

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARABAĞ KÖYÜ (KAĞIZMAN-KARS) ÇEVRESİNİN HİDROJEOLojİSİ VE
YERALTISULARININ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Enver AKINCI

**HAZİRAN 2023
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARABAĞ KÖYÜ (KAĞIZMAN-KARS) ÇEVRESİNİN HİDROJEOLojİSİ VE
YERALTISULARININ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Enver AKINCI

ORCID :- - - -

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"JEOLojİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02 / 06 / 2023

Tezin Savunma Tarihi : 23 / 06 / 2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN
ORCID : - - -

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışma Kars ili Kağızman ilçesinde bulunan Karabağ Köyü ve çevresinde yeraltı suyu, yüzey suyu durumlarını, kalite ve miktar olarak ortaya koymak amacıyla yapılan hidrojeoloji çalışmalarını kapsamaktadır. Bu çalışmada beni destekleyen ve araştırmalarımda öncülük eden Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca beni destekleyen, yardımlarını esirgemeyen Aileme ve eşim Özden Melek AKINCI'ya teşekkür ederim.

Bir parçası olduğum Devlet Su İşleri Kurumuma katkılarından dolayı teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Enver AKINCI

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Karabağ Köyü (Kağızman–Kars) Çevresinin Hidrojeolojisi ve Yeraltısularının Kalitesinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN’in 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. 23/06/2023

Enver AKINCI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar(ÇİZELGELER) DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	2
1.3. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu	3
1.4. Morfoloji.....	4
1.5. Akarsu ve Göller.....	4
1.6. Yerleşim ve Ulaşım	7
1.7. İklim ve Bitki Örtüsü.....	7
1.8. Nüfus	9
1.9. Önceki Çalışmalar	10
1.10. Bölgenin Jeolojisi	12
1.11. Ekonomik Jeoloji.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	17
2.1. Arazi Çalışmaları.....	18
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	23

2.3. Büro Çalışmaları.....	23
3. BULGULAR	27
3.1. Stratigrafi	27
3.1.1. Kağızman Karmaşığı	29
3.1.2. Kavakdağı Kireçtaşları	31
3.1.3. Tuzluca Formasyonu	32
3.1.4. Mescitli Formasyonu	34
3.1.5. Melikler Bazaltı	36
3.1.6. Taraça	38
3.1.7. Alüvyon	38
3.1.8. Yamaç Molozu	39
3.2. Yapısal Jeoloji	40
3.3. Hidrojeoloji.....	40
3.3.1. Su Noktaları.....	40
3.3.1.1. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri.....	41
3.3.1.2. Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar (Akiferler).....	42
3.4. Su Kimyası	44
3.4.1. Kimyasal Özellikler.....	46
3.4.1.1. pH Değerleri	46
3.4.1.2. Elektriksel İletkenlik (Eİ) Değerleri	47
3.4.1.3. Toplam Çözülmüş Madde (TDS) Miktarı	49
3.4.2. Majör (Ana) İyon Analizleri.....	50
3.4.3. Suların İz Element ve Ağır Metal İçerikleri	53
3.4.3.1. Kurşun (Pb)	56
3.4.3.2. Çinko (Zn)	56
3.4.3.3. Krom (Cr)	57

3.4.3.4. Demir (Fe) ve Mangan (Mn)	57
3.4.3.5. Bakır (Cu).....	58
3.4.3.6. Kadmiyum (Cd).....	58
3.4.3.7. Alüminyum (Al)	59
3.4.3.8. Arsenik (As)	59
3.4.3.9. Bor (B).....	60
3.4.3.10. Baryum (Ba)	61
3.4.3.11. Cıva (Hg)	61
3.4.3.12. Selenyum (Se)	62
3.4.3.13. Nikel (Ni).....	62
3.5. Suların Radyoaktiviteleri.....	65
3.6. Mikrobiyoloji Analizleri.....	67
3.7. Hidrokimyasal Fasiyes Sınıflaması	68
3.7.1. Piper Diyagramı.....	69
3.7.2. Schoeller Diyagramları.....	71
3.7.3. Wilcox Diyagramı	73
3.7.4. A.B.D. Tuzluluk Diyagramları	77
3.8. Su Kalite İndeksinin Hesaplanması (WQI)	80
4. TARTIŞMA.....	84
5. SONUÇLAR.....	106
6. ÖNERİLER	111
7. KAYNAKLAR.....	113
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARABAĞ KÖYÜ (KAĞIZMAN-KARS) ÇEVRESİNİN HİDROJEOLOJİSİ VE YERALTISULARININ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Enver AKINCI

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN

2023, 118 (Sayfa)

Bu çalışma, Karabağ köyünde (Kağızman-Kars) yeraltısularının miktar ve kalite durumunu, su kalite indeksi kullanarak durumu değerlendirmeyi ve varsa sorunlara çözüm önerileri sunmayı amaçlamaktadır. Jeoloji haritası hazırlanmış, hidrojeolojik ve hidrokimyasal çalışmalar yapılmıştır. Alanda Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı ultramafik kayalar, pelajik kireçtaşı, metamorfik kayalardan oluşan Kağızman Karmaşığı, Geç Eosen yaşlı Kavakdağı Kireçtaşları, Geç Miyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı, siltaşı ve jipsli seviyelerin yer aldığı Tuzluca Formasyonu, Mescitli Formasyonu ve Erken Pleyistosen yaşlı Melikler Bazaltı bulunmaktadır. Alüvyonlar, yamaç molozu, taraçalar ve akarsu yatakları boyunca yüzeylenmektedir. Hidrojeolojik açıdan önemli olan birimler Melikler Bazaltı, taraçalar ve alüvyonlardır. Serbest akifer özelliğindeki alüvyonlar, çeşitli boylarda kil, silt, kum, çakıl, blok malzemelerinden oluşmaktadır. Kuyulardan alınan örnekler ve su seviye ölçümleri sonucunda yeraltı suyunun Aras Nehri'ne doğru aktığı tespit edilmiştir. Hidrojeokimyasal açıdan fiziksel-kimyasal, ağır metal, mikrobiyolojik, radyoaktivite değerlendirmesi yapılmış ve kaynaklarda Eİ değeri 214-328 $\mu\text{S}/\text{cm}$, kuyularda 214-1493 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH değeri ise 6.94-8.38 arasında belirlenmiştir. Fe, Mn, Hg, Se, As, Al, Ni, Zn ve Fe gibi ağır metallerin yüksek ve suların mikrobiyolojik açıdan da içme suyu standartlarına uygun olmadığı tespit edilmiştir. Su Kalite İndeksi (WQI) değerlerine göre Haznedar, Şahindere, Bayam kuyuları ve Haznedar kaynak suyu "içme suyu için uygun değil" sınıfında, Karabağ kuyusu, Aras Nehri "çok zayıf su" sınıfında, Şahindere ve Karabağ kaynakları ise "iyi su" sınıfındadır.

Anahtar Kelimeler: Su kimyası, Su kalitesi, Su kalite indeksi, Kağızman Havzası

SUMMARY

Master Thesis

HYDROGEOLOGY OF KARABAĞ VILLAGE (KAGIZMAN-KARS) ENVIRONMENT AND EVALUATION OF GROUNDWATER QUALITY

Enver AKINCI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN
2023, 118 (Pages)

This study aims to evaluate the quantity and quality status of groundwater in Karabağ village (Kağızman-Kars), using the water quality index, and to offer solutions to the problems, if any. Geological map was prepared, hydrogeological and hydrochemical studies were carried out. In the area, there are Campanian-Maastrichtian aged ultramafic rocks, pelagic limestone, Kağızman Complex composed of metamorphic rocks, Late Eocene aged Kavakdağı Limestones, Late Miocene aged conglomerate, sandstone, siltstone and gypsum Tuzluca Formation, Mescitli Formation and Early Pleistocene . It crops out along alluviums, talus, terraces and stream beds. Hydrogeologically important units are the Meliks Basalt, terraces and alluviums. Alluviums with free aquifer properties consist of clay, silt, sand, gravel and block materials of various sizes. It was determined that the groundwater flowed towards the Aras River. In terms of hydrogeochemical, physical-chemical, heavy metal, microbiological and radioactivity evaluations were made and the EI value was determined between 214-328 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the springs, 214-1493 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the wells, and the pH value between 6.94-8.38. It has been determined that heavy metals such as Fe, Mn, Hg, Se, As, Al, Ni, Zn and Fe are high and the waters are not suitable for drinking water standards in terms of microbiology. According to the Water Quality Index (WQI) values, Haznedar, Şahindere, Bayam wells and Haznedar spring water are in the "not suitable for drinking water" class, Karabakh well and Aras River are in the "very weak water" class, and Şahindere and Karabakh springs are in the "good water" class.

Key Words: Water Chemistry, Water quality, Water Quality Index, Kağızman Basin

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Çalışma alanını gösteren yer bulduru haritası	3
Şekil 1.2. Aras nehrini besleyen akarsular ve inceleme alanındaki yükseltiler.....	6
Şekil 1.3. Kağızman meteoroloji istasyonu uzun yıllar ortalama aylık yağışlar (DMİGM, 2023)	8
Şekil 1.4. Kağızman ilçesi yıllara ve cinsiyete göre nüfus dağılımı 2022-2007 arası (TÜİK, 2023).	9
Şekil 1.5. Kars ili Kağızman ilçesinin stratigrafik kesiti (MTA, 2009)	13
Şekil 1.6. Kağızman (Kars) ve çevresinin jeoloji haritası (MTA, 2009).....	14
Şekil 1.7. İnceleme alanında yüzeylenen Tuzluca Formasyonuna ait kumtaşları	15
Şekil 1.8. Aras Nehri ve üzerinde bulunan Serap Hidroelektrik Santrali.....	16
Şekil 2.1. Kağızman Şahindere Mahallesi su sondajı kuyusundan örnek alımı: a) kurak dönem, b) yağışlı dönem	17
Şekil 2.2. Su sondaj kuyularında statik seviye ölçümüne yarayan düdüklü metre.....	18
Şekil 2.3. Su sondaj kuyularında dinamik seviye bulma çalışmaları	19
Şekil 2.4. Aras Nehrinden Örnek Alımı a) kurak dönem b) yağışlı dönem	21
Şekil 2.5. Çalışma alanında ocak ve nisan aylarında örnekleme yapılan noktalar	22
Şekil 3.1. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit	27
Şekil 3.2. Karabağ Köyü (Kağızman- Kars) ve çevresi jeoloji haritası (MTA, 2009).	28
Şekil 3.3. Çalışma alanına ait A-B jeoloji kesiti	29
Şekil 3.4. Kağızman Karmaşığı Formasyonuna ait spilitik bazalt örneği a ve b de tek ve çift nikolde piroksen minerali, c-ç’de ise albitler ve hyolo mikrolitik doku belirgin şekilde gözükmemektedir	30
Şekil 3.5. A ve b’de kumtaşı litik kumtaşı ve kuvars minerallerini içermektedir. c ve ç’de mafik mineraller de gözlemlenmektedir	33
Şekil 3.6. Tuzluca Formasyonu’na ait kıltaşı-kumtaşı-çamurtaşları	33
Şekil 3.7. A ve b’de kuvars taneleri ve feldispatlar, c ve ç’de opak mineraller de gözlemlenmektedir	35
Şekil 3.8. Karabağ Köyünde Melikler Bazaltı birimine ait bazaltlar	37
Şekil 3.9. A-b tek ve çift nikol plajiyoklas ailesinden albitler, c-ç’de piroksen ve albitler. 38	
Şekil 3.10. Aras Nehrinin getirdiği alüvyon malzeme	39
Şekil 3.11. İnceleme alanında sulama amaçlı kuyularda kriging yöntemi ile yapılan su tablası haritası	43
Şekil 3.12. Suların kurak ve yağışlı dönemde toplam alfa aktivite değerleri	66
Şekil 3.13. Suların kurak ve yağışlı dönemde toplam beta aktivite değerler	67

Şekil 3.14. Kurak dönemde alınan örneklerin piper diyagramı.....	70
Şekil 3.15. Yağışlı dönemde alınan örneklerin piper diyagramı	71
Şekil 3.16. Kurak dönem su numunelerine ait schoeller diyagramı.....	72
Şekil 3.17. Yağışlı dönemde su numunelerine ait schoeller diyagramı.....	73
Şekil 3.18. Çalışma alanında sulamada kullanılan kuyu sularının analizlerinin wilcox diyagramındaki konumları (DSİ, 2023).	74
Şekil 3.19. A) kurak ve b) yağışlı dönemde su numunelerine ait wilcox diyagramları	76
Şekil 3.20. Sulamada kullanılan eski tarihli kuyuların a.b.d. tuzluluk diyagramındaki konumları.....	78
Şekil 3.21. Kurak a) ve yağışlı b) dönemde alınan su numunelerinin a.b.d. tuzluluk diyagramındaki konumları.....	79
Şekil 3.22. Su kalitesi endeksine göre numunelerin kurak, yağışlı ve ortalama dönem değerleri	83
Şekil 4.1. 2015-2022 yıllarında açılan kuyuların pH değerleri	85
Şekil 4.2. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların pH dereceleri.....	85
Şekil 4.3. 2015-2022 yıllarında açılan kuyuların elektriksel iletkenlik değerleri	86
Şekil 4.4. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların elektriksel iletkenlik dereceleri.....	87
Şekil 4.5. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların tds (toplam çözünmüş madde) değerleri.....	88
Şekil 4.6. 2015-2022 yıllarında açılan kuyu sularının sodyum konsantrasyonları.....	89
Şekil 4.7. Suların kurak ve yağışlı dönemde sodyum konsantrasyonları	90
Şekil 4.8. 2015-2022 yıllarında açılan kuyuların potasyum konsantrasyonları.....	90
Şekil 4.9. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların potasyum konsantrasyonları.....	91
Şekil 4.10. Suların kurak ve yağışlı dönemde magnezyum konsantrasyonu.....	92
Şekil 4.11. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların kalsiyum konsantrasyonu.....	93
Şekil 4.12. Suların kurak ve yağışlı dönemde alüminyum değerleri.....	94
Şekil 4.13. Suların kurak ve yağışlı dönemde kurşun değerleri	95
Şekil 4.14. Suların kurak ve yağışlı dönemde demir değerleri.....	96
Şekil 4.15. Suların kurak ve yağışlı dönemde mangan değerleri	97
Şekil 4.16. Suların kurak ve yağışlı dönemde arsenik değerleri	98
Şekil 4.17. Suların kurak ve yağışlı dönemde çinko değerleri	99
Şekil 4.18. Suların kurak ve yağışlı dönemde cıva değerleri	99
Şekil 4.19. Suların kurak ve yağışlı dönemde selenyum değerleri.....	100
Şekil 4.20. Suların kurak ve yağışlı dönemde nikel değerleri	101

TABLÖLAR(ÇİZELGELER) DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Kağızman ilçesine ait meteorolojik veriler (DMİGM, 2023).	7
Tablo 2.1. Çalışma alanında örnekleme yapılan kayaç ve su örneklerine ait bilgiler	20
Tablo 2.2. Wqi Sınıflandırması (Yadav vd, 2010).	26
Tablo 3.1. İnceleme alanındaki kullanma belgeli sulamada kullanılan su sondaj kuyuları verileri.....	41
Tablo 3.2. Sulamada kullanılan su kuyularının geçmiş yıllarda yapılmış kimyasal analiz sonuçları (DSİ, 2023).	45
Tablo 3.3. İnceleme alanındaki örneklerin pH değerleri	47
Tablo 3.4. Suların özgül elektriksel iletkenliğine göre yapılan sınıflandırılma, (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).	48
Tablo 3.5. İnceleme alanındaki örneklerin elektriksel iletkenlik değerleri	48
Tablo 3.6. İnceleme alanındaki örneklerin tds değerleri	49
Tablo 3.7. Suda çözünmüş toplam iyon (mg/l)	50
Tablo 3.8. İncelenen su numunelerindeki majör iyonlar (ppm)	51
Tablo 3.9. İnceleme alanındaki ağır metal ve iz elementler (ppm)	55
Tablo 3.10. İnceleme alanındaki örnek noktalarının kirlilik analizleri (ppm).....	63
Tablo 3.11. Numune alınan suların toplam alfa ve beta aktivite tayini.....	65
Tablo 3.12. Çalışma alanındaki suların mikrobiyoloji parametreleri.....	68
Tablo 3.13. İnceleme alanındaki suların sodyum yüzdesi, sar ve elektriksel iletkenlik değerleri	75
Tablo 3.14. 16 metal ve majör iyon için bağıl ağırlık değerleri	80
Tablo 3.15. Suların kurak, yağışlı dönem ve ortalama değerlerinin wqi sınıfları	81
Tablo 3.16. Suların wqi hesaplamasında kullanılan 16 (on altı) parametrenin kurak, yağışlı dönem ve ortalama değerleri.....	82

SEMBOLLER DİZİNİ

Eİ: Elektriksel İletkenlik

⁰C: Santigrat

TDS: Toplam Çözünmüş Madde Miktarı

%Na: Sodyum Yüzdesi

SAR: Sodyum Absorpsiyon Oranı

PH: Hidrojen aktivitesi

WQI: Su Kalite İndeksi

K.D. Kurak Dönem

Y.D. Yağışlı Dönem

CFU: Kolon Oluşturan Birim

MTA: Maden Tetkik ve Arama

Ppm: Milyonda bir birim

DSİ: Devlet Su İşleri

B: Batı

D: Doğu

K: Kuzey

G: Güney

Mek/L: Bir litre sıvı içindeki miliekivalen sayısı

Bq/L: Bir litre sıvı içindeki radyoaktif bozunma sayısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünyadaki tatlı su hacmi küresel su çevrimine göre %2,5'tir (Gleick,, 1996). Bu miktar hızlı, plansız şekilde artan nüfusun ve sanayileşmesinin etkileri ile giderek azalmaktadır. Geçmiş zamanlarda kaliteli ve iyi suya ulaşmak sorun iken günümüzde ise suya ulaşmak giderek büyük bir problem haline gelmektedir. Kaynakların verimli ve etkin kullanılması için ülkemizde görevli büyük kurum ve kuruluşlar yeniden teşkilatlanmaya giderek bu soruna çözüm aramaktadırlar. Kaliteli sular, içme-kullanma kategorisinin yanında sulama suyunda da kullanılmaktadır.

Ülkemiz bir doğal afet olan kuraklık (Şahin, 2009) sebebi ile yağış azlığı yaşamaktadır. Bu yağışsızlık sebebi ile debileri düşen yüzey sularının sulamadaki yetersizliği yeraltı sularının sulamada daha fazla kullanımına neden olmaktadır (DSİ, 2023).

Kuzey Doğu Anadolu'da yer alan Kars ilinde rakımın yüksek olmasına bağlı olarak sert karasal iklim hüküm sürer. Bu iklim şartları tarım yapılmasını kısıtlamaktadır. Ancak Kağızman İlçesi ilin geneline göre daha ılıman iklime sahiptir ve ilin tarım ürünlerini yetiştirmektedir. Bu nedenle ilçede tarıma elverişli yerleşim alanlarında sulama amacıyla yüzey sularının yanısıra yeraltı suları da kullanılmaktadır. Alandaki kırsal yerleşimlerde yeraltı sularının doğal boşalımları olan kaynaklar içme kullanma suyu olarak kullanılmaktadır (DSİ, 2023).

