemler
- 3- Karşılıklı benzerlik işlemleri

Kademeli (hiyerarşik) salkımlıma yöntemleridir (Clifford ve Stephenson, 1973; Tüysüz ve Yaylalı Abanuz, 2012).

Hiyerarşik kümeleme Analiz (HKA) yöntemi bir veri seti içindeki benzer özelliklere sahip veri noktalarının kümelere ayrılması için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, verileri kümeleme yoluyla önceden tanımlanmış sınıflar olmadan analiz etmek için kullanılır.

HKA, iki ana yöntem ile gerçekleştirilebilir: Aglomeratif HKA ve Bölücü HKA. Aglomeratif HKA, her bir veri noktasının ayrı bir kümede başladığı ve benzer veri noktalarının birleştirildiği bir süreçtir. Bölücü HKA, tüm veri noktalarının tek bir kümede başladığı ve daha küçük benzer alt kümeler halinde bölündüğü bir süreçtir. HKA'nın sonucu, verilerin birbirleriyle olan benzerlikleriyle ilişkili kümeleme yapılarını gösteren bir dendrogram olarak adlandırılan bir ağaçtır.

HKA'nın uygulanması için önce veri noktalarının aralarındaki benzerliklerinin bir ölçüsü hesaplanır. Bu ölçü, verilerin özelliklerine göre değişebilir. Örneğin, Euclidean mesafesi veya benzerliği, Pearson korelasyon katsayısı veya kosinüs benzerliği kullanılabilir.

HKA, özellikle sosyal bilimlerde, biyolojide, pazarlama ve müşteri analizinde ve veri madenciliğinde sıklıkla kullanılır. Bu yöntem, bir veri setinin kümeleme yapısını görselleştirmek ve anlamak için önemli bir araçtır. Ayrıca, büyük veri kümelerinin analizi için etkili bir ön işleme yöntemi olarak kullanılabilir.

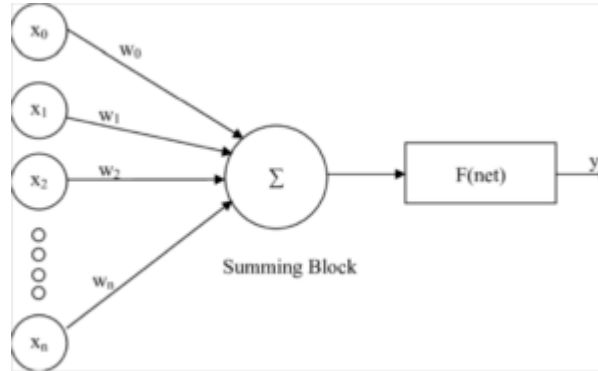
2.2.5. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları (YSA) bilgisayar biliminde bir makine öğrenimi tekniğidir ve yapay zekâ araştırmalarının önemli bir parçasıdır. Yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma prensiplerinden esinlenerek tasarlanmış matematiksel modellerdir. Yapay sinir ağları, veri analizi ve tahmin yapmak için kullanılır. Bu ağlar, birçok bağlantılı nöron olarak düzenlenmiştir. Bu nöronlar, birbirleriyle etkileşime girerek bilgi işleme ve öğrenme yetenekleri sağlar.

Yapay sinir ağıları, genellikle işleme yetenekleri ve veri boyutlarına göre sınıflandırılır. Yapay sinir ağlarının en yaygın türlerinden biri, sınıflandırma problemleri için kullanılan yapay sinir ağlarıdır. Bu ağlar, girdi verilerini belirli sınıflara ayırmak için kullanılır. Yapay sinir ağları, yapay öğrenme algoritmaları arasında oldukça popülerdir ve birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Örneğin, yapay sinir ağları, görüntü tanıma, doğal dil işleme, ses tanıma ve biyomedikal uygulamalar gibi alanlarda kullanılır.

Bir yapay sinir ağı en az iki katman içerir, her biri birkaç nöron veya düğüm içerir. Katmanlar arasında düğümler birbirine bağlıdır. Her birine giriş verileri, bir ağırlık, bir eşik ve çıkış verileri (nöronun giriş değerinin ağırlığı ile çarpımının sonucu olan değer) atanır. Bir düğümün çıkış verileri belirtilen eşik değerini aştığında, bu nöron etkinleştirilir ve çıkış verilerini bir sonraki katmandaki nöronlara gönderir. Ve böylece devam eder.

Bir yapay sinir ağının öğrenimi, her bir düğüme atanan ağırlıkları küçük değerlerle başlayarak iteratif olarak ayarlamaktan oluşur. Amaç, aranan sonuca olan farkı minimize etmektir. Bu egzersizi gerçekleştirmek için, giriş verisi ile ulaşılması hedeflenen bir hedefi eşleştiren bir öğrenme veri tabanına dayanacağız. Her sunulan giriş verisi için, ağı ağırlıklarını tahmin etmesi gerekmektedir. Bir hata işlevi, tahmin edilen ve hedef değer arasındaki farkı hesaplamak için kullanılır ve ağırlıkları ayarlamak için sürekli olarak güncellenir. Bu süreç öğrenme veri tabanındaki her bir çift için tekrarlanır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Bir nöron modelinin şematik gösterimi

2.2.5.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilmiştir. Biyolojik sinir ağları beynimizde bulunan birçok sayıda sinir hücresinin bir koleksiyonudur. Bir sinir ağı milyarca sinir hücresinin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır.

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır. Yapay sinir hücreleri mühendislik biliminde proses elemanları olarak da adlandırılmaktadır ve her proses elemanının 5 temel elemanı vardır (Öztemel, 2006) Bunlar:

- 1) Girdiler: Bir yapay sinir hücresine (proses elemanına) dış dünyadan bilgilerdir. Bunlar ağı öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir. Yapay sinir hücresine dış dünyadan olduğu gibi başka hücrelerden veya kendi kendisinden de bilgiler gelebilir.
- 2) Ağırlıklar: Ağırlıklar bir yapay hücreye gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Ağırlıkların büyük ya da küçük olması önemli veya önemsiz olduğu anlamına gelmez. Bir ağırlığın değerinin sıfır olması o ağı için en önemli olay olabilir. Eksi değerler önemsiz demek değildir. O nedenle artı veya eksi olması etkisinin pozitif veya negatif olduğunu gösterir. Sıfır olması ise herhangi bir etkinin olmadığını gösterir. Ağırlıklar değişken veya sabit değerler olabilirler (Öztemel, 2006)
- 3) Toplama fonksiyonu: Bu fonksiyon, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın olanı ağırlıklı toplamı bulmaktadır. Burada her gelen girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır. Böylece ağı gelen net girdi bulunmuş olur. Bu şu şekilde formülize edilmektedir.

$$NET = \sum_i^n G_i A_i \quad (12)$$

Burada G girdileri, A ise ağırlıkları, n ise bir hücreye gelen toplam girdi (proses elemanı) sayısını göstermektedir. Yalnız yapay sinir ağlarında daima bu formülün kullanılması şart değildir. Literatürde toplama fonksiyonu olarak değişik formüllerin kullanıldığı görülmektedir (Şekil 2.6). Bir problem için en uygun toplama fonksiyonunu belirlemek için bulunmuş bir formül yoktur. Genellikle deneme yanılma yolu ile toplama fonksiyonu belirlenmektedir. (Öztemel, 2006).

4) Aktivasyon fonksiyonu: Bu fonksiyon, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon olarak da çıktıyı hesaplamak içinde değişik formüller kullanılmaktadır.

Aktivasyon fonksiyonları temel olarak 2 türe ayrılabilir:

- ✓ Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu
- ✓ Doğrusal Olmayan Aktivasyon Fonksiyonları

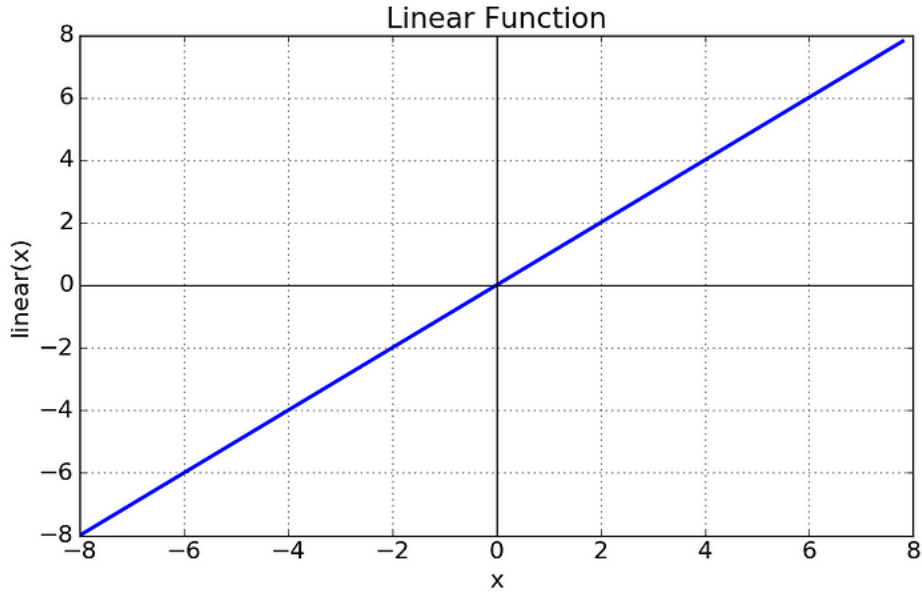
Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonunda fonksiyon bir çizgi veya doğrusal bir yapıdadır.

Bu nedenle, fonksiyonların çıktısı herhangi bir aralıkla sınırlı olmayacaktır

Denklem: $f(x) = x$

Aralık: (-sonsuzdan sonsuza)

Sinir ağlarına beslenen tipik verilerin karmaşıklığı veya çeşitli parametreleri konusunda bu yardımcı olmaz.

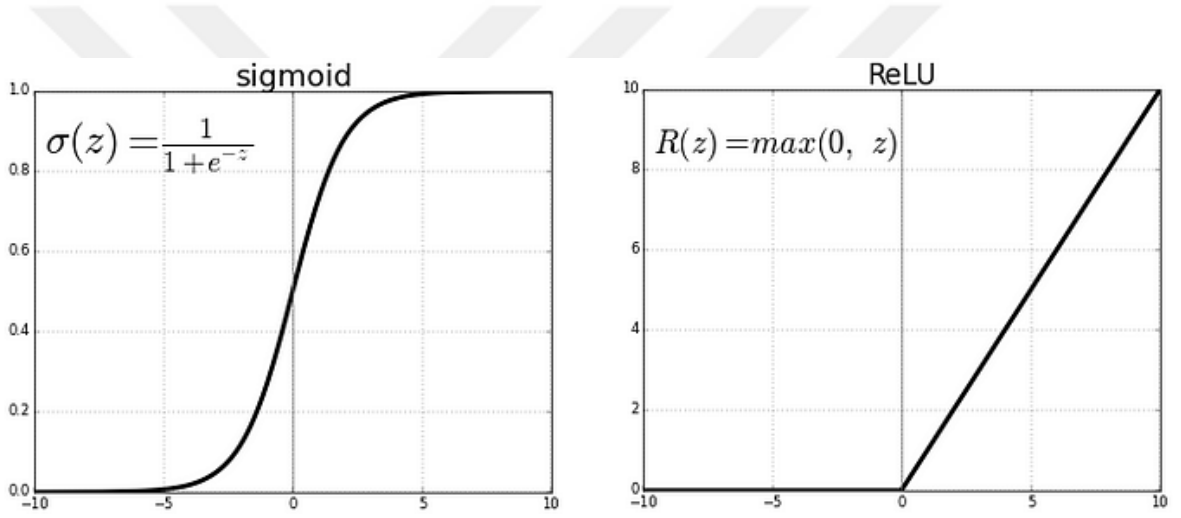


Şekil 2.6. Linear Aktivasyon Fonksiyon şematik gösterimi

2.2.5.2. Non-linear Aktivasyon Fonksiyonları

Non-linear Aktivasyon Fonksiyonu, en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biridir. Modelin farklı veri türlerine uyum sağlamasını ve çıktıları ayırt etmesini kolaylaştırır. Non-linear aktivasyon fonksiyonları genellikle aralıkları veya eğrileri bazında sınıflandırılır.

Non-linear aktivasyon fonksiyonları, yapay sinir ağlarında kullanılan ve çıktıları lineer olmayan fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlar, ağın öğrenme kapasitesini arttırmak ve doğru sonuçlar elde etmek için önemlidir. Non-linear aktivasyon fonksiyonları, genellikle sigmoid, ReLU, tanh ve softmax gibi farklı tiplerde olabilir. Sigmoid fonksiyonu, çıktıları 0 ile 1 arasında bir değer olarak sınırlar. ReLU fonksiyonu, çıktıları 0'dan büyük değerler olarak sınırlar. Tanh fonksiyonu, çıktıları -1 ile 1 arasında bir değer olarak sınırlar. Softmax fonksiyonu ise çıktıları olasılık değerleri olarak sınıflandırır. Non-linear aktivasyon fonksiyonları, ağın verileri daha iyi öğrenmesine yardımcı olur ve ağın doğruluğunu artırır. Bu nedenle, yapay sinir ağlarında genellikle non-linear aktivasyon fonksiyonları tercih edilir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Non lineer Aktivasyon Fonksiyon şematik gösterimi

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan çok Katmanlı Algılayıcı modelinde Genel olarak aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır.

- 5) Hücresinin çıktısı: Hücresinin çıktısı, aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Bu çıktı, dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilir. Hücre, kendi çıktısını aynı zamanda girdi olarak da gönderebilir. Bir proses elemanı birden fazla çakışa sahip olabilir, ancak yalnızca bir çıktı üretir. Ağ şeklinde gösterildiğinde, bir proses elemanının birden fazla çıktısı varmış gibi görünebilir, ancak bu sadece görsel bir temsil amacıyla yapılır. Aslında, bir proses elemanından yalnızca tek bir çıktı değeri çıkar. Bu çıktı değeri, binlerce proses elemanına girdi olarak iletilir.

Tek Katmanlı Algılayıcı (TKA) olarak bilinen en basit yapay nöronun yapısının girdiler (X_i), ağırlıklar (W_i), toplama fonksiyonu S (Σ), aktivasyon fonksiyonu (F) ve çıktı

değeri (Y) olduğu belirtilmektedir. Yapay sinir ağları, öğrenme işlemini örneklerle gerçekleştirirler ve birbirine bağlı yapay sinir hücrelerinden oluşurlar. Her bağlantı ağırlık değeri taşır ve sinir ağı tarafından kullanılan bilgi bu ağırlık değerlerinde saklanır ve ağa yayılır.

2.2.5.3. Geri Yayılım Çok Katmanlı Algılayıcı (GYÇKA) Yapay Sinir Ağları

Geri yayılım (Backpropagation), çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağlarında yaygın olarak kullanılan bir öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma, ağın hata miktarını azaltmak için ağırlıkların güncellenmesini sağlar.

Çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağları, en az bir giriş katmanı, bir veya daha fazla gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşur. İlk olarak, ağa bir giriş verilir ve bu giriş katman boyunca ilerler. Her bir gizli katmandaki düğümler, gelen verileri belirli bir işleme tabi tutar ve çıktıları bir sonraki katmana aktarır. Son olarak, çıktı katmanı, ağın son tahminini üretir.

Geri yayılım algoritması, çıktıdaki hata miktarını geriye doğru hesaplayarak ağırlıkların güncellenmesini sağlar. İlk olarak, çıkış katmanındaki hata miktarı belirlenir ve ardından bu hata miktarı, gizli katmanlara doğru geriye doğru yayılır. Bu yayılım işlemi, ağırlıkların hata miktarına göre ayarlanmasını ve hata miktarının azaltılmasını sağlar.

Geri yayılım algoritması, öğrenme hızı (learning rate) gibi parametrelerin belirlenmesini gerektirir. Ayrıca, ağın başlangıç ağırlıkları da genellikle rastgele atanır. Algoritma, hata miktarı istenilen seviyeye yaklaşıncaya kadar iteratif olarak çalışır.

Geri yayılım, çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağlarının eğitiminde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve derin öğrenme alanında büyük başarılar elde edilmesini sağlamıştır.

Backpropagation, çok katmanlı yapay sinir ağlarının eğitimi için kullanılan bir geriye yayılım algoritmasıdır. Bu algoritma, ağın çıkışındaki hata miktarını geriye doğru hesaplayarak her ağırlığın hataya olan katkısını belirler ve ağırlıkların güncellenmesini sağlar.

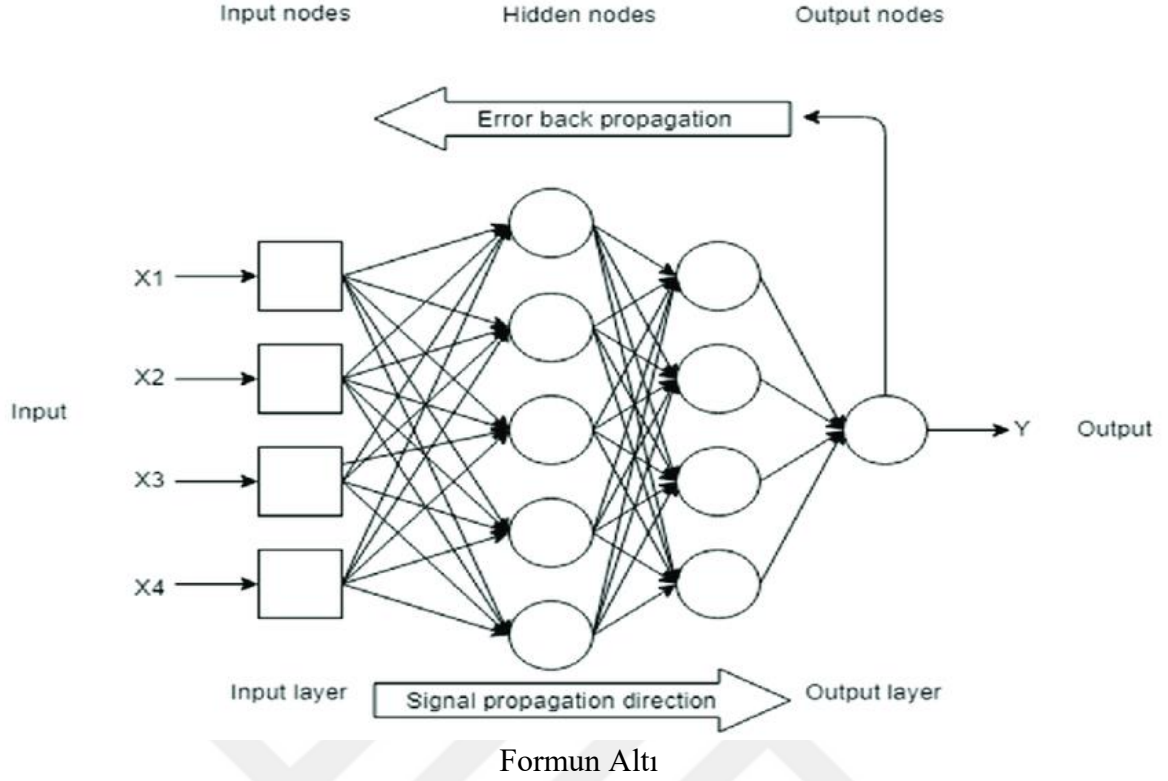
Backpropagation algoritması aşağıdaki adımları içerir:

1. İleri Yayılım (Forward Propagation): Eğitim verileri ağın girişine verilir ve her bir katmanda hesaplamalar yapılır. Giriş katmanından başlayarak ilerleyerek çıkış katmanına kadar aktivasyon fonksiyonları uygulanır ve tahmin değerleri üretilir.

2. Hata Hesaplama: İleri yayılım sonucunda elde edilen tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki hata miktarı hesaplanır. Bu hata genellikle bir kayıp (loss) fonksiyonu kullanılarak ölçülür.
3. Geriye Yayılım (Backward Propagation): Hata, çıkış katmanından başlayarak geriye doğru katmanlara yayılır. Her bir katmanda, ağırlıkların hataya olan katkısı hesaplanır ve bu katkıya göre ağırlıklar güncellenir.
4. Ağırlık Güncelleme: Geriye doğru yayılım sırasında elde edilen ağırlık katkıları kullanılarak ağırlıklar güncellenir. Bu güncelleme, bir optimizasyon algoritması (genellikle gradyan inişi) kullanılarak gerçekleştirilir. Ağırlıklar, hata miktarını azaltacak şekilde ayarlanır.
5. Adım 1-4'ün Yinelemesi: Adımlar 1-4, tüm eğitim verileri için tekrarlanır. Bu yineleme, ağırlık performansının zamanla iyileştirilmesini sağlar.

Backpropagation algoritması, yapay sinir ağlarının eğitiminde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Hata miktarının ağırlık girişine doğru geriye yayılması sayesinde ağırlık ağırlıkları ayarlanarak öğrenme gerçekleştirilir. Bu şekilde, ağırlık, veriye dayalı olarak en iyi tahminleri yapmayı öğrenir.

Bu çalışmada, Ordu'daki içme suyu kalite endekslerini tahmin etmek için Geri Yayılım Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları kullanılmıştır (Şekil 2.8). Matlab programı üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada, Levenberg Marquardt algoritması adı verilen bir geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Yapılan modelleme çalışmalarında, Yapay Sinir Ağı kullanılırken girdi ve çıktı katmanlarında yer alan parametreler genellikle farklı ölçeklerde olabilir. Ayrıca, bu parametreler birbirinden farklı olabileceği için birimleri de farklı olabilir. Bu durumda, verilerin farklı ölçeklerde ve birimlerde olması, Yapay Sinir Ağı modelinin performansını etkileyebilir. Bu nedenle, parametrelerin aynı ölçeğe veya birime dönüştürülmesi veya normalizasyon tekniklerinin kullanılması yaygın bir uygulamadır. Bu sayede, farklı ölçeklerdeki ve birimlerdeki parametreler aynı düzeye getirilerek, Yapay Sinir Ağı modelinin daha iyi çalışması sağlanır.



Şekil 2.8. Geri Yayılım Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları şematik gösterimi

Bu nedenle çalışmada, Matlab kullanılarak girdi ve çıktı katmanlarında kullanılacak veriler 0,1 ile 0,9 arasında normalize edilmiştir. Bu normalize işlemi, verilerin farklı ölçeklere sahip olmaları durumunda ağın daha iyi performans göstermesini sağlamak amacıyla yapılmıştır.

Normalize etme işlemi, verileri belirli bir aralığa sıkıştırarak ölçeklendirir. Bu durumda, veriler 0,1 ile 0,9 arasında bir aralığa yeniden ölçeklenir. Böylece, farklı ölçeklerdeki parametrelerin ağın eğitimi üzerindeki etkisi dengelenir ve ağın daha iyi sonuçlar üretmesi amaçlanır. Normalize etme işlemi genellikle aşağıdaki formül kullanılarak gerçekleştirilir:

$$X_{ni} = \frac{0,8(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} + 0,2 \quad (13)$$

Burada X_{ni} , i numaralı olan veri normalize halı, X_{min} ve X_{max} sırayla veri setindeki maksimum ve minimum değerleridir. Modelleme sonucunda elde edilen sonuçları gerçek değerlerle karşılaştırabilmesi için normalize işlemi tersine çevrilmiştir.



3. BULGULAR

3.1. Jeoloji

3.1.1. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı olan Ordu ili, Doğu Karadeniz Dağları olarak adlandırılan ve Türkiye'nin kuzey-kuzeydoğusu boyunca uzanan bir bölgede yer almaktadır. Alpin dağ oluşum sisteminin bir uzantısı olan Doğu Pontidler; Gedikoğlu vd. (1979) ve Özsayar vd. (1981) tarafından kuzey ve güney zon olarak ikiye ayrılmış, son olarak ise Bektaş vd. (1995) tarafından litolojik farklılıklarına göre Kuzey Zon, Eksen Zonu ve Güney Zon olarak üç kısma ayrılmıştır. Kuzey Zonda genellikle Eosen yaşlı volkanik ve volkano-tortul kayalar çoğunlukta iken, Güney Zonda metamorfik, Eksen Zonunda ise mafik ve ultramafik kayalar karakteristiktir (Bektaş vd. 1995). Çalışma alanına ait genelleştirilmiş dikme kesit Şekil 3.1'de, jeoloji haritası ise Şekil 3.2'de verilmektedir.

3.1.2. Çalışma Alanı ve Çevresinin Genel Jeolojisi

3.1.2.1. Mesudiye Formasyonu (Km)

Bazalt, andezit ve piroklastları ile kumtaşı, kırmızı kireçtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve tüfit ara seviyelerinden oluşan istifli Mesudiye Formasyonu adı verilmiştir. Formasyon ilk kez Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından tanımlanmıştır. Mesudiye Formasyonu Ünye güneyinde, Kurna ve Ceviz Dere boyunca, Bozdağ dolayında, Korgan ilçesi dolaylarında Aşağı Damlalı, Miri, Yenipınar, Yazıcı, Tatarcık, Abaz Dağı, Çatak, Tepeköy, Yeniköy, Gökçebel, Kabataş, Bacanak, Salihli, Hisarbey ve Çatalpınar dolaylarında yüzeylenmektedir

3.1.2.2. Erkiz Üyesi (Kt1)

Dasit-dasitik tuf, bentonitleşmiş dasitik tuf ve bentonitlerden oluşan birim Erkiz Üyesi olarak adlanmıştır. Birim içerisinde yer alan dasitler sarımsı beyaz, pembe açık yeşil ve gri

renklidir. Dasitik tüflerden oluşan seviyeler ince-orta katmanlıdır. Dasitik tüfler yer yer bentonitlerle arılanmalıdır. Birimin kalınlığı 350-500 m kadardır. Erkiz üyesi, üzerinde yer alan Üst Kretase-Paleosen yaşı çökellere göre Senoniyen (Kampaniye) yaşı olmalıdır.

- Çatak Formasyonu (Kça)

Bazalt, andezit lavları ile piroklastlardan oluşan istif, Güven (1993) tarafından Çatak formasyonu adı verilerek incelenmiştir. Formasyon Kızıllıhisar, Karaoluk, Yavaşköy, Refahiye, Ohtamış köyleri arasında yüzeyleir. Formasyon genellikle andezit, bazalt, piroksen lavlardan oluşur.

- Demircili Formasyonu (Kd)

Gürgentepe kuzeyinde Kemalpaşa, Yeşilyurt, Yassıbahçe, Kabakçıoğlu köyleri çevresinde ve arasında yüzeyleir. Ayrıca Kürze köyü-Haydarkalesi tepesi arasında uzanan hattın kuzeyi ile Karadeniz arasında kalan alanda da yayılım gösterir. Formasyon genellikle düzgün, paralel, devamlı tabakalı kumtaşı, silttaşı, killi kireçtaşı, kıltaşı, tüfit ile aglomera, lav arılanmalıdır

- Çağlayan Formasyonu (Kç)

Aybastı, Korgan, Kumru ilçeleri, Tekkiraz beldesi ile Karadeniz arasında oldukça geniş bir alanda, volkano-sedimanter özellikler taşıyan birim yüzeyleir. Birim Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Mesudiye formasyonu (ayırılanmamış) adıyla tanıtılmıştır. Çınar ve diğerleri (1987) tarafından ‘Andezit-Bazalt Lav ve Piroklastları’ adı verilerek tanıtılan aynı birime Güven (1993) tarafından Çağlayan formasyonu adı verilmiştir.

Çağlayan formasyonu aglomera, tüfit, bazaltik-andezitik lav, kumtaşı, silttaşı, çakıltaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşından oluşur. Bu seviyeler çoğu yerde arılanmalı, yanal ve düşey yönde birbiri ile geçişlidir. Formasyon içinde yer yer andezit, trakiandezit ve dasitik bileşimli dayklar (ayırılanmamış) izlenir.

- Yazıcı Üyesi (Kçy)

Korgan ilçesi ile Aşağıyaylacık, Yazıcı köyleri çevresinde yüzeyleir. Killi kireçtaşı, pelajik kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, tüf arılanmasından oluşur. Çağlayan formasyonunun çeşitli düzeylerinde mercek ve ara düzey şeklinde yer alır. Genellikle bordo şarabi renkli, ince-orta tabakalıdır. Pelajik kireçtaşı, killi kireçtaşı, kırmızı, bordo, şarabi renkli, ince-orta tabakalı, sık çatlaklı, eklemli, orta-sıkı tutturulmuştur. Kumtaşı, kıltaşı, tüfit seviyeleri sarımsı gri, gri, açık gri renkli, ince-orta tabakalı, eklemli, sık çatlaklı, gevşek, orta tutturulmuştur.

- Kızılkaya Formasyonu (Kk)

Ordu ili genelinde yüzeylenen dasit, riyodasit, trakiandezit ve piroklastları Güven (1993) tarafından Kızılkaya formasyonu adı ile tanıtılmıştır.

Kızılkaya formasyonu, Kurulkayası ve çevresinde, Melet ırmağı vadisi yamaçlarında, Susuz, Düzyataktepe, Kabataş ilçesi kuzeybatısı, Ünye güneydoğusu Kale, Zindankaya, Kızılkaya tepeleri ve çevresinde yüzeylenir. Genellikle yeşilimsi gri, açık gri, sarımsı beyaz renkli dasit, riyodasit, trakiandezit ile dasitik-riyodasitik tüflerden oluşur. Dasit, riyodasit, trakiandezitler sert, sağlam dayanımlı olması nedeniyle topoğrafyada, sivri tepeler oluşturan morfolojisi ile belirgindir.

Dasitler, açık yeşil, bej, gri, beyaz renkli, sık çatlaklı, eklemli, yer yer sütunsal eklemlidir. Hidrotermal olarak yoğun ayrışan seviyelerinde silisleşme, serisitleşme, killeşme ve kloritleşme gözlenir (Çınar ve diğerleri, 1987). Birim içinde ekonomik illit oluşumları ile damar tipi bakır, kurşun, çinko, cevherleşmeleri yaygındır. Yine birimde gelişen eklem, çatlak ve faylar boyunca, bazen dessimine, yer yer iyi kristalli piritleşme izlenir.

Dasitik tüfitler, sarımsı gri renklidir. Yoğun ayrışmaya bağlı olarak çatlak ve eklem sistemleri seçilememektedir.

Formasyon içinde yer yer açık gri, beyaz renkli riyodasit, riyodasitik tüfler gözlenir. Tüfler; beyaz, açık gri renkli olup, hidrotermal ayrışma sonucunda killeşmiştir.

Kızılkaya Formasyonunun yaşı Santoniyen-Kampaniyen (Keskin ve diğerleri, 1998)'dir.

3.1.2.3. Tirebolu Formasyonu (Kt)

Trakiandezit, andezit, riyodasit, dasit-riyodasit tuf-breş, bentonitleşmiş dasitik tuf, bentonitlerden oluşan birime Tirebolu Formasyonu adı verilmiştir. Dasitler-sarımsı, beyaz, pembe, açık yeşil ve gri renklidir. Üzerine Fatsa yöresinde Maestrichtiyen-Tanesiyen yaşlı Akveren formasyonu, Ünye kesiminde ise Üst Kretase-Paleosen yaşlı kireçtaşı-marn (Kta2) gelmektedir.

3.1.2.4. Akveren Formasyonu (Kta)

Kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, silttaşı, kumtaşı ardalanmasından oluşan istife Akveren Formasyonu adı verilmiştir. Formasyon kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, silttaşı ve kumtaşı ardalanmasından meydana gelmiştir. Formasyon içinde yer yer tüfit seviyeleri de izlenir. Akveren formasyonu, Mesudiye formasyonu ve trakiandezit ve piroklastları ile dasitlerden oluşan Tirebolu formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Üzerine Kumru formasyonu çökelleri uyumsuz olarak gelmektedir.

- Tekkiraz Üyesi (KTat)

Ünye güneyinde, Tekkiraz-İnkur arasında ve çevresinde, Çatalpınar kuzeyinde, Çaka Deresi vadisinde yüzeyleyen birim, Akveren formasyonunun tabanında daha yaygındır.

Soluk pembe, bordo rengi ile arazide kolayca seçilen birim, kumtaşı, silttaşı, kiltası, tüfit, çamurtaşı ardalanması ile seyrek çakıltası ara düzeylerinden oluşur. Akveren formasyonunun kireçtaşı-kumlu kireçtaşı düzeylerine göre, daha yumuşak bir topoğrafya oluşturan Tekkiraz üyesine ait litolojiler genellikle düzgün, paralel, ince-orta tabakalı, orta-çok ayrılmıştır. Birim içinde kayma-oturma yapıları yaygındır. Kumtaşı-silttaşı; soluk pembe, sarımsı yeşil renkli, ince-orta-kalın tabakalıdır. Kiltası-çamurtaşı bordo, kırmızı, sarımsı yeşil renkli, laminalı, ince tabakalıdır. Tüfit düzeyleri, açık gri, açık pembe renkli, ince tabakalıdır. Seyrek olarak gözlenen çakıltası, ort-kalın tabakalı, karbonat çimento ile gevşek-orta tutturulmuştur.

Keskin ve diğerleri (1998)'ne göre yaşı Üst Kretase-Paleosen'dir

- Kaleköy Üyesi (KTaka)

Kaleköy, Karapınar, Soğançayırı, Tepeköy, İstiklal, Ballık köyleri ve çevresinde yüzeylenir.

Birim, tüfit ara düzeyli kireçtaşı-marn ardalanmasından oluşur. Kireçtaşı açık gri, bej renkli, orta-kalın tabakalı, sert, sağlam dayanımlı, erime yüzeyli, sık eklemli, çatlaklıdır. Yanal devamında yer yer kumlu kireçtaşına dönüşür. Kumlu kireçtaşı da orta-kalın tabakalı, sert, sağlam dayanımlı, sarımsı gri, bej renklidir. Kireçtaşı ile ardalanan marn düzeyli gri, açık gri, sarımsı renkli, ince-orta tabakalı, orta tutturulmuştur. Tüfit, açık sarı renkli, ince-orta tabakalı, orta sağlam dayanımlıdır.

Kaleköy üyesine ait litolojiler, Tekkiraz üyesinin üst seviyelerinde yer alır.

Birimin yaşı Keskin ve diğerleri (1998)'ne göre Üst Kretase-Paleosen'dir

- Gölköy Formasyonu (Tpg)

Birim Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Gölköy formasyonu adı verilerek tanıtılmıştır.

Gölköy ilçesi çevresinde ve Gölköy-Aybastı ilçeleri arasında yüzeyler.

Kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, killi-tüflü kireçtaşı, tüfit, kumtaşı araldanması ile aglomera ara düzeylerinden oluşur.

Kireçtaşı; sarımsı gri renkli, orta-kalın tabakalı, ince taneli, sert, dayanımlı, çatlaklı, eklemlidir. Kireçtaşı düzeyleri, yanal devamında ince-kaba kum bileşenli, yer yer kumlu kireçtaşına dönüşür. Kireçtaşı ve kumlu kireçtaşı, erime boşluklu, erime yüzeylidir. Bu seviyelerin yayılım gösterdiği alanlarda sıkça dolinler gelişmiştir. Tüflü ve killi kireçtaşı düzeyleri; açık gri, sarı, gri renkli, ince-orta tabakalıdır. Bu seviyeler içinde seyrek olarak kömür ve tüfit ara katkıları izlenir. Tüfit; gri, açık gri, mavimsi renkli, ince-orta tabakalı, bazen çapraz tabakalı, bazen serpintili lav çakıllı, kireçli, yer yer aglomera ara katkılı, az kumludur. Kumtaşı; gri, sarımsı ggri renkli, orta-kalın tabakalı çoğunlukla volkanik elemanlı, taneleri orta derecede yuvarlak, kötü boylanmalıdır. Kumtaşı karbonat çimento ile orta-sıkı tutturulmuştur.

Terlemez ve Yılmaz (1980)'a göre Gölköy formasyonunun yaşı Paleosen'dir

- Kumru Formasyonu (Tek)

Kumru ilçesi, Erikçeli, Dereköy ile Korgan ilçesi, Yeşilalan ve Kayapınar köyleri ve çevresinde, ayrıca Yeşilce Beldesi çevresinde ve Gölköy-Aybastı arasında yüzeylenir.

Formasyon adlanması Keskin ve diğerleri (1998) tarafından yapılmıştır. Aynı yaş konağında ve benzer litolojilerden oluşan birim, Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Selecik kireçtaşı adı ile tanıtılmıştır.

Formasyon, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, silttaşı ve karbonatlı kumtaşı araldanmasından oluşur. Birim, karbonatlı kumtaşı ara seviyeli çakıltaşı ile başlar. Sarımsı gri, gri renkli olan çakıltaşı, orta-kalın tabakalı, çoğunlukla volkanik, seyrek olarak kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı, çakıllı, karbonat çimento ile orta-sıkı tutturulmuştur. Çakıltaşı seviyesi üzerinde gri, sarımsı gri, boz renkli, orta-kalın tabakalı masif, sağlam, yer yer erime boşluklu, erime yüzeyli kireçtaşı-kumlu kireçtaşı gelir. Formasyonun daha üst düzeyleri kireçtaşı ara tabakalı kumlu kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası-killi kireçtaşı araldanmasından oluşur. Kiltası-killi kireçtaşı; sarımsı gri renkli, düzgün, devamlı, genellikle ince, yer yer orta tabakalıdır. Formasyon içinde seyrek olarak, koyu gri kahve renkli, yanal devamı olmayan, mercek, kama şeklinde aglomeralar gözlenir.

Kumru formasyonu, Akveren formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Üzerine ise Tekkeköy formasyonu geçişli olarak gelmektedir.

Formasyon Keskin ve diğerleri (1998)'ne göre, Alt-Orta Eosen (İpreziyen-Lütesiye) yaşındadır.

3.1.2.5. Tekkeköy Formasyonu (Tt)

Andezit, bazalt ve piroklastları ile kumtaşı, silttaşı, marn tüfit ara seviyelerinden meydana gelen volkanik istif Tekkeköy formasyonu adı verilmiştir. Tekkeköy Formasyonu ilk defa Yoldaş ve diğ. (1985), tarafından adlanmıştır. Üzerine Canik Volkanitleri (Tcv) ve Eski kumsal çökelleri (Qek) uyumsuz olarak gelmektedir (Keskin vd. 1998).

3.1.2.6. Çaybaşı Üyesi (Tetç)

Keskin ve diğerleri (1998) tarafından Çaybaşı Üyesi adı verilerek tanıtilen birim, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ardalanması ile çakıltası ara seviyelerinden oluşur. Keskin ve diğerleri (1998)'ne göre Eosen (Üst İpreziyen-Priyaboniyen) yaşındadır.

3.1.2.7. Asarcık Üyesi (Teta)

Tip kesit yeri Asarcık Köyü olan birim, Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından adlandırılmıştır. Asarcık Üyesi; seyrek tüfit ve kumtaşı ara düzeyli aglomeradan oluşur. Aglomera birimin egemen kaya türüdür.

• Bakacaktepe Formasyonu (Teb)

Ordu güneyi, Ulubey, Gölköy arasında ve çevresinde yüzeyler.

Koyu gri, yeşil renkli, sert, sık çatlaklı, eklemli, yer yer sütunsal eklemli, sağlam-çok sağlam dayanımlı, genellikle andezit dayklarından oluşur. Arazide domsal yapısı ile belirgindir.

Çınar ve diğerleri (1987)'ne göre Tersiyer, Keskin ve diğerleri (1998)'ne göre ise Eosen veya daha genç yaşlıdır.

- Emirler Formasyonu (Tee)

Ordu güneyi, Ulubey, Gölköy arasında ve çevresinde yüzeyler. Siyah, koyu gri renkli, sert, sık çatlaklı, eklemli, yer yer sütunsal eklemli, sağlam-çok sağlam dayanımlı, bazalt dayklarından oluşur.

Bazaltların yaşı Çınar ve diğerleri (1987)'ne göre Tersiyer, Keskin ve diğerleri (1998)'ne göre Eosen veya daha gençtir.

- Işıktepe Formasyonu (Te1)

Ordu güneyi, Ulubey, Gölköy arasında ve çevresinde yüzeyler. Yeşil gri renkli sık eklemli, çatlaklı, sert, orta sağlam-sağlam dayanımlı dasitik dayklardan oluşur.

Çınar ve diğerleri (1987)'ne göre ise Eosen ve daha genç yaşlıdır.

3.1.2.8. Canik Volkanitleri (Tcy)

İri kristalli yeşil, koyu yeşil ve siyah renkli bazaltlar ile tüflerden meydana gelmektedir. Canik volkanitleri Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu üzerinde yer alır. Miyo-Pliyosen yaşı genel olarak kabul edilmiştir.

- Erdembaba Volkaniti (TplQe)

Volkanitler, Ordu ilinin güney kesiminde, Mesudiye İlçesi güneyi, Sarıca, Güneyce, Balıklı, Esatlı köyleri çevresinde ve arasında yüzeylenir.

İlk kez Terlemez ve Yılmaz (1989) tarafından ayırtlanmış ve Erdembaba bazaltları olarak adlandırılmıştır. Toprak (1989) aynı birimi Erdembaba formasyonu, Uysal ve diğerleri (1995) Erdembaba volkanitleri adını vererek incelemiştir. Birim bazaltların yanı sıra, dasit, andezit, yer yer aglomera ve tüfitlerden oluşması nedeniyle, tarafımızdan da Erdembaba volkaniti adı kullanılmıştır.

Erdembaba volkaniti, dasitik bileşimli lav-aglomera-tüfit ile bazaltik-andezitik-trakiandezitik lav akıntılarından oluşur (Uysal ve diğerleri, 1995).

Dasit; gri, kahve, sarı bej renkli, bozunmuş yüzeyleri sarı, beyazımsı gri, pembe renkli, sık çatlaklı, eklemli, masif, yer yer breşik yapılıdır. Bazen de tüf, aglomera arakatıkları içerir. Bazalt; koyu gri, siyah renkli, yer yer sütunsal eklemli, çatlaklı, sert dayanımlı, akma yapılı, yer yer gaz boşluklu, amigdaloidal dokuludur. Aglomera; gri, siyah renkli, masif kalın tabakalı, köşeli, küt köşeli, dasit, bazalt çakıllı, volkanik malzeme ve tüf ile sıkı tutturulmuştur. Tüfit; sarımsı beyaz, sarı gri renkli, tabakalanmasız, orta-sıkı tutturulmuştur.

Andezit; gri, kahve, mor renkli, sık çatlaklı, eklemli, yer yer sütunsal soğuma çatlaklı, akma yapılıdır.

Araştırma alanında, birimi oluşturan lavların vadileri doldurduğu gözlenmiştir. Ayrıca volkanitler içinde yer alan tefra konileri, litolojik özellikleri, topoğrafik yapısı ile çok belirgindir (Sarıca Köyü güneyi).

Volkanitler, kendinden yaşlı birimleri aşıl uyumsuz olarak örter. Yaşı, Terlemez ve Yılmaz (1980)'a göre olası Miyosen (?) - Pliyosen'dir. Uysal ve diğerleri (1995)'ne göre Pliyosen'dir. Lavların akarak vadileri doldurması ve tefra konilerini oluşturan litolojilerin taze olması nedeniyle Erdembaba volkanitinin, Pliyo-Kuvaterner yaşında olma olasılığı vardır. Volkanitlerin yaşı tarafımızdan da Pliyo-Kuvaterner kabul edilmiştir.

3.1.2.9. Eski Kumsal Çökelleri (Qek)

Ünye batısında yer alan denizel seki çökelleridir. Genelde çakıl-kum (ince kum) arasında değişen tane boyundaki gereçlerin oluşturduğu denizel sekiler, yatay ve yataya çok yakın tutturulmamış katmanlar içermektedir. Erken Kuvaterner-Pleyistosen yaşlı kabul edilen denizel seki çökelleri Kuvaterner yaşlı arazinin askıda kalmış kısımlarıdır.

3.1.2.10. Güncel Akarsu Çökelleri (Qa)

Curi Dere, Akçay gibi akarsuların tabanlarında ve dirseklerinde birikmekte olan güncel akarsu çökelleri, çakıldan-kil boyutuna kadar değişmektedir. Kalınlığı ise 10-15 m civarındadır.

3.1.2.11. Güncel Kumsal Çökelleri (Qk)

Güncel kıyı çizgisinin kara bölümünde kalan kıyı çökelleridir. Kumlardan oluşur. Bunların kalınlığı 1-2 m'yi geçmez.

3.1.2.12. Güncel Taşkın Ovası Çökelleri (Qt)

Yeşilırmağın taşkın ovası çökelleridir. Bu tutturulmamış çökeller kahverengi-açık kahverengi kil, silt ve çok ince kumdan oluşur.

3.1.2.13. Eski Alüvyon (Qek)

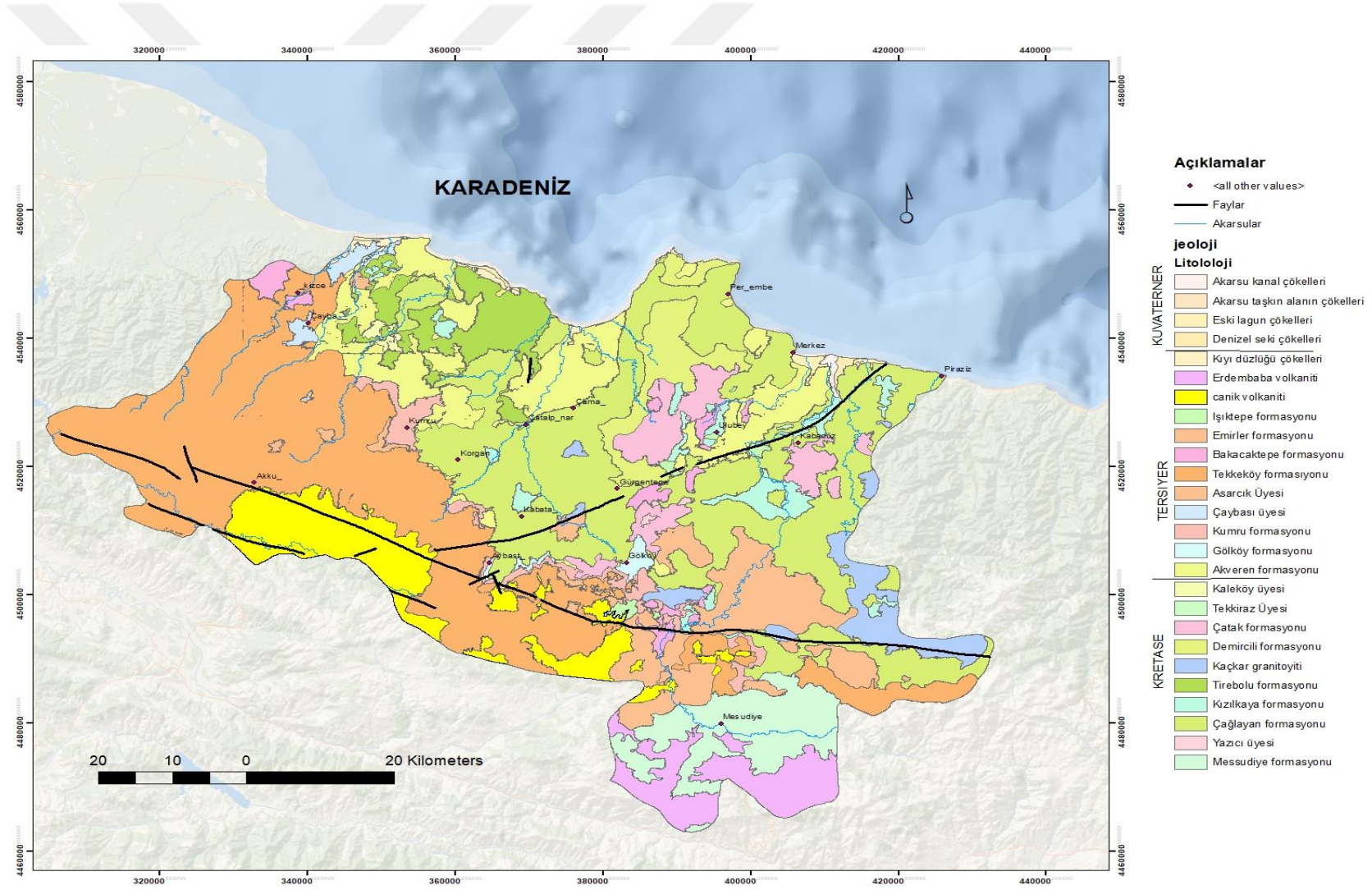
Bu çökeller Akçay ve Curi Dereleri çevresinde az eğimli düzlükler olarak görülür. Eski alüvyonlar tutturulmamış çakıl, kum, silt, mil gibi malzemelerden meydana gelmiştir. Çakıllar oldukça yuvarlaktır.

3.1.2.14. Yeni Alüvyon (Qal)

Çalışma alanında Akçay, Curi Irmağı, Tabakhane Deresi, Ceviz Dere, vadilerinde ve bu derelerin Karadeniz'e döküldüğü kesimlerde tutturulmamış çakıl, kum ve mil gibi malzemeden meydana gelmiştir.

K R E T A S E				T E R S İ Y E R				K U V A T E R N E R		SİSTEM	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR				
ÜST KRETASE				E O S E N				MİYO. PLİYO.		SERİ	FORMASYON	ÜYE	SİMGİ			
Senomaniyen - Kampaniyen				Maestrihtiyen				Paleosen		E O S E N		ERDEMLERİ				
ÇATMAK				ÇATMAK				ÇATMAK		ÇATMAK		ÇATMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK		KAYMAK				
KAYMAK				KAYMAK				KAYMAK		KAYMAK						

Şekil 3.1. İnceleme alanı ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (MTA, 2004)



Şekil 3.2. Ordu ilinin jeoloji haritası (MTA, 2004 yılı 1/25000 ölçekli haritalarından derlenmiştir)

3.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı, Doğu Pontid tektonik birliğinde yer almaktadır. Üst Kretase bölgede kuzey-güney yönlü sıkışma tektoniği etkisinde kalmıştır. Bu tektonizmaya bağlı olarak bölgede, doğu- doğu batı uzanımlı ana kıvrım sistemleri, normal, ters faylar ve bindirmeler oluşmuştur. Ordu İl sınırları içerisinde kalan alanda, Doğu Pontidlerde olduğu belirtilen doğu-batı uzanımlı ana kıvrım sistemleri gözlenememektedir. Tektonik hatların en önemlileri Çamaş İlçesi kuzeyinde, Akveren ve Çağlayan formasyonlarını, batı devamında Akveren ve Tirebolu formasyonlarını sınırlayan normal faydır. Çalışma alanında günümüzde etkin olan, deprem üreten fay bilinmemektedir. Çalışma alanını etkileyerek deprem üreten aktif fay, Ordu İli sınırı dışında, Ordu İli'nin yakın güneyinde yer alan Kuzey Anadolu Fayı'dır. Ordu İli ve çevresinde, sınırlı alanlarda bindirmeler gözlenir. Bunlardan en önemlileri Keskin vd (1998) tarafından haritalanan Mir Köyü çevresindeki bindirmelerdir (Şekil 3.2).

3.3. Hidrojeoloji

Ordu ilinde yer alan ve yaşları Üst Kretase-Kuvaterner aralığında değişen litolojik birimler, hidrojeolojik özellikleri belirlenerek geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere üç ana gruba ayrılmıştır (Şekil 3.3). Bu sınıflama için öncelikle arazi çalışmalarından elde edilen süreksizlik frekans değerleri, alterasyon derecesi, kaynak başı debi ölçümleri ve saha gözlemleri değerlendirilmiş, ayrıca bazı istisnalar dışında bölgedeki kaynakların benzer hidrolojik davranışa sahip oldukları varsayımıyla, tüm çalışma alanını kapsayan bir istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında bulunan her litoloji için kaynak/alan hesabından bir katsayı elde edilmiş, bulunan katsayılar büyüklüklerine göre sıralanmıştır. Buna göre, katsayısı birden küçük (km^2 başına 1'den az kaynak içeren) olanlar geçirimsiz, 1-2 arasında olanlar yarı geçirimli, ikiden büyük olanlar ise geçirimli olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında yer alan ve yaşları Üst Kretase-Kuvaterner aralığında değişen litolojik birimler, hidrojeolojik özellikleri belirlenerek geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere üç ana gruba ayrılmıştır (ATEŞ vd, 2004).

3.3.1. Geçirimli Litolojilerin Hidrojeolojik Özellikleri

Sedimanter kayaçların, oluşumları sırasında kazandıkları taneli yapıdan dolayı sahip oldukları gözeneklilik birincil, daha sonra her tür kayacın tektonik etkiler, ya da diğer süreksizlikler yoluyla kazandığı gözeneklilik ise ikincil gözeneklilik olarak adlandırılmaktadır. Gözeneklerin birbirleriyle bağlantılı olmasına etkin gözeneklilik denir. Kayacın yeraltısuyu geçirgenliği, bu özellik ile doğrudan ilişkilidir. Geçirimli birimler, birincil ve ikincil gözeneklilik olmak üzere iki grupta ele alınmıştır. Yeraltısuyu haritasında koyu mavi renkli gösterilen alüvyon ile açık mavi renkli gösterilen ayrılmış derinlik kayaçları, birincil gözenekli kayaç grubu olarak değerlendirilmiştir. İkincil gözenekliliğe sahip kayaçlar, ağırlıklı olarak volkanik kayaçlardır. Hidrojeolojik parametrelerin belirlenmesinde, süreksizlik frekans değerleri kullanılarak kayaçların K (Hidrolik iletkenlik katsayısı) değerleri bulunmuştur. İller bankası sondaj verilerine göre Alüvyon birimin hidrolik iletkenlik katsayısı $0.94 \cdot 10^{-4}$ - $8,6 \cdot 10^{-4}$ m/sn arasında değişmektedir.

3.3.1.1. Birincil Gözenekli Litolojilerin Hidrojeolojik Özellikleri

Çalışma alanının en yüksek geçirimsizliğe sahip birimler, 1/120000 ölçekli jeoloji haritasında etek, akarsu, denizel-lagüner çökeller olarak ayırtılan alüvyon karakterli birimlerdir. Kuvaterner yaşlı olan bu çökeller birincil gözenekliliğe sahiptir. Bu birimler, benzer hidrojeolojik özelliklerinden dolayı tek bir birim olarak değerlendirilmiş ve 1/120 000 ölçekli hidrojeoloji haritasında koyu mavi renk ile gösterilmişlerdir (Şekil 3.3). Alüvyon, Ordu, Ünye ve Fatsa çevresinde sahil şeridi ve akarsu vadi tabanlarında yer almaktadır. Yüzölçümü 81,6 km²'dir. Alüvyon akiferleri daha ayrıntılı olarak yeraltısuyu potansiyeli bölümünde tanıtılmıştır.

3.3.1.2. Derinlik Kayaçlarının Ayrışma Zonu

Gölköy'ün 5 km doğusu, Topçam ve Çambaşı yaylaları ve çevresinde yüksek kotlarda geniş yüzlekler sunan siyenit, monzonit, granodiyorit gibi derinlik kayalarının üst seviyeleri, bozunma süreçleri sonucunda taneli bir yapı kazanmıştır. Bu seviyeler, granüler yapısı nedeniyle nispeten yüksek geçirimsizliğe sahiptir. Bozunmamış ana kayaçlar ise geçirimsiz

temel oluşturmaktadır. Yağışlarla doygun hale gelen ayrışma zonundaki su tablası, topoğrafyayla kesiştiği noktalardan çok sayıda küçük debili kaynak oluşturmaktadır. Bu tür kayalarda yüzeyden derine inildikçe, azalan bozunmaya bağlı olarak, hidrolik iletkenlik katsayısı (K) değerinde 10^{-5} - 10^{-10} m/sn arasında değişmektedir. (ATEŞ vd, 2004).

3.3.1.3. İkincil Gözenekli Litolojilerin Hidrojeolojik Özellikleri

Kaynak/alan katsayısı ikiden büyük, ikincil gözenekliliğe sahip sınırlı miktarda. Bu birimler özellikle Giresun G-39, G- 40 ve H-39 paftalarında geniş alanlar kaplar. Ordu'nun güneybatısı ve güneyinden Topçam çevresindeki derinlik kayalarından kadar yüzeylenen Akveren Formasyonu (KTa), Mesudiye formasyonu (Km), Kapanboğazı üyesi (Kmk)'nin, andezit-bazalt ile piroklastik kayalar, bu gruba girer. Giresun G-40 paftasının güneybatısında ve Mesudiye'nin güneyinde geniş bir alan kaplayan Erdembaba volkaniti (TplQe), Ünye'nin güneyinde kalan Kaleköy üyesi (KTaka) ile Korgan'ın güneydoğusunda kalan Asarcık üyesi (Kma) yine bu gruba girer. Çalışma alanının güneybatısında geniş alanlar kaplayan birimler, yoğun alterasyon süreçlerinden az etkilenmiş kesimleri temsil eder (Şekil 3.3).

3.3.2. Yarı Geçirimli Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

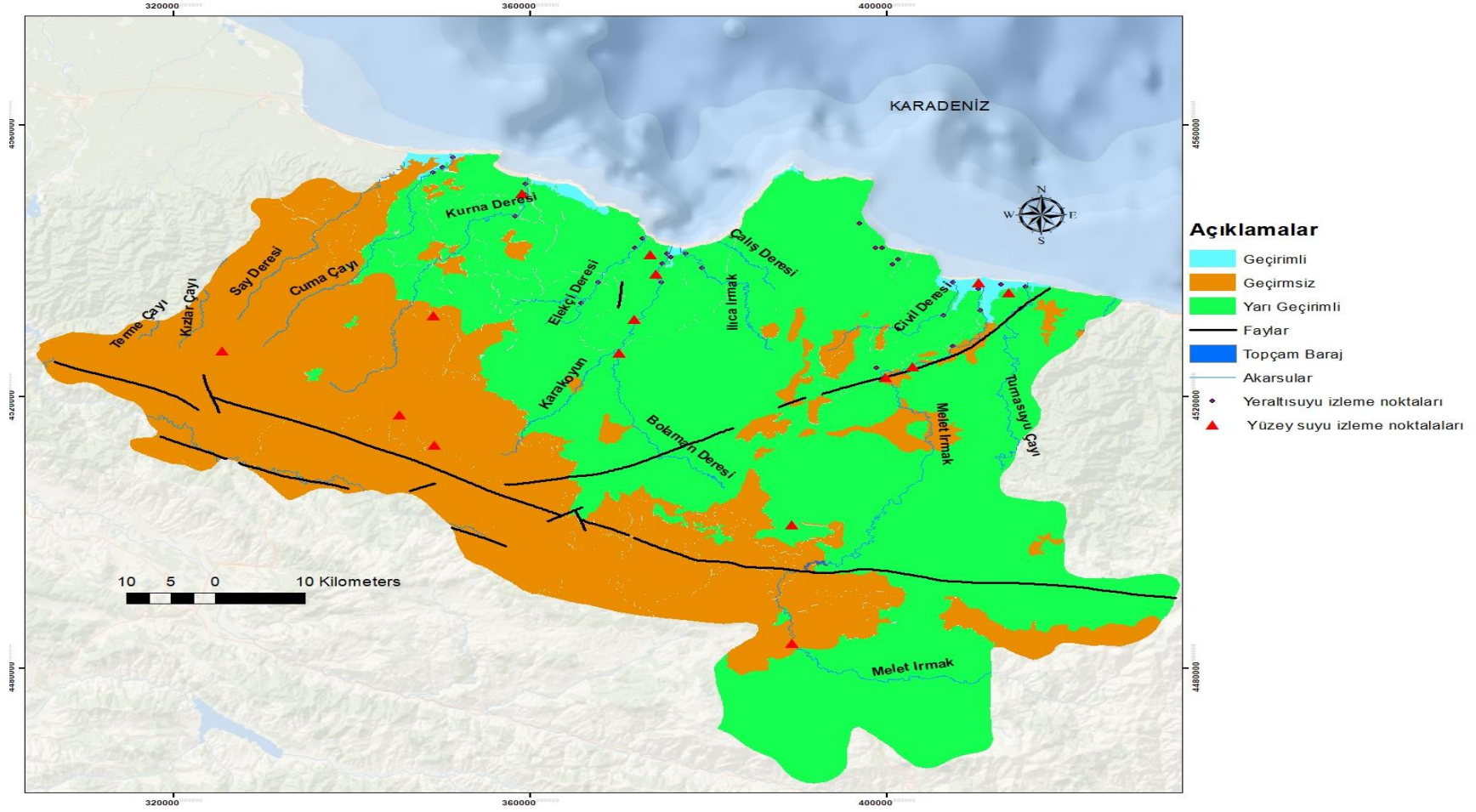
Üst Kretase-Pliyosen zaman aralığında, genellikle volkanik kayalardan oluşan ikincil gözenekliliğe sahip pek çok birim, arazi gözlemleri ve kaynak sıklığı göz önünde bulundurularak, yeraltısuyu haritasında yarı geçirimli (akıtar) birimler olarak ayırt edilmişlerdir. Bunlar, çalışma alanının çok geniş bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu tür kayalar, bünyelerindeki kırık çatlak sistemlerinin sıklığı, açıklığı ve dolgu malzemesine göre 10^{-1} ile 10^{-10} m/s değişen hidrolik iletkenlik katsayısına sahiptirler. Alterasyon derecesi, gözeneklilik, dolayısıyla da geçirimsizlik özelliğinde belirleyici olmaktadır. Örneğin Mesudiye güneyinde yüzeylenen Pliyosen bazaltları gibi genç volkanikler, daha yaşlı ve altere olanlara nazaran daha yüksek geçirimsizliliğe sahiptirler.

Çalışma alanında Hasan Uğurlu Baraj gölünün doğusundan başlayarak, Kumru ve Korgan'ın batısı, güneyi ve GD'su boyunca geniş bir alanda yayılım gösteren Tekkeköy formasyonu (Tet), Akkuş güneyinde Aybastı'nın batısında geniş bir alan kaplayan Canik

volkaniti (Tmplc), Ünye'nin GD'sunda Tirebolu fomasyonu (Kt), Fatsa'nın GB'sında Elekçi Irmağının batısından başlayarak, güneyde Aybastı'ya kadar uzanan Asarcık üyesinin (Teta) andezit-bazalt ve piroklastları, Mesudiye formasyonunun Mesudiye'nin batısı, kuzeyi ve doğusundaki volkanit çökel seviyeleri, yan geçirimli birimler olarak ayırtlanarak yeraltısuyu haritasında koyu yeşil renk tonuyla gösterilmiştir (Şekil 3.3).

3.3.3. Geçirimsiz Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Yaşları Üst Kretase-Pliyosen yaş aralığında değişen, andezit, bazalt, dasit, aglomera, piroklastik kayalardan oluşan kayaçlar, çok az geçirimli geçirimsiz litolojilerdir ve hidrojeoloji haritasında koyu kahverengi renkli gösterilmiştir (Şekil 3.3). Bu litolojilerde ikincil gözenekliliği oluşturan süreksizlik düzlemlerinin, açıklıklarının hidrotermal ve atmosferik bozunma süreçleriyle tamamen kapanmış veya önemli ölçüde tıkanmış olduğu, bunun sonucunda kaynak debilerinin ve sıklığının oldukça düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 3.3. Ordu ilin hidrojeoloji haritası

3.4. Çalışma Alanındaki Suların Hidrojeokimyasal Olarak Değerlendirilmesi

Hidrojeokimya, yeraltısuyunun kimyasal bileşimini ve bu bileşimi etkileyen faktörleri inceler. İçme suyu, yeraltısuyunun kimyasal bileşimi ve dağılımı gibi önemli kimyasal bileşenlerle ilgilenir. Akiferlerde gerçekleşen Jeokimyasal süreçleri anlamak için kullanılır. Bu süreçler arasında mineral çözünmesi, iyon değişimi reaksiyonları, çökelti reaksiyonları, organik bileşiklerin bozunma süreçleri vb. yer alır. Ayrıca, yeraltısuyunun kaynağını, farklı kaynaklardan gelen suların karışım süreçlerini ve olası kimyasal kirlenmeleri belirlemede de yardımcı olabilir. Hidrojeokimya, içme suyu kalitesini değerlendirmek, insan faaliyetlerinin su kaynakları üzerindeki etkilerini incelemek, akifer yeniden dolmasını değerlendirmek, yeraltısuyu kirlenmesi mekanizmalarını anlamak ve sürdürülebilir su kaynakları yönetim stratejileri geliştirmek gibi birçok alanda kullanılır.

Çalışma alanında bulunan yeraltı ve yüzey sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için arazi çalışmalarında 2023 yılı şubat ayında DSİ ve OSKİ'nin Ordu ilinin içme su kaynaklarından sürekli olarak yapıldığı kalite izleme noktalardan 15 noktadan örnekleme yapılarak fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler, organik parametreler, inorganik kirlenme parametreleri ve bakteriyolojik parametreler analiz edilmiştir (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2). Ayrıca suların geçmişteki hidrojeokimyasal özelliklerini ve zamanla değişimini incelenmek için geçmiş yıllara (1995-2019) ait su kaynakları analiz verileri DSİ'den elde edilmiştir.

Yeraltısuları hidrojeokimyasasını incelemek için DSİ'den elde edilmiş ve 1995-2019 yılları arasında verisi olan 38 sondaj kuyusuna ait kimyasal analiz verileri kullanılmıştır (Tablo 3.1).

Yeraltı ve yüzey suyu örneklerine ait majör iyon konsantrasyonları kullanılarak Piper ve Schoeller diyagramları hazırlanmış; Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), sertlik, Artıksal Sodyum Karbonat (RSC), %Na ve Magnezyum Tehlikesi (MT) parametreleri belirlenmiş Ordu İli yeraltı ve yerüstü sularının kalitesi ve kullanım koşullarına açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Değerlendirme sırasında kullanılan parametreler hakkında bilgi verildikten sonra analiz sonuçları İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (TS 266), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) veya Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) tarafından içme ve kullanma suyu için verilen sınır değerlerine göre karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.1. Ordu ili sondaj kuyularına ait veriler

Mevkii	İlçe	Köy/Mah	Kod	Koordinat		Kuyu Derinliği (m)	Dinamik Su Seviyesi. (m)	Kot (m)
Bolaman Çayı	Fatsa	Demirci	FA10	374721	4536962			37
Akçaova Çayı	Perşembe	Efirli Mah.	PE5	401309	4540380			9
Melet Irmağı	Altınordu	Bayadı	AL7	407411	4527574			44
Ceviz Deresi	Ünye	Düzköy mah.	ÜN6	361310	4552374	28		43
		Ünye Acısı	ÜN7	351930	4548251			
Ilıca Deresi	Fatsa	Bolaman Mah.	FA4	377469	4541203			8
Ilıca Deresi	Fatsa	Kılıçlı Mah.	FA5	379333	4539165			26
	Perşembe	Çerli Mah	PE1	398790	4542050			19
Kacalı Deres	Perşembe	Kacalı Mah	PE2	397008	4545664			16
Akçaova Çayı	Perşembe	Efirli Mah.	PE3	400687	4539596			15
Civil Irmağı	Altınordu	Eskipazar Mah.	AL1	406427	4532124			42
Civil Irmağı	Altınordu	Dedeli Mah.	AL2	401251	4530120			118
Melet Irmağı	Altınordu	Cumhuriyet Mah	AL3	412829	4536692			5
Melet Irmağı	Altınordu	Kayabaşı Mah.	AL4	410535	4532895			12
Turnasuyu Irmağı	Gülyalı	Turnasuyu Mah.	GÜ1	415643	4536394			4
Turnasuyu Irmağı	Gülyalı	Turnasuyu Mah.	GÜ2	414931	4533057			35
		Alapınar		378827	4535976			
		Alapınar-2		373906	4535717			
		İncidere-2		414783	4487092			
Melet Irmağı	Altınordu	Karapınar Mah.	AL5	410262	4535996	20	8,25	5
Melet Irmağı	Ulubey	Güzelyurt Mah	UL1	398855	4524399	64		106
Civil Irmağı	Altınordu	Şirinevler Mah.	AL6	407447	4536948	30		6
	Perşembe	Kurtuluş Mah.	PE4	399544	4542120			7
Bolaman Çayı	Fatsa	Fatsa Org. Sanayi	FA6	375746	4540681			9
Elekçi Deresi	Fatsa	Ayazlı Mah.	FA7	372639	4543454	35		6

Tablo 3.1'in devamı

Mevkii	İlçe	Köy/Mah	Kod	Koordinat		Kuyu Derinliği (m)	Dinamik Su Seviyesi. (m)	Kot (m)
Elekçi Deresi	Fatsa	Eskiordu Mah.	FA8	367644	4536964	20		87
				358369	4546771			
Elekçi Deresi	Fatsa	Eskiordu Mah.	FA9	349128	4553205	20		87
Curi Çayı	Ünye	Gölevi Mah.	ÜN1	368036	4489547			7
Ceviz Deresi	Ünye	Başköy Mah.	ÜN2	345951	4554430			13
Ceviz Deresi	Ünye	Özpınar Mah.	ÜN3	351287	4555384			7
Curi Çayı	Ünye	Gölevi Mah.	ÜN4	350122	4553947			16
Elekçi Deresi	Fatsa	Ayazlı Mah.	FA1	359478	4549912			24
Gürleyik				359505	4551521			
				365774	4533899			
Akçay	Ünye	Kocuklu	ÜN5	371773	4542050			19
Bolaman Çayı	Fatsa	Meşebükü Mah.	FA2	375350	4541182			8
Bolaman Çayı	Fatsa	Meşebükü Mah.	FA3	374869	4539744			9

Tablo 3.2. Örneklenen yüzey sularına ait koordinat verileri

Örnek Adı	Koordinatlar		Yüzey suyu Adı	İstasyon Adı
	X	Y		
YS1	399912	4522830	Melet Irmağı	Melet Çayı-Sap Deresi Karışım Sonrası
YS2	389400	4501151	Tez Deresi	Tez Deresi Gölköy Kırtaş Göleti
YS3	410425	4536770	Melet Irmağı	Melet Çayı-Deniz Öncesi
YS4	413791	4535379	Çırçıp Deresi	Çırçıp Deresi-Ordu Merkez Ünitesi Göleti
YS5	373509	4540920	Cevizdere	Ceviz Dere-Kızıl Deresi Karışım Sonrası
YS6	371760	4531370	Bolaman Çayı (Kabataş-Çatalpınar)	Bolaman Çayı-Hisarbey
YS7	349155	4531980	Çağlayan Deresi	Çağlayan Deresi Çağlayan Göleti
YS8	325523	4526814	Kızlar Yaylası Deresi	Kızlar Yaylası Deresi-Çaybası İlküvez Göleti
YS9	345377	4517385	Akkancık Deresi	Akkancık Deresi- Kumru Göleti Aksı
YS10	349306	451.290	Bağlama Deresi	Korgan Göleti Dsi Ski Kumru Ordu
YS11	389376	448.369	Melet Irmağı	Tokat-Ordu Yolu Alanköy Yol ayrımı Mevkii Mesudiye Ordu
YS12	402952	452.444	Melet Irmağı	Çatalkaya Dsi Agi Merkez Ordu
YS13	374162	453.808	Bolaman Çayı	Meşebükü Köyü Yolu Köprüsü Fatsa Ordu
YS14	370060	452.649	Bolaman Çayı	Çatalpınar Köprüsü Çatalpınar Ordu
YS15	359167	454.999	Ceviz Deresi	Cevizdere At Çiftliği Yanı Köprü Ünye Ordu

Tez çalışması kapsamında yeraltı ve yüzey sularında 2023 yılında ve daha önce 1995-2019 yılları arasında yapılan su kimyası analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Kimyasal analizlerin doğruluğu majör katyon ve anyonlar kullanarak yük-denge hatası (%hata) ile denetlenmiştir. 2023 ve daha önce 1995-2019 yılları arasında elde edilen analiz sonuçlarında hesaplanan %hata değerlerinin %5'i geçmeyen verilerin sağlıklı olduğu ve dolayısıyla tez çalışmasında kullanılabileceği kabul edilmiştir. Hata yüzdesi ile ilgili tablolarde bulunan verilerin pozitif olması katyonların anyonlardan fazla olduğunu ve negatif olması ise tersini göstermektedir.

3.4.1. Çalışma Alanındaki Yüzey Sularının Kalite Parametreleri

Çalışma alanında yer alan yüzey sularının kalite özelliklerini belirlemek için Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre geçmiş yıllarda yapılmış analiz sonuçları ve mevcut durumlarını belirlemek için 2023 yılında yapılan analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler, organik parametreler, inorganik kirlenme parametreler ve bakteriyolojik parametreler analiz sonuçları incelenmiştir. Ulusal ve

uluslararası içme suyu standartların birbirlerine göre karşılaştırılması Tablo 3.5'te verilmektedir.

3.4.1.1. Yüzey Sularına Ait Fiziksel Parametreler

3.4.1.1.1. Yüzey Sularının Sertlik Değerleri

Sertlik, suların içinde çözülmüş halde bulunan iyonlara bağlı olan bir özelliği ifade eder. Bu özellik, suyun içinde çözülmüş olarak bulunan magnezyum, kalsiyum ve bikarbonat iyonları gibi Ca-Mg nitrat, Ca-Mg sülfat ve +2 veya daha yüksek değerli katyonlar tarafından oluşturulur. Suyun sertliği, geçici ve kalıcı sertlik olmak üzere iki farklı tipe ayrılır. Geçici sertlik, kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlardan kaynaklanırken, kalıcı sertlik magnezyum ve kalsiyumun karbonatlar ve diğer tuzlarla ilişkili oluşumlarından kaynaklanır. Bu iki tür sertliğin toplamı, suyun toplam sertliğini oluşturur. Suyun toplam sertliğini hesaplamak için sularında toplam sertlik değeri eşitlik (14) kullanılarak Fransız sertlik derecesi cinsinden hesaplanmış ve sertlik açısından sınıflandırılmıştır (Tablo 3.3).

Toplam Sertlik (CaCO₃'a eşdeğerli) = $0,495Ca^{2+} + 0,115Mg^{2+} + 0,1792Fe + 0,1822Mn$ (14)

Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularının Toplam Sertlik derecesi 2,04-25,85 arasında değişmektedir. En yüksek sertlik değeri YS15 noktasında ve en düşük sertlik değeri YS5 noktasında belirlenmiştir. Bu değerlere göre; YS5 noktasında su “çok yumuşak”; YS11, YS12, YS1, YS10, YS13, YS8, YS14, YS6 ve YS7 noktalarında “yumuşak”; YS4, YS3 ve YS9, noktalarında “az sert” ve YS2 ve YS15 noktalarında ise “oldukça sert” su olarak belirlenmiştir (Tablo 3.3).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS-266, 2005) sertlik derecesi için herhangi bir sınır belirlemezken Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sertlik üst sınır değerini 50 olarak belirlemiştir. Çalışma alanında örnekleme yapılan su örneklerinin tümünün sertlik derecesi bu sınır değerinin altında yer almaktadır (Tablo 3.4).

Tablo 3.3. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait fiziksel parametreler

İstasyon Adı	DO (mg/l)	pH	Sıcaklık (°C)	TDS (mg/l)	EC (µS/cm)	Sertlik (F°)
YS 5	9,8	8,56	16	134	224,65	2,04
YS10	10,6	8,63	15	80	135,75	10,95
YS6	10,22	7,18	17	219	294	12,2
YS13	10,36	8,2	16	222,2	317,44	12,52
YS14	10,03	8,05	15,9	230	235,91	12,59
YS7	9,3	8,05	16	127	155	13,01
YS1	10,42	8,35	14	127	189,7	13,22
YS8	10,14	8,21	14	232	213,88	13,86
YS12	10,31	8,33	16	117,59	196,72	14,39
YS11	10,38	8,23	13	238,9	262	14,43
YS4	9,72	8,1	14	204	260,94	15,44
YS3	10,31	8,26	18	204	175	15,46
YS9	10,39	8,44	17,6	350	316	17,78
YS2	9,65	7,87	13,6	148	337,02	22,6
YS15	10,36	8,18	18	166,43	260,5	25,85
Minimum	9,3	7,18	13	80	135,75	2,04
Maksimum	10,6	8,63	18	350	337,02	25,85
Ortalama	10,133	8,176	15,61	254,13	238,3	14,42

Tablo 3.4. Suların sertlik değerlerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991)

Suyun sınıfı	Sertlik derecesi (F°)
Çok yumuşak	0-7,2
Yumuşak	7,2-14,5
Az sert	14,5-21,5
Oldukça sert	21,5-32,5
Sert	32,5-54
Çok sert	>54

3.4.1.1.2. Sıcaklık

Yüzey ve yeraltısularının kullanılmasına ve çeşitli yerlere göç edip birikmesine etki eden önemli faktörlerden biri sıcaklıktır. Yeraltısularının sıcaklıkları genellikle yüzey

sularına göre daha düşüktür ve daha homojen dağılım gösterirler. Suyun sıcaklığı yükseldikçe oksijenin suda çözünürlüğü de azalır (Stevens vd., 1975).

Çalışma alındaki 2023 yüzey sularının sıcaklık 13-18 °C değişmektedir. Ortalama sıcaklık 15, 6°C'dir ve en yüksek sıcaklık 18 °C ile YS3 örnek noktasında ve en düşük sıcaklık 13 °C ile YS11 örnek noktasında ölçmüştür (Tablo 3.3). 1995-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına sıcaklık 13,02-17,79 °C değişmektedir; ortalama değeri 15,54°C'dir (Tablo 3.7).

Tablo 3.5. Ulusal ve uluslararası içme suyu standartların birbirlerine göre karşılaştırılması

Parametre	Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) 2005	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006	ABD Çevre Koruma Ajansı (U. S. EPA) 2002	Avrupa Birliği (EU) 1998
pH	6,5-9,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Bulanıklık	1	5	1	1
Renk	20	15	15	-
Toplam çözünmüş madde (mg/l)	-	1000	500	-
Kalsiyum (mg/l)	-	-	-	-
Magnezyum (mg/l)	-	-	-	-
Potasyum (mg/l)	-	-	-	-
Sodyum (mg/l)	200	200	-	200
Nitrat (mg/l)	50	50	45	50
Nitrit (mg/l)	0,50	0,20	-	0,50
Amonyum (mg/l)	0,50	1,50	-	0,50
Sülfat (mg/l)	250	250	250	250
Klorür (mg/l)	250	250	250	250
Florür (mg/l)	1,5	1,5	2	1,5
Alüminyum (mg/l)	0,20	0,20	0,20	0,20
Kurşun (mg/l)	0,01	0,01	0,015	0,01
Bakır (mg/l)	2	2	1	2
Demir (mg/l)	0,2	-	0,3	0,2
Mangan (mg/l)	0,05	0,4	0,05	0,05
Çinko (mg/l)	-	-	5	-
Baryum (mg/l)	-	0,7	2	-
Kadmiyum (mg/l)	0,005	0,003	0,005	0,005
Krom (toplam) (mg/l)	0,05	0,05	1	0,05
Selenyum (mg/l)	0,01	0,01	0,05	0,01
Gümüş (mg/l)	-	-	0,1	-

Tablo 3.5'in devamı

Parametre	Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) 2005	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006	ABD Çevre Koruma Ajansı (U. S. EPA) 2002	Avrupa Birliği (EU) 1998
Antimon (mg/l)	0,005	0,005	0,006	0,005
Berilyum (mg/l)	-	-	0,004	-
Civa (mg/l)	0,001	0,006	0,002	0,001
Bor (mg/l)	1	0,5	-	1
Nikel (mg/l)	0,02	0,07	-	0,02
Bromat (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01
Serbest klor (mg/l)	-	5	4	-
Koliform bakteri (EMS/100 ml)	0	0	0	0
Fekal koliform bakteri (EMS/100 ml)	0	0	0	0

Tablo 3.6. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (2021)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları ^(a)		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)
Renk (m ⁻¹)	RES 436 nm: ≤ 1,5 RES 525 nm: ≤ 1,2 RES 620 nm: ≤ 0,8	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	RES 436 nm: > 4,3 RES 525 nm: > 3,7 RES 620 nm: 2,5
pH	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	> 1000
Yağ ve Gres (mg/L)	< 0,2	0,3	> 0,3
Çözülmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	< 6
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	> 50
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	8	> 8
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	< 0,2	1	> 1
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 3	10	> 10
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L) ^(b)	< 0,5	1,5	> 1,5
Toplam azot (mg N/L) ^(c)	< 3,5	11,5	> 11,5
Orto fosfat fosforu (mg o-PO ₄ - P/L)	< 0,05	0,16	> 0,16
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	> 0,2
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	> 1500
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	> 500
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	> 15
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	> 5

(a) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

I. Sınıf- Yüksek kaliteli su (I. sınıf su kalitesinde olması “Çok İyi” su durumunu ifade etmektedir.);

1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,

2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,

3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,

4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

II. Sınıf - Az kirlenmiş su (II. sınıf su kalitesinde olması “İyi” su durumunu ifade etmektedir.);

1) İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,

2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,

3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,

4) Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

III. Sınıf - Kirlenmiş su (III. sınıf su kalitesinde olması “Orta” su durumunu ifade etmektedir.);

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu, ifade etmektedir.

(b) TKN: $\text{NH}_3\text{-N} + \text{Organik Azot}$

(c) TN: $\text{TKN} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$

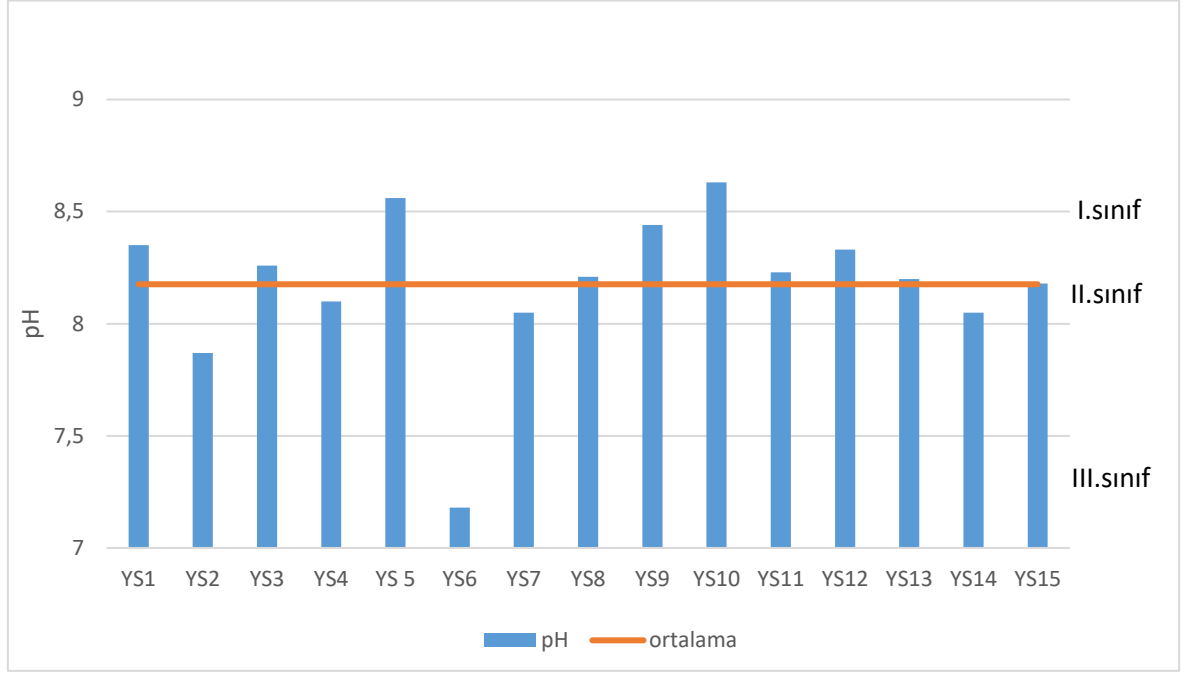
3.4.1.1.3. Hidrojen İyonu Aktivitesi (pH)

pH, sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun bir ölçüsü olup sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Doğal yer altı sularının pH değeri 6.0-8,5 arasında değişir, fakat termal sularda düşük pH değerleri görülmektedir (Hem, 1971).

Çalışma alındaki 2023 örneklenen sularının pH’ı 7,18- 8,63 değişim göstermektedir ve ortalama değeri 8,176 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.3) En yüksek değeri YS10 örnek noktasında, en düşük değeri ise YS6 örnek noktasında ölçülmüştür (Şekil 3.4). Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından

Sınıflarına Göre Kalite (2021) inceleme alanının 2023 örnekleme sularının I. ve II. sınıf (çok iyi -iyi) sular olarak sınıflandırılabilir.

1995-2019 yılları arası ölçülen pH değerleri 7,28- 8,42 değişmektedir ve ortalama değeri 7,95' tir. SKKY (2021) sınıflama göre ilin yüzey suları I. ve II. sınıf (çok iyi -iyi) sular olarak sınıflandırılır (Tablo 3.7).



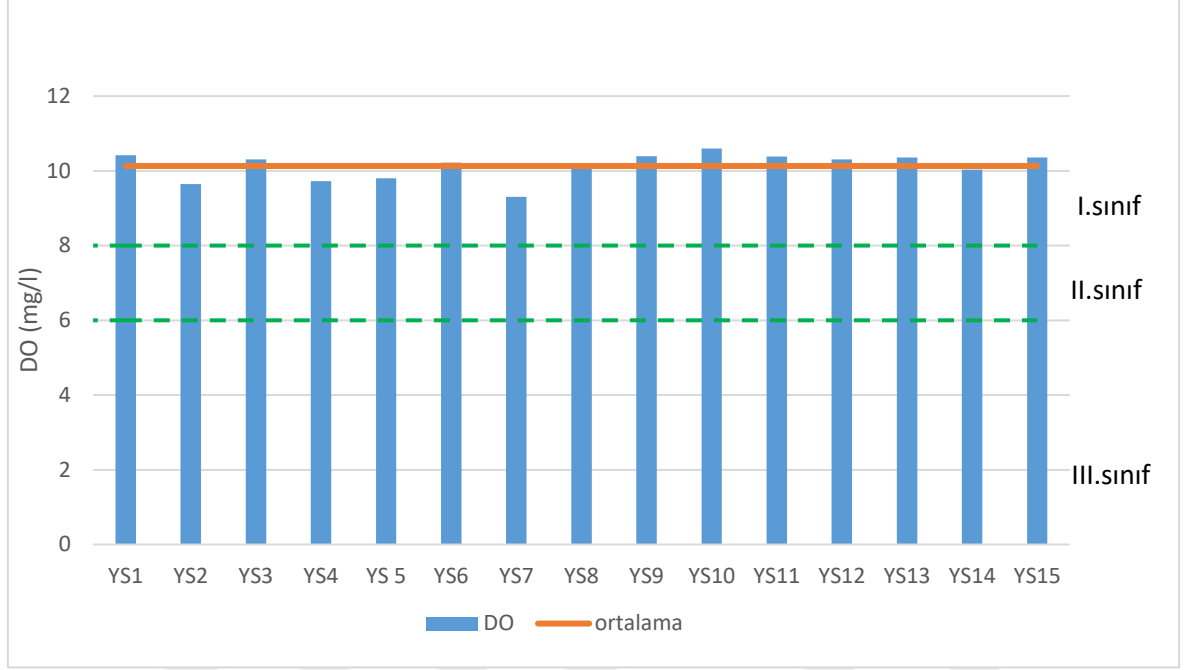
Şekil 3.4. Şubat 2023'te örnekleme yapılan yüzey sularına ait pH değerleri

3.4.1.1.4. Çözünmüş Oksijen (DO)

Oksijen, sularda orta derecede çözünebilen bir gazdır. Doğal sulardaki çözünmüş oksijen miktarı, sıcak suyun karışımı, tuzluluk ve atmosferik basınç gibi fiziksel şartlardan etkilenir. Sıcaklık ve tuzluluk arttıkça suda çözünen oksijen azalır. Yeraltısularındaki oksijen suyun yüzeysel sularından beslenmesi ve su tablasının üzerindeki doymamış bölgedeki havanın hareketi ile sağlanır (McNeely vd., 1979).

Çalışma alanındaki 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularının Çözünmüş Oksijen değerleri 9,3-10,6 mg/l arasında değişim göstermektedir (Tablo 3.3). En yüksek Çözünmüş Oksijen değeri 10,6 ile YS10 örnek noktasında, en düşük Çözünmüş Oksijen değeri ise 9,3 ile YS7 örnek noktasında ölçülmüştür (Şekil 3.5). Ortalama değeri ise 10,13'tür ve SKKY (2021) sınıflama göre bu sular I. (çok iyi) kalite sular sınıfındadır.

1995-2019 yılları arası DSİ istasyonlardan ölçülen Çözünmüş Oksijen değerleri 8,55-11,50 arasında değişmekte ve 10,14 ortalama değeri göstermektedir. SKKY (2021) sınıflama göre bu sular I. (çok iyi) kalite sular sınıfındadır (Tablo 3.7).

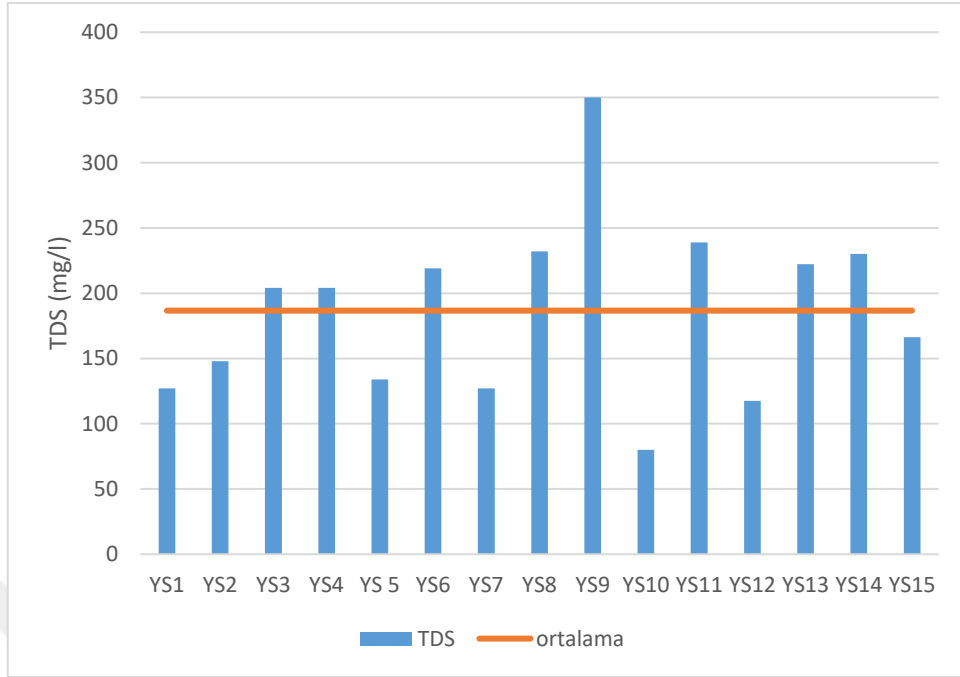


Şekil 3.5. Şubat 2023'te örnekleme yapılan yüzey sularına ait DO değerleri

3.4.1.1.5. Toplam Çözünmüş Madde Miktarı (TDS)

TDS, suyun içinde çözünmüş halde bulunan inorganik tuzlar (özellikle kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, bikarbonat, klor ve sülfatlar) ve az miktarda da organik maddelerden oluşmaktadır.

Çalışma alanındaki 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularının TDS değeri 80-350 mg/l değişim göstermektedir; ortalama değeri 254,12 mg/l'dir (Tablo 3.3). En düşük değer 80 mg/l ile YS10 istasyonunda ölçmüş ve YS9 noktasında ölçülen maksimum değer sahiptir. (Şekil 3.6). 1995-2019 yılları arası DSİ istasyonlardan ölçülen Toplam çözünmüş madde miktarı 74,62mg/l ve 1234,70 mg/l arasında değişmektedir; ortalama değeri 258,96 mg/l'dir (Tablo 3.7).



Şekil 3.6. Şubat 2023'te örnekleme yapılan yüzey sularına ait TDS (mg/l) değerleri

3.4.1.1.6. Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir. Suyun analiz sonuçları 25 °C'de mikromho/cm veya mikrosiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) olarak ifade edilir. Suların EC'leri suda çözülmüş toplam madde (TDS) miktarına, suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola, temasta oldukları kayaların türüne, çözünürlüklerine, iklime, bölgedeki hidrolojik koşullara ve suyun sıcaklığına bağlıdır. (Hem, 1985).

Çalışma alanındaki 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularının Elektriksel İletkenlik değerleri 135,75-337,02 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Tablo 3.3). Ortalama değeri 238,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. SKKY (2021) sınıflamasına göre bu sular I. (çok iyi) kalite sular sınıfındadır.

1995-2019 yılları arası Elektriksel İletkenlik ortalama değeri 235,12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir ve minimum ve maksimum değerleri 135,75-337,02 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. Tüm su örnekleri SKKY (2021) sınıflama göre I. (çok iyi) kalite sular sınıfındadır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7. 1995-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait fiziksel parametreler

İstasyon Adı	Tarih	DO (mg/l)	EC μ S/cm	pH	T (°C)	TDS (mg/l)	Sertlik (F)
M	Oca.95	12,2	193	8,2	7	160	9,95
	Mar.95	12,6	188	8,2	9	150	8,70
	May.95	9,2	130	8,3	22	130	6,21
	Eyl.95	9,2	200	8,4	26	160	9,54
	Kas.95	11	183	7,5	10	160	10,02
	Oca.96	11,8	257	8,1	9	170	13,00
	Mar.96	12,3	188	7,7	7	130	8,75
	Eyl.96	9,2	200	8,4	26	160	9,54
	Kas.96	11	183	7,5	10	160	10,02
	Oca.97	12,9	221	7,9	4	170	11,48
	Mar.97	12,1	214	7,2	8	200	10,25
	May.97	10,4	143	7,2	15	100	7,50
	Tem.97	11,2	230	8,5	25	170	12,51
	Eyl.97	9,8	215	8,4	23	140	9,75
	Kas.97	11,7	174	8,4	9	170	8,25
	Oca.98	12,7	219	7,7	6	150	10,52
	Mar.98	12,4	220	7,9	6	170	11,98
	May.98	10,2	176	7,8	16	170	9,54
	Tem.98	11	260	8,3	26	200	13,66
	Eyl.98	9,1	312	7,9		170	15,00
	Kas.98	10,7	196	8	12	150	9,96
	Oca.99	11,8	261	7,9	10	100	13,51
	Mar.99	12,4	219	7,9	9	100	10,76
	May.99	10,6	185	7,6	16	110	9,74
	Tem.99	8,8	210	7,9	25	170	8,99
	Eyl.99	9,8	264	8,3	20	200	12,23
	Oca.00	12,4	225	7	7	220	11,25
	Mar.00	11,3	182	7,9	12	210	9,01
	May.00	10,5	228	7,7	18	160	11,24
	Tem.00	9,2	257	8,2	26	170	15,48
	Eyl.00	9,8	300	8,2	17	240	12,99
	Eki.00	12	315	8	12	190	15,99
	Oca.01	11	319	8,1	10	170	15,22
	Mar.01	11	161	8,2	12	140	8,26
	May.01	10,3	180	8,2	25	110	9,50
	Tem.01	8	254	8,2	27	170	12,50
	Eyl.01	9,1	301	7,9	24	210	14,51
	Kas.01	10,4	140	7,6	14	120	7,75
	Oca.02	12,3	226	8,1	11	160	12,25
	Nis.02	11,4	222	7,6	15	190	11,28

Tablo 3.7'nin devamı

İstasyon Adı	Tarih	DO (mg/l)	EC μ S/cm	pH	T (°C)	TDS (mg/l)	Sertlik (F)
	Tem.02	8,9	271	7,6	24	190	12,50
	Eki.02	10,4	330	8	21	190	16,03
	Tem.03	8,7	300	8	23	190	16,53
	Eki.03	9,8	279	7,7	18	180	14,98
	Oca.04	12,8	180	7	7	120	8,53
	Nis.04	11	275	7,8	11	170	15,27
	Tem.04	8,2	275	7,7	24,5	180	14,25
	Eki.04	10	304	6,8	21	210	16,24
	Oca.05	12,7	338	8,4	7	420	16,00
	Eki.06	8,9	327	8,1	18	162	11,02
	Oca.07	6,5	275	7,3	8,8	137	17,53
	Nis.07	9,2	342	7,8	12	169	26,02
	Tem.07	8,2	330	8,3	24	166	9,99
	Nis.08	12	175	8,4	20	97	16,51
	Tem.08	8,5	185	8,9	26	93	17,52
	Şub.10	13,9	184	8,1	6	114	8,01
	May.10	9	262	7,7	21,4	162	7,63
	Ağu.10	8,2	190	8,24	25,5	118	10,71
	Kas.10	11,4	170	8,3	13	116	9,07
	Şub.11	12,2	256	8,4	9	174	7,87
	May.11	9,8	234	8,7	17	159	9,81
	Ağu.11	8,9	266	8,5	24		9,84
	Kas.11	9,2	403	7,3	8	274	11,90
	Şub.12		401	8,5	10		18,78
	Ağu.12	8,3	220	8,6	22		18,65
	Kas.12	10,4	26	8,1	13		9,80
	Şub.13	11,6	220	8,5	11		11,03
	Ağu.13	9,3	33	8,8	24		9,78
	Kas.13	10,9	28	8,8	15		10,97
	May.14	9	205	7,4	16	139	13,62
	Kas.14	10				118	9,28
	Şub.15	10,9	196	8,3	8	133	7,81
	May.15					129	8,16
	Ağu.15	8,3	215	7,6	26	146	10,33
	Kas.15	10,4	175	6,9	13	119	6,93
YS10	Şub.13	10,5	88	8,3	10	70	3,54
	Tem.13	7,1	188	7,7	25	127	8,87
	Eki.13	8,4	19	8,1	12	45	9,84
	Şub.14	10,9	88	8,8	5	54	3,42
	Nis.14	8,7	137	7,5	18	93	6,36
	Haz.14	7,9	78	8,3	19	53	3,52
	Eki.14	8,9	110	7,8	25	53	3,28
	Ara.14	10,5	103	6,8	8	64	4,51

Tablo 3.7'nin devamı

İstasyon Adı	Tarih	DO (mg/l)	EC μ S/cm	pH	T (°C)	TDS (mg/l)	Sertlik (F)
YS10	Eyl.15	8,2	120	7,6	22	81	4,51
	Eki.15	9,1	139	6,8	12	94	4,63
	Ara.15	11,1	102	8,1	6	69	4,30
Merkez Ünitesi	Şub.13	10,4	318	8,4	13	216	12,73
	Nis.13	10,4	342	8,1	14	140	14,03
	Haz.13	9,3	685	7,7	20	465	24,61
	Ağu.13	7,7	44	8,6	24	142	16,55
	Eki.13	10,6	37	8,5	14	185	15,43
	Ara.13	11,5	15	8,1	7	119	5,49
	Şub.14	9,7	274	8,2	12	206	11,69
	Nis.14	10,1	333	8,2	14	226	12,75
	Haz.14	9,3	339	8,7	14	230	12,91
	Eki.14	10,6	32	8,2	5	206	12,18
	Ara.14	10,6	154	8,1	8	104	6,03
	Şub.15	10,2	173	8,3	11	117	6,86
	Nis.15	10,1	359	7,1	14	244	12,39
	Haz.15	9,2	443	7	19	301	13,81
	Ağu.15	7,8	370	7,6	25	251	17,69
	Ara.15	11,5	224	8,5	11	152	7,50
YS15	Mar.16	11,18	220	8,4	10,9	149,6	9,06
	Haz.16	9,35	307	8,02	24,4	208,76	13,90
	Eyl.16	9,91	210	6,81	19,4	130,2	12,03
	Ara.16	12,2	267	8,12	7	181,56	11,98
	Mar.17	11,31	137	8,21	10,7	95,9	6,59
	Eyl.17	9,39	279	7,9	22,4	195,3	13,69
	Ara.17	12,66	272	8,29	11,5	192,2	13,33
	Mar.18	12,59	254	8,24	11,3	172,7	12,64
	Haz.18	9,25	247	8,07	22,9	168	5,90
	Haz.19	11,7	246	8,52	28,7	138	11,46
	Eyl.19	10,73	253	8,36	21,5	114	15,60
YS8	Ara.19	12,08	319	7,98	13,6	148	16,17
	Ağu.13	7,7	10	7,5	22	95	5,25
	Ara.13	11,5	33	8,5	12	620	17,71
	Şub.14	11,7	89	7,2	14	55	3,11
	Eki.14	10,2	18	6,4	19	154	10,33
	Ara.14	9,7	67	6,2	10	32	2,31
	Şub.15	10,1	633	8	7	430	26,88
	Nis.15	11,2	108	7,9	8	73	3,84
	Ağu.15	7,6	106	6,6	17	72	5,05
	Eki.15	8,7	177	7	14	120	6,44
	Ara.15	11,7	96	8,4	6	59	5,05

Tablo 3.7'nin devamı

İstasyon Adı	Tarih	DO (mg/l)	EC μ S/cm	pH	T (°C)	TDS (mg/l)	Sertlik (F)
YS13	Mar.16	10,49	613	9,07	14,9	416,8	32,68
	Haz.16	9,06	641	7,83	16,5	435,88	33,71
	Ara.16	12,81	282	7,86	4,8	191,76	13,66
	Mar.17	12,14	181,6	7,59	7	127,2	8,03
	Eyl.17	12,29	329	7,18	24,2	230	16,04
	Ara.17	12,77	190,2	7,96	9,2	133,2	9,76
	Haz.18	9,56	279	7,95	21,7	189,7	13,14
	Eyl.18	12,05	370	8,51	24,8	251,6	16,63
	Mar.19	13,15	188	8,66	11,5	352	9,23
	Haz.19	9,8	305	7,52	26,3	213,	12,95
	Eyl.19	12,11	336	7,8	26,6	270	16,86
	Ara.19	12,62	305	7,62	11,3	172	15,94
YS14	Mar.16	11,23	178	9,21	10,1	121,04	6,90
	Haz.16	10,23	229	7,22	16,2	155,72	11,54
	Eyl.16	9,4	310	6,9	25,5	192,2	11,37
	Mar.17	12,54	156	7,69	6,4	114	6,92
	Eyl.17	10,36	350	7,57	24,8	158	17,59
	Haz.18	9,66	200,6	7,77	20,9	136,4	9,42
	Eyl.18	8,32	376	8,29	26,2	255,7	17,07
	Mar.19	12,85	172	8,38	11	114	8,58
	Haz.19	9,48	252	7,56	26,5	176,4	11,36
	Eyl.19	8,89	308	7,58	25,6	174	19,06
	Ara.19	12,65	230	7,66	9,4	152	11,77
YS12	Mar.16	10,53	126	8,54	15,2	104,7	5,66
	Haz.16	11,61	351	8,45	22,2	238,68	9,99
	Ara.16	12,65	316	8,35	9,2	214,88	15,28
	Mar.17	12,62	281	8,31	9,1	98,5	10,60
	Eyl.17	10,79	199,5	7,6	24,2	157	10,14
	Ara.17	13,03	237	8,4	14	90	12,69
	Mar.18	12,14	95,7	8,46	12,5	59,3	9,72
	Haz.18	10,98	175	8,46	18	119	8,79
YS12	Eyl.18	9,12	262	8,35	25,1	178,2	12,26
	Haz.19	9,36	135,3	8,04	15,9	80	6,78
	Eyl.19	8,7	153,4	7,17	19,4	50	7,84
YS11	Mar.16	10,89	319	8,4	7	284,9	17,08
	Haz.16	8,18	263	8,1	21,9	178,84	11,10
	Eyl.16	10,99	347	7,36	14,3	215,14	17,53
	Ara.16	12,82	517	8,23	1,1	351,56	15,19
	Mar.17	11,39	284	8,14	6,4	203	13,05
	Eyl.17	9,74	440	7,97	20,7	226,35	22,15
	Ara.17	13,11	334	8,16	7,4	238	19,07
	Mar.18	11,33	152,3	7,87	10,8	103,6	7,34
	Eyl.18	9,55	405	8,19	18	275,4	18,86

Tablo 3.7'nin devamı

İstasyon Adı	Tarih	DO (mg/l)	EC μ S/cm	pH	T (°C)	TDS (mg/l)	Sertlik (F)
YS11	Haz.19	8,47	398	8,5	17,6	350	21,10
	Eyl.19	8,67	426	8,43	18,4	224	23,12
	Ara.19	11,43	400	8,07	6,9	428	24,15
Minimum		6,50	10,0	5,80	1,1	32,00	2,31
Maksimum		13,90	685,0	9,21	28,7	12026,00	33,71
Ortalama		10,4620	236,200	7,9401	15,510	254,1321	11,85

3.4.1.2. İnceleme Alanındaki Yüzey Sularında Bulunan Majör İyonlar

3.4.1.2.1. Sodyum (Na^+)

Sodyum klorürün tabiattaki bolluğu ve suda kolay çözünmesi sularda sodyumun (Na^+) bulunmasının başlıca kaynağıdır. Yeraltısularının sodyum içeriği (a) temel kayadan Na-plajioklasın ayrışması, (b) kil minerallerinin yapısında bulunan Ca ve Na iyonlarının yer değiştirmesine bağlıdır. Na^+ iyonu bütün sularda bulunur. Sulardaki yüksek sodyum miktarı toprağın yüzeyinde sert bir kabuk oluşmasına neden olarak bitki köklerinin hava almasını engelleyerek ve bitkinin büyümesini yavaşlatıcı etki yapar (Foster, 1950; Feth vd., 1964; Back, 1966; Garrels, 1967; Akgiray, 2003; Soyaslan; 2004; Demer, 2008). Na^+ 'un doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları Tablo 3.8'de verilmektedir.

Tablo 3.8. Na^+ 'un doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları (Wedepohl, 1978)

Doğal Su Grubu	Standart Sapma (x)	Örnek Sayısı (n)	Medyan	Değer Aralığı
Yağmur	1,4	42	-	-
Kar	0,54	113	-	0,1-3,7
Nehir	38,6	639	6,1	0,1-1540
Yeraltısuyu	64,3	539	10	0,1-1810
Hidrotermal sular	1387	283	1075	6,0-51000
Deniz suyu	10555			
Formasyon suları	25800	232	14500	132,0-132600

2023 yılı şubat ayında yapılan analiz sonuçlarına göre; yüzey sularında Na^+ iyonu miktarı 5,38-63,80 mg/l arasında değişmektedir. En yüksek Na^+ değeri 63,8 mg/l ile YS13

noktasında analiz edilmiştir (Tablo 3.9). 1995-2019 yılları arasındaki analiz sonuçlarına göre yüzey sularının Na^+ değeri 3,85-15,61mg/l değişmektedir (Tablo 3.10). Bu miktarlar Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO,2006)'nda önerilen sınır değerlerden düşüktür.

3.4.1.2.2. Kalsiyum (Ca^{2+})

Kalsiyum, sularda en çok bulunan toprak alkali metallere dendir. Canlıların yaşamında ve doğal sularda bulunan en önemli elementlerden biridir. Kalsiyum yeraltısularına kalsit (CaCO_3), aragonit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit (CaSO_4), fluorit (CaF_2), plajiyoklas (anortit- $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), piroksen (diyopsit- $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$), amfibol ($\text{NaCa}_2(\text{Mg, Fe, Al})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) ve feldspat çeşitlerindeki kalsiyumun erimesi ile karışabilir (Hounslow, 1995). Genel olarak yeraltısularında kalsiyum miktarı 10- 100 mg/l arasında değişir. Sulama sularında kalsiyumun bol bulunuşu sodyum yüzdesinin azalmasını sağlar ve böylelikle oluşacak zararları önler (Hounslow, 1995).

2023 yılı şubat ayında yapılan analiz sonuçlarına göre; yüzey sularında Ca^{++} iyonu miktarı 5,18-80,56 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.9). Yüzey sularında ortalama Ca^{++} içeriği 42,85mg/l'dir. İçme suları için standartlarda (Anonim, 1998'a; 2002; 2005; 2006) Ca^{++} için herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir.

3.4.1.2.3. Magnezyum (Mg^{2+})

Yeraltısularında kalsiyumdan sonra en fazla bulunan katyondur ve toprak alkali elementlerdendir. Doğal sularda magnezyum en büyük kaynağı sedimanter kayalarındaki dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]'tir. Yeraltısularında 10-100 mg/l arasında magnezyum bulunur. 125 mg/l'yi aşması durumunda sular acılaşmakta ve içilememektedir (Hem, 1992; Hounslow, 1995).

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Mg^{++} iyonu miktarı 1,8-13,92mg/l arasında değişmektedir. Yüzey sularında ortalama Mg^{++} miktarı 9,029 mg/l'dir (Tablo 3.9).

İçme sularında Mg^{++} miktarı için ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarında (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) herhangi bir kılavuz değeri belirtilmemiştir.

Tablo 3.9. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait majör anyon-kasyonlar (mg/l)

İstasyon Adı	Ca	K	Na	Mg	SO4	Cl	HCO3	NO3
YS 5	75,23	2,34	18,74	9,26	31,16	18	84,82	16,2
YS10	47,78	2,06	11,81	8,5	17,18	13,52	71,08	11,476
YS6	5,18	0,7	5,38	1,8	4,34	8,13	58,9	2,671
YS13	40,24	3,66	63,8	13,14	32,91	104,76	71,17	9,134
YS14	38,6	1,6	10,93	8,7	19,8	11,56	80,04	8,596
YS7	40,54	2,38	13,31	10,36	22,89	13,41	66,82	3,568
YS1	35,8	1,83	11,61	7,9	17,37	5,5	67,08	12,108
YS8	42	2,17	10,52	6,1	10,6	7,22	71,43	8,18
YS12	49,02	2,38	18,08	13,44	33,84	15,24	79,52	2,63
YS11	31,43	1,78	10,64	7,5	19,48	4,9	64,81	9,103
YS4	80,56	3,18	30,6	13,92	50,07	23,91	75,77	11,02
YS3	35,84	2,3	23,16	8,84	23,38	34,11	76,91	9,353
YS9	39,1	1,8	11,06	9,94	24,82	10,78	70,82	2,35
YS2	41,41	1,76	12,46	9,94	22,15	11	53,51	2,408
YS15	40,04	1,9	13,6	6,1	10,63	6,7	75,34	9,241
Minimum	5,18	0,7	5,38	1,8	4,34	4,9	53,51	2,35
Maksimum	80,56	3,66	63,8	13,92	50,07	104,76	84,82	16,2
Ortalama	42,85133	2,122667	17,71333	9,029333	22,708	19,24933	71,20133	7,8692

Tablo 3.10. 1995-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait majör anyon-kasyonlar (mg/l) ve yüzde hata değeri

İstasyon Adı	Tarih	Ca	Mg	Na	K	HCO3-	SO4	Cl	NO3	%Hata
Melet Irmağı	Oca.95	25	9	1,6	0,4	87,5	8,6	5,3	1,7	7,41
	Mar.95	20	9	10	0,4	47,5	53	4,6	1,5	3,69
	May.95	15	6	3	0,5	60	4,8	3	0,5	8,38
	Eyl.95	25	8	3	0,4	82,5	12	5	1,5	7,50
	Kas.95	22	11	0,9	0,4	62,5	31	5,3	1,5	5,62
	Oca.96	27	15,2	3	0,4	100	26,4	6,7	1,25	6,90
	Mar.96	23	7,3	2,1	0,4	82,5	4,8	3,6	0,75	8,50
	Eyl.96	25	8	3	0,4	82,5	12	5	1,5	7,50
	Kas.96	22	11	0,9	0,4	62,5	31	5,3	0,35	6,12
	Oca.97	30	9,7	8	0,5	100	24,5	5,3	0,75	7,12
	Mar.97	30	6,7	8	1,6	97,5	16,3	5,3	1,2	7,40
	May.97	18	7,3	5	1,6	62,5	19,7	3,6	0,9	6,44
	Tem.97	30	12,2	6,9	1,56	112,5	24	3,2	0,55	7,73
	Eyl.97	29	6,1	8,05	1,95	95	15,8	4,26	0,05	7,96
	Kas.97	20	7,9	5,06	1,56	72,5	12,5	7,1	1,45	6,79
	Oca.98	23	11,6	7	1,6	90	25	4,3	1,5	6,90
	Mar.98	32	9,7	7	2	102,5	29	3,6	1,45	6,78

Tablo 3.10'un devamı

İstasyon Adı	Tarih	Ca	Mg	Na	K	HCO3-	SO4	Cl	NO3	%Hata
Melet Irmağı	May.98	25	8	4	3	80	23,5	2	0,6	7,37
	Tem.98	30	15	8,97	2,34	125	23,5	6,4	0,35	7,96
	Eyl.98	36	14,6	11	2,3	122,5	38	10,7	0,2	6,69
	Kas.98	30	6	7	2	85	18,7	9	1,55	6,58
	Oca.99	48	3,7	8,97	1,56	120	25,4	7,1	1,25	7,11
	Mar.99	23	12,2	3,91	1,56	75	35,5	4,3	1	5,97
	May.99	23	9,7	3,91	1,56	82,5	20,1	3,6	0,515	7,03
	Tem.99	20	9,7	5,98	2,34	90	7,7	5,68	1,14	7,91
	Eyl.99	33	9,7	8,05	2,34	80	28,8	5,68	0,58	-0,86
	Oca.00	35	6,1	6,9	2,34	100	20,6	6,4	5,72	5,51
	Mar.00	27	5,5	2,99	1,95	77,5	15,8	3,6	2,46	6,56
	May.00	30	9,1	5,06	1,56	107,5	9,6	5,7	1,65	7,83
	Tem.00	32	18,2	6,9	1,95	115	22,1	24,9	0,61	1,06
	Eyl.00	40	7,3	8,05	2,34	110	29,3	7,1	0,02	7,10
	Eki.00	44	12,16	7,82	1,95	122,5	43,2	8,5	1,1	6,39
	Oca.01	43	10,9	19,9	2,34	100	84,5	6,4	1,23	4,99
	Mar.01	24	5,5	2,99	2,73	70	16,8	3,6	1,14	6,85
Bolaman Çayı	Mar.08	26,05	6,08	4	1,1	61,01	27,38	4,96	0,3686	7,83
	May.08	30,1	13,4	9	2,2	109,8	34,1	15,6	0	0,26
	Tem.08	40,1	9,7	12	2,7	164,73	8,2	11,3	1,15	-0,13
	Ağu.08	44,09	9,7	8	2,2	170,83	17,77	8,5	0	0,02
	Eyl.08	30,1	3,6	4	1,9	61	34,7	7,09	1,3	-0,48
	Eki.08	34,07	20,7	6	2,4	146,42	41,4	9,2	0	0,33
	Kas.08	42,08	23,1	49,68	0,39	81,75	220,46	8,5	0,74	0,08
	Ara.08	31,06	2,9	22,31	2,34	121,41	31,7	8,5	5,08	-2,61
	Şub.10	25,6	4,09	5,66	1,68	94,71	11,22	5,41	6,8747	-3,61
	May.10	20,44	6,57	8,51	1,7	86,76	11,7	4,5	3,1449	3,58
	Ağu.10	42,48	8,15	11,96	3,43	121,59	30,51	16,19	18,3625	0,36
	Ara.10	27,77	4,6	6,41	1,82	103,4	11	5,83	8,5	-3,05
	Şub.11	29,65	7,2	10,07	1,81	84,5	21,8	25,66	17,6	-5,23
	May.11	33,14	6,6	8,92	1,86	93,8	17,2	13,96	10,3	-8,92
	Ağu.11	16,84	16,8	6,04	1,71	88,9	19,6	16,89	12	0,22
	Kas.11	38,81	5,8	7,53	1,82	133,7	13	5,45	10,9	0,02
	Şub.12	53,51	7,9	10,48	2,73	172,9	23,2	5,05	10,3	3,03
	Ağu.12	43,05	6,7	9,77	2,48	157,6	15,4	7,69	1	0,89
	Ara.12	35,22	5	7,16	1,68	114,8	15,9	6,84	1,7	1,90
	Şub.13	25,02	6,3	4,66	1,11	72,2	11,1	7,9	9,4	5,67
	Ağu.13	57,26	9	12	3	195	29	11,38	0,9	0,82
	Kas.13	50,78	8	10	3	173	25	7,94	1,5	1,45
	May.14	52,84	29,9	36,39	5,82	327	33,4	15,72	20,2	0,24
	Ağu.14	49,31	7,2	10,78	2,81	166,6	27,8	11,36	9,2	-2,42
	Kas.14	30,88	4,2	7,19	1,82	92,7	17,6	5,32	7,7	-0,02
	Şub.15	30,18	4,5	5,81	1,48	84,5	17,2	8,57	2,6	3,43

Tablo 3.10'un devamı

İstasyon Adı	Tarih	Ca	Mg	Na	K	HCO3-	SO4	Cl	NO3	%Hata
Bolaman Çayı	May.15	40,71	7	8,6	2,02	137,3	6,8	6,44	1,5	7,83
	Ağu.15	53,81	8,3	11,43	3,3	170,2	19,8	8,12	1,2	2,94
	Kas.15	35,8	5,6	7,72	2,24	119	16,4	6,32	2,4	2,64
YS12	Mar.16	16,92	3,36	3,75	3,75	64,43	9,653	4,2288	1,607	0,32
	Haz.16	30,11	5,93	5,44	1,38	116,18	2,85	0,67	0,258	6,79
	Ara.16	50,78	6,04	9,87	1,56	169,76	21,69	8,08	2,29	0,70
	Mar.17	33,51	5,34	7,5	1,12	121,88	14,06	4,16	1,569	1,38
	Eyl.17	31,23	5,69	6,12	1,19	111,14	14,79	10,04	1,006	-1,70
	Ara.17	37,16	8,1	8,44	1,96	125,42	19,06	8,29	1,197	4,68
	Mar.18	30,34	5,03	5,56	1,12	104,19	12,8	2,73	1,657	3,64
	Haz.18	27,8	4,39	5,6	1,28	91,38	11,74	2,83	1,134	5,44
	Eyl.18	37,37	7,01	7,34	1,66	143,96	17,99	9,98	1,014	-3,46
	Haz.19	18,23	5,3	3,56	1,26	48,8	20,74	16,24	1,809	-4,62
	Eyl.19	21,84	5,69	4,18	1,38	68,93	20,93	8,87	1,747	-0,91
YS11	Mar.16	54,12	8,61	7,01	7,01	214,51	8,216	4,2288	0,636	1,31
	Haz.16	28,81	9,41	7,42	1,69	160,25	2,42	0,67	0	-2,00
	Eyl.16	49,07	12,7	12,24	2,36	217,2	23,66	7,59	2,853	-1,95
	Ara.16	42,77	10,77	11,13	1,84	193,25	30,65	8,08	1,522	-6,14
	Mar.17	38,47	8,21	6,5	1,21	177,55	16,58	4,16	0,807	-7,18
	Eyl.17	62,28	15,93	16,87	2,36	258,28	19,85	10,04	1,324	3,00
	Ara.17	49,72	16,17	16,8	2	182,27	32,16	8,29	0,85	8,51
	Mar.18	21,97	4,43	4,22	1,11	90,16	10,05	2,73	0,05	-2,46
	Eyl.18	53,64	13,04	14,04	2,64	208,62	35,9	9,98	1,349	-0,03
	Haz.19	64,27	12,18	11,11	1,51	251,32	25,27	16,24	1,594	-3,59
	Eyl.19	70,65	13,31	13,14	1,59	262,3	11,86	8,87	1,273	4,54
	Ara.19	72,58	14,53	13,79	1,54	287,31	12,99	11,24	1,453	1,69
YS15	Mar.16	30,09	3,43	4,92	4,92	107,6	9,49	4,712	2,705	0,85
	Haz.16	44,99	6,4	8,81	1,58	171,94	2,05	1,14	0,203	5,13
	Eyl.16	36,91	3,6	6,13	1,67	117,1	9,48	4,41	2,035	4,55
	Ara.16	40,71	4,12	5,78	1,23	162,38	9,84	5,09	2,279	-6,15
	Mar.17	21,57	2,52	3,61	0,69	66,002	6,76	3,54	1,24	5,05
	Eyl.17	43,61	6,76	10,8	1,58	159,576	12,55	8,24	0,682	2,27
	Ara.17	42,48	6,48	8,53	1,65	141,52	14,05	8,27	1,651	3,91
	Mar.18	42,05	4,83	6,17	1,09	149,94	10,02	4	1,679	0,39
	Haz.18	15,65	4,42	6,99	1,43	87,23	9,13	3,62	1,793	-7,18
	Haz.19	34,22	6,63	9,63	1,81	122	11,83	6,61	1,159	5,73
	Eyl.19	47,16	9,2	12,03	2,57	143,35	27,11	18,13	3,434	4,04
	Ara.19	52,69	7,16	9,18	1,63	186,05	13	6,75	1,781	2,24
YS13	Mar.16	96,56	20,7	20,7	22,55	383,91	37,67	22,55	1,271	2,02
	Haz.16	89,42	22,31	22,31	4,03	395,4	6	4,03	1,105	4,84
	Ara.16	44,95	5,67	5,67	4,95	171,78	11,29	4,95	3,309	-1,55
	Mar.17	25,08	3,46	3,46	3,89	88,33	9,76	3,89	1,984	0,89
	Eyl.17	49,74	8,73	8,73	11,66	167,39	25,14	11,66	0,691	3,96

Tablo 3.10'un devamı

İstasyon Adı	Tarih	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃ ⁻	SO ₄	Cl	NO ₃	%Hata
YS13	Ara.17	30,46	4,58	4,58	5,95	88,09	12,14	5,95	3,161	9,51
	Haz.18	43,28	5,55	5,55	3,78	142,25	12,6	3,78	2,035	4,66
	Eyl.18	53,62	7,76	7,76	8,95	186,05	20,16	8,95	1,606	2,26
	Mar.19	29,5	4,44	4,44	4,85	92,11	10,15	4,85	2,14	7,57
	Haz.19	40,72	6,01	6,01	5,63	136,64	12,83	5,63	2,253	4,93
	Eyl.19	52,35	8,49	8,49	11,08	169,58	22,67	11,08	2,437	5,49
	Ara.19	51,03	7,33	7,33	6,77	176,29	14,15	6,77	2,57	3,97
Minimum		5,26	1,1	0,57	0,39	6,1	0,96	0,67	0	-8,9237
Maksimum		96,56	40,1	49,68	36,58	395,4	220,46	31,16	20,7	10,91326
Ortalama		32,62	7,91	7,4	3,33	115,48	20,06	7,41	3,63	1,853371

3.4.1.2.4. Potasyum (K⁺)

Yeraltısularının potasyum içeriği K-feldspat (KAlSi₃O₈) ve mika (KAl₂(AlSi₃)O₁₀(OH)₂) gibi minerallerinin ayrışma oranının bir fonksiyonudur (Hounslow, 1995). Tablo 3.11'de potasyumun istatistiksel olarak doğal sularda bulunan miktarları verilmiştir.

Tablo 3.11. Potasyumun doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları (mg/l) (Wedepohl, 1978)

Doğal Su Grubu	Standart Sapma (x)	Örnek Sayısı (n)	Değer Aralığı
Deniz suyu	392		
Göller	233	255	0,2-7560
Nehir	6,5	705	0,1-238
Yeraltısuyu	6,2	736	0,1-98
Hidrotermal sular	116	338	1-2325
Formasyon suları	1441	235	2-9120

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait K⁺ iyonu miktarı 0,7-3,66 mg/l değişmektedir. Ortalama miktarı 2,12 mg/l'dir (Tablo 3.9). Ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarında (Anonim, 1998'a; 2002; 2005; 2006) potasyum için herhangi bir kılavuz değer belirtilmemiştir.

3.4.1.2.5. Klorür (Cl⁻)

Sulardaki klorun esas kaynağı sodyum klorürdür. Bu durum ya direkt olarak halit çözünmesinden veya dolaylı olarak okyanuslardan buharlaşan suyun yağışlarla yeryüzüne düşmesiyle gerçekleşir. Bunların dışında yeraltısuyuna en fazla klor deniz suyundan gelebilir. Genel olarak yeraltısularındaki klor miktarı yağışlı bölgelerde az, kurak bölgelerde fazladır (Hounslow, 1995).

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait klorür miktarı 4,9-104,76 mg/l arasında değişmektedir; ortalama miktarı 19,24 mg/l'dir (Tablo 3.9). 1995-2019 yılları arasında ölçülen klorür miktarı 3,81-20 mg /l arasında değişmektedir; ortalama değeri 7,77 mg/l'dir (Tablo 3.10). Bu değerleri ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarının tümünde (Anonim, 1998'a; 2002; 2005; 2006) 250 mg/l olarak belirlenen sınır değerinin altındadır.

3.4.1.2.6. Sülfat (SO₄²⁻)

Sülfür mineralleri suyla temas ederek bozunurlar ve oksitlenerek sülfat iyonlarını oluşturur ve bu iyonlar suya geçer (Hem, 1985). Yeraltısularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritlerden ileri gelmektedir. Bu doğal kaynaklar dışında deri, selüloz, tekstil, sülfirik asit, metalürji endüstrisi atıksuları, asit yağmuru ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj suları da yüzey ve yeraltısularındaki sülfat miktarını arttıran kaynaklardır. Yerleşim bölgelerinde evsel atıksuların yüzeysel sulara boşaltılması veya çeşitli yollarla yeraltısuyuna sızması, bu sulardaki sülfat derişimini yükseltir.

2023 yılı şubat ayında alınan yüzey sularının sülfat miktarı 4,34-50,07 mg/l arasında değişmektedir; maksimum miktarı 50,07 değeri ile YS4 noktasında belirlenmiştir. Yüzey sularının ortalama miktarı 22,708 mg/l'dir (Tablo 3.9). 1995-2019 yılları arasında ölçülen sülfat miktarı 10,42-30,69 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama değer ise 17,19mg/l olarak belirlenmiştir (Tablo 3.10). Bu değerler ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarının tümünde (Anonim, 1998'a; 2002; 2005; 2006) 250 mg/l olarak belirlenen sınır değerinin altındadır.

3.4.1.2.7. Bikarbonat (HCO_3^-)

Alkalinite, suyun kimyasal özelliklerinden biridir ve su içindeki bikarbonat (HCO_3^-) ve karbonat (CO_3^{2-}) iyonlarına bağlıdır. Alkalinite, suyun pH'ını tamponlama yeteneği ve suyun asit veya baz özellikleri üzerinde etkisi olan bir parametredir. Bikarbonat (HCO_3^-) ve karbonat (CO_3^{2-}) iyonları, karbonik asit (H_2CO_3) çözünürlüğüne bağlı olarak suya dengeli bir şekilde çözünürler. Su içindeki bu iyonlar, çözünmüş CO_2 (karbondioksit) ile birlikte karbonik asit oluşturur. Karbonik asit, bikarbonat ve karbonat iyonlarına dönüşür ve bu dönüşüm, suyun alkalinite seviyesini belirler.

2023 şubat ayında alınan yüzey sularının bikarbonat miktarı 53,51-84,82 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.9). Su örneklerinde en düşük HCO_3^- içeriği 53,51 değeri ile YS2 noktasında, en yüksek HCO_3^- içeriği 84,82 değeri ile YS 5 noktasında ölçülmüştür.

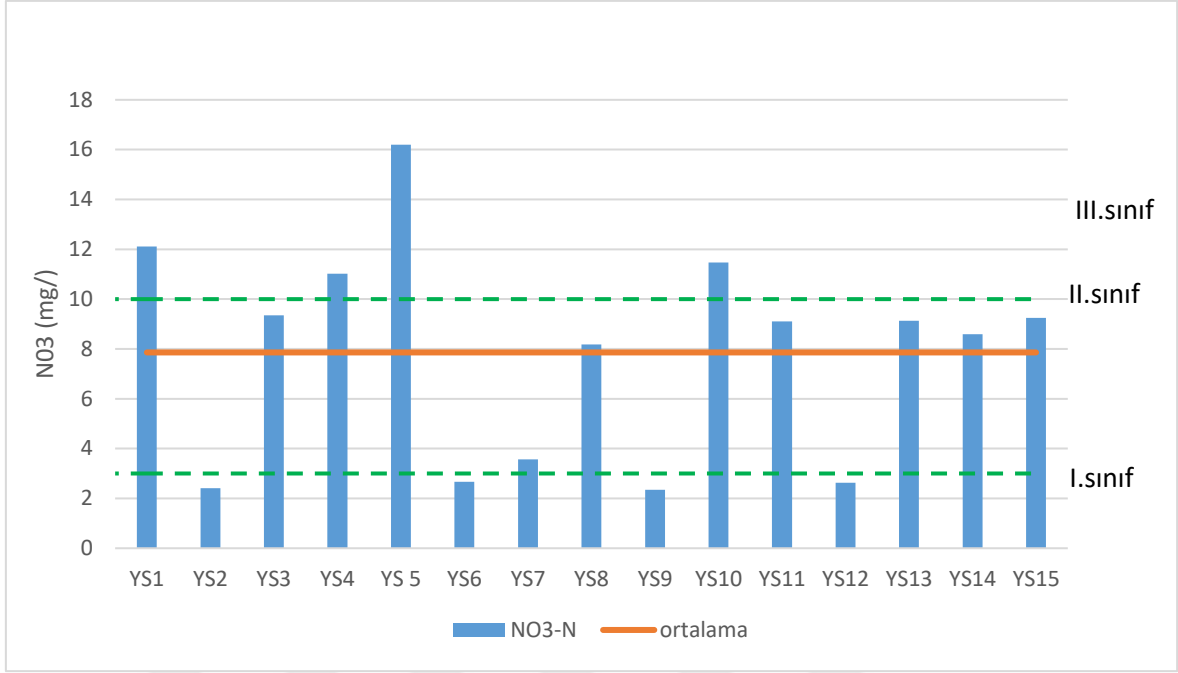
3.4.1.3. İnceleme Alanındaki Yüzey Sularında Bulunan Kirlilik Parametreleri

3.4.1.3.1. Nitrat (NO_3^-)

Nitrat, sularda bulunan bağlı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Yüzey ve yeraltısularındaki nitrat çoğunlukla organik veya insan kaynaklıdır. Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, katı atıkların yıkanması, evsel atıklar, endüstriyel atıksular, tarımda kullanılan gübreler, sulamadan dönen sular, atmosferik azotun yağışlarla yıkanması yüzey ve yeraltısularındaki nitrata sağlayan başlıca kaynaklardır (Dikmen, 2001).

Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının analiz sonuçlarına göre su örneklerindeki nitrat miktarı 2,35-16,2 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.12). En yüksek nitrat değeri 16,2 ile YS5 istasyonunda ve en düşük nitrat değeri 2,35 ile değeri YS9 istasyonunda ölçülmüştür. Ortalama nitrat değeri ise 7,8692mg/l'dir. SKKY (2021) sınıflama göre yüzey suları II. (iyi) kalite sular sınıfındadır. Fakat YS1, YS4, YS5 ve YS10 yüzey suyu noktaları III. (orta) kalite sular sınıfına girmektedir (Şekil 3.7).

1995-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında nitrat miktarı 1,62-8,78mg/l arasında değişmektedir. Ortalama nitrat içeriği ise 3,91 mg/l olarak belirlenmiştir (Tablo 3.13).



Şekil 3.7. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait nitrat değerleri (mg/l)

Tablo 3.12. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait kirlilik parametreleri (mg/l)

İstasyon Adı	o-PO4	NH4-N	NO2-N	NO3-N
YS 5	0,2	0,8	0,15	16,2
YS10	0,09	0,7	0,134	11,476
YS6	0,04	1,03	0,128	2,671
YS13	0,02	0,9	0,136	9,134
YS14	0,03	1	0,133	8,596
YS7	0,04	1,22	0,136	3,568
YS1	0,04	0,62	0,082	12,108
YS8	0,14	0,72	0,084	8,18
YS12	0,05	0,88	0,142	2,63
YS11	0,02	1,06	0,081	9,103
YS4	0,09	0,91	0,214	11,02
YS3	0,05	1	0,131	9,353
YS9	0,03	0,7	0,134	2,35
YS2	0,04	1	0,14	2,408
YS15	0,16	1,13	0,083	9,241
Minimum	0,02	0,62	0,081	2,35
Maksimum	0,2	1,22	0,214	16,2
Ortalama	0,069333	0,911333	0,1272	7,8692

Tablo 3.13. 1995-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait kirlilik parametreleri (mg/l)

İstasyon Adı	Tarih	NH4	NO2	NO3	PO4
	Oca.95	0,05	0,121	1,7	0,11
	Mar.95	0,05	0,031	1,5	0,04
	May.95	0,05	0	0,5	0,18
	Eyl.95	0,4	0	1,5	0,09
	Kas.95	0,6	0,02	0	0,38
	Oca.96	0,3	0	1,25	0,02
	Mar.96	0,6	0,02	0,75	0,08
	May.96	0,15	0,003	1,3	0,19
	Eyl.96	0,4	0	1,5	0,09
	Kas.96	0,6	0,02	0	0,38
	Mar.97	0,4	0,004	1,2	0,09
	May.97	0,2	0,004	0,9	0,17
	Tem.97	0,5	0,002	0,55	0,02
	Eyl.97	0,2	0	0,05	0,02
	Kas.97	0,3	0	1,45	0,09
	Oca.98	2	0,001	1,5	0,05
	Mar.98	0,25	0,002	1,45	0,24
	May.98	0,2	0	0,6	0,44
	Tem.98	0,2	0	0,35	0,18
	Eyl.98	0,25	0	0,2	0,02
	Kas.98	0,25	0	1,55	0,16
	Oca.99	0,3	0,008	1,25	0,09
	Mar.99	0,15	0,003	1	0,15
	May.99	0,3	0,009	0,515	0,08
	Tem.99	0,2	0	1,14	0,09
	Eyl.99	0,05	0	0,58	0,08
	Kas.99	0	0,005	1,62	0,05
	Oca.00	0,1	0,022	5,72	0,08
	Mar.00	0,15	0,288	2,46	0,27
	May.00	0,1	0,003	0	0,08
	Tem.00	0,05	0,007	0,61	0,03
	Eyl.00	0,05	0,01	0,02	0,11
	Eki.00	0,4	0,011	1,1	0,14
	Oca.01	0,1	0,016	1,23	0,05
	Mar.01	0,1	0	1,14	0,4
	May.01	0,05	0	0,7	0,04
	Tem.01	0,1	0	0	0,06
	Eyl.01	0	0	0	0,12
	Kas.01	0,15	0	1,97	0,15
	Oca.02	0,05	0,001	2,18	0,06
	Nis.02	0,15	0	0,93	0,09
	Tem.02	0,15	0	0,75	0,07
	Eki.02	0,15	0	1,01	0,07

Tablo 3.13'ün devamı

İstasyon Adı	Tarih	NH4	NO2	NO3	PO4
	Tem.03	0	0,001	0,0474	0,025
	Eki.03	0,05	0	1,2	0,03
	Oca.04	0	0	1,1	0,11
	Nis.04	0,2	0,002	0,3	0,15
	Tem.04	0	0	0,3	0,04
	Eki.04	3	0	0,15	0,02
	Oca.05	0,1	0	0,75	0,64
	Tem.06	0,0363	0,0045	1,1	0,0386
	Eki.06	0,0043	0,0001	0,0226	0,0537
	Oca.07	0,021	0	0,1	0,03
	Nis.07	0,027	0,074	0	0,04
	Tem.07	0,004	0,001	0	0,1
	Eki.07	0,007	0	0	0,01
	Tem.08	0	0	0,37	0
	Şub.09	0,1864	0	7,2324	0
	Ağu.09	0	0,2353	2,7285	0
	Kas.09	0	0	7,0653	0
	Şub.10	0	0	6,3405	0
	May.10	0	0	8,1655	0
	Ağu.10	0	0	4,2663	0
	Kas.10	0	0	8,1	0
	Şub.11	0	0	18,1	0
	May.11	0	0	7,8	0
	Ağu.11	0	0	7,4	0
	Kas.11	0	0	9	0
	Şub.12	0	0	8,1	0
	May.12	0	0	2,7	0
	Ağu.12	0	0	0,7	0
	Kas.12	0,245	0	1,2	0
	Şub.13	0	0	8,4	0
	May.13	0	0	3,9	0
	May.14	0	0	5,1	0
	Ağu.14	0	0	3,8	0
	Kas.14	0	0	8,5	0
	Şub.15	0	0	2,2	0,18
	May.15	0	0	0,8	0,3
	Ağu.15	0	0	0,7	0,4
	Kas.15	0	0	3,8	0,4
Melet Çayı-Sap Deresi Karışım Sonrası	Tem.08	0	0	0,5	0
	Ağu.08	0	0,126	0	0
	Eki.08	0,043	0	0	0
	Kas.08	0	0,005	0,23	0
YS8	Ara.08	0,205	0	3,27	0
	Şub.09	0	0,4205	6,2935	0
	Nis.09	0	0	3,1439	0

Tablo 3.13'ün devamı

İstasyon Adı	Tarih	NH4	NO2	NO3	PO4
YS8	Haz.09	0	0	4,7396	0
	Ağu.09	0	0	5,6034	4,8333
	Kas.09	0	0	7,3659	0
	Şub.10	0	0	8,0031	0
	Nis.10	0	0	8,2552	0
	Haz.10	0	0	2,7704	0
	Ağu.10	0	0	5,0401	0
	Eki.10	0	0	12,0947	0
	Ara.10	0	0	8,6	0
	Şub.11	0	0	16,8	0
	Nis.11	0	0	13,5	0
	Haz.11	0	0	8,4	0
	Ağu.11	0	0	13,1	0
	Eki.11	0	0	6,2	0
	Ara.11	0	0	7,8	0
	Şub.12	0	0	10,1	0
	Nis.12	0	0	4,8	0
	Haz.12	0,035	0	0,9	0
	Ağu.12	0,35	0	1,6	0
	Eki.12	0,178	0	2,3	0
	Ara.12	0	0	1,4	0
	Şub.13	0	0	9,7	0
	Nis.13	0,01	0	7,9	0
	Haz.13	0	0	2,4	0
	Ağu.13	0	0	2	0
	Eki.13	0	0	1,1	0
	Ara.13	0	0	2,1	0
	Şub.14	0	0	15,5	0
	Nis.14	0	0	9,5	0
	Haz.14	0	0,032	5,6	0
	Ağu.14	0	0,005	6,1	0
	Ara.14	0	0,069	9,3	0
	Şub.15	0	0,031	2,3	0,18
	Nis.15	0	0,017	1,3	0,3
	Haz.15	0	0,015	1	0,4
	Ağu.15	0	0,015	0,9	0,4
	Eki.15	0	0,033	1,9	0,4
	Ara.15	0	0,02	3,5	0,4
	Haz.13	0	0	2,2	0
	Ağu.13	0	0	0,7	0
	Eki.13	0	0	0,5	0
	Ara.13	0	0	2,1	0
	Şub.14	0	0	13,2	0
	Nis.14	0	0	3,2	0
	Haz.14	0	0,013	0	0

Tablo 3.13'ün devamı

İstasyon Adı	Tarih	NH4	NO2	NO3	PO4
YS8	Ağu.14	0	0,005	3,9	0
	Eki.14	0	0	3,7	0
	Ara.14	0	0	4,9	0
	Şub.15	0,01	0	6,7	0,18
	Nis.15	0	0,015	0,7	0,3
	Haz.15	0	0,015	0,7	0,4
	Ağu.15	0	0,015	0,7	0,4
	Eki.15	0	0,015	0,7	0,4
	Ara.15	0	0,015	0,8	0,4
Merkez Ünitesi	Şub.13	0,06	0	17,9	0
	Nis.13	0	0	9,8	0
	Haz.13	0	0	6,6	0
	Ağu.13	0	0	1,7	0
	Eki.13	0	0	2,3	0
	Ara.13	0	0	3,3	0
	Şub.14	0	0	11,4	0
	Nis.14	0	0	13,6	0
	Haz.14	0	0,026	12,2	0
	Ağu.14	0	0	0	0
	Eki.14	0	0	16,7	0
	Ara.14	0	0,095	20,7	0
	Şub.15	0	0	13,6	0,18
	Nis.15	0	0,097	3,3	0,29
	Haz.15	0	0,036	3,3	0,42
	Ağu.15	0	0,015	2	0,48
	Eki.15	0	0,058	12,8	0,33
	Ara.15	0	0,015	6,9	0,4
Çağlayan	Ağu.13	0	0	0,5	0
	Eki.13	0	0	1,4	0
	Şub.14	0	0	12,5	0
	Nis.14	0	0	9,3	0
	Haz.14	0	0,062	8,9	0
	Ağu.14	0	0,004	3,9	0
	Eki.14	0	0	17	0
	Ara.14	0	0	12,3	0
	Nis.15	0,01	0,015	2,3	0,3
	Haz.15	0	0,023	2,2	0,4
	Ağu.15	0	0,015	1,9	0,4
	Eki.15	0	0,015	3	0,4
	Ara.15	0	0,015	3,5	0,4
YS10	Şub.13	0	0	0	0
	Tem.13	0	0	2,1	0
	Eyl.13	0	0	1	0
	Eki.13	0	0	0	0
	Şub.14	0	0	6,1	0

Tablo 3.13'ün devamı

İstasyon Adı	Tarih	NH4	NO2	NO3	PO4
YS10	Nis.14	0	0	3,6	0,88
	Haz.14	0	0,01	3,8	0
	Ağu.14	0	0,004	18,8	0
	Eki.14	0	0	3,9	0
	Ara.14	0	0	4,7	0
	Nis.15	0	0,015	0,7	0,3
	Haz.15	0,001	0,015	0,8	0,4
	Eyl.15	0	0,015	0,8	0,4
	Eki.15	0	0,015	0,8	0,4
	Ara.15	0	0,015	1,9	0,4
YS15	Mar.16	0,038	0,015	2,705	0,5
	Haz.16	0,038	0,015	0,203	0,5
	Eyl.16	0,038	0,015	2,035	0,5
	Ara.16	0,038	0,015	2,279	0,05
	Mar.17	0,038	0,015	1,24	0,05
	Haz.17	0,038	0,015	0,98	0,05
	Eyl.17	0,038	0,015	0,682	0,05
	Ara.17	0,038	0,015	1,651	0,05
	Mar.18	0,038	0,015	1,679	0,05
	Haz.18	0,038	0,015	1,793	0,171
	Eyl.18	0,038	0,015	1,061	0,05
	Haz.19	0	0,05	1,159	0,05
	Eyl.19	0,038	0,242	3,434	0,05
	Ara.19	0,038	0,015	1,781	0,05
Ceviz Dere	Tem.07	0,002	0	0	0,01
	Eyl.07	0,016	0,001	0,1	0,05
	Eki.07	0,01	0	0	0
	Ara.07	0,236	0,001	0,1	0,03
	Mar.07	0,8357	0	0	0,0396
	Nis.07	0,187	0,008	0,5	0,02
	May.07	0	0,007	0	0
	Haz.07	0	0	0,3	0
	Tem.07	0	0	0,26	0
	Ağu.07	0	0	0	0
	Eyl.07	0,012	0	0	0
	Eki.08	0,026	0,006	0	0
	Kas.08	0	0	1,37	0
	Ara.08	0,163	0	2,75	0
	Şub.09	0	0	6,3251	0
	May.09	0	0	3,0757	0
	Ağu.09	0	0	3,3468	0
	Kas.09	0	0	10,0609	0
	Şub.10	0	0	7,6224	0
	May.10	0	0	6,9015	0
	Ağu.10	0	0	8,7917	0

Tablo 3.13'ün devamı

İstasyon Adı	Tarih	NH4	NO2	NO3	PO4
Ceviz Dere	Kas.10	0	0	11,3	0,1
	Şub.11	0	0	13,5	0
	May.11	0	0	8,5	0
	Ağu.11	0	0	7,4	0
	Kas.11	0	0	6,5	0
	Şub.12	0	0	6,5	0
	May.12	0	0	3,7	0
	Ağu.12	0,319	0,005	0,6	0,2
	Kas.12	4,35	0	1,6	0
	Şub.13	0,01	0	7,2	0
	May.13	0,03	0	3,8	0
	Ağu.13	0,02	0	0,6	0
	Kas.13	0	0	0,8	0
	Şub.14	0	0	13	0
	May.14	0	0,037	3,6	0
	Ağu.14	0	0	0	0
	Kas.14	0	0	6,9	0
	Şub.15	0	0,015	1,3	0,18
	May.15	0	0,015	1,1	0,3
	Ağu.15	0	0,15	1	0,4
	Kas.15	0	0,015	1,5	0,4
Bolaman Çayı	Mar.08	0	0	0,3686	0,1069
	May.08	0	0,011	0	0
	Tem.08	0	0,004	1,15	0,03
	Ağu.08	0	0,146	0	0
	Eyl.08	0,021	0,001	1,3	0,01
	Eki.08	0,025	0,004	0	0
	Kas.08	0	0,006	0,74	0,02
	Ara.08	0,213	0,074	5,08	0,13
	Şub.09	0	0	7,4694	0
	May.09	0	0	4,214	7,3694
	Ağu.09	0	1,051	4,2469	4,2175
	Kas.09	0	0	7,984	0
	Şub.10	0	0	6,8747	0
	May.10	0	0	3,1449	0
	Ağu.10	0	0	18,3625	0
	Ara.10	0	0	8,5	0,21
	Şub.11	0	0	17,6	0
	May.11	0	0	10,3	0
	Ağu.11	0	0	12	0
	Kas.11	0	0	10,9	0
	Şub.12	0	0	10,3	0
	May.12	0	0	5,2	0
	Ağu.12	0,4	0	1	0
	Ara.12	0,264	0	1,7	0,12

Tablo 3.13'ün devamı

İstasyon Adı	Tarih	NH4	NO2	NO3	PO4
Bolaman Çayı	Şub.13	0,03	0	9,4	0
	May.13	0,07	0	5,2	0
	Ağu.13	0	0	0,9	0
	Kas.13	0	0	1,5	0
	Şub.14	0	0	0	0
	May.14	0	0,012	20,2	0
	Ağu.14	0	0,005	9,2	0
	Kas.14	0	0	7,7	0
	Şub.15	0	0,037	2,6	0,18
	May.15	0	0,06	1,5	0,3
	Ağu.15	0	0,059	1,2	0,39
	Kas.15	0	0,1	2,4	0,2
	Mar.16	0,038	0,015	1,607	0,5
	Haz.16	0,038	0,015	0,258	0,5
	Eyl.16	0,038	0,015	2,379	0,5
	Ara.16	0,038	0,015	2,29	0,062
	Mar.17	0,038	0,049	1,569	0,05
	Haz.17	0,038	0,015	0,865	0,05
	Eyl.17	0,038	0,015	1,006	0,05
	Ara.17	0,038	0,062	1,197	0,05
	Mar.18	0,038	0,015	1,657	0,05
	Haz.18	0,038	0,015	1,134	0,05
	Eyl.18	0,038	0,015	1,014	0,08
	Mar.19	0,038	0,015	2,112	0,05
	Haz.19	0,038	0,05	1,809	0,05
	Eyl.19	0,038	0,061	1,747	0,05
	Ara.19	0,038	0,042	3,765	0,05
YS11	Mar.16	0,038	0,015	0,636	0,5
	Haz.16	0,038	0,015	0	0,5
	Eyl.16	0,038	0,015	2,853	0,5
	Ara.16	0,038	0,015	1,522	0,05
	Mar.17	0,038	0,161	0,807	0,05
	Haz.17	0,038	0,015	0,703	0,05
	Eyl.17	0,038	0,017	1,324	0,05
	Ara.17	0,038	0,015	0,85	0,05
	Mar.18	0,038	0,028	0,05	0,05
	Haz.18	0,038	0,015	1,05	0,046
	Eyl.18	0,038	0,015	1,349	0,078
	Mar.19	0,038	0,015	10,352	0,05
	Haz.19	0,038	0,05	1,594	0,082
	Eyl.19	0,038	0,113	1,273	0,05
	Ara.19	0,038	0,015	1,453	0,05
YS13	Mar.16	0,038	0,015	1,271	0,5
	Haz.16	0,038	0,015	1,105	0,5
	Eyl.16	0,038	0,015	2,293	0,5

Tablo 3.13'ün devamı

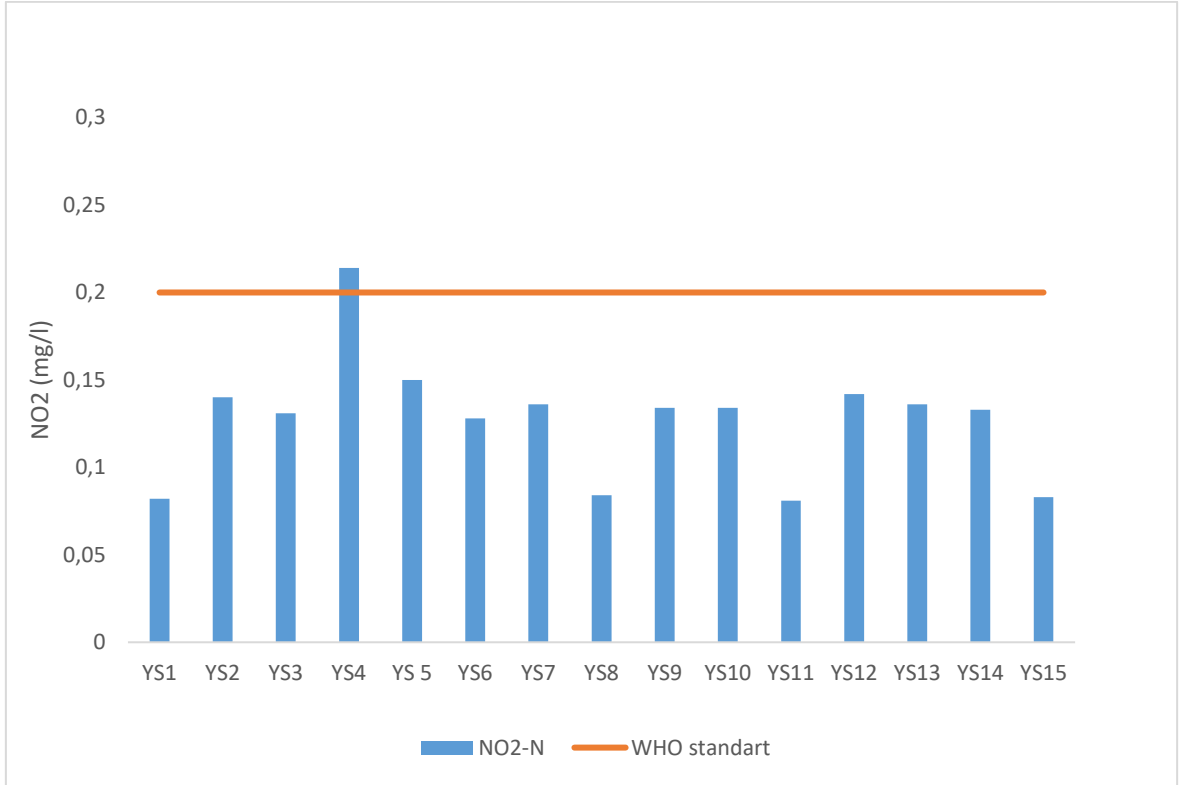
İstasyon Adı	Tarih	NH4	NO2	NO3	PO4
YS13	Ara.16	0,038	0,015	3,309	0,05
	Mar.17	0,038	0,031	1,984	0,073
	Haz.17	0,038	0,015	1,8	0,05
	Eyl.17	0,038	0,015	0,691	0,051
	Ara.17	0,038	0,009	3,161	0,128
	Mar.18	0,038	0,026	0,923	0,11
	Haz.18	0,038	0,036	2,035	0,053
	Eyl.18	0,038	0,015	1,606	0,055
	Mar.19	0,038	0,015	2,14	0,071
	Haz.19	0,038	0,05	2,253	0,084
	Eyl.19	0,038	0,067	2,437	0,05
	Ara.19	0,038	0,015	2,57	0,05
YS14	Mar.16	0,038	0,015	1,748	0,5
	Haz.16	0,038	0,015	0,364	0,5
	Eyl.16	0,038	0,015	2,336	0,5
	Ara.16	0,038	0,015	2,241	0,11
	Mar.17	0,038	0,015	1,633	0,07
	Haz.17	0,038	0,015	1,423	0,05
	Eyl.17	0,038	0,015	0,928	0,173
	Ara.17	0,038	0,075	2,58	0,092
	Mar.18	0,038	0,024	0,799	0,05
	Haz.18	0,038	0,015	1,735	0,148
	Eyl.18	0,038	0,015	1,221	0,071
	Mar.19	0,038	0,015	1,773	0,08
	Haz.19	0	0,05	2,06	0,057
	Eyl.19	0,038	0,077	1,71	0,083
	Ara.19	0,038	0,05	2,267	0,05
Minimum		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Maksimum		4,3500	1,0510	20,7000	7,3694
Ortalama		,074952	,018816	3,642567	,146868

3.4.1.3.2. Nitrit (NO₂⁻)

Nitrit sulara düşük miktarlarda bulunan bir azot bileşimidir. Oksijenin bulunduğu ortamda kararsız durumda olduğundan, amonyak ve nitrat arasında (nitrifikasyon) veya nitrat ve azot oksit arasında (denitrifikasyon) geçiş formu olarak bulunur. Suda nitritin bulunuşu, organik kirlenme tarafından etkilenmiş aktif biyolojik süreçlerin varlığını gösterir (McNeely vd., 1979).

Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının analiz sonuçlarına göre su örneklerindeki nitrit miktarı 0,081-0,214 mg/l arasında değişim

göstermektedir. Su örneklerindeki ortalama nitrit değeri 0,1272 mg/l'dir (Tablo 3.12). En düşük nitrit değeri 0,081 ile YS11 istasyonunda, en yüksek nitrit değeri 0,214 ile değeri YS4 istasyonunda elde edilmiştir. Bu en yüksek nitrit değeri Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ;(2005) ve Avrupa Birliği (EU); (1998) sınır değerlerden (0,50 mg/l) yüksek değildir, fakat Dünya Sağlık Örgütü (WHO); (2006) içme su kullanma için belirlenen sınır değerden (0,20 mg/l) yüksektir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait nitrit değerleri (mg/l)

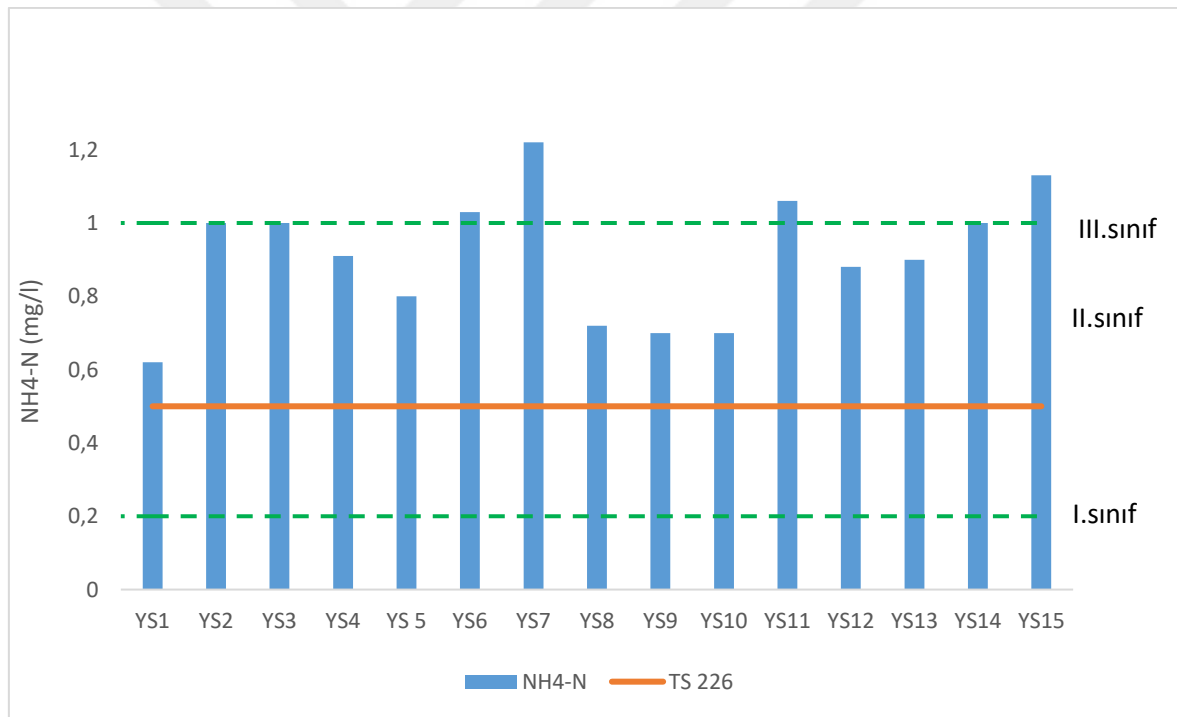
3.4.1.3.3. Amonyum (NH_4^+)

Amonyak sularda bulunan azotun en fazla indirgenmiş inorganik bileşiğidir ve çözünmüş amonyak (NH_3) ve amonyum iyonlarından (NH_4^+) oluşur (McNeely vd., 1979). Amonyum hem doğal hem de antropojenik kökenli olarak oluşabilir. Amonyumun doğal kaynakları organik ve inorganik, antropojenik kaynağı ise gübreler ve endüstriyel faaliyetlerdir (Aiuppa vd., 2003).

Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının analiz sonuçlarına göre su örneklerindeki amonyum miktarı 0,62-1,22 mg/l arasında değişmektedir. Su örneklerindeki ortalama miktarı 0,91 mg/l'dir (Tablo 3.12). 2023 yılı şubat ayında yapılan analiz sonuçlarına göre en düşük amonyum değeri 0,62 ile (YS1) noktasında ve en yüksek amonyum değeri 1,22 ile miktarı (YS7) noktasında elde edilmiştir. Tüm noktalarda ölçülen amonyum miktarı Türk Standartları Enstitüsü (TS 266); Anonim (2005)'te tanımlanan sınır değerlerin üzerinde bulunmaktadır (Şekil 3.9).

1995-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında amonyum miktarı 0-0,06 mg/l arası değişmektedir (Tablo 3.13).

SKKY (2021) sınıflama göre bu sular ortalık olarak II. (iyi) kalite sular sınıfındadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait amonyum değerleri

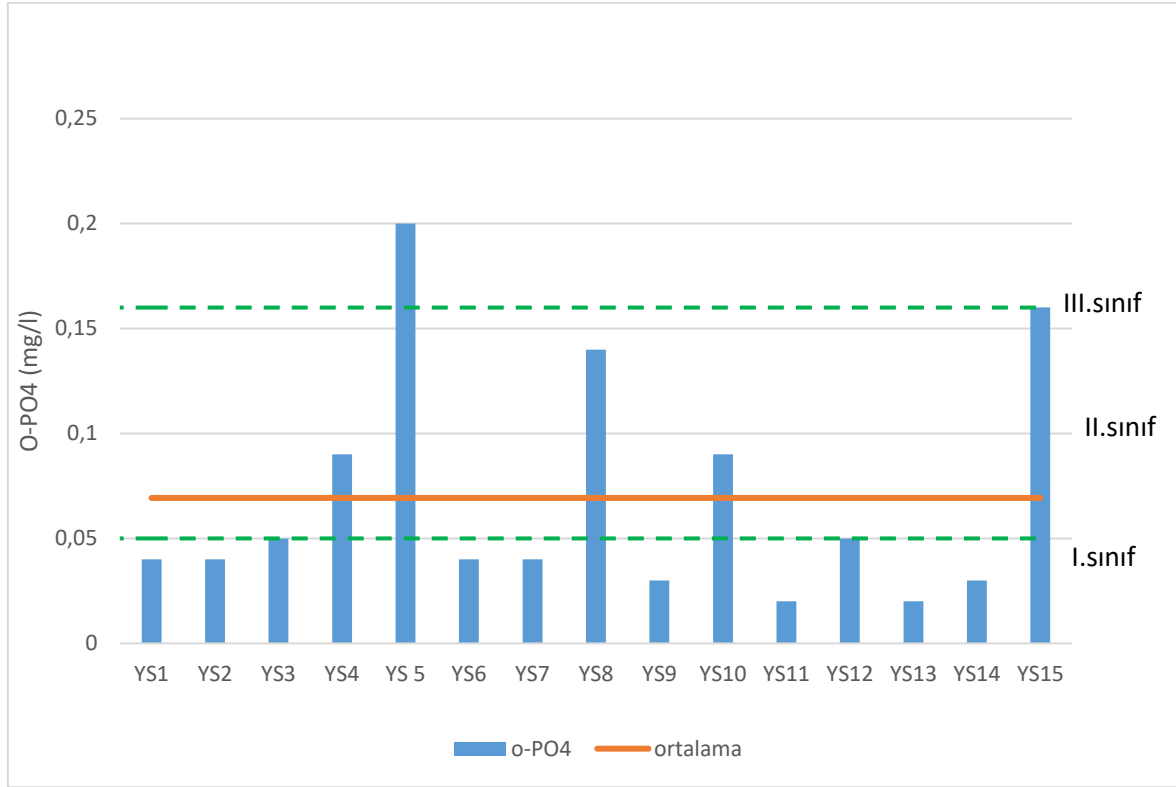
3.4.1.3.4. Fosfat (PO_4^{3-})

Fosfat doğal ve atık sularda fosfor çeşitli şekillerde bulunur. Sedimanlar içinde de oldukça yaygın olmasına karşın doğal sulardaki fosfat derişimi 1 mg/l'nin çok altındadır (Hem, 1985). Yüzey ve yeraltısularında fosfat, kayalardan ve topraktan, bozunan bitkisel

ve hayvansal atıklardan, evsel ve endüstriyel atıklardan, arıtma tesisi atık sularından, katı atık depolama alanlarından, tarımda kullanılan gübrelerden kaynaklanmaktadır. Ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarında PO_4^{3-} için belirlenmiş bir sınır değeri bulunmamaktadır.

Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının analiz sonuçlarına göre su örneklerindeki fosfat (PO_4^{3-}) miktarı 0,02-0,2 mg/l arasında değişim göstermektedir (Tablo 3.12). 2023 yılı şubat ayında yapılan analiz sonuçlarına göre en yüksek amonyum değeri 0,2 mg/l ile YS5 istasyonda ve en düşük fosfat değeri 0,02 mg/l ile YS11 ve YS13 istasyonlarda ölçmüştür. Yüzey suyu örneklerinde ortalama Fosfat miktarı 0,069 mg/l hesaplanmıştır. SKKY (2021) sınıflama göre YS5, YS4, YS8, YS10 ve YS15 istasyonlarındaki su örnekleri II. (iyi) kalite sular sınıfındadır. Diğer istasyonlardaki su örnekleri ise (YS1, YS2, YS3, YS9) I. (çok iyi) kalite sular sınıfındadır (Şekil 3.10). Ortalama fosfat miktarına göre 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan su örnekleri I. (çok iyi) kalite sular sınıfındadır

1995-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında ortalama fosfat miktarı 0,113mg/l; minimum ve maksimum miktarlar ise 0-0,2mg/l arasında bulunmaktadır (Tablo 3.13). SKKY (2021) sınıflama göre yıllar arası ortalama fosfat miktarının II. (iyi) kalite sular sınıfındadır.



Şekil 3.10. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait fosfat değerleri

3.4.1.3.5. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)

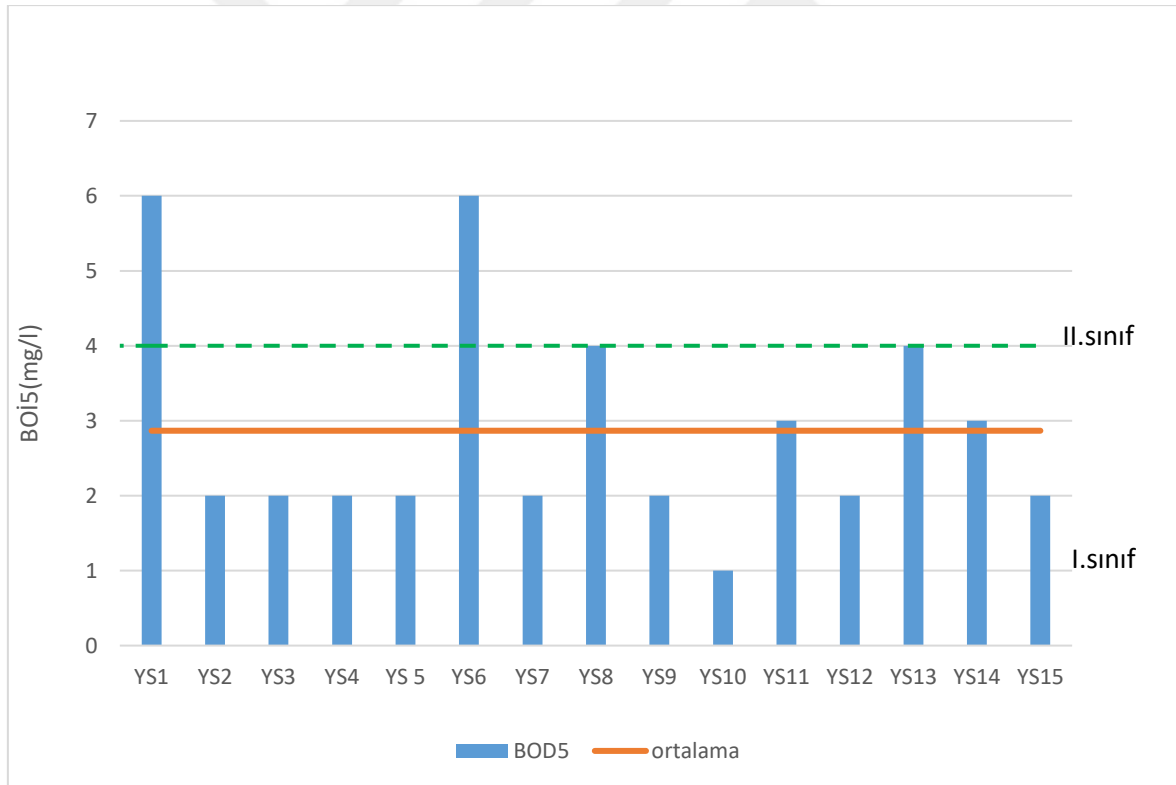
Sudaki biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), sudaki organik maddelerin miktarına bağlı olarak ortaya çıkan oksijen ihtiyacını ifade eder. BOİ, sudaki organik maddelerin bakteriler ve diğer mikroorganizmalar tarafından parçalanması ve ayrışması sırasında ortaya çıkan biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana gelir.