Çalışma alanında gerek yüzey sularının gerekse yeraltı sularının miktar ve kalitesine yönelik ayrıntılı çalışmalar mevcut değildir. Genç volkanik kayaların yüzeyletiği alanda yeraltı sularında ve yüzey sularında gerek jeojenik gerekse antropojenik kirlenmeler de söz konusu olabilir. Ayrıca yeraltı sularının seviye değişimlerine ilişkin bilgiler mevcut değildir. Karabağ Köyü de tarım ve hayvancılık yapılan yerleşim yerlerinden birisidir. Tarımsal faaliyetlerinde belgeli kuyularını kullanmaktadırlar. Dolayısıyla bu çalışmada Karabağ Köyü ve çevresinde yeraltı ve yerüstü sularının ayrıntılı olarak araştırılması planlanmıştır.

1.2. Amaç ve Kapsam

Hidrolojik döngünün bir elemanı olan yağışlarla, beslenen yüzey suları sızma yolu ile yeraltı sularını beslemektedir. Yeraltındaki sular ise genellikle hareket halinde olup içinden geçtiği kayacın etkileşim süresi ve yapısı itibariyle bazı iyon alışverişleri yapmaktadır. Kayaç ve su arasındaki etkileşim süresi, suyun yapısı, sıcaklık gibi parametrelere bağlı olarak gelişen bu anyon ve katyon değişimleri ile yeraltı suyunun yapısı değişmektedir.

Bu çalışmanın amacı tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği Karabağ köyünde (Kağızman – Kars) yeraltı sularının miktar ve kalite açısından güncel durumunu ortaya koymak, su kalite indeksi aracılığıyla durumunu belirlemek ve varsa sorunlara yönelik çözüm önerilerinde bulunmaktır. Bu amaca ulaşmak için aşağıda sıralanan çalışmalar yapılmıştır:

- Kağızman Alt Havzasında yüzeyleyen jeolojik birimlerin litolojilerini ortaya koymak amacıyla, litolojiler ve sınırları arazide kontrol edilerek çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası önceki çalışmalardan derlenerek hazırlanmıştır.

- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verilerinden yararlanarak çalışma alanı ve çevresinde yağış ve sıcaklık dağılımı belirlenmiş, buharlaşma ve terleme değerleri ortaya konularak hesaplanmıştır.

- Alanda mevcut kuyularda yapılan seviye ölçümlerinden ve kaynaklardan yararlanarak yeraltı suyu akım yönü belirlenmiştir. Kuyularda ölçülen statik ve dinamik seviyelerinden faydalanılarak coğrafi bilgi sistemi uygulamalarında yeraltı suyu seviye haritası hazırlanmıştır.

- Alandaki kuyulardan, kaynaklardan ve yüzey sularından yapılan analizler ve su sondaj kuyularının faaliyete geçtiği zaman yapılan analizleri de değerlendirilerek kullanım durumları ortaya konmuştur.

- Analiz sonuçları değerlendirilerek çeşitli grafikler çizilmiş ve su kalitesi indeksi belirlenmiştir.

1.3. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

İnceleme alanı Kars ilinin Kağızman ilçesinde Karabağ Köyü ve çevresini kapsamakta olup 1/25000 ölçekli Kars H50 d1 ve d2 paftalarında yer almaktadır. Yüzölçümü olarak 1.871 km² olan ilçenin kuzeyinde Merkez ve Selim, doğusunda Digor, batısında Sarıkamış ilçeleri bulunmaktadır (Şekil 1.1). Kağızman'ın nüfusu 2022 yılına göre 44.178'dir. Karabağ Köyü, Kağızman ilçesinin kuzeyinde bulunmaktadır. Karabağ Köyünün batısından Kötek Deresi, güneyinden Aras Nehri, Güney batısından ise Değirmendere geçmektedir.



Şekil 1.1 Çalışma alanını gösteren yer bulduru haritası

1.4. Morfoloji

Çalışma alanı Devlet Su İşleri (DSİ)'nin havza adlandırmasına göre Aras havzasında bulunmaktadır. Aras Havzasının alt havzalarından olan Kağızman Alt Havzasında bulunan inceleme alanı Kars iline göre daha düşük rakımlı tepelere sahiptir. Yükseklik farklılıkları inceleme alanında gözlenmektedir. Kağızman ilçe merkezi önünden başlayarak Iğdır-Doğubeyazıt ve Tuzluca'yı içeren bir plato oluşmuştur.

Kağızman ilçe merkezinde morfolojik birimlerin esasını Alüvyal Yelpaze oluşturmaktadır. Kaynak olarak ilçe merkezinin güneyinde bulunan Aras Güneyi Dağlığından alan ve kuzeye doğru eğimli akan Kağızman Deresi tarafından getirilen alüvyal malzeme Kuvaterner yaşlı olan alüvyal birikintisini oluşturmaktadır (DSİ, 2023). İnceleme alanında batıdan doğuya akışı olan Aras Nehri geçmektedir. Karabağ ve Çallı derelerinin getirdiği çökeller eğim değerlerini artırmıştır. Çalışma alanı ve yakın çevresi doğu-batı yönünde yönelim gösteren yüksek dağlarla sıralanmıştır. Bu özelliklerden dolayı oldukça farklı şekiller göstermektedir. İnceleme alanı çevresinde Kurtkulak Dağı, Huykesen Tepesi, Kavaktepe-Tuzlatepe dağları bulunmaktadır. Bu tepelerden zamanla oluşan birikintiler ile yamaç molozları arazide gözlenmiştir.

1.5. Akarsu ve Göller

İnceleme alanının en önemli akarsuyu havzaya adını veren Aras Nehri'dir. Bingöl Dağlarının kuzeye bakan yamaçlarından gelerek Tekman, Horosan kaynaklarının sularını bünyelerine katarak batıdan doğuya doğru akmaya devam etmektedir.

Pasinler Ovası ve Horosan civarlarından gelen dere ve çayları bünyesine kattıktan sonra Zivin ve Velibaba çaylarını alarak Horosan Şeytangeçmez bölgesinde derin boğazlara dökülmektedir. Yaklaşık 1200 metre dolaylarında Kağızman ilçe merkezine dahil olmaktadır. İlçe merkezinden 10 km mesafeden geçen akarsuyun taşkın yatağı genişliği 100 metre civarındadır (Şekil 1.2.). Aras nehri kar erimeleri ve yağışlar sebebi ile düzensiz bir

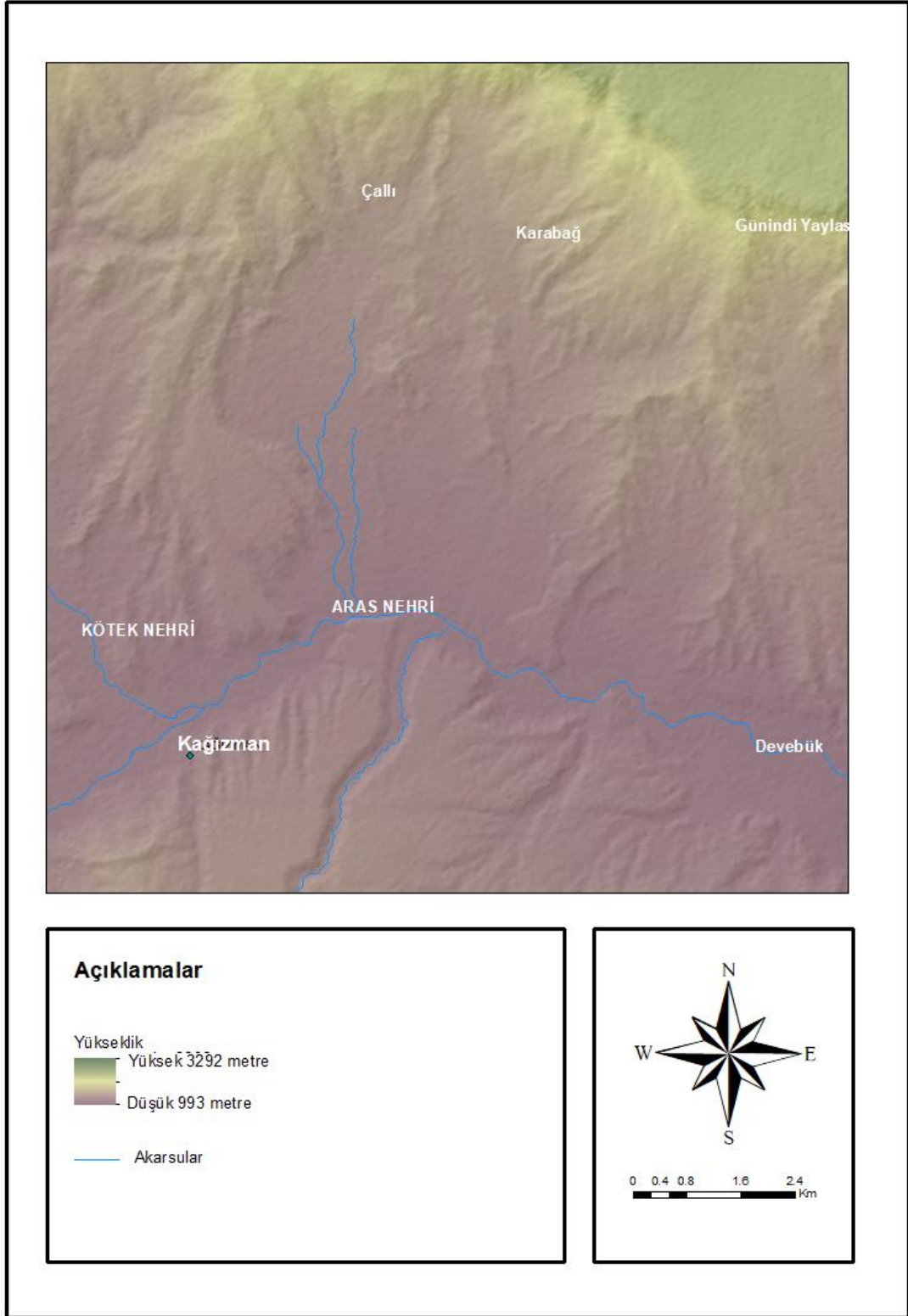
akım rejimi göstermektedir. Aras nehrinin akımı ilkbahar aylarında artarken ortalama 211 m³/sn, yaz aylarında ise ortalama 141 m³/sn olarak ölçülmüştür (DSİ, 2022).

Nehrin en düşük akımı ise eylül ayındadır. Kış aylarında eksi derecelere düşen sıcaklıklar nedeniyle donmaktadır.

Getirdiği alüvyal malzeme ile tarım ve hayvancılık sektörüne katkıları bulunmaktadır. Bu iki faaliyet kolu için en önemli su kaynağıdır. Yüzey alanının arttığı yerlerde getirdiği malzemeler aynı zamanda beton santralleri ve kum ocaklarında kullanılmaktadır.

Kağızman ilçe merkezinin bir diğer önemli deresi de Kötek (Bayam) deresidir. Aras nehrine katılmaktadır. Balıklı dağ ve Karanlık dereden kaynağını alıp doğu tarafından gelen Akyol deresini kendisine katarak güneye doğru akmaktadır. 4 km boyunca akan dere biriktirilen alüvyaller üzerinde kıvrımlar çizerek akmaktadır.

Çalışma alanında yağış ve kar erime suları ile beslenen Deniz Gölü, Kamışlı Gölü ve Çengilli Gölü bulunmaktadır. Bu göl yapıları yağış azlığı sebebi ile çoğu zaman kurudur.



Şekil 1.2. Aras nehrini besleyen akarsular ve inceleme alanındaki yükseltiler

1.6. Yerleşim ve Ulaşım

Kars ili Kağızman ilçesine yılın her mevsiminde ulaşım bulunmaktadır. Kars Merkeze 72 km, Iğdır'a 100 km, Erzurum'a ise 150 km'dir. Bölgede 900-3200 metre arasında değişen yüksekliklerde yerleşimler genellikle düz alanlarda yoğunlaşmaktadır. Yüksek tepelerdeki yayla evleri aynı zamanda hayvan otlatma amacıyla yaylalara çıkan insanlar tarafından kullanılmaktadır.

1.7. İklim ve Bitki Örtüsü

Bölgeye sert karasal iklim hakimdir. Kışları kurak mevsim gözlenirken yazları ise bol yağış almaktadır. Kışın sıcaklıklar -10°C 'ye kadar düştüğü gözlemlenmektedir (Tablo1.1). Kağızman'daki iklim diğer doğu illerinden farklılık göstermektedir. Kağızman ilçesinde yaz aylarında sıcaklıklar Kars ilinin diğer ilçelerine göre daha yüksektir.

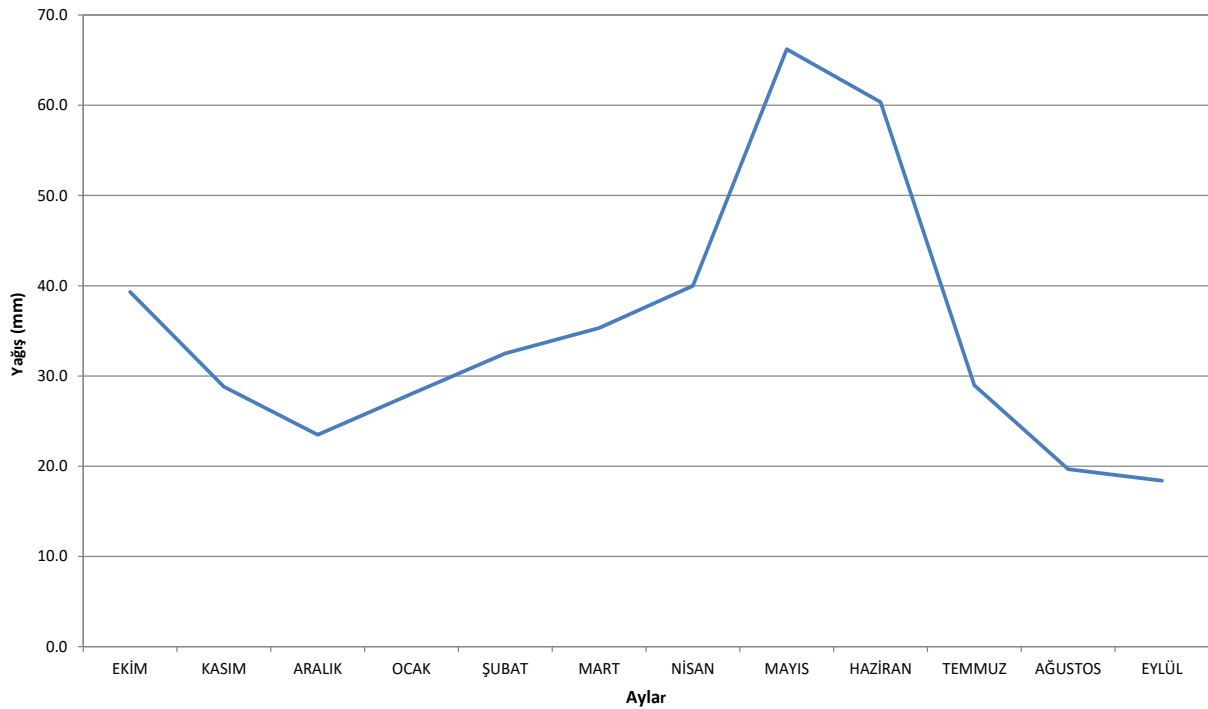
Tablo 1.1. Kağızman ilçesine ait meteorolojik veriler (DMİGM, 2023).

Kağızman	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	-6	-4	3	9	14	18	22	22	17	11	4	-3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	2.9	2.6	3.9	6.9	8.8	6	4.4	2.9	3.2	5	4.3	3.6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	2.5	4.2	13.2	29.3	38.5	28.4	19.7	12.1	15	24.3	16.3	5.9
En Yüksek Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	-1	2	8	15	20	26	30	30	26	18	10	3
En Düşük Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	-10	-8	-2	3	7	11	14	14	9	4	-2	-8

Mevsim koşullarından dolayı Kağızman ilçesinde gözlenen bitki örtüsü tipi bozkırdır. Kağızman'ın batısındaki Sarıkamış ilçesinde ormanlar bulunmaktadır. 1400 metre kotundaki Kağızman DMİ istasyonu verilerine göre ortalama yağışı 420.9 mm, ortalama

sıcaklığı 8.7⁰ C, ortalama potansiyel Buharlaşma-Terleme (Penman yöntemi) (mm) 776 olarak hesaplanmıştır.

Kağızman DMİ Meteoroloji İstasyonu uzun yıllar ortalamasında da görüldüğü üzere yıllık 420.9 mm yağış meydana gelmektedir. Kağızman ilçesini kış aylarında etkisinde bırakan Sibirya yüksek basıncının mart ayı ile kuzeye doğru gitmesiyle beraber hava sıcaklığı kış aylarına göre ılıman olmaktadır. Kağızman ilçesinin yaz aylarının başlaması ile ilkbahar aylarına göre daha az yağış almaktadır. İlçe merkezi dahilinde yağış miktarı ve periyodu farklılık gösteren topografik ve atmosferik etkilerin bulunmaması sebebiyle yağış, bulutlu gün ve nem faktörlerinin etkisi ile alüvyon yelpaze üzerinde bulunan kentte bu durumla eş değer olarak artış gösterdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 1.3. Kağızman meteoroloji istasyonu uzun yıllar ortalama aylık yağışlar (DMİGM, 2023).

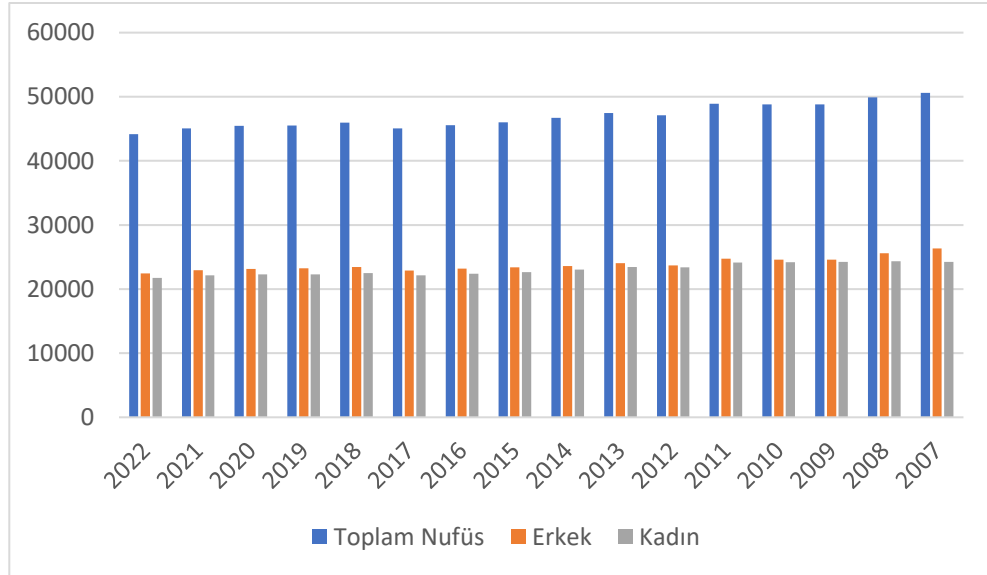
Kağızman Meteoroloji istasyonundan alınan verilerin değerlendirilmesine göre en yağışlı ayın mayıs ayı olduğu görülmektedir (Şekil 1.3.). Bu veri bölgeye hâkim olan karasal iklimin bir belirtisi olarak değerlendirilmektedir. İstasyonun verilerine göre en kurak ayın da eylül ayı olduğu gözlemlenmektedir. Kağızman'da mevsim şartlarına dayanabilen buğday,

hububat ve yem bitkilerinin yansira elma ve armut, ceviz meyve ağaçları da yetiştirilmektedir. Kars ili bozkır bitki örtüsüne hâkim olması sebebi ile yayla hayvancılığı bölgede önemli bir geçim kaynağıdır.