Organik maddeler, sudaki organik atıklar, bitki kalıntıları, kanalizasyon suları, tarımsal akıntılar ve endüstriyel atıklar gibi çeşitli kaynaklardan gelir. Bu organik maddeler, sudaki mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak parçalanır. Bu süreçte oksijen tüketilir, çünkü mikroorganizmalar organik maddeleri oksitleyerek enerji elde ederler. Bu nedenle, suyun içindeki organik madde miktarı arttıkça, mikroorganizmalar tarafından oksijen tüketimi de artar. BOİ, su kirliliği seviyesini değerlendirmek için önemli bir parametredir. Yüksek BOİ değerleri, suyun organik kirlilikle kirlendiğini ve biyolojik aktivitenin yoğun olduğunu gösterir. Yetersiz oksijen, sucul organizmaların yaşamını olumsuz etkiler ve su ekosistemlerinin dengesini bozar. Bu nedenle, su arıtma tesislerinin etkinliğini

değerlendirmek ve su kirliliğinin izlenmesi için BOİ ölçümleri yapılır. (American Public Health Association APHA;1998)

BOİ değeri, su numunesinin belirli bir süre boyunca karanlıkta saklanması ve oksijen tüketiminin ölçülmesiyle belirlenir. BOİ5, 20°C'de 5 gün süresince oksijen tüketimi olarak ifade edilir. Bu süre zarfında ne kadar oksijenin tükendiği ölçülür ve BOİ5 değeri hesaplanır. BOİ5, genellikle su kalitesinin belirlenmesi ve su arıtma sistemlerinin performansının değerlendirilmesi için kullanılan yaygın bir ölçümdür (Gualtieri, 1998).

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Biyokimyasal oksijen ihtiyacı miktarı 1-6 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.12). Ortalama miktar 2,86mg/l olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.11). SKKY (2021) sınıflama göre YS2, YS3, YS4, YS5, YS7, YS9, YS10, YS11, YS14 ve YS15 numaralı örnekler I. (çok iyi) kalite sular sınıfındadır; YS1, YS6, YS8 ve YS13 numaralı örnekler ise II. (iyi) kalite sular sınıfındadır.

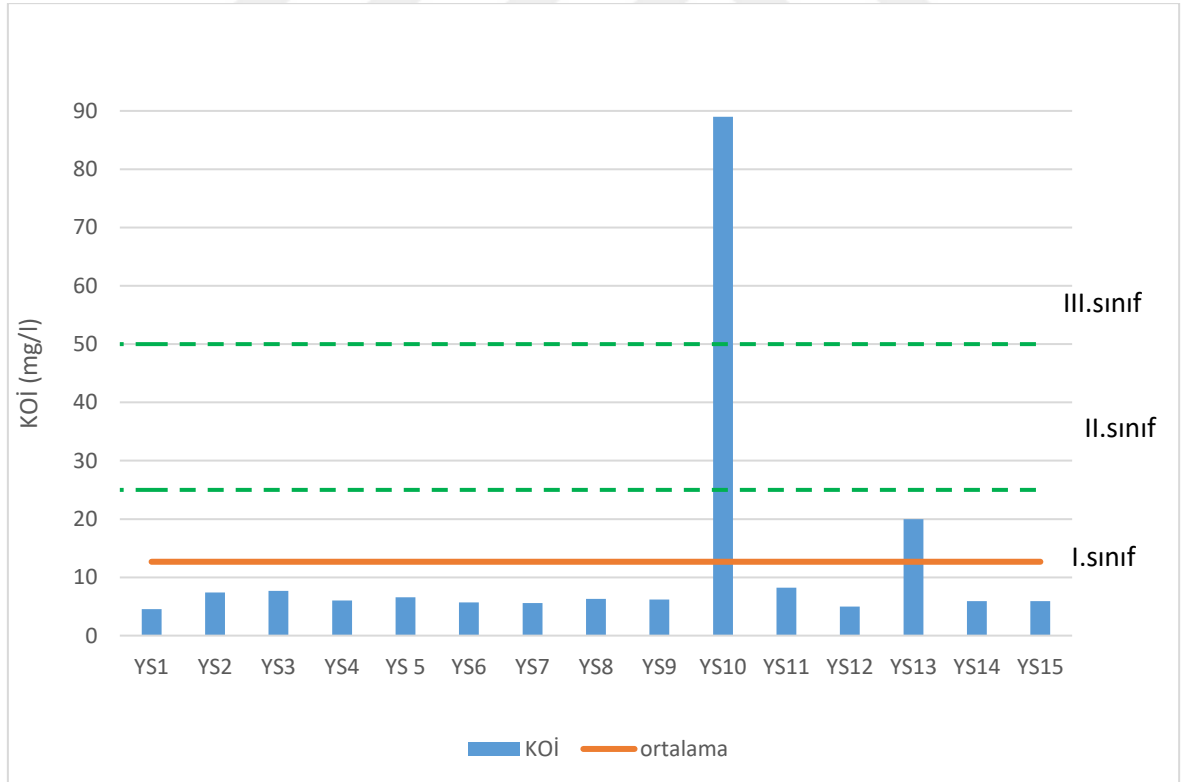


Şekil 3.11. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait BOİ değerleri

3.4.1.3.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), suyun organik maddelerin oksidasyonu için gereken oksijen miktarını ölçen bir parametredir. KOİ, suyun organik kirlilik düzeyini belirlemek ve suyun çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılır. Organik maddeler, su kaynaklarına çeşitli kaynaklardan girebilir, örneğin evsel atık su deşarjları, endüstriyel atıklar veya tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sızıntılar. Kimyasal oksijen ihtiyacı, organik maddelerin su ortamında oksijenle reaksiyona girerek parçalanması ve okside olması sürecinde kullanılan oksijen miktarını ifade eder. (ERCİYES üniversitesi Çevre Dersi ,2012)

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının kimyasal oksijen ihtiyacı miktarı 4,55-89 mg/l arasında değişim göstermektedir (Tablo 3.12), (Şekil 3.12). Maksimum miktarı 89 mg/l ile YS10 noktasında belirlenmiştir ve bu değere göre su örneği III. (orta) kalite sınıfı sudur. Diğer örnekleme noktalarındaki su örnekleri ise I. (çok iyi) kalite sınıfındadır.



Şekil 3.12. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait KOİ değerleri

3.4.1.4. İnceleme Alanındaki Yüzey Sularında Bulunan İz Elementler

3.4.1.4.1. Mangan (Mn)

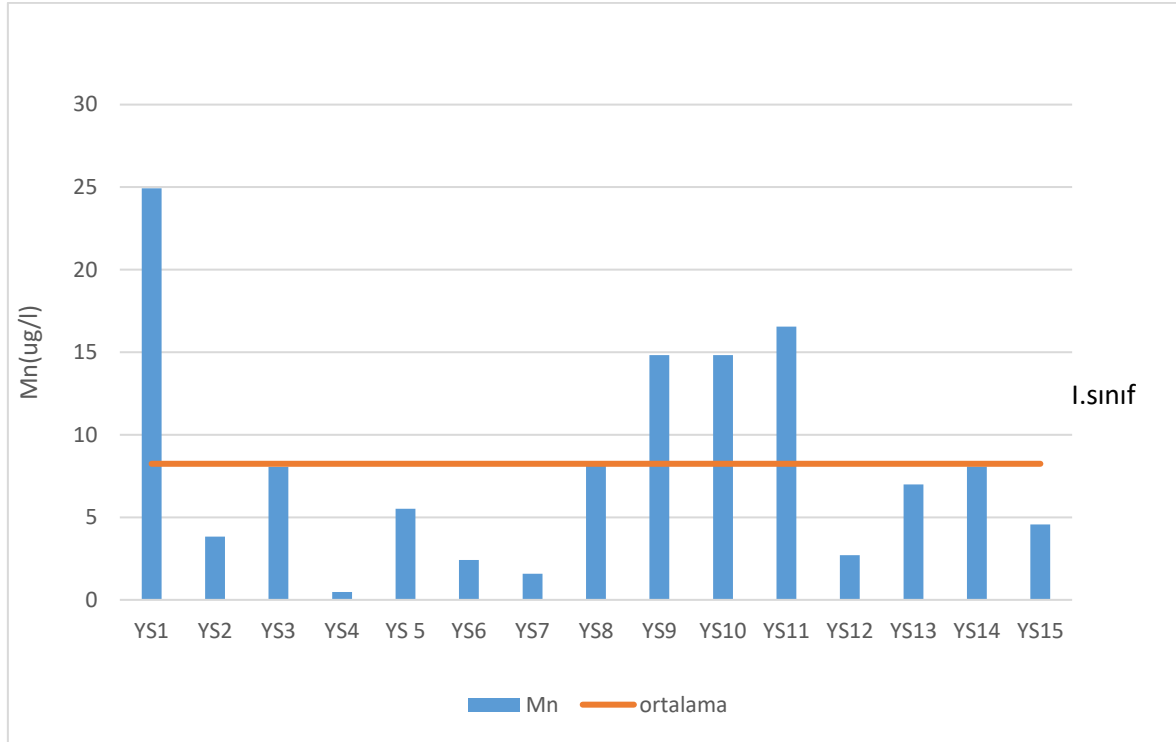
Mangan, periyodik tablonun 25. elementidir ve Mn sembolü ile gösterilir. Fiziksel olarak, sert, parlak gri renkte bir metaldir. Mangan, doğada genellikle çeşitli mineral ve cevherlerde bulunur. Su ile ilgili olarak, mangan çoğunlukla su kaynaklarında bulunabilen bir elementtir. Suda doğal olarak bulunabilir veya endüstriyel faaliyetler, madencilik veya tarımsal uygulamalar gibi insan faaliyetleri sonucunda suya karışabilir. Mangan, suyun renkli, metalik bir görünüm almasına ve karakteristik bir metalik tadın oluşmasına neden olabilir. (Akıray; 2003). Manganın suyla ilişkili bazı etkileri şunlardır:

Fiziksel etkiler: Mangan, suda çözünür ve birikim yapabilir. Yüksek mangan konsantrasyonları, suların rengini ve berraklığını etkileyebilir. Özellikle yüksek mangan içeren sular sarımsı-kahverengi renkte olabilir.

Tat etkileri: Yüksek mangan konsantrasyonları, suya metalik bir tat verebilir. Bu da suyun içilebilirliğini olumsuz etkileyebilir.

Sağlık etkileri: Manganın insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda bazı çalışmalar yapılmıştır. Yüksek mangan konsantrasyonları, bazı sağlık sorunlarına neden olabilir. Kronik mangan maruziyeti, sinir sistemi bozukluklarına ve bazı nörolojik etkilere yol açabilir. Ancak, genellikle suda bulunan doğal mangan seviyeleri insan sağlığı için zararlı değildir. Suların mangan konsantrasyonları yerel ve ulusal sağlık standartlarına uygun olmalıdır. (Emek, 2023)

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Mn içerikleri 0,48-24,92 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.14). Yüzey sularında ortalama Mn miktarı 8,24 µg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 3.13). SKKY (2021)'ya göre tüm yüzey suyu örnekleri Mn açısından I. Sınıf (çok iyi) kalite sınıfındadır ve tüm su örnekleri TS226 ve uluslararası standartlarda tanımlanan sınır değerlerin altındadır.



Şekil 3.13. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Mn değerleri Tablo

3.14. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait iz elementler (µg/l)

İstasyon Adı	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Al	Fe	Ni	Co	Mo
YS 5	0,33	0,05	0,73	1,30	2,05	5,52	0,13	41,90	22,37	17,85	1,57	0,17	0,39
YS10	0,84	0,15	0,55	5,46	0,16	14,84	0,28	76,21	69,55	38,41	1,05	0,14	0,73
YS6	0,07	0,04	0,09	0,52	2,05	2,42	0,04	26,56	14,00	51,39	1,21	0,09	0,17
YS13	0,63	0,13	0,22	1,19	0,43	6,99	0,05	26,28	29,71	34,46	0,81	0,13	0,54
YS14	0,34	0,06	0,41	1,29	0,39	8,08	0,04	33,02	26,61	26,34	0,67	0,13	0,54
YS7	0,78	0,03	0,63	0,98	0,28	1,58	0,03	19,60	17,58	17,15	0,79	0,12	0,56
YS1	0,39	0,12	0,35	2,63	0,22	24,93	0,21	58,62	47,64	27,36	1,02	0,14	0,52
YS8	0,40	0,10	0,32	2,05	0,33	8,24	0,28	51,00	98,89	65,33	1,49	0,17	0,33
YS12	2,91	0,10	0,66	1,23	2,47	2,72	0,15	23,15	25,26	27,54	1,07	0,13	0,56
YS11	0,36	0,08	0,46	1,54	0,23	16,55	0,18	26,37	90,79	82,15	0,63	0,16	0,47
YS4	1,18	0,10	1,03	1,67	0,15	0,49	0,09	40,20	41,44	43,29	1,55	0,20	0,49
YS3	0,44	0,05	0,28	1,29	0,42	8,06	0,03	21,82	25,76	28,88	0,57	0,12	0,50
YS9	0,84	0,15	0,55	5,46	0,16	14,84	0,28	76,21	69,55	38,41	1,05	0,14	0,73
YS2	0,73	0,06	0,51	1,98	0,21	3,83	0,14	38,61	17,63	11,76	0,89	0,12	0,77
YS15	0,50	0,17	0,25	2,25	0,40	4,57	0,12	55,21	295,34	87,62	1,07	0,18	0,31
Minimum	0,07	0,03	0,09	0,52	0,15	0,49	0,03	19,60	14,00	11,76	0,57	0,09	0,17
Maksimum	2,91	0,17	1,03	5,46	2,47	24,93	0,28	76,21	295,34	87,62	1,57	0,20	0,77
Ortalama	0,72	0,09	0,47	2,05	0,66	8,24	0,14	40,99	59,47	39,86	1,03	0,14	0,51
TSS266 Sınır Değeri	0,01	0,005	0,05	2	0,001	0,05	0,01	5*	0,2	0,2	0,02		

* ABD Çevre Koruma

Tablo 3.15. 2013-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait iz elementler

İstasyon Adı	Tarih	Pb	Mn	Hg	Cu	Cr	Co	Cd	As	Zn	Ni	Al	Fe
YS10	Şub.13	0,1	15	0	0	1,1	0,37	0,02	0,55	0	0	162,8	100
	Tem.13	0,2	7	0	0,6	0	0	0,04	0,36	0	0	329,9	0
	Eyl.13	2,8	17	0	1,7	1,32	0,47	0,08	0,24	0	0	206,3	205
	Eki.13	0	21	0,09	2,3	0,7	0,32	0	0	0	0,5	95,18	0
	Şub.14	1,2	8	0	1,63	0	0	0,04	0,87	0	0,75	2,1	116,8
	Nis.14	0	28	0	1,49	0	0,21	0,7	0,72	0	1,1	177,3	492,6
	Haz.14	0	19	0	3,51	0	0,95	1,07	0,8	0	0,3	182,2	327,1
	Ağu.14	0,4	13	0	0	0	0	0,11	0,71	0	0,9	319,1	203,7
	Eki.14	0	0	0,34	0	0	0,25	0	0	0	1,7	162,8	0
	Ara.14	0,4	8	0,4	0	0	0	0	0	0	0	129,8	0
	Nis.15	2,7	45	0,08	13,7	0,76	0,26	0,06	0,36	39,9	0,6	198,5	341,1
	Haz.15	0,3	22	0,26	2,52	0,58	0,25	0,09	0,64	2,2	13,2	47,98	274
	Eyl.15	0,1	51	0,04	13,3	12,4	0,38	0,03	0,34	20,8	0	182,2	162
	Eki.15	0,2	6	0,07	0,85	0,5	0,09	0,05	0,18	0,5	0	62,71	76,34
	Ara.15	0,3	428	0,07	3,85	1,62	0,87	0,05	13,7	1,9	1,2	95,18	190,05
Merkez Ünitesi	Şub.13	0,74	17	0,28	1,6	0,68	0,3	1,07	0,62	0	0	121,9	90
	Nis.13	0	15	0	1,3	0	0,2	0	0,47	1,6	0	309,4	173
	Haz.13	0,65	19	0	1,8	0	0,58	1,05	0	1,2	2,6	185,3	0
	Ağu.13	2,15	32	0	4,03	0	0,34	0,02	0,39	0	1,6	124,7	0
	Eki.13	1,25	19	0,08	2,03	0	0,35	0	0,53	5,2	0,6	266,3	0
	Ara.13	0	49	0,06	0	0	0,52	1,07	0,7	0	1,4	488,9	0
	Şub.14	1,12	21	0,05	1,2	6,8	2,3	0,05	3,36	0	2,7	519,3	0
	Nis.14	0,6	10	0	1,8	0	0,09	0,69	0,43	0	7,6	367,7	118,5
	Haz.14	0	24	0	7,9	0	1,09	1,07	0,53	1,8	0,4	498	329,1
	Ağu.14	0,5	17	0	0	0	0,23	0,11	0,39	0	0,6	365,7	143,5
	Eki.14	0	23	0	1,61	0	0,71	0	0	0	0,9	425,5	412
	Ara.14	1,5	12	0	2,03	1,14	0,52	0	0	0	3,1	267,5	142
	Şub.15	0,7	24	0	26,9	0	2,24	1,05	0,99	120,3	3,2	143,5	372,2
	Nis.15	2,8	56	0	16,4	0	0,48	0,02	0	38	3,3	65,54	471,5
	Haz.15	0,2	16	0,26	2,24	0,17	0,33	0,09	0,7	0,8	1,3	425,5	212,4
	Ağu.15	0,1	39	0,04	45,1	12,4	0,41	0,03	0,34	51,6	1,6	1370	151,45
	Eki.15	2,1	97	0,07	7,3	0,5	1,23	0,05	0,1	1,5	1,8	498	1177
	Ara.15	1,2	503	0,07	4,06	2,28	2,49	0,05	6,74	5,6	19,4	643,3	1032,2
YS9	Nis.14	0	23	0	0	0	0,08	0,69	0	3,4	0	205	215,2
	May.14	6,5	222	0	23,4	0	3,87	2,2	2,1	6,5	7,1	4142	3957,9
	Haz.14	0	2	9,06	3,66	0	2,3	1,52	0	2,3	3,2	6,12	0
	Tem.14	0,5	13	0	0	0	0	0,11	0	18,1	0,5	126,2	126
	Ağu.14	0,5	23	0	0	0	0,04	0,11	0	12,3	1	134,8	150,4
	Eyl.14	0	0	0	0	0	0,3	0	0	8	1,9	3,81	0
	Ara.14	1,3	20	0,04	0	8,4	1,56	0,58	0	2,4	0,7	187,3	60
	Nis.15	4,2	22	0	34,9	0	0,26	1,47	0	20,6	1,2	104,4	204,9
	May.15	1,8	22	0,04	39	12,4	0,29	1,81	0,33	3,4	0,6	271,8	11,5
	Haz.15	0,2	19	0,26	1,6	0,32	0,25	0,09	0,64	6,5	1,6	121,7	200,2

Tablo 3.15'in devamı

İstasyon Adı	Tarih	Pb	Mn	Hg	Cu	Cr	Co	Cd	As	Zn	Ni	Al	Fe
YS9	Tem.15	1,3	25	0	0	8,4	0,59	0	0	47,5	1,1	154,5	190
	Ağu.15	0,1	46	0,04	61,1	12,4	0,35	0,03	0,34	2,5	2,4	294,1	171,42
	Eyl.15	0,2	15	0,07	0,83	0,5	0,09	0,05	0,14	1,7	1,8	45,1	39,63
	Kas.15	1,1	21	0	0	0	1,56	0,58	0	2,6	0,6	126,2	70
	Ara.15	1,3	24	0,07	2,45	0,5	0,36	0,05	0,65	6,7	1,7	405,4	269,71
YS8	Haz.13	0,5	19	0	12,3	0	0,75	0,03	0	0	2,25	118,8	0
	Ağu.13	1,2	16	0	0	0	0	0	0,52	0,9	1,2	120,5	0
	Eki.13	0	20	0	3,2	0	1,3	0,3	0	0	0,52	119,8	0
	Ara.13	0,9	15	0	0	0,3	0,46	0	0	3,32	1,2	125,7	0
	Şub.14	1,1	17	0	1,3	0	0,05	0,04	0,61	0	4,44	93,9	176,5
	Nis.14	0	14	0	0	0	0	0,68	0	0	1,1	73,5	183,7
	Haz.14	0	19	0	6,06	0	0,93	1,07	0	1,8	0	151,8	248,9
	Ağu.14	0,5	34	0	0	0	0,18	0,12	0	0	0	122,9	323,5
	Eki.14	0	28	0	0	0	0,54	0	0	0	0	103,6	163,7
	Ara.14	0	58	0	0	0	0	0	0,59	2,9	0,8	150,6	203,1
	Şub.15	0,8	35	0	21,4	1,14	2,05	0,27	0,81	120,3	1,4	235,1	348,4
	Nis.15	2,6	40	0	14,2	0	0,25	0	0	38	3,5	120	273,5
	Haz.15	0,2	19	0,26	1,39	0,17	0,24	0,09	0,64	0,8	0,7	75,45	221,1
	Ağu.15	0,1	45	0,04	41,6	12,4	0,77	0,03	0,34	51,6	4,2	130,2	229,72
	Eki.15	0,2	48	0,07	1,18	0,5	0,39	0,05	0,08	1,5	1,3	749,7	410,15
	Ara.15	0,9	83	0,07	3,92	2,75	1,22	0,05	3,55	5,6	15,5	57,81	723,21
Çağlayan	Ağu.13	0,3	2	0	1,6	0	0,62	0	0,05	0,8	0,6	32,34	0
	Eki.13	0,2	5	0	0	0	0,75	0	0,08	0,6	0,9	102,5	0
	Şub.14	1,1	2	0	1,45	0	0	0,04	0,88	0	1,2	108,3	27,1
	Nis.14	0	6	0	0	0	0,1	0,69	0,45	0	4,3	59,82	136,7
	Haz.14	0	6	0	29,2	0	0,97	1,08	0,51	3,2	1,7	2160	141,2
	Ağu.14	0,4	2	0	0	0	0,2	0,11	0	0	12,7	107,9	68,7
	Eki.14	2,1	144	0	6,76	0	3,41	0	0	16	6,23	86,83	3356,3
	Ara.14	0	8	0	2,55	0	0	0,03	0,6	0,9	0,5	106	164
	Nis.15	3,3	16	0,06	23,2	1,3	0,19	0,06	0,05	37,6	1,5	113	127,2
	Haz.15	0,1	6	0,26	1,32	0,17	0,16	0,09	0,64	0,8	1,1	106	84,6
	Ağu.15	0,1	21	0,04	18,5	12,4	0,32	0,03	0,13	23,6	1,4	58,02	131,83
	Eki.15	0,2	44	0,07	2,45	1,04	0,81	0,05	0,08	3	3,3	883,8	938,08
YS1	Ara.15	0,3	56	0,07	2,63	1,27	0,68	0,05	9,76	9,5	14,3	104,7	152,59
	Şub.14	1,2	10	8,24	1,76	0	0	0,06	1,11	0	1,45	475	30,3
	Nis.14	0	16	0	1,49	0	0,14	0,69	0,35	0	1,43	540,4	362,4
	Haz.14	0	22	0	3,41	0	0,89	1,07	0,49	0	1,3	374,7	83,3
	Ağu.14	0,9	55	0	0,97	0	0,31	0,11	1,38	0	4,3	109,8	428,5
	Şub.15	1,4	51	0,1	24,9	0,4	2,62	0,1	1,58	108,7	1,35	122	1070,2
	Nis.15	5,8	51	0,2	19,7	0,4	0,48	0,15	0,9	174,8	1,9	324,8	637,1
	Haz.15	1,2	28	0,26	2,18	1,04	0,37	0,09	0,7	1,3	1,1	771,5	325,2
	Ağu.15	0,1	63	0,04	21,2	12,4	0,37	0,03	0,34	28,4	0,7	343,2	190,47

Tablo 3.15'in devamı

İstasyon Adı	Tarih	Pb	Mn	Hg	Cu	Cr	Co	Cd	As	Zn	Ni	Al	Fe
YS1	Eki.15	3,6	63	0,07	4,16	0,73	0,66	0,05	0,34	4,7	1,2	97,76	876,82
	Ara.15	0,3	134	0,07	3,01	0,5	0,8	0,05	1,59	6,8	2,1	541,2	113,75
Bolaman	Şub.14	1,5	56	0	3,87	0	3,55	0,04	1,33	0	4,5	1579	675,8
	May.14	2,9	76	0	5,48	0	1,79	2,17	1,65	2,3	0,2	711,5	0
	Ağu.14	1,2	118	0	2,45	0	2,54	0,12	3,92	8,2	2,3	315,3	983,4
	Kas.14	1,8	84	0,04	3,95	2,64	1,95	0,75	2,3	3,5	4,9	240,7	0
	Şub.15	1,3	100	0	31,9	1,53	0,48	0,05	1,9	88,2	2,3	465,1	1834,7
	May.15	0,4	37	0,04	35,2	12,4	1,56	0,07	0,34	73,9	0,7	157,6	300
	Ağu.15	0,1	75	0,04	14,4	12,4	0,65	0,03	0,52	17,1	4,02	842,4	207,85
	Kas.15	0,6	70	0	21,4	50,3	3,55	0,06	0,92	59,6	161,3	4726	0
Ceviz	Şub.14	1,6	41	0	2,55	0	0,38	0,05	1,01	0	1,2	337,3	308,2
	May.14	4,7	126	0	17,28	0	2,4	2,25	1,42	54,7	5,3	1571	1682,7
	Ağu.14	1	45	0	0	0	0,31	0,12	1,12	0	3,2	217,6	248
	Kas.14	2,43	22	0	16,2	0	0,38	0,3	1,18	0	1,2	310,2	505,1
	Şub.15	0,6	48	0	12,2	2,75	2,4	0,8	0,55	0	2,1	217,6	0
	May.15	1,3	58	0	30,26	0	2,42	0,14	0,14	47,6	4	375,8	105,88
YS13	Ağu.15	0,5	25	0,04	13,97	12,4	1,68	0,11	0,34	39,7	0,2	1571	0
	Kas.15	0,1	32	0,04	54,81	12,4	0,31	0,03	0,39	54,5	1,2	69,83	0
	Mar.16	0,18	28,6	0,07	2,43	1,09	0,3	0,05	0,86	1,24	4,43	153,3	244,28
	Haz.16	2,11	157,9	0,17	16,45	0,2	1,09	1,87	0,15	46,88	12,56	1579	12147
	Eyl.16	0,2	41,31	0,17	0,61	1,46	1,08	0,36	0,84	101,41	1,36	288,1	443,13
	Ara.16	1,73	39,41	0,5	10,52	2,07	1	1	1,47	48,17	3	548,2	536,33
	Mar.17	3,63	102,06	0,5	14,11	1	2,75	1	1	108,46	2,2	1770	1796,3
	Haz.17	4,08	438,16	0,5	1	1,19	1	1	1	170,38	7,02	574,9	409,27
	Eyl.17	0,32	32	0,05	0,42	31,25	0,3	0,3	0,3	3,55	0,3	99,3	120,55
	Ara.17	3,83	158,03	0,05	5,4	4,62	1,26	0,3	0,3	12,4	2,48	1195	1342,1
	Mar.18	5,72	181,54	0,05	3,26	1,15	2,26	0,3	0,3	216,19	0,3	2479	2419,4
	Haz.18	1,19	20,56	0,21	0,3	4,75	0,47	0,3	0,3	104,43	0,3	367,5	249,81
	Eyl.18	0,35	39,74	0,05	23,27	9,55	0,3	0,3	0,3	21,33	0,3	98,38	236,19
	Mar.19	1,1	11,57	0,05	15,32	1,2	1,2	0,83	0,63	4,24	5,54	229,9	209,5
	Haz.19	2,06	100,16	0,21	7,79	4,75	1,09	0,57	0,73	63,04	3,56	817,6	1616,9
	Eyl.19	2,87	81,43	0,05	5,07	5,86	1,27	0,3	2,5	0,3	5,2	1376	1557,1
	Ara.19	1,57	69,87	0,5	10,88	1,16	1	0,05	0,3	43,6	4,78	687,4	925,2
YS14	Mar.16	1,2	96,55	0,07	5,86	1,09	0,3	0,05	0,58	4,02	2,21	1944	1900,2
	Haz.16	2,35	150,08	0,17	28,02	0,2	1,73	1,87	0,15	62,19	7,07	1999	2273,8
	Eyl.16	0,75	323,97	0,17	11,38	1,46	1,06	0,32	1,39	79,03	2,22	2611	2335,4
	Ara.16	1,57	139,34	0,5	12,14	2,07	1	1	1,89	74,74	5,2	382,8	364,8
	Mar.17	2,75	87,99	0,5	12,88	1	2,39	1	1	36,9	1,16	1413	1377,3
	Haz.17	3,83	940,4	0,5	1	1,19	1	1	1	170,9	16,45	1316	559,47
	Eyl.17	22,96	88,14	0,05	1,31	31,25	0,3	0,3	0,52	31,27	0,3	220,4	241,82
	Ara.17	2,58	97,75	0,05	3,19	4,62	0,55	0,3	0,3	9,84	1,89	692	716,6
	Mar.18	1,14	124,68	0,05	0,3	1,15	1	0,3	0,3	211,34	0,3	1218	1191,5
	Haz.18	4,86	278,22	0,19	13,84	9,6	1,73	0,3	0,3	63,1	4,24	742,5	2070,2

Tablo 3.15'in devamı

İstasyon Adı	Tarih	Pb	Mn	Hg	Cu	Cr	Co	Cd	As	Zn	Ni	Al	Fe
YS14	Eyl.18	2,16	178,94	0,05	27,4	0,2	1,2	0,3	0,3	26,51	0,3	1131	1354,4
	Mar.19	4,86	10,84	0,19	15,12	1,3	1,73	0,05	0,3	5,04	4,58	926,4	388,59
	Haz.19	4,86	278,22	0,19	13,84	1,16	0,55	0,05	0,58	63,1	4,24	1650	2070,2
	Eyl.19	13,14	1218,7	0,05	49,21	5,86	10,15	0,3	4,28	28,23	9,91	1E+05	12593
	Ara.19	3,92	159,58	0,08	12,07	1,2	1,2	1	1	80,25	3,5	1307	1615,3
YS13	Mar.16	0,58	41,45	0,07	2,71	0,5	1,2	2,38	0,34	3,15	2,3	911,7	728,37
	Haz.16	2,61	22	0,17	18,04	0,2	0,84	0,51	0,15	138,65	14,41	103,4	164,34
	Eyl.16	5,88	422,19	0,17	18,35	5,39	1,43	1	1,03	61,31	13,56	6237	7020,9
	Ara.16	3,4	89,99	0,5	10,45	2,32	1	1	1,78	46,19	4,16	1190	571,96
	Mar.17	2,58	83,8	0,5	11,09	1	2,14	1	1,02	84,05	2,56	1135	857,92
	Haz.17	3,22	50,15	0,5	1	1	1	0,3	1	154,74	4,99	300,6	157,89
	Eyl.17	0,3	16,82	0,05	0,3	26,03	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	79,69	86,44
	Ara.17	6,43	24,35	0,05	0,71	2,62	0,3	0,3	0,3	11,99	2,37	220,3	284,33
	Mar.18	2,4	56,82	0,05	0,3	7,35	0,43	0,3	0,3	107,01	0,3	1560	796,81
	Haz.18	6,37	122,18	0,05	8,03	1,38	1,38	0,3	0,3	40,67	0,3	1158	869,27
	Eyl.18	0,85	35,73	0,05	23,36	2,89	0,3	0,67	0,3	36,54	0,3	198,5	286,07
	Haz.19	3,03	77,86	0,18	8,26	4,19	0,84	0,3	0,59	2,39	4,01	1039	948,41
	Eyl.19	1,73	17,54	0,05	1,06	1,68	0,3	0,67	0,52	0,3	1,9	13,22	168,32
	Ara.19	3	29,2	0,17	11,95	2,05	0,3	0,3	0,3	0,3	4,72	405	336,75
YS14	Mar.16	1,2	96,55	0,07	5,86	1,09	0,3	0,05	0,58	4,02	2,21	1944	1900,2
	Haz.16	2,35	150,08	0,17	28,02	0,2	1,73	1,87	0,15	62,19	7,07	1999	2273,8
	Eyl.16	0,75	323,97	0,17	11,38	1,46	1,06	0,32	1,39	79,03	2,22	2611	2335,4
	Ara.16	1,57	139,34	0,5	12,14	2,07	1	1	1,89	74,74	5,2	382,8	364,8
	Mar.17	2,75	87,99	0,5	12,88	1	2,39	1	1	36,9	1,16	1413	1377,3
	Haz.17	3,83	940,4	0,5	1	1,19	1	1	1	170,9	16,45	1316	559,47
	Eyl.17	22,96	88,14	0,05	1,31	31,25	0,3	0,3	0,52	31,27	0,3	220,4	241,82
	Ara.17	2,58	97,75	0,05	3,19	4,62	0,55	0,3	0,3	9,84	1,89	692	716,6
	Mar.18	1,14	124,68	0,05	0,3	1,15	1	0,3	0,3	211,34	0,3	1218	1191,5
	Haz.18	4,86	278,22	0,19	13,84	9,6	1,73	0,3	0,3	63,1	4,24	742,5	2070,2
	Eyl.18	2,16	178,94	0,05	27,4	0,2	1,2	0,3	0,3	26,51	0,3	1131	1354,4
	Mar.19	4,86	10,84	0,19	15,12	1,3	1,73	0,05	0,3	5,04	4,58	926,4	388,59
	Haz.19	4,86	278,22	0,19	13,84	1,16	0,55	0,05	0,58	63,1	4,24	1650	2070,2
	Eyl.19	13,14	1218,7	0,05	49,21	5,86	10,15	0,3	4,28	28,23	9,91	1E+05	12593
	Ara.19	3,92	159,58	0,08	12,07	1,2	1,2	1	1	80,25	3,5	1307	1615,3
YS15	Mar.16	0,58	41,45	0,07	2,71	0,5	1,2	2,38	0,34	3,15	2,3	911,7	728,37
	Haz.16	2,61	22	0,17	18,04	0,2	0,84	0,51	0,15	138,65	14,41	103,4	164,34
	Eyl.16	5,88	422,19	0,17	18,35	5,39	1,43	1	1,03	61,31	13,56	6237	7020,9
	Ara.16	3,4	89,99	0,5	10,45	2,32	1	1	1,78	46,19	4,16	1190	571,96
	Mar.17	2,58	83,8	0,5	11,09	1	2,14	1	1,02	84,05	2,56	1135	857,92
	Haz.17	3,22	50,15	0,5	1	1	1	0,3	1	154,74	4,99	300,6	157,89
	Eyl.17	0,3	16,82	0,05	0,3	26,03	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	79,69	86,44
	Ara.17	6,43	24,35	0,05	0,71	2,62	0,3	0,3	0,3	11,99	2,37	220,3	284,33
	Mar.18	2,4	56,82	0,05	0,3	7,35	0,43	0,3	0,3	107,01	0,3	1560	796,81

Tablo 3.15'in devamı

İstasyon Adı	Tarih	Pb	Mn	Hg	Cu	Cr	Co	Cd	As	Zn	Ni	Al	Fe
YS15	Haz.18	6,37	122,18	0,05	8,03	1,38	1,38	0,3	0,3	40,67	0,3	1158	869,27
	Eyl.18	0,85	35,73	0,05	23,36	2,89	0,3	0,67	0,3	36,54	0,3	198,5	286,07
	Haz.19	3,03	77,86	0,18	8,26	4,19	0,84	0,3	0,59	2,39	4,01	1039	948,41
	Eyl.19	1,73	17,54	0,05	1,06	1,68	0,3	0,67	0,52	0,3	1,9	13,22	168,32
	Ara.19	3	29,2	0,17	11,95	2,05	0,3	0,3	0,3	0,3	4,72	405	336,75
YS12	Mar.16	0,75	24,94	0,07	1,72	0,5	0,3	0,05	0,39	3,15	1,08	307,8	285,53
	Haz.16	3,11	21,42	0,17	33,65	0,2	0,3	1,88	0,15	138,65	15,8	132	166,52
	Eyl.16	0,2	35,65	0,17	15,05	1,09	0,3	0,32	0,55	61,31	0,62	204,2	206,86
	Ara.16	1,84	44,34	0,5	10,68	6,6	1	1	1,48	46,19	13,67	542,4	575,07
	Mar.17	2,46	26,39	0,5	9,54	1	1,51	1	1	84,05	2,12	181,7	192,12
	Haz.17	3,38	637,29	0,5	1	1	1	1	1	154,74	6,34	265,9	156,51
	Eyl.17	0,3	0,3	0,14	0,3	27,79	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	10	10
	Ara.17	7,86	18,7	0,05	1,1	11,08	0,3	0,67	1,15	11,99	7,02	67,05	425,93
	Mar.18	0,3	18,45	0,05	0,3	1,19	0,3	0,3	0,3	107,01	0,3	522,4	407,15
	Haz.18	0,96	16,55	0,05	0,3	3,08	0,3	0,3	0,3	40,67	0,3	294	208,89
	Eyl.18	0,45	31,13	0,05	22,22	2,13	0,3	0,3	0,3	36,54	0,3	100,4	228,02
	Mar.19	1,61	32,44	0,05	29,18	7,44	0,3	0,3	0,3	20,96	5,16	204,6	332,53
	Haz.19	0,83	25,02	0,05	2,8	0,84	0,3	0,3	0,3	2,39	1,38	441,6	219,63
	Eyl.19	2	13,13	0,05	2,81	1,21	0,3	0,3	0,46	0,3	1,89	170,4	241,55
	Ara.19	1,3	24,65	0,05	11,7	4,35	0,3	0,67	0,3	15,2	1,85	272	226,15
YS11	Mar.16	0,18	10,22	0,07	1,14	1,63	1,66	0,05	0,43	0,6	3,09	126,7	138,68
	Haz.16	2,73	0,38	0,17	34,96	0,2	0,3	1,89	0,15	109,34	8,06	264,5	210,84
	Eyl.16	0,2	27,51	0,17	28,98	1,65	3,3	0,14	3,93	156,54	1,83	223,8	250,72
	Ara.16	1,43	48,2	0,5	11,29	1,86	1	1	4,28	96,37	4,33	370,6	393,81
	Mar.17	2,7	31,54	0,5	11,96	1	1,66	1	2,38	76,92	2,86	255,7	309,74
	Haz.17	7,94	126,37	0,5	1	1	1	1	1	154	8,9	540,2	521,21
	Eyl.17	0,61	33,74	0,05	0,3	39,41	0,3	0,3	4,76	1,73	0,3	159,9	206,18
	Ara.17	3,2	14,75	0,05	17,65	1,32	2,3	0,67	1,15	84,6	4,32	248,3	0,05
	Mar.18	0,2	4,35	0,05	1,6	0,3	3,3	0,65	2,71	52	0,3	318,7	156,51
	Haz.18	49,86	1336	0,05	28,09	1,87	11,2	0,47	0,3	298	0,3	3407	2383
	Eyl.18	6,78	52,2	0,05	23,66	11,2	0,32	0,3	0,3	32,9	0,3	247	511,1
	Mar.19	1,86	21,5	0,05	31,48	7,51	1	1,2	1	28,3	14,07	265	303,4
	Haz.19	3,16	26,5	0,05	1	1,35	0,75	0,05	0,3	84,3	0,3	319	206,9
	Eyl.19	0,3	2,73	0,05	0,3	0,44	0,3	0,3	1,41	0,3	1,07	10	10
	Ara.19	0,61	4,35	0,05	27,75	1,75	0,3	0,3	2,2	36,5	4	247	248,6
Minimum		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,100	0,000
Maximum		49,860	1336,11	9,060	61,050	50,310	11,220	2,380	13,710	297,860	161,270	109546,8	12593,350
Ortalama		1,990	79,032	0,199	9,535	3,259	0,965	0,432	0,880	34,178	3,877	1154,752	627,687

3.4.1.4.2. Florür (F)

Florür, kimyasal bir element olan florun iyonik formudur. Florür, kimyasal yönden, hemen tüm diğer elementlerden daha etkindir. Bir elektron eksikliği ile, neon inert gazından ayrılır. (Şahinci, 1991)

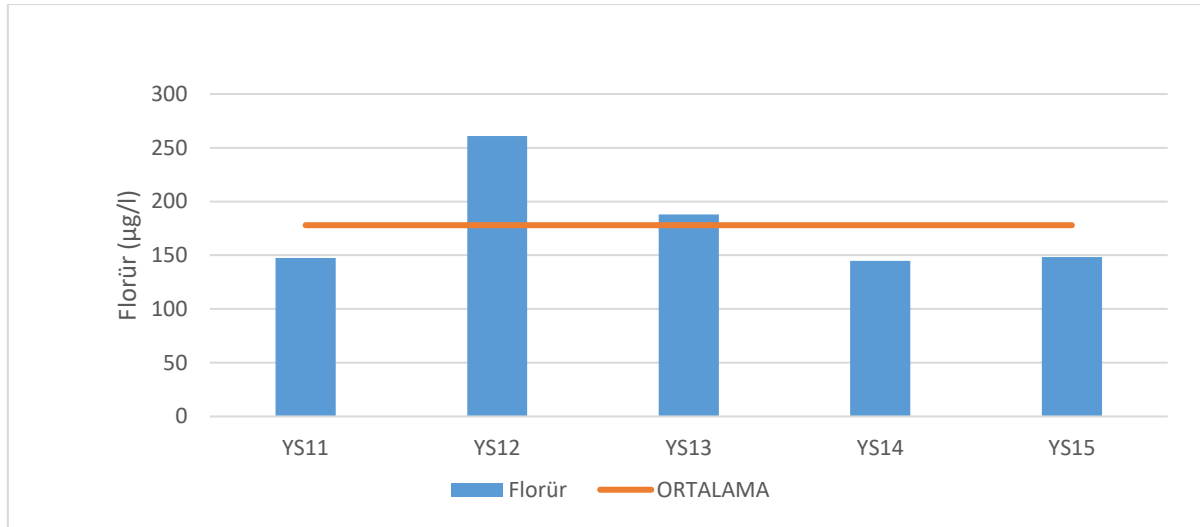
Magmatik kayalarda florür miktarı, benzer kayalarda bile çok değişkendir. Ancak, F-SiO₂, arasında doğrusal bir ilişkinin varlığından söz edilebilir; fakat, her zaman geçerli değildir. Genel olarak, Ultramafik kayalarda, ortalama 100 ppm, nötr kayalarda 400 ppm, asidiklerde 800 ppm kadar flüor bulunur. Derin magmatik kayalar, yüzey volkanik kayalardan daha fazla flüor içerirler; örneğin, bazı araştırmalara göre gabro/bazalt (ppm) (420/210) ile granit/riyolit (810/480) florür oranları yüksektir; bu oranların tersi de izlenebilir. Şeyllerde, ortalama 340 ppm, kumtaşlarında 270 ppm, kireçtaşlarında 330 ppm, zeminde 200 ppm kadar flüor izlenir. Genellikle, flüor magmanın kristalizasyonunda ve farklılaşmasında zenginleşir. Flüorun zenginleşmesinde en önemli etken, artık magmada, kayaları oluşturan minerallerin flüorun fazla miktarda yapılarına kabul etmemeleridir. Yalnızca, yardımcı minerallerden fluoroapatit bol miktarda flüor içerir (ŞAHİNCİ,1991).

İçme suları florürün önemli bir kaynağıdır. Volkan patlamalarından gelen zemini, suları, besleyen flüor, kurak iklimlerde uzun süre kalabilir ve bu gibi yerlerde yaşayan insanlarda diş çürümeleri az görülür. Tersine, yağışlı iklimlerde hızla yıkanarak, akarsular tarafından taşınması sonucu, zemin flüorca fakirleşir, evcil hayvanlarda ve insanlarda flüorozi denen hastalık görülür. Bu hastalık yorgunluk, unutkanlık, sakatlık ve mahmuzlarda bozulma, verimde düşüş, tüy dökülmeleri gibi olumsuz etkiler yaratır. Flüorit yataklarının, fosforit, apatit ve diğer flüorca zengin minerallerin bol olduğu yerlerde, hayvan ve insan sağlığı için belirlenen sınırların çok üstünde suda ve yiyeceklerde flüor bulunduğundan, flüorozi hastalığı ortaya çıkar (Şahinci, 1991).

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında ortalama florür miktarı 177,93 µg/l'dir (Şekil 3.14). En düşük florür miktarı 144,90 µg/l ve en yüksek florür miktarı YS12 noktasında 260,97 µg/l'dir (Tablo 3.15). SKKY (2021) sınıflama tüm yüzey suyu örnekleri F içerikleri açısından I. (çok iyi) kalite sınıfındadır ve tüm su örnekleri TS226 ve uluslararası standartlarda tanımlanan sınır değerlerin altındadır.

Tablo 3.16. Yüzey suların 2016-2019 yılları arası B, Ba, Se, F ve Yağ-Gres miktarları

İstasyon	B($\mu\text{g/l}$)	Ba($\mu\text{g/l}$)	Se($\mu\text{g/l}$)	Florür ($\mu\text{g/l}$)	Yağ-Gres(mg/l)
YS11	18,81467	118,4773	0,789333	147,5027	0,805714
YS12	14,588	76,99267	0,836	260,976	1,44
YS13	4,473077	78,29231	0,802308	187,868	0,31
YS14	25,07833	89,4575	1,009167	144,9013	0,911429
YS15	10,05167	112,2133	0,825833	148,4443	0,974286



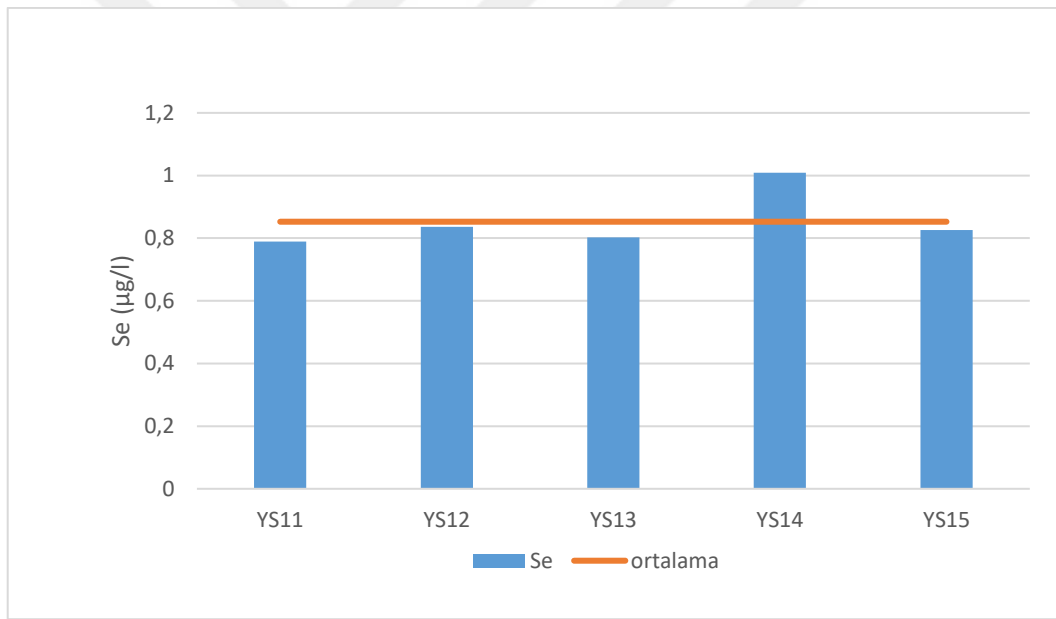
Şekil 3.14. 2016-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait F değerleri ($\mu\text{g/l}$)

3.4.1.4.3. Selenyum (Se)

Selenyum (Se), yerkabuğunda doğal olarak bulunan bir elementtir. Selenyum, besin zincirinin bir parçası olarak bitkiler ve diğer organizmalar tarafından alınabilir. Selenyum, çeşitli biyokimyasal reaksiyonlarda rol alır ve vücut için önemli bir besin maddesidir. Selenyumun insan sağlığı üzerinde çeşitli önemli etkileri vardır. İnsanlar için selenyum, antioksidan özelliklere sahip olmasıyla bilinir. Antioksidanlar, serbest radikaller olarak adlandırılan zararlı moleküllerle mücadele ederek hücre hasarını azaltmaya yardımcı olur. Selenyum ayrıca bağışıklık sistemini destekler, tiroid fonksiyonunu düzenler ve sağlıklı saç ve tırnakların korunmasına katkıda bulunur. Selenyumun su kaynaklarına karışması nadirdir. Ancak bazı endüstriyel faaliyetler, madencilik işlemleri ve tarım uygulamaları sonucunda selenyum kirliliği oluşabilir. Selenyumun su ekosistemlerine ve su organizmalarına zarar verebilecek yüksek konsantrasyonlarda bulunması durumunda çevresel etkiler görülebilir.

Selenyum toksisitesi, aşırı miktarda selenyum alındığında ortaya çıkabilir. Aşırı selenyum alımı genellikle yüksek seviyelerde selenyum içeren takviye ürünlerin yanlış kullanımı veya aşırı miktarda selenyum içeren gıdaların tüketimi sonucunda gerçekleşir. Selenyum toksisitesi, sindirim problemleri, saç dökülmesi, tırnak bozuklukları, sinir sistemi etkilenmeleri ve tiroid fonksiyonunda bozukluklar gibi belirtilerle kendini gösterebilir. (Demet vd,2021)

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında selenyum miktarı 0,789 -1,0091 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir (Şekil 3.15). Yüzey sularında ortalama selenyum miktarı 0,85 $\mu\text{g/l}$ olarak belirlenmiştir (Tablo 3.16). Bu değerler açısından SKKY (2021)'e göre I. (çok iyi) sular sınıfında yer almaktadır. Ayrıca TS226 ve WHO (2006) standartlarında tanımlanan sınır değerlerin altındadır.



Şekil 3.15. 2016-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Se değerleri

3.4.1.4.6. Bakır (Cu)

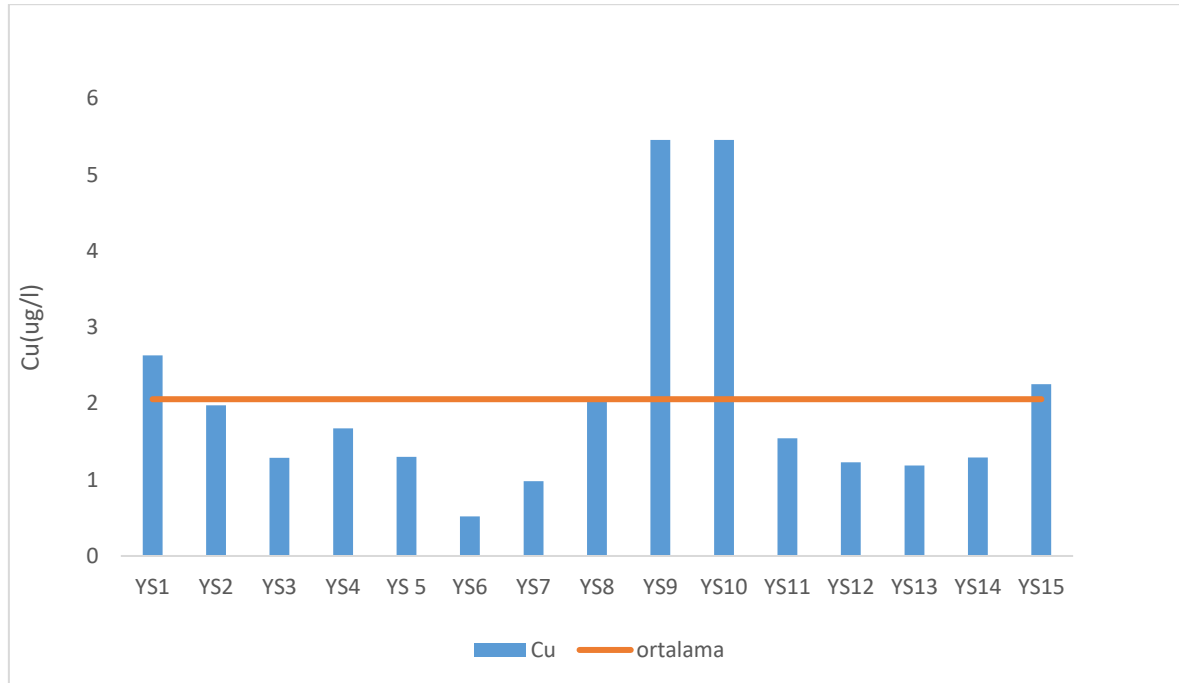
Bakır, yer kabuğunda 0,01% oranında bulunan bir kimyasal elementtir ve periyodik tablonun 29. elementi olan bir metaldir. Bu element daha çok mafik kayalarda bulunmaktadır. Su kaynaklarında, bakır doğal olarak bulunabilir veya suya insan faaliyetleriyle karışabilir. Özellikle endüstriyel atıkların veya tarımsal uygulamaların olduğu bölgelerde, bakır kirliliği oluşabilir. Yüksek bakır konsantrasyonları, suların renk ve tadında

değişikliklere neden olabilir ve suyun içilebilirliğini etkileyebilir. Bakırın su üzerindeki etkileri, bakırın konsantrasyonuna, suyun pH değerine, sudaki diğer bileşiklerin varlığına ve suyun temas süresine bağlı olarak değişebilir. Genel olarak, bakır içeriği kontrol altında tutulmalı ve sağlık standartlarına uygun seviyelerde olmalıdır. Sağlıklı içme suyu temini ve bakırın suda bulunma durumu hakkında daha fazla bilgi almak için, yerel sağlık otoriteleri, su arıtma tesisleri ve su kalitesi testi yapan laboratuvarlarla iletişime geçmek önemlidir (Şahinci, 1991).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS-266, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) standartları Cu üst sınır değerini 2 mg/l olarak belirlemiştir.

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının bakır değerleri 0,5208-5,455 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.14). Ortalama bakır miktarı 2,054 µg/l olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.16). Bu değerler İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS-266, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) standartlarında tanımlanan Cu üst sınır değerinin altındadır.

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında bakır değerleri 0-0,88 µg/l arasında değişmektedir. Yüzey sularında ortalama bakır miktarı 54,81 µg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.15).

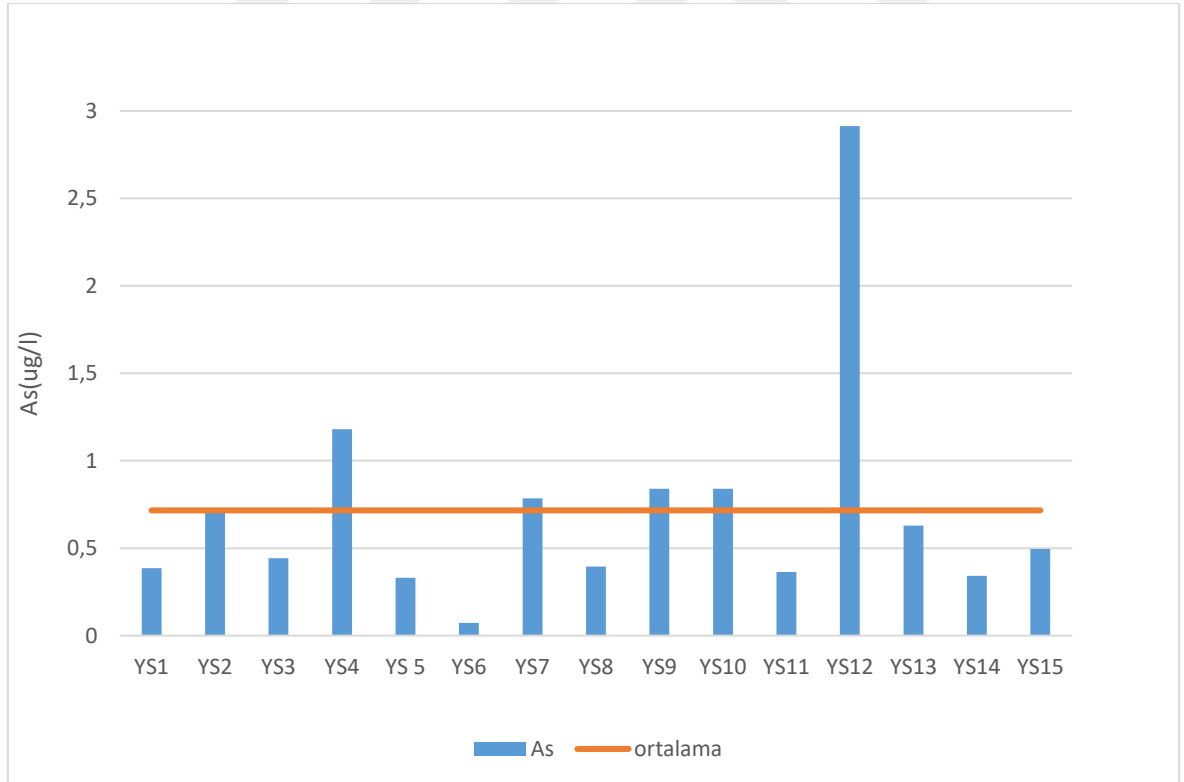


Şekil 3.16. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Cu değerleri

3.4.1.4.7. Arsenik (As)

Arsenik, bazalt, şist, kumtaşı ve volkanik kayalar gibi minerallerde doğal olarak bulunabilir ve suya yayılabilir. Arsenik kirliliği, bazı bölgelerde jeolojik faktörlerden kaynaklanırken, diğer bölgelerde madencilik, sanayi atıkları veya tarımsal faaliyetler gibi insan etkinlikleri nedeniyle ortaya çıkabilir. Arsenikli su, içildiğinde ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Uzun süreli arsenik maruziyeti, kanser (özellikle akciğer, böbrek ve mesane kanseri), cilt lezyonları, deri döküntüleri, dolaşım sistemi sorunları, sinir sistemi hasarı, bağışıklık sistemi bozuklukları ve çocuklarda gelişim sorunları gibi sağlık sorunlarına neden olabilir.

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının arsenik değerleri 0,072-2,912 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.14). Yüzey sularında ortalama As değeri 0,716 µg/l'dir (Şekil 3.17). Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) ve TSS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006)'da tanımlanan sınır değerlerin altındadır.



Şekil 3.17. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait As değerleri

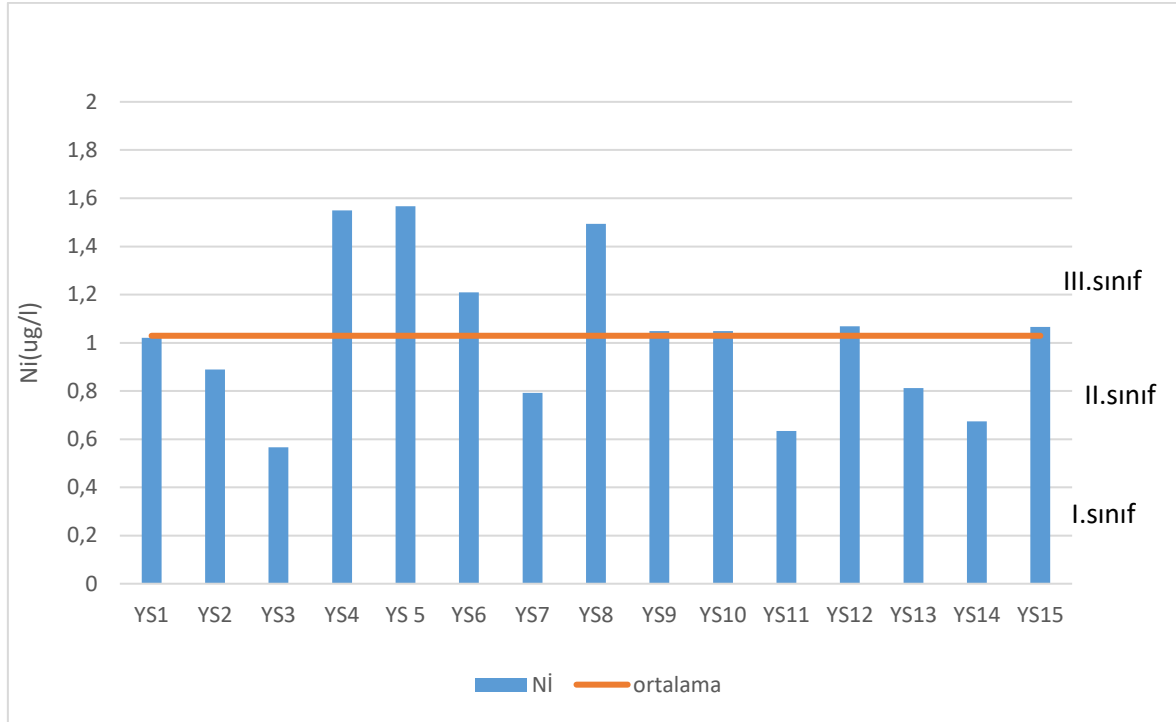
3.4.1.4.8. Nikel (Ni)

Nikel, doğal olarak bulunan bir elementtir ve bazı su kaynaklarında bulunabilir. Nikel, çeşitli endüstriyel faaliyetler, madencilik, metal işleme, elektrik üretimi ve atık su arıtma tesisleri gibi insan etkileri yoluyla suya karışabilir. Nikelin su kaynaklarında bulunması, suyun kalitesini etkileyebilir ve çevresel ve sağlık risklere neden olabilir. Nikel, uzun süreli maruziyet durumunda insan sağlığı üzerinde potansiyel toksik etkilere sahip olabilir. Solunum yoluyla nikel tozlarına veya nikel içeren suya maruz kalmak cilt reaksiyonları, solunum problemleri, böbrek hasarı ve akciğer kanseri gibi sağlık sorunlarına yol açabilir (Şahinci, 1991).

Nikel konsantrasyonu, su kaynaklarının izlenmesi ve su kalitesinin belirlenmesi için önemlidir. Ulusal ve uluslararası düzeyde su kalitesi standartları, nikel konsantrasyonu için sınırlar belirlemiştir (WHO, 2011), (TSS-266). Bu sınırlar, suyun insan sağlığına zararlı olabilecek nikel düzeylerini aşmasını önlemek için uygulanır.

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey suyu örneklerinin Nikel değeri 0,56-1,029 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir; ortalama değeri ise 1,56 $\mu\text{g/l}$ 'dir (Tablo 3.14). Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) ve TSS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006)'da tanımlanan sınır değerlerin altındadır.

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında nikel içerikleri 0,0012-4,23 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir ve ortalama nikel içeriği 1,60 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.15), (Şekil 3.18). Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) ve TSS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006)'da tanımlanan sınır değerlerin altındadır.



Şekil 3.18. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Ni değerleri

3.4.1.4.9. Çinko (Zn)

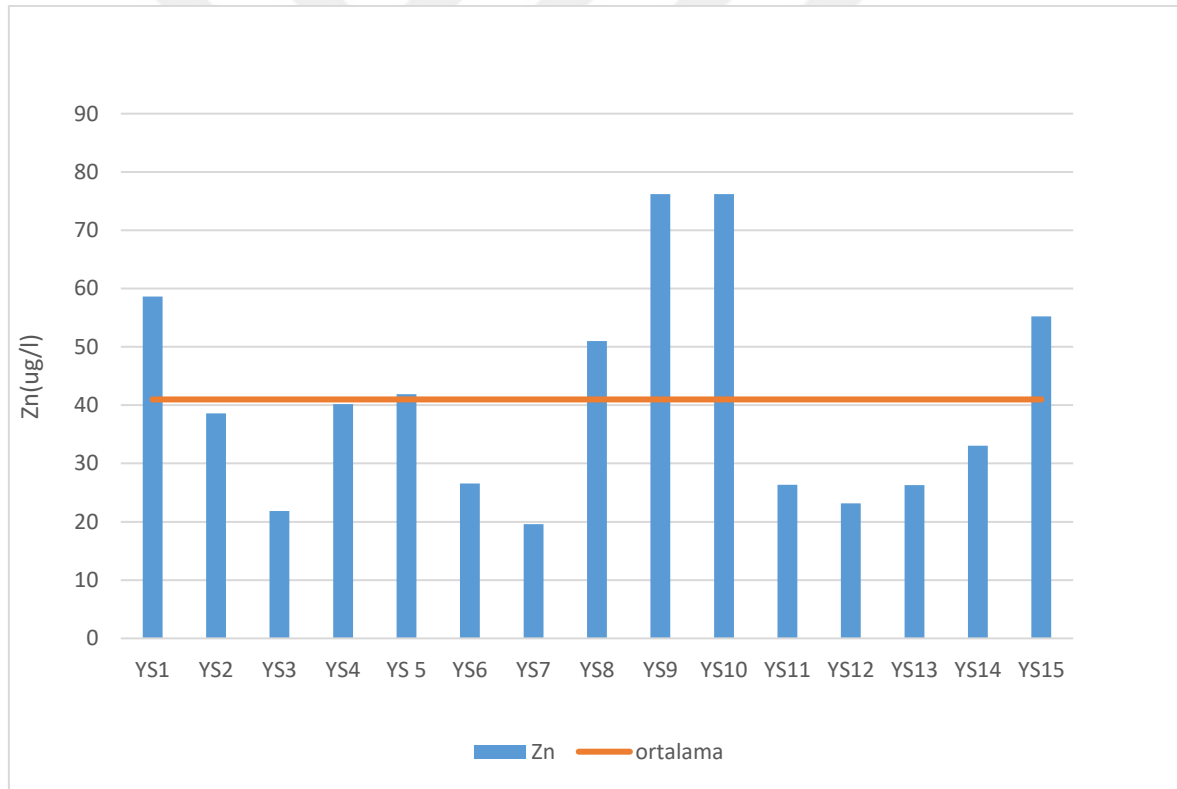
Çinko (Zn), yerkabuğunda yaygın olarak bulunan bir metaldir. Doğada genellikle Çinko sülfür (çinko cevheri olarak da bilinir) veya çinko oksit şeklinde bulunur. Ayrıca çeşitli mineral ve cevherlerde de çinko bulunabilir. Çinko, birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılan bir elementtir. Örneğin, çinko, galvanizleme (demir ve çelik koruma), pil üretimi, alaşım yapımı, kimyasal üretim ve tarımsal gübreler gibi birçok alanda kullanılır. Bu nedenle, çinko, endüstriyel faaliyetler yoluyla su kaynaklarına karışabilir. Su kaynaklarında çinko kirliliği genellikle insan faaliyetleriyle ilişkilidir. Sanayi atıkları, madencilik faaliyetleri, çinko işleme tesisleri ve tarımsal gübreler, suya çinko kirliliğine neden olabilecek kaynaklardır. (Sankhla vd 2019)

Çinko, su kalitesi açısından önemli bir parametredir ve su kaynaklarının izlenmesinde takip edilir. Çinkonun suya yayılması ve konsantrasyonu, su kaynaklarının sağlıklı ve güvenli kullanımı için belirlenen sınırlar içinde olmalıdır. Çinkonun suya karışması, yüksek konsantrasyonlarda çevresel etkilere ve sağlık sorunlarına neden olabilir. İnsanlar için uzun süreli çinko maruziyeti bazı sağlık sorunlarına yol açabilir. Bunlar arasında mide

rahatsızlıkları, bağırsak bozuklukları, anemi, bağışıklık sistemi bozuklukları ve sinir sistemi etkileri bulunabilir. (Sankhla vd 2019)

2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının çinko içerikleri 19,597-76,214 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir (Tablo 3.14) ve ortalama çinko içeriği 40,99 $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.19). En yüksek çinko miktarı 76,214 ile YS9 ve YS10 (bağlama çayı) örnek noktalarında; en düşük çinko miktarı ise 19,597 ile YS7 örnek noktasında ölçülmüştür. TSS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006) standartlarında ve SKKY (2021) sınıflamasında çinko için herhangi bir sınır değeri tanımlanmamıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) standartlarında çinko için sınır değer 3mg/l olarak belirlenmiştir.

1995-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında çinko miktarları 0,004-80,81 $\mu\text{g/l}$ arasında değişim göstermektedir (Tablo 3.15).



Şekil 3.19. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Zn değerleri

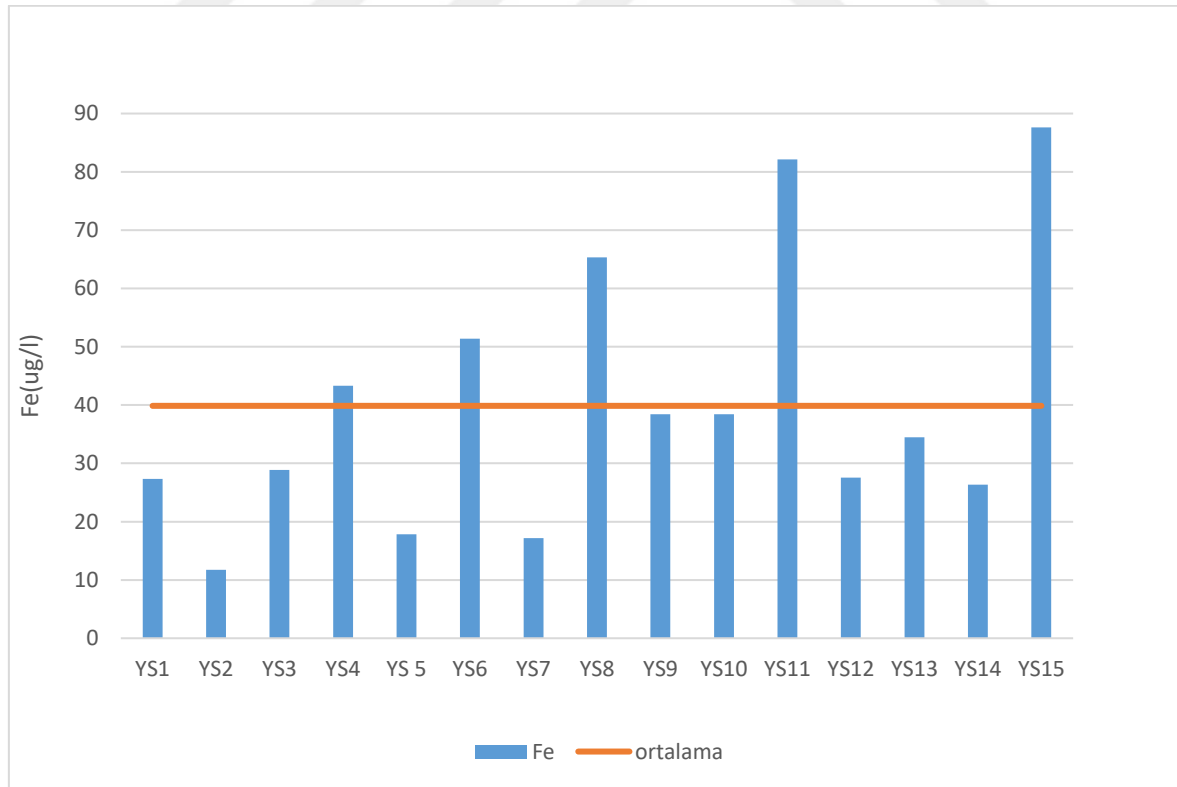
3.4.1.4.10. Demir (Fe)

Demir (Fe), yer kabuğunda bulunan en yaygın elementlerden biridir. Doğada demir, oksitler, silikatlar ve sülfürler gibi farklı bileşikler halinde bulunur. Hem doğal olarak oluşur

hem de insan faaliyetleri sonucu su kaynaklarına karışabilir. Su kaynaklarında demir kirliliği, suyun renk değiştirmesi, koku ve tat sorunlarına neden olabilir. Demir, su kalitesini etkileyebilir ve bazı durumlarda çökelme oluşturarak su kaynaklarının kullanımını sınırlayabilir. Demir, insan vücudu için gerekli bir mineraldir, ancak aşırı miktarda demir içeren suyun tüketimi sağlık sorunlarına neden olabilir. Özellikle içme suyu olarak kullanılan suların demir konsantrasyonu belli sınırlar içinde olmalıdır. Aşırı demir alımı, gastrointestinal problemlere, karaciğer hasarına ve diğer sağlık sorunlarına yol açabilir. (Başkan, 2013)

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularında demir değerleri 11,7561-87,623 $\mu\text{g/l}$ değişmektedir ve ortalama demir değeri 39,86226 $\mu\text{g/l}$ 'dir (Tablo 3.14), (Şekil 3.20). Bu değerlere göre TS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006) standartlarının belirlenmiş sınır miktarı (0,2 mg/l) sınır altındadır.

1995-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında demir miktarı 0,0011-2070,18 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir ve ortalama demir değeri 440,51 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.15).

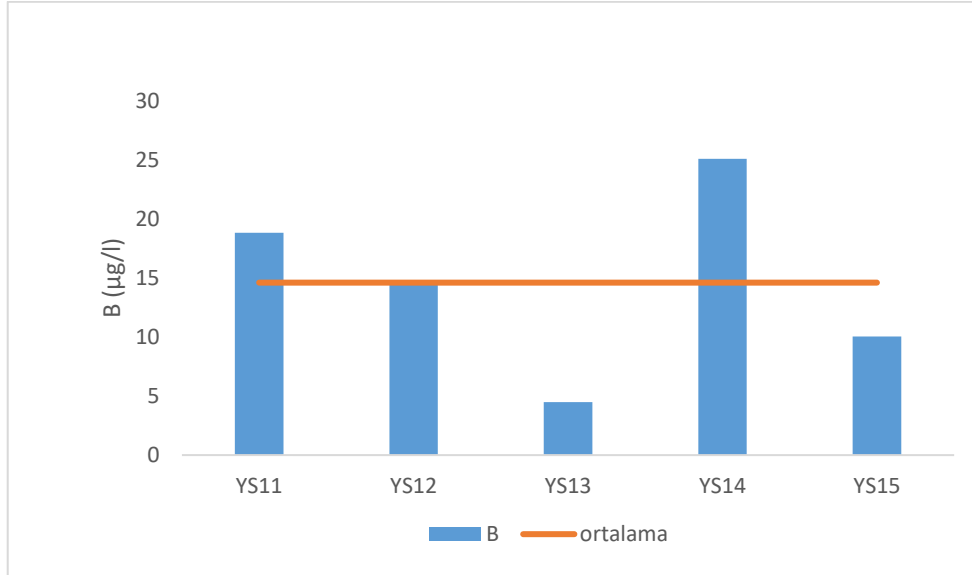


Şekil 3.20. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Fe değerleri

3.4.1.4.11. Bor (B)

Bor (B), yerkabuğunda doğal olarak bulunan bir elementtir. Bor, boraks, borik asit ve borit mineralleri gibi bileşikler halinde bulunur. Doğal olarak su kaynaklarında da bulunabilir. Bor, endüstriyel ve tarımsal kullanımlarında yaygın olarak kullanılan bir elementtir. Cam üretimi, seramikler, deterjanlar, tarımsal gübreler ve ahşap koruma gibi birçok alanda kullanılır. Bu nedenle, bor, endüstriyel faaliyetler ve tarımsal uygulamalar sonucu su kaynaklarına karışabilir. Bor, su kaynaklarında belirli bir konsantrasyona sahip olmalıdır. Çünkü aşırı miktarda bor, suyun kalitesini etkileyebilir ve çevresel etkilere yol açabilir. Ayrıca, aşırı bor alımı insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilir. Yüksek bor konsantrasyonuna maruz kalmak cilt reaksiyonları, mide rahatsızlıkları, böbrek hasarı ve üreme sistemi üzerinde etkilere neden olabilir. (Başkan, 2013)

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında bor konsantrasyonu 4,47 -25,07 $\mu\text{g/l}$ değişmektedir; ortalama değeri 14,60 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.15), (Şekil 3.21). Çalışma alanındaki tüm örnekleme noktalarında ölçülen bor içerikleri TSS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006)'da tanımlanan sınır değerin (1 mg/l) altındadır.

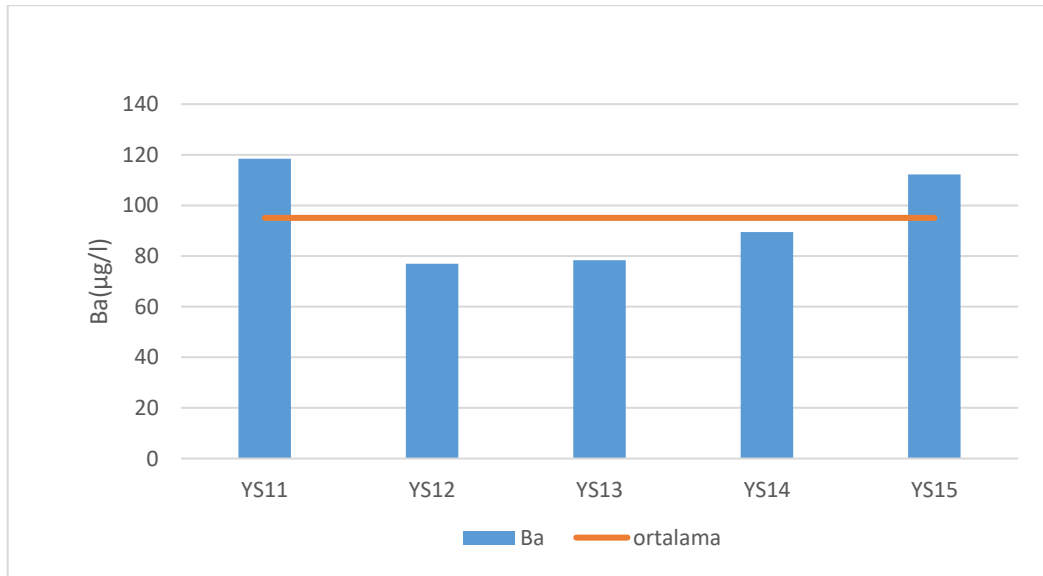


Şekil 3.21. 2016-2019 yıllarında örnekleme yapılan yüzey sularına ait B değerleri

3.4.1.4.12. Baryum (Ba)

Baryum (Ba), yer kabuğunda bulunan bir elementtir. Doğada baryum, barit minerali (baryum sülfat) veya vitherit minerali (baryum karbonat) şeklinde bulunur. Su kaynaklarında doğal olarak bulunabilen bir elementtir. Baryum, bazı endüstriyel uygulamalarda ve petrol ve gaz sondajlarında kullanılan bir elementtir. Ayrıca, bazı mineral işleme tesislerinde ve çeşitli kimyasal üretim süreçlerinde de kullanılabilir. Bu nedenle, baryum, endüstriyel faaliyetler ve madencilik etkinlikleri sonucu su kaynaklarına karışabilir. Baryumun su kaynaklarında konsantrasyonu önemlidir çünkü aşırı baryum kirliliği çevresel etkilere ve sağlık sorunlarına neden olabilir. Baryum, özellikle içme suyu olarak kullanılan suların kalitesini etkileyebilir. (Yıldız, 2018)

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında baryum konsantrasyonu 76,9 -118,47 $\mu\text{g/l}$ değişmektedir; ortalama değeri 95,08 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.16), (Şekil 3.22). TSS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006)'te ve SKKY (2021)'de Baryum için tanımlanmış herhangi bir sınır değeri bulunmamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) standartlarında Baryum için sınır değeri 0,7mg/l olarak belirlenmiştir. Örnekleme yapılan yüzey suyu noktalarındaki baryum içeriklerinin Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) standartlarında verilen sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.



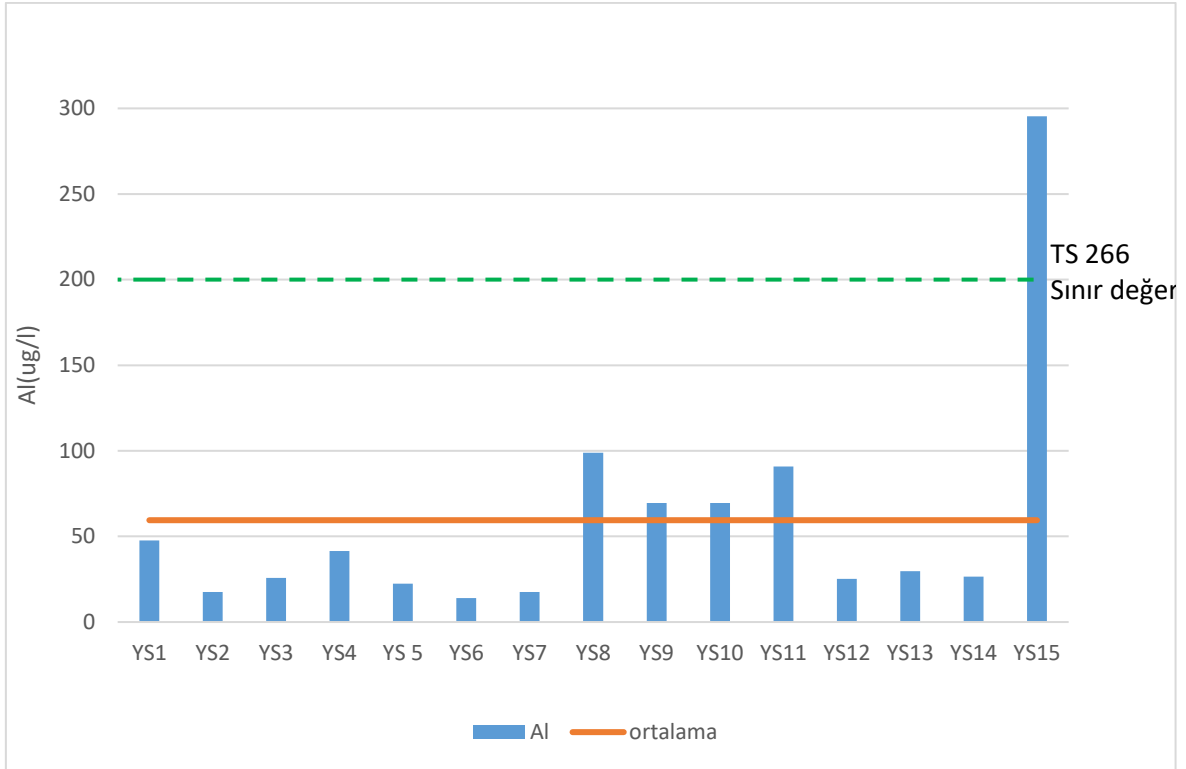
Şekil 3.22. 2016-2019 yıllarında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Ba değerleri

3.4.1.4.13. Alüminyum (Al)

Alüminyum (Al), yerkabuğunda en yaygın bulunan metaldir ve doğal olarak birçok mineralde bulunur. Alüminyum, oksitler, hidroksitler, silikatlar ve sülfatlar gibi bileşikler halinde bulunabilir. Alüminyum, çeşitli endüstriyel uygulamalarda ve günlük yaşamda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Su kaynaklarında alüminyum, çevresel faktörler ve insan etkinlikleri sonucu bulunabilir. Toprak erozyonu, mineral işleme tesisleri, tarımsal uygulamalar ve endüstriyel atıklar alüminyumun su kaynaklarına karışmasına neden olabilir. Alüminyumun su kaynaklarında konsantrasyonu önemlidir çünkü aşırı alüminyum kirliliği çevresel etkilere ve sağlık sorunlarına yol açabilir. Su kaynaklarında yüksek alüminyum konsantrasyonu suyun renginde, kokusunda ve tadında değişikliklere neden olabilir. Ayrıca, uzun süreli maruziyet durumunda alüminyumun insan sağlığı üzerinde potansiyel etkileri olabilir. (Yerli vd, 2020)

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularına ait alüminyum değerleri 13,9-295,34 µg/l değişmektedir; ortalama değeri 59,47 µg/l'dir (Tablo 3.14). YS15 noktasında ölçülen alüminyum miktarı 295,34 µg/l ile TSS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006) standartlarında belirlenmiş sınır değerden (0,200 mg/l) daha yüksektir; diğer noktaları tümü ait alüminyum miktarı sınır değerinin altındadır.

1995-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında alüminyum miktarı 0,14-8473,3 µg/l ve ortalama miktarı 920,66 µg/l'dir (Tablo 3.15), (Şekil 3.23). Bu sonuçları göre Ordu ilinin yüzey suları aşırı alüminyum kirliliğiyle karşılaşmaktadır.



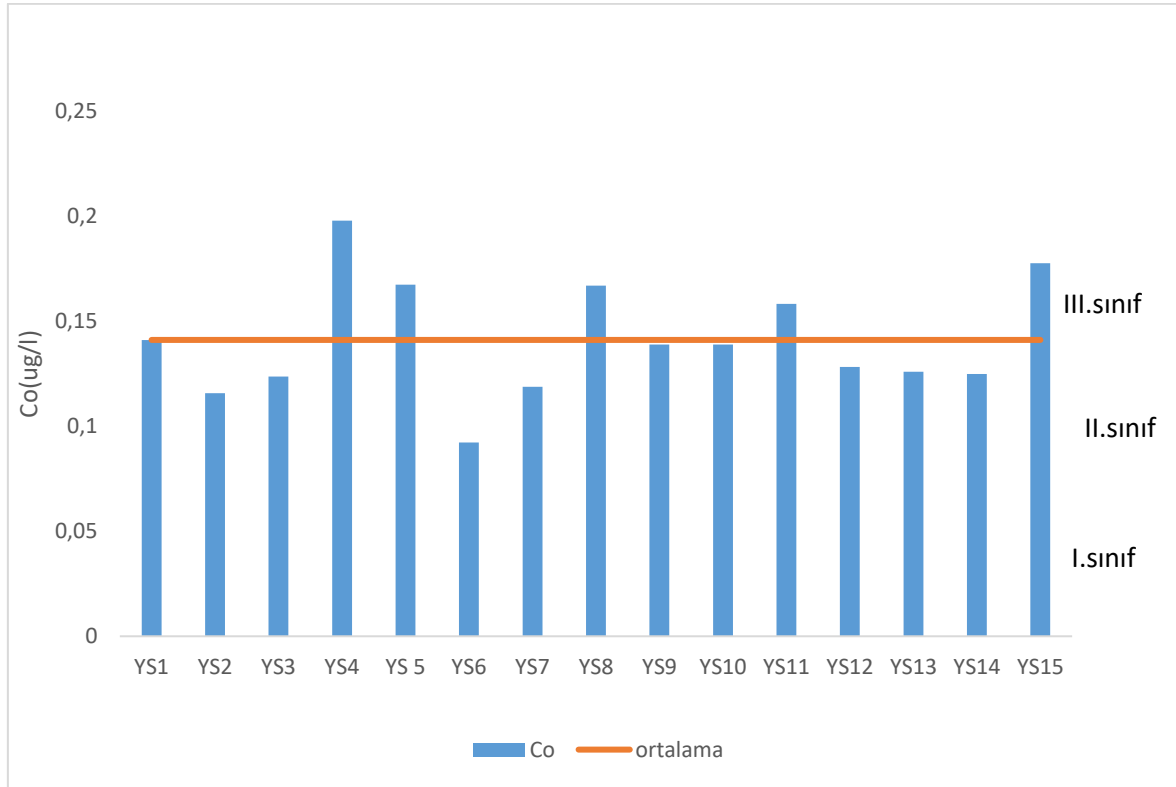
Şekil 3.23. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Al değerleri

3.4.1.4.14. Kobalt (Co)

Kobalt (Co), yerkabuğunda doğal olarak bulunan bir metaldir. Genellikle nikel ve bakır cevherlerinin yanında bulunur. Kobalt, çeşitli endüstriyel uygulamalarda ve bazı kimyasal bileşiklerin üretiminde kullanılır. Su kaynaklarında kobalt, doğal kaynaklardan veya insan etkinlikleri sonucu suya karışabilir. Kobalt, madencilik faaliyetleri, metal işleme tesisleri, pil üretimi ve bazı kimyasal üretim süreçleri gibi endüstriyel faaliyetlerle ilişkilendirilebilir. Bu nedenle, kobalt konsantrasyonu bazı su kaynaklarında yüksek olabilir. Kobalt, su kalitesi ve çevresel sağlık açısından önemlidir. Ayrıca, uzun süreli kobalt maruziyeti insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkilere sahip olabilir. Solunum yoluyla kobalt tozlarına veya kobalt içeren suya maruz kalmak, solunum problemlerine, cilt reaksiyonlarına ve böbrek hasarına yol açabilir. Kobalt konsantrasyonu, su kaynaklarının izlenmesi ve su kalitesinin belirlenmesi için önemlidir. Ulusal ve uluslararası düzeyde su kalitesi standartları, kobalt için belirli sınırlar belirleyebilir. Bu sınırlar, suyun insan sağlığına zararlı olabilecek kobalt düzeylerini aşmasını önlemek amacıyla uygulanır. (ATSDR,2004)

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının kobalt içeriği 0,0923-0,1981 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir; ortalama kobalt miktarı 0,14 $\mu\text{g/l}$ olarak belirlenmiştir (Tablo 3.14).

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında kobalt düzeyleri 0,47-1,91 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir; ortalama kobalt miktarı 1,20 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.15), (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Co değerleri

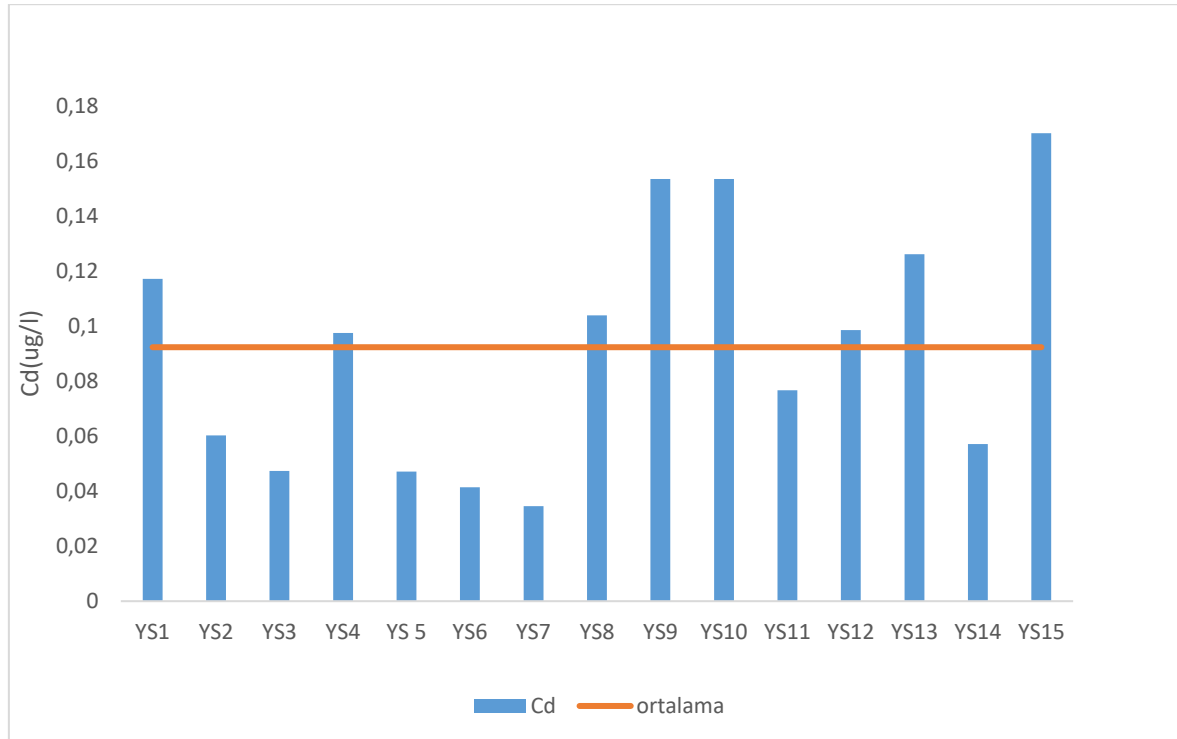
3.4.1.4.15. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum (Cd), yerkabuğunda doğal olarak bulunan bir elementtir. Genellikle çinko, kurşun ve bakır cevherlerinde bulunur. Kadmiyum, çeşitli endüstriyel uygulamalarda ve pil üretiminde kullanılan bir metaldir. Su kaynaklarında kadmiyum, doğal kaynaklardan veya insan etkinlikleri sonucu suya karışabilir. Kadmiyum, madencilik faaliyetleri, metal işleme tesisleri, gübre kullanımı, pil atıkları, kömür yakma ve atık su arıtma tesisleri gibi çeşitli kaynaklardan suya salınabilir. Bu nedenle, bazı su kaynaklarında kadmiyum konsantrasyonu yüksek olabilir. Kadmiyumun su kaynaklarında yüksek konsantrasyonları çevresel ve sağlık

risklere yol açabilir. Kadmiyum, su organizmaları ve ekosistemler üzerinde toksik etkilere sahiptir. Ayrıca, insan sağlığı üzerinde de ciddi etkileri olabilir. Uzun süreli maruziyet durumunda, böbrek hasarı, kemik hastalıkları, akciğer hasarı, kanser ve üreme sistemi bozuklukları gibi sağlık sorunlarına neden olabilir. Kadmiyum konsantrasyonunun su kaynaklarında izlenmesi ve kontrol edilmesi önemlidir. Ulusal ve uluslararası düzeyde su kalitesi standartları, kadmiyum için belirli sınırlar belirleyebilir ve bu sınırların aşılması gerekmektedir. Bu standartlar, suyun insan sağlığına zararlı olabilecek kadmiyum düzeylerini kontrol altında tutmayı hedefler. (Metin ve Yavuz, 2022)

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının kadmiyum düzeylerinin 0,034-0,170 $\mu\text{g/l}$ arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.14), (Şekil 3.25). Yüzey sularının ortalama kadmiyum içeriği ise 0,092 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır. TSE-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006)'da kadmiyum için belirlenmiş sınır değeri 0,005 mg/l 'dir. Örnekleme yapılan tüm yüzey sularının kadmiyum değerlerinin bu sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında kadmiyum düzeyleri 0,09-28,58 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir (Tablo 3.15). 2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre ortalama kadmiyum değeri 2,66 $\mu\text{g/l}$ 'dir.



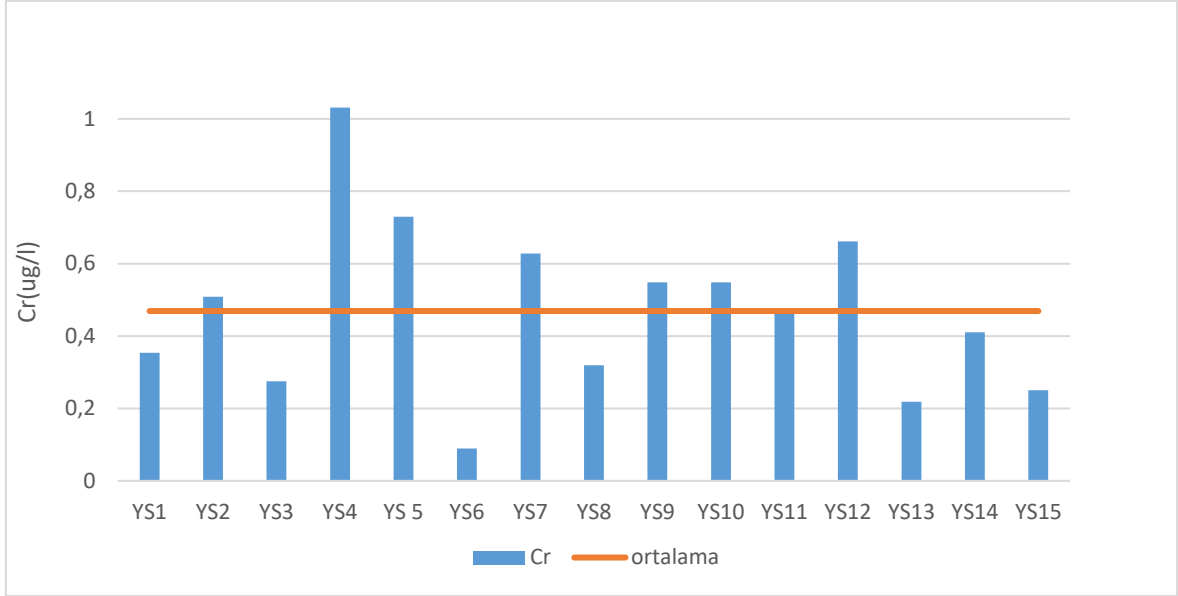
Şekil 3.25. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Cd değerleri

3.4.1.4.16. Krom (Cr)

Krom (Cr), yer kabuğunda doğal olarak bulunan bir metaldir. Krom, genellikle kromit minerali formunda bulunur. Krom, çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılır, özellikle paslanmaz çelik üretiminde ve krom kaplamalarında yaygın olarak kullanılır. Su kaynaklarında krom, doğal olarak bulunan bir element olmasına rağmen, bazı endüstriyel faaliyetler ve insan etkinlikleri sonucu suya karışabilir. Krom, metal işleme, deri işleme, boya ve kaplama endüstrisi, madencilik faaliyetleri ve atık su arıtma tesisleri gibi kaynaklardan suya salınabilir. Bu durum, bazı su kaynaklarında krom kirliliğine neden olabilir. Krom kirliliği çevresel ve sağlık açısından önemlidir. Yüksek konsantrasyonlarda krom, su ekosistemlerinde ve su organizmalarında toksik etkilere neden olabilir. Ayrıca, insan sağlığı üzerinde de zararlı etkilere sahip olabilir. Krom, uzun süreli maruziyet durumunda solunum problemleri, cilt reaksiyonları, sindirim sorunları ve bazı kanser türleri gibi sağlık sorunlarına yol açabilir. (Seven vd,2018)

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının krom içerikleri 0,089-1,0316 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.14), (Şekil 3.26). Yüzey sularında ortalama krom değeri ise 0,46914 µg/l olarak hesaplanmıştır. TSE-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006)'da krom için belirlenmiş sınır değeri 0,05 mg/l'dir. Örnekleme yapılan tüm yüzey suyu noktalarında ölçülen krom içerikleri bu sınır değerinin altındadır.

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında krom düzeyleri 0,19-21,25 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.15). 2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre ortalama krom içeriği 7,07 µg/l'dir. Bu değerler açısından tüm yüzey suyu örneklerinin TSE-266'da belirlenen sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.26. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Cr değerleri

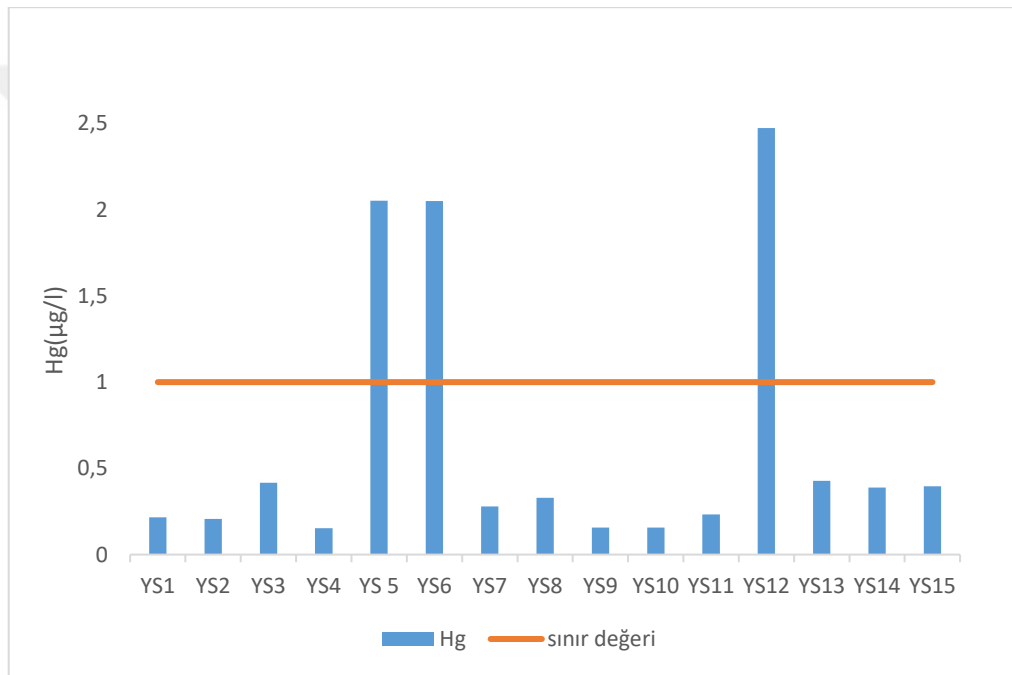
3.4.1.4.17. Civa (Hg)

Civa (Hg), yerkabuğunda doğal olarak bulunan bir elementtir. Civa, katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilen tek metaldir. Civa, çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılan ve elektronik, termometre, pil, enerji üretimi ve madencilik gibi birçok sektörde kullanılan bir metaldir. (URL1)

Civa, su kaynaklarında doğal olarak bulunan bir element olmasına rağmen, insan etkinlikleri sonucunda suya karışabilir. Madencilik faaliyetleri, metal işleme tesisleri, termoelektrik santraller, klor-alkali endüstrisi, tıp ve diş hekimliği gibi alanlardan kaynaklanan atıklar civa kirliliğine neden olabilir. Civa, suya karıştığında biyolojik birikimi nedeniyle ekosistemler ve insan sağlığı için risk oluşturabilir. Civa kirliliği çevresel ve sağlık açısından önemlidir. Yüksek konsantrasyonlarda civa, su ekosistemlerinde ve su organizmalarında toksik etkilere neden olabilir. Civa, uzun süreli maruziyet durumunda sinir sistemi bozuklukları, böbrek hasarı, doğum kusurları, bağışıklık sistemi sorunları ve diğer sağlık sorunlarına yol açabilir. Civa konsantrasyonunun su kaynaklarında izlenmesi ve kontrol edilmesi önemlidir. Ulusal ve uluslararası düzeyde su kalitesi standartları, civa için belirli sınırlar belirleyebilir ve bu sınırların aşılmaması gerekmektedir. Bu standartlar, suyun insan sağlığına zararlı olabilecek civa düzeylerini kontrol altında tutmayı hedefler. (Yavuz,2020)

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının civa içerikleri 0,15-2,47 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir ve ortalama değer 0,66 $\mu\text{g/l}$ 'dir (Tablo 3.14), (Şekil 3.27). YS12(Ordu Merkez), YS5 (Fatsa) ve YS6 (Bolaman çayı) örnekleme noktalarındaki civa düzeylerinin TSE-266 ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenmiş sınır değerlerden (0,001mg/l) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

1995-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında civa düzeyleri 0,19-21,25 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir ve ortalama değeri 0,0749 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.15).



Şekil 3.27. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Civa değerleri

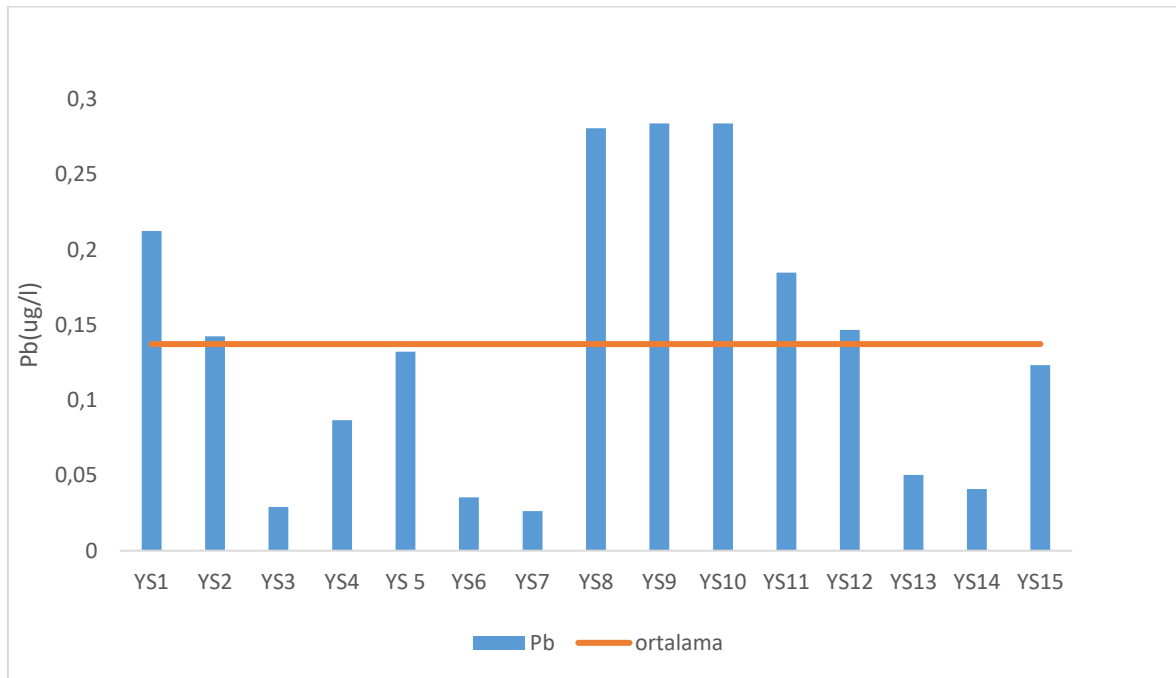
3.4.1.4.18. Kurşun (Pb)

Kurşun (Pb), yerkabuğunda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Kurşun, tarihsel olarak çeşitli endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bir metaldir. Benzin katkısı, boya, pil üretimi, elektrik kabloları ve kurşun asit aküler gibi alanlarda kullanılmıştır. Ancak, kurşunun çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle kullanımı birçok ülkede sınırlandırılmıştır. Su kaynaklarında kurşun, çevresel etkinlikler ve insan faaliyetleri sonucunda suya karışabilir. Özellikle eski su boruları, boya döküntüleri, sanayi atıkları ve madencilik faaliyetleri kurşun kirliliğine yol açabilir. Kurşun, su kaynaklarından alınan içme

suyu ve gıdalar aracılığıyla insanlara maruz kalabilir. Kurşun kirliliği ciddi sağlık riskleri oluşturabilir. Kurşun, vücuda girdikten sonra birikim yapabilir ve uzun süreli maruziyet durumunda çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir. Özellikle çocuklar, gebeler ve emziren anneler kurşuna karşı daha duyarlıdır. Kurşun zehirlenmesi, nörolojik sorunlar, zeka geriliği, davranış sorunları, böbrek hasarı ve kan hücreleri üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Kurşun konsantrasyonunun su kaynaklarında izlenmesi ve kontrol edilmesi önemlidir. Ulusal ve uluslararası düzeyde su kalitesi standartları, kurşun için belirli sınırlar belirleyebilir ve bu sınırların aşılmaması gerekmektedir. Özellikle içme suyu kaynaklarında kurşun düzeylerinin düşük olması önemlidir. (Raj ve Das; 2023)

Çalışma alanındaki 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının kurşun içerikleri 0,026-0,28 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir. Yüzey sularında ortalama kurşun değeri 0,13728 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.14), (Şekil 3.28). TSE-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006)'da kadmiyum için belirlenmiş sınır değeri 0,01 mg/l'dir. Analizi yapılan yüzey suyu örnekleme noktalarının tamamının kurşun düzeylerinin bu sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında kurşun düzeyleri 0,35-5,45 $\mu\text{g/l}$ $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir ve ortalama değeri 2,35 $\mu\text{g/l}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.15).

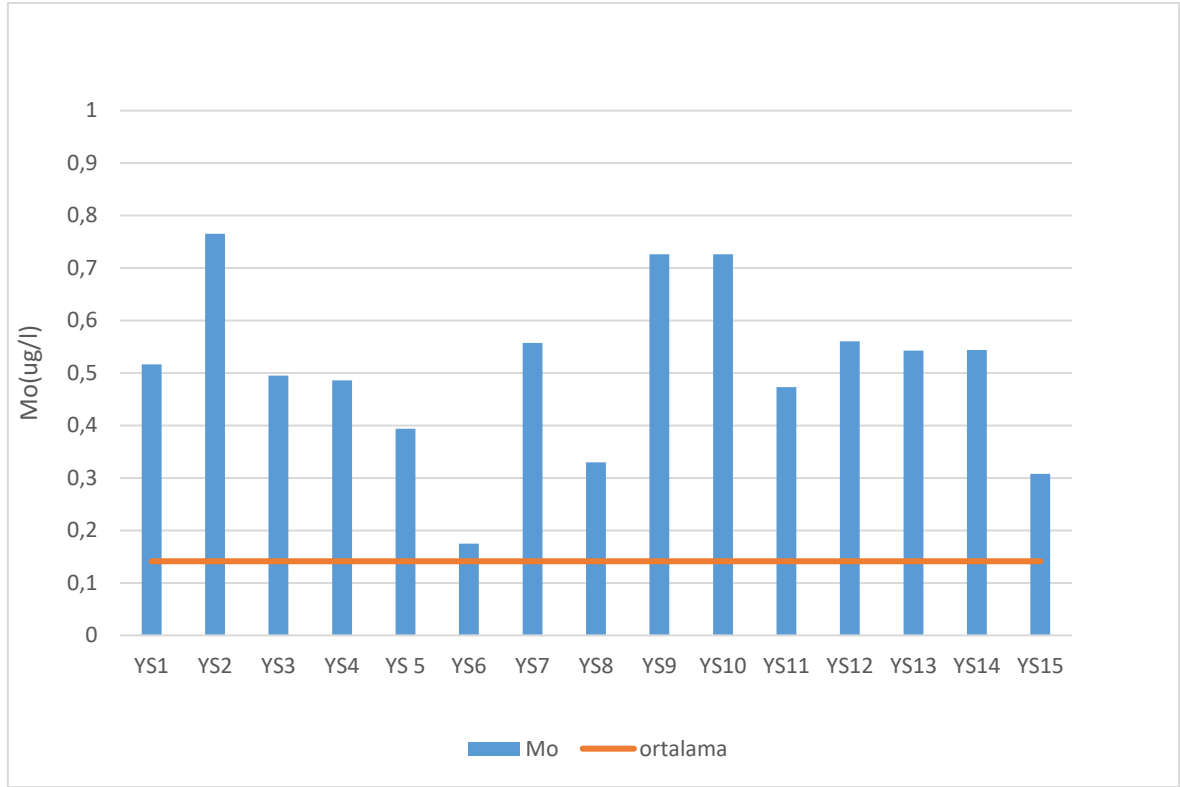


Şekil 3.28. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Pb değerleri

3.4.1.4.19. Molibden (Mo)

Molibden (Mo), yerkabuğunda doğal olarak bulunan bir metaldir. Molibden, yüksek sıcaklık dayanımı ve korozyona direnci gibi özellikleri nedeniyle çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılan bir elementtir. Özellikle çelik üretiminde, alaşım yapımında, elektronik ve kimyasal endüstrilerde kullanılır. Molibdenin doğal olarak su kaynaklarına karışması nadirdir. Ancak bazı endüstriyel faaliyetler, madencilik işlemleri ve maden atıkları su kaynaklarında molibden kirliliğine neden olabilir. Molibdenin su kaynaklarından çevresel etkilere sahip olabilen konsantrasyonlarda bulunması durumunda, ekosistemlere ve su organizmalarına zarar verebilir. Molibdenin insan sağlığı üzerindeki etkileri hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Ancak yüksek miktarda molibden maruziyeti durumunda sağlık sorunlarına yol açabileceği bilinmektedir. Uzun süreli ve yüksek düzeyde maruz kalma durumunda, mide bağırsak rahatsızlıkları, karaciğer hasarı ve böbrek fonksiyonlarında bozulmalar gibi etkiler gözlemlenebilir. Ancak, günlük hayatta maruz kalınan molibden miktarları genellikle zararlı düzeylerin altındadır. Molibden konsantrasyonunun su kaynaklarında izlenmesi ve kontrol edilmesi, çevresel ve insan sağlığına olası riskleri yönetmek için önemlidir. (EPA 1979)

Çalışma alanındaki 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının molibden düzeyleri 0,1747-0,7656 µg/l arasında değişmektedir ve ortalama molibden değeri ise 0,50664 µg/l olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.14), (Şekil 3.29). Ulusal ve uluslararası düzeyde su kalitesi standartları, molibden için herhangi bir sınır değeri belirlememiştir.



Şekil 3.29. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Mo değerleri

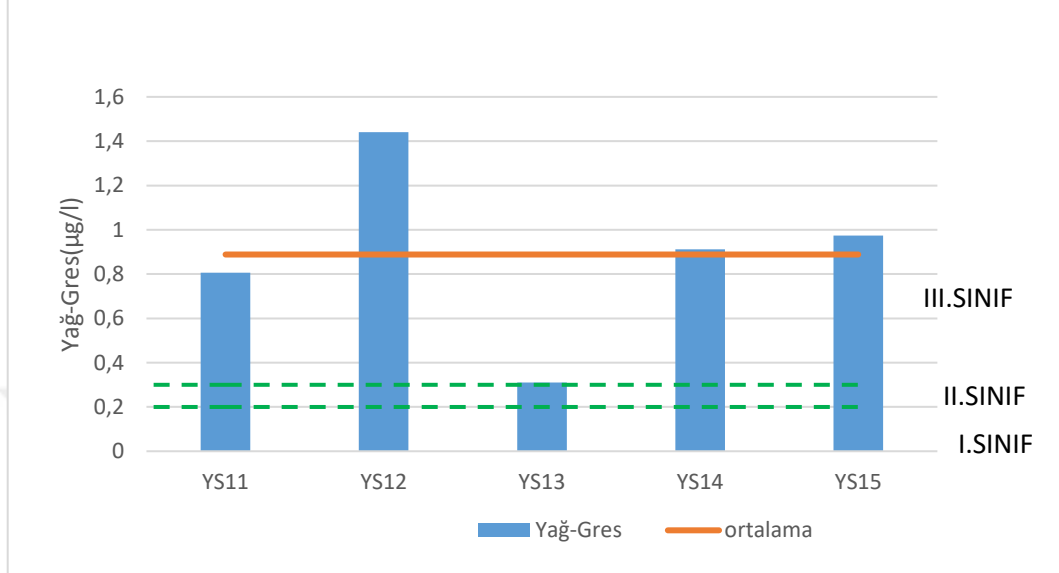
3.4.1.5. İnceleme Alanındaki Yüzey Sularında Bulunan Diğer Kirlilik Parametreleri

3.4.1.5.1. Yağ ve Gres

Yağ ve gres, su numunelerindeki yağ, yağ asitleri, vazelin, mum, sabun ve diğer benzer maddelerin bir karışımını ifade eder. Bu maddeler genellikle endüstriyel faaliyetler, evsel atık su deşarjları ve diğer insan etkinlikleri sonucunda su kaynaklarına karışabilir. Yağ ve gres kirliliği, su kaynaklarının kalitesini olumsuz etkileyebilir ve çevresel sorunlara neden olabilir. Yağ ve gresin su yüzeyini kaplayarak oksijenin suya geçişini engellemesi, fotosentez aktivitesini azaltması ve sucul organizmaların yaşam alanlarını etkilemesi gibi etkiler görülebilir. (Mawlood,2018)

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında yağ ve gres düzeyleri 0,31-1,44 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 3.30). Yüzey sularında ortalama 0,88 mg/l olarak bulunmaktadır (Tablo 3.16). YS11, Y12, YS13, YS14 ve YS15 numaralı yüzey suyu örneklerinde yağ ve gres miktarı SKKY (2021) sınıflamasına göre III. (Orta)

kalite sınıfına işaret etmektedir. Yağ ve gres miktarındaki bu değerler antropojenik aktivitelerin yüzey sularına olan etkisini ifade etmektedir.



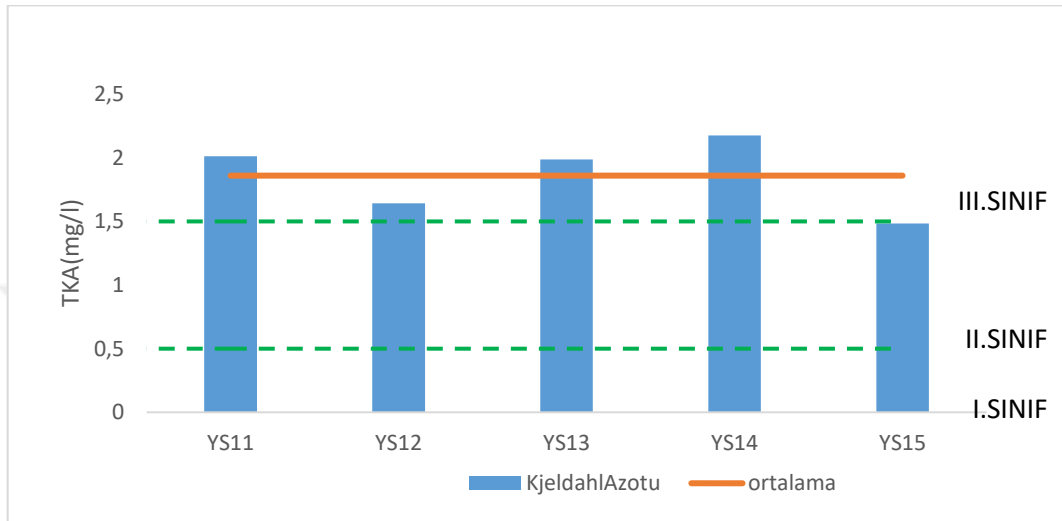
Şekil 3.30. 2016-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait yağ ve gres değerleri

3.4.1.5.2. Toplam Kjeldahl-Azotu

Toplam Kjeldahl Azotu (TKA), su veya diğer çevresel numunelerdeki organik ve inorganik azot bileşiklerinin toplam miktarını ifade eder. TKA, genellikle su kalitesinin belirlenmesi ve su kirliliğinin izlenmesi amacıyla kullanılan bir parametredir. TKA analizi, örneklenen su numunesinin azot içeriğini belirlemek için kullanılan bir kimyasal analiz yöntemidir. TKA, atık su arıtma tesislerinin performansını değerlendirmede, su kirliliği kaynaklarının belirlenmesinde ve tarım sulama suyu kalitesinin izlenmesinde önemli bir parametredir. Ayrıca, su ekosistemlerindeki besin madde yüklerini değerlendirmek için de kullanılır. TKA'nın belirli bir su kaynağı için kabul edilebilir sınırları, ulusal ve uluslararası su kalitesi standartlarına bağlı olarak değişebilir. Bu sınırlar, su kullanım amaçlarına, ekosistemlere ve insan sağlığına göre belirlenir. Su kaynaklarının TKA seviyelerinin izlenmesi, su kalitesinin korunması ve su kirliliğinin kontrol altına alınması için önemlidir. (Hicks vd; 2022)

2016-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularında toplam kjeldahl-azotu düzeyleri 1,48-2,17 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 3.31). Yüzey sularındaki

ortalama miktarı ise 1,85 mg/l'dir (Tablo 3.16). YS15 örnekleme noktasındaki TKA miktarı 1,48mg/l ile SKKY (2021)'a göre II. (iyi) kalite sınıfında bulunmaktadır. YS11, YS12, YS13 ve YS14 örnekleme noktalarındaki TKA miktarına göre ise (1,64mg/l; 1,85mg/l; 1,98mg/l; 2,01mg/l) III. (orta) kalite sınıfındadır.

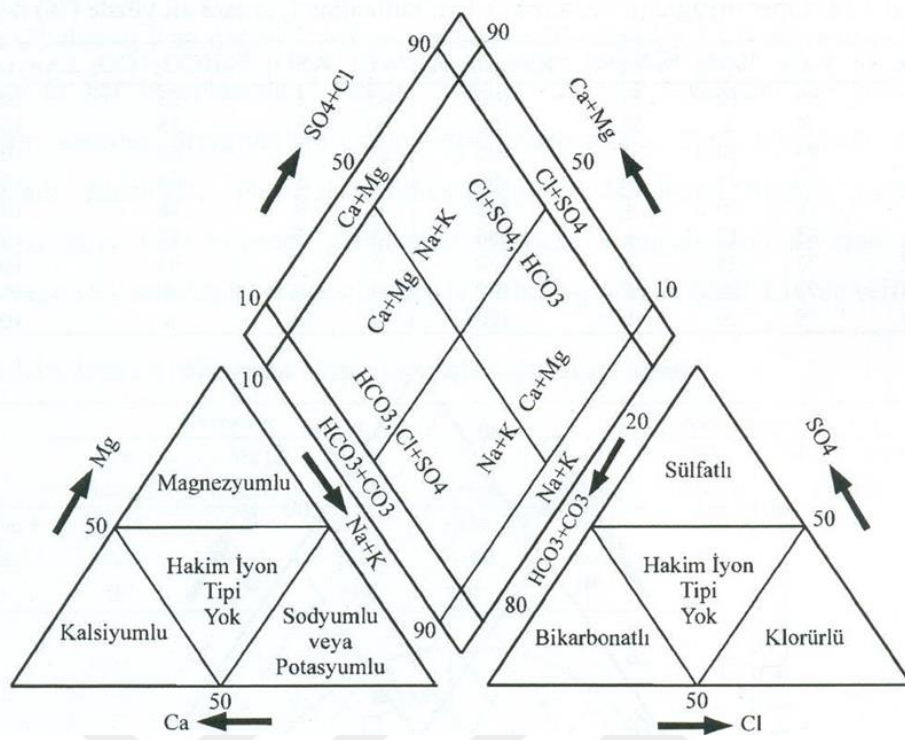


Şekil 3.31. 2016-2019 yılları arasında örnekleme yapılan yüzey sularına ait Kjeldahl Azotu değerleri

3.4.1.6. Yüzey Sularının Hidrojeokimyasal Sınıflandırılması

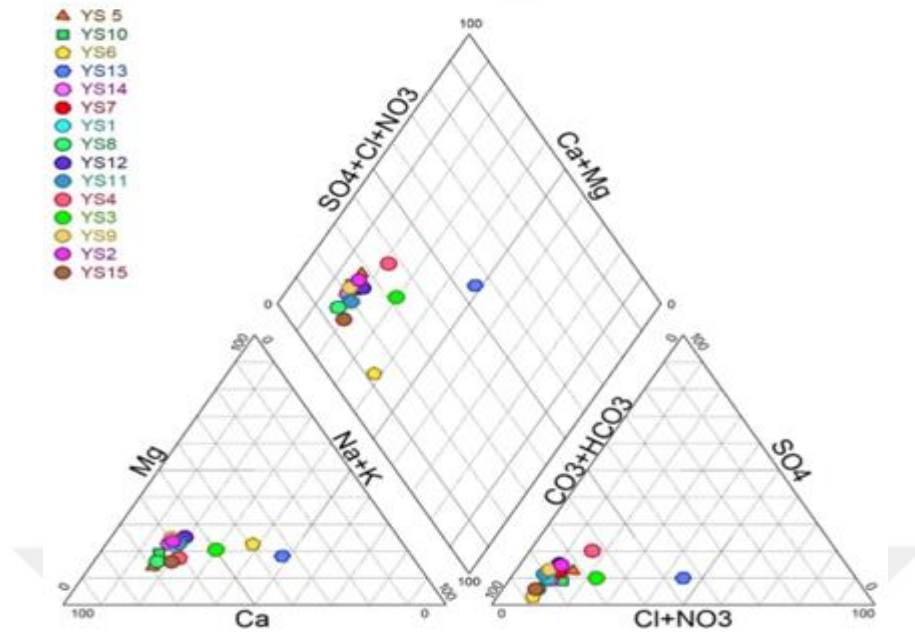
3.4.1.6.1. Yüzey Sularının Piper Diyagramına Göre Sınıflandırılması

Piper Diyagramı, suların katyon-anyon çiftini dikkate alarak su fasiyeslerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu diyagram, bir tarafta katyonları diğer tarafta ise anyonları içeren iki üçgen ve bir eşkenar dörtgenden oluşur. Diyagramda katyonlar grubu, alkali elementler ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) ve toprak alkali elementler ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) alt gruplarından; anyonlar grubu ise, güçlü asit kökleri ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$) ve zayıf asit kökleri ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) alt gruplarından oluşmaktadır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Piper Diyagramı (Piper, 1944)

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin analiz sonuçlarına göre; alkali toprak elementlerin toplamı ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) alkali elementlerin toplamından ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) daha fazla; zayıf asitlerin toplamı ($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$) güçlü asitlerin toplamından ($\text{Cl} + \text{SO}_4$) daha fazla olan sular olarak belirlenmiştir. Piper diyagramına göre çalışma alanındaki yüzey suları Ca-Mg- HCO_3 ile Ca- HCO_3 tipi sular arasında değişim göstermektedir. YS13 noktasındaki sular ise karışık sular tipi sınıfına girmektedir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Piper diyagramına göre sınıflandırılması

2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yüzey sularının hidrojeokimyasal değişimi 4 mevsim için (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) ayrı ayrı incelenmiştir. Buna göre ilkbahar mevsiminde alınan yüzey suyu örnekleri çoğunlukla (örnek sularının %96'sı) Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi arasında değişmektedir (Şekil 3.34.a).

2013-2019 yılları arası kış mevsiminde alınan yüzey suyu örneklerinin analiz sonuçlarına göre örneklerde alkali toprak elementlerin toplamı ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) alkali elementlerin toplamından ($\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$) daha fazla; zayıf asitlerin toplamı ($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$) güçlü asitlerin toplamından ($\text{Cl} + \text{SO}_4$) daha fazladır (Şekil 3.35). 2013-2019 yılları arası kış mevsimlerinde örneklenen suların %85'i Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ su tipi arasında değişmektedir. Diğer geri kalan yüzey suyu örnekleri Na-K-HCO₃; Na-K-Cl-SO₄ ve karışık su tipi sınıfındadır (Şekil 3.34.b).

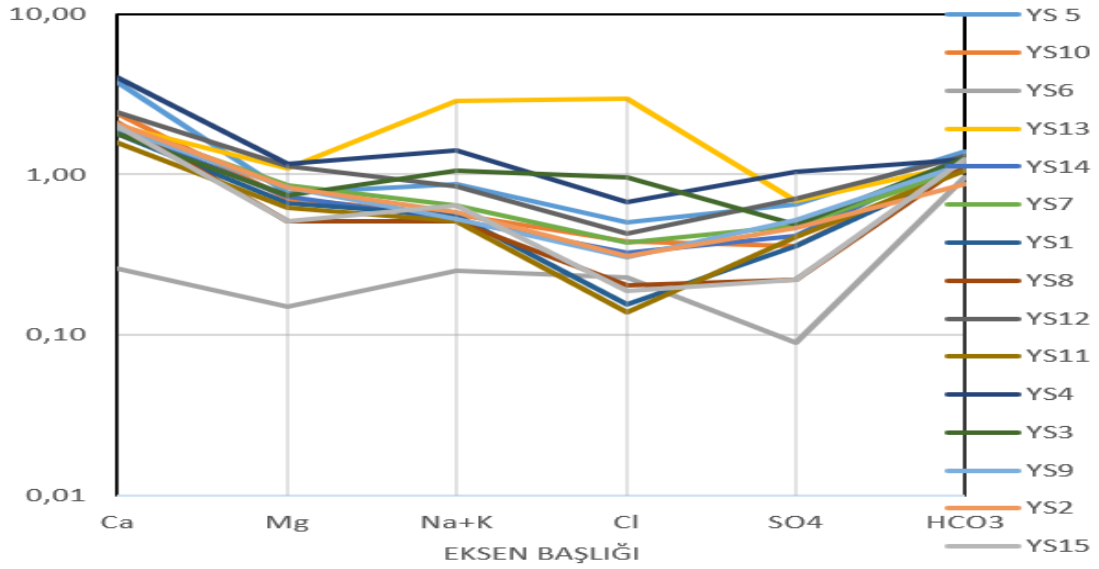
2013-2019 yılları arası yaz mevsiminde alınan yüzey suyu örneklerinin analiz sonuçlarına göre su örnekleri Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ su tipi arasında değişmektedir. Ayrıca yüzey suyu örneklerinde Ca-Cl-SO₄ ve karışık sular tipi de bulunmaktadır (Şekil 3.34.c).

toplamı ($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$) güçlü asitlerin toplamından ($\text{Cl} + \text{SO}_4$) daha fazla olan sular olarak görülmektedir. Piper diyagramı incelediğinde örneklerin %90'ının Ca-Mg- HCO_3 ile Ca- HCO_3 tipi sular arasında değiştiği görülmektedir. Geri kalan %10'u ise karışık sular sınıfındadır (Şekil 3.34.d).

3.4.1.6.2. Yüzey Sularının Schoeller Diyagramına Göre Sınıflandırılması

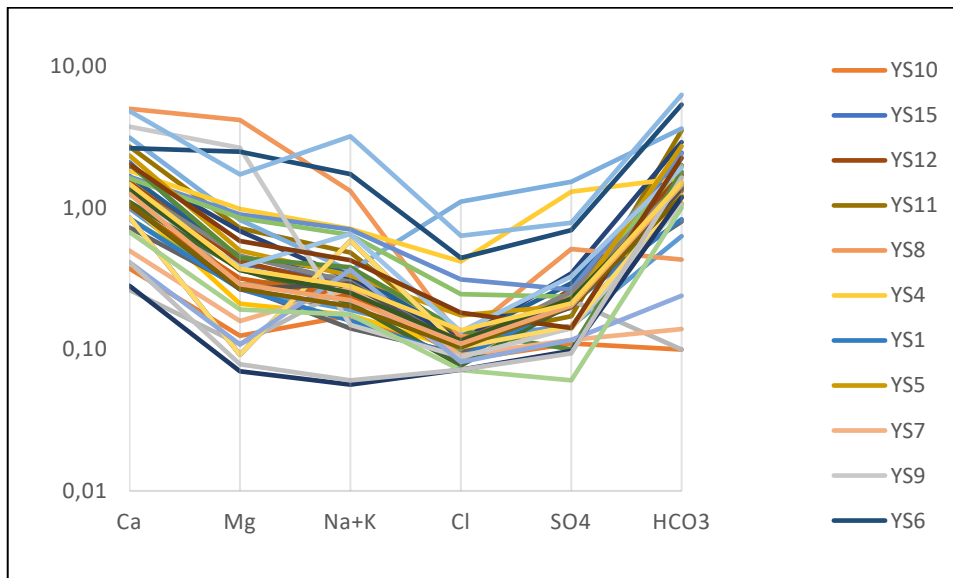
Schoeller diyagramı veya yarı logaritmik ölçekli diyagramı olarak da adlandırılır. Bu diyagram, logaritmik ölçekte majör iyonların (Ca^{2+} , Mg^{2+} , ($\text{Na}^{++}\text{K}^{+}$), Cl^{-} , SO_4^{2-} ve HCO_3^{-}) konsantrasyonlarının birbirlerine göre göreceli durumlarını gösterir ve birden fazla analizin aynı diyagramda sunulmasını sağlar. Schoeller diyagramında benzer pikleri gösteren veya iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğruları birbirine paralel olan su örneklerinin aynı kökenli veya ortak beslenme alanına sahip olduğu kabul edilir. Bu nedenle, aynı veya farklı kökenli suların karşılaştırılması veya aynı suların zaman içindeki iyon içeriklerinin değişip değişmediğini araştırmak için Schoeller diyagramı oldukça tercih edilir. (KONARE;2021)

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin analiz sonuçlarına göre hazırlanan Schoeller diyagramına göre yüzey suyu analizlerinin (YS13 hariç) çoğunun Ca^{2+} ve HCO_3 iyonlarının maksimum değerler gösterdiğini göstermektedir (Şekil 3.38). Bu durum yüzey sularının ana bileşenlerinin bikarbonat (HCO_3^{-}) ve kalsiyum (Ca^{2+}) iyonları olduğu anlamına gelmekte ve suların fasiyesinin Kalsiyum-Bikarbonat olduğunu ifade etmektedir. Yalnızca YS13 numaralı yüzey suyu örneğinin ana bileşenlerinin sodyum (Na^{+}) ve klorür (Cl^{-}) iyonları olduğunu belirtmektedir (Şekil 3.38).

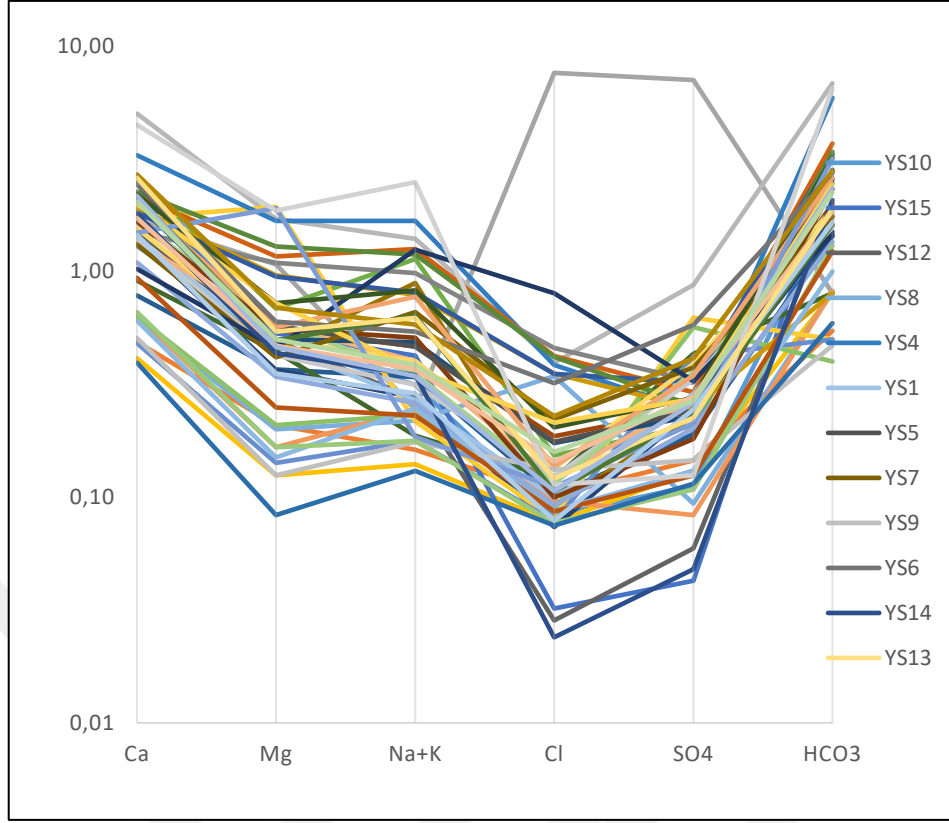


Şekil 3.35. 2023 yılı şubat ayında örnekleme yapılan yüzey sularının Schoeller diyagramına göre sınıflandırılması

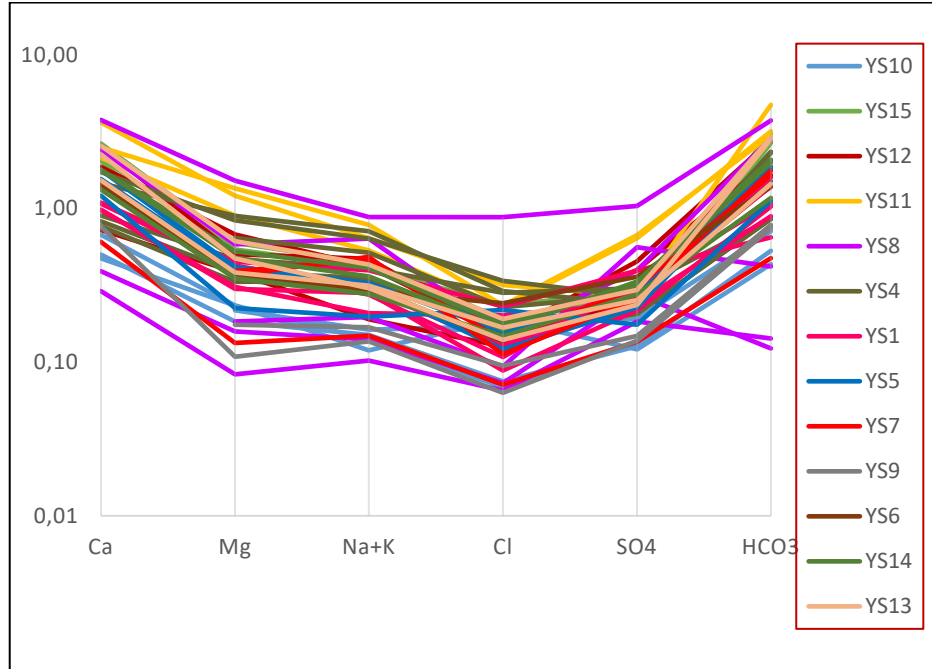
2013-2019 yılları arasında alınan yüzey suyu örneklerinin analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramı incelendiğinde majör iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğruların birbirine paralellik gösterdiği ve tüm mevsimlerde (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) alınan yüzey suyu örneklerinde katyon ve anyon sıralamasının çoğunlukla Ca^{2+} ve HCO_3^- iyonları görülmektedir (Şekil 3.36, 3.37, 3.38, 3.39).



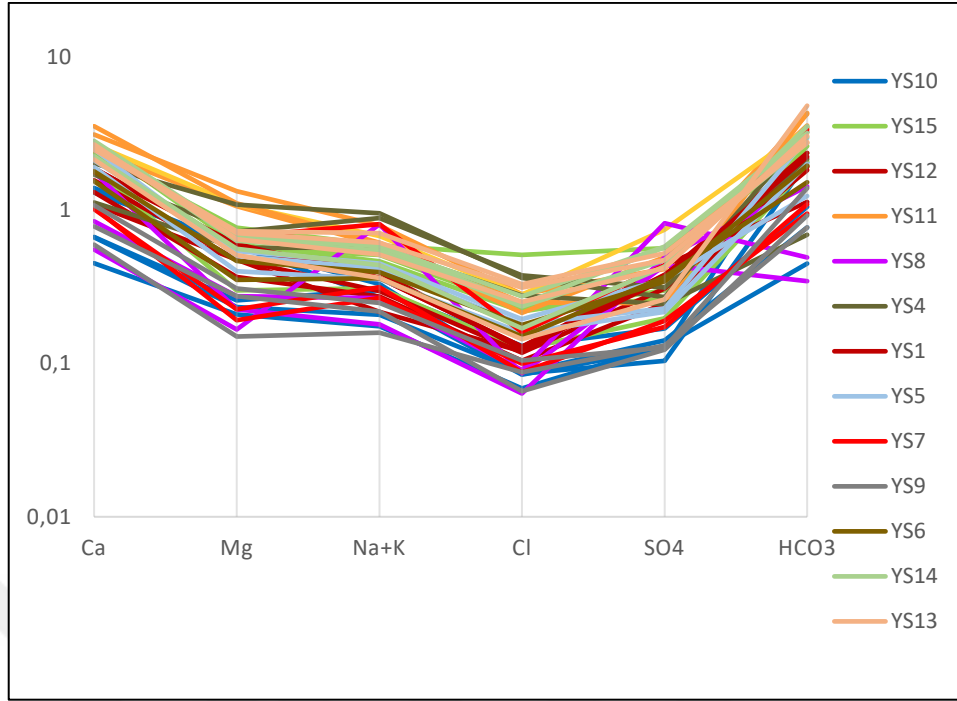
Şekil 3.36. 2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre ilkbahar mevsimine ait Schoeller diyagramı



Şekil 3.37. 2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre yaz mevsimine ait Schoeller diyagramı



Şekil 3.38. 2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre kış mevsimine ait Schoeller diyagramı



Şekil 3.39. 2013-2019 yılları arasına ait analiz sonuçlarına göre sonbahar mevsimine ait Schoeller diyagramı

3.4.1.6.3. Yüzey Sularının Uluslararası Hidroloji Birliğine Göre Sınıflandırılması

Hidrojeokimyasal fasiyes kavramı ilk olarak suların üçgen diyagramlardaki iz düşüm yerine göre Back (1966) tarafından geliştirilmiştir. Buna göre suda çözünen başlıca iyonlardan anyonlar ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere mek/l cinsinden %50'den fazla olan iyonlar hidrojeokimyasal fasiyes tipini belirtmektedir. Eğer iyonların hiçbirisi miktar olarak %50'yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir.

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH; 1979) Sınıflamasına göre, iyon konsantrasyonu (mek/l) %20'den fazla olan iyonlar dikkate alınır. Bu iyonlar arasında da en büyük yüzeye sahip olandan en küçük yüzeye sahip olana doğru sıralanır. (Tarcan, 2004).

Tablo 3.17 su tipleri açısından değerlendirildiğinde; YS15 ve YS8 yüzey suyu örnekleme noktalarının Ca-HCO₃ su tipinde; YS14, YS7, YS1, YS12, YS11, YS9, YS2 örnekleme noktalarının Ca-Mg-HCO₃-SO₄ su tipinde; Y6 su noktasının Ca-Na-Mg-HCO₃; YS5 su noktasının Ca-HCO₃-SO₄; YS4 su noktasının Ca-Na-HCO₃-SO₄ ve YS3 su noktasının ise Ca-Na-Mg-HCO₃-Cl su tipinde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.16).

YS5 su noktasının Ca-HCO₃-SO₄; YS4 su noktasının Ca-Na-HCO₃-SO₄ ve YS3 su noktasının ise Ca-Na-Mg-HCO₃-Cl su tipinde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.17).

Tablo 3.17. 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin sulama suyu olmasına göre ve su tiplerine göre yapılan sınıflama

Örnek Adı	%Na	SAR	RSC	KI	Mg Tehlikesi	Su Tipi (IAH göre)
YS 5	16,18	0,54	-3,14	0,18	17,02	Ca-HCO ₃ -SO ₄
YS10	15,46	0,41	-1,93	0,17	22,87	Ca-HCO ₃ -Cl
YS6	38,11	0,52	0,56	0,57	36,67	Ca-Na-Mg-HCO ₃
YS13	48,00	2,23	-1,94	0,89	35,24	Na-Ca-Cl-HCO ₃
YS14	16,28	0,41	-1,34	0,18	27,31	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
YS7	18,12	0,48	-1,79	0,20	29,87	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
YS1	18,39	0,46	-1,35	0,21	26,89	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
YS8	16,44	0,40	-1,44	0,18	19,49	Ca-HCO ₃
YS12	19,17	0,59	-2,27	0,22	31,36	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
YS11	18,79	0,44	-1,13	0,21	28,45	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
YS4	21,39	0,83	-3,95	0,26	22,36	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄
YS3	29,65	0,90	-1,27	0,40	29,13	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -Cl
YS9	15,92	0,41	-1,62	0,17	29,76	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
YS2	16,84	0,45	-2,02	0,19	28,57	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
YS15	20,32	0,53	-1,28	0,24	20,25	Ca-HCO ₃

2013-2019 yılları arasında alınan yüzey suyu örneklerinin analiz sonuçlarına göre belirlenen su tiplerine göre; YS14 örnek noktası (Bolaman Çayı- Çatalpınar Köprüsü) Ca-HCO₃; YS13 örnek Ca-Na-HCO₃, Ca-Na-Mg-HCO₃ ve Ca-HCO₃ su tipleri arasında değişmektedir. YS12 örnek noktası Ca-Mg-HCO₃, Ca-Mg-HCO₃-SO₄ ve Ca-HCO₃; YS11 örnek noktası Ca-Mg-HCO₃, Ca-Mg-SO₄-HCO₃, Ca-HCO₃ ve Ca-HCO₃-SO₄ su tipleri arasında değişmektedir (Tablo 3.18).

Tablo 3.18. 2013-2019 yılları arasında alınan yüzey suyu örneklerinin sulama suyu olmasına göre ve su tiplerine göre yapılan sınıflama

Örnek Adı	Tarih	%Na	SAR	RSC	KI	Mg Hazard	Su Tipi	Su Tipi
YS12	Mar.16	18,71194	0,217295	-0,06977	0,144799	24,86679	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
	Haz.16	11,96996	0,236541	-0,09508	0,118281	24,71245	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
	Eyl.16	13,98259	0,260067	0,26576	0,141935	21,84273	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
	Ara.16	13,35997	0,347937	-0,25938	0,141053	16,54432	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
	Mar.17	14,33379	0,316686	-0,12246	0,153778	20,98562	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
	Haz.17	32,99675	0,892362	-0,20347	0,469859	24,67424	Ca-HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃
	Eyl.17	12,71723	0,263746	-0,21363	0,130712	23,29294	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
	Ara.17	14,14179	0,326071	-0,47696	0,14487	26,64824	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
	Mar.18	12,2566	0,245692	-0,22813	0,124855	21,64931	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃

Tablo 3.18'in devamı

Örnek Adı	Tarih	%Na	SAR	RSC	KI	Mg Hazard	Su Tipi	Su Tipi
YS12	Haz.18	13,5965	0,259856	-0,2578	0,138668	20,83531	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Eyl.18	12,85175	0,28818	-0,09267	0,130116	23,81761	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Mar.19	12,31697	0,170694	-0,20282	0,120528	27,7547	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3-SO4
	Haz.19	12,14669	0,188175	-0,55317	0,114385	32,63949	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3-SO4
	Eyl.19	12,17546	0,205374	-0,43617	0,116041	30,27562	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3-SO4
	Ara.19	14,62069	0,205494	0,290667	0,13796	34,78065	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
YS11	Mar.16	12,39823	0,232954	0,093057	0,089027	20,95808	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.16	14,12572	0,305885	0,402383	0,145014	35,24873	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Eyl.16	14,43985	0,401607	0,048822	0,151537	30,13621	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Ara.16	14,88867	0,392764	0,132033	0,159392	29,56192	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Mar.17	10,73612	0,2475	0,302989	0,108376	26,23674	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Haz.17	21,19022	0,568757	-0,9373	0,246526	27,83692	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Eyl.17	15,16555	0,492195	-0,20741	0,165142	29,88855	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Ara.17	16,93781	0,527593	-0,84543	0,19054	35,15065	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Mar.18	12,61842	0,214183	0,010366	0,125014	25,1533	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Haz.18	10,21804	0,192973	-0,21767	0,092894	26,95813	Ca-SO4	Ca-Mg-SO4-HCO3
YS11	Eyl.18	14,7241	0,385128	-0,191	0,148324	19,80125	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Mar.19	12,8263	0,238076	-0,29783	0,128818	21,27452	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.19	14,42141	0,296314	-0,34517	0,141417	21,37271	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Eyl.19	14,09166	0,357966	-0,58767	0,138758	18,98227	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Ara.19	15,08023	0,32033	-0,3195	0,149371	22,83105	Ca-HCO3	Ca-HCO3
YS13	Mar.16	32,7643	1,109709	-0,25939	0,306531	26,32382	Ca-Na-HCO3	Ca-Na-HCO3
	Haz.16	28,23929	1,259819	0,151801	0,354067	29,36995	Ca-HCO3	Ca-Na-Mg-HCO3
	Eyl.16	12,0071	0,279756	2,152699	0,121625	19,21623	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Ara.16	9,984615	0,235624	0,096066	0,101023	17,37132	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Mar.17	12,60342	0,223788	-0,0943	0,127418	18,69462	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.17	16,57239	0,465108	-1,24213	0,185653	17,26061	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Eyl.17	18,06238	0,507566	-0,47045	0,20018	22,63182	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Ara.17	14,13763	0,278011	-0,46064	0,142442	20,0385	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Mar.18	10,99736	0,108171	1,149199	0,1094	16,02455	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.18	11,58194	0,263304	-0,29453	0,114883	17,60899	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Eyl.18	13,37991	0,352573	-0,27767	0,136667	19,43304	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Mar.19	13,19605	0,242635	-0,335	0,126311	20,0542	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.19	13,18279	0,292624	-0,29683	0,129912	19,74246	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Eyl.19	15,53349	0,408016	-0,545	0,158222	21,2782	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Ara.19	11,97758	0,292865	-0,27233	0,116452	19,31591	Ca-HCO3	Ca-HCO3
YS15	Mar.16	15,96258	0,226092	-0,0264	0,119482	15,96537	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.16	13,20976	0,324728	0,035855	0,137645	19,16512	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Eyl.16	12,60131	0,257326	-0,22583	0,124224	13,98275	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Ara.16	10,62649	0,230427	0,283134	0,105642	14,43285	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Mar.17	11,9365	0,195547	-0,2065	0,121813	16,29802	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.17	25,83759	0,871195	-0,938	0,341082	20,99939	Ca-HCO3	Ca-Na-HCO3
	Eyl.17	15,67584	0,400896	-0,12783	0,171135	20,53089	Ca-HCO3	Ca-HCO3

Tablo 3.18'in devamı

Örnek Adı	Tarih	%Na	SAR	RSC	KI	Mg Hazard	Su Tipi	Su Tipi
YS15	Ara.17	13,42715	0,321343	-0,344	0,139215	20,27027	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Mar.18	10,57435	0,2397	-0,04697	0,10709	16,06786	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.18	22,83604	0,400644	0,279167	0,264081	32,00579	Ca-HCO3	Ca-Mg-Na-HCO3
	Eyl.18	12,28632	0,322737	-1,2035	0,125559	18,08688	Ca-HCO3	Ca-HCO3
	Haz.19	17,04555	0,393571	-0,2635	0,184977	24,4091	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Eyl.19	15,859	0,418457	-0,77467	0,167392	24,53595	Ca-HCO3	Ca-Mg-HCO3
	Ara.19	12,00747	0,314015	-0,18117	0,123525	18,46598	Ca-HCO3	Ca-HCO3

3.4.1.6.4. Yüzey Sularının Sodyum Yüzdesi ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Sodyum Yüzdesi ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) terimleri, sulama suyunun kimyasal bileşimini incelemek için kullanılan önemli parametrelerdir.

Sodyum yüzdesi, sulama suyunda çözünmüş halde bulunan sodyum iyonlarının toplam katyonlar içindeki yüzdesini ifade eder. Yani, sulama suyunda ne kadar sodyum (Na⁺) olduğunu gösteren bir değerdir. Sodyum yüzdesi, sulama suyunun bitki yetiştirme ve toprak verimliliği açısından potansiyel etkisini değerlendirmek için kullanılır. Yüksek sodyum yüzdesi olan sulama suları, toprağın yapısal yapısını bozabilir ve bitkilerin büyümesini olumsuz yönde etkileyebilir. Suların sodyum miktarı % olarak şöyle bulunur (Şahinci, 1991);

$$\% Na = 100 (Na^+ + K) / (Ca + Mg + K + Na) \quad (15)$$

Sulama sularının Sodyum yüzdesine göre sınıflandırması Tablo 3.19'da verilmiştir.

Tablo 3.19. Sodyum yüzdesine göre yapılan sınıflama

%Na (mek/l)	Su kalite sınıf
<20	Çok iyi
20- 40	İyi
40- 60	Kullanabilir
60- 80	Şüpheli
>80	Kullanılmaz

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin sodyum yüzdesi değerleri 48-15,46 arasında değişmektedir (Tablo 3.18). En yüksek sodyum yüzdesi YS13 örnek noktasında tespit edilmiştir ve buna göre su örneği “kullanabilir su” sınıfındadır. YS5, YS10, YS14, YS7, YS1, YS8, YS12, YS11, YS9, YS2 örnek noktalarına ait yüzey suyu örnekleri ise “çok iyi su” sınıfı olarak belirlenmiştir.

Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), sulama suyundaki kalsiyum (Ca^{2+}), magnezyum (Mg^{2+}) ve sodyum (Na^+) iyonları arasındaki dengenin bir ölçüsüdür. SAR, sulama suyunun sodyum içeriğinin toprak üzerindeki etkisini değerlendirmeye yardımcı olur. Daha yüksek SAR değerleri, toprakta sodyum birikimine neden olabilir ve toprak yapısının bozulmasına yol açabilir. Bitkiler için uygun olmayan sulama suyunun kullanılması durumunda, yüksek SAR değerleri bitkilerin büyümesini ve verimini azaltabilir (Richards, 1954).

SAR değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (16)$$

Burada Na^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} değerleri meq/l cinsinden ifade edilmektedir.

Sulama sularının SAR yüzdesine göre sınıflandırma Tablo 3.20’de verilmiştir.

Tablo 3.20. SAR yüzdesine göre yapılan sınıflama

%SAR	SINIF
<10	Çok İyi Kalitede Sulama Suyu
10-18	İyi Kalitede Sulama Suyu
18-26	Orta Kalitede Sulama Suyu
>26	Kötü ve Kullanılmaz Kalitede Sular

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin SAR yüzdesi değerleri 0,40- 2,23 arasında değişmekte ve bu değerler açısından “çok iyi kalitede sulama suyu” sınıfına girmektedir (Tablo 3.18).

3.4.1.6.5. Yüzey Sularının Kalıcı Sodyum Karbonat Değeri (RSC)

Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametrede Kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeridir (Eaton, 1950). Bu parametre topraktaki alkalinite tehlikesini ortaya koymak amacıyla kullanılmaktadır. Kalıcı sodyum karbonat değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (17)$$

Burada değerler meq/l olarak verilmektedir. Eşitliğin (+) çıkması demek ortamda sodyum ile birleşip kalıcı sodyum karbonat oluşturabilecek miktarda karbonat ve bikarbonat bulunmaktadır ve bu oluşum da sodyum zararı yaratabilecek bir risk faktörüdür. Sonucun (-) çıkması halinde ise herhangi bir Na⁺ zararı olasılığı yoktur anlamına gelmektedir. Genel olarak RSC>2.5 olan suların sulamada kullanılmaları sakıncalıdır.

Sulama sularının RSC değerine göre yapılan sınıflandırma Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.21. RSC değerine göre yapılan sınıflandırma

RSC	Sulama Suyu Sınıfı
RSC<1,25	İyi
1,25<RSC<2,5	Şüpheli
RSC>2,5	Kullanılmaz

Şubat ayı alınan yüzey suların RSC değerleri -3,14-0,56 arasında değişmektedir. YS6 noktası ait suların dışında diğer noktaları ait suları (-) olup ise herhangi bir Na⁺ zararı olasılığı yoktur anlamına gelmektedir (Tablo 3.18).

3.4.1.6.6. Yüzey Sularının Kelly İndeksi (KI)

Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan Kelly İndeksi (KI) parametre, Kelly (1940) ve Paliwal (1967) tarafından tanıtılmış ve suların Na⁺, Ca²⁺ ve Mg²⁺ konsantrasyonuna göre sulama açısından sınıflandırması için kullanılmaktadır. (KI) değeri eşitlik (0) ile hesaplanmaktadır.

$$KI = Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \text{ (Kelly, 1963)} \quad (18)$$

KI değerinin 1' den düşük olduğu sular sulamaya uygun iken, KI değerinin 1'den büyük olduğu sular ise sulamaya uygun olmamaktadır.

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin Kelly İndeksi değerlerinin tümü 1'den düşüktür (Tablo 3.18). KI değerinin 1' den düşük olduğu sular sulamaya uygun olduğunu anlamına gelmektedir

3.4.1.6.7. Yüzey Sularının Magnezyum Tehlikesi (MH)

Magnezyum tehlikesi, sulama suyunun kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Yüksek miktarda magnezyum içeren suyun kullanımı, toprağın kalitesini olumsuz yönde etkileyerek verimliliğini düşürebilir. Magnezyum tehlikesi değeri aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$MH = Mg^{2+} \times 100 / (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \text{ (Paliwal, 1972)} \quad (18)$$

Burada Ca^{2+} ve Mg^{2+} değerleri meq/l cinsinden ifade edilmektedir.

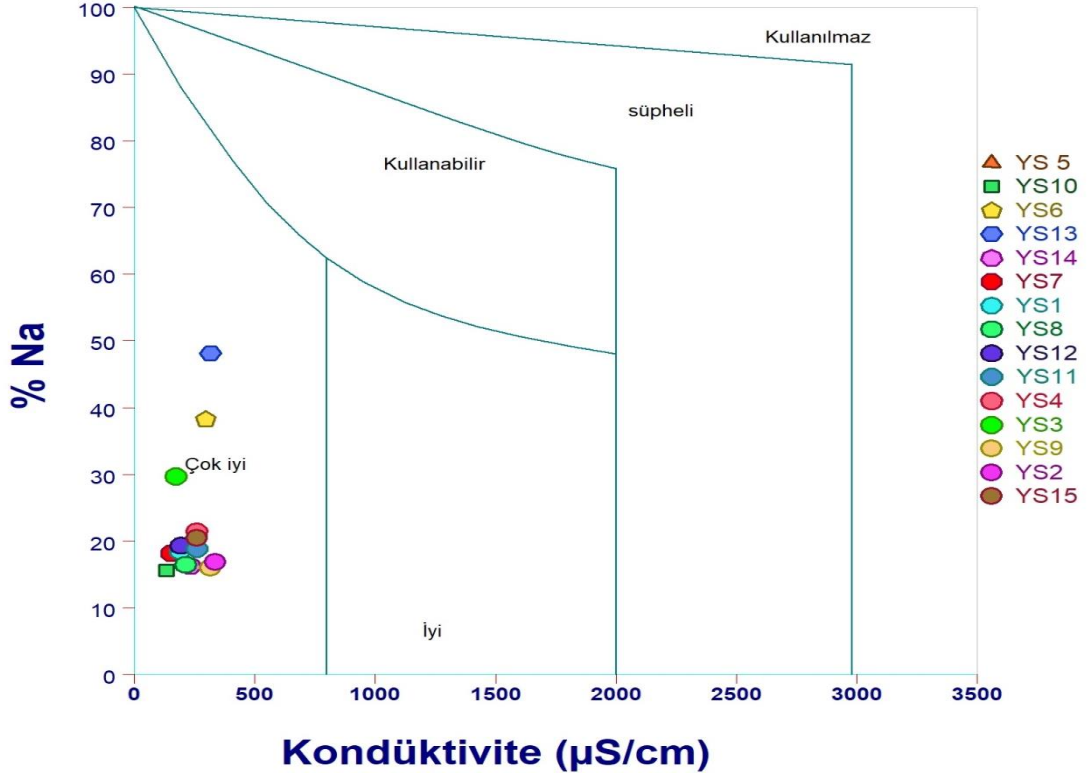
Paliwal'ın (1972) sınıflandırmasına göre, magnezyum tehlikesi (%50'den düşük MH değerine sahip) düşük olan sular, sulama suyu olarak kullanıma uygunken, magnezyum tehlikesi (%50'den fazla MH değerine sahip) yüksek olan sular ise sulama için uygun değildir ve önerilmez.

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin Magnezyum tehlikesi oranları %36,67 ve %17,02 arasında değişmektedir. Bu değerlerin tümü %50'den düşüktür (Tablo 3.18).

3.4.1.6.8. Yüzey Sularının Wilcox Diyagramı

Wilcox Diyagram Suların sulama açısından kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılan bir diyagramdır. Bu diyagramda düşey eksene %Na miktarı, yatay eksende elektriksel iletkenlik gösterilmiştir (Şahinci ,1991).

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin tümü Wilcox Diyagramında “çok iyi” sular bölgesinde yer almaktadır (Şekil 3.40).



Şekil 3.40. 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerine ait Wilcox Diyagramı

3.4.1.6.9. Yüzey Sularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

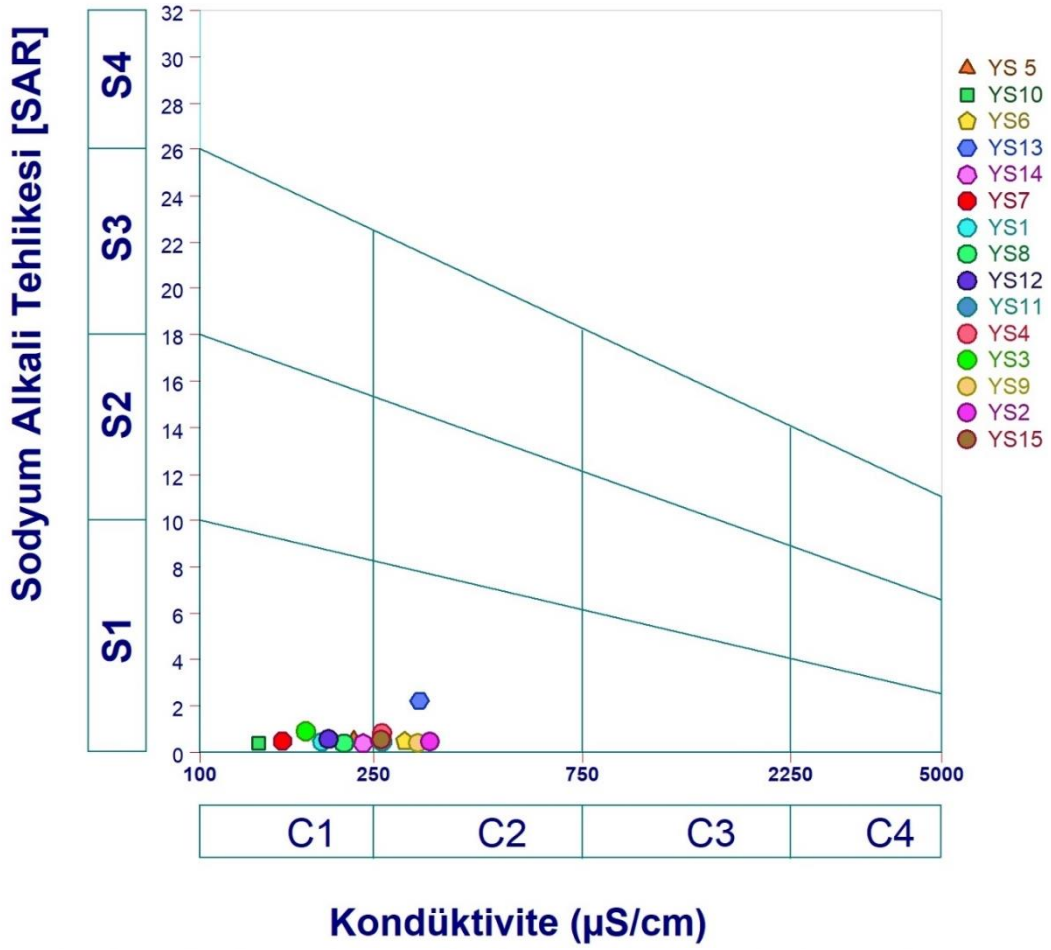
Wilcox diyagramında bazı değişiklikler yapılarak hazırlanan bu diyagramda sulama sular on altı sınıfa ayrılmıştır. Düşey ekseninde SAR (kısaca S) değeri, yatay ekseninde ise elektriksel iletkenlik (EC) bulunur (Şahinci ,1991). Diyagramda, sulama suları genel tuzluluk düzeyine göre dört farklı sınıfa (C1, C2, C3, C4) ve ayrıca sodyum tehlikesine göre dört sınıfa (S1, S2, S3, S4) ayrılmaktadır. Bu diyagramı yorumu Genel tuzluluk özellikleri ve Genel sodyum tehlikesi özellikleri kullanılarak şöyle şekilde yapılmaktadır:

- Genel tuzluluk özellikleri
 - ✓ C1, (EC 250 mikromho/cm'den az), az tuzlu sular: her toprakta, tüm bitkilerin sulanmasına uygundur,
 - ✓ C2 (EC 250-750 mikromho/cm arası), orta tuzlu sular: orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir

- ✓ C3 (EC 750-2250 mikromho/cm arası), tuzlu sular: akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir,
- ✓ C4 (EC 2250 mikromho/Cm 'den fazla), çok tuzlu sular: Geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda, zeminin yıkanması sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı bitki türleri seçilmelidir;
- Genel sodyum tehlikesi özellikleri:
 - ✓ S₁, az sodyumlu sular: hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir,
 - ✓ S₂, orta sodyumlu sular: geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır.
 - ✓ S₃, yüksek sodyumlu sular: bir çok toprak cinslerinde sodyum tehlikesi olabilir. Çok iyi geçirgen ve akaçlama gösteren arazilerde bol su kullanarak, belirli sürelerde yapılacak kimyasal tahlillerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir,
 - ✓ S₄ çok yüksek sodyumlu sular genel olarak, sulama için uygun değildir. Ancak, suyun toplam tuz miktarı düşük ise, sulamada kullanılabilir. (Şahinci ,1991).

Böylece, C₁S₁, C₂S₁, C₃S₁ her türlü sulamada, C₄S₁, C₃S₂ bazı özel koşullarda kullanılabilir. C₄S₂, C₄S₃, sulamada kullanılamaz. (Şahinci ,1991).

İnceleme alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örnekleri C₁S₁ ve C₂S₁ özelliğindedir ve her türlü sulamada kullanabilir (Şekil 3.41).

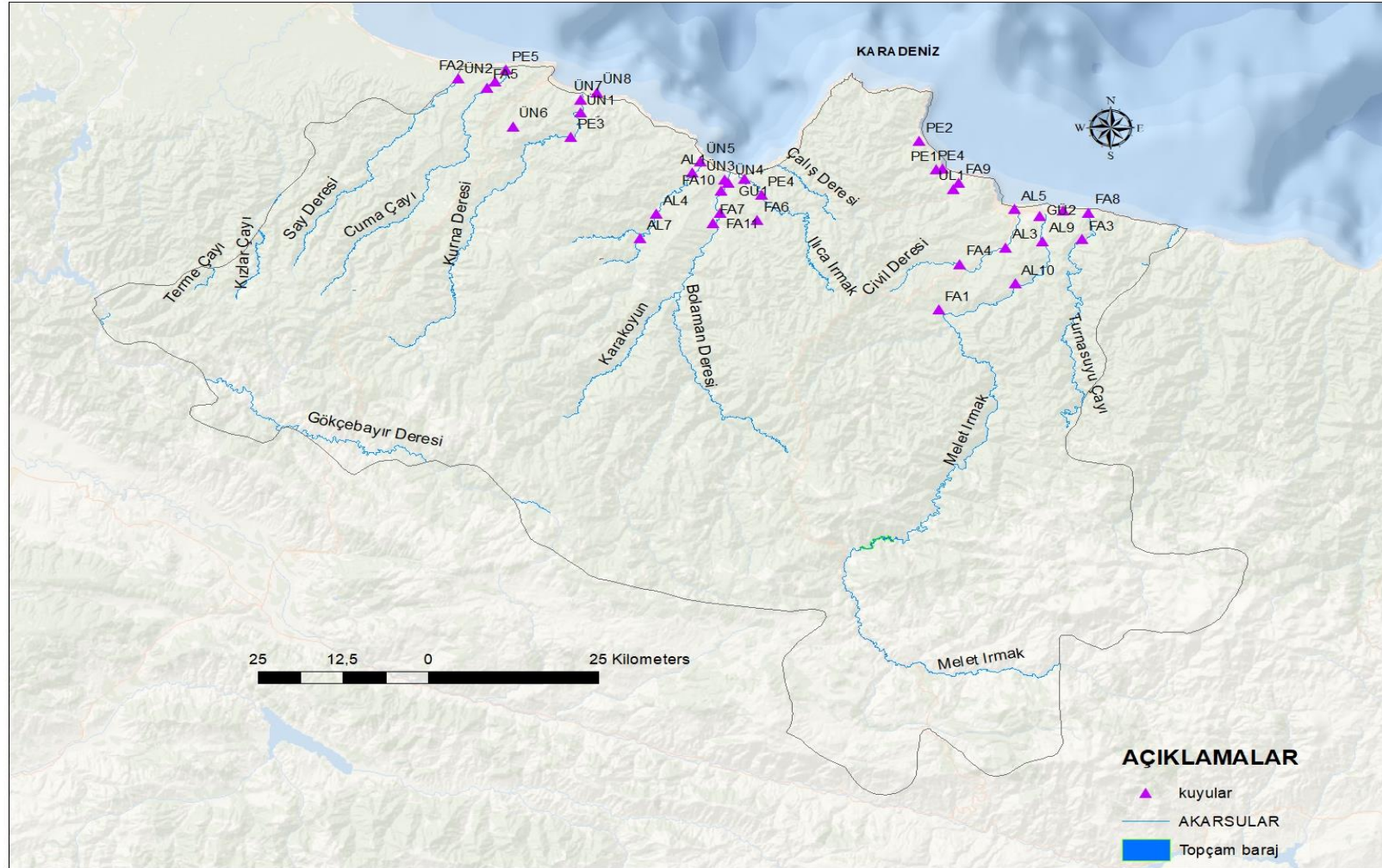


3.4.2.1. Yeraltısularına Ait Fiziksel Parametreler

3.4.2.1.1. Yeraltısularının Sertlik Değerleri

Çalışma alındaki 2020 yılı ait yeraltı suların Sertlik 2,55-38,96 arasında değişmektedir. En yüksek Sertlik sahip (38,96) AL5 nokta ait sulardır. En düşük Sertlik (2,55) ise ÜN6 ait sondaj kuyu sulardır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sertlik üst sınır değerini 500mg/l olarak belirlemiştir. Çalışma alındaki 2020 yılı ait yeraltı suların tümü bu sınır değeri geçmemiştir.