1.8. Nüfus

Kars ilinin nüfusu 281.077 kişiden oluşmaktadır. Bu nüfusun yarısından fazlası şehirlerde yaşamaktadır. Kağızman nüfusu ise -1,02 negatif azalış oranı ile 2021 yılından 2022 yılına 901 kişi azalarak 44.178 kişiden oluşmaktadır. Nüfus geçimini büyük oranda tarım ve hayvancılıktan oluşmaktadır. Nüfus eski yıllarda giderek artarken iş imkanlarının kısıtlılığı, mevsim şartlarının anormallliği sebebi ile günümüzde giderek azalmaktadır.

Kağızman ilçesinde 2007 yılından itibaren elde edilen verilerle çizilen grafik ile her dönem erkek nüfusunun kadının nüfusundan daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. Kağızman ilçesi yıllara ve cinsiyete göre nüfus dağılımı 2022-2007 arası (TÜİK, 2023).

1.9. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanında genel jeoloji amaçlı sayıca çok az çalışma bulunmaktadır. Yöredeki çalışmalar ekonomik sebeplerle olup maden jeolojisinin araştırılması gibi hususlara önem verilmiştir. Kağızman ilçesine yakın mesafede bulunan Iğdır'ın Tuzluca ilçesindeki tuz minerallerinin incelenmesini kapsayan çalışmalarda da yine ekonomik ve işletilebilirlik oranları ortaya koyulmaya çalışmıştır.

Hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal olarak inceleme alanında herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Devlet Su İşleri 24.Bölge Müdürlüğü'nün 167 Sayılı Yeraltı Suları Hakkındaki Kanun kapsamındaki su sondaj kuyularının proje dosyaları ve DSİ'nin yeraltı suyu olanaklarını araştırmak için yaptığı kurumun kendi bünyesindeki mühendislerce yürütülen münferit hidrojeolojik çalışmalar bulunmaktadır.

Kars ili Kağızman ilçesinde genel jeoloji amaçlı çalışmalara ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir:

MTA (1971), yılında Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı tarafından yayımlanan Kars Havzasının Genel Jeolojisi ve Petrol Olanakları adlı kitabında inceleme alanı Kars Havzası olup yaklaşık olarak 11.000 km² 'dir. Çalışmada yaygın bir volkanik örtü ile kaplı olan bölgede kısmen çökel kayalarında açığa çıktığı belirtilmektedir. Eosen sonunda denizel rejim sona ermiş Pliyosen'de gölsel oluşuklar etkili olmuşlardır. Hemen her devirde temsilcileri saptanmıştır. Yapısal oluşumlar genellikle KD-GB ve D-B yönlü olup Hersiniyen Orojenezi'nin Palatik fazı ile Alpin Orojenezinin evreleri anlatılmaya çalışılmıştır. Tahir-Tuzluca yükseliminin güneyi ile Ardahan dolayları zikre değer kesimler, birimler ve paftalarla Kağızman ilçesinin jeolojisi anlatılmaya çalışılmıştır.

Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., (1986), Kağızman ilçesi ve Iğdır-Tuzluca bölgesini neotektonik olarak değerlendirip bölgedeki yapısal jeoloji elemanlarının ortaya konulduğu bir çalışmadır. Sıkışma tektonik rejimi ile karakterize olan Doğu Anadolu'da, neotektonik dönem boyunca kıvrımlar, bindirmeler, doğrultu atımlı faylar ve açılma çatlakları gelişmiştir. Bu yapıların denetiminde dağarası ve çek-ayır (pull-apart) olmak üzere iki tür havza gelişmiştir. Muş, Ahlat-Adilcevaz, Karayazı-Tekman havzaları dağarası, Kağızman-

Tuzluca havzası ise çek-ayır türünde havzalar olarak gelişme göstermektedir. Erzurum-Pasinler Horasan havzası doğrultu atımlı fayların da etkili olduğu bir tür dağarası havzadır.

Sertel, N. ve Şener, S. (2007), tarafından Kağızman ve civarının jeolojik özellikleri temel birimler ve örtü birimleri olarak ortaya konmuştur. Aras Nehri Çöküntü Havzası'nın yakınında bulunan araştırma alanı, 100 km uzunluğunda ve 10-15 km genişliğinde, bu bölge Anatolit-Torit ile Pontid arasındadır. Temel kayaçlar Eosen öncesi ve yaşlı kayalardan oluşmaktadır. Kağızman Karmaşık, Aras Karmaşığı ve Cayarası ofiyolitine ayrılır. Geç Kratese yaşlı ve daha yaşlı kayaçlar, Cayarası ofiyoliti Eosen yaşlı kayaçlardan oluşmaktadır. Tuzluca Formasyonu yaşlı kayaları uyumsuz olarak üzerler.

Arınç, K (2013), Türkiye'nin İç Bölgeleri. Erzurum adlı çalışmasında, Kağızman-Tuzluca Havzası olarak adlandırılan bölgede, jeolojik, iklimsel, hidrografik ve jeomorfolojik özellikler ele alınmıştır. Bu alanda, kalın bir Pliyosen istifisi olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, Alt Miyosen döneminde Doğu Anadolu'da mevcut olan bir peneplenin kuzey sınırının bu bölgeye ulaşmadığı düşünülebilir. Pliyosen döneminde, Kağızman-Tuzluca bölgesinde hızlı bir sedimantasyon gerçekleşmiş olabilir ve genç volkanlar sıkça görülmüştür. Bu nedenle, Doğubeyazıt- Gürbulak ve Kağızman-Tuzluca havzalarının önceleri tek bir havza olduğu ancak Pliyosen başında genç volkanizma sonucu bölündüğü ve günümüzdeki rölyef özelliğine kavuştuğu anlatılmaktadır.

Aras, M. (2021), “Kağızman ve Gaziler Arasında Aras Nehri ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi” adlı Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma, kabaca Kars ili Kağızman ilçesinin doğusu ile Iğdır ili Tuzluca ilçesinin batısı arasında kapsamaktadır. Bu sahanın en önemli jeomorfolojik birimi, B-D yönünde akan Aras Nehri vadisi ile bu vadiyi kuzeyden ve güneyden sınırlayan yükseltilerdir. Aras Nehri vadisi ve yakın çevresini konu alan bu çalışma, jeoloji, iklim, hidrografya, toprak ve bitki örtüsü ile jeomorfoloji konularını kapsamaktadır. Araştırma alanını doğrudan ilgilendiren literatürün sınırlı olması, yapılan çalışmaların genel olarak Doğu Anadolu Bölgesinin temel özelliklerini esas alması, kurumlardan alınan verilerin kısıtlı olması ve bazı verilerin belli dönemlerde kesintiler içermesi çalışmanın gerçekleşmesi sürecindeki bazı zorlukları anlatmaktadır.

Kağızman ilçesi Karabağ Köyü ve civarında yapılan yeraltı suyunu inceleyen ve literatüre giren herhangi bir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Devlet Su İşleri Kurumunun

arama ve kullanma belgesi tahsis ederken mesul mühendisler tarafından sunulan proje dosyalarında bulunan su analiz raporları ile kısmen bölgenin su kalitesi ortaya konmaya çalışılmıştır.

1.10. Bölgenin Jeolojisi

Kars ili, Kağızman ilçesi, İç Doğu Toros'un iç kavisinin kuzeyinde yer alır. Bu bölgede batıdan doğuya doğru bir depresyon sahası bulunur. Bu depresyon sahası, kıvrımlı bir alp sisteminin bir parçası olan İç Doğu Toros'un iç kavisinin kuzeyinde yer alır. Üst Pliyosen, Iğdır ilinin köylerinde görülür. Kampaniyen-Maastrihtiyen öncesi yerleşmiş olan ofiyolit ve sedimanter kaya türlerinin tektonik karışığından oluşan Kağızman Karmaşığı'dır. Kağızman karmaşığı üzerinde Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşlı kireçtaşı ve kırıntılı kayalardan oluşan Morpet Formasyonu açısal uyumsuzlukla yer alırken, Kağızman Karmaşığı tektonik olarak Geç Paleosen yaşlı türbiditik kumtaşı ve şeyllerden oluşan Kavrakoldağı Formasyonundan öncedir. Çakıltası, kumtaşı ve marn aralanmasından oluşan Erken-Orta Eosen yaşlı Kötek Formasyonu üzerine geçişli bir dokanakla Geç Eosen yaşlı Kavakdağı Kireçtaşı gelmektedir (MTA, 2009) (Şekil 1.5.).

Çamurtaşı, kumtaşı, çakıltası, tuz ve jipslerden oluşan Geç Miyosen yaşlı Tuzluca Formasyonu Eosen çökelleri üzerine açısal uyumsuz olarak örtmektedir. Tuzluca Formasyonu üzerinde ise riyodasitik-dasitik bileşimli tüfler, ignimbirit ile proklastik döküntü ve bazik lav merceklerinin aralanmasından oluşan Geç Miyosen yaştaki Mescitli Formasyonu uyumsuz bir dokanakla yer almaktadır. Alüvyon yelpazesi, yamaç molozu, taraça ve alüvyon en geç oluşuklar olarak yüzeylenmektedir (Şekil 1.6.).

1.11. Ekonomik Jeoloji

Kars ili Kağızman ilçesinde bulunan kristal tuz madenleri Doğu Anadolu Bölgesi'nin tuz ihtiyacını karşılamaktadır. Kristal tuz madeni 850 hektar civarında olup rezervi ise 60 milyon ton olarak tahmin edilmektedir (Koday vd, 2011) Tuzlar genellikle bölgedeki Kağızman kaya tuzu kapalı işletmesinden temin edilmektedir (MTA, 1977).

MTA Kars Madenler raporunda Kağızman Darphane bölgesinde plaserlerde 0.1 gr/m³ Altın içerikli 9 milyon m³ mümkün rezerv tespit etmiştir (MTA, 2010). Kağızman ilçesinde aynı zamanda %46-48 arasında değişen tenörlü krom yatakları ve % 45 MgO içerikli manyezitlerin mümkün rezervi 465.000 tondur (MTA, 2010). Kum taşları kum ocaklarında kullanılmaktadır (Şekil 1.7.).



Şekil 1.7. İnceleme alanında yüzeylenen Tuzluca Formasyonuna ait kumtaşları

Kağızman ilçe merkezi ve çıkışında Aras Nehri üzerinde beş adet hidroelektrik santrali (HES) bulunmaktadır: Kars Kale, Serap, Sefaköy, Sena ve Narinkale (Şekil 1.8.).



Şekil 1.8. Aras Nehri ve üzerinde bulunan Serap Hidroelektrik Santrali

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

İnceleme alanında yapılan çalışmalar jeolojik haritanın revizyonu nedeniyle litolojik sınırların kontrolü, petrografi amaçlı kayaç örneklemeleri, belirlenen su noktalarında yerinde ölçümlerin yapıldığı arazi çalışmaları (Şekil 2.1.) analizlerin yapıldığı laboratuvar çalışmaları, veri derleme, haritalama ve değerlendirme yöntemlerini kapsayan ofis çalışmalarından oluşmaktadır.



Şekil 2.1. Kağızman Şahindere Mahallesi su sondajı kuyusundan örnek alımı: a) kurak dönem, b) yağışlı dönem

2.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanında daha önce alana ait jeoloji haritalarında verilen litolojik sınırların kontrolü ve alanda yüzeyleyen kayaçların petrografisini ortaya koymak için arazi çalışmaları gerçekleştirilmiş, yüzeyleyen kayaçlarda tabaka ölçümleri yapılmış, alanda yüzeyleyen birimlerden örnekler alınmıştır. Kayaç örnekleri alırken özellikle ayrışmamış taze kayaçlardan almaya özen gösterilmiştir. Arazide çatlak ve fay yapıları gözlemlenmeye çalışılmıştır.

Arazi çalışmaları esnasında alanda mevcut kuyu yerleri ve kaynaklar tespit edilmiştir. Yeraltı suyu statik ve dinamik seviye ölçümleri için yörede yaşayan insanların sulama suyu için kullandıkları ruhsatlı su sondaj kuyuları kullanılmıştır. Bu kuyularda düdüklü metre ile statik su seviyeleri ölçülmüştür (Şekil 2.2.). Bu çalışmalar yapılırken aynı zamanda kuyuların verimleri de bulunmuştur.



Şekil 2.2. Su sondaj kuyularında statik seviye ölçümüne yarayan düdüklü metre

Kuyu verimlerini bulurken pompa testi sırasında Orifismetre, çıkış borusunun ucuna yatay olarak yerleştirilir (Şekil 2.3.). Borunun uzunluğu çapının 10 katıdır. Suyun çıkış çapı boru çapından küçüktür. Borunun yaklaşık 120 cm uzağında ve yatay eksen düzleminde (3-9) mm çapında bir delik vardır. Bu deliğe şeffaf bir lastik hortum takılır ve hortumun ucuna cam bir tüp yerleştirilir. Bunlar dik durmasını sağlamak ve içindeki su seviyesini ölçmek için bir cetvele bağlanır. Borunun ucuna, suyun orifis tüpünde yükselmesini sağlamak için boru çapından daha küçük çaplı orifis plakaları takılır. Kullanılan orifis plakasının çapı, boru çapı ve orifis tüpündeki su seviyesi biliniyorsa, özel olarak hazırlanmış orifis cetvellerinden debi bulunabilir.



Şekil 2.3. Su sondaj kuyularında dinamik seviye bulma çalışmaları

Su kalitesini belirlemek amacıyla 4 adet sondaj kuyusundan, 3 adet kaynak suyundan ve 1 adet Aras Nehri'nden olmak üzere 8 su noktasından kurak (Ocak, 2023) ve yağışlı dönemlerde (Nisan, 2023) kimyasal analizler için örnek alınmıştır. Örneklemiş su numunesi alma standartları, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen ve yayınlanan TS EN ISO 5667 serisi standartlarında önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Kuyulardan su numunesi alınırken pompanın en az 30 dakika çalıştırılması ve suyun akışının

stabil hale gelmesi beklenilmiştir. Bu süre, kuyudaki suyun kuyu duvarlarından ve borulardan temizlenmesine ve suyun daha temiz bir şekilde örneklenmesine yardımcı olmaktadır. Kuyulardan örnek alma işlemleri kuyu çalıştırılıp içerisindeki durgun suyun boşaltılması sağlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir.

Major iyon analizleri için 1 litrelik polietilen, iz elementler ve radyoaktivite analizleri için ise 100 ml polietilen şişeler kullanılmıştır. Bu şişeler örnekler alınmadan önce temiz olmasına dikkat edilmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında alınan örnek noktalarının koordinat ve kot bilgileri Tablo 2.1. de, arazideki konumları Şekil 2.5.de verilmiştir.

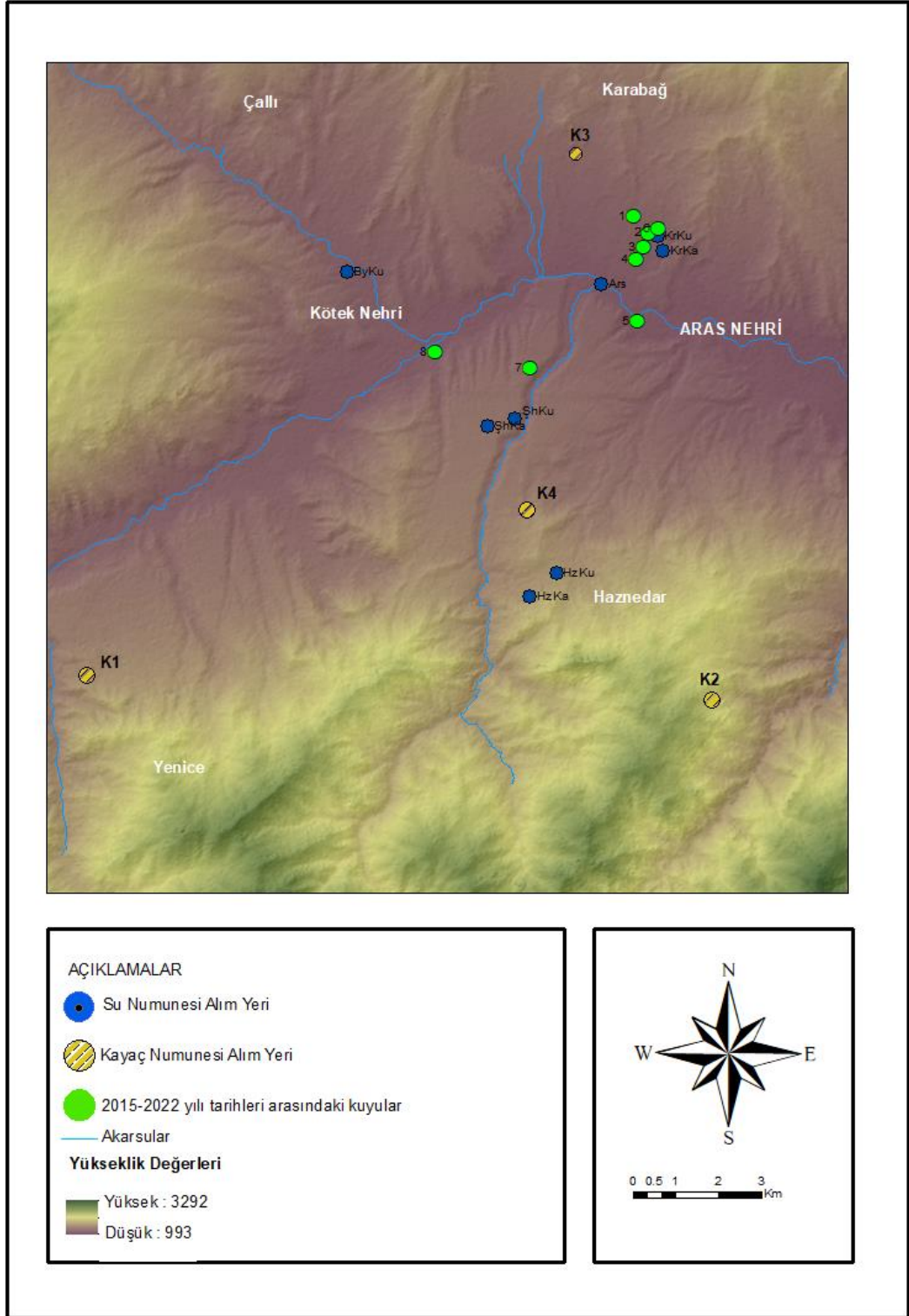
Tablo 2.1. Çalışma alanında örnekleme yapılan kayaç ve su örneklerine ait bilgiler

Örnek Adı	Örnek Türü	Koordinatları (ED-50 UTM 6 ⁰)	Kot (m)
K1(Tüfit)	Kayaç	327931-4432291	1269
K2(Kumtaşı)	Kayaç	348198-4438132	1237
K3(Bazalt)	Kayaç	338197-4453213	1436
K4(Spilitik Bazalt)	Kayaç	340737-4438474	1326
HzKu (Haznedar Kuyu)	Su (sondaj)	341615-4442572	1205
ŞhKu(Şahindere Kuyu)	Su (sondaj)	340660-4446183	1150
ByKu (Bayam Kuyu)	Su (sondaj)	336717-4449598	1238
KrKu (Karabağ Kuyu)	Su (sondaj)	343988-4450432	1367
HzKa(Haznedar Kaynak)	Su (kaynak)	341000-4442000	1617
ŞhKa(Şahindere Kaynak)	Su (kaynak)	340000-4446000	1379
KrKa(Karabağ Kaynak)	Su (kaynak)	344123-4450100	1235
Ars(Aras Nehri)	Su (yüzey)	342677-4449327	1117



Şekil 2.4. Aras Nehrinden Örnek Alımı a) kurak dönem b) yağışlı dönem

Bu çalışmada Aras Nehrinin su kalitesini ve özelliklerini belirlemek için aynı noktadan 2 farklı dönemde örnekler alınmıştır. Örnekler alınmadan önce numune kapları strelize edilmiş ve saf su ile çalkalanmıştır. Numune alımı sırasında nehirde su içmeye gelen büyükbaş hayvanlardan uzak bir bölgede bu işlem gerçekleştirilmiştir. Numune alımından hemen sonra ilgili laboratuvarlara analiz için gönderilmiştir (Şekil 2.4.).



2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Araziden alınan kayaç örneklerinden polarizan mikroskopta incelemek üzere ince kesit, yaptırılmıştır. İnce kesit işlemleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında gerçekleştirilmiş, hazırlanan ince kesitler Optik Mineralojisi laboratuvarında polarizan mikroskopta incelenmiştir.

Araziden alınan su numuneleri, DSİ Trabzon Kalite Kontrol Laboratuvarında fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Ağır metal ve radyoaktivite deneyleri ise DSİ TAKK Daire Başkanlığı laboratuvarlarında yapılmıştır. Ağır metal analizi ise ICP-MS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında kuyu, kaynak ve yüzey suyu olmak üzere 8 farklı noktadan mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Analizlerde Toplam Koliform için TS EN ISO 9308-2; Escherichia coli için TS EN ISO 9308-2; Fekal Koliform için EPA 136.3; Enterokok için STMD 9230-D deney standartları kullanılarak DSİ Trabzon Bölge Müdürlüğü Kalite ve Kontrol Şube Müdürlüğü tarafından yapılmıştır.

2.3. Büro Çalışmaları

İnceleme alanına ait derlenen veriler ile arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında elde edilen veriler uygun yöntemlerle değerlendirilmiştir.

Alanın jeoloji haritası önceki haritalardan yararlanarak Arcmap 10.5 programında sayısal haritalar olarak hazırlanmıştır. Arazide ölçülen YAS seviye ölçümleri kullanılarak yine Arcmap 10.5 bilgisayar yazılımında konumsal analiz araçları ile yeraltı suyu seviye haritası hazırlanmıştır. Bu haritaya ilaveten hidrolik yükler hesaplanıp yeraltısuyu akım yönü kriging yöntemi ile çizilmiştir. Laboratuvardan gelen analiz sonuçları için yük denge hatası(e) denklem (1) ile hesaplanmıştır. Analitik hata oranları, Appelo ve Postma (2005) tarafından önerilen elektronötrallite denklemi kullanılarak %5'ten az olarak bulunmuştur.

$$\%e = \frac{\sum katyon - \sum anyon}{\sum katyon + \sum anyon} \times 100 \quad (1)$$

Laboratuvardan gelen analiz sonuçları su kimyası sınıflarını belirlemek, alandaki kimyasal dağılımı sergilemek, içme ve sulama suyu olarak kullanılabilirliklerini tespit etmek amacıyla Piper, Schoeller, ABD Tuzluluk Diyagramı ve Wilcox diyagramları hazırlanmıştır. Major iyonlar meq/Lt cinsinden hesaplanmıştır. Bu iyonların derişimleri ile sodyum yüzdesi (%Na) ve sodyum absorpsiyon oranı (SAR) hesaplanmıştır.

Sodyum yüzdesi, sudaki toplam anyon konsantrasyonu dikkate alınarak hesaplanır. Sodyum yüzdesi suyun içeriğindeki sodyum iyon konsantrasyonunun toplam anyon konsantrasyonuna oranıdır. ppm veya meq/Lt cinsinden ifade edilmektedir.

$$\%Na = \left(\frac{Na^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{++} + Mg^{++}} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (3)$$

Na: Sodyum

Ca: Kalsiyum

K: Potasyum

Mg: Magnezyum

Su kalitesi indeksi çalışmalarında ise ağırlıklı aritmetik su kalitesi indeksi (Sanjeev ve Govind, 2016) yöntemi kullanılmıştır. İlk adım olarak bağıl ağırlık belirlenirken $Rw = AW / \sum AW$ ($i = 1$ to n) formülünden RW değeri bulunur. RW değeri her bir parametrenin ağırlığını belirlemek için kullanılmaktadır. İkinci adımda analizi yapılmış olan parametreler

konsantrasyon değerlerinin Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 'nın sınır değerlerine bölünüp 100 ile çarpılmasıyla Q_i (kalite derecesi) değeri bulunmuştur.

Son işlem olarak kalite derecesi (Q_i) ve bağıl ağırlık (RW) çarpılarak her bir su kalitesi değişkeni için SI (alt endeks) hesaplanmıştır. Alt endekslerin (SI) hepsi toplanarak su kalite endeksi bulunmuştur. Bu değerlerden WQI sınıflandırması yapılmıştır (Tablo 2.2).

$$W_i = w_i / \sum w_i \quad (i = 1 \text{ to } n) \quad (4)$$

$$SI = W_i \times Q_i \quad (5)$$

$$WQI = \sum SI \quad 1 - n \quad (6)$$

Bu formüldeki parametrelerin açıklamaları aşağıda verilmiştir:

W_i : Her bir parametrenin ağırlığını belirlemek için kullanılır.

Rw : Her parametrenin bağıl ağırlık değeri

C_i : Her bir parametrenin ölçülen değeridir.

S_i : Ulusal ve EPA içme suyu kalitesi standartları tarafından izin verilen içme suyu değerleridir.

Q_i : Kalite derecelendirmesi için kullanılır. $(C_i / S_i) \times 100$ formülü ile hesaplanır.

WQI : Tüm parametrelerin SI değerlerinin toplamıdır.

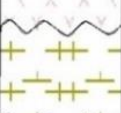
Tablo 2.2. Wqi Sınıflandırması (Yadav vd, 2010).

Değer	Açıklama
0-25	Mükemmel
26-50	İyi Su
51-75	Zayıf Su
76-100	Çok Zayıf Su
>100	Uygun Değil

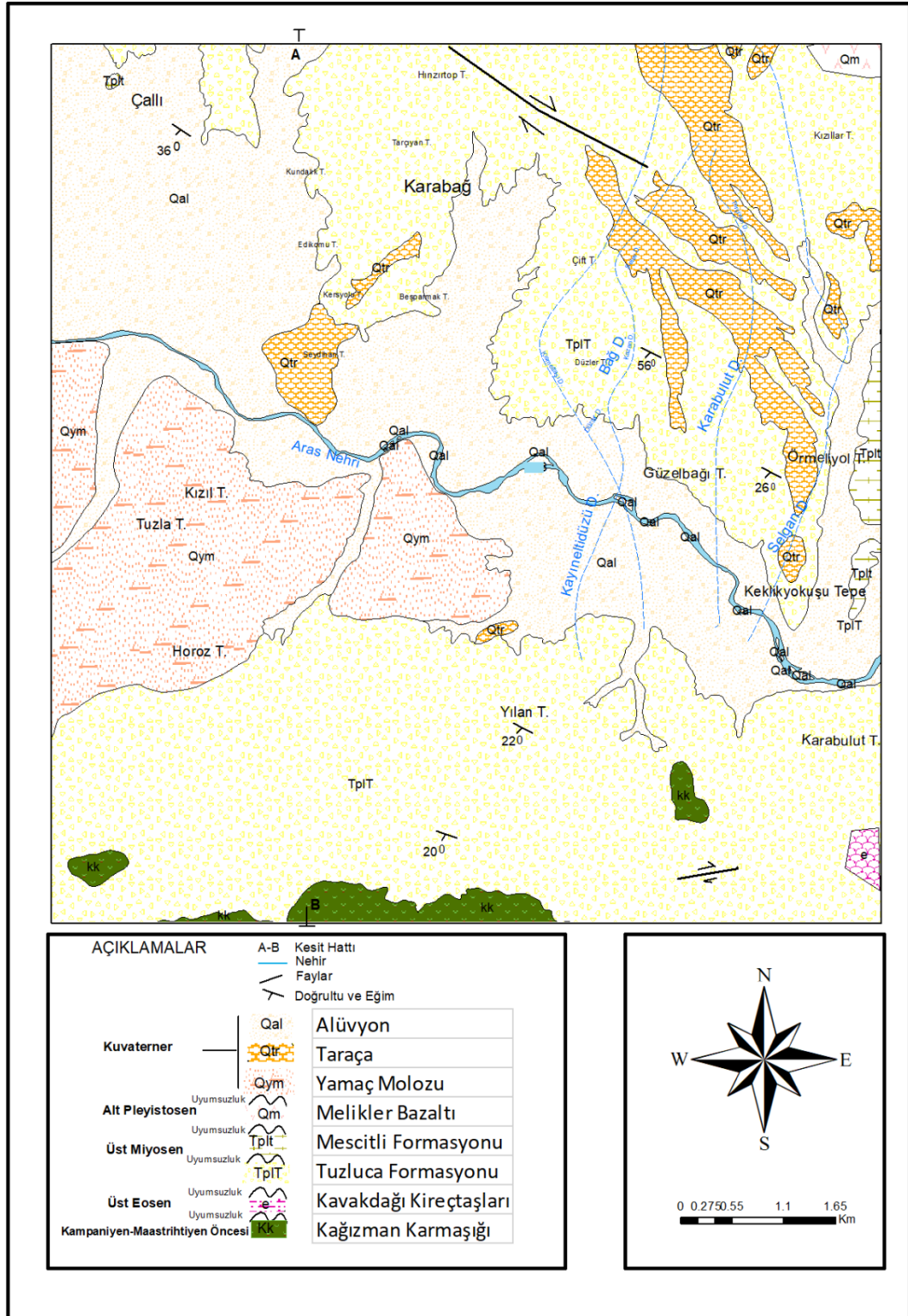
3. BULGULAR

3.1. Stratigrafi

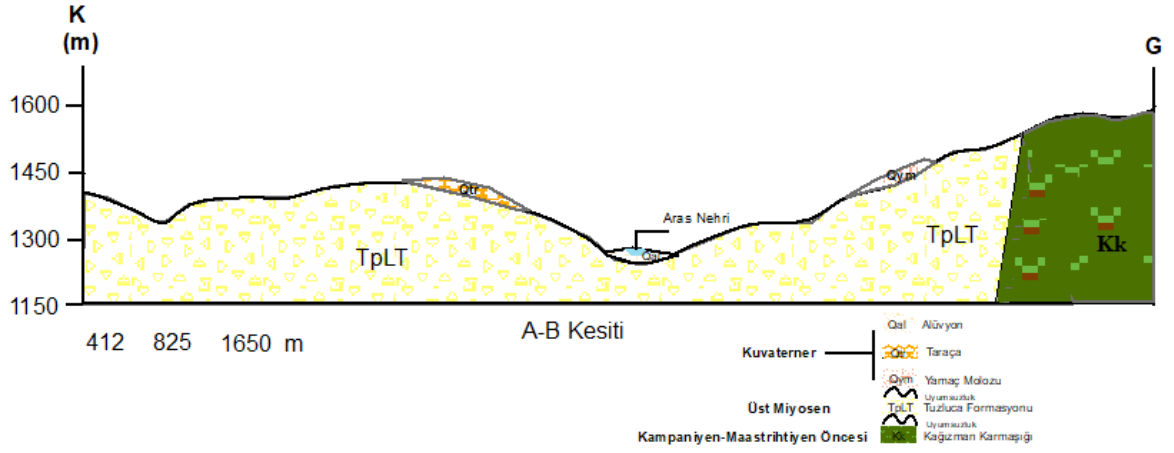
Çalışma alanında yaşıdan gence doğru Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı ultramafik kayalar arasında pelajik kireçtaşı, mermer ve metamorfik kayaç blokların yer aldığı Kağızman Karmaşığı, Geç Eosen yaşlı resifal kireçtaşları Kavakdağı Kireçtaşları, Geç Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı siltaşı ardalanması ve jipsli seviyelerin yer aldığı tortul birimlerin üst düzeylerinde tuzların bulunduğu Tuzluca Formasyonu, tuf, ignimbirit, bazaltlar ve aglomeradan oluşan Mescitli Formasyonu ve Erken Pleyistosen yaşlı Melikler Bazaltı yüzeylenmektedir. Alandaki güncel çökelleri yamaç molozu, taraçalar ve akarsu yatakları boyunca yüzeylenen alüvyonlar oluşturur (Şekil 3.1-3.3.).

YAŞ	FORMASYON	Kalınlık	Litoloji	AÇIKLAMA
KUVATERNER	Taraça Yamaç Molozu Alüvyon			Silt, kil, kum ve çakıldan oluşan, pekleşmemiş alüvyon/ yamaç molozu
ERKEN PLEYISTOSEN	Melikler Bazaltı	50 M		Kahverengi-siyah renkli bazalt
GEÇ MİYOSEN	MESCİTLİ FORMASYONU			Tuf, ignimbirit, bazik lav, aglomera
	TUZLUCA FORMASYONU			Kilitaşı, çakilitaşı, kumtaşı
GEÇ EOSEN	KAVAKDAĞI KİREÇTAŞLARI	150 M		Resifal Kireçtaşları
KAMPAİYEN MAASTRİCHTİYEN	KAĞIZMAN KARMAŞIĞI			Mor renkte peridotit, serpantin, gabro, bazalt ve kireçtaşları

Şekil 3.1. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit



Şekil 3.2. Karabağ Köyü (Kağızman- Kars) ve çevresi jeoloji haritası (MTA, 2009).



Şekil 3.3. Çalışma alanına ait A-B jeoloji kesiti

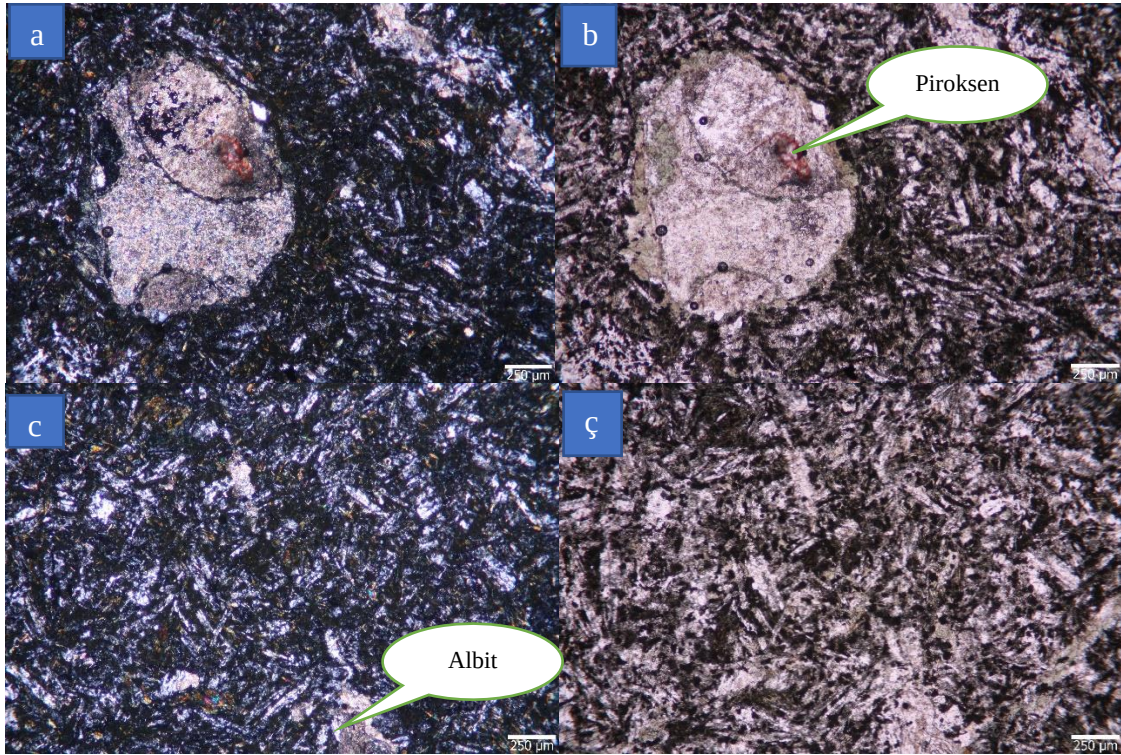
3.1.1. Kağızman Karmaşığı

Ofiyolit ve sedimanter kökenli kaya türlerinin tektonik karışığı olan birim, Kırıl ve Çağlayan (1980) tarafından Kağızman Karmaşığı olarak adlandırılmıştır. Koçyiğit (1985) tarafından Anadolu ofiyolitli karışığı, Yılmaz ve diğerleri (1986) tarafından ise Ağören karmaşığı olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada birim Kağızman Karmaşığı olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.2.)