Şekil 3.42. Ordu ilin ait yeraltısuları izleme kuyuları

3.4.2.1.2. Sıcaklık

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının sıcaklık değerleri 4,1-18,30 arasında değişmektedir. En yüksek sıcaklık değeri 18,3 °C ile Perşembe ilçesinde yer alan PE1 örnekleme noktasında; en düşük sıcaklık değeri ise 6,4° C ile Fatsa ilçesinde yer alan FA11 yeraltısuyu örnekleme noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.22).

3.4.2.1.3. Hidrojen İyonu Aktivitesi (pH)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının pH değerleri 7,04-8,97 arasında değişmektedir. Ortalama Ph değeri 7,87 olarak bulunmuştur. En yüksek ph değeri 8,97 ile Fatsa ilçesine ait olan FA11 noktasında; en düşük ph değeri ise 7,04 ise yine Perşembe ilçesine ait olan PE4 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.22). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS-266, 2005)'e göre pH değerleri 6,5-9,5 arasında olmalıdır. Çalışma alanındaki yeraltı suların noktalar için pH değerleri standartlara uygundur. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (2006)'ya göre pH değerleri 6,5-8,5 arasında olmalıdır. Çalışma alanındaki yeraltısularında en yüksek pH değerleri FA5, FA11 noktalarında sırasıyla 8,69 ve 8,97 olarak ölçülmüştür ve bu değerler sınır değerden daha yüksektir. Diğer örnekleme noktalar için pH değerleri standartlara uygundur.

3.4.2.1.4. Çözünmüş Oksijen (DO)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Çözünmüş Oksijen miktarları 1,47-11,92 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama Çözünmüş Oksijen miktarı 7 mg/l olarak belirlenmiştir. En düşük Çözünmüş Oksijen miktarı 1,47 mg/l ile AL6 örnekleme noktasında ve en yüksek değeri 11,92 mg/l ile Ünye ilçesinde yer alan ÜN6 örnekleme noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.22).

3.4.2.1.5. Toplam Çözünmüş Madde Miktarı (TDS)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Toplam Çözünmüş Madde Miktarı 52,19-998,3 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.22). En yüksek TDS miktarı AL6 (Altınordu) sondaj kuyu ait sularken en küçük TDS miktarı ise ÜN6 (Ünye) sondaj ait sulardır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sertlik üst sınır değerini 1000 mg/l olarak belirlemiştir. AL6 Sondaj kuyusu ait suların TDS miktarı (998,39 bu sınır değerine yakın olduğunu belirlenmiştir.

3.4.2.1.6. Elektriksel İletkenlik (EC)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Elektriksel İletkenlik değerleri 77,9-1490,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. Yeraltısularının ortalama EC değeri 485,53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. En yüksek EC değeri 1490 ile Altınordu'nun Civil Irmağı mevkisine ait AL6 noktasındadır. En düşük EC değeri ise 77,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile ÜN6 (Ünye) nolu su kuyusunda ölçmüştür (Tablo 3.22).

Tablo 3.22. 2020 yılında örnekleme yapılan yeraltısularına ait fiziksel parametreler

Kuyu Numarası	DO (mg/l)	pH	T (°C)	TDS (mg/l)	EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	Sertlik(F)
AL6	1,47	7,92	16	998,3	1490	34,524
FA2	1,86	7,85	15,7	346,39	517	22,580
PE5	2,56	7,28	17,1	306,19	457	23,802
ÜN2	2,62	7,65	16,4	347,06	518	23,717
ÜN1	2,63	7,73	16,5	321,6	480	22,858
ÜN7	2,94	7,53	14,6	336,34	502	19,379
AL7	3,36	7,6	16,3	284,75	425	15,498
AL1	4,02	7,73	18,08	381,23	569	24,424
ÜN3	4,2	7,64	15,3	425,45	635	28,774
FA10	4,21	7,41	17,2	325,62	486	20,524
GÜ1	4,9	7,98	16,7	136,68	204	10,633
PE4	5,17	7,04	13,6	477,04	712	22,944
PE1	5,4	7,79	18,3	380,56	568	9,338
PE2	5,76	7,78	15,6	251,92	376	15,005
UL1	6,35	7,29	15,4	470,34	702	28,596
AL3	6,63	7,62	16,8	515,23	769	17,078
FA4	6,98	7,9	16,4	324,28	484	24,520
AL8	6,98	7,8	15	138,757	207,1	19,317
AL9	7,36	7,83	17,4	247,9	370	16,845

Tablo 3.22'nin devamı

Kuyu Numarası	DO (mg/l)	pH	T (°C)	TDS (mg/l)	EC μ S/cm	Sertlik(F)
FA8	7,39	7,88	13,6	116,044	173,2	8,384
FA3	7,77	7,84	17,3	303,51	453	17,195
FA6	7,81	7,3	14	464,31	693	35,076
FA7	7,87	7,66	14,9	457,61	683	30,307
AL2	8,33	7,91	16,5	395,97	591	18,515
GÜ2	8,58	7,88	14,3	112,292	167,6	12,410
FA1	8,88	7,95	15,9	347,73	519	21,440
AL5	8,97	7,32	18,3	114,704	171,2	38,960
ÜN4	9,68	8,18	16	268,67	401	18,056
ÜN5	9,74	7,88	14,7	319,59	477	20,187
AL4	9,81	8,18	15,8	354,43	529	20,329
PE3	9,84	7,98	16,02	346,39	517	20,169
FA5	10,23	8,69	14,6	170,85	255	12,590
FA11	10,5	8,97	6,4	61,439	91,7	9,801
FA9	10,81	7,63	16,1	443,54	662	14,70
AL10	11,6	8,19	10,9	365,82	546	20,96
ÜN8	11,6	8,3	10,7	325,62	486	17,25
ÜN6	11,92	8,17	11,6	52,193	77,9	2,55
Minimum	1,47	7,04	6,4	52,19	77,9	2,55
Maksimum	11,92	8,97	18,30	998,30	1490,0	38,960
Ortalama	6,93	7,80	15,29	325,30	485,53	19,97

3.4.2.2. İnceleme Alanındaki Yeraltısularında Bulunan Majör İyonlar

3.4.2.2.1. Sodyum (Na^+)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Na^+ iyonu miktarı 2,01-109,00 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama Na^+ iyonu miktarı 23,51 mg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek Na^+ değeri 109 mg/l ile Perşembe ilçesinde yer alan PE1 noktasında; en düşük Na^+ değeri ise 2,01 mg/l ise yine Perşembe ilçesinde yer alan PE5 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.23). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006 göre sodyum değeri 200 mg/l'nin altında olmalıdır. Çalışma alanında örnekleme yapılan tüm kuyu sularında sodyum değerleri bu sınır değerinin altında yer almaktadır.

3.4.2.2.2. Kalsiyum (Ca^{2+})

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Ca^{++} iyonu miktarı 4,65-116,00 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama Ca^{++} iyonu miktarı 51,90 mg/l olarak hesaplanmıştır. En yüksek Ca^{++} değeri 116 mg/l ile Altınordu'nun Civil ırmak mevkisinde yer alan AL6 noktasında; en düşük Ca^{++} değeri ise 4,65 mg/l ile Ünye ilçesinde yer alan Ceviz Deresi'nde bulunan ÜN6 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.23).

3.4.2.2.3. Magnezyum (Mg^{2+})

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Mg^{++} iyonu miktarı 2,66-90,50 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama Mg^{++} iyonu miktarı 16,42 mg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek Mg^{++} değeri 90,5 mg/l ile Altınordu'nun Civil ırmağı mevkisinde bulunan AL6 noktasında; en düşük Mg^{++} değeri ise 2,66 mg/l ile Ünye ilçesinde yer alan Ceviz Deresi'nde bulunan ÜN6 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.23).

Tablo 3.23. 2020 yılında örnekleme yapılan yeraltısularına ait majör anyon-katyonlar (mg/l)

Kuyu Numarası	Ca	Mg	K	Na	HCO_3^-	SO_4	Cl	NO_3	%Hata
AL6	65	13,5	2,03	17,5	255	26,9	8,5	0,132	-1,29102
FA2	69,9	15	2,75	15,5	278	26,1	6,5	0,327	-1,27702
PE5	89,2	17,3	3,01	16,6	348	49,8	9,5	0,423	-4,70382
ÜN2	46,1	15,2	4,06	19	187	55,9	9	0,662	-3,55284
ÜN1	63,6	16,1	4,22	19,7	237	52,2	11,5	1,74	-1,60998
ÜN7	13,7	5,16	0,574	3,59	59	11,8	4,95	0,186	-13,6039
AL7	36,8	14,6	2,38	14	175	33,4	8,5	0,668	-5,4144
AL1	49,5	17,9	2,36	29,9	233	46	11	1,18	-1,10483
ÜN3	65,7	15,7	2,25	14,8	275	38,4	8,5	0,232	-5,35386
FA10	55,7	13,1	2,51	12,8	229	35	7	0,696	-5,61278
GÜ1	64,9	12	1,4	12,7	262	23,3	5,5	0,914	-4,53289
PE4	24	7,14	1,3	7,48	105	13,1	4,95	1,07	-7,19314
PE1	13	14,8	0,941	109	268	51,6	29,49	0,729	0,008023
PE2	45,6	8,79	1,67	15,2	199	14,7	6	0,939	-4,8126
UL1	64,7	11,6	2,46	19,3	265	18,9	9,5	1,67	-2,57851
AL3	68,3	13,4	2,76	28,2	282	21	15,75	1,97	-0,41818
FA4	67,9	20,2	2,69	31,9	305	59,7	10,5	0,99	-2,70379
AL8	46,3	31,4	6,49	67,7	422	24,6	28	0	-3,11359

Tablo 3.23'ün devamı

Kuyu Numarası	Ca	Mg	K	Na	HCO ₃ ⁻	SO ₄	Cl	NO ₃	%Hata
AL9	68,9	18,6	2,36	14,3	300	30,3	5,75	1,49	-3,40485
FA8	22,8	10,9	3,12	9,84	80	50,2	4,99	1,27	-5,51448
FA3	18	7,98	2,31	5,92	57	34,9	4,99	1,84	-7,05647
FA6	53,1	28,8	3,64	9,09	281	31,8	5,75	1,19	-2,1757
FA7	64,7	21,7	3,03	10	272	26,2	6,25	1,6	0,07241
AL2	5,23	3,79	0,494	2,01	22	13	4,99	0,2	-24,1756
GÜ2	69,1	19	3,14	21,8	286	64,5	20,49	0	-6,80282
FA1	95,4	13,5	1,45	15,9	315	50,7	15,5	3,64	-3,19855
AL5	116	90,5	8,82	64,8	300	465	88,97	0	-3,17601
PE4	80,1	22,4	1,61	28,1	320	59,6	33,74	0,92	-4,43398
ÜN4	93	15,9	3,38	21,5	360	26,5	21,24	1,69	-2,9689
ÜN5	85,6	19	4	22,5	317	69,7	16,24	2,51	-3,79005
AL4	15,6	7,59	0,98	7,12	72	17,2	4,99	1,91	-7,86063
PE3	25,3	9,75	1,09	7,85	56	75,1	4,99	1,14	-9,79978
FA5	33,3	16	1,87	105	260	68,8	53,23	1,16	0,39971
FA11	60,6	15,5	1,9	19,3	248	20,4	7,5	0,805	1,503775
FA9	66,8	15,5	1,93	19,2	243	34,6	8	0,648	2,173888
AL10	38	18,7	1,25	16,3	217	35,9	5,5	0,63	-6,76885
ÜN8	4,65	2,66	1,01	7,06	13	10,8	4,99	5,01	-11,5825
ÜN6	6,27	3,37	1,49	31	51	15,5	22,99	0,182	-3,95285
Minimum	4,65	2,66	0,494	2,01	13	10,8	4,95	0	
Maksimum	116	90,5	8,82	109	422	465	88,97	5,01	
Ortalama	51,9039	16,4218	2,49287	23,5121	222,474	47,45	14,0982	1,11482	

3.4.2.2.4. Potasyum (K⁺)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının K⁺ iyonu miktarı 0,494-8,82mg/l arasında değişmektedir. Ortalama K⁺ miktarı 2,49 mg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek K⁺ değeri 8,82 mg/l ile Altınordu'nun Civil ırmak mevkinde yer alan AL6 noktasında; en düşük K⁺ değeri ise 0,494 mg/l ile Perşembe ilçesinde yer alan PE5 örnekleme noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.23).

3.4.2.2.5. Klorür (Cl⁻)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Cl⁻ değerleri 5,00-88,97 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama Cl⁻ değeri 14,1024 olarak hesaplanmıştır. En yüksek

Cl⁻ değeri 88,97 mg/l ile Altınordu ilçesinde yer alan AL6 noktasında; en düşük Cl⁻ değeri ise 5 mg/l ile Altınordu, Fatsa, Ünye, Perşembe ve Gülyalı ilçelerinde yer alan AL8, FA8, ÜN6, PE5, GÜ1, GÜ2, FA5 ve FA11 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.23). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006 göre Cl⁻ değeri 250 altında olmalıdır. Çalışma alanında örnekleme yapılan tüm kuyu sularında Cl⁻ değerleri bu sınır değerinin altında yer almaktadır.

3.4.2.2.6. Sülfat (SO₄²⁻)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının sülfat değerleri 10,8-465,0 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama sülfat değeri 47,450 mg/l olarak hesaplanmıştır. En yüksek sülfat değeri 465 mg/l ile Altınordu'nun Civil ırmak mevkisinde bulunan AL6 noktasında; en düşük sülfat değeri ise 10,8 mg/l ile Ünye ilçesinde yer alan Ceviz Deresi'nde bulunan ÜN6 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.23). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) göre sülfat değeri 250 altında olmalıdır AL6 sondajına ait su örneğinin sülfat konsantrasyonu bu sınır değerinin üstündedir.

3.4.2.2.7. Bikarbonat (HCO₃⁻)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının bikarbonat değerleri 13-422 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama bikarbonat değeri 222,47 mg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek bikarbonat değeri 422 mg/l ile Altınordu ilçesinde yer alan Melet Irmağı'nda bulunan AL3 örnekleme noktasında; en düşük bikarbonat değeri ise 13 mg/l ile Ünye ilçesinde yer alan Ceviz Deresi'nde bulunan ÜN6 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.23).

3.4.2.3. İnceleme Alanındaki Yeraltısularında Bulunan Kirlilik Parametreleri

3.4.2.3.1. Nitrat (NO₃⁻)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının nitrat değerleri 0-5,01 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama nitrat değeri 1,11 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek nitrat miktarı 5,01 mg/l ile Ünye ilçesinde yer alan Ceviz Deresi'nde bulunan ÜN6

noktasında; en düşük nitrat miktarı ise 0 mg/l ile Şirinevler mahallesi, Cumhuriyet Mahallesi ve Ünye ilçelerinde yer alan ÜN7, AL6 ve AL3 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.24).

Tablo 3.24. 2020 yılında örnekleme yapılan yeraltısularına ait kirlilik parametreleri (mg/l)

Kuyu Numarası	NO3	NO2	PO4
AL6	0	0,002	0,13
FA2	0,232	0,002	0,04
PE5	0,648	0,002	0,14
ÜN2	0,327	0	0,01
ÜN1	0,132	0,002	0,02
ÜN7	0	0,002	0,2
AL7	0,63	0,002	0,02
AL1	1,97	0,002	0,05
ÜN3	0,423	0,002	0,02
FA10	0,805	0,002	0,11
GÜ1	1,27	0,002	0,02
PE4	0,92	0,002	0,03
PE1	0,729	0,002	0,09
PE2	0,939	0,002	0,07
UL1	3,64	0,002	0,04
AL3	0	0,01	0,84
FA4	0,914	0,002	0,03
AL8	1,14	0	0,01
AL9	0,668	0,002	0,04
FA8	1,91	0,002	0,01
FA3	0,696	0	0,03
FA6	1,69	0,002	0,01
FA7	2,51	0,002	0,04
AL2	0,99	0,002	0,01
GÜ2	1,84	0,002	0,02
FA1	1,74	0,01	0,03
AL5	0,182	0,002	0,03
PE4	0,2	0,002	0,02
ÜN4	0,662	0,02	0,08
ÜN5	1,18	0,002	0,18
AL4	1,49	0,002	0,03
PE3	1,67	0,002	0,03
FA5	1,07	0	0,04
FA11	0,186	0,002	0,06
FA9	1,16	0,002	0,08
AL10	1,19	0,002	0,02
ÜN8	1,6	0,002	0,01
ÜN6	5,01	0	0,01
Minimum	0,000	0,00	0,01
Maksimum	5,010	0,02	0,84
Ortalama	1,11	,0026	,0697

3.4.1.3.2. Nitrit (NO₂⁻)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının nitrit değerleri 0-0,02 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama nitrit miktarı 0,0026 mg/l olarak hesaplanmıştır. En yüksek nitrit değeri 0,02 mg/l ile Ünye ilçesinde bulunan ÜN4 numaralı kuyu suyunda; en düşük nitrit değeri ise 0 mg/l ile ÜN2, AL8, FA3, FA5, ÜN6 sondaj kuyularında belirlenmiştir (Tablo 3.24). İncelenen yeraltısularının nitrit içerikleri Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'da tanımlanan (0,5mg/l ve 0,2 mg/l) sınır değerlerin altındadır.

3.4.2.3.3. Fosfat (PO₄³⁻)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının fosfat değerleri 0,01-0,84 mg/l arasında değişmektedir. Ortalama fosfat değeri 0,0697 mg/l olarak hesaplanmıştır. En yüksek fosfat değeri 0,84 Melet Irmağı'nda yer alan AL3 noktasında; en düşük fosfat değeri ise 0,01 mg/l ile Ünye, Altınordu ve Fatsa ilçelerinde yer alan ÜN2, AL2, AL8, ÜN8, FA6, FA8 ve ÜN6 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.24).

3.4.2.4. Yeraltısularında Bulunan İz Elementler

3.4.2.4.1. Mangan (Mn)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının mangan değerleri 3,28-808,00 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama mangan değeri 61,89 µg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek mangan değeri 808 µg/l ile Civil Irmağı mevkisinde yer alan AL6 noktasında; en düşük mangan değeri ise 3,28 µg/l ile Fatsa ilçesinde bulunan Ilıca Deresine ait FA4 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'ya göre mangan değeri 0,05 mg/l'nin altında; Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'ya göre 0,4 mg/l'nin altında olmalıdır. AL6 nolu yeraltı su kuyusundaki Mangan miktarı (808 µg/l) bu sınır değerlerin üzerinde bulunmaktadır.

Tablo 3.25. 2020 yılında örnekleme yapılan yeraltısularına ait iz elementler (µg/l)

Kuyu Numarası	As	Cd	Pb	Al	Cu	Ba	Zn	Ni	B	Sr	Se	Fe	Mn	Fl	Br
AL6	1,99	0,2	1	10,7	10,7	104	27,3	11,6	0,03	1732	3,94	678	808	0,53	0,1
FA2	1,17	0,2	5,74	20,7	12,9	130	64,2	11,1	0,03	664	4,67	48,4	216	0,46	0,1
PE5	2,77	0,2	2,1	21,3	13,8	57,9	0	5,07	0,03	290	9,33	80,9	33,2	0,1	0,1
ÜN2	1,04	0,2	1	14,2	14,2	83	63,5	4,71	0,03	386	5,23	10	5,46	0,32	0,1
ÜN1	1,91	0,2	1	12,3	14,2	45,8	2,23	4,11	0,03	323	6,4	10	12,3	0,31	0,1
ÜN7	1	0,2	1	14,7	13,3	180	54,4	19,7	0,03	500	19	420	522	0,41	0,1
AL7	5,94	0,2	1,64	14,4	20,9	121,8	15	4,02	0,03	326	1	13,8	4,25	0,1	0,1
AL1	2,28	0,2	1	19,9	13	127	86,9	4,57	0,03	445	3,73	10	7,79	0,1	0,1
ÜN3	1,16	0,31	1	12,8	12,2	54,6	46,2	6,23	0,03	488	7,34	24,1	10,9	0,43	0,1
FA10	1,25	0,2	3,26	16,6	20,2	88,4	2,94	5,1	0,03	1485	6,97	102	4,48	0,1	0,1
GÜ1	1	0,2	6,89	65,3	64,9	79,6	68,3	2	0,03	105	3,46	97,5	13,1	0,1	0,1
PE4	1,16	0,39	1,04	18,9	12	54,4	42,3	9,94	0,03	574	2,5	13,5	6,67	0,39	0,1
PE1	3,59	0,2	1	17,2	11,8	18,2	24	2,09	0,24	163	5,42	211	5	0,63	0,1
PE2	1,2	0,2	1	18,6	10,2	27	238	5,19	0,03	198	1,44	42,8	5,54	0,47	0,1
UL1	1,21	0,2	1,4	102	16,2	128	39,1	11,1	0,03	3151	1	110	16,5	0,14	0,1
AL3	15,2	0,2	1,02	10	9,05	78,2	46,4	3,81	0,04	340	3,21	4800	416	0,1	0,24
FA4	1	0,2	1,61	8,98	7,3	26,9	18,9	5,37	0,03	422	2,47	10	3,28	0,27	0,1
AL8	1	0,29	1	13,4	12,1	30,3	38,1	3,03	0,03	76,8	7,87	77,8	4,51	0,37	0,1
AL9	1	0,2	1,25	9,67	12,7	42,9	32,1	2,79	0,03	336	4,69	20,3	3,46	0,66	0,1
FA8	1	0,2	1,28	11,3	14,9	34,2	42,2	2,58	0,03	65,3	6,3	12,4	6,02	0,35	0,1
FA3	1,23	0,2	5,76	13,8	11,9	73,6	48,1	5,06	0,03	529	4,14	10	5,01	0,41	0,1
FA6	1	0,3	1,06	9,5	13	149	35,1	8,57	0,03	1589	3,86	24,4	4,19	0,3	0,1
FA7	4,39	0,23	1	10,2	12,2	158	61,1	7,53	0,03	561	5,22	93,6	37,2	0,42	0,1
AL2	1,85	0,2	1,11	14,4	13,5	90,9	33,6	4,4	0,03	543	2,76	10	6,09	0,1	0,1
GÜ2	1	0,2	1,29	101	12,3	61,3	35,7	2,56	0,03	84,7	1	77,3	15	0,1	0,1
FA1	1,71	0,2	1,77	18,2	13,7	126	132	4,26	0,03	435	5,47	14,7	5,67	0,25	0,1

Tablo 3.25'in devamı

Kuyu Numarası	As	Cd	Pb	Al	Cu	Ba	Zn	Ni	B	Sr	Se	Fe	Mn	Fl	Br
AL5	1,45	0,2	1,06	16,2	16	38,9	340	2	0,03	65,6	6,13	10	4,07	0,1	0,1
PE4	1	0,2	1	9,09	8,99	20,7	24,1	2	0,03	33,4	1	10	4,09	0,1	0,1
ÜN4	1,85	0,2	2,79	305	17,4	81,5	191	4,21	0,03	373	2,59	318	37,1	0,3	0,1
ÜN5	1,17	0,2	4,09	295	16,6	62,5	97,7	7,14	0,03	420	4,81	137	10,3	0,39	0,1
AL4	1,1	0,2	1	9,62	10,7	120	26,3	4,32	0,03	463	2,83	10	4,81	0,1	0,1
PE3	1,14	0,2	1	8,93	8,95	48,2	26,4	4,15	0,03	461	3,99	10	4,21	0,39	0,1
FA5	1,06	0,2	1,11	192	12,5	28,5	44,3	3,06	0,03	142	4,59	150	24,6	0,1	0,1
FA11	1,18	0,2	1	53,5	12,9	19,2	64	2	0,03	13,3	5,08	16,8	5,12	0,25	0,1
FA9	1,92	0,25	2,06	288	17	69	38,2	9,91	0,04	415	11,4	785	64,4	0,35	0,1
AL10	1	0,2	1	19,2	8,2	230	39,3	4,06	0,03	1616	1,51	10	5	0,1	0,1
ÜN8	1	0,2	1	11,8	11,6	282	28	4,82	0,03	1156	3,2	10	5,7	0,1	0,1
ÜN6	1,77	0,2	1,5	33,3	14,7	53,9	10,3	2	0,03	41,5	4,57	42,5	4,85	0,1	0,1
Min.	1	0,2	1	8,93	7,3	18,2	0	2	0,025	13,3	1	10	3,28	0,1	0,1
Mak.	15,2	0,39	6,89	305	64,9	282	340	19,7	0,24	3151	19	4800	808	0,66	0,24
Ort.	1,9655	0,215	1,7587	48,4655	14,4392	84,879	58,61	5,4253	0,0314	552,9	4,74	224,52	61,891	0,2711	0,1037

3.4.2.4.2. Florür (F)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının florür değerleri 0,10-0,66 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama florür değeri 0,27 µg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek florür değeri 0,66 µg/l ile Altınordu ilçesinde bulunan AL9 noktasında; en düşük florür miktarları ise 0,1 µg/l ile Ünye, Fatsa, Altınordu, Perşembe ve Gülyalı ilçelerinde bulunan ÜN6, PE5, GÜ2, GÜ1, FA5, AL7, AL10, AL4, ÜN8, FA10, PE5, AL2, AL1, AL5 ve AL3 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006 göre florür değeri 1,5 mg/l'nin altında olmalıdır. Çalışma alanında örnekleme yapılan tüm kuyu sularında florür değerleri bu sınır değerinin altında yer almaktadır.

3.4.2.4.3. Selenyum (Se)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının selenyum değerleri 1,00-19,00 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama selenyum değeri 4,74 µg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek selenyum değeri 19 µg/l ile Ünye ilçesinde bulunan ÜN7 noktasında; en düşük selenyum değeri ise 1 µg/l ile Ulubey, Altınordu, Perşembe ve Gülyalı ilçelerinde bulunan PE5, GÜ2, AL7 ve UL1 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'ya göre selenyum değeri 0,01 µg/l'nin altında olmalıdır. ÜN7 ve FA9 nolu kuyu sularında selenyum miktarları sırasıyla 19 µg/l ve 11,4 µg/l değerleri ile Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'da belirlenen sınır değerlerden daha yüksektir.

3.4.2.4.4. Bakır (Cu)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının bakır değerleri 7,30-64,90 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama bakır değeri 14,44 µg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek bakır değeri 64,9 µg/l ile Turnasuyu Irmağı'nda yer alan GÜ1 noktasında; en düşük bakır değeri ise 7,3 µg/l ile Ilıca Deresi'nde yer alan FA4 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006 göre bakır

için sınır değeri 2mg/l belirlenmiştir. Çalışma alanında örnekleme yapılan tüm kuyu sularında bakır değerleri bu sınır değerinin altında yer almaktadır.

3.4.2.4.5. Arsenik (As)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının arsenik değerleri 1,00-15,20 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama arsenik değeri 1,9655 µg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek arsenik değeri 15,2 µg/l ile Melet Irmağı'nda yer alan AL3 noktasında; en düşük arsenik değeri ise 1 µg/l ile Ünye, Fatsa, Altınordu, Perşembe ve Gülyalı ilçelerinde yer alan PE5, FA8, AL8, FA4, GÜ2, AL9, ÜN8, GÜ1, ÜN7, FA6 ve AL10 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.25). AL3 sondaj kuyusunda ölçülen Arsenik değeri (15,20 µg/l) Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'da tanımlanan sınır değerden (0,01mg/l) daha yüksektir.

3.4.2.4.6. Nikel (Ni)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Nikel değerleri 2,00-19,70 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama nikel değeri 5,42 µg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek nikel değeri 19,7 µg/l ile Ünye ilçesinde bulunan ÜN7 noktasında; en düşük nikel değeri ise 2 µg/l Ünye, Perşembe, Fatsa, Altınordu ve Gülyalı ilçelerinde bulunan ÜN6, PE5, FA11, GÜ1 ve AL5 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Nikel değeri Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'ya göre 0,02'nin altında; Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'ya göre ise 0,07'nin altında olmalıdır. Çalışma alanında örnekleme yapılan tüm kuyu sularında nikel değerleri bu sınır değerinin altında yer almaktadır.

3.4.2.4.7. Çinko (Zn)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının çinko değerleri 0-340,00 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama çinko miktarı 58,61 µg/l olarak hesaplanmıştır. En yüksek çinko miktarı 340 µg/l ile Melet Irmağı'nda bulunan AL5 noktasında; en düşük çinko miktarı ise 0 µg/l ile Akçaova Çayı'nda bulunan PE5 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.25).

3.4.2.4.8. Demir (Fe)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının demir değerleri 10,0-4800,0 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama demir değeri 224,521 µg/l olarak hesaplanmıştır. En yüksek demir değeri 4800 µg/l ile Melet Irmağı'nda yer alan AL3 noktasında; en düşük demir değeri ise 10 µg/l ile Ünye, Fatsa, Altınordu ve Perşembe ilçelerinde yer alan PE5, AL10, FA4, AL2, AL4, ÜN8, AL1, PE3, FA3, ÜN2, AL5 ve ÜN1 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'ya göre demir değeri 0,2mg/l'nin altında olmalıdır. En yüksek demir değeri AL3 örnekleme noktasında ölçülerek (4800 µg/l), bu sınır değer üzerinde bulunmaktadır.

3.4.2.4.9. Baryum (Ba)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının baryum değerleri 18,2-282,0 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama baryum değeri 84,879 µg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek baryum miktarı 282 µg/l ile Ünye ilçesinde bulunan ÜN8 noktasında; en düşük baryum miktarı ise 18,2 µg/l ile Perşembe ilçesinde bulunan PE1 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'ya göre baryum değeri 0,7 µg/l'nin altında olmalıdır. Çalışma alanında örnekleme yapılan tüm kuyu sularında baryum değerleri bu sınır değer altında yer almaktadır.

3.4.2.4.10. Alüminyum (Al)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının alüminyum değerleri 8,93-305,00 µg/l arasında değişmektedir. Ortalama alüminyum değeri 48,4655 µg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek alüminyum miktarı 305 µg/l ile Curi çayı üzerinde bulunan ÜN4 noktasında; en düşük alüminyum miktarı ise 8,93 µg/l ile Akçaova çayı üzerinde bulunan PE1 noktasında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'ya göre alüminyum değeri 0,2 mg/l'nin altında olmalıdır. ÜN4 nolu sondaj kuyusunda ölçülen alüminyum değeri (305,00 µg/l) belirlenmiş sınır değerden daha yüksektir.

3.4.2.4.11. Kadmiyum (Cd)

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının kadmiyum değerleri 0,20-0,39 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir. Ortalama kadmiyum miktarı 0,21 $\mu\text{g/l}$ olarak belirlenmiştir. En yüksek kadmiyum miktarı 0,39 $\mu\text{g/l}$ ile Perşembe ilçesinde bulunan PE4 örnekleme noktasında; en düşük kadmiyum miktarı ise 0,20 $\mu\text{g/l}$ ile Ünye, Fatsa, Ulubey, Altınordu, Perşembe ve Gülyalı ilçelerinde bulunan PE5, FA8, FA4, GÜ2, AL9, ÜN8, GÜ1, ÜN7, AL10, ÜN2, FA5, AL4, PE3, FA2, ÜN5, FA11, PE2, UL1, FA3, FA10, AL5, FA1, ÜN6, AL2, ÜN4, ÜN1, AL6, AL1, PE5, PE1, AL7 ve AL3 örnekleme noktalarında elde edilmiştir (Tablo 3.25). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'ya göre kadmiyum değeri 0,005 mg/l'nin altında; Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'ya göre ise 0,003 mg/l'nin altında olmalıdır. Çalışma alanında örnekleme yapılan tüm kuyu sularında kadmiyum değerleri bu sınır değerin altında yer almaktadır.

3.4.2.4.12. Kurşun (Pb)

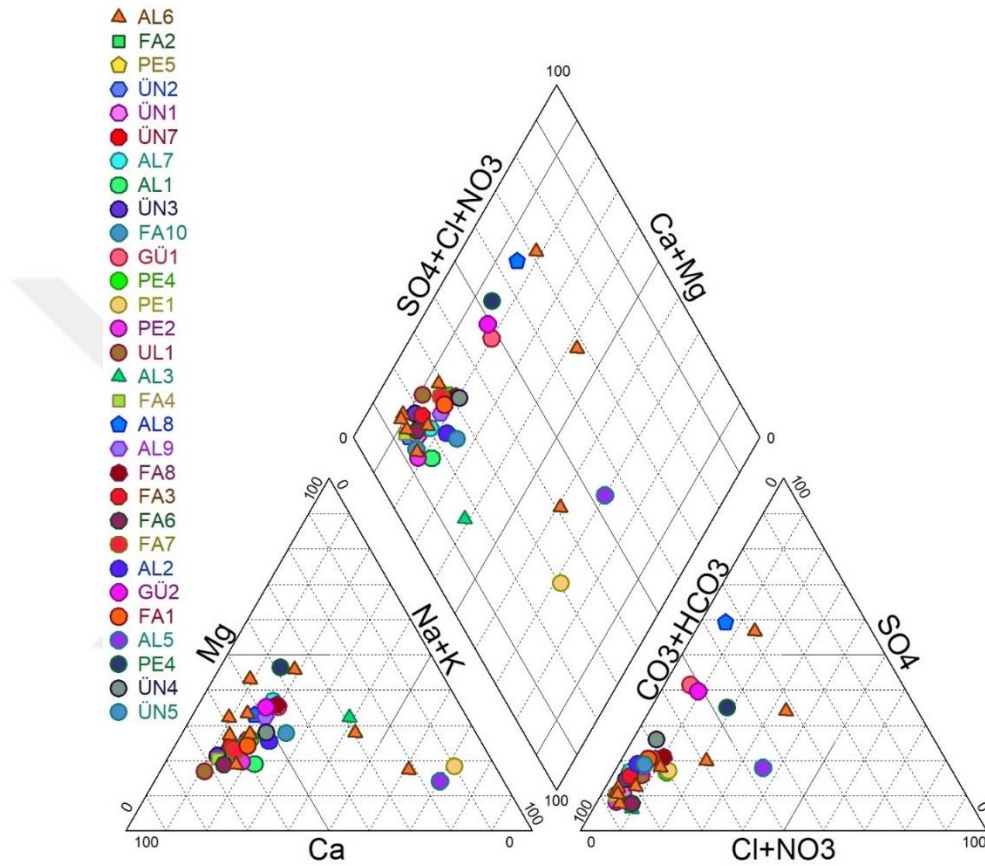
Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının kurşun değerleri 1,00-6,89 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir. Ortalama kurşun değeri 1,7587 $\mu\text{g/l}$ olarak belirlenmiştir. En yüksek kurşun değeri 6,89 $\mu\text{g/l}$ ile Turnasuyu Irmağı'nda yer alan GÜ1 noktasında; en düşük kurşun değeri ise 1 $\mu\text{g/l}$ ile Ünye, Fatsa, Altınordu ve Perşembe ilçelerinde yer alan PE5, ÜN8, ÜN7, AL10, ÜN2, AL4, PE3, FA11, PE2, ÜN1, AL6, AL1, PE1, FA7, AL8 ve ÜN3 noktalarında ölçülmüştür (Tablo 3.25). Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006'ya göre kurşun değeri 0,01 mg/l'nin altında olmalıdır. Çalışma alanında örnekleme yapılan tüm kuyu sularında kurşun değerleri bu sınır değerin altında yer almaktadır.

3.4.2.5. Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Sınıflandırılması

3.4.2.5.1. Yeraltısularının Piper Diyagramına Göre Sınıflandırılması

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre; alkali toprak elementlerin toplamı ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) alkali elementlerin toplamından ($\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$)

daha fazla; zayıf asitlerin toplamı ($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$) güçlü asitlerin toplamından ($\text{Cl} + \text{SO}_4$) daha fazla olan sular olarak belirlenmiştir. Piper diyagramına göre çalışma alanındaki yeraltısuları Ca-Mg- HCO_3 ile Ca- HCO_3 tipi sular arasında değişim göstermektedir. AL3, AL8 ve ÜN3 kuyu suları karışık su tipindedir (Şekil 3.43).

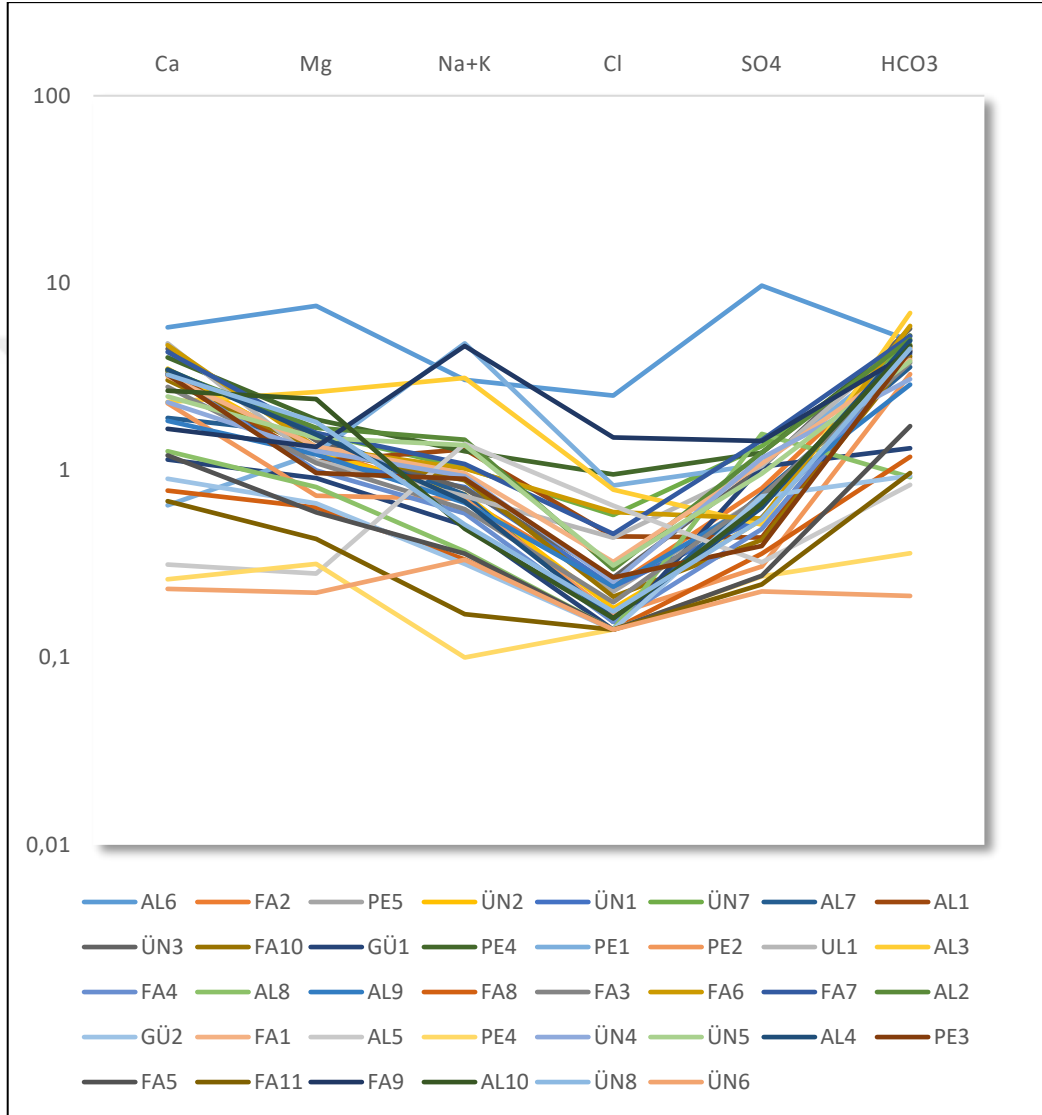


Şekil 3.43. 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Piper diyagramına göre sınıflandırılması

3.4.2.5.2. Yeraltısularının Schoeller Diyagramına Göre Sınıflandırılması

Çalışma alanında 2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçları kullanılarak hazırlanan Schoeller diyagramına göre; yeraltısuyu örneklerinin büyük çoğunluğunda Ca^{2+} ve HCO_3 iyonlarının maksimum değerler gösterdiğini göstermektedir (Şekil 3.44). Bu durum yeraltısularının ana bileşenlerinin bikarbonat (HCO_3^-) ve kalsiyum (Ca^{2+}) iyonları olduğu anlamına gelir ve suların Ca- HCO_3 su tipinde olduğunu ifade etmektedir. Şekil 3.46 incelendiğinde AL6 ve PE4 numaralı yeraltısuyu örneklerinde Mg^{2+}

ve SO_4^{2-} iyonlarının hakim olduğu görülmektedir. AL3, FA9, ÜN8, PE1 numaralı yeraltısuyu örneklerinde ise ana bileşenlerin $\text{Na}^+ + \text{K}$ ve HCO_3^- olduğu ve bu su örneklerinin Na-HCO₃ tipinde sular olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.44. 2020 yılında örneklenen yeraltısularının Schoeller diyagramına göre Sınıflandırılması

3.4.2.5.3. Yeraltısularının Uluslararası Hidroloji Birliğine Göre Sınıflandırılması

2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre su tipleri belirlenmiştir (Tablo 3.26). Tablo su tipleri açısından incelendiğinde; örneklenen yeraltısularının % 42'sinin Ca-Mg-HCO₃, %23'ünün Ca-Mg-HCO₃-SO₄, %10'unun Ca-

HCO₃ su tipinde olduğu belirlenmiştir. Diğer yeraltısuyu örnekleri ise Na-Ca-Mg-SO₄-HCO₃-Cl ve Ca-Mg-Na-HCO₃ tipi olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.26. 2020 yılında örneklenen yeraltısularının sulama suyu olmasına göre ve su tiplerine göre yapılan sınıflama

Kuyu Numarası	%Na	SAR	RSC	KI	Mg Tehlikesi	Su Tipi
ÜN2	13,56109	0,437523	-0,18762	0,142026	26,34351949	Ca-Mg-HCO ₃
AL2	22,28148	0,870397	-0,07833	0,273113	33,14735806	Ca-Mg-Na-HCO ₃
AL8	15,09155	0,334878	-1,15947	0,164286	39,10950662	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
ÜN8	9,224129	0,273797	-0,58432	0,086209	35,8559154	Na-Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃ -Cl
FA6	14,59954	0,540825	-0,07336	0,156449	22,17573222	Ca-HCO ₃
FA8	19,15606	0,36836	-0,23217	0,219161	44,77876106	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
ÜN6	42,29291	0,644146	-0,24105	0,675868	48,80733945	Na-Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃ -Cl
ÜN1	15,66949	0,514442	-0,19467	0,173913	25,71428571	Ca-Mg-HCO ₃
PE5	14,77107	0,162656	-0,21668	0,151371	54,70554273	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
ÜN3	11,92312	0,420153	-0,19675	0,122294	24,42812765	Ca-Mg-HCO ₃
AL7	17,64069	0,538941	0,099044	0,204924	45,06024096	Ca-Mg-HCO ₃
AL10	8,812957	0,248594	-0,44844	0,078183	47,47774481	Ca-Mg-HCO ₃
GÜ1	19,86676	0,422748	-0,73686	0,208865	44,34499593	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
GÜ2	16,82708	0,290972	-0,63057	0,164467	42,49201278	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
AL5	69,98869	2,472486	0,241732	2,267795	47,25182277	Mg-Ca-SO ₄ -Cl
FA3	13,80487	0,399731	-0,12257	0,143557	28,15993121	Ca-Mg-HCO ₃
FA4	12,16765	0,379011	0,050082	0,130076	23,55712603	Ca-Mg-HCO ₃
PE4	17,70254	0,713038	-0,62577	0,208074	31,79108714	Ca-Mg-HCO ₃
AL4	12,01729	0,393419	-0,07697	0,124472	31,03103103	Ca-Mg-HCO ₃
PE3	17,67691	0,57894	0,142596	0,199714	23,00674336	Ca-SO ₄
FA1	17,58399	0,569645	-0,63642	0,189426	29,67194987	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
FA2	13,24337	0,424605	-0,08514	0,14009	28,48330914	Ca-Mg-HCO ₃
AL9	17,9724	0,49237	-0,18781	0,199137	39,80370774	Ca-Mg-HCO ₃
FA5	16,64928	0,343286	-0,07369	0,18118	33,14763231	Ca-Mg-HCO ₃
FA7	15,56452	0,571344	-0,66661	0,166844	27,00397953	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
UL1	10,9985	0,402664	-0,73107	0,11727	19,08396947	Ca-HCO ₃
AL1	22,25017	0,81453	0,091284	0,27056	24,64141228	Ca-Na-HCO ₃
FA11	13,28389	0,209047	-0,14779	0,139988	38,56502242	Ca-Mg-HCO ₃
PE2	18,93579	0,538477	0,249795	0,219376	24,3153527	Ca-HCO ₃
ÜN4	20,66236	0,618166	-0,50609	0,231289	35,46430238	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
FA9	60,60785	3,72852	1,263962	1,522585	44,46914953	Na-Ca-HCO ₃ -Cl
PE1	71,66468	4,883712	2,510109	2,516352	65,48672566	Na-HCO ₃
FA10	17,04282	0,570846	-0,25609	0,194168	29,88816043	Ca-Mg-HCO ₃
AL6	18,57495	1,09083	-8,42363	0,211172	56,52717052	Mg-Ca-SO ₄ -HCO ₃
PE5	16,03118	0,548554	-0,64806	0,180234	27,8877294	Ca-Mg-HCO ₃
ÜN5	25,53908	0,923093	-0,14699	0,327731	37,60504202	Ca-Mg-Na-HCO ₃
ÜN7	16,95063	0,597173	-0,34981	0,188123	31,42573602	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
AL3	38,67272	1,874472	1,986366	0,596853	53,0584657	Na-Mg-Ca-HCO ₃

3.4.2.5.4. Yeraltısularının Sodyum Yüzdesi ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre hesaplanan sodyum yüzdesi (%Na) değerleri 8,81-71,66 arasında değişmektedir (Tablo 3.26). En yüksek sodyum yüzdesi %71,66 değeri ile PE1 (Perşembe) yeraltısuyu örnekleme noktasında tespit edilmiştir ve buna göre su örneği “şüpheli su” sınıfındadır. En düşük sodyum yüzdesi %8,81 ile AL10 (Altınordu) yeraltısuyu örnekleme noktasında tespit edilmiştir ve buna göre su örneği “çok iyi su” sınıfında yer almaktadır. AL10, ÜN8, UL1, ÜN3, AL4, FA4, FA2, FA11, ÜN2, FA3, FA6, PE5, AL8, FA7, ÜN1, PE5, FA5, GÜ2, ÜN7, FA10, FA1, AL7, PE3, PE4, AL9, AL6, PE2, FA8, GÜ1 numaralı yeraltısuyu örneklerinin sodyum yüzdesi değerleri <20 olarak belirlenmiştir ve buna göre su örnekleri “çok iyi su” sınıfında yer almaktadır. ÜN4, AL1, AL2, ÜN5, AL numaralı yeraltısuyu örnekleri “iyi su” sınıfında; ÜN6, FA9 numaralı yeraltısuyu örnekleri “kullanabilir su” sınıfında ve AL5, PE1 numaralı yeraltısuyu örnekleri ise “şüpheli su” sınıfında yer almaktadır (Tablo 3.26).

2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre hesaplanan SAR yüzdesi değerleri 0,16-4,88 arasında değişmektedir. Yeraltısuyu örneklerinin SAR yüzdesine göre yapılan sınıflamada çalışma alanındaki yeraltısuyu örneklerinin “çok iyi kalitede sulama suyu” sınıfında oldukları belirlenmiştir (Tablo 3.26).

3.4.2.5.5. Yeraltısularının Kalıcı Sodyum Karbonat Değeri (RSC)

2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre hesaplanan kalıcı sodyum karbonat değeri (RSC) -8,42 ile 2,51 arasında değişmektedir. FA4 (0,050), AL1 (0,09), AL7 (0,099), PE3 (0,142), AL5 (0,24), PE2 (0,24), FA9 (1,26), AL3 (1,98), PE1 (2,51) numaralı yeraltısuyu örneklerinde hesaplanan RSC değerleri pozitifdir ve bu durum sodyum zararı yaratabilecek bir risk faktörü olduğu anlamına gelmektedir. Kalıcı sodyum karbonat değerine göre yapılan sınıflamada; PE1 numaralı kuyu suyu “kullanılmaz”; FA9 ve AL3 numaralı kuyu suları ise “şüpheli” su sınıfındadır. Diğer kuyu suyu örnekleri “iyi” su sınıfında olarak belirlenmiştir (Tablo 3.26).

3.4.2.5.6. Yeraltısularının Kelly İndeksi (KI)

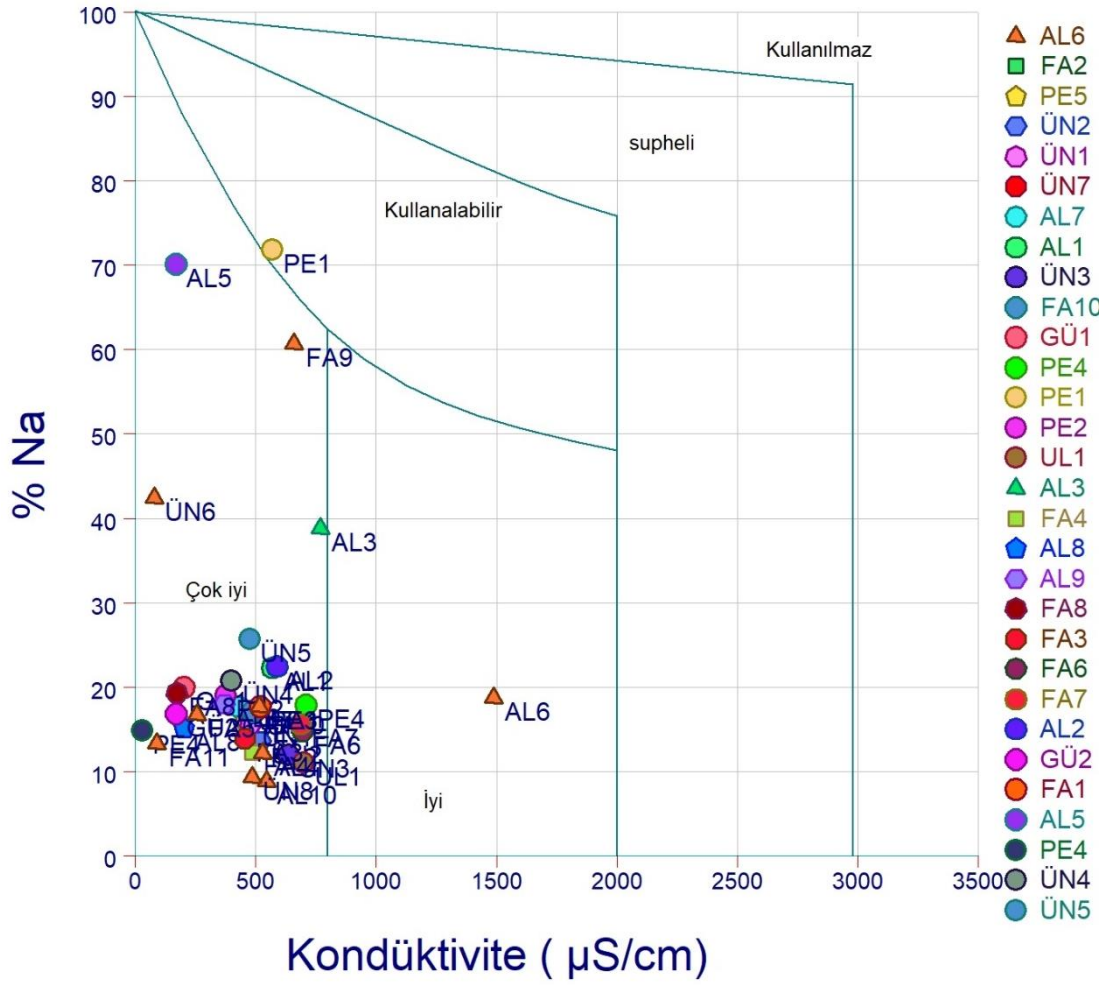
2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre hesaplanan Kelly İndeksi (KI) değerleri 0,078- 2,51 arasında değişmektedir. Kelly İndeksi değerlerine göre yapılan sınıflamaya göre KI değerinin 1’den düşük olduğu sular sulamaya uygun iken, KI değerinin 1’den büyük olduğu sular ise sulamaya uygun olmamaktadır. FA9 (Fatsa), AL5 (Altınordu) ve PE1(Perşembe) kuyu sularının KI değerleri sırasıyla 1,52; 2,26 ve 2,51) olup bu kuyuların suları sulamaya uygun değildir. Diğer kuyu sularının KI değerleri ise 1’den düşüktür (Tablo 3.26).

3.4.2.5.7. Yeraltısularının Magnezyum Tehlikesi (MH)

2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre hesaplanan Magnezyum Tehlikesi (MH) %19,08- %65,48 değişmektedir. Magnezyum Tehlikesi sınıflamasına göre; %50'den düşük MH değerine sahip sular sulama suyu olarak kullanıma uygun iken, %50'den fazla MH değerine sahip sular ise sulama için uygun değildir. AL3 (Altınordu), PE5 (Perşembe), AL6 (Altınordu) ve PE1 (Perşembe) numaralı su kuyularında MH değerleri sırasıyla %53,05; %54,70; %56,52; %65,48 olarak hesaplanmıştır ve buna göre bu kuyuların suları sulama için uygun değildir. Diğer kuyuların suların ise magnezyum tehlikesi değerine göre sulamada kullanılabilir (Tablo 3.26).

3.4.2.5.8. Yeraltısularının Wilcox Diyagramı

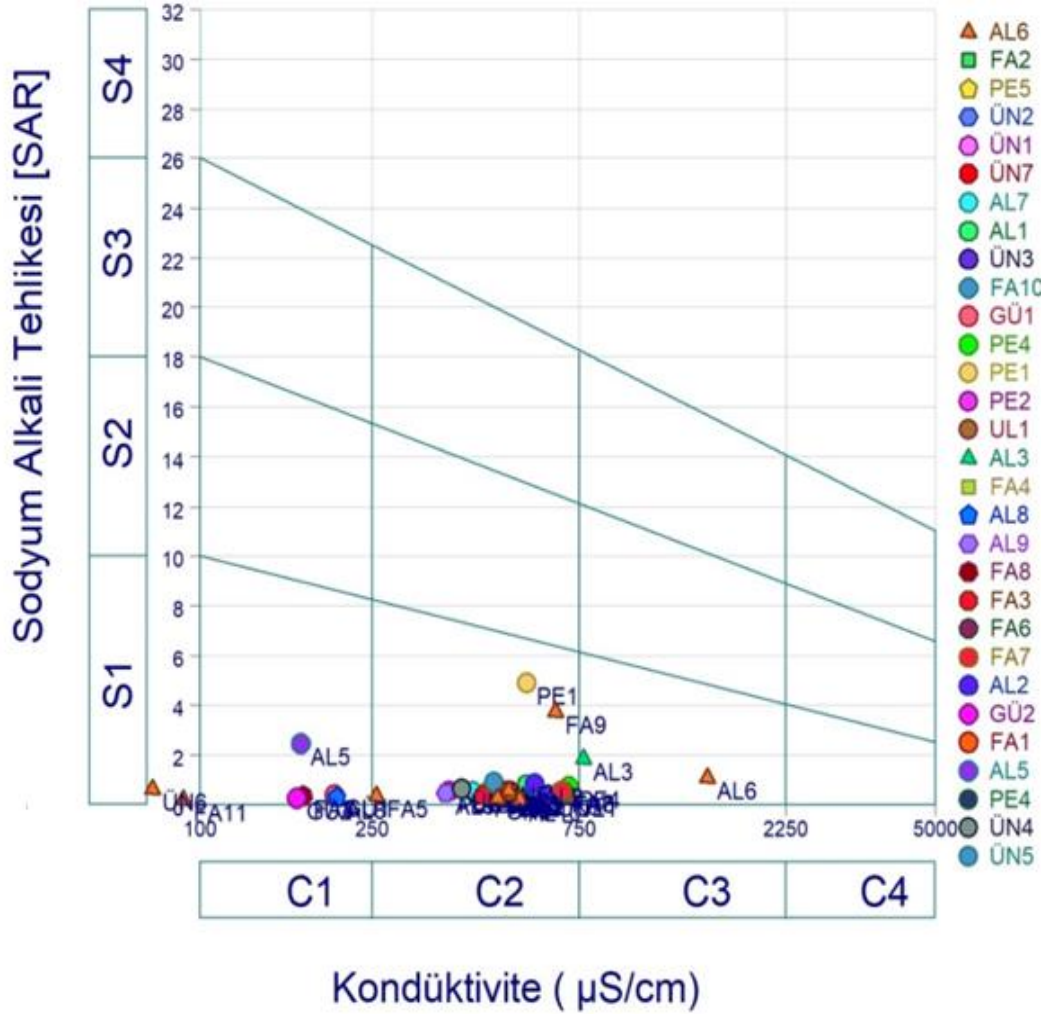
2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre hazırlanan Wilcox Diyagramında kuyu sularının çok büyük bir bölümü “çok iyi” sular sınıfında yer almaktadır (Şekil 3.45). AL6 (Altınordu) numaralı kuyu suyu “iyi” su; PE1(Perşembe) numaralı kuyu suyu ise “kullanabilir” su sınıfında bulunmaktadır.



Şekil 3.45. 2020 yılında örneklenen yeraltısularına ait Wilcox Diyagramı

3.4.2.5.9. Yeraltısularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

2020 yılında örneklenen yeraltısularının analiz sonuçlarına göre hazırlanan ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre çalışma alanında örnekleme yapılan yeraltısuyu örnekleri üç gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar C1-S1; C2-S1 ve C3-S1 su sınıflarıdır (Şekil 3.46). ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında yapılan sınıflandırmaya göre kuyu suları sulamada kullanabilir özelliktedir.



Şekil 3.46. 2020 yılında örneklenen yeraltısularına ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

3.5. Yüzey ve Yeraltısularının Su Kalite İndeksleri (WQI)

3.5.1. Yüzey Sularının Su Kalite İndeksleri (WQI)

3.5.1.1. Yüzey Sularında Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi (WAWQI)

Çalışma kapsamında Ordu ilinde 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularının analiz sonuçları ve yüzey su izleme istasyonlarına ait geçmiş yıllara ait analiz sonuçları kullanılarak tüm izleme istasyonlarının ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanındaki yüzey sularının ağırlıklı aritmetik su kalite İndeksi (AWWQI)

değerlerinin mevsimsel ölçümleri ve mevsimsel karşılaştırması ile yıllık ortalamaları, izleme istasyonların mevsimsel olarak noktasal değerlendirmeleri incelenmiştir.

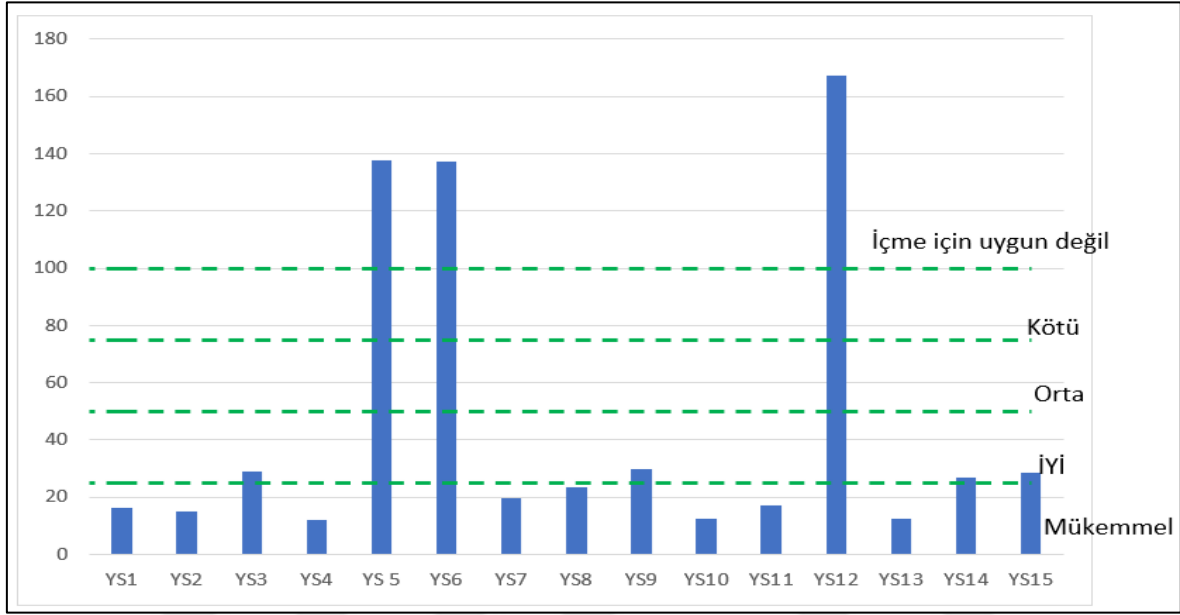
Bu çalışmada kullanılan su kalitesi indekslerinin parametreleri, Global İçme Suyu İndeksi Geliştirme ve Hassasiyet Analizi için kullanılan parametrelerdir. Seçilen parametreler, su kalitesi ile ilgili temel kabul edilebilirlik ve sağlık sorunlarını doğru bir şekilde yansıtmak üzere özenle seçilmiştir (Tablo 3.27). Bu parametrelerde standart değerler olarak Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) veya Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006)'da belirlenen değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.27. 2023 yılı şubat ayı yüzey suyu analiz sonuçları için belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi parametreleri

Örnek No	Parametreler	Standart	1/SN	K	Wİ	ID value
1	pH	9,5	0,105263	0,000664	6,99E-05	7
2	As	0,01	100		0,066447	0
3	Cd	0,005	200		0,132893	0
4	Cr	0,05	20		0,013289	0
5	Cu	2	0,5		0,000332	0
6	Hg	0,001	1000		0,664467	0
7	Mn	0,05	20		0,013289	0
8	Pb	0,01	100		0,066447	0
9	Zn	3	0,333333		0,000221	0
10	Al	0,2	5		0,003322	0
11	Fe	0,2	5		0,003322	0
12	NH4-N	0,5	2		0,001329	0
13	NO2-N	0,5	2		0,001329	0
14	NO3-N	50	0,02		1,33E-05	0
15	SO4	250	0,004		2,66E-06	0
16	Cl	250	0,004		2,66E-06	0
17	Ni	0,02	50		0,033223	0

2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri 11,97-167,25 arasında değişmektedir (Şekil 3. 47). En küçük ağırlıklı aritmetik su kalite indeks değeri YS4 (Ordu -Merkez) noktasında ve en yüksek ağırlıklı aritmetik su kalite indeks değeri YS12 (Melet Irmağı) noktasında elde edilmiştir (Şekil 3.51). Buna göre YS4 örnekleme noktası en iyi su kalitesine sahip nokta ve YS12 örnekleme noktası en kötü su kalitesine nokta sahip anlamına gelmektedir (Tablo 3.27). YS3, YS8, YS9, YS14 ve Y15 örnekleme noktalarında elde edilen suların “iyi kalite”

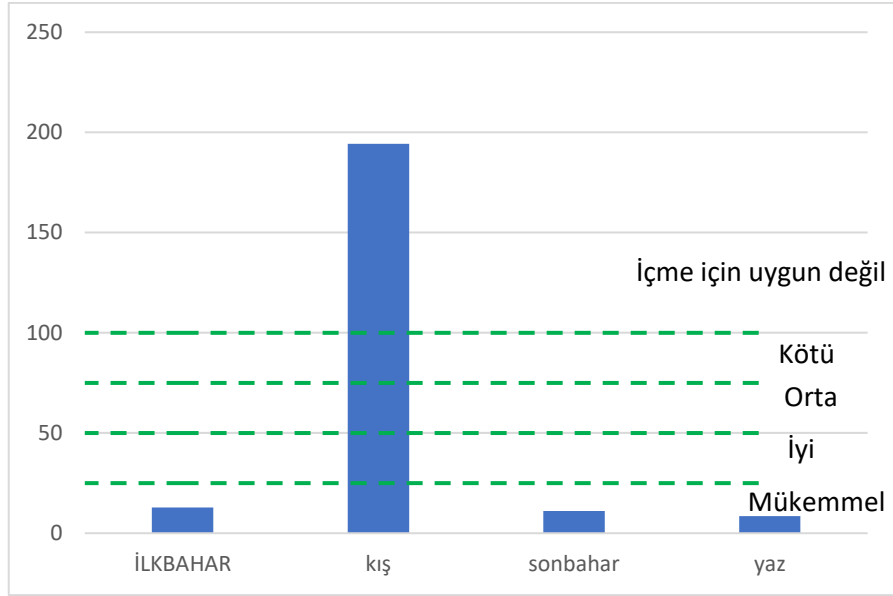
su sınıfında; YS1, YS2, YS4, YS7, YS10, YS11 ve YS13 örnekleme noktalarında elde edilen suların “mükemmel kalite” su sınıfında ve YS5, YS6 ve YS12 örnekleme noktalarında elde edilen suların ise “içme amacı için uygun olmayan” su sınıfında oldukları belirlenmiştir (Tablo 3.27).



Şekil 3.47. 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri

2013-2019 yılları arasında yapılan ve tez çalışması kapsamında elde edilen yüzey suyu analiz sonuçları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için ayrı ayrı değerlendirilerek ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi değerleri belirlenmiştir. Buna göre 2013-2019 yılları arasında yapılan yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi değerleri tüm mevsimler için 0,32- 606,64 arasında değişmektedir. En düşük ve en yüksek su kalite indeksleri 2013 yılı yaz ve kış dönemlerinde YS9 örnekleme noktasında elde edilmiştir (Tablo 3.28).

YS1 örnekleme noktası için 2013-2014 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 4,23-550,56 (“mükemmel” ve “içme amacı için uygun olmayan”) arasında değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 550,6 ile 2013 yılı kış mevsiminde hesaplanmıştır. Kış mevsimi için hesaplanan indeks değerlerine göre “içme amacı için uygun olmayan” su sınıfında, diğer mevsimler için ise “mükemmel” su sınıfında olarak belirlenmiştir (Şekil 3.48).

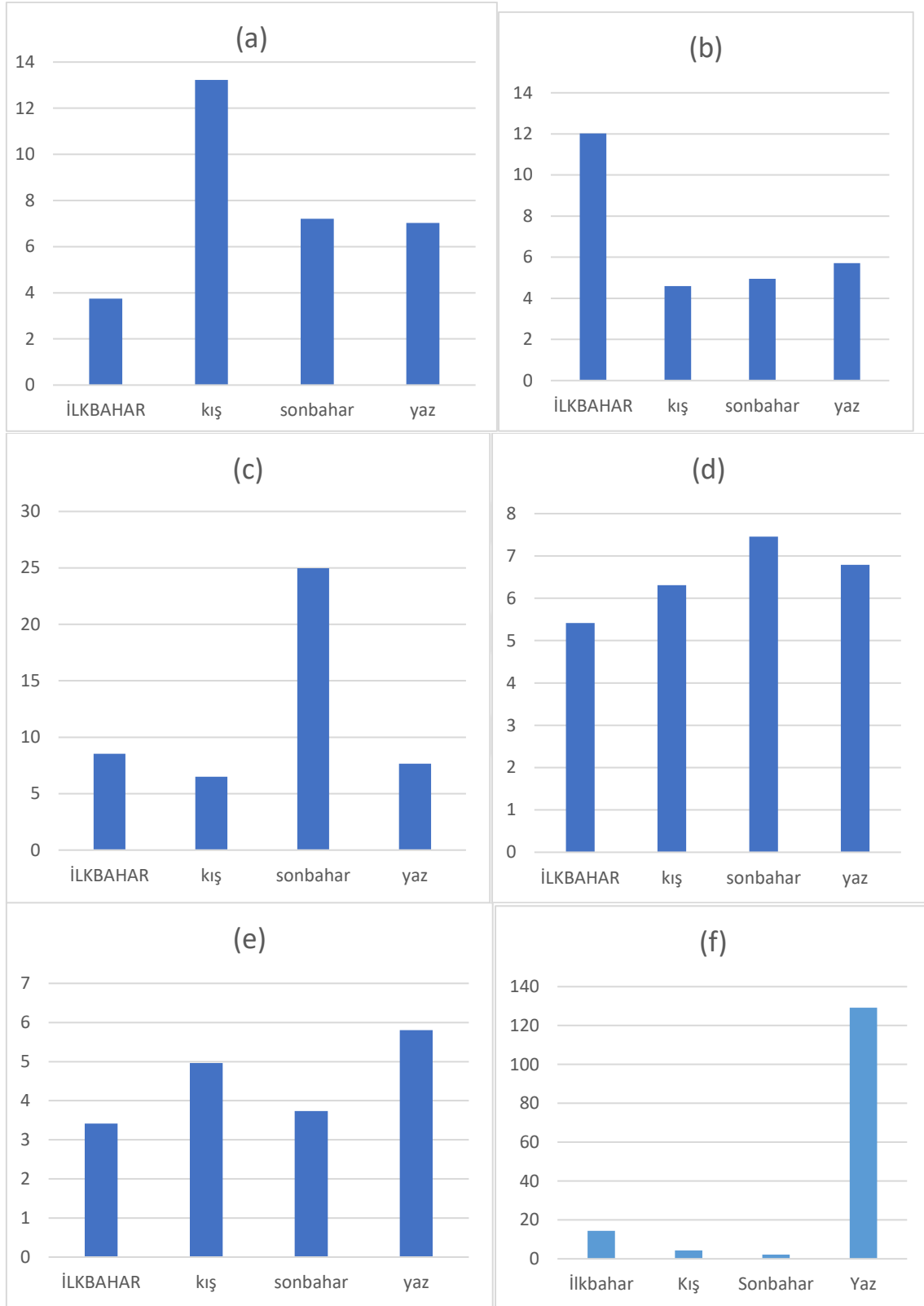


Şekil 3.49. YS1 yüzey suyu örnekleme noktası için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri

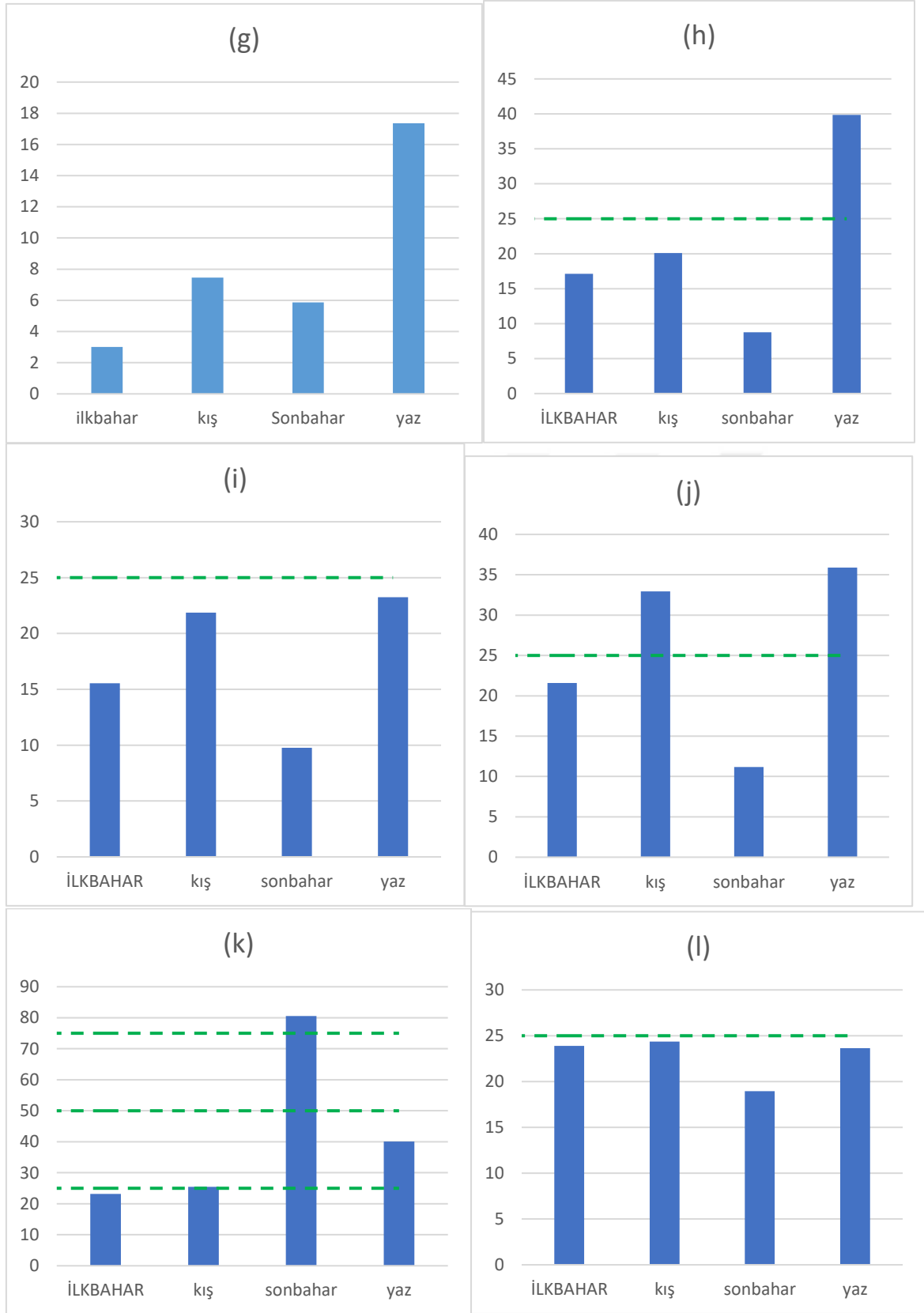
YS4 örnekleme noktası için 2013-2015 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 1,51-29,50 (“mükemmel” ve “iyi”) arasında değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi 2015 kış mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2013 ilkbahar mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.50). Su kalite indeksi değerlerine göre YS4 örnek noktası “mükemmel” su sınıfındadır.

YS5 örnekleme noktası için 2013-2014 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 4,23-19,69 arasında değişmektedir (Tablo 3.28). Tüm mevsimler için elde edilen su kalite indeksi değerlerine göre YS5 örnek noktası “mükemmel” su sınıfındadır (Şekil 3.50).

YS6 örnekleme noktası için 2013-2014 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 5,04-39,04 (mükemmel ve iyi) arasında değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi ilkbahar mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise kış mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.50). İlkbahar mevsimi dışında elde edilen su kalite indeksi değerlerine göre YS6 örnek noktası “mükemmel” su sınıfındadır.



Şekil 3.50. Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri (a) YS4; (b) YS5; (c) YS6; (d) YS7; (e) YS8; (f) YS9



Şekil 3.51. Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri (g) YS10;(h) YS11; (i) YS12;(j) YS13; (k) YS14; (l); YS15

YS7 örnekleme noktası için 2013-2014 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 0,44-18,67 arasında değişmektedir (Tablo 3.28). Buna göre YS7 yüzey suyu noktası “mükemmel kalite” su sınıfındadır (Şekil 3.51). En yüksek ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi sonbahar mevsiminde, en düşük ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi ise ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir.

YS8 örnekleme noktası için 2013-2014 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 0,3-6 arasında değişmektedir (Tablo 3.28). Tüm mevsimler için elde edilen su kalite indeksi değerlerine göre YS8 örnek noktası “mükemmel” su sınıfındadır (Şekil 3.51).

YS9 örnekleme noktası için 2013-2015 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 0,32-606,64 arasında değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi yaz mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise sonbahar mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.58). Yaz mevsimi dışında elde edilen su kalite indeksi değerlerine göre YS9 örnek noktası “mükemmel kalite” su sınıfındadır.

YS10 örnekleme noktası için 2013-2014 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 1,21-27,27 arasında (mükemmel ve iyi) değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi yaz mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise ilkbahar mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.59). Yaz mevsimi dışında elde edilen su kalite indeksi değerlerine göre YS10 örnek noktası “mükemmel” su sınıfındadır.

YS11 örnekleme noktası için 2016-2019 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 5,59-83,15 (mükemmel ve kötü) arasında değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi 2018 yılı yaz mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2019 yılı sonbahar mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.60).

YS12 örnekleme noktası için 2016-2019 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 6,11-57,52 (mükemmel ve orta) arasında değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi 2019 yılı yaz mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2016 yılı sonbahar mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.61).

YS13 örnekleme noktası için 2016-2019 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi mükemmel, iyi ve orta arasında değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi 54,39 (orta) ile 2017 yılı yaz mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 6,65 (mükemmel) ile 2018 yılı sonbahar mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.62).

YS14 örnekleme noktası için 2016-2019 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi “mükemmel”, “iyi”, “orta” ve “içme amacı için uygun değil” arasında

değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi 252,81 ile 2019 yılı sonbahar mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 11,44 ile 2017 yılı kış mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.63).

YS15 örnekleme noktası için 2016-2019 yıllarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 5,99 -54,19 (“mükemmel”, “iyi” ve “orta”) arasında değişmektedir (Tablo 3.28). En yüksek su kalite indeksi 54,39 (orta) ile 2016 sonbahar mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 5,99 (mükemmel) ile 2017 sonbahar mevsiminde elde edilmiştir (Şekil 3.64).