Çalışma alanının güney kesimlerinde yüzeylenen birim yaygın olarak gabro, diyabaz, dolerit, diyorit, harzburgit, serpantinit, spilit gibi ofiyolitik kayalardan oluşur. Bu kaya türleri genellikle birbirleri ile ya da diğer kayalarla tektonik ilişkilidir. Birim içinde yastık lav, pelajik kireçtaşı, yeşilist fasiyesindeki metamorfitle, mermer ve rekristalize kireçtaşı blokları yaygın olarak yer almaktadır. Kağızman karışığını oluşturan, Gabro-diyabaz, Gabro, Serpantinit-diyabaz, Spilit-diyabaz ve Serpantinit kaya türleri karmaşık içinde tektonik dilimler şeklinde izlenir. Karmaşık içerisinde ayırtlanmamış Gabro-diyabaz; yeşilimsi-beyaz renkli çoğu yerlerde alterasyona uğramış, başlıca plajiyoklas, amfibol ve piroksen minerallerinden oluşmaktadır. Gabro, yeşil alacalı beyaz renkli, özşekilli tanesal doku göstermektedir. Spilit-diyabaz; mor ve yeşilimsi renkli, porfirik dokulu spilitli plajiyoklas ve ojit kristalleri aynı minerallerin kloritleşmiş mikrolitlerinden oluşan bir hamur içerisinde yer alır. Serpantinit; yeşil, koyu yeşil ve siyahımsı yeşil renklerde, bol kırıklı ve

makaslama yapılı, yer yer lisvenitleşme, karbonatlaşma ve tremolit oluşumu gözlenmektedir.

Kağızman Karmaşığında alınan örneğin mikroskobik incelemelerinden hyolo mikrolitik dokulu olduğu, cam alterasyonlu albitleşme, kloritleşme yer yer serizitleşme ve zeolitlenmenin yoğun olduğu görülmektedir. Albit mikrolit şeklinde primer olarak tamamını oluşturur. Bunun yanında da sekonder olarak da albitleşme gözlenmektedir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Kağızman Karmaşığı Formasyonuna ait splitik bazalt örneği a ve b de tek ve çift nikolde piroksen minerali, c-ç’de ise albitler ve hyolo mikrolitik doku belirgin şekilde gözükmektedir

Piroksenler (ojit) %15’ten fazla açık kahve renkli bir kuşak şeklinde ve mikrolit şeklinde %10 oranında bulunmaktadır. Amfiboller aktinolit olup ikincil mineral olarak bulunmaktadır. Bunun yanında opak mineraller de sekonder şeklindedir.

Kağızman karmaşığında alınan örneğin mikroskobik incelemesi sonucu kayaç splitik bazalt olarak adlandırılmıştır.

Eski çalışmalarda içerisinde yer alan kireçtaşı bloklarından derlenen Globotruncana spp. Globogerinidae fosilleri saptanmış olup Kağızman karmaşığına Senomaniyen-Santoniyen yaşı verilmiştir (Rathur,1965). Kağızman karmaşığının bölgeye ilk yerleşim yaşı Kampaniyen- Maastrichtiyen öncesi olarak kabul edilmiştir (Kıral ve Çağlayan, 1980; Yılmaz ve diğerleri, 1986). Konak ve diğerleri (2001) ise Kağızman karmaşığını da kapsayan ofiyolitik kayaları Erzurum-Kars Ofiyolit Zonu kapsamında incelerler ve bunların bölgeye yerleşme yaşının aynı şekilde Kampaniyen- Maastrichtiyen öncesi dönemde olduğunu düşünürler.

Kağızman karmaşığı okyanus kabuğı malzemeleri ile bazik volkanik kayalar ve çökel kayaların yapısal hareketi sonucu oluşmuştur. Kağızman karmaşığının büyük bir çoğunluğu bazik denizaltı volkanizmasının ürünüdür. Kağızman karmaşığı, Türkecan ve diğerleri (1992)'nin Ofiyolitli karışığı ile denestirilebilir.

3.1.2. Kavakdağı Kireçtaşları

Çoğunlukla resifal kireçtaşlarından oluşan birim, Kıral ve Çağlayan (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim adını inceleme alanında yer alan Kavak Dağı'ndan almaktadır. Birim ince taneli çakıltaşlarıyla başlar, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı ardalanmasıyla devam eder. Ara düzeyler bol fosilli kalın tabakalı çakıllı kireçtaşı, giderek kumtaşı, kıltaşı, marn ardalanmasına dönüşmektedir. Birimin en üst seviyelerini, pembe boz, ince tabakalı, yer yer çörtlü kireçtaşı, boz, orta, kalın tabakalı kireçtaşları oluşturur. Birimin çoğunluğunu oluşturan resifal kireçtaşları, sarımsı boz renkte, taze yüzeyi pembemsi, beyaz renkli, ince-orta tabakalıdır.

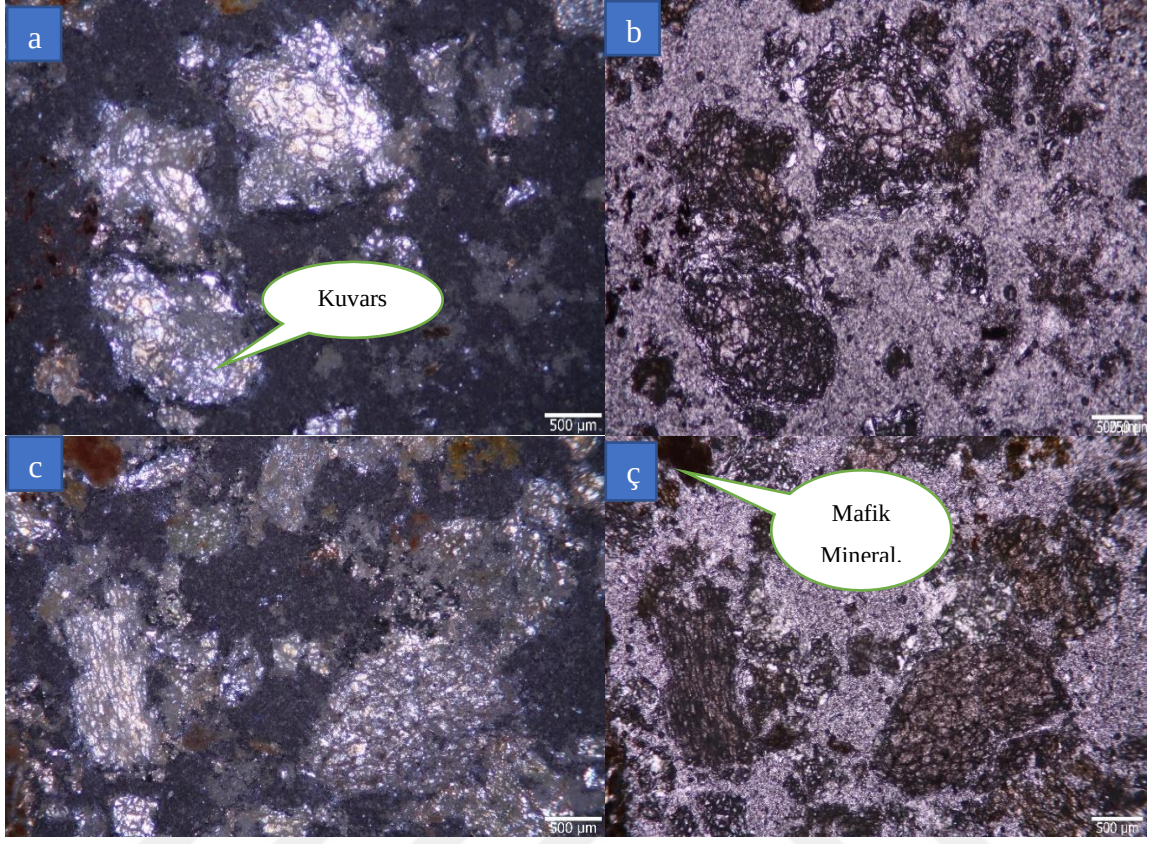
Birimin yaklaşık kalınlığı 100-150 metre olarak tespit edilmiştir (MTA,2009). Kavakdağı kireçtaşları sığ denizel bir ortamda çökelmiştir (Kıral ve Çağlayan, 1980) (Şekil 3.2.).

3.1.3. Tuzluca Formasyonu

Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, tuz ve jipslerden oluşan birim (Şekil 3.6.), Eşder (1968) tarafından Tuzluca Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanında Haznedar köyü yakınlarında yüzeylenme veren birim tabanda çakıltası, kumtaşı ile başlar, bunun üzerine sarımsı, yeşil, ince-orta tabakalı, ince orta-taneli, bitki kırıntılı, kumtaşı, yeşilimsi, gri marn ve kırmızı çamurtaşı ardalanması gelir. Bu seri üstte doğru, sarımsı, yeşil, laminalı, killi siltaşı, çamurtaşı ardalanmasına geçer. Bu düzey içinde yer yer kalınlıkları 40-50 cm arasında değişen jips seviyeleri izlenir. Formasyonun en üst düzeyini içinde jips ve tuzların yoğun olduğu kırmızı, sarı kiltası-marn-miltası ardalanmasını oluşturur (Şekil 3.2).

Formasyondan alınan örneğin mikroskobik incelemelerinden kayacın kumtaşı olduğu belirlenmiştir. Kumtaşlarının yoğunlukla kayaç parçalarından oluştuğu iri kuvars taneleri içerdiği ve içerisinde plajiyoklas ve feldispat minerallerinin bulunduğu gözlenmiştir. Şekli korumuş kuvars tanesi dolgu malzemesi matriks içinde bulunmaktadır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. A ve b’de kumtaşı litik kumtaşı ve kuvars minerallerini içermektedir, c ve ç’de mafik mineraller de gözlemlenmektedir



Şekil 3.6. Tuzluca Formasyonu’na ait kiltası-kumtaşı-çamurtaşları

Tuzluca Formasyonu çalışma alanında Kağızman Karmaşığı ve Eosen yaştaki birimler üzerine aşsal uyumsuz olarak örmektedir.

Formasyonun yaşı Eşder (1968) ve Şenalp (1968) tarafından Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Benzer birim Konak ve diğerleri (2001) tarafından Erken-Orta(?) Miyosen olarak yorumlanmıştır. Birimin yaşı stratigrafik konumu gereğı Geç Miyosen yaşı kabul edilmiştir. Birim göl-akarsu ve alüvyon yelpazesi ortamında çökelmiştir.

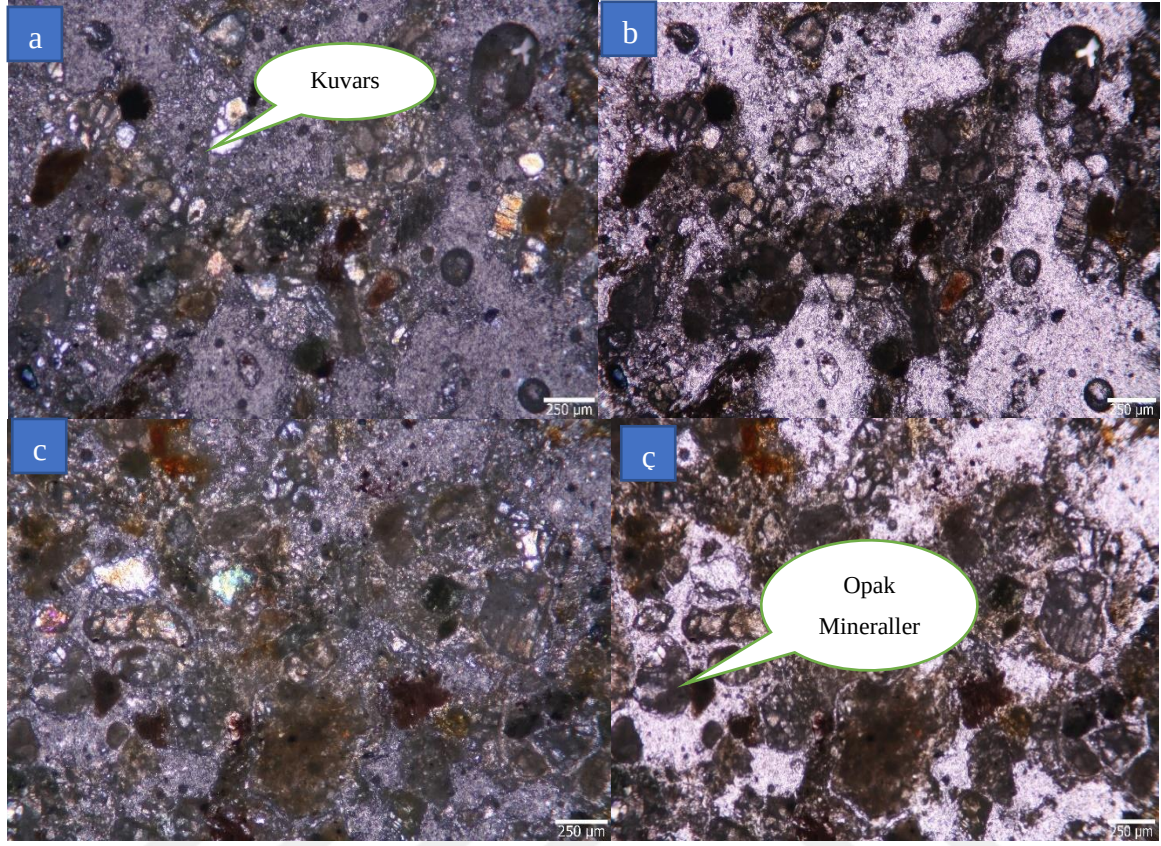
3.1.4. Mescitli Formasyonu

Riyodasitik-dasitik bileşimli tüfler, ignimbirit ile piroklastik döküntü, bazik lav merceklerinin ardalanmasından oluşan birim Mescitli Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İlk kez Rathur (1965) tarafından tanımlanan birim, Arbas vd. (1991) tarafından aynı adla haritalandırılmıştır. Keskin (1998) tarafından ise “Taban tüf düzeyi” olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanının güney doğusunda yüzeylenen birim, açık renkli riyolitik ve bazen riyodasitik bileşimde afiritik dokulu, epiklastik tüf düzeyleri ve ortalama 2-5 m kalınlıkta bazik-ortaç lav ve aglomera ara katkıları içerir (Keskin, 1998). Birim genellikle riyolitik bileşimde piroklastik akıntı, döküntü ve surge birimlerinden oluşmaktadır. Birim içinde bileşimleri genelde riyolitik olup, yer yer dasite kadar ulaşan küçük porfiritik domlar ve bazik lav ara katkıları vardır. Birim içinde andezitik bileşimli lavlar hemen hemen hiç bulunmamaktadır (Keskin, 1998).

Birimin yaşı Keskin (1998) tarafından K/Ar yaş verilerine göre 6-7 milyon yıl olarak belirlenmiştir. Bu veriye göre birimin yaşı Geç Miyosen olarak kabul edilmiştir.

Genellikle hamur maddesi cam parçacıklarıdır. Yoğunluk olarak kayaç parçalarından oluşmaktadır. Vitrik tüflerde karbonatlaşma, killeşme gözlemlenmektedir. Kil seviyeleri gözükmemektedir. Kristal parçacıkları içerirken mikroskop altında dalgalı sönen kuvars parçaları vardır (Şekil 3.7.). Kayaç adı Tüfit’dir.



Şekil 3.7. A ve b’de kuvars taneleri ve feldspatlar, c ve ç’de opak mineraller de gözlemlenmektedir

3.1.5. Melikler Bazaltı

Koyu siyah renkli gaz boşluklu olan bazaltlar ilk kez Aktimur ve diğerleri (1991) tarafından adlandırılmıştır. Birim adını Akbaba Dağı'nın güney eteklerinde yer alan Melikler dolayından almaktadır (Şekil 3.8.).

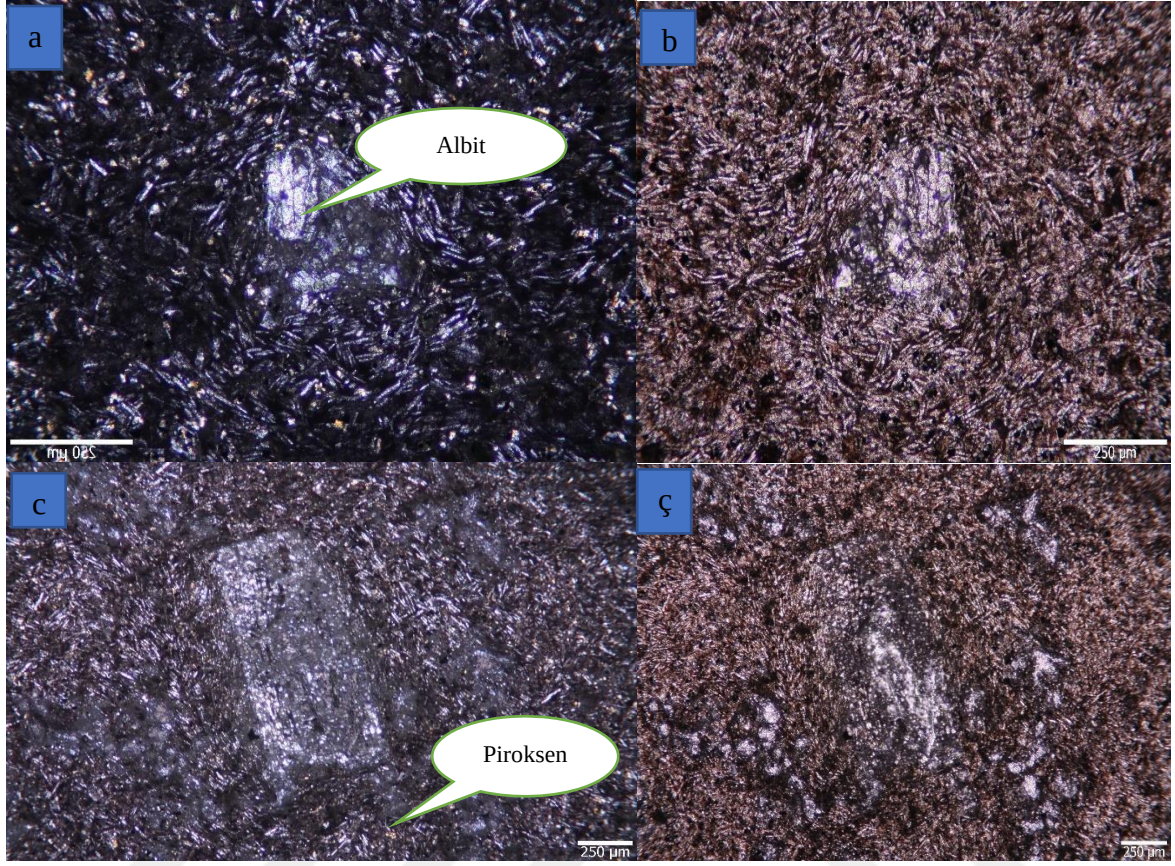
Melikler Bazaltı çalışma alanında Karabağ Köyünde bazalt kornişleri olarak yüzeylenir. Birim, genellikle siyah, yer yer kahvemsî, yer yer de kırmızımsî renkli, gaz boşluklu, bazen de cüruf şeklinde, eklem sistemi gelişmiş, yer yer akma yapısı belirgin olan bazik volkanitlerden oluşur. Melikler bazaltı, gri lav katmanları ile kendini belli etmektedir. Kars ilinde geniş bir yayılım gösteren bu volkanitler özellikle Kağızman yöresinde yastık yapılı olarak gözlenirler. Volkanizmanın etkisi ile soğuma çatlakları gelişmiştir. Melikler Bazaltı yüksek geçirimsizliğe sahiptirler.