Tablo 3.28. 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri

İstasyon	pH	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Al	Fe	NH4	NO2	NO3	SO4	Cl	Ni	AWWQI	Kalite sınıfı
	Wi																		
	6,99E-05	0,066447	0,132893	0,013289	0,000332	0,664467	0,013289	0,066447	0,000221	0,003322	0,003322	0,001329	0,001329	1,33E-05	2,66E-06	2,66E-06	0,033223		
	Qi																		
YS1	54	3,854	2,344	0,708	0,13145	21,7	49,8506	2,125	1,954033	23,8194	13,6776	124	16,4	24,216	6,948	2,2	5,104	16,28493	Mükemmel
YS2	34,8	7,306	1,206	1,0174	0,09877	20,7	7,6694	1,424	1,28714	8,81315	5,87805	200	28	4,816	8,86	4,4	4,444	15,11255	Mükemmel
YS3	50,4	4,417	0,946	0,5508	0,06429	41,74	16,1234	0,29	0,727443	12,8801	14,44045	200	26,2	18,706	9,352	13,644	2,829	28,88428	İyi
YS4	44	11,794	1,95	2,0632	0,08362	15,25	0,9722	0,868	1,34011	20,7208	21,6454	182	42,8	22,04	20,028	9,564	7,7495	11,97468	Mükemmel
YS5	62,4	3,305	0,942	1,4592	0,065015	205,24	11,038	1,322	1,396777	11,18675	8,92345	160	30	32,4	12,464	7,2	7,8335	137,5586	İçme amacı için uygun değil
YS6	7,2	0,725	0,828	0,178	0,02604	204,95	4,8322	0,355	0,885207	6,99935	25,69745	206	25,6	5,342	1,736	3,252	6,0475	137,0489	İçme amacı için uygun değil
YS7	42	7,843	0,69	1,256	0,04899	28	3,1604	0,263	0,653233	8,78815	8,5752	244	27,2	7,136	9,156	5,364	3,961	19,84699	Mükemmel
YS8	48,4	3,956	2,078	0,6392	0,102635	33,01	16,4798	2,807	1,700037	49,4433	32,66485	144	16,8	16,36	4,24	2,888	7,4665	23,62565	İyi
YS9	48	6,29	2,522	0,4372	0,05929	42,85	13,9894	0,504	0,875977	14,853	17,2304	180	27,2	18,268	13,164	41,904	4,061	29,97153	İyi
YS10	65,2	8,394	3,07	1,0974	0,27275	15,75	29,6706	2,839	2,540467	34,77685	19,205	140	26,8	22,952	6,872	5,408	5,2415	12,60932	Mükemmel
YS11	49,2	3,64	1,532	0,9244	0,077125	23,23	33,1038	1,848	0,878893	45,3968	41,0746	212	16,2	18,206	7,792	1,96	3,1725	17,1559	Mükemmel
YS12	53,2	29,126	1,97	1,3236	0,061305	247,31	5,4312	1,466	0,771673	12,63055	13,7687	176	28,4	5,26	13,536	6,096	5,3395	167,2543	İçme amacı için uygun değil
YS13	57,6	8,394	3,07	1,0974	0,27275	15,75	29,6706	2,839	2,540467	34,77685	19,205	140	26,8	4,7	9,928	4,312	5,2415	12,60855	Mükemmel
YS14	42	3,414	1,142	0,8216	0,06451	38,81	16,16	0,409	1,100713	13,30355	13,1693	200	26,6	17,192	7,92	4,624	3,3715	26,92398	İyi
YS15	47,2	4,964	3,402	0,5008	0,11267	39,68	9,1396	1,233	1,84037	147,6707	43,8115	226	16,6	18,482	4,252	2,68	5,326	28,49755	İyi

Tablo 3.29. 2013-2019 yıllarında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri

İstasyon	Yıl	Mevsim	AWWQI	Kalite sınıfı	Sınıflama
YS12	1.03.2016 00:00	İlkbahar	7,401359	Mükemmel	A
	1.06.2016 00:00		39,90901	İyi	B
	1.09.2016 00:00		6,653394	Mükemmel	A
	1.12.2016 00:00		8,215191	Mükemmel	A
	1.03.2017 00:00	Kış	43,58666	İyi	B
	1.06.2017 00:00		13,89718	Mükemmel	A
	1.09.2017 00:00		8,093601	Mükemmel	A
	1.12.2017 00:00	Sonbahar	14,42209	Mükemmel	A
	1.03.2018 00:00		11,34404	Mükemmel	A
	1.06.2018 00:00		6,115981	Mükemmel	A
	1.09.2018 00:00		7,160657	Mükemmel	A
	1.03.2019 00:00	Yaz	22,17373	Mükemmel	A
	1.06.2019 00:00		57,52928	Orta	C
	1.09.2019 00:00		6,382384	Mükemmel	A
	1.12.2019 00:00		6,911873	Mükemmel	A
YS11	1.03.2016 00:00	İlkbahar	6,476556	Mükemmel	A
	1.03.2017 00:00		41,5929	İyi	B
	1.03.2018 00:00		7,966691	Mükemmel	A
	1.03.2019 00:00		12,48308	Mükemmel	A
	1.12.2016 00:00	Kış	43,01342	İyi	B
	1.12.2017 00:00		9,569059	Mükemmel	A
	1.12.2019 00:00		7,657082	Mükemmel	A
	1.09.2016 00:00	Sonbahar	7,401359	Mükemmel	A
	1.09.2017 00:00		10,30745	Mükemmel	A
	1.09.2018 00:00		11,83385	Mükemmel	A
	1.09.2019 00:00		5,595351	Mükemmel	A
	1.06.2016 00:00	Yaz	20,3954	Mükemmel	A
	1.06.2017 00:00		48,46431	İyi	B
	1.06.2018 00:00		83,15019	Kötü	D
	1.06.2019 00:00		7,445602	Mükemmel	A
YS15	1.03.2016 00:00	İlkbahar	15,82796	Mükemmel	A
	1.03.2017 00:00		44,28118	İyi	B
	1.03.2018 00:00		11,60325	Mükemmel	A
	1.12.2016 00:00	Kış	45,41176	İyi	B
	1.12.2017 00:00		10,55816	Mükemmel	A
	1.12.2019 00:00		17,14995	Mükemmel	A
	1.09.2016 00:00	Sonbahar	54,19997	Orta	C
	1.09.2017 00:00		5,999725	Mükemmel	A
	1.09.2018 00:00		7,755658	Mükemmel	A
	1.09.2019 00:00		7,793495	Mükemmel	A

Tablo 3.29'un devamı

İstasyon	Yıl	Mevsim	AWWQI	Kalite sınıfı	Sınıflama
YS15	1.06.2016 00:00	Yaz	17,93222	Mükemmel	A
	1.06.2017 00:00		39,79397	İyi	B
	1.06.2018 00:00		15,2709	Mükemmel	A
	1.06.2019 00:00		21,54131	Mükemmel	A
YS13	1.03.2016 00:00	İlkbahar	7,183472	Mükemmel	A
	1.03.2017 00:00		49,27886	İyi	B
	1.03.2018 00:00		21,86152	Mükemmel	A
	1.03.2019 00:00		8,033125	Mükemmel	A
	1.12.2016 00:00	Kış	42,33522	Mükemmel	A
	1.12.2017 00:00		15,94615	Mükemmel	A
	1.12.2019 00:00		40,52827	İyi	B
	1.09.2016 00:00	Sonbahar	15,83669	Mükemmel	A
	1.09.2017 00:00		6,819208	Mükemmel	A
	1.09.2018 00:00		6,65755	Mükemmel	A
	1.09.2019 00:00		15,42348	Mükemmel	A
	1.06.2016 00:00	Yaz	46,32776	iyi	B
	1.06.2017 00:00		54,39404	Orta	C
	1.06.2018 00:00		17,95696	Mükemmel	A
	1.06.2019 00:00		24,90528	Mükemmel	A
YS4	2013	İlkbahar	1,515846	Mükemmel	A
	2014		4,858001	Mükemmel	A
	2015		4,86909	Mükemmel	A
	2013	Kış	23,19496	Mükemmel	A
	2013		9,646138	Mükemmel	A
	2014		8,485702	Mükemmel	A
	2014		2,563695	Mükemmel	A
	2015		5,945192	Mükemmel	A
	2015		29,50424	İyi	B
	2013	Sonbahar	7,549874	Mükemmel	A
	2014		2,155932	Mükemmel	A
	2015		11,93478	Mükemmel	A
	2013	Yaz	4,469624	Mükemmel	A
	2013		3,068907	Mükemmel	A
	2014		5,286539	Mükemmel	A
	2014		2,285057	Mükemmel	A
	2015		19,82851	Mükemmel	A
	2015		7,196571	Mükemmel	A
	2015		7,196571	Mükemmel	A
YS7	2013	İlkbahar	0,644088	Mükemmel	A
	2014		1,219087	Mükemmel	A
	2013	Kış	0,445061	Mükemmel	A
	2013		3,018898	Mükemmel	A
	2014		11,98128	Mükemmel	A
	2014		9,746316	Mükemmel	A
	2014		9,746316	Mükemmel	A

Tablo 3.29'un devamı

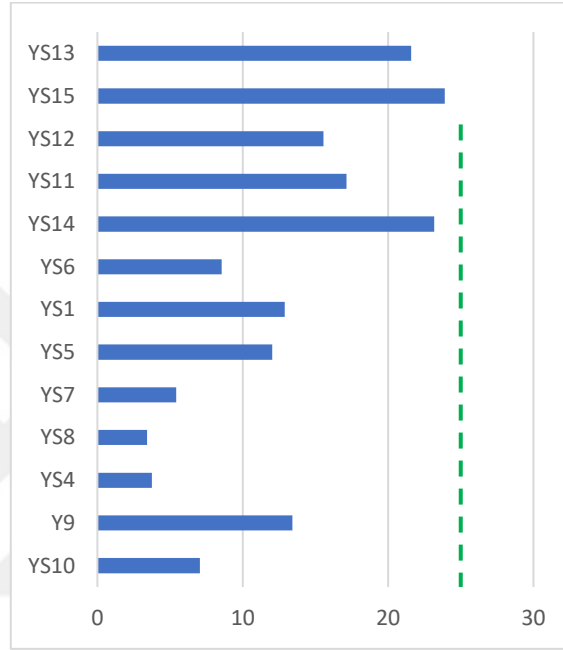
İstasyon	Yıl	Mevsim	AWWQI	Kalite sınıfı	Sınıflama
YS7	2015	Sonbahar	15,8007	Mükemmel	A
	2013		7,491474	Mükemmel	A
	2014		4,333992	Mükemmel	A
	2013	Yaz	1,903322	Mükemmel	A
	2013		3,338189	Mükemmel	A
	2014		7,491445	Mükemmel	A
	2014		18,67743	Mükemmel	A
YS9	2014	İlkbahar	32,11088	İyi	B
	2014		8,006091	Mükemmel	A
	2015		3,263893	Mükemmel	A
	2014	Kış	3,145125	Mükemmel	A
	2014		0,327088	Mükemmel	A
	2014		6,346687	Mükemmel	A
	2014		5,758636	Mükemmel	A
	2015		5,866689	Mükemmel	A
	2014	Sonbahar	1,879065	Mükemmel	A
	2014		2,516299	Mükemmel	A
	2014	Yaz	606,6461	İçme için uygun değil	E
	2014	Yaz	1,477386	Mükemmel	A
	2014	Yaz	10,36997	Mükemmel	A
	2014	Yaz	19,39132	Mükemmel	A
			8,140767	Mükemmel	A
		İlkbahar	1,969084	Mükemmel	A
YS8		İlkbahar	2,300152	Mükemmel	A
		İlkbahar	5,855151	Mükemmel	A
		Kış	1,486955	Mükemmel	A
		Kış	2,795417	Mükemmel	A
		Kış	4,018499	Mükemmel	A
		Kış	4,032841	Mükemmel	A
		Kış	19,20072	Mükemmel	A
		Sonbahar	2,882076	Mükemmel	A
		Sonbahar	3,956769	Mükemmel	A
		Yaz	1,616981	Mükemmel	A
		Yaz	1,417142	Mükemmel	A
		Yaz	1,186663	Mükemmel	A
		Yaz	2,652021	Mükemmel	A
		Yaz	8,405946	Mükemmel	A
		Yaz	13,90043	Mükemmel	A
YS1	2014	İlkbahar	4,232878	Mükemmel	A
	2015	İlkbahar	10,9238	Mükemmel	A
	2014	Kış	550,566	İçme için uygun değil	E
	2014	Kış	21,55827	Mükemmel	A
	2015	Kış	6,044188	Mükemmel	A

Tablo 3.29'un devamı

İstasyon	Yıl	Mevsim	AWWQI	Kalite sınıfı	Sınıflama
YS1	2015	Sonbahar	21,4266	Mükemmel	A
	2014	Yaz	4,881733	Mükemmel	A
	2014	Yaz	12,47711	Mükemmel	A
	2015	Yaz	11,06194	Mükemmel	A
	2015	Yaz	11,06194	Mükemmel	A
YS6	2013	İlkbahar	12,03192	Mükemmel	A
	2014	İlkbahar	39,04548	İyi	B
	2013	Kış	6,851498	Mükemmel	A
	2013	Kış	5,046551	Mükemmel	A
	2014	Kış	7,559761	Mükemmel	A
	2013	Sonbahar	6,12599	Mükemmel	A
	2013	Yaz	7,767837	Mükemmel	A
	2013	Yaz	10,89537	Mükemmel	A
YS10	2013	İlkbahar	1,214469	Mükemmel	A
	2014	İlkbahar	2,398925	Mükemmel	A
	2015	İlkbahar	5,443883	Mükemmel	A
	2013	Kış	1,353215	Mükemmel	A
	2013	Kış	4,380117	Mükemmel	A
	2014	Kış	4,782817	Mükemmel	A
	2014	Kış	21,47203	Mükemmel	A
	2015	Kış	5,292901	Mükemmel	A
	2013	Sonbahar	2,021724	Mükemmel	A
	2014	Sonbahar	9,726402	Mükemmel	A
	2013	Yaz	3,405662	Mükemmel	A
	2013	Yaz	6,801249	Mükemmel	A
YS10	2014	Yaz	23,14708	Mükemmel	A
	2014	Yaz	27,27234	İyi	B
	2014	Yaz	26,19242	İyi	B
	2014	Yaz	26,19242	İyi	B
YS5	2013	İlkbahar	19,69838	Mükemmel	A
	2014	İlkbahar	4,567616	Mükemmel	A
	2013	Kış	4,232214	Mükemmel	A
	2013	Kış	4,3434	Mükemmel	A
	2014	Kış	7,188054	Mükemmel	A
	2013	Sonbahar	4,955267	Mükemmel	A
	2013	Yaz	4,230374	Mükemmel	A
	2013	Yaz	5,3375	Mükemmel	A

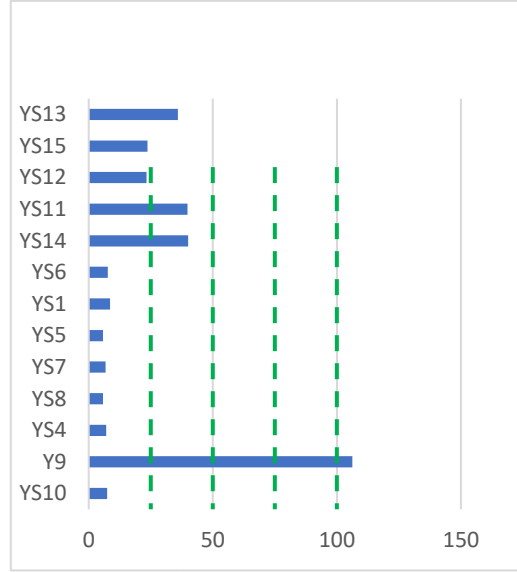
2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçları 4 mevsim için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve her mevsim için ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi hesaplanarak mevsimler arası karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 3.65, Şekil 3.66, Şekil 3.67 ve Şekil 3.68).

2013-2019 yıllarında ilkbahar mevsimlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre tüm yüzey suyu ölçüm noktaları “mükemmel” kalite su sınıfında yer almaktadır. En yüksek su kalite indeksi YS15 istasyonunda (23,9), en düşük su kalite indeksi YS8 istasyonunda (3,41) elde edilmiştir (Şekil 3.65).



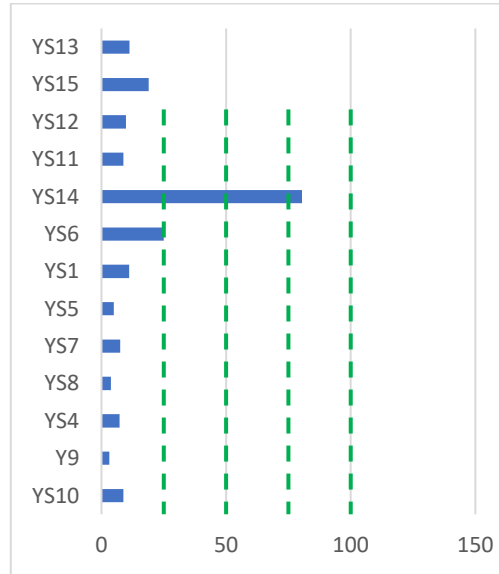
Şekil 3.52. 2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının ilkbahar mevsimi için hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

2013-2019 yıllarında yaz mevsimlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 5,80 (YS8)-106,27 (YS9) arasında değişmektedir. YS1, YS4, YS5, YS6, YS7, Y8, YS10, YS12, YS15 istasyonlarında hesaplanan su kalite indeksi “mükemmel”, YS13, YS11 ve YS14 istasyonlarında hesaplanan su kalite indeksi “iyi” su sınıfındadır. YS9 istasyonu ise yaz mevsimleri için hazırlanan su kalite indeksine göre “kötü” kalite su sınıfında yer almaktadır (Şekil 3.66).



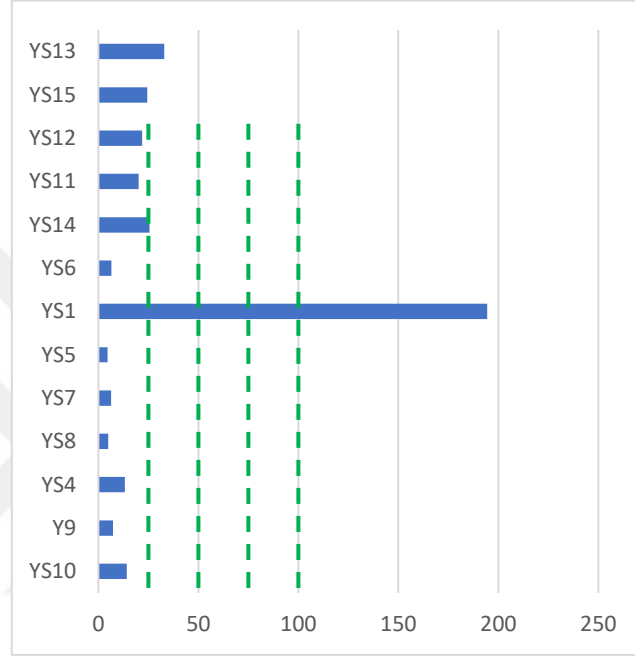
Şekil 3.53. 2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının yaz mevsimi için hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

2013-2019 yıllarında sonbahar mevsimlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 3,15 (YS9) ile 80,51 (YS14) arasında değişmektedir. YS14 istasyonu bu değer ile “kötü” kalite su sınıfına girmektedir. Diğer istasyonlar ise “mükemmel” kalite su sınıfında yer almaktadır (Şekil 3.65).



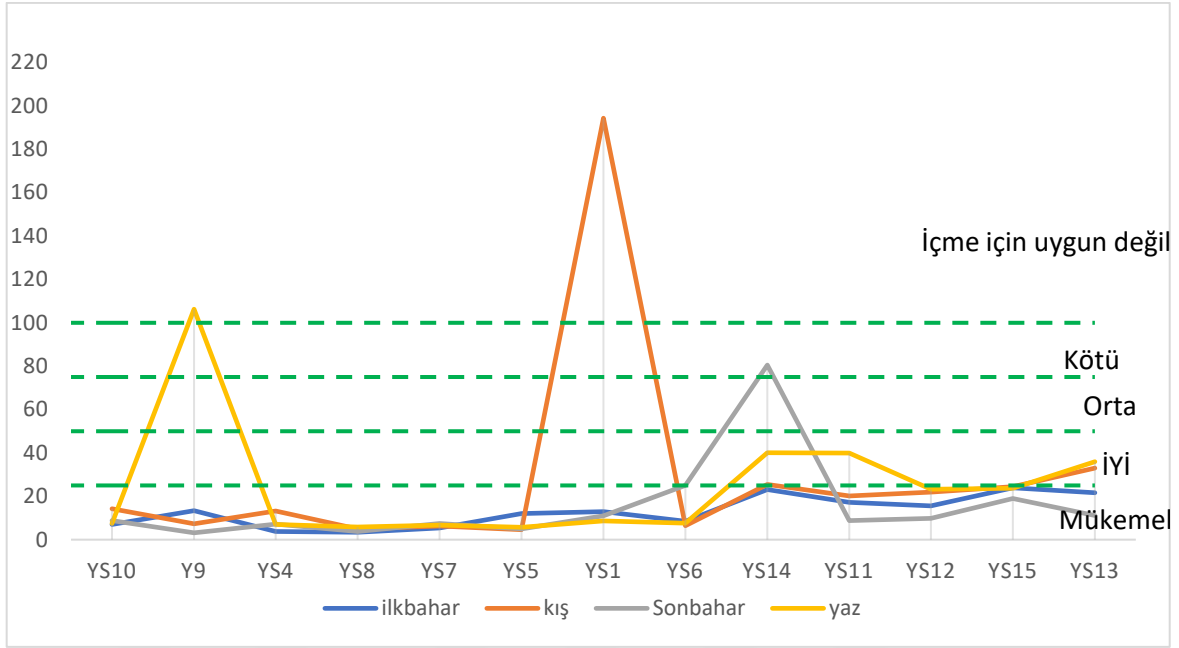
Şekil 3.54. 2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının sonbahar mevsimi için hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

2013-2019 yıllarında kış mevsimlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi 4,59 (YS5) ile 194,35 (YS1) arasında değişmektedir. YS15, YS12, YS11, YS6, YS5, YS7, YS8, YS9, YS4, YS10 istasyonları “mükemmel”, YS13 ve YS14 istasyonları “iyi” ve YS1 istasyonu ise “içme için uygun değil” su sınıfındadır (Şekil 3.68).



Şekil 3.55. 2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının kış mevsimi için hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine göre hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi toplu olarak Şekil 3.69’da görülmektedir. Şekil 3.69 incelendiğinde su kalite indekslerinin çoğunlukla “mükemmel”, “iyi” ve “orta” olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.56. 2013-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının mevsimlere göre hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

3.5.1.1. Yüzey Sularında Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI)

Ordu ilinde 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularının analiz sonuçları ve yüzey su izleme istasyonlarına 1995-2019 yıllarına ait analiz sonuçları kullanılarak tüm izleme istasyonlarının Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI) belirlenmiştir.

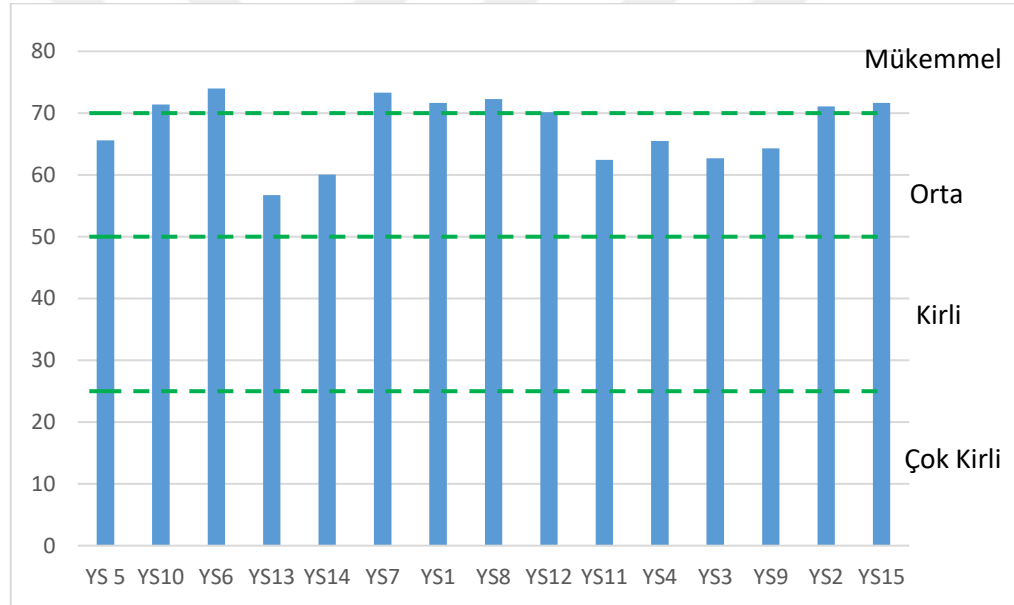
2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularının Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 56,72 (orta kalite) ile 73,97 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En düşük su kalite indeksi YS13 istasyonunda, en yüksek su kalite indeksi ise YS6 istasyonunda elde edilmiştir (Tablo 3.30). YS10, YS6, YS7, YS1, YS8, YS12 istasyonları “iyi kalite”, YS5, YS13, YS14 ve YS11 istasyonları ise “orta kalite” su sınıfında yer almaktadır (Şekil 3.70).

Tablo 3.30. 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI)

İstasyon	BOD5	DO	NO3	PO4	pH	T	TDS	Turb.	Col.	NSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS 5	4,8	16,83	5,04	9,1	6,3	2,9	6,4	5,2	9	65,57	Orta
YS10	6,5	16,66	6	9,4	5,7	2,8	6,88	6,8	10,65	71,39	İyi
YS6	6,5	16,66	11,4	9,6	9,3	2,6	5,6	3,76	8,55	73,97	İyi
YS13	6,5	16,66	6,6	9,8	7	2,9	1,6	2,96	2,7	56,72	Orta

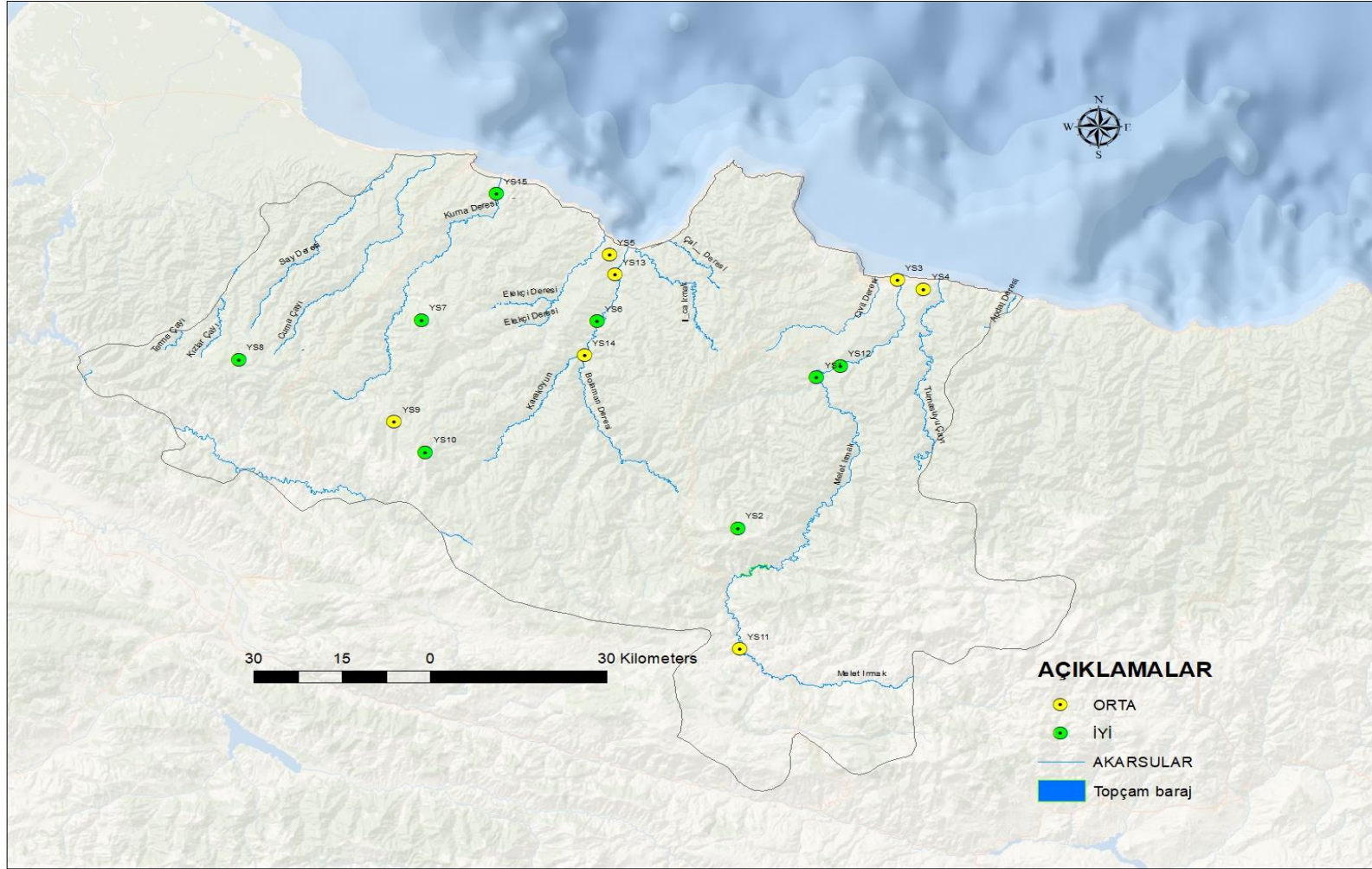
Tablo 3.30'un devamı

İstasyon	BOD5	DO	NO3	PO4	pH	T	TDS	Turb.	Col.	NSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS14	6,5	16,83	6,72	9,7	8	2,9	5,44	1,84	2,1	60,03	Orta
YS7	4,8	16,15	11,28	9,6	8	2,9	6,56	4,56	9,45	73,3	İyi
YS1	6,5	16,83	5,64	9,6	6,7	3,1	6,56	5,76	10,95	71,64	İyi
YS8	6	16,83	6,84	9,3	7	3,1	6,4	6,32	10,5	72,29	İyi
YS12	6,5	16,83	11,4	9,5	6,7	2,9	6,64	6,4	3,3	70,17	İyi
YS11	9	16,49	6,6	9,8	7	3,2	5,36	2,56	2,4	62,41	Orta
YS4	6,3	15,81	5,88	9,4	8	3,1	5,84	2,32	8,85	65,5	Orta
YS3	6,5	16,15	6,6	9,5	7	2,4	5,84	6,32	2,4	62,71	Orta
YS9	6	16,15	11,52	9,7	6,8	2,5	4,24	4,08	3,3	64,29	Orta
YS2	6,3	16,15	11,52	9,6	8,7	3,2	4,24	0,4	10,95	71,06	İyi
YS15	6,5	16,15	6,6	9,2	7	2,4	6,16	6,4	11,25	71,66	İyi



Şekil 3.57. 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksleri

1995-2019 yılları arasında yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 54,7-84,95 arasında değişmektedir (Şekil 3.71). En düşük Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 54,7 ile YS13 istasyonunda 2019 sonbahar mevsiminde, en yüksek Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 84,95 ile YS10 istasyonunda 2013 kış mevsiminde alınan yüzey sularına aittir (Tablo 3.31).



Şekil 3.58. Şubat 2023 alınan yuzey suların NSFQI haritası

Tablo 3.31. 2013-2019 yıllarında örneklenen yüzey suyu analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI)

İstasyon	Tarihi	Mevsim	NWSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS3	Oca.95	Kış	79,526	İyi
	Mar.95	İlkbahar	79,297	İyi
	May.95	İlkbahar	77,919	İyi
	Eyl.95	Sonbahar	75,603	İyi
	Kas.95	Sonbahar	75,949	İyi
	Oca.96	Kış	79,736	İyi
	Mar.96	İlkbahar	82,869	İyi
	May.96	İlkbahar	76,842	İyi
	Eyl.96	Sonbahar	76,585	İyi
	Kas.96	Sonbahar	76,835	İyi
	Oca.97	Kış	82,998	İyi
	Mar.97	İlkbahar	80,467	İyi
	May.97	İlkbahar	80,11	İyi
	Tem.97	Yaz	72,804	İyi
	Eyl.97	Sonbahar	77,394	İyi
	Kas.97	Sonbahar	81,643	İyi
	Oca.98	Kış	80,902	İyi
	Mar.98	İlkbahar	79,138	İyi
	May.98	İlkbahar	74,686	İyi
	Tem.98	Yaz	71,695	İyi
	Eyl.98	Sonbahar	76,952	İyi
	Kas.98	Sonbahar	77,482	İyi
	Oca.99	Kış	79,54	İyi
	Mar.99	İlkbahar	78,64	İyi
	May.99	İlkbahar	78,715	İyi
	Tem.99	Yaz	76,891	İyi
	Eyl.99	Sonbahar	76,107	İyi
	Kas.99	Sonbahar	77,102	İyi
	Oca.00	Kış	71,221	İyi
	Mar.00	İlkbahar	75,499	İyi
	May.00	İlkbahar	76,135	İyi
	Tem.00	Yaz	74,472	İyi
	Eyl.00	Sonbahar	75,431	İyi
	Eki.00	Sonbahar	75,446	İyi
	Oca.01	Kış	77,836	İyi
	Mar.01	İlkbahar	72,16	İyi
	May.01	İlkbahar	73,8	İyi
	Tem.01	Yaz	73,706	İyi
	Kas.01	Sonbahar	73,461	İyi
	Oca.02	Kış	71,783	İyi
	Nis.02	İlkbahar	74,262	İyi
	Tem.02	Yaz	73,428	İyi

Tablo 3.31'in devamı

İstasyon	Tarihi	Mevsim	NWSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS3	Eki.02	Sonbahar	72,74	İyi
	Tem.03	Yaz	73,952	İyi
	Eki.03	Sonbahar	71,525	İyi
	Oca.04	Kış	80,684	İyi
	Nis.04	İlkbahar	73,028	İyi
	Tem.04	Yaz	74,493	İyi
	Eki.04	Sonbahar	71,918	İyi
	Oca.05	Kış	65,493	Orta
	Tem.06	Yaz	75,266	İyi
	Eki.06	Sonbahar	73,925	İyi
	Oca.07	Kış	66,665	Orta
	Nis.07	İlkbahar	76,857	İyi
	Tem.07	Yaz	81,647	İyi
	Eki.07	Sonbahar	71,768	İyi
	Nis.08	İlkbahar	65,596	Orta
	Tem.08	Yaz	71,723	İyi
	Şub.09	Kış	75,461	İyi
	Ağu.09	Yaz	75,238	İyi
	Kas.09	Sonbahar	74,866	İyi
	Şub.10	Kış	77,649	İyi
	May.10	İlkbahar	69,781	Orta
	Ağu.10	Yaz	67,534	Orta
	Kas.10	Sonbahar	71,375	İyi
	Şub.11	Kış	71,948	İyi
	May.11	İlkbahar	69,536	Orta
	Ağu.11	Yaz	65,179	Orta
	Kas.11	Sonbahar	62,873	Orta
	Şub.12	Kış	70,069	İyi
	May.12	İlkbahar	74,069	İyi
	Ağu.12	Yaz	70,039	İyi
	Kas.12	Sonbahar	81,292	İyi
	Şub.13	Kış	67,209	Orta
	May.13	İlkbahar	65,363	Orta
	Ağu.13	Yaz	72,934	İyi
	Kas.13	Sonbahar	74,756	İyi
	Şub.14	Kış	71,158	İyi
	May.14	İlkbahar	71,09	İyi
	Ağu.14	Yaz	59,284	Orta
	Kas.14	Sonbahar	69,67	Orta
	Şub.15	Kış	75,004	İyi
	May.15	İlkbahar	67,362	Orta
	Ağu.15	Yaz	68,26	Orta
	Kas.15	Sonbahar	68,727	Orta

Tablo 3.31'in devamı

İstasyon	Tarihi	Mevsim	NWSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS6	Mar.08	İlkbahar	74,136	İyi
	May.08	İlkbahar	69,92	Orta
	Tem.08	Yaz	69,48	Orta
	Ağu.08	Yaz	74,62	İyi
	Eyl.08	Sonbahar	74,74	İyi
	Eki.08	Sonbahar	76,51	İyi
	Kas.08	Sonbahar	74,93	İyi
	Ara.08	Kış	74,33	İyi
	Şub.09	Kış	76,22	İyi
	May.09	İlkbahar	69,89	Orta
	Ağu.09	Yaz	69,38	Orta
	Kas.09	Sonbahar	75,26	İyi
	Şub.10	Kış	79,51	İyi
	May.10	İlkbahar	73,06	İyi
	Ağu.10	Yaz	69,85	Orta
	Ara.10	Kış	76,24	İyi
	Şub.11	Kış	73,7	İyi
	May.11	İlkbahar	71,15	İyi
	Ağu.11	Yaz	67,43	Orta
	Kas.11	Sonbahar	74,92	İyi
	Şub.12	Kış	75,23	İyi
	May.12	İlkbahar	64,31	Orta
	Ağu.12	Yaz	64,42	Orta
	Ara.12	Kış	76,37	İyi
	Şub.13	Kış	69,27	Orta
	May.13	İlkbahar	73,05	İyi
	Ağu.13	Yaz	66,81	Orta
	Kas.13	Sonbahar	72,61	İyi
	Şub.14	Kış	71,01	İyi
	May.14	İlkbahar	70,33	İyi
	Ağu.14	Yaz	66,86	Orta
	Kas.14	Sonbahar	73,93	İyi
	Şub.15	Kış	75,47	İyi
	May.15	İlkbahar	78,94	İyi
	Ağu.15	Yaz	77,59	İyi
	Kas.15	Sonbahar	78,81	İyi
YS1	2013	Kış	75,45	İyi
	2013	İlkbahar	78,1	İyi
	2013	Yaz	80	İyi
	2013	Yaz	71,6	İyi
	2013	Sonbahar	82,7	İyi
	2013	Kış	74,02	İyi
	2014	Kış	71,7	İyi

Tablo 3.31'in devamı

İstasyon	Tarihi	Mevsim	NWSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS1	2014	İlkbahar	74,91	İyi
	2014	Yaz	77,1	İyi
	2014	Yaz	72,92	İyi
	2014	Kış	68,82	Orta
	2015	Kış	69,02	Orta
	2015	İlkbahar	77,28	İyi
	2015	Yaz	76,83	İyi
	2015	Yaz	72,28	İyi
	2015	Sonbahar	71,54	İyi
	2015	Kış	68,55	Orta
YS10	2013	Kış	84,95	İyi
	2013	Yaz	78,45	İyi
	2013	Sonbahar	78,59	İyi
	2013	Sonbahar	84,47	İyi
	2014	Kış	76,94	İyi
	2014	İlkbahar	74,83	İyi
	2014	Yaz	80,93	İyi
	2014	Yaz	66,78	Orta
	2014	Sonbahar	80,5	İyi
	2014	Kış	83,86	İyi
	2015	İlkbahar	77,55	İyi
	2015	Yaz	79,31	İyi
	2015	Sonbahar	79,45	İyi
	2015	Sonbahar	80,87	İyi
	2015	Kış	69,23	Orta
YS5	Şub.13	Kış	76,34	İyi
	May.13	İlkbahar	79,84	İyi
	Ağu.13	Yaz	72,91	İyi
	Kas.13	Sonbahar	69,37	Orta
	Şub.14	Kış	66,98	Orta
	May.14	İlkbahar	64,18	Orta
	Ağu.14	Yaz	75,31	İyi
	Kas.14	Sonbahar	78,26	İyi
	Şub.15	Kış	80,64	İyi
	May.15	İlk Bahar	77,56	İyi
	Ağu.15	Yaz	73,05	İyi
	Kas.15	Sonbahar	73,4	İyi
YS4	2013	Kış	71,99	İyi
	2013	İlkbahar	80,99	İyi
	2013	Yaz	75,81	İyi
	2013	Yaz	73,81	İyi
	2013	Sonbahar	75,19	İyi
	2013	Kış	77,89	İyi

Tablo 3.31'in devamı

İstasyon	Tarihi	Mevsim	NWSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS4	2014	Kış	73,86	İyi
	2014	İlkbahar	66,88	Orta
	2014	Yaz	69,07	Orta
	2014	Yaz	75,86	İyi
	2014	Sonbahar	72,37	İyi
	2014	Kış	66,05	Orta
	2015	Kış	66,98	Orta
	2015	İlkbahar	68,56	Orta
	2015	Yaz	74,86	İyi
	2015	Yaz	78,54	İyi
	2015	Sonbahar	64,84	Orta
	2015	Kış	72,15	İyi
YS7	Ağu.13	Yaz	73	İyi
	Eki.13	Sonbahar	74,8	İyi
	Şub.14	Kış	71,26	İyi
	Nis.14	İlkbahar	73,78	İyi
	Haz.14	Yaz	75,4	İyi
	Ağu.14	Yaz	70,81	İyi
	Eki.14	Sonbahar	58,44	Orta
	Nis.15	İlkbahar	78,08	İyi
	Haz.15	Yaz	74,2	İyi
	Ağu.15	Yaz	70,81	İyi
	Eki.15	Sonbahar	72,8	İyi
	Ara.15	Kış	72,55	İyi
YS8	2013	Yaz	78,36	İyi
	2013	Yaz	74,82	İyi
	2013	Sonbahar	81,57	İyi
	2013	Kış	74,48	İyi
	2014	Kış	76,87	İyi
	2014	İlkbahar	68,97	Orta
	2014	Yaz	75,46	İyi
	2014	Yaz	71,15	İyi
	2014	Sonbahar	72,13	İyi
	2014	Kış	76,58	İyi
	2015	Kış	75,38	İyi
	2015	İlkbahar	81,98	İyi
	2015	Yaz	70,1	İyi
	2015	Yaz	73,07	İyi
	2015	Sonbahar	76,48	İyi
	2015	Kış	83,28	İyi
YS11	Mar.16	İlkbahar	73,52	İyi
	Haz.16	Yaz	72,66	İyi
	Eyl.16	Sonbahar	78,85	İyi

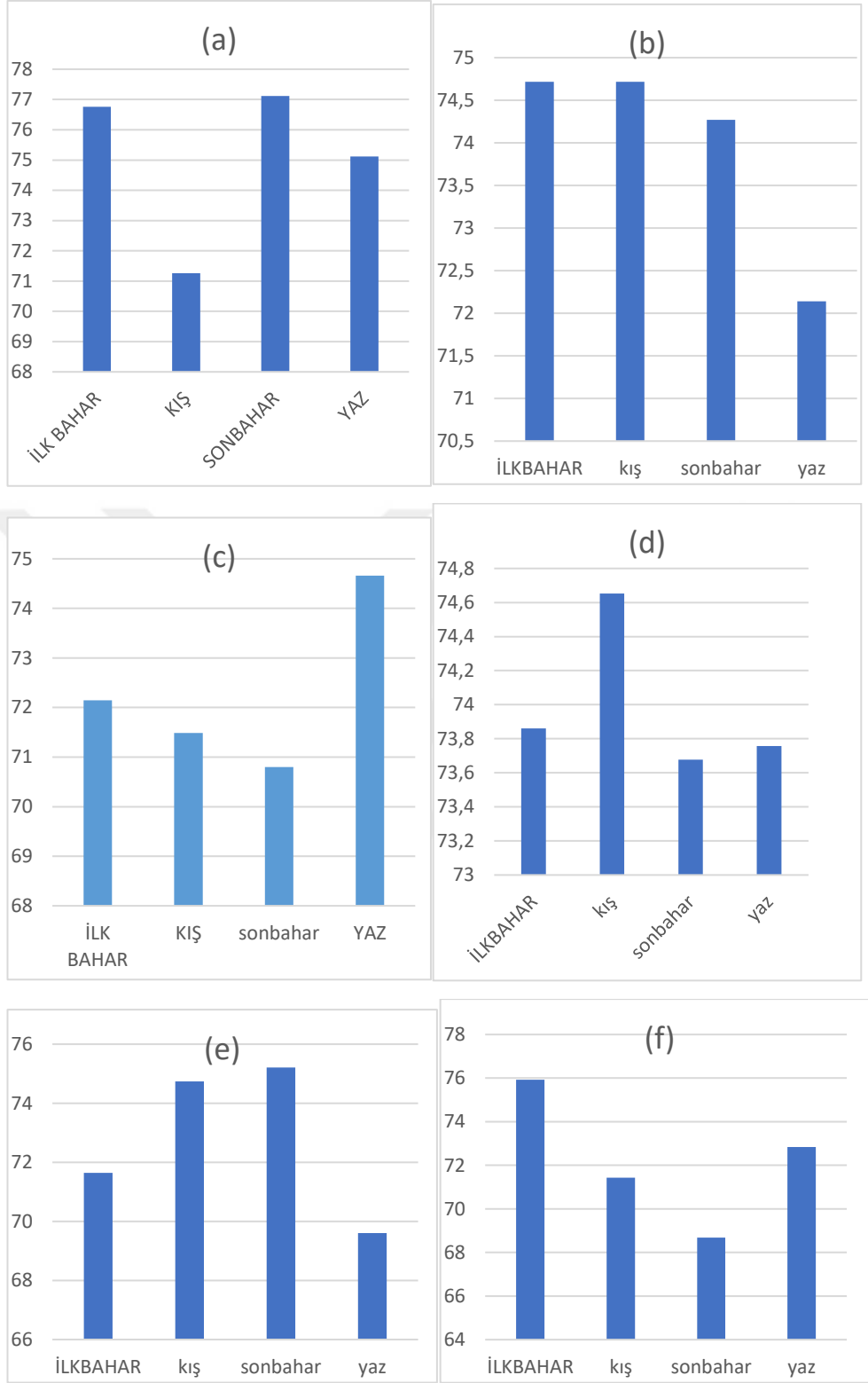
Tablo 3.31'in devamı

İstasyon	Tarihi	Mevsim	NWSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS11	Ara.16	Kış	77,88	İyi
	Mar.17	İlkbahar	76,49	İyi
	Haz.17	Yaz	76,73	İyi
	Eyl.17	Sonbahar	68,66	Orta
	Ara.17	Kış	82,26	İyi
	Mar.18	İlkbahar	73,05	İyi
	Haz.18	Yaz	68,01	Orta
	Eyl.18	Sonbahar	71,26	İyi
	Mar.19	İlkbahar	74,15	İyi
	Haz.19	Yaz	59,53	Orta
YS13	Eyl.19	Sonbahar	66,62	Orta
	Mar.16	İlkbahar	66,81	Orta
	Haz.16	Yaz	58,84	Orta
	Eyl.16	Sonbahar	71,59	İyi
	Ara.16	Kış	78	İyi
	Mar.17	İlkbahar	69,83	Orta
	Haz.17	Yaz	70,9	İyi
	Eyl.17	Sonbahar	60,81	Orta
	Ara.17	Kış	74,14	İyi
	Mar.18	İlkbahar	79,96	İyi
	Haz.18	Yaz	72,23	İyi
	Eyl.18	Sonbahar	60,17	Orta
	Mar.19	İlkbahar	70,14	İyi
	Haz.19	Yaz	56,06	Orta
	Eyl.19	Sonbahar	54,7	Orta
YS14	Ara.19	Kış	75,22	İyi
	Mar.16	İlkbahar	64,8	Orta
	Haz.16	Yaz	64,35	Orta
	Eyl.16	Sonbahar	62,35	Orta
	Ara.16	Kış	78,63	İyi
	Mar.17	İlkbahar	74,7	İyi
	Haz.17	Yaz	71,09	İyi
	Eyl.17	Sonbahar	69,38	Orta
	Ara.17	Kış	76,57	İyi
	Mar.18	İlkbahar	79,39	İyi
	Haz.18	Yaz	68,23	Orta
	Eyl.18	Sonbahar	63,5	Orta
	Mar.19	İlkbahar	73	İyi
	Haz.19	Yaz	57,04	Orta
	Eyl.19	Sonbahar	62,21	Orta
YS12	Ara.19	Kış	73,96	İyi
	Mar.16	İlkbahar	70,36	İyi
	Haz.16	Yaz	71,28	İyi

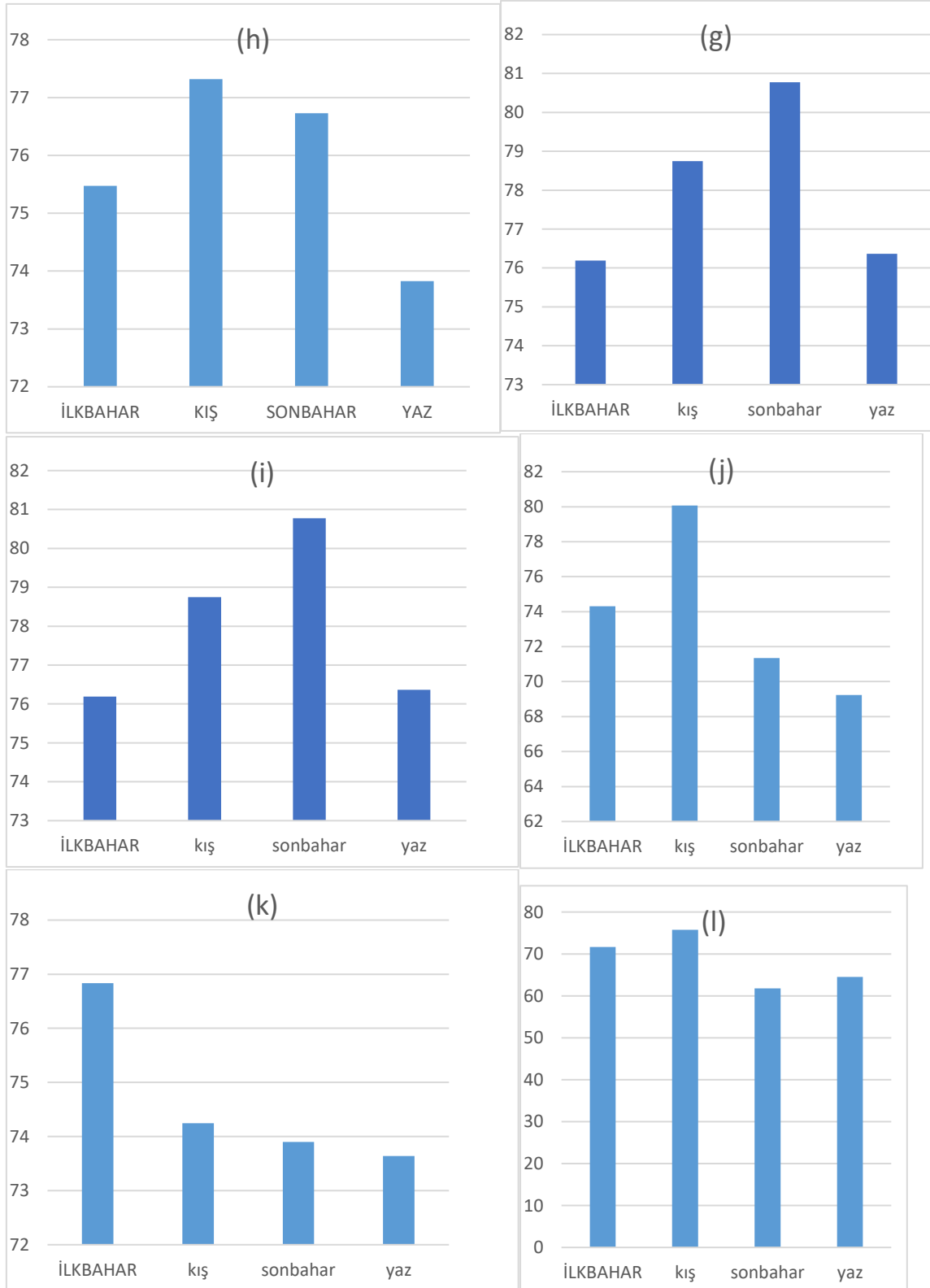
Tablo 3.31'in devamı

İstasyon	Tarihi	Mevsim	NWSF-WQI	Kalite Sınıfı
YS12	Eyl.16	Sonbahar	72,72	İyi
	Ara.16	Kış	71,06	İyi
	Mar.17	İlkbahar	84,57	İyi
	Haz.17	Yaz	77,9	İyi
	Eyl.17	Sonbahar	80,04	İyi
	Ara.17	Kış	77,36	İyi
	Mar.18	İlkbahar	74,33	İyi
	Haz.18	Yaz	71,15	İyi
	Eyl.18	Sonbahar	69,12	Orta
	Mar.19	İlkbahar	78,08	İyi
	Haz.19	Yaz	74,22	İyi
	Eyl.19	Sonbahar	73,71	İyi
	Ara.19	Kış	74,32	İyi
	Mar.16	İlkbahar	74,55	İyi
YS15	Haz.16	Yaz	70,31	İyi
	Eyl.16	Sonbahar	74,21	İyi
	Ara.16	Kış	77,34	İyi
	Mar.17	İlkbahar	75,51	İyi
	Haz.17	Yaz	68,05	Orta
	Eyl.17	Sonbahar	74,06	İyi
	Ara.17	Kış	79	İyi
	Mar.18	İlkbahar	73,84	İyi
	Haz.18	Yaz	75,05	İyi
	Eyl.18	Sonbahar	69,27	Orta
	Haz.19	Yaz	66,2	Orta
	Eyl.19	Sonbahar	71,86	İyi
	Ara.19	Kış	76,66	İyi
Minimum	Eyl.19	Sonbahar	54,7	Orta
Maximum	2013	Kış	84,95	İyi

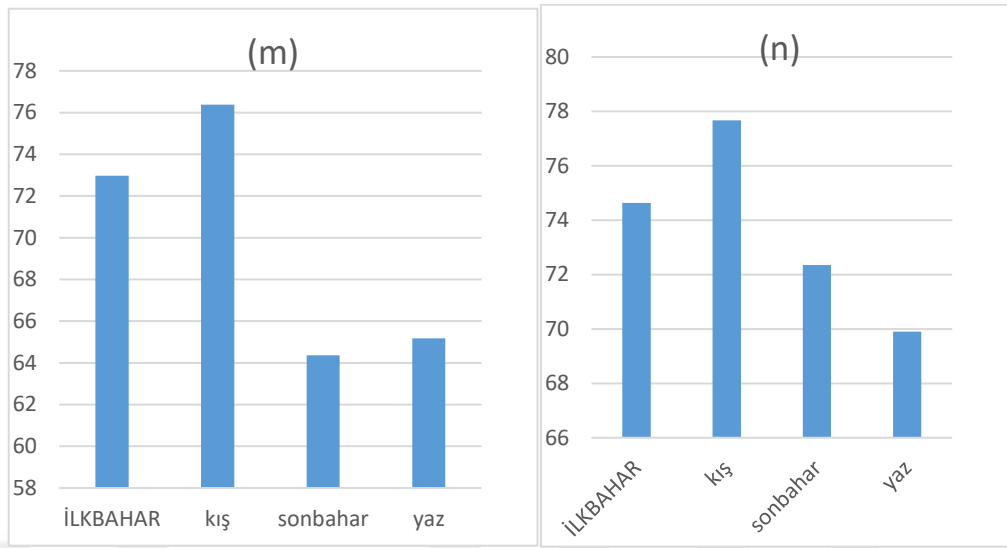
YS1 örnekleme noktası için 2013-2015 yıllarında hesaplanan arasındaki Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 68,55 (orta) ile 82,7 (iyi) su kalitesi arasında değişmektedir (Tablo 3.31). En yüksek Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 2013 yılı sonbahar mevsiminde, en düşük Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 2015 yılı kış mevsiminde elde edilmiştir. YS1 örnekleme noktası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksine göre tüm mevsimlerde “iyi” kalite su olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.72).



Şekil 3.59. Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (a) YS1; (b) YS3;(c) YS4; (d) YS5; (e) YS6;(f) YS7



Şekil 3.60. Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (h) YS8; (g) YS9;(i) YS10; (j) YS11; (k) YS12;(l) YS13



Şekil 3.61. Yüzey suyu örnekleme noktaları için hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite İndeksi (m) YS14 ; (n) YS15

YS3 (Melet ırmak deniz öncesi) istasyonu 1995-2015 yıllar arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite Endeks değerleri 59,28-82,99 (orta Kalite- iyi kalite) arasın değişmektedir. En iyi su kalite indeksi 1997 kış mevsimi ait sulardır; en düşük kalite indeksi 2014 yılı yaz ayındaki sulardır. Yıllar arası mevsimleri ortalama Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite Endeks değerleri mevsimler ait suların tümü “iyi kalite” sınıf olduğunu göstermektedir. (Şekil 3.73). En yüksek su kalite indeksleri ilkbahar ve kış mevsimi ait sulardır ve en küçük su kalite indeks ise yaz mevsimdir.

YS4 örnekleme noktası için 2013-2015 yıllarında hesaplanan arasındaki Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 64,84 (orta) ile 80,99 (iyi) su kalitesi arasında değişmektedir (Tablo 3.30). YS4 örnekleme noktası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksine göre tüm mevsimlerde “iyi” kalite su olarak hesaplanmıştır. Ortalama değerlere göre en yüksek kaliteli sular yaz mevsiminde alınan su örneklerinde elde edilmiştir (Şekil 3.74).

YS5 örnekleme noktası için 2013-2015 yıllarında hesaplanan arasındaki Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 64,18 (orta kalite) ile 80,64 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2015 yılı kış mevsiminde alınan sular, en düşük su kalite indeksi ise 2014 yılı ilkbahar mevsiminde alınan sular elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre en yüksek kalite sular kış mevsiminde alınan sulardır. YS5 istasyonundan

alınan sular için tüm mevsimlerde hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeks değerleri 70'ten büyüktür ve sular “iyi” kalite su sınıfındadır (Şekil 3.75).

YS6 örnekleme noktası için 2008-2015 yıllarında hesaplanan arasındaki Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 64,31 (orta kalite) ile 79,51 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2010 yılı kış mevsiminde alınan sularda, en düşük su kalite indeksi ise 2012 yılı ilkbahar mevsiminde alınan sularda elde edilmiştir. YS6 istasyonundan alınan sular için hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeks değerleri ilkbahar, kış ve sonbahar mevsimlerinde “iyi” kalite, yaz mevsiminde ise “orta” kalite su sınıfındadır (Şekil 3.76).

YS7 örnekleme noktası için 2013-2015 yılları arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 58,44-78,08 arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2015 yılı ilkbahar mevsiminde (78,08 “iyi kalite”) alınan sularda, en düşük su kalite indeksi ise 2014 yılı sonbahar mevsiminde (58,44 “orta kalite”) alınan sularda elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre en yüksek su kalite indeksi ilkbahar mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise sonbahar mevsiminde alınan sulardadır (Şekil 3.77).

YS8 örnekleme noktası için 2013-2015 yılları arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 68,97 (orta kalite)-83,28 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2015 yılı kış mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2014 yılı ilkbahar mevsiminde alınan sularda elde edilmiştir. YS8 istasyonundan alınan sular için tüm mevsimlerde hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeks değerleri 70'ten büyüktür ve sular “iyi” kalite su sınıfındadır. Ortalama değerlere göre en yüksek kalite sular kış mevsiminde, en düşük kalite sular ise yaz mevsiminde alınan örneklerde belirlenmiştir (Şekil 3.78).

YS10 örnekleme noktası için 2013-2015 yılları arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 66,78- 84,95 arası değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2013 yılı kış mevsiminde (84,95-iyi kalite), en düşük su kalite indeksi ise 2014 yılı yaz mevsiminde alınan (66,78-orta kalite) sularda belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre en yüksek kalite sular sonbahar mevsiminde alınan sularda belirlenmiştir. YS10 istasyonundan alınan sular için tüm mevsimlerde hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeks değerleri 70'ten büyüktür ve sular “iyi” kalite su sınıfındadır (Şekil 3.79).

YS11 örnekleme noktası için 2016-2019 yılları arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 59,53 (orta kalite)-82,26 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2017 yılı kış mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2019 yılı yaz mevsimde

alınan sularda elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre en yüksek kalite sular kış mevsiminde, en düşük kalite sular yaz mevsiminde alınan sularda belirlenmiştir (Şekil.3.80).

YS12 örnekleme noktası için 2016-2019 yılları arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 69,12 (orta kalite)-84,57 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2017 yılı ilkbahar mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2018 yılı sonbahar mevsiminde alınan sularda elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre en yüksek kalite sular ilkbahar mevsiminde, en düşük kalite sular yaz mevsiminde alınan sularda belirlenmiştir. YS12 istasyonundan alınan sular için tüm mevsimlerde hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeks değerleri 70'ten büyüktür ve sular “iyi” kalite su sınıfındadır (Şekil 3.81).

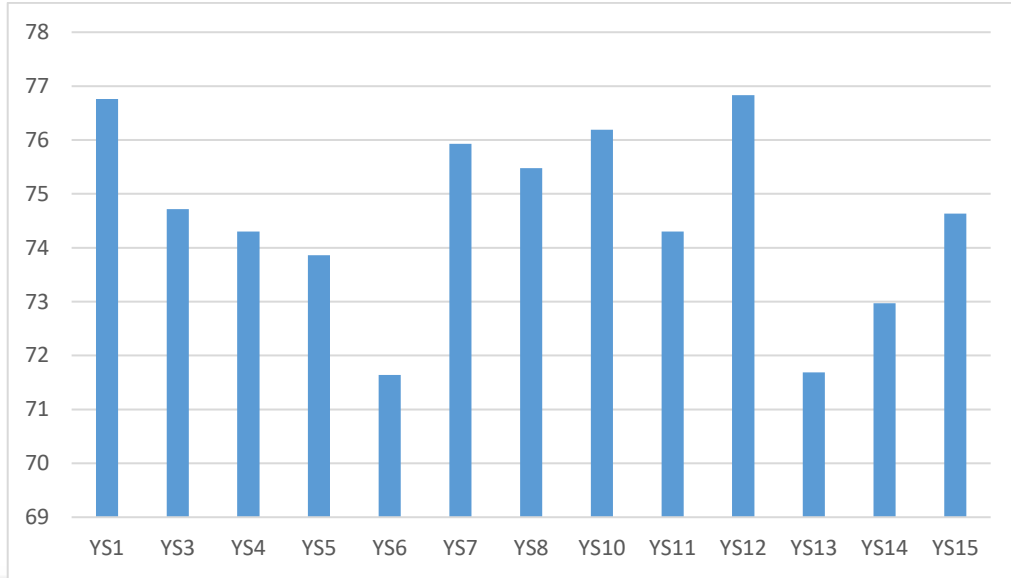
YS13 örnekleme noktası için 2016-2019 yılları arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 54,7 (orta kalite)-79,96 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2018 yılı ilkbahar mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2019 yılı sonbahar mevsiminde alınan sularda elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre en yüksek kalite sular kış mevsiminde, en düşük kalite sular yaz mevsiminde alınan sularda belirlenmiştir (Şekil.3.82).

YS14 örnekleme noktası için 2016-2019 yılları arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 57,04 (orta kalite)-79,39 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2018 yılı ilkbahar mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2019 yılı yaz mevsiminde alınan sularda belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre en yüksek kalite sular kış mevsiminde, en düşük kalite sular sonbahar mevsiminde alınan sularda belirlenmiştir (Şekil 3.83).

YS15 örnekleme noktası için 2016-2019 yılları arası Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 66,2 (orta kalite)-79 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En yüksek su kalite indeksi 2017 yılı kış mevsiminde, en düşük su kalite indeksi ise 2019 yılı yaz mevsiminde alınan sularda elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre en yüksek kalite sular sonbahar mevsiminde, en düşük kalite sular yaz mevsiminde alınan sularda belirlenmiştir (Şekil 3.84).

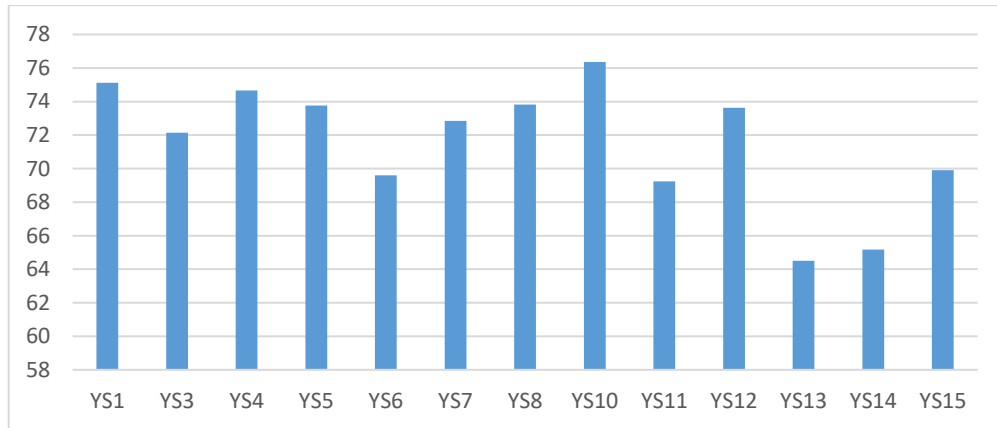
1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçları 4 mevsim için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve her mevsim için Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi hesaplanarak mevsimler arası karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 3.85, Şekil 3.86, Şekil 3.87 ve Şekil 3.88).

1995-2019 yıllarında ilkbahar mevsimlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksine göre tüm yüzey suyu istasyon noktaları “iyi” kalite su sınıfında yer almaktadır. En yüksek su kalite indeksi YS12 istasyonunda (76,83), en düşük su kalite indeksi YS6 istasyonunda (71,64) elde edilmiştir (Şekil 3.85).



Şekil 3.62. 1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının ilkbahar mevsimi için hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi

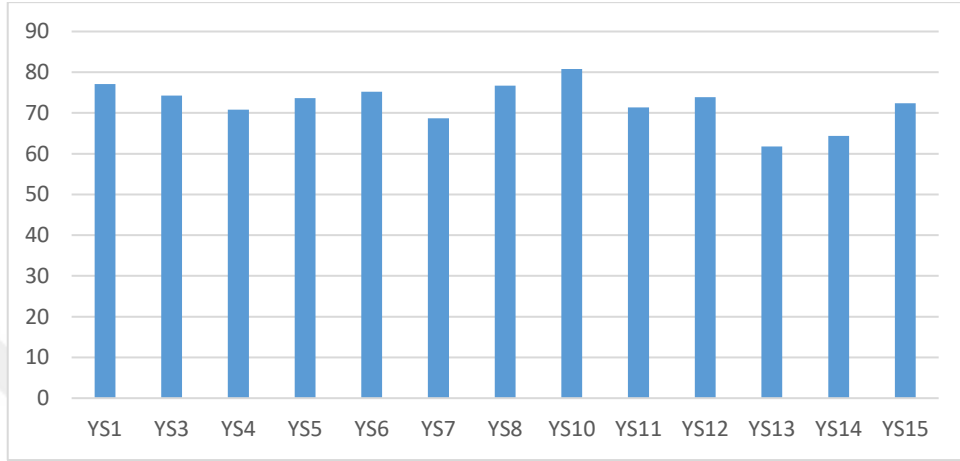
1995-2019 yıllarında yaz mevsimlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 64,5 (YS13) ile 76,36 (YS10) arasında değişmektedir. YS1, YS4, YS5, YS6, YS7, Y8, YS10, YS12, YS15 YS11 istasyonlarında su kalite indeksi “iyi” su sınıfındadır. YS13 ve YS14 istasyonlarında ise “orta” kalite olarak belirlenmiştir (Şekil 3.86).



Şekil 3.63. 1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının yaz mevsimi için hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi

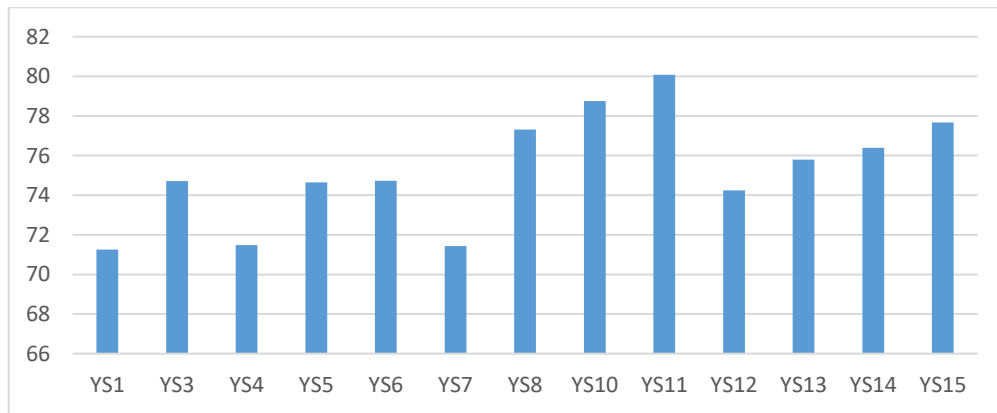
1995-2019 yıllarında sonbahar mevsimlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksine göre en düşük su kalite indeksi 61,81

ile YS13 istasyonunda, en yüksek su kalite indeksi ise 80,77 ile YS10 istasyonunda hesaplanmıştır. YS7, YS13 ve YS14 istasyonlarında su kalitesi “iyi” kalite sınıfına girmektedir. Tüm diğer istasyonlarda su kalite indeksi “iyi kalite” sınıfındadır (Şekil 3.87).



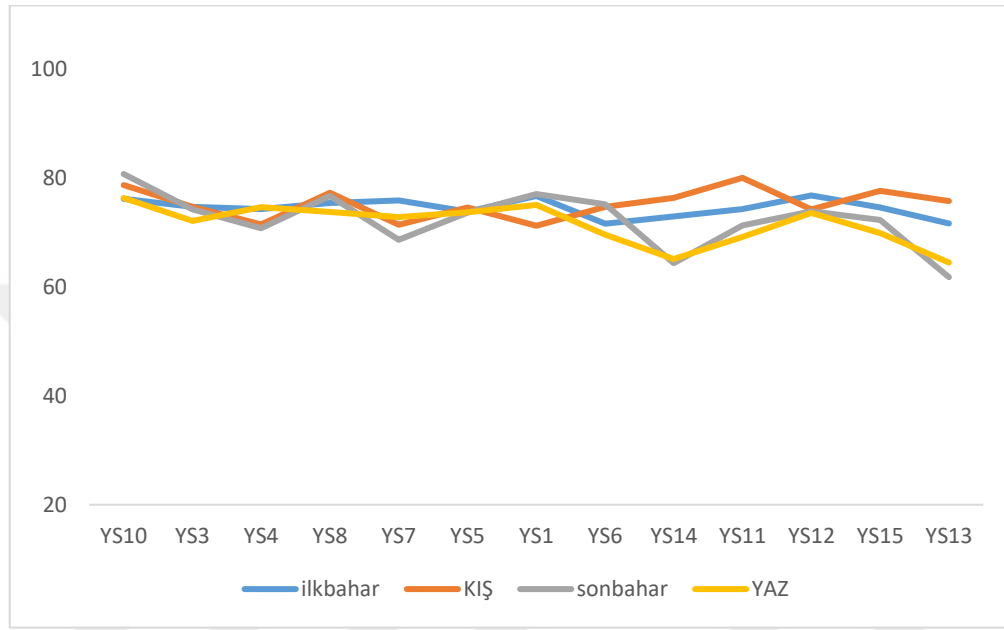
Şekil 3.64. 1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının sonbahar mevsimi için hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi

1995-2019 yıllarında kış mevsimlerinde yapılan analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi göre en yüksek su kalite indeksine sahip olan istasyon 80,07 ile YS11 istasyonu, en düşük su kalite su kalite indeksine sahip olan istasyon 71,21 ile YS1 istasyonudur. Tüm ölçüm istasyonlarında kış mevsiminde örneklenen sular “iyi” kalite su sınıfındadır (Şekil 3.88).



Şekil 3.65. 1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının kış mevsimi için hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi

1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine göre hazırlanmış Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi toplu olarak Şekil 3.89’da görülmektedir. Şekil 3.89 incelendiğinde su kalite indekslerinin çoğunlukla “mükemmel”, “iyi” ve “orta” olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.66. 1995-2019 yıllarında yapılan analiz sonuçlarının mevsimlere göre hazırlanmış ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

3.5.2. Yeraltısularının Su Kalite İndeksleri (WQI)

Çalışma kapsamında Ordu ilinde 2020 yılında DSİ tarafından yapılan izleme çalışmaları sonucunda elde edilen analiz sonuçları değerlendirilerek yeraltısularının ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi belirlenmiştir. Analiz sonuçları kullanılarak belirlenen parametreler Tablo 3.32’de, sınıflama Tablo 3.33’te verilmektedir.

Tablo 3.32. 2020 yılında DSI tarafından yapılan yeraltısuyu analiz sonuçları için belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi parametreleri

Parametre	Standart	1/SN	K	Wi	ID value
pH	9,5	0,105263	0,001646	0,000173	7
As	0,01	100		0,164637	0
Cd	0,005	200		0,329275	0
Cr	0,05	20		0,032927	0
Cu	2	0,5		0,000823	0
Mn	0,05	20		0,032927	0
Pb	0,01	100		0,164637	0
Zn	3	0,333333		0,000549	0
Al	0,2	5		0,008232	0
Fe	0,2	5		0,008232	0
NH4-N	0,5	2		0,003293	0
NO2-N	0,5	2		0,003293	0
NO3-N	50	0,02		3,29E-05	0
SO4	250	0,004		6,59E-06	0
Cl	250	0,004		6,59E-06	0
B	1	1		0,001646	0
Ba	0,7	1,428571		0,002352	0
Se	0,01	100		0,164637	0
Ni	0,02	50		0,082319	0

Tablo 3.33. Ordu ilinin 2020 yılına ait yeraltı suları WAWQI sınıflaması

Sondaj kodu	İlçe	WAWQI	Kalite sınıf	Sınıflama
AL6	Altınordu	20,59518	Mükemmel	A
FA2	Fatsa	17,05266	Mükemmel	A
PE5	Perşembe	22,47601	Mükemmel	A
ÜN2	Ünye	21,34819	Mükemmel	A
ÜN1	Ünye	19,72068	Mükemmel	A
ÜN7	Altınordu	16,07706	Mükemmel	A
AL7	Altınordu	15,59963	Mükemmel	A
AL1	Altınordu	24,65676	Mükemmel	A
ÜN3	Ünye	40,84702	İyi	B
FA10	Fatsa	23,51827	Mükemmel	A
GÜ1	Gülyalı	13,53683	Mükemmel	A
PE4	Perşembe	18,09087	Mükemmel	A
PE1	Perşembe	21,30995	Mükemmel	A
PE2	Perşembe	11,4187	Mükemmel	A
UL1	Ulubey	14,83238	Mükemmel	A

Tablo 3.33'ün devamı

Sondaj kodu	İlçe	WAWQI	Kalite sınıf	Sınıflama
AL3	Altınordu	16,76103	Mükemmel	A
FA4	Fatsa	14,42083	Mükemmel	A
AL8	Altınordu	83,44303	Kötü	D
AL9	Altınordu	12,99465	Mükemmel	A
FA8	Fatsa	23,73281	Mükemmel	A
FA3	Fatsa	10,87283	Mükemmel	A
FA6	Fatsa	10,63887	Mükemmel	A
FA7	Fatsa	13,76788	Mükemmel	A
AL2	Altınordu	8,789162	Mükemmel	A
GÜ2	Gülyalı	81,56649	Kötü	D
FA1	Fatsa	15,17091	Mükemmel	A
AL5	Altınordu	74,9522	Orta	C
PE4	Perşembe	16,32599	Mükemmel	A
ÜN4	Ünye	17,05427	Mükemmel	A
ÜN5	Ünye	26,35442	İyi	B
AL4	Altınordu	18,35376	Mükemmel	A
PE3	Perşembe	21,43061	Mükemmel	A
FA5	Fatsa	41,07149	İyi	B
FA11	Fatsa	24,46905	Mükemmel	A
FA9	Fatsa	30,74726	İyi	B
AL10	Altınordu	18,87563	Mükemmel	A
ÜN8	Ünye	17,04102	Mükemmel	A
ÜN6	Ünye	18,09882	Mükemmel	A

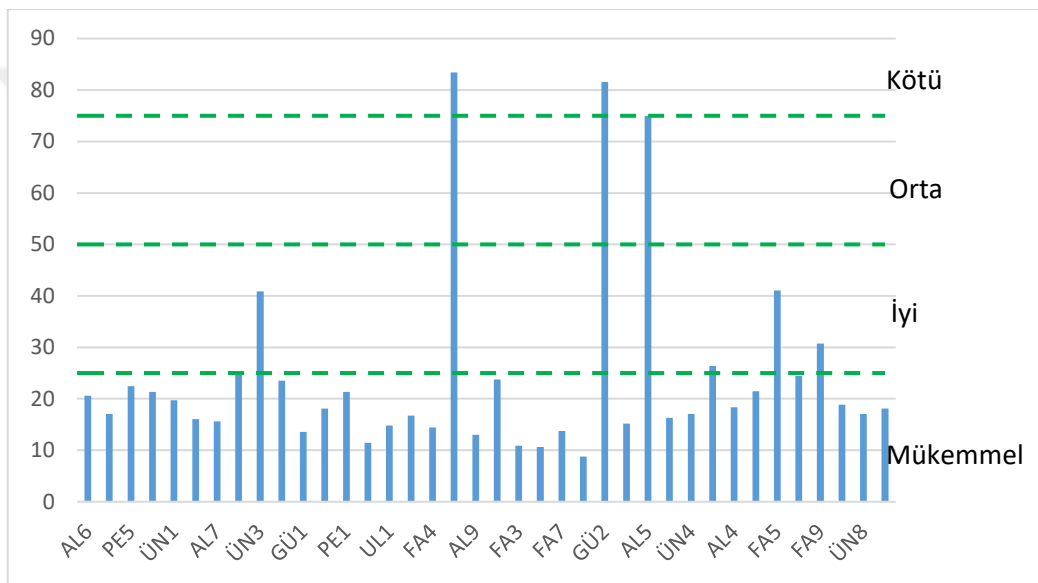
2020 yılında DSİ tarafından yapılan izleme çalışmaları sonucunda elde edilen analiz sonuçları değerlendirilerek hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri 8,78-83,44 arasında değişmektedir (Şekil 3.90). En küçük ağırlıklı aritmetik su kalite indeks değeri AL2 (Ordu-Altınordu) yeraltısuyu izleme noktasında ve en yüksek ağırlıklı aritmetik su kalite indeks değeri AL8 (Ordu-Altınordu) yeraltısuyu izleme noktasında elde edilmiştir. Örneklemesi yapılan yeraltısuyu izleme noktalarının %81,57'si “mükemmel” kalite, %10,52'si “iyi” kalite ve %5,26'sı “kötü” kalite su sınıfına girmektedir.

Ünye ilçesinde örneklemesi yapılan ÜN2, ÜN1, ÜN7, ÜN3 ÜN4 ÜN5 ÜN8 ÜN6 yeraltısuyu izleme noktalarında hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indekslerine göre “mükemmel” ve “iyi” kalite sular belirlenmiştir (Şekil 3.90).

Altınordu ilçesinde örnekleme yapılan AL1, AL2, AL3, AL4, AL5, AL6, AL7, AL8, AL9, AL10 yeraltısuyu izleme noktaları için ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri “mükemmel”, “orta” ve “kötü” su kalitesi olarak belirlenmiştir (Şekil 3.90).

Perşembe ilçesinde örnekleme yapılan tüm yeraltısuyu izleme noktaları “mükemmel” kalite su sınıfında yer almaktadır (Şekil 3.90).

Fatsa ilçesinde örnekleme yapılan FA2, FA10, FA3, FA7, FA8, FA1, FA11, FA5, FA9 yeraltısuyu izleme noktalarında ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre “mükemmel” ve “iyi” kalitede su belirlenmiştir (Şekil 3.90).



Şekil 3.67. 2020 yılında DSİ tarafından yapılan yeraltısuyu analiz sonuçları için belirlenen ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi

3.6. Yüzey Suları ve Yeraltısularının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Bu başlık altında Ordu ilinde yer alan yüzey ve yeraltı su kaynaklarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda Spearman korelasyon analizi, temel bileşen analizi ve cluster analizi yapılmıştır.

3.6.1. Yüzey Sularının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Ordu ilinde yer alan yüzey sularında 2016-2019 yılları arasına ait elde edilen fiziksel parametreler, anyon-kasyon ve iz element analiz sonuçları kullanılarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Bu başlık altında Spearman korelasyon analizi, temel bileşen analizi ve cluster analizi yapılmıştır.

3.6.1.1. Yüzey Sularında Spearman Korelasyon Analizi

Ordu ilinde yer alan yüzey sularında 2016-2019 yılları arasına ait elde edilen analiz sonuçları kullanılarak Spearman korelasyon analizi yapılmıştır.

DSİ tarafından Melet Irmağı'nda yapılan 2016-2019 yıllarına ait analiz sonuçları kullanılarak yapılan Spearman korelasyon analiz sonuçlarına göre Ca-TDS ($r=0,74$), Ca-EC ($r=0,863$), Ca-Mg ($r=0,868$), Ca-Na ($r=0,756$), Ca-HCO₃ ($r=0,94$), EC-TDS ($r=0,77$), EC-Mg ($r=0,857$), EC-HCO₃ ($r=0,91$), Mg-TDS ($r=0,73$), Mg-Na ($r=0,78$), Mg-HCO₃ ($r=0,876$), Na-HCO₃ ($r=0,71$), HCO₃-TDS ($r=0,71$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır. (Tablo 3.34).

DSİ tarafından Bolaman Çayı'nda yapılan 2016-2019 yıllarına ait hidrokimyasal veriler kullanılarak yapılan Spearman korelasyon analiz sonuçlarına göre Ca-EC ($r=0,91$), Ca-Mg ($r=0,94$), Ca-Na ($r=0,90$), Ca-HCO₃ ($r=0,867$), Mg-EC ($r=0,91$), Mg-Na ($r=0,95$), Mg-HCO₃ ($r=0,85$), Mg-SO₄ ($r=0,70$), Mg-Cl ($r=0,77$), Na-EC ($r=0,82$), Na-HCO₃ ($r=0,74$), HCO₃-EC ($r=0,94$), SO₄-Cl ($r=0,92$), Cl-EC ($r=0,7$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır. DO-T ($r= -0,75$) arasında kuvvetli negatif korelasyon ifade edilmiştir. (Tablo 3.35).

DSİ tarafından Ünye'de 2016-2019 yıllarına ait elde edilen hidrokimyasal verilerin Spearman korelasyon analiz sonuçlarına göre Ca-EC ($r=0,85$), Ca-Mg ($r=0,82$), Mg-Na ($r=0,94$), Mg-SO₄ ($r=0,75$), Mg-Cl ($r=0,71$), EC-HCO₃ ($r=0,73$), Cl-SO₄ ($r=0,93$), Mn-Fe ($r=0,83$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır. Fe-EC ($r=-0,72$), Ca-Fe ($r=-0,72$), Zn-Cl ($r=-0,71$) arasında ise kuvvetli negatif korelasyon ifade edilmiştir. (Tablo 3.36).

DSİ tarafından Ordu-Merkez Göleti'nde 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin Spearman korelasyon analizine göre Ca-Mg ($r=0,82$), Ca-Na ($r=0,79$), Mg-Na ($r=0,92$), Mg-HCO₃ ($r=0,78$), Mg-Cl ($r=0,86$), Na-Cl ($r=0,89$), HCO₃-Na ($r=0,8$), Na-Cl ($r=0,89$), Cu-Zn ($r=0,75$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır. (Tablo 3.37).

DSİ tarafından YS10 İstasyonunda (Bağlama Deresi) 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre Ca- Mg($r=0,93$), Mn-Cu ($r=0,79$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır. DO-T ($r=-0,819$), NO₃-Cr ($r=-0,726$) arasında kuvvetli negatif korelasyon ifade edilmiştir. (Tablo 3.38).

DSİ tarafından Çağlayan Deresi'nde 2013-2015 yıllarına ait ölçülen parametrelerin Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre Ca-Mg ($r=0,831$), Ca-Na ($r=0,85$), Ca-HCO₃ ($r=0,95$), Ca-SO₄($r=0,77$) Ca-Cl($r=0,65$), Mg-Na ($r=0,97$), Mg HCO₃($r=0,86$), Mg-SO₄ ($r=0,83$), Mg-Cl ($r=0,88$), Na-Cl ($r=0,84$), SO₄-Cl ($r=0,80$), HCO₃ Hg ($r=0,86$), TDS-EC ($r=0,75$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır. DO-T ($r=0,724$) ,(Tablo 3.39).

DSİ tarafından Kızlar Yaylası yüzey sularında 2013-2015 yıllarında ölçülen parametrelerin Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre. Ca-Mg ($r=0,92$), Hg-Cr ($r=0,71$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır. (Tablo 3.40)

DSİ tarafından Ceviz Dere yüzey sularında 2013-2015 yıllarında analiz edilen parametrelerin Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre DO-T ($r=-0,92$), DO-Na ($r=-0,71$), ph-Cr($r=-0,86$), pH-Hg ($r=-0,75$), T-NO₃ ($r=-0,73$), TDS- Pb ($r=-0,83$), TDS-Fe ($r=-0,75$), Mg-NO₃ ($r=-0,81$), Ca-Mn ($r=-0,73$), Na-NO₃ ($r=-0,73$), Cl-Mn ($r=-0,83$), HCO₃-Cd ($r=-0,76$), HCO₃-Pb ($r=-0,76$), Pb-Cr ($r=-0,86$), Cr-Fe ($r=-0,84$), Hg-Pb ($r=-0,75$), SO₄-Mn ($r=-0,81$) arasında kuvvetli negatif korelasyon belirlenmiştir. T-Na ($r=0,81$), TDS-Cr ($r=0,86$), TDS-Hg ($r=0,75$), EC-Ca ($r=0,88$), EC-Cl ($r=0,78$), EC-Hg ($r=0,75$), Ca-Cl ($r=0,83$), Cu-Zn ($r=0,79$), DO-NO₃ ($r=0,71$), Fe-Pb ($r=0,95$), Hg-Cr ($r=0,87$) arasında ise kuvvetli pozitif korelasyon ifade edilmiştir (Tablo 3.41).