Mikroskobik olarak, olivin-ajit-plajiyoklas fenokristalleri gözlenmektedir. Plajiyoklaslar iri kristal şeklinde belirginleşmektedir. Kayacın dokusu mikrolitik porfirik dokudur. Plajiyoklaslar ve fenokristal boyutunda klinopriksenler dalgalı olarak sönmektedir. Hamurda opak mineraller bulunmaktadır. Yer yer iri kristalli opak mineraller belirginleşmektedir. Akma yapısı kendini göstermektedir. Porfirik olmayan akma dokulu olan bazaltların hamuru tamamen plajiyoklas mikrolitlerinden oluşmuştur (Şekil 3.9.). Birimden alınan kayaç olivin bazalt olarak adlandırılmıştır.

Birimin kalınlığı yer yer 50 metreye kadar ulaşmaktadır. Melikler bazaltından Innocenti ve diğerleri (1982) tarafından yapılan radyometrik yaş tayinine göre 1.6-1.3 milyon yıllık yaş tespit edilmiştir. Dolayısıyla birimin yaşı Erken Pleyistosen olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.8. Karabağ Köyünde Melikler Bazaltı birimine ait bazaltlar



Şekil 3.9. A-b tek ve çift nikol plajiyoklas ailesinden albitler, c-ç’de piroksen ve albitler

3.1.6. Taraça

İyi tutturulmamış çakıltaşı, kumtaşından oluşan birim, taraça olarak ayırtlanmıştır. Çalışma alanında doğal olarak oluşan yamaçlarda ve yükseltilerin bulunduğu yörelerde yüzeylenmektedir (Şekil 3.2.).

3.1.7. Alüvyon

Günümüzde akarsu yataklarında depolanan kum, çakıl, blok ve silt, kil gibi çeşitli boylarda tutturulmamış oluşuklardır. Kuvaterner yaşlı birim, çöküntü alanlarında, dağ arası

vadilerde, akarsu yataklarında depolanan kil, silt, kum, çakıl, blok boyutunda elemanlardan meydana gelmiştir. Birçok yerde geniş yayılım göstermektedir. Aras Nehri boyunca çökelmiştir. (şekil 3.10.) Alvyonun kalınlığı 20-250 metre arasında değişmektedir (MTA, 2009). Havzanın ıkışında Iędir Ovasına doğru alüvyon kalınlığı artmaktadır.



şekil 3.10. Aras Nehrinin getirdiği alüvyon malzeme

3.1.8. Yamaç Molozu

Dağ ve tepe gibi yüksek engebelerin eteklerinde dolgulanmış ve malzemesi bu engebeyi oluşturan kayalardan türemiş, iyi tutturulmamış köşeli, tane destekli çakıl ve bloklar yamaç molozu olarak haritalanmıştır.

3.2. Yapısal Jeoloji

Bölgede, yaklaşık doğu-batı doğrultulu, genel olarak kuzeye eğimli, düşük açılı bindirmeler, kıvrımlar ve kuzeybatı-güneydoğu yönlü doğrultulu atımlı faylar izlenmektedir. Daha çok Kağızman karmaşığını oluşturan ofiyolit topluluğu kayaları arasında gözlenen bindirmeler yer yer Kağızman karmaşığı ile Eosen ve Miyosen yaşlı birimler arasında gelişmiştir (Şekil 3.2.).

Çalışma alanında tabakalı yapılar Tuzluca Formasyonu'nda gözlenmektedir. Tabaka doğrultuları yaklaşık GD-KB eğimleri ise 20-70°GB'dir. Tabaka kalınlıkları birimlere göre değişiklik göstermekle beraber 50-100 metre arasında değişir.

Tuzluca Formasyonu birimleri içerisinde kısa uzunluklara sahip sağ yönlü doğrultu atımlı faylar gelişmiştir.

Zamanla suların aşındırdığı vadilerin sebep olduğu düzlüklerde karmaşığın üzerine alüvyon ve yamaç molozu karışık olarak uyumsuz olarak gelmiştir. Karmaşığın geliştiği zonlar alüvyonların altında blok halinde bulunmaktadır.

3.3. Hidrojeoloji

3.3.1. Su Noktaları

Çalışma alanında yüzey suları, kaynak suları ve su kuyuları alanın su noktalarını oluşturur. En önemli yüzey suyu Aras Nehri ve kollarıdır.

İnceleme alanında yüksek debili kaynaklar bulunmamaktadır. Çoğu kaynak çıkışı çatlaklı olan karmaşıkların killi ve geçirimli kireçtaşları ile olan dokanaklarından olmaktadır. Kaynak suları genellikle yamaçlardan boşalmakta ve debileri yaklaşık 3 lt/sn olan kaynaklar kırsal kesimin çeşitli ihtiyaçları için kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen

kaynaklar Karabağ Kaynağı, Haznedar Kaynağı, Şahindere Kaynağıdır. Bu kaynaklar kaptaj yapılarak zirai faaliyetlerde kullanılmaktadır.

Su kuyuları çalışma alanında vadi tabanına yakın kısımlarda açılmış ve derinlikleri 60 ile 116 metre arasında değişen tarımsal amaçlı kullanılan su noktalarıdır. Karabağ köyü ve çevresinde yer alan sekiz adet su kuyusunda seviye açısından incelenmiştir. Dört farklı kuyu ise kalite açısından incelenmiştir. Kuyularda statik su seviyesi 45 ile 55 metre arasında; dinamik su seviyesi ise 55 ile 70 metre arasındadır. Su kuyularının yaz aylarında ölçülen statik seviyeleri ve pompa verimleri Tablo 3.1.' de verilmiştir.

Tablo 3.1. İnceleme alanındaki kullanma belgeli sulamada kullanılan su sondaj kuyuları verileri

Kuyu No	Koordinat (UTM ED 50 6 ⁰)		Derinlik (m)	Verim (L/sn)	Yaz Statik Seviye (m)	Yaz Dinamik Seviye (m)	Kot (m)
	X	Y					
1	343416	4450911	60	2	45	55	1261
2	343779	4450489	80	2	45	55	1245
3	343661	4450192	60	2	45	55	1237
4	343480	4449888	60	2	55	65	1217
5	343510	4448465	60	2	45	55	1165
6	343997	4450610	60	2	45	55	1258
7	340979	4447361	116	2	55	70	1320
8	338774	4447716	60	2	45	55	1321

3.3.1.1. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Bölgede yüzeylenen birimler genellikle tektonik hareketlere bağlı olarak çatlaklı yapı kazanmışlardır. Ancak çalışma alanında yüzeylenen birimlerden kırıklı ve çatlaklı yapısından dolayı Melikler Bazaltı ve ayrık malzemeden oluşan alüvyon birimleri akifer özelliği göstermektedir.

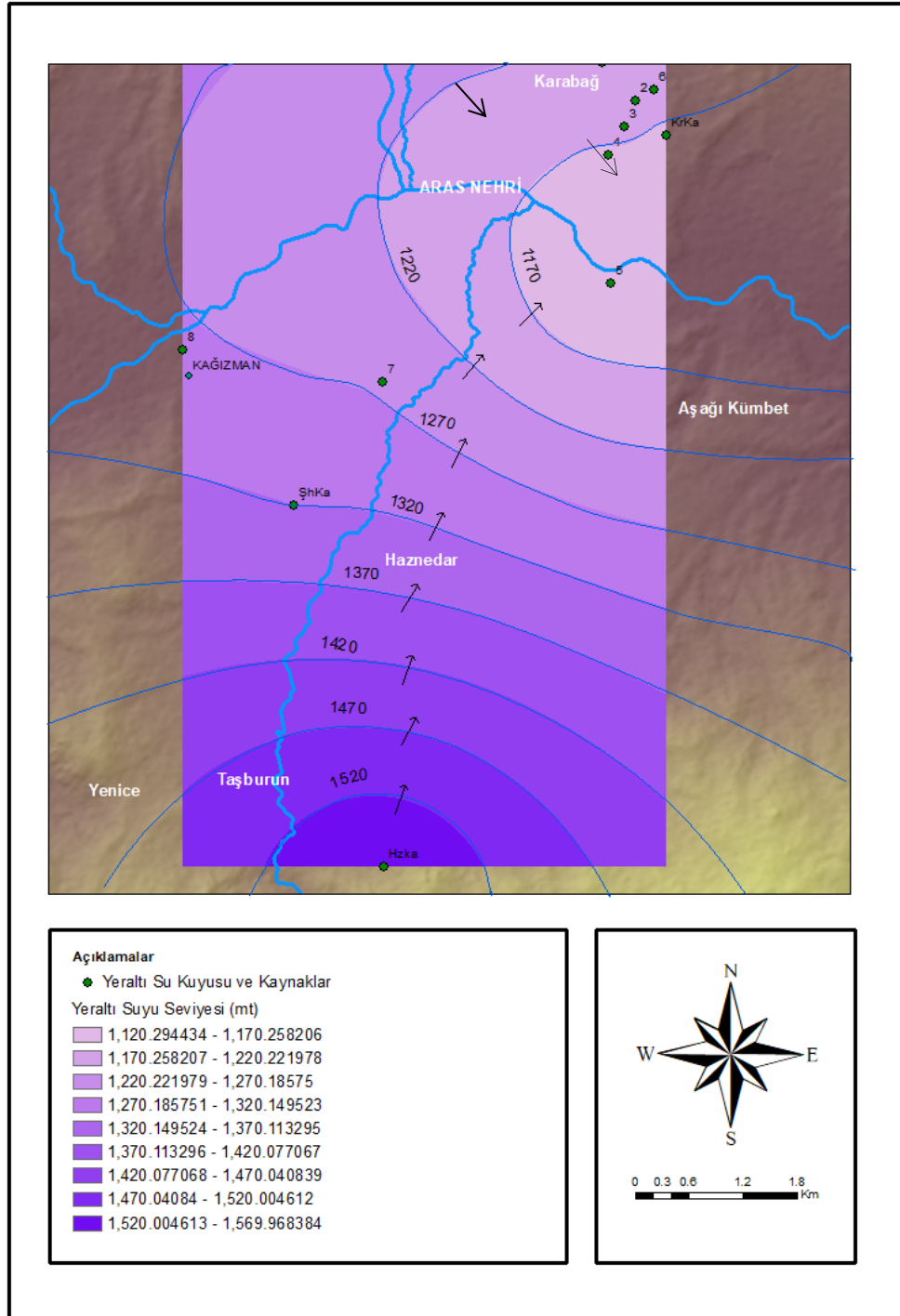
3.3.1.2. Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar (Akiferler)

Akiferler, yeraltısuyunu bünyesinde barındıran, geçirimli ve gözenekli olan ve ekonomik düzeyde su içeren jeolojik birimler olarak tanımlanmaktadır.

İnceleme alanında Kağızman ilçesi ve çevresinde akifer özelliği taşıyan önemli birimler genellikle Aras Nehri boyunca yüzeylenen alüvyonlardır. Aras Nehri'nin yataklarında depolanan kil, silt, kum, çakıl, blok malzemenin çeşitli boylarda tutturulmamış oluşuklarından meydana gelen alüvyonlar heterojen serbest akifer özelliğindedir. Bu alüvyonlar akarsuların mansap bölümünde oluşumlarına devam etmektedirler. Kağızman ilçesinde alüvyonların kalınlığı çok sınırlıdır. Bölgede alüvyon kalınlığı 20-250 metre arasında değişmektedir. Aras nehrine yakın bölgelere doğru kalınlık daha da artmaktadır (MTA, 2009). Yeraltısularının akış yönü Aras Nehri'ne doğrudur (Şekil 3.11).

İnceleme alanındaki kuyuların büyük çoğunluğu alüvyon düzlüklerin kenarında alüvyon ile volkanik kayaçların dokanağında açılmıştır. Açılan kuyuların sondaj logları incelendiğinde 2 metreye varan kalınlıkta bitkisel toprak, altında alüvyon malzeme, ardından kalın bir kil tabakası daha derinlerde de volkanik birimler bulunmaktadır. Genel itibarıyla kil içeriği düşük olan bu alüvyonda kum ve çakıl malzemeden su alınmaktadır. Eski tarihli yapılan pompa testleri sırasında Aras Nehrine yakın olan kuyuların 7-11 dakikalar arasında kararlı akım koşullarına ulaştığı bilinmektedir. Aras Nehrine uzak kuyularda ise bu süre daha uzun olmaktadır. Bu durum yeraltısuyu ile Aras Nehri arasında beslenme ilişkisinin olduğunu ve akiferin Aras Nehrini beslediğini göstermektedir.

Bölgedeki bazaltlar da genç ve bol çatlaklı oldukları için yeraltı suyu açısından önemlidirler.



3.4. Su Kimyası

Su yapısal olarak hidrojen ve oksijen molekülünden oluşmaktadır. Yapı itibarıyla dipolar özellikte olmasından dolayı çözücü özellik kazanır ve içerisinde çeşitli iyonlar bulundurulur. Yer yüzeyinde sular yerüstü ve yeraltı suları olarak iki farklı ortamda bulunmaktadır. Yeraltı suları yapı itibarıyla içlerinden geçtikleri kayalarla etkileşim halinde olup çeşitli maddeleri bünyelerine katmaktadırlar. Bunun sonucu olarak toplam çözünmüş madde miktarları da artmaktadır.

Yeraltı suları, yüzey sularına göre kirleticilere nadir maruz kalır ve daha az miktarda askıda katı madde içerir. Tatlı sular, yüzeysel su kaynakları ve yeraltı sularından temin edilir. Yüzeysel su kaynakları genellikle bulanık ve tortullu olması dolayısıyla sulama amaçlı kullanımlar dışında mutlaka filtrasyon gerektirir.

Çalışma alanında yeraltı sularının hidrokimyasal özelliklerini ortaya koymak amacı ile alanda bulunan su kuyularından (Tablo 2.1), kaynaklardan ve Aras Nehrinden alınan su örneklerinin fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve radyoaktivite özellikleri analiz edilmiş; elde edilen sonuçlar ve geçmiş yıllarda yapılan analiz sonuçları (Tablo 3.2) dikkate alınarak ilgili yöntemlerle değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları ayrıca TS 266 “Sular – İnsani Tüketim Amaçlı Sular” adlı standartlarında verilmiş olan gösterge özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Tablo 2.1’deki kuyular T2A1 sulama suyu yani orta tuzlu su az sodyumlu su sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.2. Sulamada kullanılan su kuyularının geçmiş yıllarda yapılmış kimyasal analiz sonuçları (DSİ, 2023).

Kuyu No	1	2	3	4	5	6	7	8
Ph	7.30	7.10	7.30	7.60	7.20	7.60	7.20	7.30
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	504	495	512	344	499	422	509	515
Çözünmüş Oksijen	6.80	6.80	6.70	14.05	6.90	6.80	5.50	6.70
Toplam Alkanite	7.37	743	7.43	-	7.60	6.07	7.57	7.43
Sodyum (meq/lt)	0.19	0.18	0.19	3.26	0.19	0.19	0.18	0.19
Potasyum (meq/lt)	0.03	0.03	0.03	0.28	0.04	0.03	0.03	0.04
Toplam Sertlik (mg/lt)	1027	1015	1003	710	1023	846	1011	995
Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	0.07	0.06	0.07	1.76	0.06	0.07	0.06	0.07
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP)	1.12	1.06	1.15	-	1.10	1.36	1.06	1.13
Sulama Suyu Sınıfı	T2A1	T2A1	T2A1	T2A1	T2A1	T2A1	T2A1	T2A1
RSC (Sodyum Karbonat Sınıfı) (meq/lt)	0.00	0.00	0.00	<1.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Tuz Konsantrasyonu (ppm)	352.80	346.50	358.40	-	349.30	295.40	356.30	360.50
Deney Sonuç Tarihi	2022	2022	2022	2020	2021	2015	2022	2022

3.4.1. Kimyasal Özellikler

3.4.1.1. pH Değerleri

pH sularda bulunan hidrojen iyonun derişimin bir göstergesidir. Asit ve bazlar arasında kurulan dengeye işaret etmektedir. Yeraltısularının pH'ı genellikle 6.5-8 arasında değişmektedir (Güler, 1997). Suların korozyon ve kabuk bağlama özellikleri pH'larından ileri gelmektedir Çalışma alanında bulunan sekiz su kuyusunun 2015-2022 yılları arasında ölçülen pH dereceleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Bu kuyuların pH dereceleri 7.10 ile 7.60 arasında değişmektedir ve genellikle bazik karakter göstermektedirler. Kuyu pH dereceleri, kaynak ve Aras nehir suyunun pH değeri kurak ve yağışlı olmak üzere iki kez ölçülmüştür. Kurak dönemde Haznedar Köyü kaynak suyu 7.60, Şahindere Mahallesi kaynak suyu 6.94, Karabağ Köyü kaynak suyu 7.96 olarak ölçülmüştür. Bu değerler ile inceleme alanındaki kaynak suları “Bazik” sınıfında yer almakta olup Şahindere Mahallesi kaynak suyu 6.94 ile “asidiktir” (Tablo 3.3.).

Kuyu sularından Haznedar YAS kuyusu 7.54 , Şahindere YAS kuyusu 7.50 , Karabağ Köyü YAS kuyusu 7.76 , Bayam Mahallesi YAS kuyusu 7.36 olarak ölçülmüştür. Bu değerler ile inceleme alanındaki YAS kuyuları “Bazik” sınıfında yer almaktadır. Aras nehri suyu 8,02 pH ile bazik karaktere sahiptir. Yağışlı dönemde ise su kuyuları, kaynak suları ve Aras Nehri pH derecesi 7.4-8.38 arasında değişmekte olup “bazik” karakterlidir.

Tablo 3.3. İnceleme alanındaki örneklerin pH değerleri

Tür	Numune Alınan Yer	pH Kurak Dönem	pH Yağışlı Dönem
Kaynak Suları	Haznedar Kaynak Suyu	7.60	8.15
	Şahindere Kaynak Suyu	6.94	7.4
	Karabağ Kaynak Suyu	7.96	7.94
YAS Kuyuları	Haznedar YAS Kuyusu	7.54	7.96
	Şahindere YAS Kuyusu	7.50	7.85
	Karabağ YAS Kuyusu	7.76	8.23
	Bayam Yas kuyusu	7.36	8.38
Nehir	Aras Nehri	8.02	7.57

3.4.1.2. Elektriksel İletkenlik (Eİ) Değerleri

Elektriksel iletkenlik suların elektriği iletebilme potansiyelinin 25⁰C mikromoho/cm veya mikrosiemens/cm (μ S/cm) olarak ifade edilmesinin tanımıdır. Yeraltı sularında elektriksel iletkenlik miliohm'un tersi milimho veya mikroohm'un tersi olan ve mikromho şeklinde rapor edilmektedir (Freeze ve Cherry, 1979).

Sulardaki elektriksel iletkenlik sıcaklık, çözünmüş madde miktarı, redoks tepkimeleri sonucu oluşan iyon hareketlerine göre değişmektedir. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iletkenlikleri artar (Hem, 1985).

Elektriksel iletkenlik suların kullanım alanları için önemlidir. TS 266 standartında içme sularında 2500 μ S/cm değerini kabul etmiştir. Sular elektriksel iletkenlikleri bakımından Erguvanlı ve Yüzer'e (1987) göre sınıflandırılmıştır (Tablo 3.4.).

Tablo 3.4. Suların özgül elektriksel iletkenliğine göre yapılan sınıflandırılma, (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

Elektriksel İletkenlik (Eİ) (25°C’ de $\mu\text{mho/cm}$)	Sınıf
250’den az	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
3000’den fazla	Kullanılamaz

Çalışma alanındaki Kurak Dönemdeki numunelerden elektriksel iletkenlik bakımından Karabağ Kaynak Suyu “Çok iyi” sınıfındadır. Haznedar YAS Kuyusu ve Bayam YAS Kuyusu “Kullanılabilir” sınıfındadır. Aras Nehri, Haznedar Kaynak Suyu, Şahindere Kaynak Suyu, Karabağ YAS Suyu “iyi” durumdadır.

Yağışlı dönemde ise Karabağ kaynak suyu “Çok iyi” Haznedar kaynak suyu, Şahindere kaynak suyu, Karabağ yas kuyusu, Aras Nehri “iyi”, Şahindere yas kuyusu, Bayam yas kuyusu, Haznedar yas kuyusu da “Kullanılabilir” sınıftadır (Tablo 3.5.)

Tablo 3.5. İnceleme alanındaki örneklerin elektriksel iletkenlik değerleri

Tür	Numune Alınan Yer	Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$) Kurak Dönem	Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$) Yağışlı Dönem
Kaynak Suları	Haznedar Kaynak Suyu	300.9	264
	Şahindere Kaynak Suyu	328	321
	Karabağ Kaynak Suyu	214	216
YAS Kuyuları	Haznedar Kuyusu	966	1493
	Şahindere Kuyusu	965	938
	Karabağ Kuyusu	701	702
	Bayam kuyusu	1386	1004
Nehir	Aras Nehri	682	569

3.4.1.3. Toplam Çözünmüş Madde (TDS) Miktarı

Sulardaki katılar içerik olarak inorganik ve organik maddelerden oluşmaktadır. Yüzey ve yeraltı suları geçtiği ortamlarda bulunan mineralleri ve organik maddeleri bünyelerine katmaktadırlar.

Tablo 3.6. İnceleme alanındaki örneklerin tds değerleri

Tür	Numune Alınan Yer	TDS (mg/l) Kurak Dönem	TDS (mg/l) Yağışlı Dönem
Kaynak Suları	Haznedar Kaynak Suyu	260	187
	Şahindere Kaynak Suyu	162	151
	Karabağ Kaynak Suyu	124	135
YAS Kuyuları	Haznedar Kuyusu	305	808
	Şahindere Kuyusu	655	363
	Karabağ Kuyusu	436	350
	Bayam Kuyusu	717	594
Nehir	Aras Nehri	306	386

İnceleme alanında Haznedar Köyü kaynak suyu 260, Şahindere Mahallesi kaynak suyu 162, Karabağ Köyü kaynak suyu 124 olarak ölçülmüştür. Bu değerler ile inceleme alanındaki kaynak suları Tatlı Sular sınıfında yer almaktadır.

Numune alınan yerlerdeki TDS değerleri kurak ve yağışlı dönemler olmak üzere Tablo 3.8.'de gösterilmiştir. İnceleme alanında numune alınan Haznedar kuyusu 305, Şahindere kuyusu 655, Karabağ Köyü kuyusu 436, Bayam Mahallesi kuyusu 717 mg/l olarak ölçülmüştür. Bu değerler ile inceleme alanındaki kuyu suları “Tatlı Sular” sınıfında yer almaktadır (Tablo 3.6.).

Yağışlı dönemde ise Şahindere kuyusu 363, Haznedar kuyusu 808, Karabağ kuyusu 350, Bayam kuyusu 594 mg/l olarak ölçülmüştür. Haznedar kaynak suyu 187, Şahindere kaynak suyu, 151, Karabağ kaynak suyu 135 mg/l, Aras Nehri ise 386 mg/l ile “Tatlı Sular” sınıfındadır (Tablo 3.7.).

Tablo 3.7. Suda çözünmüş toplam iyon (mg/l)

Tatlı Sular	0-1000
Hafif tuzlu sular	1000-10000
Tuzlu sular	10000-100000
Çok tuzlu sular	100000'den fazla

3.4.2. Majör (Ana) İyon Analizleri

Sularda çözünmüş maddelerin %90'dan fazlasını majör elementler teşkil etmektedirler. Numune alınan yerlerdeki kaynak, yas kuyusu ve Aras Nehri'nin analiz edilen majör Tablo 3.8.'de verilmiştir.

Sularda başlıca iyonlar sodyum, magnezyum, kalsiyum, bikarbonat, sülfat, klorür, silisyum, ikincil iyonlar demir, potasyum, stronsiyum, karbonat, nitrat, flor ve bor olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu elementlerin konsantrasyonu açısından anyon ve katyon analizleri değerlendirilmiştir. Bu majör iyonların doğal suların kimyasal yapılarının ortaya konmasında önemli bir parametredir. Suların tadı, kokusu, rengi, sertliği gibi önem arz eden hususlarda belirleyici etkenlerdir. Bu iyonların varlığının ayırt edilmesi suyun kullanım alanına göre değişkenlik göstermektedir.

Tablo 3.8. İncelenen su numunelerindeki majör iyonlar (pp

Tür	Numune Alınan Yer	Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺		HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		F ⁻		SO ₄ ⁻²	
		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)	
		K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.
Kaynak Suları	Haznedar Kaynak Suyu	41.08	36.2	10.64	8.41	11.22	11	1.2	0.5	86.1	149.9	11.14	4.23	0.1	0.07	21.13	23.14
	Şahindere Kaynak Suyu	33.32	32.4	10.92	11.2	22.44	22.8	3.17	2.18	54.86	64.84	17.01	16.72	0.37	0.43	15.05	15.82
	Karabağ Kaynak Suyu	29.12	23.51	9.03	8.7	14.4	14.6	2.46	1.48	62.82	106.14	3.48	3.5	0.27	0.3	4.02	4.11
YAS Kuyuları	Haznedar Kuyusu	29.8	45	56.63	29.6	71.6	249.34	6.91	3.24	152.6	161.5	51.86	120.52	0.66	0.63	63.63	208.54
	Şahindere Kuyusu	69.3	73.38	73.1	66.88	35.44	34.38	1.8	0.8	39.9	40.25	44.1	39.8	0.37	0.48	60.42	54.13
	Karabağ Kuyusu	56.2	57.02	28.86	26.61	57.2	57.44	4.5	3.07	88.4	141.4	55.2	58.34	0.37	0.38	27.15	26.33
	Bayam Kuyusu	111.05*	106.3*	48.7	38.1	125.76	112.94	6.9	6.02	143.85	456.15	168.74	97.54	0.33	0.53	48.42	49.37
Nehir	Aras Nehri	57.62	51.31	23.63	19.7	54.71	41.04	4.9	3.7	82.86	123.46	62.98	47.9	0.23	0.2	38.63	35.34
TS 266 (ppm)		200		50		200		12		-		250		1.5		250	
WHO (ppm)*		100		-		200		-		-		250		1.5		250	

Sodyum (Na) ve Potasyum (K): Sodyum elementi suların yapısında en fazla bulunan alkali mineraldir. Magmatik kayalar, kil mineralleri, feldispatlar, evaporitler (NaCl) gibi sodyum içeren başlıca kayaç ve minerallerdir (Goldschmidt, 1958). Çalışma alanından alınan örneklerin Sodyum değerleri kurak dönemde 11.22-125.76 ppm arasındadır. TSE standartı (TS266, 2005) içme sularının sodyum değerinin 200 mg/l'den az olması istenmektedir. Potasyum elementi yer kabuğunun %2.5'ini oluşturur ve esas olarak feldispat, feldispatoid, mika ve kil minerallerinde bulunur (Rankama ve Sahama, 1964). İnceleme alanında K değeri 1.2-6.91 ppm arasında değişmektedir. TSE standartı (TS266, 2005) içme sularının K değerinin 12 ppm'den az olması istenmektedir. Bu sebeple sodyum ve potasyum değerleri kurak dönemde belirtilen sınır içindedir. Yağışlı dönemde ise 11-249.34 ppm arasında değişmekte olup sodyum içeriği sadece Haznedar yas kuyusunda belirtilen sınırın üzerindedir. Yağışlı dönemde potasyum değeri belirtilen sınır değerinin altındadır.

Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg): Kalsiyum (Ca^{+2}) suların yapılarında bulunan en yaygın katyonlardan biridir. Kalsiyumun yaygın bulunmasındaki en önemli kaynaklar anhidrit, jips, amfiboller, piroksenler, aragonit olabilmektedir. TSE standartı (TS-266, 2005)'nda içme sularının Ca^{+2} değerinin 200 ppm'den az olması gerektiği belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütüne göre ise 100 ppm olması istenmektedir. Bu sebeple (WHO, 2011) göre bayam kuyu suyu limit değerinin üstündedir.

Magnezyum suyun sertliğine sebep olduğu bilinmektedir. Amfibol ve piroksen gibi önemli minerallerin yapı taşıdır. Çalışma alanında kurak dönemde magnezyum 9.03-73.1 ppm değerleri arasında değişmektedir. TSE standartı (TS-266, 2005)'nda içme sularının Mg^{+2} değerinin 50 ppm'den az olması gerekmektedir. Haznedar ve Şahindere kuyuları hariç diğer değerler belirtilen sınırlar içerisinde kalmaktadır. Yağışlı dönemde kalsiyum değerleri 23.51-106.3 ppm arasındadır. Yağışlı dönemde sadece Şahindere yas kuyusu belirtilen sınır değerinin üstündedir.

Alkalinite (HCO_3 ve CO_3): Suyun yapısında alkalinite, suyun yapısında bulunan ergimiş maddelerin tepkime istekleri ve nötralleşme potansiyelidir. Sulara karbonat ve hidroksit iyonları bu alkaliniteye sebep olmaktadır. Suların alkalinitesi maksimum olarak gördüğü seviye 500 ppm $CaCO_3$ 'ü geçmemektedir (Doğan, 1981). İnceleme alanında kuyu sularında 54.86-106.14 ppm, kaynak sularında 39.9-456.15 ppm, Aras Nehri'nde ise 82.86-

123.46 ppm arasında değişmekte olup TS 266 (2005) standartına göre herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir.

Sülfat (SO_4): Kükürt minerali indirgenmiş şekilde metal sülfürleri yapısıyla sedimanter ve magmatik kayalarda gözlemlenmektedir. Yeraltı sularında kükürtün esas kaynağı jips, anhidrit gibi tuzlardır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının SO_4^{2-} değerinin 250 ppm'den az olması istenmekte olup çalışma alanında kurak dönemde kükürt değerleri 4.02-60.42 ppm değerleri arasında değişmektedir. Yağışlı dönemde ise 4.11-208.54 ppm arasında değişmektedir. Bu nedenle her iki dönemde de standartta uygundur.

Klorür (Cl) ve Florür (F⁻): Klorür yağışı bol olan bölgelerin sularında daha çok bulunmaktadır. Genellikle sedimanter kayaların olduğu bölgelerde daha çok rastlanılmaktadır. Hornblend ve biyotit gibi minerallerin olduğu sular da rastlanılır. İnceleme alanında kurak dönemde klorür miktarı 3.48-168.74 ppm arasında değişmektedir. TS-266, 2005'nda içme sularının Cl^- değerinin 250 ppm'den az olması gerektiğini belirtmiş olup numuneler bu değerin altındadır. Yağışlı dönemde 3.5-120.52 ppm arasında olup belirtilen sınır değerin altındadır.

Florür halojen grubu elementidir. Sulardaki konsantrasyonu mikta, apatit gibi elementlerden kaynaklanıp derişimi oldukça azdır. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik (2005)'e göre F⁻ değeri 1.5 ppm'i aşmamalıdır. Bu değer inceleme alanında kurak dönemde 0.1-0.66 arasında değişmekte olup yönetmeliğe göre uygun bulunmaktadır. Yağışlı dönemde ise 0.07-0.63 ppm arasında değişmekte olup belirtilen sınır değerin altındadır.

3.4.3. Suların İz Element ve Ağır Metal İçerikleri

Suların yapısında bulunan bazı maddeler, majör (ana) elementlerin dışında çok az miktarda bulunur ve bu maddelere minör maddeler denir. Demir haricindeki ağır metaller sular da 1 ppm'den daha düşük derişimlerde bulunmaktadır. (Freze ve Cherry, 1979). Doğal yer üstü ve yeraltı sularında bulunduğu ve dolaşım da olduğu konumlara göre ev atıkları, sanayi, hayvancılık- tarımsal faaliyetler sonucunda bazı iz elementlerin oranında artışın

gözlemlenmesi doğal olarak karşılanmaktadır. Çalışma alanında alınan numunelerde, Alüminyum (Al), Gümüş (Ag), Arsenik (As), Bor (B), Baryum (Ba), Kadmiyum (Cd), Bakır (Cu), Krom (Cr), Demir (Fe), Cıva (Hg), Molibden (Mo), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Selenyum (Se), Antimon (Sb) ve Çinko (Zn) elementlerinin analizleri yapılmış ve sonuçlar ppm (parça başına milyon) biriminde Tablo 3.9'da verilmiştir. Ayrıca Kobalt (Co), Titan (Ti), Vanadyum (V), Titanyum (Ti), Kalay (Sn), Silisyum (Si), Lityum (Li) ve Stronsiyum (Sr), Berilyum (Be), iz elementlerinin analizi de yapılmış, ancak belirtilen ölçüm değerinin altında olduğu için Tablo 3.9.'da yer almamaktadır.



Tablo 3.9. İnceleme alanındaki ağır metal ve iz elementler (ppm)

		Pb	Zn	Cr	Mn	Fe	Cu	Cd	Ni	Al	Hg	As	Mo	Sb	Se	B	Ag	Ba
Haznedar Kuyusu	K.D	0.005	<0.007	0.013	0.044	0.510	0.003	<5.10 ⁻⁵	0.004	0.431	0.001	0.015	-	0.000	0.001	0.001	<0.001	0.136
	Y.D	0.001	0.018	0.013	0.122	1.867	0.023	0.000	0.041	1.908	0.005	0.013	0.000	0.000	0.002	0.001	<0.001	0.048
Şahindere Kuyusu	K.D	0.003	<0.007	0.010	0.011	0.780	0.001	<5.10 ⁻⁵	0.014	0.193	0.001	0.009	-	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.004
	Y.D	0.005	<0.007	0.003	0.041	0.308	0.002	<5.10 ⁻⁵	0.005	0.171	0.001	0.010	0.002	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.033
Karabağ Kuyusu	K.D	0.000	<0.007	0.004	0.005	0.128	0.004	<5.10 ⁻⁵	<0.001	0.051	0.001	0.006	-	0.001	0.002	0.000	<0.001	0.191
	Y.D	0.001	<0.007	0.006	0.155	0.320	0.003	<5.10 ⁻⁵	0.006	0.515	0.000	0.030	0.000	0.001	0.003	0.002	<0.001	0.334
Bayam Kuyusu	K.D	0.001	<0.007	0.009	0.251	0.546	0.003	<5.10 ⁻⁵	0.014	0.482	0.001	0.038	-	0.001	0.011	0.003	<0.001	0.497
	Y.D	0.000	<0.007	0.001	0.000	0.015	0.001	<5.10 ⁻⁵	<0.001	0.022	0.000	0.020	0.002	0.001	<4.10 ⁻⁵	0.000	<0.001	0.046
Haznedar Kaynak Suyu	K.D	0.377	13.104	0.004	0.017	4.132	0.071	<5.10 ⁻⁵	0.005	0.071	0.001	0.007	-	0.002	0.022	0.000	<0.001	0.005
	Y.D	0.005	<0.007	0.005	0.005	0.149	0.001	<5.10 ⁻⁵	0.003	0.094	0.001	0.007	0.002	0.001	0.001	0.001	<0.001	0.002
Şahindere Kaynak Suyu	K.D	0.001	<0.007	0.001	0.001	0.035	0.001	<5.10 ⁻⁵	<0.001	0.017	0.001	0.025	-	0.001	0.000	0.000	<0.001	0.067
	Y.D	0.001	0.007	0.001	0.001	0.015	0.001	<5.10 ⁻⁵	<0.001	0.010	0.001	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	<0.001	0.002
Karabağ Kaynak Suyu	K.D	0.001	<0.007	0.001	0.001	0.013	0.000	<5.10 ⁻⁵	<0.001	<0.007	0.001	0.023	-	0.001	<4.10 ⁻⁵	0.000	<0.001	0.003
	Y.D	0.000	<0.007	0.001	0.000	<0.007	0.000	<5.10 ⁻⁵	<0.001	<0.007	0.000	0.020	0.001	0.001	<4.10 ⁻⁵	0.000	<0.001	0.002
Aras Nehri	K.D	0.001	<0.007	0.003	0.021	0.187	0.002	<5.10 ⁻⁵	0.008	0.158	0.001	0.025	-	0.002	0.001	0.001	<0.001	0.050
	Y.D	0.001	<0.007	0.003	0.057	0.456	0.007	<5.10 ⁻⁵	0.003	0.304	0.001	0.004	0.001	0.001	0.002	0.000	<0.001	0.150
TS 266	ppm	0.01	5.00	0.05	0.05	0.20	2.00	0.01	0.02	0.20	0.00	0.01	0.07	0.01	0.01	1.00	0.05	1.00
WHO		0.01	3.00	0.05	0.40	0.30	2.00	0.00	0.02	0.20	0.00	0.01	0.07	0.01	0.01	2.00	0.10	0.70

3.4.3.1. Kurşun (Pb)

Kurşun doğal suların yapısında bulunmamakta olup insanların çevreyi kirletmesi sonucunda sulara ortaya çıkmaktadır. Benzin yanması, kurşundan yapılmış boruların korozyona uğraması gibi sebeplerle suya karışmaktadır. Kurşun insan vücudunda zararlı ve alınması gerekmeyen bir maddedir. Kurşun, yüksek dozda alındığında zehirleyici etki yapabilir ve ayrıca iştahsızlık, karın ağrısı, yorgunluk, kurşun felçleri, duyu organları bozuklukları, stresle birlikte beyinsel bozukluklara neden olabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliğinde Pb için önerilen maksimum değer 0.01 ppm’dir.

Çalışma alanındaki sulardan kurak dönemde Haznedar Kaynak Suyu haricindeki sulara Pb konsantrasyonu belirtilen sınır değerinin altındadır. Yağışlı dönemde ise bütün numunelerde belirtilen limit değerinin altındadır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisitler nedeniyle kurşun konsantrasyonunun yükseldiği bilinmektedir (Saygıdeğer, 1995).