Tablo 3.34. DSİ tarafından Melet Irmağı'nda yapılan 2016-2019 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)

	DO	pH	T	TDS	EC	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	As	Cr	Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Fe
DO	1	0,173	-,568**	-0,01	0,02	0,016	-0,092	0,127	-0,013	0,006	0,011	0,002	,397*	0,101	0,32	0,024	0,272	-0,012	0,01	0,208	0,026
pH	0,173	1	-0,151	0,186	0,259	0,326	0,091	0,111	0,251	-0,09	0,104	-0,133	-0,14	-0,114	-0,139	-0,215	-0,087	-0,2	0,025	-0,044	-0,033
T	-,568**	-,0151	1	-0,04	-0,126	-0,243	-0,13	-0,026	-0,201	-0,22	-0,326	-0,228	-,432*	-0,109	-0,076	-0,132	-0,004	0,072	0,039	0,028	-0,215
TDS	-0,01	0,186	-0,044	1	,774**	,713**	,730**	,667**	,710**	0,053	0,324	-,391*	0,26	-0,005	-0,032	0,048	0,282	0,116	0,073	0,245	-0,127
EC	0,02	0,259	-0,126	,774**	1	,863**	,857**	,695**	,917**	,374*	,639**	-0,107	,410*	0,178	0,088	0,19	0,108	0,069	0,086	0,063	-0,103
Ca	0,016	0,326	-0,243	,713**	,863**	1	,868**	,756**	,940**	,402*	,688**	-0,079	,444*	0,277	-0,076	-0,027	-0,023	0,011	0,03	0,011	0,012
Mg	-0,09	0,091	-0,13	,730**	,857**	,868**	1	,784**	,876**	,436*	,658**	-0,186	,404*	0,178	0,026	0,134	-0,053	-0,016	0,187	0,083	-0,024
Na	0,127	0,111	-0,026	,667**	,695**	,756**	,784**	1	,718**	0,247	,508**	-0,207	,512**	0,164	0,138	-0,145	0,209	0,203	0,243	0,242	-0,07
HCO3	-0,01	0,251	-0,201	,710**	,917**	,940**	,876**	,718**	1	0,349	,681**	-0,05	,444*	0,234	-0,036	0,123	0,013	-0,026	-0,049	0,044	-0,072
SO4	0,006	-,0091	-0,215	0,053	,374*	,402*	,436*	0,247	0,349	1	,666**	,436*	0,223	,563**	-0,051	0,188	-0,275	0,346	0,281	0,004	,367*
Cl	0,011	0,104	-0,326	0,324	,639**	,688**	,658**	,508**	,681**	,666**	1	,451*	,436*	,480**	-0,245	0,011	-0,303	0,04	-0,054	-0,354	0,026
NO3	0,002	-,0133	-0,228	-,391*	-0,107	-0,079	-0,186	-0,207	-0,05	,436*	,451*	1	0,07	0,347	-0,245	0,118	-0,184	0,227	-0,213	-0,223	0,347
As	,397*	-,0139	-,432*	0,26	,410*	,444*	,404*	,512**	,444*	0,223	,436*	0,07	1	0,066	0,098	-0,163	0,222	0,126	-0,184	-0,005	0,015
Cr	0,101	-,0114	-0,109	-0,01	0,178	0,277	0,178	0,164	0,234	,563**	,480**	0,347	0,066	1	-0,199	-0,018	-0,328	0,209	0,02	-0,325	0,317
Cd	0,32	-,0139	-0,076	-0,03	0,088	-0,076	0,026	0,138	-0,036	-0,05	-0,245	-0,245	0,098	-0,199	1	0,343	,465**	0,163	,512**	,448*	0,115
Cu	0,024	-,0215	-0,132	0,048	0,19	-0,027	0,134	-0,145	0,123	0,188	0,011	0,118	-0,16	-0,018	0,343	1	0,067	0,145	0,221	0,327	0,272
Hg	0,272	-,0087	-0,004	0,282	0,108	-0,023	-0,053	0,209	0,013	-0,28	-0,303	-0,184	0,222	-0,328	,465**	0,067	1	0,326	0,106	,439*	0,028
Mn	-0,01	-0,2	0,072	0,116	0,069	0,011	-0,016	0,203	-0,026	0,346	0,04	0,227	0,126	0,209	0,163	0,145	0,326	1	,395*	,419*	,523**
Pb	0,01	0,025	0,039	0,073	0,086	0,03	0,187	0,243	-0,049	0,281	-0,054	-0,213	-0,18	0,02	,512**	0,221	0,106	,395*	1	,394*	0,356
Zn	0,208	-,0044	0,028	0,245	0,063	0,011	0,083	0,242	0,044	0,004	-0,354	-0,223	-0,01	-0,325	,448*	0,327	,439*	,419*	,394*	1	0,212
Fe	0,026	-,0033	-0,215	-0,13	-0,103	0,012	-0,024	-0,07	-0,072	,367*	0,026	0,347	0,015	0,317	0,115	0,272	0,028	,523**	0,356	0,212	1

Tablo 3.35. DSİ tarafından Bolaman Çayı’nda yapılan 2016-2019 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)

	DO	pH	T	TDS	EC	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Fe
DO	1	0,231	-,752**	-0,342	-,521**	-,543**	-,473**	-,540**	-,503**	-0,257	-0,112	0,207	-0,034	0,038	-0,178	-0,115	-,412*	-0,062	-0,107	-0,341
pH	0,231	1	-0,249	-0,105	-0,165	-0,075	-0,194	-0,196	-0,222	-0,205	-0,105	-0,09	-0,33	-0,213	0,016	-0,26	-0,279	-0,048	-0,313	-0,233
T	-,752**	-0,249	1	,475**	,642**	,590**	,615**	,610**	,536**	,537**	,464**	-0,084	-0,231	0,348	0,072	-0,238	0,153	0,024	-0,179	0,07
TDS	-0,342	-0,105	,475**	1	,559**	,465**	,511**	,471**	,464**	0,341	,483**	0,182	0,06	0,092	0,105	-0,018	-0,051	-0,241	-0,188	-0,061
EC	-,521**	-0,165	,642**	,559**	1	,911**	,918**	,822**	,946**	,676**	,703**	-0,098	-0,073	0,223	0,076	-0,189	-0,039	-0,244	-0,237	-0,077
Ca	-,543**	-0,075	,590**	,465**	,911**	1	,947**	,908**	,867**	,642**	,678**	-0,092	0,009	0,21	0,052	-0,09	-0,036	-0,157	-0,272	-0,215
Mg	-,473**	-0,194	,615**	,511**	,918**	,947**	1	,950**	,856**	,709**	,778**	-0,067	-0,001	0,239	0,032	-0,152	-0,033	-0,192	-0,316	-0,199
Na	-,540**	-0,196	,610**	,471**	,822**	,908**	,950**	1	,742**	,625**	,660**	-0,121	0,075	0,196	-0,079	-0,058	0,122	-0,118	-0,194	-0,186
HCO3	-,503**	-0,222	,536**	,464**	,946**	,867**	,856**	,742**	1	,564**	,584**	-0,044	0,034	0,133	0,073	-0,059	-0,1	-0,352	-0,116	-0,084
SO4	-0,257	-0,205	,537**	0,341	,676**	,642**	,709**	,625**	,564**	1	,920**	0,168	-,375*	,511**	-0,047	-0,276	-0,079	-0,13	-,398*	-0,309
Cl	-0,112	-0,105	,464**	,483**	,703**	,678**	,778**	,660**	,584**	,920**	1	0,23	-0,312	,426*	0,003	-0,361	-0,181	-0,204	-,538**	-0,342
NO3	0,207	-0,09	-0,084	0,182	-0,098	-0,092	-0,067	-0,121	-0,044	0,168	0,23	1	-0,003	0,283	-0,059	0,261	-0,113	-0,064	-0,056	-0,03
Cd	-0,034	-0,33	-0,231	0,06	-0,073	0,009	-0,001	0,075	0,034	-,375*	-0,312	-0,003	1	-0,209	0,166	,387*	0,247	0,009	,432*	0,131
Cr	0,038	-0,213	0,348	0,092	0,223	0,21	0,239	0,196	0,133	,511**	,426*	0,283	-0,209	1	-0,248	-0,238	-0,171	0,054	-0,209	-0,357
Cu	-0,178	0,016	0,072	0,105	0,076	0,052	0,032	-0,079	0,073	-0,047	0,003	-0,059	0,166	-0,248	1	0,018	0,178	0,215	-0,219	,405*
Hg	-0,115	-0,26	-0,238	-0,018	-0,189	-0,09	-0,152	-0,058	-0,059	-0,276	-0,361	0,261	,387*	-0,238	0,018	1	0,059	0,048	,464**	0,04
Mn	-,412*	-0,279	0,153	-0,051	-0,039	-0,036	-0,033	0,122	-0,1	-0,079	-0,181	-0,113	0,247	-0,171	0,178	0,059	1	,532**	,499**	,666**
Pb	-0,062	-0,048	0,024	-0,241	-0,244	-0,157	-0,192	-0,118	-0,352	-0,13	-0,204	-0,064	0,009	0,054	0,215	0,048	,532**	1	0,189	,411*
Zn	-0,107	-0,313	-0,179	-0,188	-0,237	-0,272	-0,316	-0,194	-0,116	-,398*	-,538**	-0,056	,432*	-0,209	-0,219	,464**	,499**	0,189	1	0,268
Fe	-0,341	-0,233	0,07	-0,061	-0,077	-0,215	-0,199	-0,186	-0,084	-0,309	-0,342	-0,03	0,131	-0,357	,405*	0,04	,666**	,411*	0,268	1

Tablo 3.36. DSİ tarafından Ünye’de 2016-2019 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)

	DO	pH	T	TDS	EC	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Fe
DO	1	0,372	-,626*	0,031	-0,073	-0,002	-0,073	-0,244	0,174	0,358	0,257	0,279	-0,064	0,211	-0,275	0,152	0,042	0,152	-0,113	0,147
pH	0,372	1	0,051	-0,138	-0,176	-0,018	0,246	0,227	-0,299	0,306	0,275	0,073	-0,021	-0,23	-0,315	0,069	-0,066	-0,095	-0,044	-0,026
T	-,626*	0,051	1	-0,11	0,275	0,204	0,508	,697**	0,042	0,02	0,051	-,538*	-0,529	0	0,064	-0,132	-0,2	0,068	-0,033	-0,187
TDS	0,031	-0,138	-0,11	1	0,48	0,112	-0,15	-0,244	0,17	-0,112	-0,209	-0,394	-0,043	-0,044	0,098	-0,235	-0,119	0,009	0,336	-0,233
EC	-0,073	-0,176	0,275	0,48	1	,851**	,666**	,556*	,732**	0,446	0,38	-0,503	-0,432	0,084	0,055	-0,233	-,613*	-0,16	-0,095	-,723**
Ca	-0,002	-0,018	0,204	0,112	,851**	1	,824**	,684**	,675**	,622*	,547*	-0,336	-0,265	0,09	0,081	-0,164	-,653*	-0,257	-0,126	-,723**
Mg	-0,073	0,246	0,508	-0,15	,666**	,824**	1	,947**	0,473	,754**	,714**	-0,292	-0,531	0,156	-0,178	-0,273	-,622*	-0,178	-0,342	-,640*
Na	-0,244	0,227	,697**	-0,244	,556*	,684**	,947**	1	0,389	,600*	,622*	-0,415	-,590*	0,163	-0,238	-0,203	-,574*	-0,152	-0,298	-,613*
HCO3	0,174	-0,299	0,042	0,17	,732**	,675**	0,473	0,389	1	0,305	0,262	-0,2	-0,316	0,136	-0,097	-0,009	-,543*	-0,125	-0,108	-,604*
SO4	0,358	0,306	0,02	-0,112	0,446	,622*	,754**	,600*	0,305	1	,934**	0,077	-0,326	0,475	-0,275	-0,483	-,543*	-0,235	-,647*	-0,376
Cl	0,257	0,275	0,051	-0,209	0,38	,547*	,714**	,622*	0,262	,934**	1	0,081	-0,255	0,403	-0,306	-0,379	-,569*	-0,16	-,717**	-0,459
NO3-N	0,279	0,073	-,538*	-0,394	-0,503	-0,336	-0,292	-0,415	-0,2	0,077	0,081	1	0,461	-0,062	-0,015	-0,102	0,323	0,134	-0,298	0,437
Cd	-0,064	-0,021	-0,529	-0,043	-0,432	-0,265	-0,531	-,590*	-0,316	-0,326	-0,255	0,461	1	-0,319	0,478	0,283	0,257	-0,231	0,114	0,253
Cr	0,211	-0,23	0	-0,044	0,084	0,09	0,156	0,163	0,136	0,475	0,403	-0,062	-0,319	1	-0,216	-0,361	0,04	-0,042	-0,296	0,158
Cu	-0,275	-0,315	0,064	0,098	0,055	0,081	-0,178	-0,238	-0,097	-0,275	-0,306	-0,015	0,478	-0,216	1	0,358	0,306	0,121	0,144	0,33
Hg	0,152	0,069	-0,132	-0,235	-0,233	-0,164	-0,273	-0,203	-0,009	-0,483	-0,379	-0,102	0,283	-0,361	0,358	1	0,439	0,275	0,408	0,187
Mn	0,042	-0,066	-0,2	-0,119	-,613*	-,653*	-,622*	-,574*	-,543*	-,543*	-,569*	0,323	0,257	0,04	0,306	0,439	1	0,53	0,448	,833**
Pb	0,152	-0,095	0,068	0,009	-0,16	-0,257	-0,178	-0,152	-0,125	-0,235	-0,16	0,134	-0,231	-0,042	0,121	0,275	0,53	1	0,307	0,341
Zn	-0,113	-0,044	-0,033	0,336	-0,095	-0,126	-0,342	-0,298	-0,108	-,647*	-,717**	-0,298	0,114	-0,296	0,144	0,408	0,448	0,307	1	0,095
Fe	0,147	-0,026	-0,187	-0,233	-,723**	-,723**	-,640*	-,613*	-,604*	-0,376	-0,459	0,437	0,253	0,158	0,33	0,187	,833**	0,341	0,095	1

Tablo 3.37. DSİ tarafından Ordu-Merkez’de 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)

	DO	pH	T	TDS	EC	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Fe
DO	1	0,021	-,659**	-,553*	-,562*	-0,445	-,672**	-,622**	-0,464	-0,098	-,576*	0,465	-0,147	-0,008	-0,271	0,206	0,018	-0,024	-0,025	0,076
pH	0,021	1	-0,16	-0,1	-0,306	0,234	0,257	0,327	0,185	0,465	0,392	-0,142	0,223	-0,292	-0,068	-0,03	0,112	-0,053	-0,01	-0,186
T	-,659**	-0,16	1	,478*	,576*	,539*	,693**	,537*	,686**	0,157	,508*	-0,371	-0,049	0,089	,489*	0,098	0,071	0,194	0,34	-0,099
TDS	-,553*	-0,1	,478*	1	,768**	,485*	,611**	,596**	,591**	0,035	0,418	-0,287	0,255	0,018	0,139	0,05	-0,087	-0,188	0,12	0,015
EC	-,562*	-0,306	,576*	,768**	1	0,412	,564*	0,359	0,405	0,094	0,331	-0,187	0,207	0,11	0,211	-0,098	-0,22	-0,17	0,314	0,14
Ca	-0,445	0,234	,539*	,485*	0,412	1	,827**	,796**	,640**	0,307	,690**	-,589*	-0,219	-0,069	0,018	0,009	-0,127	-0,047	0,145	-0,242
Mg	-,672**	0,257	,693**	,611**	,564*	,827**	1	,922**	,787**	0,315	,866**	-,546*	-0,07	-0,182	0,105	-0,187	-0,182	-0,154	0,162	-0,328
Na	-,622**	0,327	,537*	,596**	0,359	,796**	,922**	1	,802**	0,352	,897**	-0,461	-0,116	-0,184	0,056	-0,185	-0,116	-0,196	0,021	-0,306
HCO3	-0,464	0,185	,686**	,591**	0,405	,640**	,787**	,802**	1	0,286	,674**	-0,286	-0,016	-0,029	0,209	0,012	-0,162	-0,057	0,079	-0,422
SO4	-0,098	0,465	0,157	0,035	0,094	0,307	0,315	0,352	0,286	1	,602**	0,037	-0,051	-0,262	0,184	-0,028	-0,129	-0,412	0,253	0,306
Cl	-,576*	0,392	,508*	0,418	0,331	,690**	,866**	,897**	,674**	,602**	1	-0,328	-0,064	-0,29	0,071	-0,249	-0,16	-0,397	0,081	-0,185
NO3	0,465	-0,142	-0,371	-0,287	-0,187	-,589*	-,546*	-0,461	-0,286	0,037	-0,328	1	0,095	0,173	-0,035	-0,067	-0,27	-0,024	-0,19	0,249
Cd	-0,147	0,223	-0,049	0,255	0,207	-0,219	-0,07	-0,116	-0,016	-0,051	-0,064	0,095	1	-0,09	-0,093	0,155	0,058	-0,297	-0,086	-0,135
Cr	-0,008	-0,292	0,089	0,018	0,11	-0,069	-0,182	-0,184	-0,029	-0,262	-0,29	0,173	-0,09	1	0,165	,535*	0,126	0,223	0,031	0,101
Cu	-0,271	-0,068	,489*	0,139	0,211	0,018	0,105	0,056	0,209	0,184	0,071	-0,035	-0,093	0,165	1	-0,051	,486*	0,327	,756**	,535*
Hg	0,206	-0,03	0,098	0,05	-0,098	0,009	-0,187	-0,185	0,012	-0,028	-0,249	-0,067	0,155	,535*	-0,051	1	0,165	0,125	0,031	-0,063
Mn	0,018	0,112	0,071	-0,087	-0,22	-0,127	-0,182	-0,116	-0,162	-0,129	-0,16	-0,27	0,058	0,126	,486*	0,165	1	0,241	0,453	0,39
Pb	-0,024	-0,053	0,194	-0,188	-0,17	-0,047	-0,154	-0,196	-0,057	-0,412	-0,397	-0,024	-0,297	0,223	0,327	0,125	0,241	1	0,086	0,001
Zn	-0,025	-0,01	0,34	0,12	0,314	0,145	0,162	0,021	0,079	0,253	0,081	-0,19	-0,086	0,031	,756**	0,031	0,453	0,086	1	,503*
Fe	0,076	-0,186	-0,099	0,015	0,14	-0,242	-0,328	-0,306	-0,422	0,306	-0,185	0,249	-0,135	0,101	,535*	-0,063	0,39	0,001	,503*	1

Tablo 3.38. DSİ tarafından YS10 İstasyonunda 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)

	DO	pH	T	TDS	EC	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Fe
DO	1	0,027	-,819**	-0,176	-0,164	-0,495	-0,469	-,584*	-0,257	-0,083	-0,079	-0,095	-0,343	0,286	-0,054	0,281	0,007	0,309	0,173	-0,101
pH	0,027	1	-0,13	-0,234	-,687**	0,064	0,08	-0,03	-0,345	-0,072	0,311	0,279	0,025	-0,015	-0,06	-,583*	-0,012	-0,092	-0,477	0,005
T	-,819**	-0,13	1	0,127	0,267	0,303	0,378	0,5	0,154	0,103	-0,065	0,179	0,177	-0,242	-0,163	-0,13	-0,22	-0,288	-0,164	-0,023
TDS	-0,176	-0,234	0,127	1	,556*	0,182	0,205	0,247	-0,352	0,32	0,364	0,151	0,158	-0,183	-0,142	-0,219	-0,038	0,121	0,22	0,051
EC	-0,164	-,687**	0,267	,556*	1	-0,288	-0,263	-0,018	-0,048	0,093	-0,165	-0,131	0,165	-0,141	0,032	0,242	-0,013	0,04	,537*	0,122
Ca	-0,495	0,064	0,303	0,182	-0,288	1	,938**	,571*	0,432	0,145	0,277	0,196	0,014	-0,136	-0,303	-0,313	-0,143	0,022	-0,478	-0,229
Mg	-0,469	0,08	0,378	0,205	-0,263	,938**	1	,575*	0,37	0,087	0,425	0,055	-0,016	-0,028	-0,402	-0,36	-0,182	-0,091	-0,481	-0,243
Na	-,584*	-0,03	0,5	0,247	-0,018	,571*	,575*	1	0,393	-0,123	0,116	-0,205	-0,061	0,045	0,086	-0,081	-0,182	-0,027	-0,017	-0,281
HCO3	-0,257	-0,345	0,154	-0,352	-0,048	0,432	0,37	0,393	1	-0,215	-0,198	-0,389	-0,14	0,264	0,182	0,128	0,007	-0,036	0,019	-0,277
SO4	-0,083	-0,072	0,103	0,32	0,093	0,145	0,087	-0,123	-0,215	1	0,477	0,476	0,441	-0,164	-0,08	-0,106	0,064	-0,083	0,097	0,264
Cl	-0,079	0,311	-0,065	0,364	-0,165	0,277	0,425	0,116	-0,198	0,477	1	-0,151	0,401	0,309	0,036	-0,502	0,321	-0,183	0,06	0,317
NO3	-0,095	0,279	0,179	0,151	-0,131	0,196	0,055	-0,205	-0,389	0,476	-0,151	1	0,142	-,726**	-,521*	-0,258	-0,453	0,115	-,567*	-0,055
Cd	-0,343	0,025	0,177	0,158	0,165	0,014	-0,016	-0,061	-0,14	0,441	0,401	0,142	1	-0,125	0,317	-0,494	0,335	0,15	0,126	,869**
Cr	0,286	-0,015	-0,242	-0,183	-0,141	-0,136	-0,028	0,045	0,264	-0,164	0,309	-,726**	-0,125	1	,566*	0,091	,625*	0,172	,603*	0,144
Cu	-0,054	-0,06	-0,163	-0,142	0,032	-0,303	-0,402	0,086	0,182	-0,08	0,036	-,521*	0,317	,566*	1	0,065	,794**	0,097	,693**	,535*
Hg	0,281	-,583*	-0,13	-0,219	0,242	-0,313	-0,36	-0,081	0,128	-0,106	-0,502	-0,258	-0,494	0,091	0,065	1	-0,004	-0,036	0,377	-0,352
Mn	0,007	-0,012	-0,22	-0,038	-0,013	-0,143	-0,182	-0,182	0,007	0,064	0,321	-0,453	0,335	,625*	,794**	-0,004	1	0,005	,568*	,634*
Pb	0,309	-0,092	-0,288	0,121	0,04	0,022	-0,091	-0,027	-0,036	-0,083	-0,183	0,115	0,15	0,172	0,097	-0,036	0,005	1	0,233	0,186
Zn	0,173	-0,477	-0,164	0,22	,537*	-0,478	-0,481	-0,017	0,019	0,097	0,06	-,567*	0,126	,603*	,693**	0,377	,568*	0,233	1	0,33
Fe	-0,101	0,005	-0,023	0,051	0,122	-0,229	-0,243	-0,281	-0,277	0,264	0,317	-0,055	,869**	0,144	,535*	-0,352	,634*	0,186	0,33	1

Tablo 3.39. DSİ tarafından Çağlayan’da 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)

	DO	pH	T	TDS	EC	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Fe
DO	1	0,219	-,724**	-0,129	0,019	0,255	0,019	0	0,229	0,232	0,157	0,025	-0,065	-0,165	-0,338	-0,104	-0,22	-0,068	-0,395	-0,199
pH	0,219	1	0,045	-0,006	-0,331	0,476	0,381	0,536	0,487	0,479	0,326	-0,365	-0,323	-0,164	-0,394	-0,322	-0,43	0,413	-0,287	-,672*
T	-,724**	0,045	1	0,241	-0,072	0,058	0,266	0,302	0,075	0,165	0,307	-0,517	-0,045	0,121	0,22	0,065	-0,224	0,007	0,199	-0,305
TDS	-0,129	-0,006	0,241	1	,758**	0,459	,637*	,599*	0,487	0,38	,654*	0,143	0,435	0,006	0,105	-0,16	-0,211	0,044	-0,111	-0,085
EC	0,019	-0,331	-0,072	,758**	1	0,129	0,253	0,181	0,193	0,083	0,269	0,286	,607*	0,285	0,309	0,132	0,083	-0,23	0,089	0,184
Ca	0,255	0,476	0,058	0,459	0,129	1	,831**	,850**	,956**	,774**	,638*	-0,25	-0,236	-0,248	-0,515	-0,405	-0,492	0,017	-0,512	-0,529
Mg	0,019	0,381	0,266	,637*	0,253	,831**	1	,973**	,867**	,834**	,885**	-0,308	-0,006	-0,179	-0,199	-0,38	-0,383	0,006	-0,23	-0,443
Na	0	0,536	0,302	,599*	0,181	,850**	,973**	1	,883**	,828**	,846**	-0,313	-0,042	-0,247	-0,271	-0,477	-0,506	0,055	-0,31	-,567*
HCO3	0,229	0,487	0,075	0,487	0,193	,956**	,867**	,883**	1	,815**	,688**	-0,311	-0,053	-0,223	-,567*	-0,343	-0,523	-0,124	-0,55	-,569*
SO4	0,232	0,479	0,165	0,38	0,083	,774**	,834**	,828**	,815**	1	,803**	-0,366	-0,247	-0,273	-0,207	-0,449	-0,339	-0,25	-0,247	-0,402
Cl	0,157	0,326	0,307	,654*	0,269	,638*	,885**	,846**	,688**	,803**	1	-0,346	0,136	-0,216	-0,066	-0,342	-0,45	-0,055	-0,205	-0,435
NO3-N	0,025	-0,365	-0,517	0,143	0,286	-0,25	-0,308	-0,313	-0,311	-0,366	-0,346	1	0,208	-0,426	0,099	-0,386	0,183	0,042	-0,119	0,547
Cd	-0,065	-0,323	-0,045	0,435	,607*	-0,236	-0,006	-0,042	-0,053	-0,247	0,136	0,208	1	0,084	-0,014	0,204	-0,115	-0,298	-0,159	0,111
Cr	-0,165	-0,164	0,121	0,006	0,285	-0,248	-0,179	-0,247	-0,223	-0,273	-0,216	-0,426	0,084	1	0,447	,862**	,573*	0,123	,667*	0,191
Cu	-0,338	-0,394	0,22	0,105	0,309	-0,515	-0,199	-0,271	-,567*	-0,207	-0,066	0,099	-0,014	0,447	1	0,215	,603*	0,075	,896**	0,509
Hg	-0,104	-0,322	0,065	-0,16	0,132	-0,405	-0,38	-0,477	-0,343	-0,449	-0,342	-0,386	0,204	,862**	0,215	1	0,501	0,048	0,447	0,211
Mn	-0,22	-0,43	-0,224	-0,211	0,083	-0,492	-0,383	-0,506	-0,523	-0,339	-0,45	0,183	-0,115	,573*	,603*	0,501	1	0,036	,789**	,840**
Pb	-0,068	0,413	0,007	0,044	-0,23	0,017	0,006	0,055	-0,124	-0,25	-0,055	0,042	-0,298	0,123	0,075	0,048	0,036	1	0,17	-0,192
Zn	-0,395	-0,287	0,199	-0,111	0,089	-0,512	-0,23	-0,31	-0,55	-0,247	-0,205	-0,119	-0,159	,667*	,896**	0,447	,789**	0,17	1	0,519
Fe	-0,199	-,672*	-0,305	-0,085	0,184	-0,529	-0,443	-,567*	-,569*	-0,402	-0,435	0,547	0,111	0,191	0,509	0,211	,840**	-0,192	0,519	1

Tablo 3.40. DSİ tarafından Kızlar Yaylası'nda 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)

	DO	pH	T	TDS	EC	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Fe
DO	1	0,269	-,631**	0,071	0,255	-0,211	-0,179	-0,053	-0,013	-0,43	-0,052	0,316	-0,001	-0,14	0,092	-0,142	-0,421	0,205	-0,042	-0,23
pH	0,269	1	-0,416	0,449	0,141	-0,047	-0,016	0,065	0,031	-0,102	0,06	-0,064	0,015	-0,148	0,4	-0,023	-0,315	-0,047	-0,141	-0,257
T	-,631**	-0,416	1	-0,142	-0,36	0,073	0,067	-0,104	-0,258	0,104	-0,189	-0,251	0,088	-0,196	-0,382	-0,084	0,236	-0,435	-0,28	-0,081
TDS	0,071	0,449	-0,142	1	-0,147	-0,147	-0,093	-0,191	-0,206	-0,171	-0,112	-0,128	-0,135	-,520*	-0,187	-0,379	-0,103	0,111	-0,255	-0,074
EC	0,255	0,141	-0,36	-0,147	1	0,324	0,455	0,45	0,097	,565*	0,197	0,376	0,48	0,264	0,464	0,157	0,145	-0,037	0,341	,634**
Ca	-0,211	-0,047	0,073	-0,147	0,324	1	,926**	,641**	,665**	,594*	0,318	0,057	0,425	0,081	-0,178	-0,24	-0,378	-0,32	-0,048	0,01
Mg	-0,179	-0,016	0,067	-0,093	0,455	,926**	1	,580*	0,405	,693**	0,241	-0,06	,515*	0,137	-0,123	-0,159	-0,249	-0,264	-0,091	0,191
Na	-0,053	0,065	-0,104	-0,191	0,45	,641**	,580*	1	0,429	0,382	0,494	0,221	0,481	0,005	0,237	-0,302	-0,319	-0,093	0,175	0,009
HCO3	-0,013	0,031	-0,258	-0,206	0,097	,665**	0,405	0,429	1	0,212	,568*	0,167	0,085	0,211	0,042	-0,039	-0,348	-0,132	0,168	-0,178
SO4	-0,43	-0,102	0,104	-0,171	,565*	,594*	,693**	0,382	0,212	1	0,218	-0,158	,671**	0,477	0,263	0,28	0,31	-0,334	0,246	,683**
Cl	-0,052	0,06	-0,189	-0,112	0,197	0,318	0,241	0,494	,568*	0,218	1	-0,173	0,114	0,385	,500*	0,008	0,021	0,334	0,479	0,114
NO3-N	0,316	-0,064	-0,251	-0,128	0,376	0,057	-0,06	0,221	0,167	-0,158	-0,173	1	-0,064	-0,381	0,127	-0,44	-0,075	-0,123	0,046	-0,056
Cd	-0,001	0,015	0,088	-0,135	0,48	0,425	,515*	0,481	0,085	,671**	0,114	-0,064	1	0,042	0,221	0,105	-0,121	-0,396	-0,199	0,334
Cr	-0,14	-0,148	-0,196	-,520*	0,264	0,081	0,137	0,005	0,211	0,477	0,385	-0,381	0,042	1	0,405	,714**	0,424	0,158	,670**	,498*
Cu	0,092	0,4	-0,382	-0,187	0,464	-0,178	-0,123	0,237	0,042	0,263	,500*	0,127	0,221	0,405	1	0,244	0,348	0,151	,505*	0,348
Hg	-0,142	-0,023	-0,084	-0,379	0,157	-0,24	-0,159	-0,302	-0,039	0,28	0,008	-0,44	0,105	,714**	0,244	1	0,425	-0,007	0,27	0,493
Mn	-0,421	-0,315	0,236	-0,103	0,145	-0,378	-0,249	-0,319	-0,348	0,31	0,021	-0,075	-0,121	0,424	0,348	0,425	1	-0,06	,500*	,688**
Pb	0,205	-0,047	-0,435	0,111	-0,037	-0,32	-0,264	-0,093	-0,132	-0,334	0,334	-0,123	-0,396	0,158	0,151	-0,007	-0,06	1	0,296	0,092
Zn	-0,042	-0,141	-0,28	-0,255	0,341	-0,048	-0,091	0,175	0,168	0,246	0,479	0,046	-0,199	,670**	,505*	0,27	,500*	0,296	1	,505*
Fe	-0,23	-0,257	-0,081	-0,074	,634**	0,01	0,191	0,009	-0,178	,683**	0,114	-0,056	0,334	,498*	0,348	0,493	,688**	0,092	,505*	1

Tablo 3.41. DSİ tarafından Ceviz Dere’de 2013-2015 yıllarına ait hidrokimyasal verilerin korelasyon analizi (R)

	DO	pH	T	TDS	EC	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Fe
DO	1	-0,491	-,922**	0,551	0,228	-0,06	-0,53	-,719*	-0,096	0,479	0,419	,719*	-0,252	0,519	0,24	0,317	-0,311	-0,311	-0,026	-0,319
pH	-0,491	1	0,429	-0,643	-0,286	0,024	0,156	0,095	-0,443	-0,19	-0,167	-0,119	0,286	-,866**	-0,048	-,756*	0,214	0,619	-0,266	0,561
T	-,922**	0,429	1	-0,452	-0,143	0,071	0,407	,810*	0,096	-0,619	-0,381	-,738*	0,143	-0,412	0,048	-0,126	0,286	0,214	0,292	0,293
TDS	0,551	-0,643	-0,452	1	0,619	0,429	0,24	-0,357	0,575	0,452	0,524	-0,048	-0,5	,866**	0,071	,756*	-0,69	-,833*	-0,152	-,756*
EC	0,228	-0,286	-0,143	0,619	1	,881**	0,431	-0,262	0,491	0,262	,786*	-0,286	-0,619	0,619	0,429	,756*	-0,619	-0,595	0,152	-0,61
Ca	-0,06	0,024	0,071	0,429	,881**	1	0,707	-0,024	0,383	0,405	,833*	-0,571	-0,452	0,289	0,238	0,504	-,738*	-0,286	-0,076	-0,293
Mg	-0,53	0,156	0,407	0,24	0,431	0,707	1	0,263	0,608	0,299	0,323	-,814*	-0,311	0,021	-0,395	0,19	-0,563	-0,216	-0,453	-0,172
Na	-,719*	0,095	,810*	-0,357	-0,262	-0,024	0,263	1	-0,036	-0,333	-0,238	-,738*	0,286	-0,289	0,024	0	0,119	0,357	0,368	0,488
HCO3	-0,096	-0,443	0,096	0,575	0,491	0,383	0,608	-0,036	1	0,12	0,108	-0,383	-,766*	0,539	-0,335	0,634	-0,419	-,766*	-0,185	-0,638
SO4	0,479	-0,19	-0,619	0,452	0,262	0,405	0,299	-0,333	0,12	1	0,69	0,024	-0,238	0,165	-0,357	0,126	-,810*	0	-0,621	0,024
Cl	0,419	-0,167	-0,381	0,524	,786*	,833*	0,323	-0,238	0,108	0,69	1	-0,19	-0,381	0,371	0,333	0,504	-,833*	-0,167	-0,063	-0,171
NO3-N	,719*	-0,119	-,738*	-0,048	-0,286	-0,571	-,814*	-,738*	-0,383	0,024	-0,19	1	0,071	0,041	0,071	-0,252	0,357	0,024	-0,025	-0,073
Cd	-0,252	0,286	0,143	-0,5	-0,619	-0,452	-0,311	0,286	-,766*	-0,238	-0,381	0,071	1	-0,412	0	-0,63	0,524	0,595	0,038	0,439
Cr	0,519	-,866**	-0,412	,866**	0,619	0,289	0,021	-0,289	0,539	0,165	0,371	0,041	-0,412	1	0,247	,873**	-0,371	-,866**	0,22	-,845**
Cu	0,24	-0,048	0,048	0,071	0,429	0,238	-0,395	0,024	-0,335	-0,357	0,333	0,071	0	0,247	1	0,378	0,071	-0,071	,799*	-0,098
Hg	0,317	-,756*	-0,126	,756*	,756*	0,504	0,19	0	0,634	0,126	0,504	-0,252	-0,63	,873**	0,378	1	-0,504	-,756*	0,403	-0,645
Mn	-0,311	0,214	0,286	-0,69	-0,619	-,738*	-0,563	0,119	-0,419	-,810*	-,833*	0,357	0,524	-0,371	0,071	-0,504	1	0,31	0,381	0,195
Pb	-0,311	0,619	0,214	-,833*	-0,595	-0,286	-0,216	0,357	-,766*	0	-0,167	0,024	0,595	-,866**	-0,071	-,756*	0,31	1	-0,025	,952**
Zn	-0,026	-0,266	0,292	-0,152	0,152	-0,076	-0,453	0,368	-0,185	-0,621	-0,063	-0,025	0,038	0,22	,799*	0,403	0,381	-0,025	1	0
Fe	-0,319	0,561	0,293	-,756*	-0,61	-0,293	-0,172	0,488	-0,638	0,024	-0,171	-0,073	0,439	-,845**	-0,098	-0,645	0,195	,952**	0	1

3.6.1.2. Yüzey Sularında Temel Bileşen Analizi (TBA)

Temel Bileşen Analizi (TBA), verinin önemli özelliklerini korurken boyutluluğunu azaltmak için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Su kalitesi analizi bağlamında TBA, su kalitesi değişimine katkıda bulunan modelleri belirlemek ve faktörleri çıkarmak için çeşitli su kalitesi parametrelerini içeren bir veri setine uygulanabilir. TBA özellikle kirlilik kaynaklarının tanınmasında faydalıdır. TBA, su kalitesi verilerini analiz ederek, belirli bir su kütlesindeki kirlilikten sorumlu ana faktörlerin veya değişkenlerin belirlenmesine yardımcı olabilir. Örneğin TBA, belirli kirleticilerin yüksek düzeylerini birleştiren yeni bir faktör belirlerse, bu, o bölgede ortak bir kirlilik kaynağı önerebilir. Veri setini azaltan ve yeni faktörlerin oluşmasını sağlayan TBA, su kalitesi analizine uygulandığında esas olarak kirlilik faktörlerini çıkarmak ve kirlilik kaynaklarını tanımak için kullanılmaktadır (Pekey vd., 2004).

Kullanılan verilerin temel bileşen analizine uygun olup olmadığını belirlemek için Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) katsayısı ve Barlett Testi (Küresellik Testi) yapılmaktadır. KMO testinde bulunan değerin 0,5'in altında olan veri seti temel bileşenler analizine uygun değildir. 0,5 ve 0,7 yeterli, 0,7 ve üzeri iyi olarak değerlendirilmektedir. Faktör analizi sonucunda elde edilen faktörler, 0,75'ten büyük olduğunda güçlü, 0,50 ile 0,75 arasında olduğunda orta ve 0,30 ile 0,50 arasında olduğunda ise zayıf olarak değerlendirilmektedir (Liu vd., 2003).

Melet Irmağı'nda 2016 -2019 yılları arası yüzey suyu analiz sonuçlarına göre, değişkenlerin KMO değeri 0,609, Bolaman Çayı değişkenlerin KMO değeri 0,502, Ünye yüzey suyu örneklerinin KMO değeri 0,503 ve Ordu-Merkez göletinin KMO değeri 0,542'dir. Barlett testi için önemlilik değeri 0,000 olduğu için, değişkenlerin temel bileşen analizine uygun olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.42). Diğer istasyonlara ait analiz verileri temel bileşenler analizine uygun olmadığı için bu çalışmada kullanılmamıştır.

Melet Irmağı yüzey sularının fiziksel ve kimyasal değişkenleri 5 ana faktör oluşturmaktadır (öz değerleri 1'den büyük olanları) ve varyansları %82,53 toplanmaktadır (Tablo 3.43). Bu 5 faktör Melet ırmağı yüzey sularının hidrojeokimyasını kontrol etmektedir.

1. faktör (%32,48 varyans) TH, HCO₃, Mg, Ca, EC, TDS, Na ve As ile temsil edilmektedir. Bu değişkenlerin faktörü pozitif yönde etkilenmektedir (Tablo 3.43). HCO₃, Mg, Na, TDS, EC, TH ve Ca 1. faktörü temsil eden eksen yüksek yük değerlerine sahiptir

(Şekil 3.85). Ayrıca NO₃, fekal koliform, Pb, DO bu eksenin 0'ına yakındır; Cl ve As eksenin ortasına yakın bulunmaktadır. Bu faktör kayaç-su değişimlerini ifade etmektedir.

2. faktör (%19,73 varyans) COD, Bulanıklık, Pb, SO₄ ile temsil edilmektedir. Bu değişkenlerin faktörü pozitif yönde etkilenmektedir (Tablo 3.43). SO₄, Pb, COD ve bulanıklık 2. faktörün eksen yüksek yük değerleri sahip olup 1.faktörün eksenin 0 noktasına yakındır (Şekil 3.91). Bu faktörün kimyasal antropojenik kirlilik kaynakları ile temsil edildiği düşünülmüştür.

3. faktör (%12,94 varyans) NO₃, Cl ile temsil edilmektedir ve bu değişkenlerin faktörü pozitif yönde etkilenmektedir. Bu faktör toprakların antropojenik kirliliği ile ifade edilmektedir. NO₃ ve Cl 3. faktörün eksen yüksek yük değerleri sahiptir. Ayrıca Cl değişkeni 1.faktör ile zayıf bir korelasyon sahiptir (0,40); NO₃ değişkeni ise 1.faktörün eksenin 0 noktasına yakındır (Şekil 3.91). Bu iki elementin su içinde bulunma nedenleri, klorürlerin orman tabanı ve humuslu toprakların yağış suları ile yıkanmasına, nitratların ise (NO₃-) antropojenik faaliyetler (gübre kullanımı) ile ilişkilendirilmesine bağlanır.

4.faktör (%10 ,93 varyans) T, BOD₅, DO ve Hg ile temsil etmektedir, BOD₅ pozitif yönde; DO ve Hg negatif yönde etkilenmektedir ve bu faktör suların kalitesini temsil etmektedir (Şekil 3.91).

5.Faktör (%6,43 varyans) SS, Fekal Koliform ile temsil edilmekte ve pozitif yöndedir. Bu faktör suların mikrobiyolojik özelliklerini temsil eden faktördür (Şekil 3.91).

Tablo 3.42. Yüzey suyu analiz sonuçlarına ait KMO ve Barlett testi sonucu

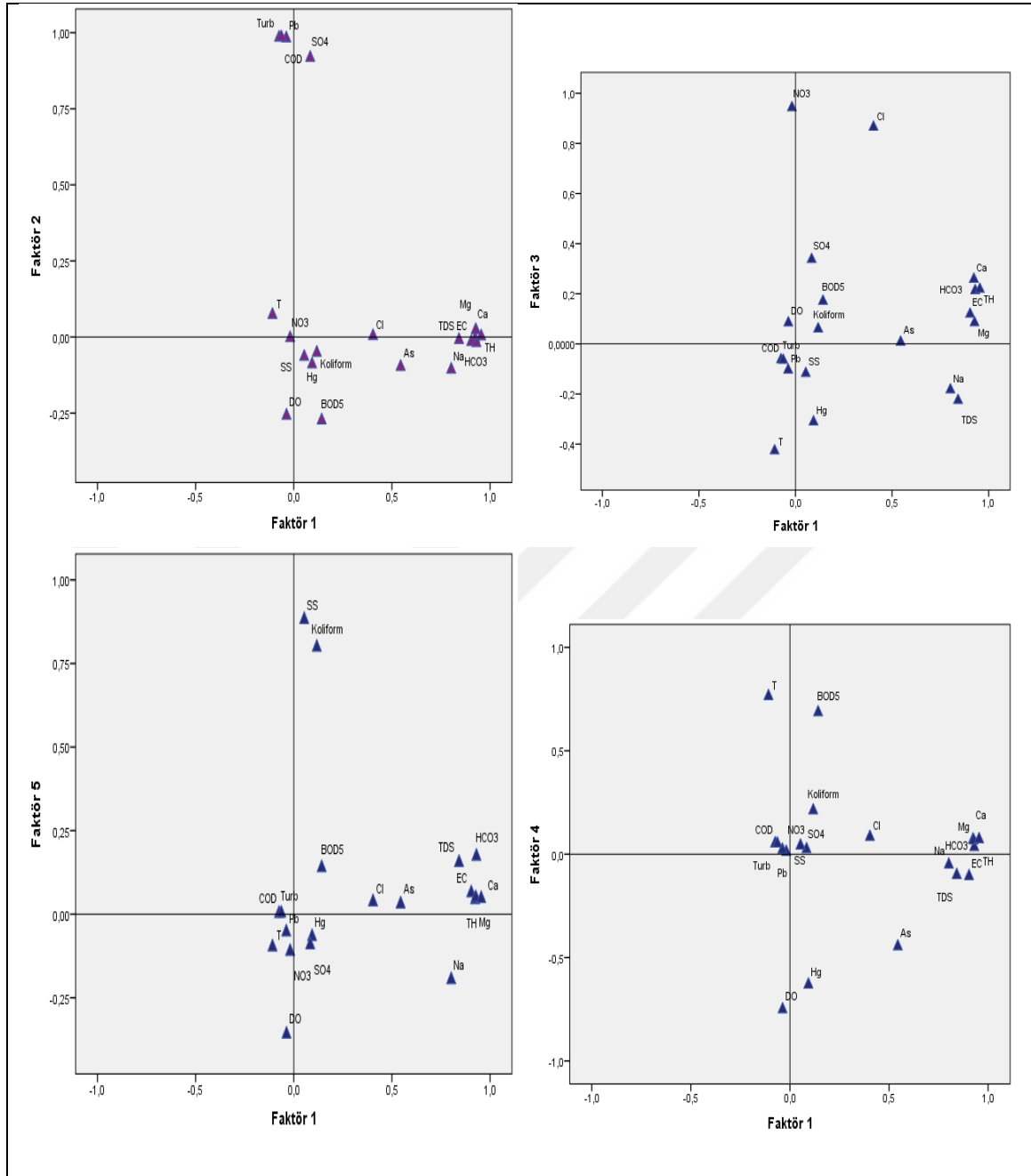
Melet Irmağı		
Kaiser-Meyer-Olkin Ölçek Geçerliği		0,609
Bartlett's Küresellik Testi	Ki Kare	967,591
	Sd	190
	P	0,000
Bolaman Çayı		
Kaiser-Meyer-Olkin Ölçek Geçerliği		0,502
Bartlett's Küresellik Testi	Ki Kare	635,573
	Sd	190
	P	0,000
Ünye		
Kaiser-Meyer-Olkin Ölçek Geçerliği		0,503
Bartlett's Küresellik Testi	Ki Kare	122,585
	Sd	66
	P	0,000
Ordu-Merkez		
Kaiser-Meyer-Olkin Ölçek Geçerliği		0,542
Bartlett's Küresellik Testi	Ki Kare	271,983
	Sd	120
	P	0,000

Tablo 3.43. Melet Irmağı 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri

Faktörler	Toplam	Varyans%	Kümülatif %
1	6,496	32,48	32,48
2	3,947	19,735	52,214
3	2,59	12,949	65,163
4	2,188	10,938	76,101
5	1,286	6,431	82,532
6	0,796	3,982	86,514
7	0,696	3,48	89,994
8	0,507	2,536	92,53
9	0,468	2,34	94,87
10	0,373	1,865	96,735
11	0,246	1,228	97,964
12	0,147	0,737	98,7
13	0,122	0,609	99,31
14	0,047	0,236	99,546
15	0,045	0,224	99,77
16	0,023	0,113	99,883
17	0,014	0,07	99,952
18	0,009	0,045	99,998
19	0	0,002	100
20	2,50E-07	1,25E-06	100

Tablo 3.44. Melet Irmağı 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi

Değişkenler	Bileşenler				
	1	2	3	4	5
TH	0,954	0,002	0,218	0,072	0,047
HCO3	0,93	-0,019	0,213	0,034	0,173
Mg	0,927	0,023	0,084	0,067	0,05
Ca	0,923	-0,006	0,258	0,07	0,043
EC	0,904	-0,015	0,119	-0,107	0,064
TDS	0,842	-0,009	-0,225	-0,101	0,155
Na	0,802	-0,107	-0,183	-0,051	-0,196
As	0,544	-0,098	0,007	-0,446	0,03
COD	-0,064	0,985	-0,065	0,051	0,003
Bulanıklık	-0,075	0,984	-0,064	0,052	0,002
Pb	-0,038	0,981	-0,104	0,021	-0,053
SO4	0,084	0,918	0,337	0,024	-0,092
NO3	-0,019	-0,003	0,943	0,011	-0,111
Cl	0,404	0,003	0,865	0,083	0,037
T	-0,108	0,073	-0,427	0,764	-0,098
DO	-0,037	-0,258	0,084	-0,751	-0,359
BOD5	0,142	-0,274	0,17	0,686	0,139
Hg	0,093	-0,09	-0,311	-0,631	-0,067
SS	0,053	-0,064	-0,118	0,042	0,881
Koliform	0,117	-0,051	0,06	0,212	0,798



Şekil 3.68. Melet Irmağı 2016-2019 yıllarına ait faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri

Bolaman Çayı yüzey sularındaki fiziksel ve kimyasal değişkenler 6 ana faktör oluşturmaktadır ve varyansları %80,58 toplanmaktadır (Tablo 3.45). 1. faktör (%34,21 varyans) Mg, Na, EC, HCO₃, Ca, Cl ve TH değişkenlerine ait faktördür. Bu faktör kayaç-su değişimleri ile ifade edilmektedir. Mg, Na, EC, HCO₃, Ca değişkenlerine ait faktör pozitif yönde etki etmekte ve eksenin yüksek yük değerlerine sahiptir (Şekil 3.91). Cl ve TH değişkenleri ise eksenin ortasında yer almaktadır. 2. faktör (%13,44 varyans) T, DO, Pb,

NO₃ değişkenleri ile ifade edilmektedir ve Pb değişkenleri faktörü pozitif yönde etki ederken DO ve NO₃ ise negatif yönde etki etmektedir. T, Pb ve DO, NO₃ değişkenleri ekseninde ters orantılıdır (Şekil 3.92). Ayrıca BOD₅ bu faktörün değişkenleriyle zayıf korelasyon göstermektedir. Bu faktör su kalitesini temsil etmektedir. 3. faktör (%10,30 varyans) Bulanıklık, As ve TH değişkenleri ile ifade edilmektedir. Bu değişkenlere ait faktör eksenin yüksek yük değerlerine sahip olup pozitif yönde etki etmektedir (Şekil 3.92). Bu faktörün jeojenik kirlilik kaynaklarını temsil ettiği düşünülmüştür. 4. faktör (%8,53 varyans) Cl, SO₄ ve SS değişkenler ile tanımlanmaktadır. Cl ve SO₄ faktörü pozitif yönde etki etmekte; SS ise negatif yönde etki etmektedir (Şekil 3.92). Faktörü temsil eden eksene bakıldığında SO₄ ve Cl yüksek yük değerlerine sahiptir; SS ters orantılıdır. Bu faktör klorürlerin ve sülfatların orman tabanı ve humuslu toprakların yağış suları ile yıkanması sonucu temsil edilen faktör düşünülmektedir. 5. faktör (%7,59 varyans) Hg ve Fekal koliform ile tanımlanmaktadır. Bu değişkenler pozitif yönde etki etmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında Hg ve fekal koliform yüksek yük değerlerine sahiptir. Bu faktörün antropojenik kirlilik ile temsil edilen faktör olduğu düşünülmektedir. 6. Faktör (%6,48 varyans) TDS ve COD değişkenleri ile tanımlanan faktördür. TDS faktörü pozitif yönde etki ederken, COD değişkeni ise negatif yönde etki etmektedir. Faktörü temsil eden eksene göre iki değişken ters olarak dağılmaktadır (Şekil 3.92). Bu faktörün organik kirlilik temsil edilen faktör olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.45. Bolaman Çayı 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri

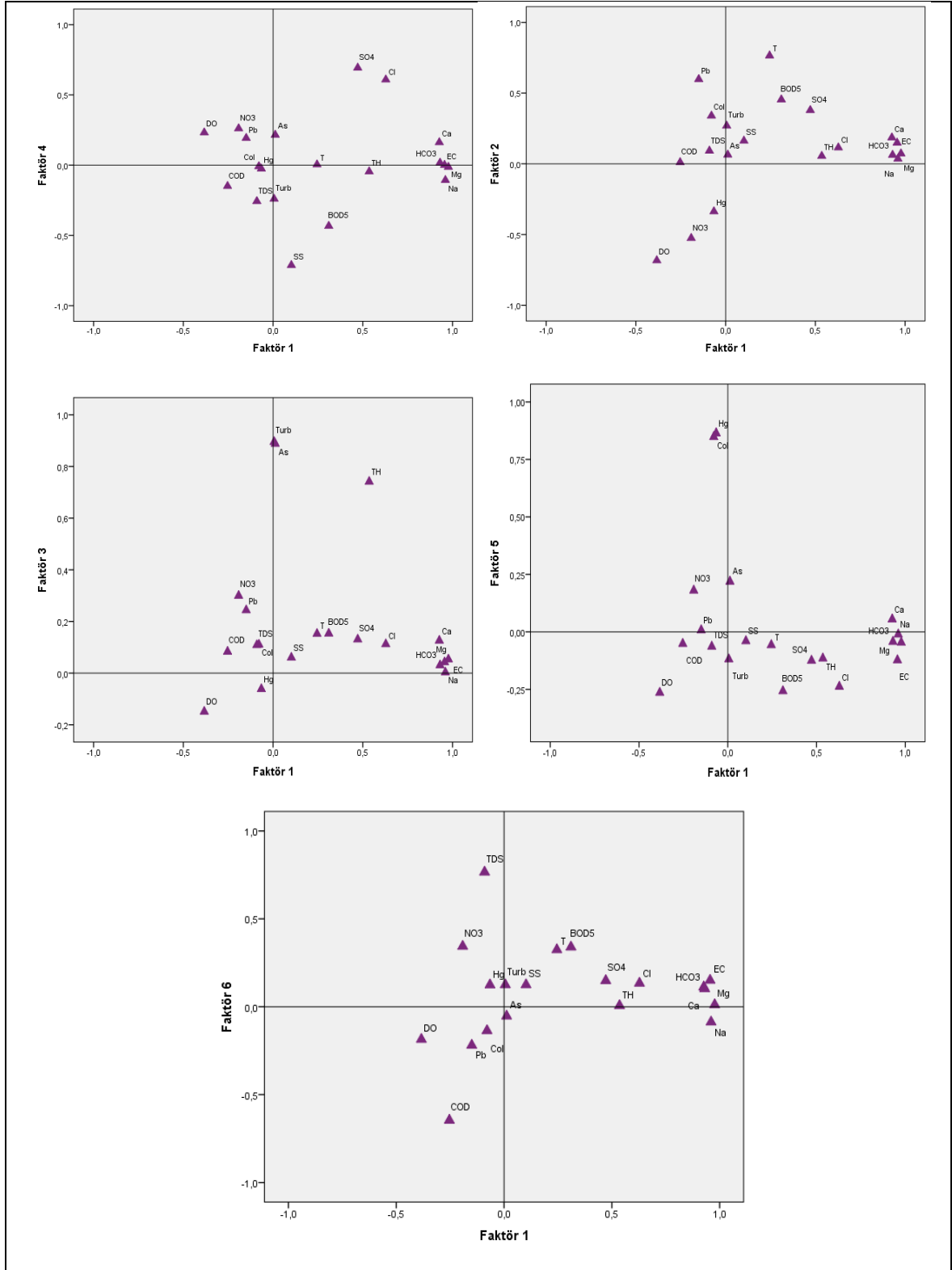
Faktörler	Toplam	Varyans%	Kümülatif %
1	6,496	32,48	32,48
2	3,947	19,735	52,214
3	2,59	12,949	65,163
4	2,188	10,938	76,101
5	1,286	6,431	82,532
6	0,796	3,982	86,514
7	0,696	3,48	89,994
8	0,507	2,536	92,53
9	0,468	2,34	94,87
10	0,373	1,865	96,735
11	0,246	1,228	97,964
12	0,147	0,737	98,7
13	0,122	0,609	99,31

Tablo 3.45'in devamı

Faktörler	Toplam	Varyans%	Kümülatif %
14	0,047	0,236	99,546
15	0,045	0,224	99,77
16	0,023	0,113	99,883
17	0,014	0,07	99,952
18	0,009	0,045	99,998
19	0	0,002	100
20	2,50E-07	1,25E-06	100

Tablo 3.46. Bolaman Çayı 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi

Değişkenler	Bileşenler					
	1	2	3	4	5	6
Mg	0,977	0,073	0,053	-0,013	-0,046	0,012
Na	0,96	0,035	0,003	-0,107	-0,011	-0,087
EC	0,955	0,149	0,042	0,001	-0,123	0,151
HCO3	0,93	0,062	0,03	0,017	-0,043	0,102
Ca	0,926	0,186	0,126	0,162	0,055	0,112
Cl	0,628	0,115	0,112	0,609	-0,238	0,134
T	0,245	0,764	0,152	0,004	-0,057	0,324
DO	-0,383	-0,683	-0,149	0,232	-0,264	-0,185
Pb	-0,15	0,598	0,243	0,192	0,008	-0,219
NO3	-0,192	-0,526	0,3	0,261	0,181	0,344
BOD5	0,31	0,454	0,154	-0,433	-0,257	0,34
Turbidity	0,006	0,269	0,895	-0,24	-0,119	0,125
As	0,012	0,064	0,888	0,215	0,219	-0,053
TH	0,536	0,055	0,741	-0,046	-0,115	0,007
SS	0,102	0,162	0,06	-0,712	-0,04	0,125
SO4	0,472	0,379	0,131	0,693	-0,125	0,148
Hg	-0,065	-0,337	-0,061	-0,026	0,864	0,125
Koliform	-0,079	0,339	0,111	-0,009	0,848	-0,136
TDS	-0,09	0,092	0,109	-0,257	-0,064	0,766
COD	-0,254	0,01	0,083	-0,149	-0,051	-0,646



Şekil 3.69. Bolaman Çayı 2016-2019 yıllarına ait faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri

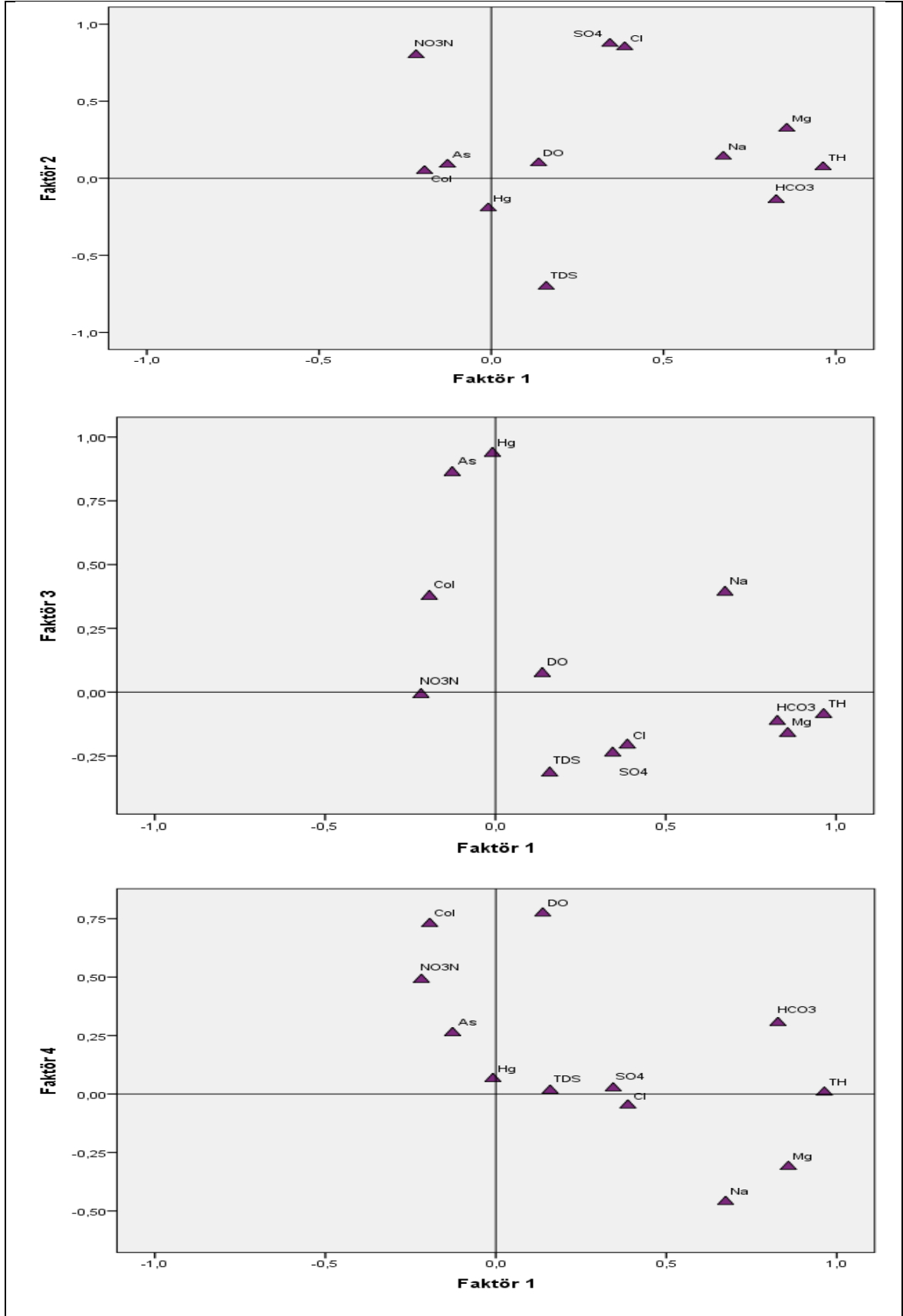
Ünye yüzey suyu örneklerinin fiziksel ve kimyasal değişkenleri 4 ana faktör oluşmaktadır ve toplam varyansları %83,77 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.47). 1. faktör (%32,75 varyans) TH, Mg, HCO₃, Na değişkenlerini oluşturmaktadır (Tablo 3.46). Bu faktör tatlı sularda kayaç-su değişimlerini ifade etmektedir. 2. faktör (%22,66 varyans) SO₄, Cl, NO₃ ve TDS değişkenlerini oluşturmaktadır. Bu değişkenler faktöre pozitif yönde etki etmekte, TDS ise negatif yönde etki etmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında SO₄, Cl ve NO₃ yüksek yük değerine sahiptir (Şekil 3.93). Bu faktör klorürlerin ve sülfatların orman tabanı ve humuslu toprakların yağış suları ile yıkanması ile temsil edilen faktör olduğu düşünülmektedir. Nitratların ise (NO₃-) antropojenik faaliyetler (gübre kullanımı) ile ilişkilendirilmesine bağlanmaktadır. 3. faktör (%17,01 varyans) Hg, As bileşenlerini oluşturmaktadır. Hg ve As değişkenleri pozitif yönde temsil edilmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında Hg ve As yüksek yük değerine sahiptir. Bu faktörün antropojenik ve kimyasal kirliliği ifade ettiği düşünülmektedir. 4. faktör (%11,33 varyans) DO ve Fekal Koliform parametrelerinden oluşmaktadır. İki değişkenli faktör pozitif yönde temsil edilmektedir ve faktörü temsil eden eksene bakıldığında yüksek yük değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.93). Bu faktörün bakteriyolojik kaliteyi temsil ettiği düşünülmektedir.

Tablo 3.47. Ünye yüzey suyu örneklerinin 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri

Faktörler	Toplam	Varyans%	Kümülatif %
1	3,931	32,755	32,755
2	2,72	22,669	55,424
3	2,041	17,01	72,434
4	1,361	11,338	83,772
5	0,752	6,263	90,035
6	0,552	4,597	94,632
7	0,394	3,282	97,915
8	0,1	0,836	98,751
9	0,071	0,589	99,34
10	0,048	0,399	99,739
11	0,024	0,196	99,935
12	0,008	0,065	100

Tablo 3.48. Ünye yüzey suyu örneklerinin 2016-2019 yıllarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi

Değişkenler	Bileşenler			
	1	2	3	4
TH	0,963	0,073	-0,088	0,007
Mg	0,858	0,323	-0,162	-0,311
HCO3	0,827	-0,14	-0,114	0,305
Na	0,674	0,141	0,391	-0,461
SO4	0,344	0,873	-0,239	0,025
Cl	0,387	0,851	-0,207	-0,048
NO3	-0,218	0,799	-0,01	0,489
TDS	0,159	-0,703	-0,317	0,015
Hg	-0,009	-0,194	0,936	0,065
As	-0,127	0,09	0,861	0,261
DO	0,138	0,099	0,073	0,773
Koliform	-0,194	0,048	0,375	0,728



Şekil 3.70. Ünye yüzey suyu kaynaklarının 2016-2019 yıllarına ait faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri

Ordu-Merkez göleti sularının fiziksel ve kimyasal değişkenleri 4 ana faktör oluşturmaktadır ve varyansları toplamı %82,42'dir (Tablo 3.49). 1.faktörü TH, Mg, Na, Ca, HCO₃, Türbidite, TDS, Cl, T, DO parametreleri oluşmaktadır. TH, Mg, Na, Ca, HCO₃, TDS, Cl ve T değişkenleri pozitif yönde temsil edilmekte; DO ve T değişkenleri ise negatif yönde temsil edilmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında Ca ve HCO₃ tatlı suları ifade eden değişkenler yüksek yük değerine sahiptir; ayrıca TH, Mg, Na, TDS, Cl, T, DO değişkenler de yine yüksek yük değerlerine sahiptir (Şekil 3.93). Bu faktör tatlı sularda kayaç-su etkileşimlerini ifade etmektedir. 2. faktör COD ve SO₄ bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu değişkenler faktörü pozitif yönde temsil etmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında COD yüksek yük değerine, SO₄ orta yük değerine sahiptir. COD ve SO₄ tatlı suları temsil eden Ca ve HCO₃ değişkenlerinin sıfıra yakın faktör yük değerini göstermektedir. Bu faktörün sülfat kirliliğini ifade ettiği düşünülmektedir. 3. faktörü SO₄ ve Pb parametreleri oluşmaktadır. Pb değişkeni faktörü pozitif yönde temsil ederken SO₄ değişkeni ise negatif yönde temsil etmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında iki değişken ters orantılıdır ve tatlı suları temsil eden Ca ve HCO₃ değişkenlerinin sıfıra yakın faktör yük değerini göstermektedir (Şekil 3.94). Bu faktör SO₄ ve Pb bileşenlerinden kaynaklanan bir kirliliği ifade etmektedir. 4. faktörü As, NO₃ ve Koliform değişkenleri oluşturmaktadır. As değişkeni faktörü pozitif yönde temsil etmekte; NO₃ ve fekal koliform değişkenleri ise faktörü negatif yönde temsil etmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında As yüksek yük değerleri sahip olup NO₃ ve Fekal Koliform değişkenleri ters orantılıdır (Şekil 3.94). Bu faktörün As ve Fekal koliform ve NO₃ bileşenlerinin orman tabanı ve humuslu toprakların yağış suları ile yıkanması ile temsil edilen faktör olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.49. Ordu-Merkez göleti sularının 2013-2015 yıllarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri

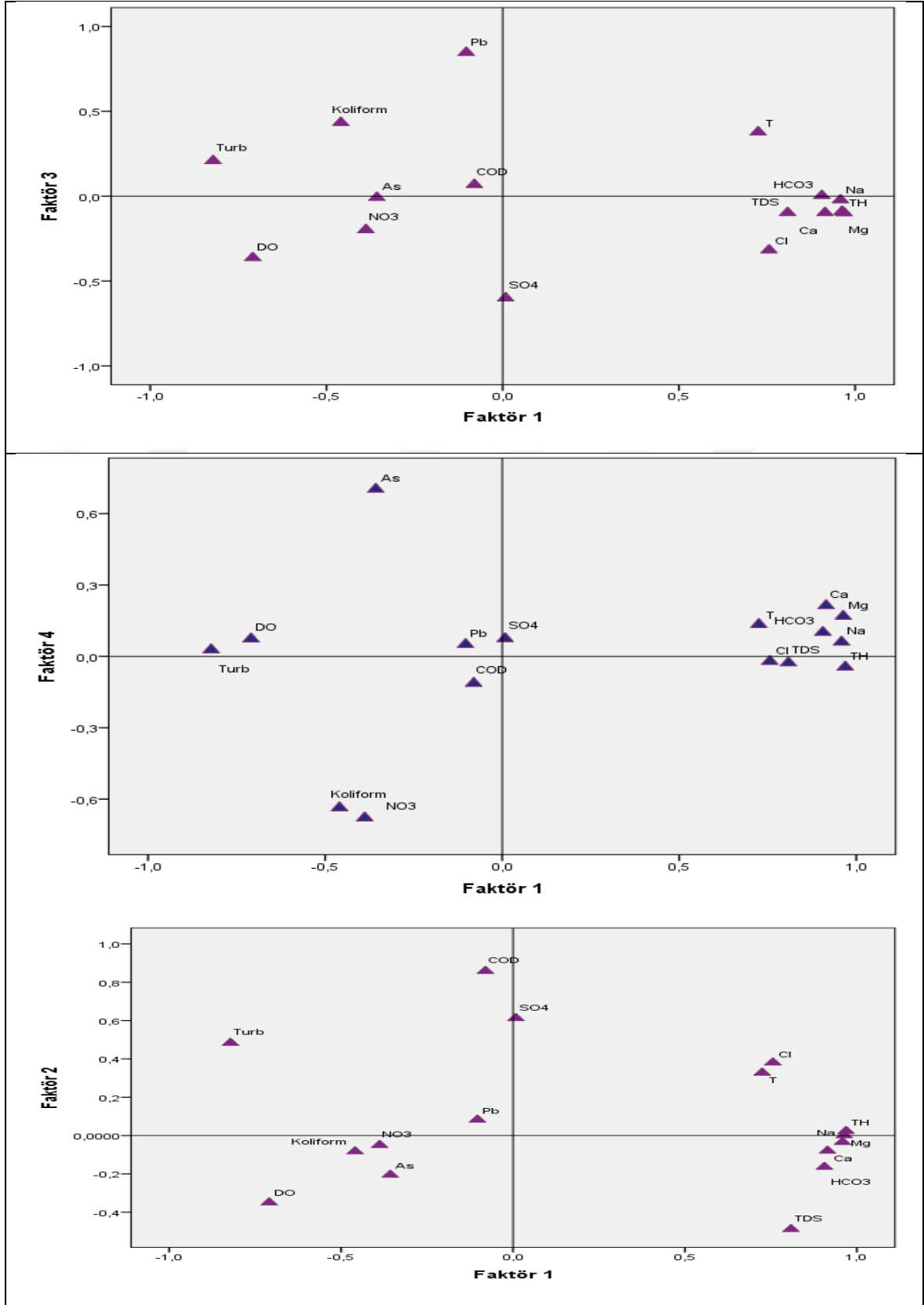
Faktörler	Toplam	Varyans%	Kümülatif %
1	8,008	50,049	50,049
2	2,056	12,848	62,897
3	1,752	10,95	73,847
4	1,372	8,574	82,421
5	0,809	5,058	87,48
6	0,611	3,816	91,296
7	0,461	2,882	94,178

Tablo 3.49'un devamı

Faktörler	Toplam	Varyans%	Kümülatif %
8	0,326	2,04	96,218
9	0,204	1,278	97,496
10	0,193	1,204	98,7
11	0,099	0,621	99,321
12	0,048	0,303	99,624
13	0,026	0,165	99,79
14	0,02	0,123	99,913
15	0,009	0,058	99,971
16	0,005	0,029	100

Tablo 3.50. Ordu-Merkez göleti sularının 2013-2015 yıllarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi

Değişkenler	Bileşenler			
	1	2	3	4
TH	0,969	0,023	-0,099	-0,045
Mg	0,963	0,001	-0,091	0,168
Na	0,958	-0,034	-0,023	0,06
Ca	0,915	-0,08	-0,098	0,213
HCO3	0,906	-0,164	0,003	0,101
Turb	-0,822	0,483	0,208	0,027
TDS	0,808	-0,489	-0,098	-0,028
Cl	0,756	0,381	-0,318	-0,021
T	0,725	0,327	0,378	0,134
DO	-0,709	-0,35	-0,363	0,073
COD	-0,08	0,858	0,068	-0,114
SO4	0,008	0,612	-0,601	0,074
Pb	-0,103	0,082	0,846	0,05
As	-0,357	-0,205	-0,008	0,702
NO3	-0,388	-0,05	-0,198	-0,679
Koliform	-0,459	-0,083	0,433	-0,637



Şekil 3.71. Ordu-Merkez göleti sularının 2013-2015 yıllarına ait faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri

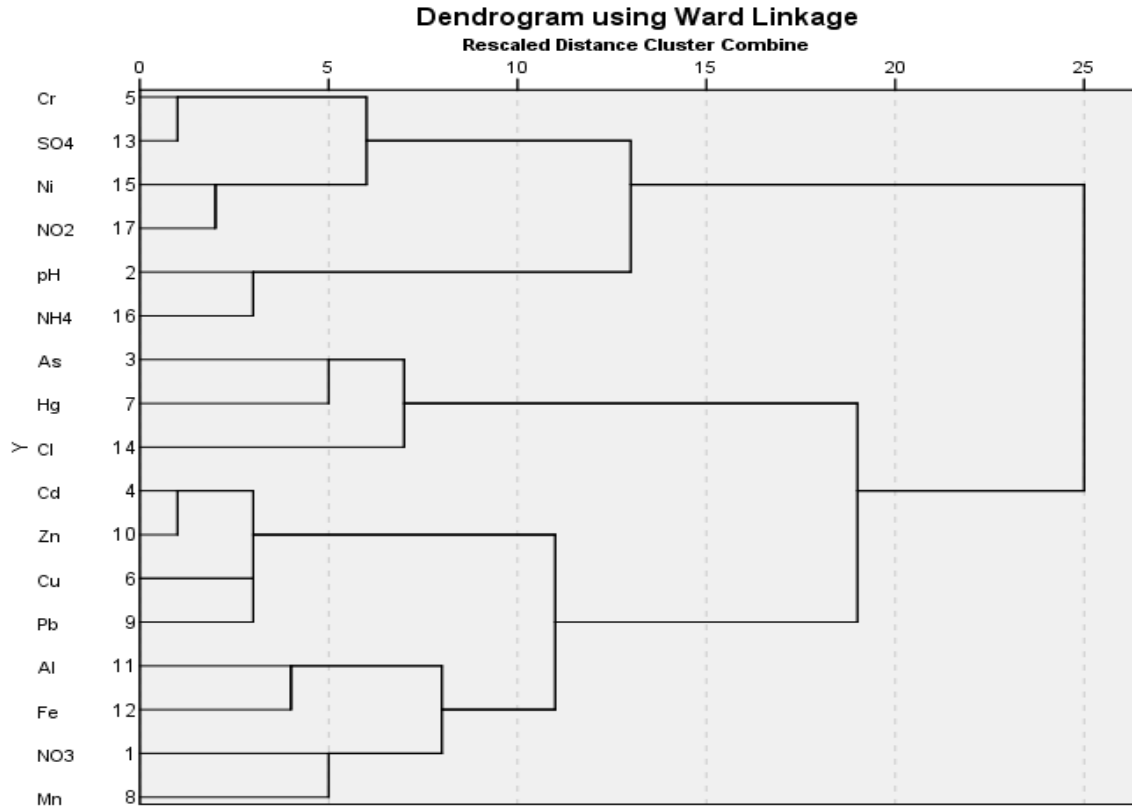
3.6.1.3. Yüzey Sularında Kümeleme Analizi (Cluster Analysis)

Doktora tezinin bu aşamasında kümeleme analizi yapılarak örnekler arasındaki benzerlikler ve farklılıklar araştırılmıştır. Kümeleme analizi, verileri farklı kümeler içine sınıflandırılarak, aralarındaki ilişkiyi gösterilebilmektedir. Küme veya grup tarafından yapılan sınıflandırma, uzaklık metriklerine dayanmaktadır. Uzaklık metrikleri türleri arasında kullanılabilen örnekler arasındaki mesafeyi ölçmek için Öklidyen veya Manhattan uzaklıkları bulunmaktadır (Warsito et al., 2021). Bu çalışmada Öklidyen mesafe Ward yöntemine göre kullanılmıştır.

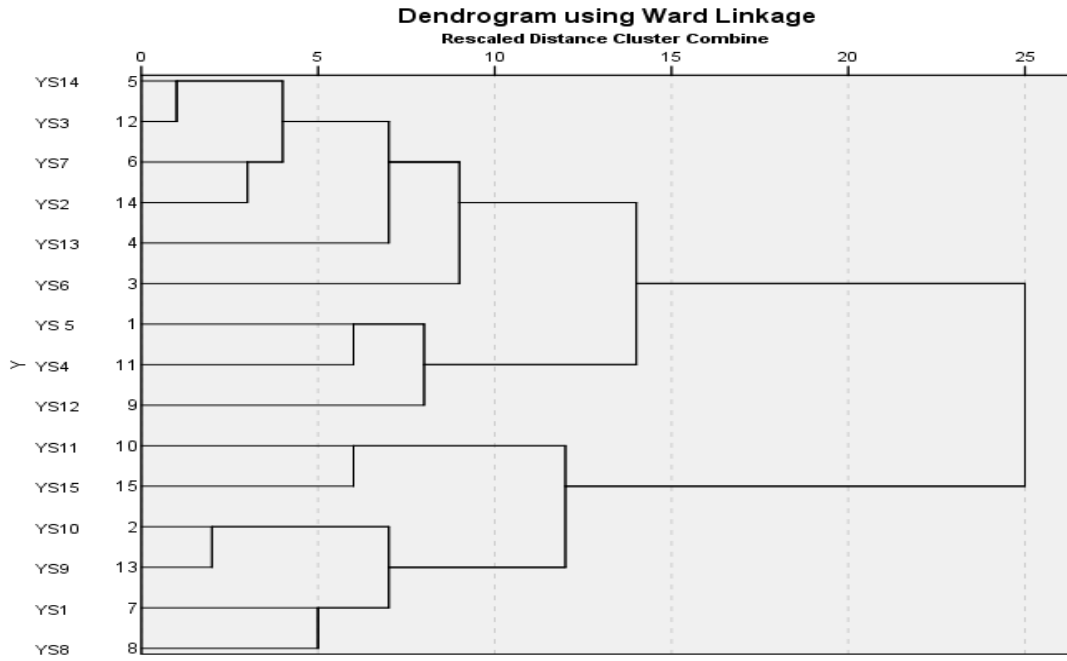
2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularına ait ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi incelemesinde kullanılan parametreler üzerinde kümeleme analizi yapılarak kirlilik parametreleri arasındaki benzerlik veya farklılıkların olduğu su izleme istasyonları belirlenmiştir. 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularına ait hazırlanan dendograma göre 4 ana grup belirlenmiştir (Şekil 3.95).

I. grup Cd, Pb, Cu, NO₃, Zn, Al, Fe ve Mn. Grubu olarak belirlenmiştir ve iki alt gruba sahiptir. Birinci alt grup (I1) Al, Fe, NO₃ ve Mn'den oluşurken ikinci alt grup (I2) ise Cd, Pb, Cu ve Al'den oluşmaktadır. II. grup pH ve NH₄'ten; III. grup As, Hg ve Cl'den; IV. Grup ise Cr, Ni, NO₂ ve SO₄ parametrelerinden oluşmaktadır.

Yüzey suyu örnekleme noktalarının kirlilik derecesine göre sınıflandırılarak hazırlanması ile elde edilen dendrogram incelendiğinde, su kaynaklarının izleme istasyonlarının 3 ana grup oluşturduğu görülmektedir (Şekil 3.96). YS5, YS12 ve YS4 örnekleme istasyonları I. grubu; YS10, YS1, YS8, YS11, YS15 örnekleme istasyonları II. grubu ve YS6, YS13, YS14, YS7, YS3, YS2 örnekleme istasyonları ise III. grubu oluşturmaktadır.



Şekil 3.72. 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu kimyasal parametrelerine ait oluşturulan dendrogramı



Şekil 3.73. 2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu örnekleme noktalarına ait oluşturulan dendrogramı

3.6.2. Yeraltısularının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Ordu ilinde yer alan yeraltısuyu kuyularında 2013-2019 yılları arasına ait elde edilen fiziksel parametreler, anyon-kasyon ve iz element analiz sonuçları kullanılarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Bu başlık altında Spearman korelasyon analizi, temel bileşen analizi ve cluster analizi yapılmıştır.

3.6.2.1. Yeraltısularında Spearman Korelasyon Analizi

Ordu ilinde yer alan yeraltısuyu kuyularında 2020 yılına ait elde edilen kimyasal analiz sonuçları kullanılarak Spearman korelasyon analizi yapılmıştır. Parametrelerin Spearman korelasyon analizine göre $\text{HCO}_3\text{-Mg}$ ($r=0,76$), Ni-Ca ($r=0,81$), Ca-HCO_3 ($r=0,84$), Na-Cl ($r=0,92$), TDS-Ca ($r=0,76$), TDS-Cl ($r=0,76$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır (Tablo 3.51).

Tablo 3.51. Ordu ili yeraltısuyu kaynaklarının 2020 yılına ait hidrokimyasal verilerinin korelasyon analizi (R)

	DO	NO3-	PO4--	pH	T°C	TDS	As	Cd	Cu	Mn	Pb	Zn	Al	Fe	SO4--	Cl-	Ni	Ca++	K+	HCO3-	Mg++	Na+
DO	1	,448**	-0,208	,585**	-,454**	-0,269	-0,219	-0,012	-0,138	-0,279	-0,004	0,054	0,111	-0,161	-0,284	-0,244	-,370*	-,449**	-0,106	-0,312	-0,202	-0,284
NO3-	,448**	1	-,337*	0,162	-0,273	0,045	-0,171	0,15	0,075	-0,108	0,13	-0,001	0,156	-0,097	-0,017	-0,163	-0,023	0,002	0,001	-0,011	-0,138	-0,179
PO4--	-0,208	-,337*	1	-0,226	0,288	0,233	,458**	-0,184	0,012	,441**	0,126	0,198	0,295	,631**	0,166	,477**	,335*	0,082	0,128	0,162	0,218	,496**
pH	,585**	0,162	-0,226	1	-,398*	-,402*	-0,318	-,405*	-0,307	-0,131	-0,096	0,01	0,003	-0,224	-0,255	-,545**	-,449**	-,387*	-0,01	-,391*	-0,234	-,545**
T°C	-,454**	-0,273	0,288	-,398*	1	0,166	,482**	-0,236	0,207	-0,088	0,238	-0,053	-0,1	-0,019	0,134	,364*	-0,025	0,058	0,152	0,088	0,037	,508**
TDS	-0,269	0,045	0,233	-,402*	0,166	1	,338*	,380*	-0,199	,349*	-0,213	-0,01	-0,182	0,165	,490**	,762**	,677**	,769**	,525**	,943**	,766**	,693**
As	-0,219	-0,171	,458**	-0,318	,482**	,338*	1	-0,058	0,24	,330*	0,103	-0,023	0,198	0,278	0,197	,490**	0,109	0,093	0,079	0,202	0,247	,623**
Cd	-0,012	0,15	-0,184	-,405*	-0,236	,380*	-0,058	1	-0,06	0,057	-0,158	0,043	-0,11	0,145	,407*	0,306	,345*	0,291	0,052	,336*	0,233	0,212
Cu	-0,138	0,075	0,012	-0,307	0,207	-0,199	0,24	-0,06	1	0,184	,572**	0,155	,536**	0,26	0,134	0,029	-0,03	-0,12	-0,082	-0,259	-0,119	0,143
Mn	-0,279	-0,108	,441**	-0,131	-0,088	,349*	,330*	0,057	0,184	1	0,103	0,309	,435**	,610**	,475**	,338*	,421**	0,314	,402*	,330*	,372*	0,3
Pb	-0,004	0,13	0,126	-0,096	0,238	-0,213	0,103	-0,158	,572**	0,103	1	0,072	,455**	0,261	0,12	-0,091	0,06	-0,194	-0,052	-0,29	-0,097	-0,025
Zn	0,054	-0,001	0,198	0,01	-0,053	-0,01	-0,023	0,043	0,155	0,309	0,072	1	,383*	0,127	0,099	0,176	0,086	-0,017	,321*	-0,02	-0,047	0,116
Al	0,111	0,156	0,295	0,003	-0,1	-0,182	0,198	-0,11	,536**	,435**	,455**	,383*	1	,432**	0,142	-0,043	-0,009	-0,254	-0,137	-0,276	-0,148	-0,01
Fe	-0,161	-0,097	,631**	-0,224	-0,019	0,165	0,278	0,145	0,26	,610**	0,261	0,127	,432**	1	,418**	0,303	0,233	-0,051	0,117	0,058	0,176	0,313
SO4--	-0,284	-0,017	0,166	-0,255	0,134	,490**	0,197	,407*	0,134	,475**	0,12	0,099	0,142	,418**	1	,484**	,472**	,406*	,396*	,383*	,585**	,457**
Cl-	-0,244	-0,163	,477**	-,545**	,364*	,762**	,490**	0,306	0,029	,338*	-0,091	0,176	-0,043	0,303	,484**	1	,552**	,497**	,434**	,647**	,558**	,924**
Ni	-,370*	-0,023	,335*	-,449**	-0,025	,677**	0,109	,345*	-0,03	,421**	0,06	0,086	-0,009	0,233	,472**	,552**	1	,814**	,374*	,685**	,589**	,459**
Ca++	-,449**	0,002	0,082	-,387*	0,058	,769**	0,093	0,291	-0,12	0,314	-0,194	-0,017	-0,254	-0,051	,406*	,497**	,814**	1	,548**	,845**	,630**	,407*
K+	-0,106	0,001	0,128	-0,01	0,152	,525**	0,079	0,052	-0,082	,402*	-0,052	,321*	-0,137	0,117	,396*	,434**	,374*	,548**	1	,547**	,631**	,385*
HCO3-	-0,312	-0,011	0,162	-,391*	0,088	,943**	0,202	,336*	-0,259	,330*	-0,29	-0,02	-0,276	0,058	,383*	,647**	,685**	,845**	,547**	1	,768**	,572**
Mg++	-0,202	-0,138	0,218	-0,234	0,037	,766**	0,247	0,233	-0,119	,372*	-0,097	-0,047	-0,148	0,176	,585**	,558**	,589**	,630**	,631**	,768**	1	,556**
Na+	-0,284	-0,179	,496**	-,545**	,508**	,693**	,623**	0,212	0,143	0,3	-0,025	0,116	-0,01	0,313	,457**	,924**	,459**	,407*	,385*	,572**	,556**	1

3.6.2.2. Yeraltısularında Temel Bileşen Analizi (TBA)

Ordu ili yeraltısuyu kaynaklarında 2020 yılında alınan yeraltısuyu örneklerinde değişkenlerin KMO değeri 0,522'dir; Barlett testi önemlilik değeri ise 0,000'dır (Tablo 3.52). Bu koşullarda yeraltısularındaki değişkenlerin temel bileşen analizine uygun olduğu belirlenmiştir. Yeraltısularında bulunan fiziksel ve kimyasal değişkenler 6 ana faktör oluşmaktadır ve toplam varyansları %80,51'dir (Tablo 3.53).

1. faktör (%32,75 varyans) SO₄, Mg, Mn, Cl, K ve TDS değişkenlerinden oluşmaktadır (Tablo 3.53). Tüm değişkenler faktöre pozitif yönde etki etmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında SO₄, Mg, Mn, Cl, K yüksek yük değerine sahiptir fakat TDS değişkeni orta yük değerine sahiptir. Ca ve HCO₃ faktörü eksende zayıf yük değerini göstermektedir. Bu faktör kayaç-su değişimlerini ifade etmektedir.

2. faktör (%11,51 varyans) HCO₃, Ca, T, Ni değişkenlerini oluşturmaktadır ve faktörü pozitif yönde etkilemektedir. 2. faktörü temsil eden eksene bakıldığında Ca ve HCO₃ yüksek yük değerine sahiptir ve Ni değişkeni ise orta yük değerine sahiptir (Tablo 3.53). T değişkeni 1. faktörün eksene 0 noktasında yakınlığını gösterirken Ni bu faktöre orta noktada yakınlık gösterir. 2. faktör karbonat çözünmesini ifade etmekte ve yeraltısularının inceleme alanında karbonatlı birimler ile kayaç-su etkileşimine bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir.

3. faktör (%10,26 varyans) As ve Fe değişkenlerinden oluşmaktadır. İki değişken faktörü pozitif yönde etki edilmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında iki değişken yüksek yük değerine sahiptir (Tablo 3.53). Fe ve As'nin benzer jeokimyasal süreçler sonucunda suya geçtiği düşünülmektedir.

4. faktör (%9,32 varyans) olan Cu ve Pb parametrelerini oluşturan bir faktördür. İki değişken de faktörü pozitif yönde etkilemektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında iki değişkenin yüksek yük değeri sahip olduğu görülmektedir (Tablo 3.53). Bu faktör Cu ve Pb kirliliğini ifade etmektedir ve iki değişkenin aynı kaynaktan ya da benzer jeokimyasal süreçler sonucunda yeraltısuyunda bulunduğunu göstermektedir.

5. faktör (%7,12 varyans) Al, NO₃ ve DO değişkenlerini oluşturmaktadır. Tüm değişkenler faktörü pozitif yönde etkilenmektedir. Faktörü temsil eden eksene bakıldığında Al ve DO yüksek yük değerine sahiptir; NO₃ ise orta yük değerini göstermektedir (Tablo 3.53). Bu faktör suların antropojenik kirliliğini ifade etmektedir.

6. faktör sadece Zn değişkenini oluşturmakta ve pozitif yönde etki etmektedir. Faktörü temsil eden eksene göre Zn değişkeni yüksek yük değerine sahiptir ve diğer değişkenlerin

oranı 0,5 ten küçüktür (Tablo 3.53). Bu faktör yeraltısularında Zn kirliliğini ifade etmekte ve Zn'nin jeokimyasal süreçler veya antropojenik faaliyetler sonucunda suya geçtiği düşünülmektedir. Bu faktör en fazla PE1, PE2, FA9, ÜN4 ve AL5 nolu yeraltısuyu kuyularını etkilemektedir (Şekil 3.97, Şekil 3.98).

Tablo 3.52. Ordu ili yeraltısuyu analiz sonuçlarına ait KMO ve Barlett testi sonucu

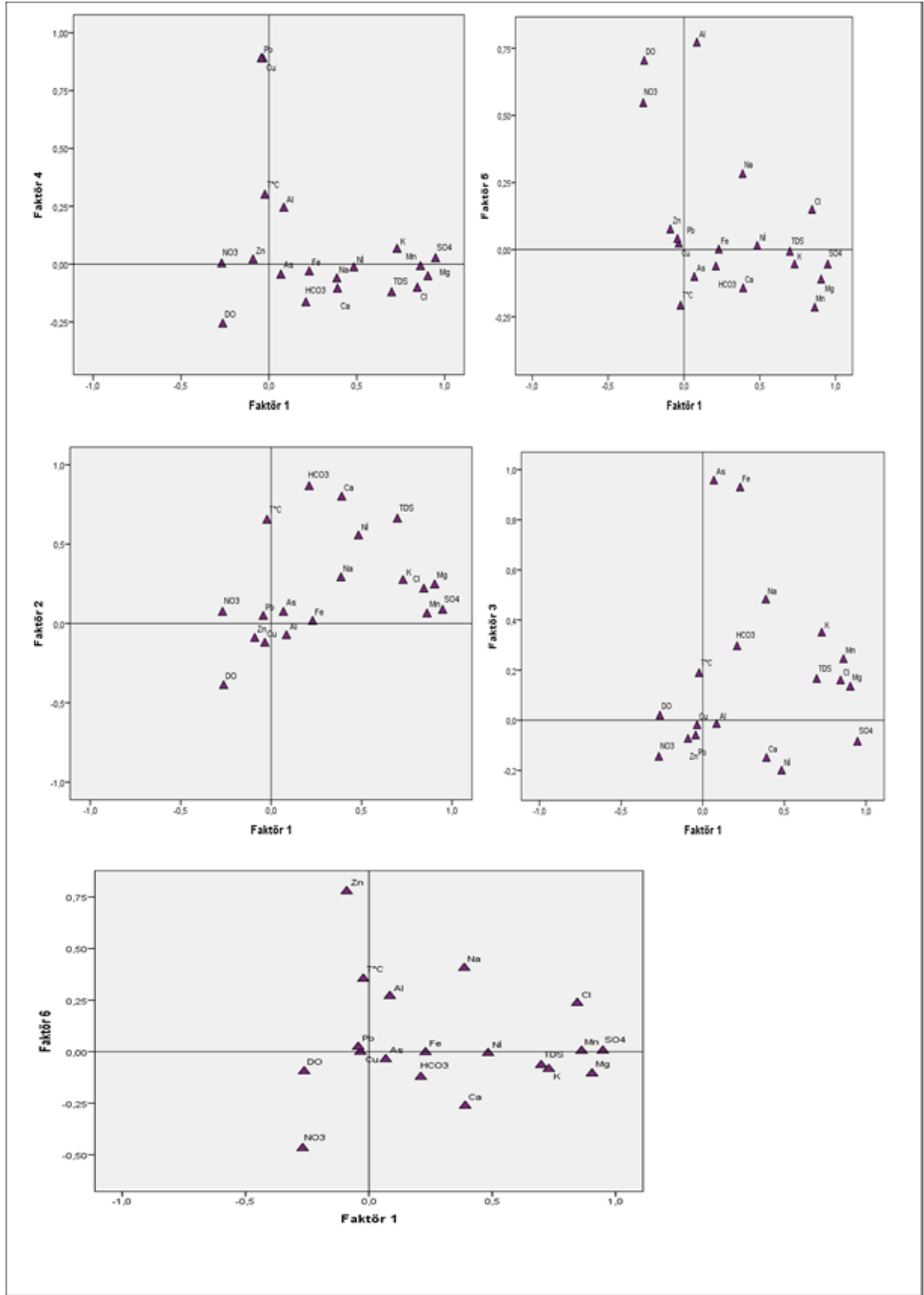
2020 Yılı Yeraltı Suları		
Kaiser-Meyer-Olkin Ölçek Geçerliği		0,522
Bartlett's Küresellik Testi	Ki Kare	816,309
	Sd	171
	P	0,000

Tablo 3.53. Ordu ili yeraltısuyu analiz sonuçlarına ait kimyasal parametrelerin Temel Bileşen Analizi toplam varyans değerleri

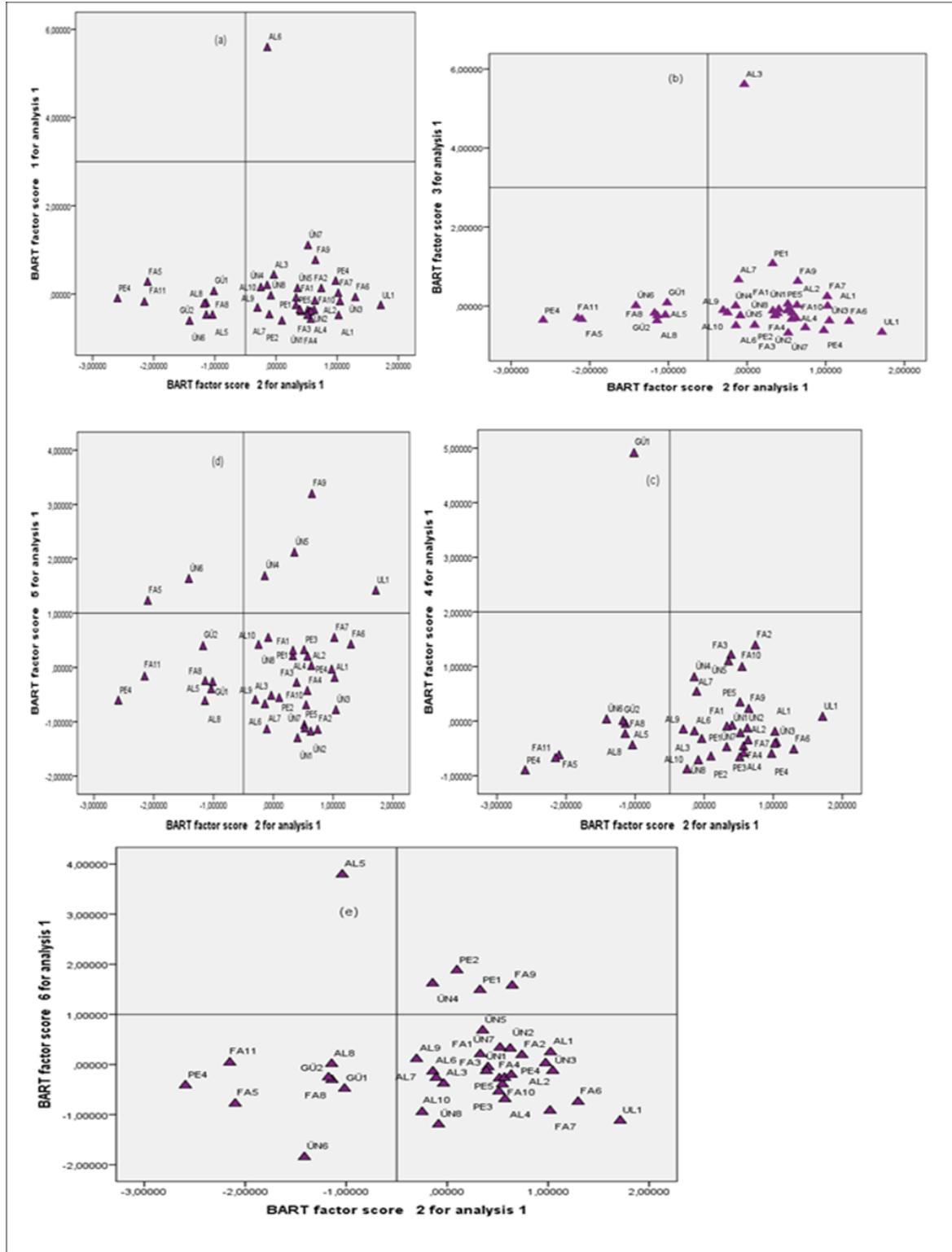
Faktörler	Toplam	Varyans%	Kümülatif %
1	6,867	36,141	36,141
2	2,187	11,51	47,65
3	1,95	10,265	57,915
4	1,772	9,328	67,243
5	1,354	7,127	74,371
6	1,167	6,142	80,513
7	0,975	5,13	85,643
8	0,927	4,88	90,523
9	0,637	3,351	93,874
10	0,369	1,943	95,818
11	0,319	1,677	97,495
12	0,206	1,086	98,58
13	0,09	0,473	99,053
14	0,082	0,433	99,486
15	0,047	0,247	99,733
16	0,029	0,155	99,888
17	0,015	0,081	99,969
18	0,004	0,022	99,991
19	0,002	0,009	100

Tablo 3.54. Ordu ili yeraltusuyu analiz sonuçlarına ait kimyasal parametrelerin döndürülmüş Temel Bileşen Analiz matrisi

Değişkenler	Bileşenler					
	1	2	3	4	5	6
SO ₄ --	0,948	0,081	-0,089	0,022	-0,058	0,005
Mg ⁺⁺	0,904	0,241	0,131	-0,056	-0,115	-0,106
Mn	0,862	0,058	0,241	-0,012	-0,219	0,003
Cl-	0,844	0,214	0,156	-0,106	0,145	0,235
K ⁺	0,729	0,269	0,347	0,063	-0,058	-0,084
TDS	0,698	0,655	0,161	-0,125	-0,011	-0,066
HCO ₃ -	0,21	0,86	0,292	-0,169	-0,066	-0,122
Ca ⁺⁺	0,39	0,794	-0,154	-0,109	-0,147	-0,263
T°C	-0,023	0,649	0,185	0,297	-0,211	0,353
NI	0,483	0,55	-0,204	-0,018	0,011	-0,007
As	0,068	0,068	0,953	-0,049	-0,105	-0,037
Fe	0,229	0,011	0,925	-0,035	-0,003	-0,003
Na ⁺	0,387	0,286	0,478	-0,065	0,278	0,406
Cu	-0,035	-0,125	-0,023	0,887	0,02	-0,001
Pb	-0,043	0,043	-0,064	0,887	0,037	0,023
Al	0,085	-0,079	-0,018	0,241	0,768	0,269
DO	-0,263	-0,394	0,016	-0,261	0,7	-0,096
NO ₃ -	-0,269	0,069	-0,149	0	0,543	-0,468
Zn	-0,091	-0,097	-0,077	0,017	0,072	0,777



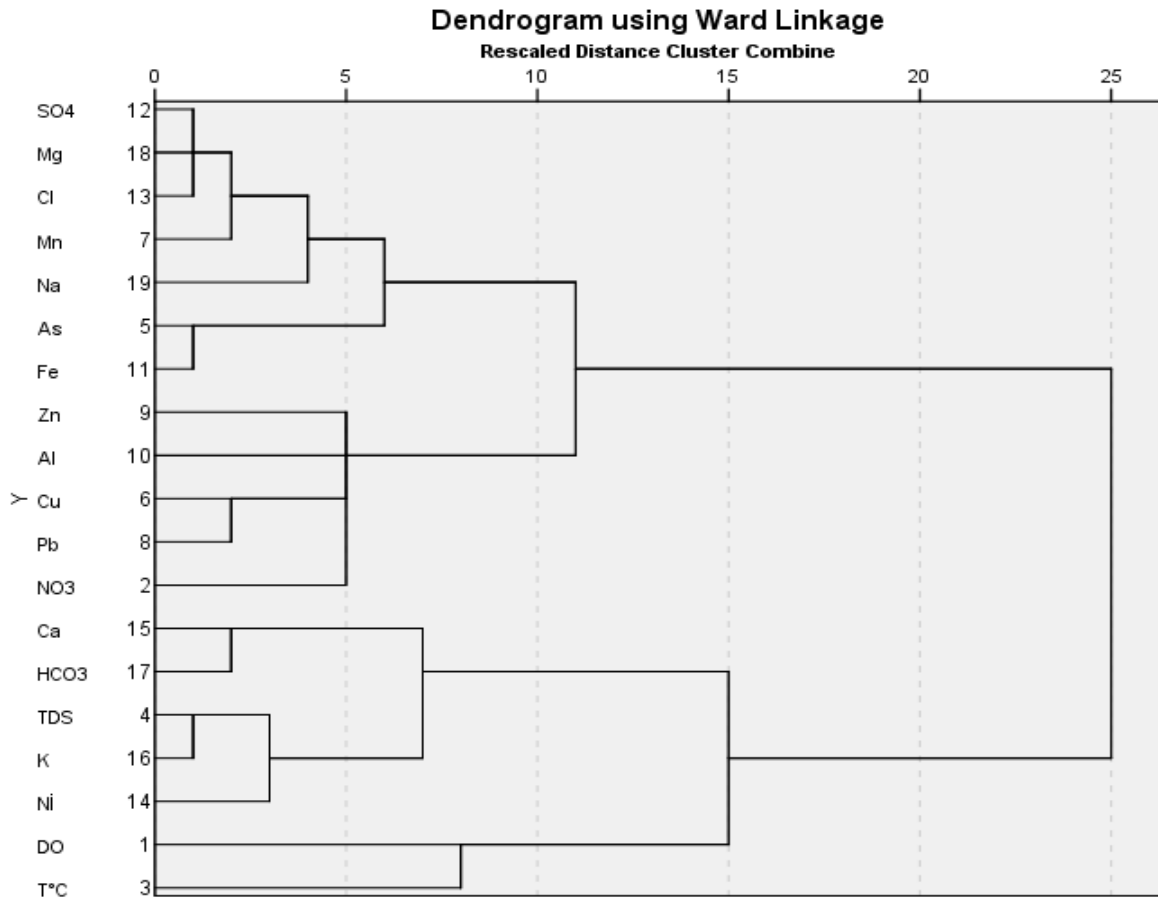
Şekil 3.74. Ordu ili yeraltusuyu analiz sonuçlarına ait kimyasal parametrelerin faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri



Şekil 3.75. Ordu ili yeraltı suyu analiz sonuçlarına ait kimyasal parametrelerin faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri

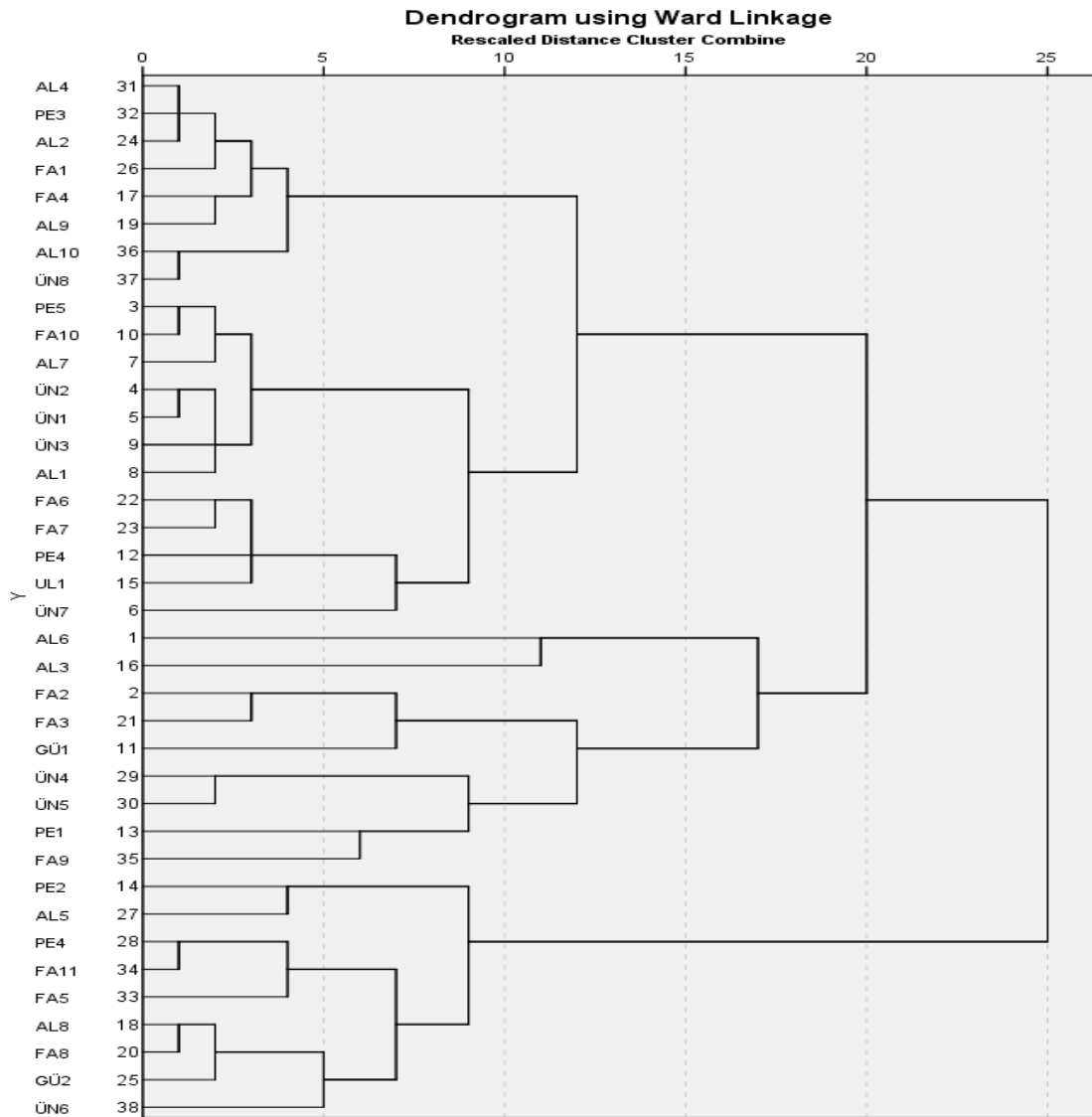
3.6.2.3. Yeraltısularında Kümeleme Analizi (Cluster Analysis)

2020 yılında örneklenen yeraltısularına ait ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi incelemesinde kullanılan parametreler üzerinde kümeleme analizi yapılarak kirlilik parametreleri arasındaki benzerlik veya farklılıkların olduğu yeraltı su kuyuları belirlenmiştir. 2020 yılında örneklenen yeraltısularına ait hazırlanan dendrograma göre 4 ana grup belirlenmiştir (Şekil 3.99). Şekil incelendiğinde I. grubu DO ve T'nin oluşturduğu görülmektedir. II. Grup NO₃, Cu, Pb, Zn ve Al'den oluşmaktadır ve bu gruba ait 2 alt grup bulunmaktadır. Birinci alt grupta NO₃, Cu ve Pb birlikte davranırken; Zn ve Al ikinci ayrı bir alt grup oluşturmaktadır. III. Grup TDS, Ni, Ca, K, HCO₃'ten oluşmaktadır. Bu grupta Ca ve HCO₃ bir alt grup; TDS, K ve Ni; DO ve T diğer bir alt grup oluşturmaktadır. IV. grubu As, Mn, Fe, SO₄, Cl, Mg ve Na parametreleri oluşturmaktadır.



Şekil 3.76. 2020 yılında örneklenen yeraltısularındaki kimyasal parametrelere ait oluşturulan dendrogram

2020 yılında örneklenen yeraltısuyu örneklerinin kirlilik derecesine göre sınıflandırılması dendrogramı incelendiğinde AL4, PE3, AL2, FA1, FA4, AL9, AL10, ÜN8, PE5, FA10, AL7, ÜN2, ÜN1, ÜN3, AL1, FA6, FA7, PE4, UL1, ÜN7 kuyu sularının 3. Grubu; PE4, FA11, FA5, AL8, FA8, GÜ2, ÜN6 kuyu sularının 4.grubu; AL6, AL3, FA2, FA3, GÜ1, ÜN4, ÜN5, PE1, FA9 kuyu sularının 1.grubu oluşturduğu görülmektedir. PE2, AL5, PE4, FA11, FA5, AL8, FA8, GÜ2, ÜN6 kuyu suyu örnekleri ise benzer şekilde davranmakta ve 2. grubu oluşturmaktadır (Şekil 3.77).



Şekil 3.77. 2020 yılında örneklenen yeraltısuyu örnekleme noktalarına ait elde edilen dendrogram

3.7. Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Su Kalite İndeks Model Geliştirilmesi

Doktora tez çalışmasının bu aşamasında, Ordu ilinde analizi yapılan yüzey sularının su kalite indeksi (WQI) tahminini yapmak için bir Yapay Sinir Ağı (YSA) modelinin geliştirilmesi denetlenmiştir. Günümüz su kalitesi araştırmalarının karşılaştığı zorluklardan biri maliyeti azaltmak ve su kalitesini değerlendirmede daha akıllı bilgisayar destekli araçlar geliştirmektir (Hafizan vd). Birçok durumda, su kalite indeksi (WQI) uzun hesaplamalar ve dönüşümler gerektirir. Ayrıca, bazı dönüşümler için farklı formüller kullanır ve hemen hemen her su kalite indeksi giriş parametresi için farklı değerler veya değer aralıkları kullanılır. Alternatif olarak yapay sinir ağı (YSA), nehirlerin su kalite indekslerinin modellenmesi için kullanılabilir (Gazzaz Vd, 2012).

Bu çalışmada ABD’de geliştiren NSF-WQI su kalite indeksi yöntemine dayanarak yapay sinir ağları yöntemiyle bir su kalite indeksi geliştirilmiştir. Bunun için Melet Irmağı, Bolaman Çayı ve Ünye’de 2016-2019 yılları arasında 5 istasyonda yapılan su kimyası analiz sonuçları kullanılarak NSF-WQI su kalite indeksi hesaplanmıştır. Hesaplanan su kalite indeksleri ve NSF-WQI yöntemde kullanılan 9 parametre arasındaki korelasyon testi Spearman korelasyon yöntemine göre yapılmıştır (Tablo 3.55).

Tablo 3.55. Spearman korelasyon testi

	BOD5	DO	NO3	PO4	pH	T	TDS	Bulanıklık	Koliform	NSF-WQI
BOD5	1	-,349**	-0,071	0,019	-0,082	,462**	0,131	0,09	0,048	-,555**
DO	-,349**	1	0,188	-0,197	0,163	-,630**	-0,112	-0,13	-,260*	,506**
NO3	-0,071	0,188	1	0,056	-0,21	-0,157	-0,1	0,07	0,154	0,081
PO4	0,019	-0,197	0,056	1	-0,073	0,179	0,224	0,111	,379**	-,283*
pH	-0,082	0,163	-0,21	-0,073	1	-0,132	0,002	0,014	-,286*	-0,075
T	,462**	-,630**	-0,157	0,179	-0,132	1	0,184	0,133	0,063	-,600**
TDS	0,131	-0,112	-0,1	0,224	0,002	0,184	1	0,049	0,154	-,409**
Bulanıklık	0,09	-0,13	0,07	0,111	0,014	0,133	0,049	1	-,232*	-,246*
Koliform	0,048	-,260*	0,154	,379**	-,286*	0,063	0,154	-,232*	1	-,371**
NSF-WQI	-,555**	,506**	0,081	-,283*	-0,075	-,600**	-,409**	-,246*	-,371**	1

Su kalite indeksiyle 0,5 korelasyon katsayına ulaşan parametreler yapay sinir ağları geliştirilen su kalite indeksi modelinde giriş parametresi olarak kullanılmıştır. Azalan veri sayısı aynı NSF-WQI indeksi yöntemiyle hesaplanan su kalite indeks değerleri için bir yapay sinir ağları modeli geliştirilmiştir. Spearman korelasyon testi sonuçlara göre BOD5

($r=-0,55$), DO ($r=0,56$) ve T ($r=-0,60$) için NSF-WQI’de iyi bir korelasyon bulunmaktadır. Dolayısıyla bu parametreler yapay sinir ağıları modelinde giriş parametreleri olarak kullanılmıştır. Bu giriş parametreleri kullanarak; nöron sayısı artırma-azaltma ve Aktivasyon Fonksiyonları değiştirme gibi değişik denemeler yapılarak en iyi sonuç veren model belirlenmiştir. Tablo 3.54’te belirlenen koşullar doğrultusunda YSA yöntemi ile en iyi sonuçlara ulaşılmıştır. Giriş katmanındaki aktivasyon fonksiyonu için sigmoid fonksiyonu en iyi sonuçları vermiştir. Çıkış katmanındaki aktivasyon fonksiyonu için ise doğrusal aktivasyon fonksiyonu en iyi sonuçları vermiştir (Tablo 3.56).

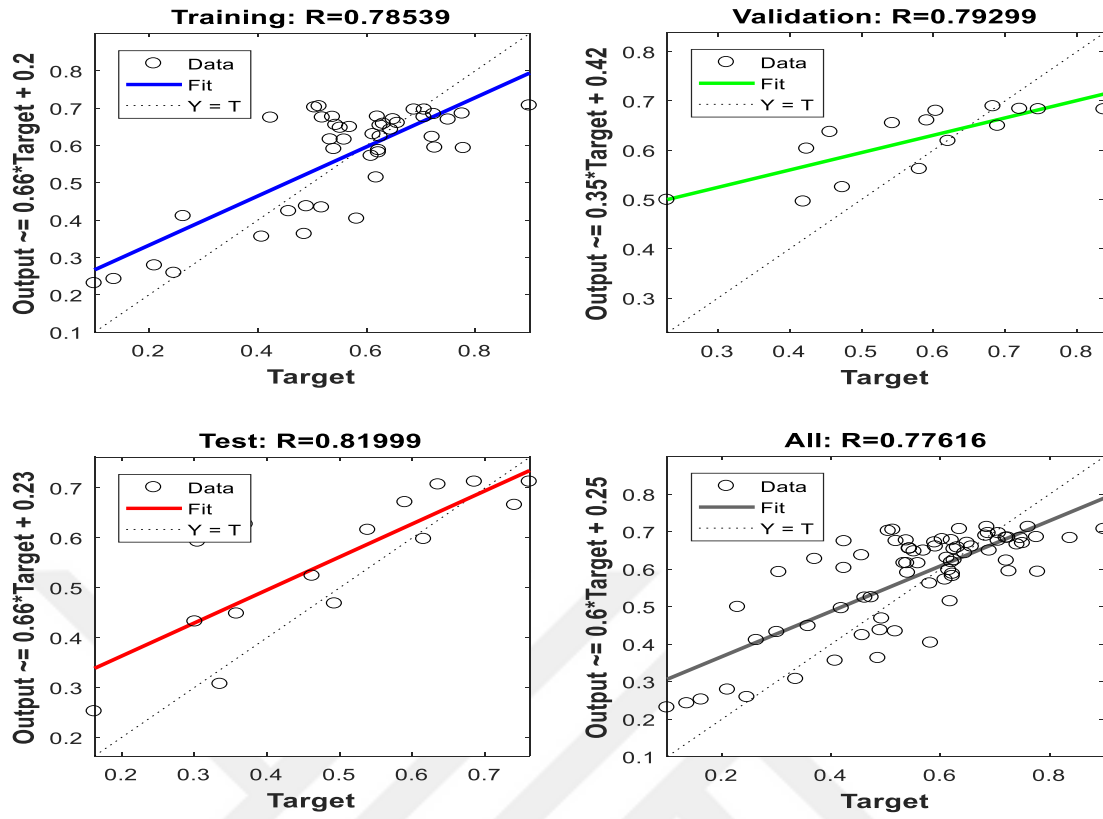
Tablo 3.56. YSA yöntemi ile en iyi sonuçlara ulaşılan koşulların detayları

Giriş Parametre	Toplam Veri	Veri Seti	Veri Sayısı	Girişin Aktivasyon Fonksiyonu	Ara Katman Nöron Sayısı	Çıkışın Aktivasyon Fonksiyonu	İterasyon
BOD, DO, T	74	EĞİTİM	44	SİGMOİD	4	DOĞRUSAL	3000
		DOĞRULAMA	15				
		TEST	15				

Daha sonra modelin performansı, korelasyon katsayısı (R), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) gibi istatistiksel kriterlerle değerlendirilmiştir. Modellenen su kalite indeksi ile hesaplanan yeni su kalite indeksi arasında her seti için HOKK, OMH ve R^2 değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.57). Eğitim setinde HOKK değeri 3,99; doğrulama setinde HOKK değeri 4,93; test setinde ise HOKK değeri 3,95 olarak hesaplanmıştır. Eğitim setinde OMH değeri 3,11; doğrulama setinde OMH değeri 3,95; test setinde OMH değeri 3,43 olarak hesaplanmıştır. Eğitim setinde R^2 değeri 0,78; doğrulama setinde R^2 değeri 0,73; test setinde ise R^2 değeri 0,82 olarak belirlenmiştir (Sekil 3.101).

Tablo 3.57. YSA yöntemi ile elde edilen sonuçlar

Eğitim			Doğrulama			Test		
HOKK	OMH	R^2	HOKK	OMH	R^2	HOKK	OMH	R^2
3,99	3,11	0,78	4,93	3,95	0,73	4,47	3,43	0,82



Şekil 3.78. Hesaplanan NSF-WQI ve modellenen WQI arasındaki korelasyon katsayısı

4. TARTIŞMA

Ordu ili yüzey ve yeraltı su kaynaklarının su kalitesi yönünden incelenmesinin amaçlandığı bu çalışmada su kalite parametreleri, ilgili sınır değerlerine göre değerlendirilerek içme-kullanma ve tarımsal amaçlı kullanım için uygunluğu belirlenmiştir. Yüzey ve yeraltı sularının su kalite indekslerini belirlenmek için ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI) yöntemi ve ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi yöntemi kullanılmıştır.

Su kaynaklarının kalitesinde meydana gelebilecek değişimleri belirlemek ve nedenlerini anlamak için parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi gerekmektedir; bu nedenle Spearman korelasyon analizi ve temel bileşenler analizi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca yapay sinir ağları tekniği kullanılarak bir su kalite indeksi modeli geliştirmiştir.

İnceleme alanındaki yüzey ve yeraltı sularının kalitesi ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 2023 yılı şubat ayında DSI ve OSKİ'nin Ordu ilinin su kaynakları kalite izleme istasyonlarına ait 15 noktasından su örnekleme yapılarak fiziksel, inorganik kimyasal parametreler, organik parametreler, iz elementler ve bakteriyolojik parametreler analiz edilmiştir. Ayrıca suların geçmişteki hidrojeokimyasal özelliklerini ve zamanla değişimi incelenmek için geçmiş yıllara (1995-2019) ait su analiz verileri DSI'den elde edilmiştir. Yeraltısularının hidrojeokimyasını incelemek için DSI'den elde edilmiş 38 sondaj kuyusuna ait analiz verileri kullanılmıştır.

2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suları analiz sonuçlarına göre bazı parametrelerin standartlarda önerilen sınır değerlere uygun olmadığı belirlenmiştir. YS4 örnekleme noktasında nitrit içeriği Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınır değerlerinden yüksektir. Suda nitritin bulunuşu, organik kirlenme tarafından etkilenmiş aktif biyolojik süreçlerin varlığını gösterir (McNeely vd., 1979).

2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suları analiz sonuçlarına göre tüm örnekleme noktalarında amonyum miktarı Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) sınır değerinin üstünde bulunmaktadır. Bu miktarlar doğal prosesler ya da antropojenik kaynaklı olabilir. Amonyum, organik maddelerin ayrışması veya gübrelerin sularda çözünmesi gibi süreçlerle ortaya çıkabilir. Ustaoglu vd (2020) Tarımsal faaliyetlerin ve evsel kirliliğin Turnasuyu

Havzası'ndaki su kalitesine etkisi incelenmesinde elde edilen sonuçlara göre Fındık tarımında kullanılan gübreler, nitrat azotu ve amonyum azotunun başlıca kaynağıdır

2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suları analiz sonuçlarına göre YS15 (Ünye at çiftliği yan köprü) örnekleme noktası en yüksek alüminyum miktarına sahiptir ve TSS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006) standartlarında belirlenmiş sınır değerden (0,200mg/l) daha yüksektir. Alüminyum toprak erozyonu, mineral işleme tesisleri, tarımsal uygulamalar ve endüstriyel atıklar sonucunda su kaynaklarına karışabilir. Y15 yüksek alüminyum nedeni toprak erozyonu düşünülmüştür. Candan ve Taş (2014) melet ırmağı'nda (Ordu) *Cladophora crispata*'da bazı ağır metal düzeyleri incelenmesinde Hem bakır, kurşun ve çinko maden rezervine sahip hem de çeşitli maden işletmelerine ev sahipliği yapan ikinci istasyon, dört istasyon içerisinde *C. crispata*'da ağır metal birikimi yönünden en yoğun istasyondur.

2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suları analiz sonuçlarına göre YS12 (Ordu Merkez), YS5 (Fatsa) ve YS6 (Bolaman Çayı) örnekleme noktalarında cıva düzeyleri (TSE-266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'da belirlenmiş sınır değerlerden (0,001mg/l) daha yüksektir. Bu yüksek cıva içerikleri antropojenik aktivitelerden kaynaklanabilmektedir (sanayi Atıklar veya bazı tarım ilaçları).

Yüzey suları nitrat içerikleri açısından değerlendirildiğinde; 1995-2019 yıllar arası analiz sonuçlarına göre ortalama nitrat miktarı 1,62-8,78 mg/l arasında, 2023 yılı şubat ayı analiz sonuçlarına göre nitrat miktarı 2,35-16,2 mg/l arasında değişmektedir. YS1, YS3, YS4, YS5, YS8, YS10, YS11, YS13, YS14, YS15 örnekleme noktaları yüksek nitrat miktarlarına sahip olup Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği'ne göre III. (orta) kalite sular sınıfına girmektedir. Bu rakamlar Ordu ilinin yüzey sularının nitrat düzeyinin yıllar içinde giderek yükseldiğini ifade etmektedir. Yüzey ve yeraltısularındaki nitrat çoğunlukla organik veya insan kaynaklıdır. Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, katı atıkların yıkanması, evsel atıklar, endüstriyel atıksular (azotlu gübre nitrit asit v.b. endüstriler), tarımda kullanılan gübreler, sulamadan dönen sular, atmosferik azotun yağışlarla yıkanması yüzey ve yeraltısularındaki nitratı sağlayan başlıca kaynaklardır (Dikmen, 2001).

2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suları analiz sonuçlarına göre hazırlanan Piper diyagramına göre çalışma alanındaki yüzey suları Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi sular arasında değişim göstermektedir. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre ise analizi yapılan suların (YS13 hariç) Ca²⁺ ve HCO₃⁻ kutuplarında maksimum değerler gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum yüzey sularının ana bileşenlerinin bikarbonat (HCO₃⁻) ve kalsiyum

(Ca²⁺) iyonları olduğu anlamına gelir. YS13 örnekleme noktasındaki ana bileşenler ise Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarıdır.

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH, 1979) sınıflamasına göre çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında örneklenen YS15 ve YS8 noktalarındaki sular Ca-HCO₃ tipinde; diğer noktalara ait sular ise karışık sular tipinde olup noktalara göre değişmektedir YS14, YS7, YS1, YS12, YS11, YS9, YS2 ait suların Ca-Mg-HCO₃-SO₄ sular tiptir; YS6 suların (Ca-Na-Mg-HCO₃); YS5 suların (Ca-HCO₃-SO₄); YS4 suların (Ca-Na-HCO₃-SO₄) ve YS3 suların (Ca-Na-Mg-HCO₃-Cl) tiptir

Ca-Mg-HCO₃'lu, Ca-HCO₃'lu su fasiyesi çalışma alanında ve yakın çevresinde yer alan karbonatlı ve sülfatlı birimlerin ile su-kayaç etkileşimine bağlı olarak gelişmektedir. Ca-Na-Mg-HCO₃-Cl ve NaCl fasiyesinde olan sular ise deniz suyunun etkisi ile toprakta ve su kaynaklarında tuz birikmesine bağlı olarak gelişebilir.

AL6 (Civil Irmağı) sondaj kuyusunda sülfat değeri (465 mg/l) ve mangan miktarı (808 µg/l) Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006)'da belirlenen sınır değerlerin üzerinde bulunmaktadır. Bu Yüksek sülfat değerlerinin nitrat nedenlerinden düşünülmüştür. Mn'nin yüksek olması ise tarımda kullanılan gübrelerinden kaynaklı düşünülmüştür .

AL3 (Civil Irmağı) sondaj kuyusunda arsenik değeri 15,20 µg/l ile Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006)'da tanımlanan limit değerden (0,01mg/l) daha yüksektir. Aynı su kuyusunda demir değeri (4800 µg/l) de sınır değerinin üstünde bulunmaktadır. Bu yüksek arsenik ve demir değerlerinin antropojenik kökenli olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca AL3 nolu sondaj kuyusu bir sigara fabrikasına çok yakın konumda bulunmaktadır.

ÜN4 (Ünye) nolu sondaj kuyusunda alüminyum değeri (305,00 µg/l) belirlenmiş sınır değerlerinden daha yüksektir. Bu sondaj kuyusundaki yüksek alüminyum içeriğinin antropojenik aktivitelerden kaynaklandığı düşünülmüştür. ÜN4 sondaj kuyusu bir maden işletmesine çok yakın konumda bulunmaktadır. mineral işleme tesisleri, yüksek alüminyum neden olabilmektedir

ÜN7 ve Fatsa Eskiordu'daki FA9 nolu kuyuda selenyum miktarları (19 µg/l ve 11,4 µg/l) Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006)'da belirlenen sınır değerlerden daha yüksektir. ÜN7 nolu sondaj kuyusu çimento sanayi ve hazır beton tesisi bölgesinde bulunmaktadır ve yüksek selenyum buralardan kaynaklanabilir.

Yeraltısuyu örnekleri için hazırlanan Piper diyagramına göre çalışma alanında örneklenen yeraltısuları Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi sular arasında değişim göstermektedir. AL3, AL8, ÜN3 yeraltısuyu kuyularının suları ise karışık sular tipindedir. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre çalışma alanında örneklenen yeraltısuları Ca²⁺ ve HCO₃⁻ maksimum değerler göstermektedir. Bu durum yeraltısularının ana bileşenlerinin bikarbonat (HCO₃⁻) ve kalsiyum (Ca²⁺) iyonları olduğu anlamına gelir ve suların Ca-HCO₃ tipinde olduğunu ifade etmektedir. Yeraltısularının Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH, 1979) sınıflamasına göre kuyu suları Ca-Mg-HCO₃ ve Ca-Mg-HCO₃-SO₄ su tipi olarak belirlenmiştir. Ca-Mg-HCO₃'lu, Ca-HCO₃'lu su fasiyesi, çalışma alanı ve yakın çevresinde yer alan karbonatlı su-kayaç etkileşimine bağlı olarak gelişmektedir. Yüzey suları ve yeraltısularındaki hidrojeokimyasal fasiyesler birbirine benzemektedir.

Yüzey ve yeraltısularının tarımsal sulamada kullanıma uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla hem yüzey suları hem yeraltısuları için Sodyum yüzdesi, SAR yüzdesi, Kelly İndeksi ve Magnezyum tehlikesi incelenmiştir.

Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin sodyum yüzdesi 48-15,46 arasında değişmektedir. En yüksek sodyum yüzdesi YS13 (Bolaman Çayı) noktasında tespit edilmiştir ve “kullanabilir sular” sınıfındadır. YS13 örnekleme noktası en yüksek sodyum ve klorür miktar sahip olan noktadır. Diğer istasyonların ait suların ise “çok iyi” su kalite sınıfı olarak belirlenmiştir. Alınan yüzey suyu örneklerinin SAR yüzdesi 0,40-2,23 arasında değişmekte olup “çok iyi kalitede sulama suyu” sınıfına girmektedir. Su örneklerinin Kelly İndeksi değerlerinin tümü 1’den küçüktür. Su örneklerinin magnezyum tehlikesi oranları %36,67 ve %17,02 arasında değişmektedir. Bu değerlerin tümü %50’den küçüktür. Wilcox Diyagramı’na göre “çok iyi” sular olduğunu ifade edilmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı’na göre yüzey suları C1S1 ve C2S1 sınıfında olup her türlü sulamada kullanabilir özelliktedir.

Yeraltısuyu örneklerinin 2020 yılı analiz sonuçları tarımsal sulama için incelendiğinde; PE1 (Perşembe) ve AL5 (Altınordu) su kuyularının sodyum yüzdesi değeri yüksek olup “şüpheli” sular sınıfındadır. Kuyu sularının kalıcı sodyum karbonat değerleri 8,42-2,51 arasında değişmektedir. FA4 (0,050), AL1 (0,09), AL7 (0,099), PE3 (0,142), AL5 (0,24), PE2 (0,24), FA9 (1,26), AL3 (1,98), PE1 (2,51) nolu kuyularda RSC değerleri pozitif olup sodyum zararı yaratabilecek bir risk faktörü olan kuyulardır. Sınıflamaya göre PE1 nolu kuyu suyu “kullanılmaz”; FA9 ve AL3 kuyu suları “şüpheli” ve diğer kuyu suları “iyi” su sınıfındadır. FA9 (Fatsa), AL5 (Altınordu) ve PE1(Perşembe) kuyu sularının Kelly İndeksi

değerleri (1,52; 2,26 ve 2,51) olup sulamaya uygun değildir. AL3 (Altınordu), PE5(Perşembe), AL6 (Altınordu) ve PE1(Perşembe) su kuyularının magnezyum tehlikesi değerleri (%53,05; %54,70; %56,52; %65,48) olup sulama için uygun değil sınıfındadır.

Tüm yüzey sularının suları sulamada kullanabilirken; birçok yeraltısuyu kuyusunun suyu sulama için uygun değildir.

Ordu ilin yüzey ve yeraltısularının su kalitesini incelenmek için ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi ve ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI) kullanılmıştır.

Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre YS5, YS6 ve YS12 örnekleme noktalarına ait sular “içme amacı için uygun olmayan” su kalite sınıfındadır. Bu sular kirlenmiş sulardır. Ayrıca bu kalitedeki sular yüksek cıva içeriğine sahip olan sulardır. Standartları aşan yüksek cıva içeriğine sahip olan sular, ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre de “içme amacı için uygun değil” olarak belirlenmiştir.

2013-2019 yılları arasındaki yüzey suyu analizlerine göre, tüm istasyonlara ait ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi değişimi incelenmiştir. Bu değişim ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için ayrı ayrı belirlenmiştir.

İlkbahar mevsimi için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indekslerine göre tüm istasyonlardan alınan yüzey suyu örnekleri bu dönemde “mükemmel kalite” sınıfındadır. En yüksek kalite indeks değeri YS15 (Ünye) istasyonudur (23,90); ve en düşük kalite indeks değeri ise YS8 (Kızlar yaylası) (3,41) istasyonu olarak belirlenmiştir.

Yaz mevsimi için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi değerleri 5,80 (YS8) ve 106,27 (YS9) arasında değişmektedir. YS1, YS4, YS5, YS6, YS7, Y8, YS10, YS12, YS15 istasyonlarında su kalite indeksleri “mükemmel kalite” su sınıfındadır. YS13, YS11 ve YS14 istasyonlarında su kalite indeksleri “iyi kalite” su sınıfındadır. YS9 istasyonu yaz mevsimi ortalama su kalite indeksi değeri açısından “kötü kalite” su sınıfına girmektedir.

Sonbahar mevsimi için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indekslerine göre YS9 (Asarcık) en düşük ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine (3,15); YS14 (Bolaman Çayı) (80,51) en yüksek ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine sahiptir. YS14 istasyonu sonbahar mevsiminin ortalama değeri açısından “kötü kalite” su sınıfına girmektedir. Diğer tüm istasyonlarda su kalite indeksi “mükemmel kalite” su sınıfındadır.

Kış mevsimi için hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indekslerine göre, en yüksek su kalite indeks değeri YS1 (Melet Irmağı) (194,35) istasyonunda ve en düşük su kalite indeks değeri ise YS5 (Ceviz Dere) (4,59) istasyonda hesaplanmıştır. YS15, YS12, YS11,

YS6, YS5, YS7, YS8, YS9, YS4, YS10 istasyonlarında kış mevsimine ait su kalite indeksleri “mükemmel kalite” sınıfında; YS13 ve YS14 istasyonlarında kış mevsimine ait su kalite indeksleri “iyi kalite” sınıfında ve YS1 istasyonunda su kalite indeksi ise “içme için uygun değil kalite” sınıfındadır.

Bu sonuçlara göre en yüksek su kalite indeksine ait mevsim ilkbahar mevsimidir.

Çalışma alanında 2023 yılı şubat ayında alınan yüzey suyu örneklerinin Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI) 56,72 (orta kalite) ile 73,97 (iyi kalite) arasında değişmektedir.

Ustaoglu vd (2020) göre Turnasuyu Havzası'ndaki suları Su Kalitesi İndeksi açısından mükemmel bir su kalitesine sahiptir. Ustaoglu vd (2020).

Durmuş (2021) Ankara çayı su kalitesinin NSF-WQI indeksi kullanılarak belirlenmesi çalışmıştır. Ankara Çayı'nda ölçülen en düşük NSF-WQI indeks değeri kış mevsiminde 9. istasyonda 37,07 (kirli) olarak, en yüksek NSF-WQI indeks değeri ise ilkbahar mevsiminde 80,86 (iyi) olarak 1. istasyonda ölçülmüştür.

Zotou vd (2019) tarafından yapılan çalışmada, Yunanistan Vosvozis Nehri'ndeki Yedi Su Kalitesi İndeksi'nin (WQI) performansı incelenmiştir. Çalışmada, 3 farklı istasyondan 16 ay boyunca her iki haftada bir toplanan numuneler üzerinde 11 su kalitesi parametresinin analizi gerçekleştirilmiş ve yaygın olarak kullanılan yedi su kalitesi indeksinin karşılaştırmalı performansı değerlendirilmiştir. Uygulanan indeksler arasında Prati'nin Kirlilik İndeksi, Bhargava'nın İndeksi, Oregon WQI, NSF-WQI, CCME-WQI, Dinius'un İkinci İndeks ve Ağırlıklı Aritmetik WQI bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, Bhargava Endeksi'nin NSF WQI ile birlikte su kütlelerini üstün kalite sınıflarına ayırma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Prati'nin İndeksi biraz daha düşük kategorilere ayrılırken, Oregon ve CCME WQI'lerinin görece "daha katı" olduğu ve nitel sıralamanın en düşük sınıfları arasında değişen sonuçlar verdiği belirtilmiştir. CCME WQI, hem ihtiyatlı hem de su kalitesindeki değişiklikleri yansıtmak için yeterince hassas olduğundan, incelenen endeksler arasında en uygun olanı olarak önerilmiştir.

1995-2019 yılları arasındaki analiz sonuçlarına göre Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksleri 54,7- 84,95 arasında değişmektedir. En düşük Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 54,7 ile YS13 (Bolaman Çayı) örnekleme noktasında 2019 sonbahar mevsiminde alınan sulardır; en yüksek su kalite indeksi ise 2013 kış mevsiminde alınan YS10 örnekleme noktasına (Korgan Göleti) ait sulardır. YS13 örnekleme noktası 1995-2019 yıllar arası en düşük su kalite indeksine sahiptir. Bu örnek noktası en kirlenmiş yüzey suları izleme

istasyonudur. Bu örnek noktasında TDS içeriğinin yüksek olması ve suyun ana bileşenlerinin klorür (Cl^-) ve sodyum (Na^+) iyonları olmasıyla beraber bu sulara deniz suyunun etkisi sonucu toprakta ve su kaynaklarında tuz birikmesine neden olmuş olabilir. Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi yöntemine göre Ordu ilinde yüzey sularında “kötü” sınıfına giren bir yüzey suyu izleme istasyonu bulunmamaktadır. Genel olarak istasyonların su kalite indeksleri sürekli değişmektedir fakat mevsimler arası su kalite indeksleri incelendiğinde mevsimden mevsime fazla bir su kalite değişimi bulunmamaktadır.

Yeraltısularında 2020 yılı analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre Ordu ilinde yeraltısularının kalitesinin “mükemmel”, “orta” ve “kötü” arasında değiştiği belirlenmiştir. Altınordu ilçesinde AL5 su kuyusu “orta” kalite ve AL8 kuyusu “kötü” kalite su sınıfındadır. Diğer sondaj kuyularına ait yeraltısuları “mükemmel” ve “iyi” kalite su sınıfında yer almaktadır.

Bu çalışma kapsamında yüzey ve yeraltısularında bulunan kimyasal parametreler arasındaki ilişkileri belirlenmek için Spearman korelasyon analizi, temel bileşen analizleri yapılmıştır.

Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre bazı yüzey suyu örneklerinde Ca-Mg ($r=0,868$), Ca- HCO_3 ($r=0,94$), Mg- HCO_3 ($r=0,876$), Ca-Na ($r=0,90$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır ve bu su örneklerinin bikarbonat, kalsiyum ve magnezyum iyonlarınca zengin olduğuna işaret etmektedir. Bu parametreler arasında yüksek korelasyonun bulunması su kaynaklarının karbonatlı kayaçlarla temas halinde bulunmasına işaret etmektedir.

Temel bileşen analizi sonuçlarına göre Melet Irmağı sularında en büyük varyans oranına sahip olan faktörler TH, HCO_3 , Mg, Ca, EC, TDS, Na ve As arasında oluşturulan faktörlerdir. Bolaman Çayı yüzey sularının temel bileşen analizine göre Mg, Na, EC, HCO_3 , Ca, Cl ve TH değişkenleri faktör oluşturmaktadır. Ünye yüzey sularında TH, Mg, HCO_3 , Na, Mg, Na, EC, HCO_3 , Ca, Cl ve TH parametreleri bir faktör oluşturmaktadır. Ordu merkez göleti yüzey sularında en büyük varyans oranına sahip faktörler TH, Mg, Na, Ca, HCO_3 , Bulanıklık, TDS, Cl, T, DO faktördür. Bu faktörler kayaç-su değişimlerini ifade etmektedir; Ca ve HCO_3 iyonları bu suların tatlı sular olup, suların karbonatlı kayaçlarla temas ettiğini ifade etmektedir. SO_4 , Cl, NO_3 ve TDS parametreleri ayrı bir faktör oluşturmaktadır. Bu faktörün klorürlerin ve sülfatların orman tabanı ve humuslu toprakların yağış sularıyla yıkanması ile temsil edilen faktör olduğu düşünülmektedir; nitratların ise antropojenik faaliyetler (gübre kullanımı) ile ilişkilendirilmesine bağlanır. TDS organik bileşenler ile

ilişkilidir. As, NO₃ ve Koliform değişkenleri bir faktör oluşmaktadır. Bu faktörün orman tabanı ve humuslu toprakların yağış suları ile yıkanmasıyla temsil edilen faktör olduğu düşünülmektedir;

Yeraltısularında 2020 yılı analiz sonuçları kullanılarak Spearman korelasyon analizi yapılmıştır. Parametrelerin Spearman korelasyon analizine göre HCO₃-Mg ($r=0,76$), Ni-Ca ($r=0,81$), Ca-HCO₃ ($r=0,84$), Na-Cl ($r=0,92$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon belirlenmiştir. Bu durum yeraltısularının bikarbonat, kalsiyum ve magnezyum iyonlarınınca zengin olduğunu, su kaynaklarının kalsit (CaCO₃) ve dolomit (Ca. Mg (CO₃)₂) gibi minerallerce zengin karbonatlı kayalarla temas ettiğini göstermektedir.

Yeraltısularında 2020 yılı analiz sonuçları kullanılarak temel bileşen analizi yapılmıştır. Buna göre HCO₃, Ca, T, Ni değişkenleri aynı faktörde bulunmaktadır. Al, NO₃ ve DO değişkenleri bir faktörü oluşturmaktadır ve Çinko (Zn) tek başına ayrı bir faktör oluşturmaktadır. Ca ve HCO₃ iyonları bu suların tatlı sular olup, karbonatlı kayalarla temas ettiğine işaret etmektedir Al, NO₃ ve DO faktörü su kalitesini belirten bir faktördür ve yeraltısularının alüminyum, gübreler ve antropojenik faaliyetlere maruz kaldığını göstermektedir. Zn faktörü Zn 'nın korozyon kirliliği ifade etmektedir sonucunda suya geçtiğini ifade etmektedir. Bu faktör en fazla PE1, PE2, FA9, ÜN4 ve AL5 nolu kuyuları etkilemektedir.

Bu çalışmada, Ordu ilinin yüzey suyu su kalite indeksinin daha kolay tahminini yapmak için bir Yapay Sinir Ağı (YSA) su kalite indeks modeli geliştirilmiştir. Bu kapsamda Melet Irmağı, Bolaman Çayı ve Ünye yüzey suyu izleme istasyonlarına ait geçmişte yapılan analiz verileri kullanılmıştır. ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksinde kullanılan 9 parametre için su kalite indeksi belirlenmiştir. Belirlenen su kalite indeks değerleri ile parametreler arasındaki korelasyon, Spearman korelasyon yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve 0,5'ten yüksek korelasyon oranı olan parametreler YSA için geliştirilen modelde giriş parametresi olarak kullanılmıştır. Giriş parametresi olarak BİO₅ (BOD₅), çözünmüş oksijen (DO) ve sıcaklık (T) kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modeli Matlab programı yapay sinir ağı kısmı kullanılarak yapılmıştır. Modelin performansını ölçmek için yapay sinir ağı yöntemiyle 3 parametre kullanılarak hesaplanan su kalite indeks değerleri ve ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı yöntemiyle 9 parametre kullanılarak hesaplanan su kalite indeks değerleri arasındaki korelasyon katsayısı (R), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) gibi istatistiksel kriterlerle değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre eğitim setinde R² değeri 0,78; doğrulama setinde R² değeri 0,73 olarak hesaplanmıştır; test setinde ise R²

değeri 0,82 olarak belirlenmiştir. Yapay sinir ağları modeli, ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi parametrelerini azaltarak ve kullanan diyagramlar ve ara hesaplamalar kullanmadan Ordu ili yüzey sularının su kalitesini belirlemek için daha basit ve daha az veri gerektiren bir yapay sinir ağı su kalite indeksi geliştirebildiğini göstermektedir.



5. SONUÇLAR

Ordu ili yüzey ve yeraltısularının su kalitesini değerlendirmek üzere yüzey ve yeraltısularında fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin analiz verileri kullanılarak Türk Standartları Enstitüsü (TS 266), Yerüstü Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından içme ve kullanma suyu için tanımlanan sınır değerlere göre değerlendirilmiştir.

Ağırlıklı Aritmetik su kalite indeksi ve ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı Su kalite indeksi (NSF-WQI) kullanılarak Ordu ilinin su kaynaklarında su kalitesi belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma kapsamında ilin jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri, yüzey ve yeraltısularının hidrokimyasal özellikleri, suların kirlilik parametreleri belirlenmiş ve suların sulamaya ve içmeye uygunluğu araştırılmıştır.

Doktora tez çalışması sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Ordu ilinde en yaşlı jeolojik birimi Kretase Dönemindeki Mesudiye Formasyonu oluşturmaktadır. Bu formasyon içerisinde bazalt, andezit ve bunların piroklastları, kumtaşı, kırmızı kireçtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve tüfitler yer almaktadır. Mesudiye Formasyonu'nun üzerinde Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu, Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu, Çaybaşı Üyesi, Asarcık Üyesi, Miyosen-Pliyosen yaşlı Canik Volkanitleri yer almaktadır. Bölgedeki en genç birim Kuvaterner yaşlı Eski Kumsal Çökelleri, Güncel Akarsu Çökelleri, Güncel Kumsal Çökelleri, Güncel Taşkın Ovası Çökelleri, Eski Alüvyon (Qek), Yeni Alüvyon (Qal)) oluşturmaktadır.

Çalışma alanında yer alan ve yaşları Üst Kretase-Kuvaterner aralığında değişen litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri belirlenerek geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere üç ana gruba ayrılmıştır. Geçirimli birimleri Kuvaterner yaşlı olan çökeller, akarsu, denizel-lagüner çökeller olarak ayırtlanan alüvyon karakterli birimler oluşturmaktadır. Üst Kretase-Pliyosen yaşlı ve genellikle volkanik kayalardan oluşan ikincil gözenekliliğe sahip olan kayalar yarı geçirimli birimleri oluşturmaktadır. Üst Kretase-Pliyosen yaş aralığında değişen, andezit, bazalt, dasit, aglomera, piroklastik kayalardan oluşan kayalar ise çok az geçirimli-geçirimsiz litolojileri oluşturmaktadır.

İnceleme alanındaki yeraltısularının mevcut ve geçmiş yıllara ait kalite durumlarının incelenmesi için içme-kullanma suyu kalite standartları (TS 266, WHO) kullanılmıştır.

Yüzey suları için ise Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2021) kullanılmıştır.

2023 yılı şubat ayında yapılan analiz sonuçlarına göre, bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin standartlarda verilen sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. YS13 (Bolaman Çayı) istasyonunda TDS değeri ve YS4 (Ordu Merkez göleti) istasyonunda nitrit değeri Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınır değerlerinden yüksektir. Tüm yüzey suların izleme noktalarına ait amonyum miktarı Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'da belirlenen sınır değerinin üstünde bulunmaktadır. YS15 (Ünye) yüzey su izleme istasyonunda alüminyum miktarı Türk Standartları Enstitüsü (TS 266)'da belirlenen sınır değerinin üstünde bulunmaktadır. YS12 (Çatalkaya DSİ AĞI Merkez Ordu), YS5 (Fatsa) ve YS6 (Bolaman Çayı) örnek noktalarında cıva düzeyleri (TSE-266) ve Dünya Sağlık Örgütü'nde belirlenmiş sınır değerlerden (0,001mg/l) daha yüksektir.

1995-2019 yıllar arasında yapılan ve bu tez çalışması için elde edilen analiz sonuçlarına göre; yüzey sularında ortalama nitrat miktarı 1,62-8,78mg/l arasında değişmektedir. 2023 şubat ayındaki yapılan yüzey suyu analiz sonuçlarına göre nitrat miktarı 2,35-16,2 mg/l arasında değişmektedir. Yıllar içinde yüzey sularında nitrat içeriğinin arttığı görülmektedir. YS1, YS3, YS4, YS5, YS8, YS10, YS11, YS13, YS14, YS15 örnek noktaları yer üstü su kalitesi yönetmeliğine göre III. (orta) kalite sular sınıfına girmektedir.

Yeraltısularına ait analiz sonuçları 2020 yılı için elde edilmiştir. Kuyu sularına ait fiziko-kimyasal analiz sonuçlarına göre Perşembe ilçesinde bulunan PE5 yeraltısuyu kuyusunda pH değeri (9,64) sınır değerden daha yüksektir. Altınordu'da bulunan AL6 sondaj kuyusunda sülfat (465mg/l) ve mangan miktarları (808 µg/l) Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006)'da belirlenen sınır değerinin üstünde bulunmaktadır. Altınordu'da bir sigara fabrikasına çok yakın olan AL3 nolu izleme kuyusuna ait arsenik (15,20 µg/l) ve demir (4800 µg/l)) içerikleri Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006)'da tanımlanan limit değerlerin üstünde yer almaktadır. Ünye de bulunan ÜN4 nolu sondaj kuyusunda alüminyum değeri (305,00 µg/l) ölçülmüştür ve bu kuyu bir maden işletmesine yakın konumda bulunmaktadır. ÜN7 ve FA9 nolu kuyularda selenyum miktarları (19 µg/l ve 11,4 µg/l) Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006)'da belirlenen sınır değerlerden daha yüksektir.

2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey sularına ait kimyasal analiz sonuçlarına göre hazırlanan Piper diyagramına göre, yüzey suları Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi sular arasında değişim göstermektedir. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre yüzey suları

Ca²⁺ ve HCO₃ kutuplarda maksimum değerler göstermektedir. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH, 1979) sınıflamasına göre ise yüzey suları Ca-Mg-HCO₃-SO₄ sular tipindedir.

2020 yılı yeraltısuyu analiz sonuçlarına göre hazırlanan Piper diyagramına göre yeraltısuları Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi sular arasında değişim göstermektedir. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre yeraltısuları Ca²⁺ ve HCO₃ kutuplarda maksimum değerler göstermektedir. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH, 1979) sınıflamasına göre kuyu suları Ca-Mg-HCO₃ VE Ca-Mg-HCO₃-SO₄ su tipi olarak belirlenmiştir.

Ordu ilinde örnekleme yapılan tüm yüzey suları sulama suyu olarak değerlendirildiğinde, suların sulamaya uygun oldukları belirlenmiştir. Yüzey suyu örneklerinde sodyum yüzdesi 48-15,46 değişmektedir. Bu değerler açısından “kullanabilir” sular sınıfındadır. Tüm yüzey sularının SAR yüzdesi 0,40- 2,23 arasında değişmekte olup “çok iyi kalitede” sulama suyu sınıfına girmektedir. Yüzey suyu örneklerinin Kelly İndeksi değerlerinin tümü 1’den küçüktür. Magnezyum tehlikesi %36,67 ve %17,02 arasında değişmektedir. Bu değerleri tümü %50’den düşüktür. Yüzey suyu analiz sonuçlarına göre hazırlanan Wilcox Diyagramı’na göre “çok iyi sular” olduğu belirlenmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı’na göre yüzey suları C1S1 ve C2S1 sınıfında olup her türlü sulamada kullanabilir özelliktedir.

Yeraltısuları sulama suyu olarak değerlendirildiğinde, PE1 ve AL5 kuyularında Sodyum Yüzdesi yüksek olup “şüpheli” sular sınıfındadır. Kuyu sularının kalıcı sodyum karbonat değerleri 8,42-2,51 arasında değişmektedir. FA4 (0,050), AL1 (0,09), AL7 (0,099), PE3 (0,142), AL5 (0,24), PE2 (0,24), FA9 (1,26), AL3 (1,98), PE1 (2,51) nolu kuyularda RSC değerleri pozitif olup sodyum zararı yaratabilecek risk faktörü olan kuyulardır. FA9 (Fatsa), AL5 (Altınordu) ve PE1(Perşembe) kuyu sularının Kelly İndeksi değerleri sırasıyla 1,52;2,26 ve 2,51 olup sulamaya uygun değildir. AL3 (Altınordu), PE5(Perşembe), AL6 (Altınordu) ve PE1(Perşembe) kuyularında magnezyum tehlikesi değerlerine göre (%53,05; %54,70; %56,52; %65,48) sulama için uygun değildir.

Ordu ilinde yüzey ve yeraltısularının su kalite indeksleri ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi ve ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı Su kalite indeksi (NSF-WQI) kullanarak belirlenmiştir.

2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu örneklerinin ağırlıklı aritmetik su kalite indekslerine göre YS5, YS6 ve YS12 istasyonlarına ait sular “içme amacı için uygun olmayan” kalite su sınıfındadır. Diğer yüzey sularının kalite indeksi “iyi” ve “mükemmel” kalite su sınıfı olarak belirlenmiştir. 2013-2019 yılları arasında örnekleme yapılan tüm

yüzey suyu istasyonlarına ait ağırlıklı aritmetik su kalite indeksleri dört mevsim için incelenmiştir. Bu sonuçlara göre en iyi su kalite indeksi ilkbahar mevsiminde elde edilmiştir.

2023 yılı şubat ayında örneklenen yüzey suyu örneklerinin Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi (NSF-WQI) 56,72 (orta kalite) -73,97 (iyi kalite) arasında değişmektedir. En düşük kalite indeksi YS13 istasyonuna ait sulardır. Bu istasyon suları en yüksek TDS içeriğine sahiptir. 1995-2019 yılları arasında örnekleme yapılan tüm yüzey suyu istasyonlarına ait Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksleri 54,7- 84,95 arasında değişmektedir. En düşük Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi 54,7 ile YS13 (Bolaman Çayı) istasyonunda 2019 yılı sonbahar mevsiminde alınan sularda elde edilmiştir. En yüksek kalite sular ise YS10 istasyonunda (Korgan Göleti DSİ SKİ Kumru) 2013 yılı kış mevsiminde alınan sularda elde edilmiştir. YS13 istasyonu hem 2023 yılı şubat ayında alınan su örneklerinde hem de 1995-2019 yılları arasında alınan su örneklerinde en düşük su kalite indeksine sahip yüzey suyudur.

2020 yılına ait yeraltısuyu analiz sonuçlarına göre hazırlanan ağırlıklı aritmetik su kalite indeksine göre Ordu ili yeraltısuları kalitesi “mükemmel”, “orta” ve “kötü” arasında değişmektedir. Altınordu ilçesi AL5 su kuyusu “orta” kalite ve AL8 su kuyusu “kötü” kalite sınıfındadır. Diğer sondaj kuyularına ait su örnekleri “mükemmel” ve “iyi” kalite su sınıfındadır.

Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre yüzey sularında Ca-Mg ($r=0,868$), Ca-HCO₃ ($r=0,94$), Mg-HCO₃ ($r=0,876$), Ca-Na ($r=0,90$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır.

Temel bileşen analiz sonuçlarına göre Melet Irmağı’ndaki en büyük varyans oranına sahip faktör TH, HCO₃, Mg, Ca, EC, TDS, Na ve As arasında oluşturulan faktördür. Bolaman Çayı yüzey sularının temel bileşen analizine göre Mg, Na, EC, HCO₃, Ca, Cl ve TH değişkenleri faktör oluşturmaktadır. Ünye yüzey sularının temel bileşen analizine göre TH, Mg, HCO₃, Na, Mg, Na, EC, HCO₃, Ca, Cl ve TH bir faktör oluşturmaktadır. Ordu merkez göleti yüzey sularının temel bileşen analizine göre en büyük varyans oranına sahip faktörü TH, Mg, Na, Ca, HCO₃, Bulanıklık, TDS, Cl, T, DO oluşturmaktadır. Bu faktörler kayaç-su etkileşimlerini ifade etmektedir.

2020 yılı yeraltısuyu analiz sonuçlarına göre hazırlanan Spearman korelasyon analizine göre, HCO₃-Mg ($r=0,76$), Ni-Ca ($r=0,81$), Ca-HCO₃ ($r=0,84$), Na-Cl ($r=0,92$) arasında kuvvetli pozitif korelasyon belirlenmiştir. Temel bileşen analiz sonuçlarına göre

HCO₃, Ca, T, Ni değişkenleri aynı faktörde birliktedir. Al, NO₃ ve DO değişkenleri bir faktörü oluşturmaktadır ve Çinko tek başına ayrı bir faktör oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Ordu ilinin yüzey sularında su kalite indeksini daha kolay tahmin yapmak için Yapay Sinir Ağları (YSA) 9 parametrelili ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksine dayanarak daha az veriye ihtiyaç olan ve yapay zekadan oluşturulan bir su kalite indeks modelinin geliştirilmesi denetlenmiştir. Giriş parametresi olarak BİO₅ (BOD₅), çözünmüş oksijen (DO) ve sıcaklık (T) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre eğitim setinde R² değeri 0,78 olarak hesaplanmış; doğrulama setinde R² değeri 0,73 olarak belirlenmiştir; test setinde ise R² değeri 0,82 olarak belirlenmiştir.



6. ÖNERİLER

Doktora tez çalışmasının sonuçlarına göre, bu tür çalışmalardan daha etkili sonuçlar elde etmek için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Su kalitesi çalışmalarında, uzun vadeli olarak bir dizi parametreye ve analize ihtiyaç vardır. Ayrıca, ölçüm ve analizlerin kesintisiz olarak yapılması gerekmektedir. Veriler bu şartlara uygun olarak toplandığında sonuçlar daha güvenilir hale gelir.
- Yapay sinir ağları yöntemiyle yapılan su kalite indeks modeli, veriler az olduğu için farklı istasyonlara ait verileri birleştirerek yapılmıştır; daha ayrıntılı bir model için her istasyon için bir model geliştirmek faydalı olabilir.
- Modelde giriş parametreleri seçimi için ABD Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeksi yönteminde kullanılan parametrelerle Spearman korelasyonu yapılarak belirlenmiştir. Farklı yöntemlerin kullanılmasıyla daha uygun sonuçların uygulanabilirliği araştırılabilir.
- Su kalitesi çalışmaları, analizler için büyük maddi kaynaklar gerektirir. Üniversitenin doktora tezine ayırdığı bütçenin yanı sıra DSİ ve belediyelerin bu tür çalışmaları yapan lisans üstü öğrencilerine ek bütçe sağlamasıyla daha ayrıntılı çalışmalar ortaya çıkabilir.

7. KAYNAKLAR

- Akbulut, C., 2016. AŞAĞI Seyhan Ovası (ADANA) Yeraltı ve Yüzey Suyu Kaynaklarının Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Akgiray, Ö., 2003. İçme sularında demir ve manganez problemi. Marmara Üniversitesi. Tesisat dergisi
- Aksever, F., Karagüzel, R ve Mutlutürk, M., 2015. Evaluation of groundwater quality and contamination in drinking water basins: a case study of the Senirkent-Uluborlu basin (Isparta-Turkey). Environ Earth Sci ,73, 1281–1293.
- Al-Mahallawi, K., Mania, J., Hani, A., Shahrour, I., 2012. Using of neural networks for the prediction of nitrate groundwater contamination in rural and agricultural areas. Environ Earth Sci , 65, 917–928
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF) ,1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
- Arkoç, O., 2016. Doğu Trakya Bölgesi'nde Yeraltı Suyu Kalitesinin Araştırılması Amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımı ile Su Kalite İndeksi Uygulaması. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 40 (2)
- Başkan, M, B., ve Atalay, N. 2014. İçme ve sulama sularında bor kirliliği ve bor giderme yöntemleri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 20, Sayı 3, Sayfalar 78-84
- Benzer, R ve Benzer, S., 2018. Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Yer Altı ve Yüzey Sularındaki Nitrat Tahmininin Modellenmesi. Politeknik Dergisi, 21(2), 321-325
- Benzer, R ve Benzer, S., 2018. Yeraltısuyu ve yüzey sularının nitrat kirliliği tahmini. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi 8,1, 279-287
- Chu H. B., Lu, W.X and Zhang, L., 2013. Application of Artificial Neural Network in Environmental Water Quality Assessment. J. Agr. Sci. Tech, Vol. 15, 343-356
- Davraz, A., Eraslan, İ.S., 2019. Karacabey (Bursa) İlçesinin Hidrojeoloji İncelemesi ve İçme Sularının Sağlık Risk Değerlendirmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 23, Sayı 2, 515-527
- Demir, S.A., 2008. Isparta ve Yakın Çevresi Yeraltısularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal incelenmesi ve içme suyu Kalitesinin

İzlenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Department of health and human services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Public Health Statement. Cobalt cas: 7440-48-4

El Badaoui, H., Abdallaoui, A., Manssouri, I ve Lancelot, L., 2012. Development of stochastic mathematical models for prediction of heavy metal content of surface waters using artificial neural networks and multiple linear regression. Journal of Hydrocarbons Mines and Environmental Research, 3(2), 31-36.

Erciyes Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 2012.Çevre Kimyası Laboratuvarı Dersi-II. Dönem

Ersoy, A.F. ve Ersoy, H., 2008. Stuyfzand Hidrojeokimyasal Modelleme Sistemi: Gümüşhacıköy (Amasya) Akiferi Örneği. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 31 (2) 2007- 32 (1) 2008.

Ersoy, H., Kırmacı, M.Z ve Ersoy, A.F., 2006 .Yazkonağı Mağarası'nın' (ünve ordu) jeolojisi ve oluşumu. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 30 (1).

Evcimen, Ö., Tunçdemir, V., Tok, T ve Metin, Y., 2020. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nin jeolojisi (Ordu-Giresun) MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 29,101-113

Gualtieri, C, 1998. Sediment oxygen demand modeling in dissolved oxygen balance. Environmetal Engineering and Renewable Energy, Pages 313-322

GURBET, E. 2023 Aydın ili efeler ilçesi çeşme sularındaki bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. Yüksek Lisans. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Gültekin, F., Hatipoğlu Temizel, E., 2020.Kentsel Faaliyetlerin Kıyı Akiferlerine Etkileri: Doğu Karadeniz Havzası Örneği Türkiye Jeoloji Bülteni. 63, 69-82. doi: 10.25288/tjb.571382

Gültekin, F., Hatipoğlu Temizel, E., Fırat Ersoy, A ve Temizel, İ.,2015. Sarmaşık (FATSA-ORDU) Jeotermal Sularının Hidrojeokimyası.Jeotermal Kaynaklar sempozyumu ve sergisi, Ankara.

Hamzaoui, F., Azaza., Ketata, M and Riberio,L.,2011. Hydrogeochemical characteristics and assessment of drinking water quality in Zeuss–Koutine aquifer, southeastern Tunisia. Environ Monit Assess,174, 283–298

Hatipoğlu Temizel, E., Gültekin, F ve Fırat Ersoy, A., 2019. Doğu Karadeniz Bölümü (Ordu, Rize, Artvin-KD Türkiye jeotermal sahalarının nadir toprak elementleri ve itriyum jeokimyası. MTA Dergisi, 160,135154

- Hicks, T, D.; Kuns, Caleb M.; Raman, C; Bate, Zane T., Nagarajan, S. Simplified Method for the Determination of Total Kjeldahl Nitrogen in Wastewater
- Kheradpisheh, Z., Talebi, A., Rafati, L., Ghaneian, M.T., Ehrampoush, M.H.,2015. Groundwater quality assessment using artificial neural network: A case study of Bahabad plain, Yazd, Iran. *Desert* 20-1, 65-71
- Kocatepe, D., Büyükkol, D. C. ve Öztürk Altunyurt., G (2021). Selenyum, su ürünleri ve sağlık. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 162-173.
- Li,H., Lu,Y., Zheng,C., Yang , M and Li ,S .,2019. Groundwater Level Prediction for the Arid Oasis of Northwest China Based on the Artificial Bee Colony Algorithm and a Back-propagation Neural Network with Double Hidden Layers. *Water* , 11, 860
- Maedeh, P.A., Mehrdadi1, N., Bidhendi, N.G.R., Abyaneh, H,Z 2013. Application of Artificial Neural Network to Predict Total Dissolved Solids Variations in Groundwater of Tehran Plain, Iran. *International Journal of Environment and Sustainability*. Vol. 2 No. 1, pp. 10-20
- Mawlood, I; Ziboon, A ve Al-Obaidy, A, A, A; 2018.Assessment of pollution in water quality of oil and grease for Tigris River-Iraq by GIS mapping (2010-2016). *MATEC Web of Conferences* 162, 05016,
- Metin, Z, G. ve Cavit Işık Yavuz, C, 2022. Çevresel ve Mesleki Kadmiyum Etkilenimi ve Sağlık Etkileri. *Sağlık ve Toplum* ,32 (2) 26-37
- Raj, K., Das, A,P, 2023.Lead pollution: Impact on environment and human health and approach for a sustainable solution.*Environmental Chemistry and Ecotoxicology* 5, 79-85
- Sakala, E., Novhe, O., Vadapalli, V.R.K.,2019. Application of Artificial Intelligence (AI) to predict mine water quality, a case study in South Africa. *IMWA 2019 “Mine Water: Technological and Ecological Challenges”*
- Sankhla, M,S., Kumar, R. and Prasad, L. Zinc Impurity in Drinking Water and Its Toxic Effect on Human Health. *Indian Internet Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. Vol. 17, No. 4, 84-8
- Sirisha, P., Sravanti, K.N ve Ramakrishna, V.,2008. Application Of Artificial Neural Networks For Water Quality Prediction.*International Journal of Systems and Technologies*. Vol.1, No.2, pp 115-123
- Şahinci, A. Doğal Suların Jeokimyası. İzmir 1991
- Şener, Ş. ve Güneş, D., 2015. Aksu (Isparta) Ovası Yüzey ve Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve su Kalitesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 21(6), 260-269

- T.C. Ordu Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019. Ordu İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu. Ordu İli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED İzin ve Lisans Şube Müdürlüğü
- Temizel, İ, Yazar, E, A, Arslan, M, Kaygusuz, A ve Aslan, Z., 2018. Gölköy yöresi (Ordu, KD Türkiye) Eosen yaşlı I-tipi şoşonitik plütonların mineral kimyası, tüm-kayaç jeokimyası ve petrolojisi. MTA Dergisi, 157: 123-155
- Tolgahan Seven, T; Can, B; Darende, B, N; Ocak, S. Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1(2): 91-103
- URL1: MTA genel müdürlüğü “Civa” Erişim 20 Eylül 2023: (<https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/civa>)
- Uzun Duran, S., 2020. Küçükömeroğlu, B., Taşkin, H., Fatsa-Sarmaşık Kaplıcasında Radon Aktivite Konsantrasyonunun Belirlenmesi (Ordu İli). BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 9 (3), 1145-1152.
- Ünal, E., Gökçe, A., 2007. Akgüney (Kabadüz-Ordu) Bakır-Kursun-Çinko Yatağının Jeolojisi ve Sıvı Kapanım Özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni. Cilt 50, Sayı 3 .
- Üyümez, M., 2016. Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Hidrokimyasal Özellikleri ve Ağır metal Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Aksaray Üniversitesi
- Varol, S. Davraz, A., 2015. Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). Environ Earth Sci , 73,1725–1744
- Yavuz, C.I. Turk J Public Health 2020;18(2):204-217
- Yavuz, H., 2010 Fatsa-Arpalık Köyü (Ordu, KD Türkiye) Yöresi Bentonit Oluşumlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin incelenmesi, kullanım alanlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi Şelçük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yerli, C., Çakmakkı, T. Üstün ŞAHİN Şefik TÜFENKÇİ, 2020. Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri. Türk Doğa ve Fen Dergisi. Volume 9, Special Issue, Page 103-114.
- Yıldız, Ş., Şentürk, 2018. T. Chlorella vulgaris algi kullanılarak bazı nonesansiyel metallerin giderimi. MCBÜ Sosyal Bilimler Dergisi. Cilt:16, Sayı:1/2.

ÖZGEÇMİŞ

Boubacar Sidiki TONDE ilk, orta ve lise öğrenimini Ouagadougou'da tamamladı. 2007-2008 öğretim yılı bahar döneminde Joseph Ky Zerbo Üniversitesi Doğa ve Yer Enstitüsü kazandı ve 2011 lisans diploması ile mezun oldu. 2014-2015 yılları arasında Mali'nin Ulusal Mühendisler Yüksekokulu (ENI-ABT), Jeoloji Mühendisliği bölümü kazanarak yüksek lisansını tamamladı. 2016-2017 öğretim yılı bahar döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde Türkçe hazırlık tamamlayıp ardından Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'nda Doktora öğrenimine başladı. Yazar iyi derecede İngilizce ve Fransızca bilmektedir.