3.4.3.2. Çinko (Zn)

Sularda doğal olarak bulunabilen çinko tarım atıkları, endüstri ve kayaç etkileşiminden dolayı suların yapısında bulunur. Zn, insanlar için göreceli olarak toksik olmayan bir elementtir ve 25 ppm konsantrasyonlara kadar olumsuz bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir (MecNeely vd. 1979). TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliğinde Zn derişim değeri en fazla 5 ppm olarak belirtilmiştir. Çalışma alanında kurak dönemde Haznedar kaynak suyu haricindeki sulara Zn konsantrasyonu belirtilen sınır değerinin altındadır. Haznedar kaynak suyunda ise 13.10 ppm’dir. Yağışlı dönemde ise bütün numunelerde belirtilen sınır değerinin altındadır. Buğday ekiminde, azami verim elde etmek amacıyla mineral madde katkılı gübrelerin, özellikle çinkolu gübrelerin yaygın bir şekilde kullanıldığı gözlemlenmiştir.

3.4.3.3. Krom (Cr)

Krom suya doğal olarak karışabilecek yapıdadır. Suyu karışması suyun pH derecesine, sıcaklığına, oksidasyon tepkimelerine göre değişmektedir. Endüstriyel faaliyetler, boyacılık ve metal kaplama ve madencilik faaliyetleri görülen bölgelerde daha çok suya karışma ihtimali artmaktadır. Krom sularda iki farklı oksidasyon durumunda bulunmaktadır. Cr^{+6} ve Cr^{+3} insan sağlığına zararlı etkileri vardır. TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliğinde Cr için önerilen sınır değeri 0.05 ppm olarak belirtilmiştir. Çalışma alanında bütün numunelerin Cr konsantrasyonu kurak ve yağışlı dönemde belirtilen sınır değerin altındadır.

3.4.3.4. Demir (Fe) ve Mangan (Mn)

Magmatik kayaların yapısında bulunan amfibol, pirit, granat, biyotit gibi minerallerin zaman içinde bozunması ve suya karışmasıyla sularda demire rastlanmaktadır. Sularda Fe^{+2} , asitli çözeltilerde Fe^{+3} olarak bulunmaktadır. Kalsiyum karbonat içeren kireçtaşı gibi kayalarla temas halinde bulunan sularda pH değeri yükselmekte ve bu da suyun içeriğindeki demir mineralini yüksek konsantrasyonlara çıkarmaktadır.

Mangan ise içme sularında renk ve bulanıklığa sebep olmaktadır. İçme suyu şebekesi borularında çökerek borularda tıkanıklığa ve boruların iç çaplarının daralarak su akışının engellenmesine neden olmaktadır (Akgiray, 2003). TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliğindeki demir için 0.2 ppm, mangan için 0.05 ppm değerler sınır değeri olarak verilmektedir.

Çalışma alanındaki sularda demir değeri 0.07-1.86 ppm arasındadır. Kurak dönemde demir konsantrasyonu Haznedar, Şahindere, Bayam kuyuları ile Haznedar kaynak suyunda TS 266’da önerilen sınır değeri aşmaktadır. Mangan konsantrasyonu kurak dönemde Bayam kuyu suyunda önerilen sınır değerin üstündedir. Yağışlı dönemde ise demir Haznedar, Şahindere, Karabağ kuyuları ve Aras Nehri sularında önerilen limit değerin üstündedir.

Mangan ise Haznedar, Karabağ kuyuları ile Aras Nehri sularında önerilen sınır değerin üstündedir.

3.4.3.5. Bakır (Cu)

Bakır, suya bakır minerallerinden geçerek karışmaktadır. Ayrıca bakır sülfat ergiyi ve bakır boruların zamanla korozyona uğraması ile geçebilmektedir. Bakır çeşitli enzimlerin, hayvan ve bitkilerin yaşaması için gereken hayati bir elementtir. Bakır eksikliği kansızlık, kemik yapısında bozukluk ve anemi hastalığına neden olabilirken, fazla alınması halinde mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları ve merkezi sinir sistemi irritasyonları gibi sağlık sorunlarına yol açabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliğinde Cu için önerilen sınır değer 2 ppm’dir.

Numune sonuçlarının hepsinde kurak ve yağışlı dönemde bakır belirtilen sınır değerin altındadır.

3.4.3.6. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, yer kabuğunda iz miktarda bulunan ve çinkoya benzeyen özelliklere sahip bir elementtir. Genellikle doğada çinko ile bulunur. Doğal suların kadmiyum içeriği genellikle 0.001 ppm'den daha düşüktür, ancak bazı suların kadmiyum konsantrasyonu 0.01 ppm'e kadar ulaşabilir (McNeely vd., 1979). Kadmiyum, cıva sonrasında en toksik ikinci metal olarak kabul edilir ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilir. Metabolik aktivite için gerekli olmayan bir metaloidtir. Sıcaklık değişimi, kadmiyumun alımını ve toksisitesini artırır. Tuz veya su sertliğinin artması, kadmiyumun etkisini azaltır. Genel olarak, suyun organik içeriği kadmiyumun bağlanmasına ve ortamdaki miktarının azalmasına neden olur, böylece canlı organizmalardaki etkisi de azalır (Teague, 1999). Kadmiyum ve bileşikleri kanserojeniktir ve sağlık açısından birçok rahatsızlığa neden olabilir. Baş ağrısı, susuzluk hissi, boğazda kuruluk, sinirlilik, tahriş edici öksürük, bronşit, amfizem, anemi ve böbrek

taşı gibi rahatsızlıklar, kadmiyumun neden olduğu başlıca hastalıklardır (Güler, 1997). Bu metal, kalsiyum metabolizmasının bozulmasına ve kemiklerin daha kırılgan hale gelmesine neden olabilir (Teague, 1999).

TS 266 (2005)'te ise kadmiyum konsantrasyon değeri en fazla 0.005 ppm olarak belirtilmiştir. Çalışma alanında bütün suların kurak ve yağışlı dönemde Cd konsantrasyonları belirtilen sınır değerin altındadır.

3.4.3.7. Alüminyum (Al)

Alüminyum, mika, feldispat, amfibol gibi minerallerin yapısında karışımına çıkmaktadır. Yerkabuğunda yüksek oranlarda olmasına karşın suda az çözünmesinden dolayı su yapısında eser miktarda bulunmaktadır. Genellikle yeraltı sularında 0.005-0.3 ppm arasında Al izlenir, asit sularda bu değer 100 ppm'e erişebilir (Şahinci, 1991). Al suda bulunuşu, özellikle suyun kökeni ve maden yatakları hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir (Şahinci, 1986) Alüminyum bütün içme sularında ve besinlerin yapısında bulunmaktadır (Akıray, 2003). TS 266, "İçme Suyu Standartları" yönetmeliğindeki alüminyum sınır değeri 0.2 ppm'dir.

Çalışma alanındaki numunelerde Al konsantrasyonu 0.07-1.90 ppm arasında değişir. Al, kurak dönemde Haznedar kuyusu ve Bayam kuyu suları hariç diğer numunelerde sınır değerin altındadır. Yağışlı dönemde ise Haznedar, Karabağ kuyuları, Aras Nehri sularında belirtilen limitin üstündedir.

3.4.3.8. Arsenik (As)

Arseniğin, insan ve hayvan sağlığına önemli derecede bozucu etki yaptığı bilinmektedir. Bu zararlı etkilerinden dolayı son yıllarda araştırma faaliyetleri artmış ve arsenik önemli bir tehlike unsuru olarak sayılmıştır. Arsenik plütonik kayaç olan granitlerde, gabrolarda ve nötr kayaçlarda bulunmaktadır.

Sindirim yoluyla vücuda nüfuz eden arsenik sıvı ve katı yoluyla taşınmaktadır. Sinir sisteminde dolaşım sistemini etkileyerek felç ve kansere neden olmaktadır (Brown, 2002). TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliğindeki arsenik değerinin sınır limiti 0.01 ppm olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki sulara As değeri 0.0003-0.038 ppm arasında değişir. Kurak dönemde Haznedar ve Bayam kuyusunda, Şahindere, Karabağ kaynakları ve Aras Nehri suyunda arsenik belirlenen sınır değerin üstündedir. Yağışlı dönemde ise Haznedar, Karabağ, Bayam kuyuları ve Karabağ kaynağı sularında As konsantrasyonu belirtilen limit değerin üstündedir. As’lı sular genellikle volkanik kayalarda ve jeotermal bölgelerde (Choong vd., 2007), tarıma bağlı pestisit kullanımında yaygın olarak gözlenebilir (Parsons ve Jefferson, 2006).

3.4.3.9. Bor (B)

Bor, periyodik tablonun üçüncü grubunda yer alan en hafif elementtir. Bor’un bulunuş şekli, suyun pH değerine bağlı olarak değişebilir. pH değeri 6’dan az olan asitli sulara, ortoborik asit baskındır. pH değeri nötr veya alkali (pH 11’den yüksek) doğal sulara ise, tetra-penta-hegzaborat ve diğer poliboratlara gözlemlenebilir. Borik asit, soğuk sulara az çözünmektedir (Şahinci, 1991). Bor’un toksik seviyeleri, genellikle fay hatlarına yakın olan kuyu sularında, sıcak su kaynaklarında, tuzlu ve alkali toprakların bulunduğu alanlarda yeraltı ve taban sularında bulunur (Eryurt, 1999). Su içindeki bor miktarı, pH değerine bağlı olarak değişir. Alkali metal boratlar suda yüksek oranda çözünürken, diğer boratlar daha düşük çözünürlük gösterir. Boratların çözünürlüğü, sıcaklık arttıkça yükselir. Bu nedenle, bor hidrotermal sular içinde hızla hareket eder. Jeotermal sistemlerde, B^{+3} ve Cl^- genellikle su kaynakları hakkında bilgi verir ve sistem içindeki farklı rezervuarlardan oluşan karışımları belirler (Truesdell, 1975-1991; Arnorsson ve Andresdottir, 1995).

TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliği uyarınca, bor konsantrasyon değeri en fazla 1 ppm olarak ifade edilmiştir. Çalışma alanındaki suların B konsantrasyonları 0-0.0027 ppm arasında olup, bütün suların kurak ve yağışlı dönemde önerilen sınır değerin altındadır.

3.4.3.10. Baryum (Ba)

Baryum, doğada yaygın olarak bulunan ve su içinde yavaş hareket eden bir elementtir. Doğada Barit ($BaSO_4$) ve viterit ($BaCO_3$) mineralleri şeklinde bulunur. Baryum tuzları, boya endüstrisi, dericilik ve patlayıcı madde üretiminde kullanılır ve endüstriyel atık sularla, sulara karışır. Baryum, sülfat konsantrasyonu çok düşük olan doğal sular, sanayi atıkları ve belirli tuzlu sular içinde nicel olarak ölçülebilir. İnsan beslenmesi için gerekli olmayan baryumun, kaslar, kalp dokusu, damar ve sinir sistemine zararlı etkileri olduğu belirlenmiştir (Güler, 1997).

TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliği kapsamında baryum için belirli bir sınır değeri belirtilmemiştir. Ancak, Doğal Mineralli Sular Hakkındaki Yönetmelik (2004) uyarınca, baryum konsantrasyon değeri en fazla 1 ppm olarak ifade edilmiştir.

Çalışma alanındaki suların Ba konsantrasyonları 0.002-0.33 ppm arasındadır ve kurak ve yağışlı dönemde suların hepsinde belirtilen sınır değerinin altındadır.

3.4.3.11. Cıva (Hg)

Yüzeysel sularda cıva genellikle cıva hidroksit ve cıva klorür çeşitleri şeklinde bulunur. Kirli sularda ve göllerde cıva konsantrasyonu daha yüksek olabilir. İçme sularında cıva seviyesi çok düşüktür. Gıdalarla alınan inorganik cıva bileşiklerinin %7-8'i emilirken, metil cıvanın tamamı emilir (Güler, 1998). İnorganik cıva böbreklerde birikirken, metil cıva kana karışır ve kırmızı kan hücrelerine bağlanır. Cıva tuzları idrar ve dışkı yoluyla atılır. İnorganik cıvanın kanserojen etkisi yoktur, ancak alkil cıvalar rahimdeki embriyonların ölümüne neden olabilir (Güler, 1997).

TS 266'ya göre içme sularında cıva değeri 0.001 ppm'dir. Sonuçlara göre kurak ve yağışlı dönemde Haznedar kuyu suyu 0.001-0.0046 ppm ile limit değerinin üstündedir.

3.4.3.12. Selenyum (Se)

Selen bileşikleri doğada nadir bulunur (Dumiu, 1975). Kurşun, çinko, fosfat ve uranyum yataklarının işletilmesi ve akaryakıtların yanması sonucunda selenyum çevreye yayılır. Selenyum su, hava ve yiyeceklerle vücuda geçer. Solunum yoluyla toz ve duman halindeki selenyum akciğerlerden emilir. Selenyum en çok karaciğer, dalak ve böbreklerde birikir, diğer organlarda daha az birikir (Blumenthoi, 1994).

TS 266'ya göre selenyum sınır değeri 0.01 ppm'dir. Kurak dönemde bayam kuyusu ve haznedar kaynak suyu belirlenen limit değerinin üstündedir.

3.4.3.13. Nikel (Ni)

Ni, magmatik kayalarda bulunan birçok mineralin yapısında yer alır. Doğal suların çoğunda 1 ppm'ye kadar yükselen derişimleri bulunmasına rağmen, genellikle 0.005 ile 0.02 ppm arasında bulunur (WHO, 1984).

TS-266 standardına göre, insan tüketimi amaçlı suların Ni konsantrasyonu 0.02 mg/l'yi geçmemelidir. Yağışlı dönemde Haznedar kuyu suyu limit değerinin üstündedir.

3.4.4. Kirlilik Analizleri

İnsan sağlığına olan olumsuz etkileri sebebiyle inceleme alanındaki su numunelerinde nitrit, nitrat, fosfat ve amonyum değerleri araştırılmıştır (Tablo 3.10.).

Tablo 3.10. İnceleme alanındaki örnek noktalarının kirlilik analizleri (ppm)

Tür	Numune Alınan Yer	NO ₂ (ppm)		NO ₃ (ppm)		PO ₄ (ppm)		NH ₄ (ppm)	
		K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.
Kaynak Suları	Haznedar Kaynak Suyu	0.17	-	9.43	4.77	-	-	2.21	5.56
	Şahindere Kaynak Suyu	0.2	0.18	10.05	8.86	0.7	1.25	2.92	6.13
	Karabağ Kaynak Suyu	0.1	0.09	2.07	1.95	0.3	0.83	1.85	5.57
YAS Kuyuları	Haznedar YAS Kuyusu	0.34	0.65	49.79	43.98	0.4	-	6.06	21.53
	Şahindere YAS Kuyusu	0.34	0.41	67.1	42.47	0.1	-	3.77	11.76
	Karabağ YAS Kuyusu	0.28	0.27	17.72	14.26	0.2	-	3.35	6.14
	Bayam Yas kuyusu	0.47	0.04	8.92	7.7	0,38	0.22	2.7	8.12
Yüzey suyu	Aras Nehri	0.29	0.19	5.62	5.62	0.2	0.48	6.78	6.55
Ts 266	Ppm	0.5		50		-		0.5	
Who	Ppm	0.5		50		-		0.5	

3.4.4.1. Nitrit (NO₂)

Nitrit azotu iki oksijen ve bir azot atomundan oluşan bir bileşik olup sulardaki organik maddelerin ayrışması sonucu oluşan azot bileşiğidir. Nitritin sularda yüksek miktarda bulunması insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir. Nitrozamin adı verilen kansere yol açtığı bilinmektedir (Erlund, 2019).

NO₂ TS-266 için nitrit sınır değerini 0.5 ppm olarak belirlemiştir. Nitrit derişimi çalışma alanındaki kuyu sularında kurak ve yağışlı dönemde nitrit konsantrasyonu 0.04-0.65 ppm, kaynak sularında 0.09-0.18 ppm, Aras Nehrinde ise 0.19-0.29 ppm arasındadır. Yağışlı dönemde Haznedar kuyu suyu sınır değerin üzerindedir. Hayvansal atık ve gübrelemeden kaynaklanmaktadır.

3.4.4.2. Nitrat (NO₃)

İnsan faaliyetleri nitrat kirliliğine sebep olmaktadır. Tarım, hayvancılık, endüstriyel faaliyetler de nitrat kirliliğinin diğer nedenleridir. Nitratın insan sağlığı üzerine olan etkileri

göz önünde tutularak Dünya Sağlık Örgütü (WHO), TS 266, “İçme Suyu Standartları” yönetmeliğinde 50 ppm’den az olması istenmektedir. Nitrat inceleme alanında kuyu sularında 7.70-67.1 ppm, kaynak sularında 1.95-10.05 ppm değeri ile yağışlı dönemde konsantrasyonu azalmıştır. Aras Nehrinde 5.62 ppm ile kurak ve yağışlı dönemde değişmemiştir. TS 266’a göre belirlenen sınır değeri aşan (50 ppm) Şahindere kuyusu (67.1 ppm) bulunmaktadır.

3.4.4.3. Amonyum (NH₄)

Amonyum sularda kil tanelerinin ve toprak parçacıklarının suya adsorplanması nedeniyle düşük miktarlarda çıkmaktadır. Suda amonyak bileşiklerinin fazla olması suyun yeni kirlendiğine işaretir.

TS 266 tarafından, amonyum için belirlenmiş sınır değeri 0.5 ppm olarak belirlenmiştir. Amonyum inceleme alanında kuyu sularında 2.70-21.53 ppm, kaynak sularında 1.85-6.13 ppm kurak dönemden yağışlı döneme doğru artmıştır. Aras Nehri’nde ise yağışlı dönemde 6.78 ppm’den 6.55 ppm’e azalmıştır. Amonyum değeri tüm numunelerde limitim üstündedir.

3.4.4.4. Fosfat (PO₄)

Sularda bulunan organik ve inorganik maddelerin ayrışması sonucu ortaya çıkmaktadır. Sucul ekosistemlerde aşırı alg canlısına neden olabilir. Yüzey ve yeraltı sularındaki fosfat, bitkisel ve hayvansal atıkların bozunması sonucu oluşan kayaçlardan ve topraktan kaynaklanabilir. Ayrıca, kullanılan gübre de fosfatın su kaynaklarına karışmasına neden olabilir TS266’ya göre herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir. Kuyu sularında 0.09-0.38 ppm, kaynak sularında 0.34-1.25 ppm arasında yağışlı dönemde artmıştır. Aras Nehri’nde 6.78-6.55 ppm arasında değişmektedir.

3.5. Suların Radyoaktiviteleri

Radyoaktivite nötron fazlalığının neden olduğu atom çekirdeğinin parçalanması esnasında çevreye yaydığı radyasyondur. Radyoaktivitenin birimi Becquerel (Bq) olarak tanımlanmıştır. Yeraltı suları içinden geçtikleri kayalarındaki radyoaktif elementleri bünyelerine katarak çözerler. Bu çözünme sonucu yeraltı suyu radyoaktif özellik kazanmaktadır. Uranyum, toryum gibi radyoaktif maddelerin yeraltı sularında tayini çok yüksek bedellerde gerçekleştirilmektedir. Fakat alfa ve beta aktivitesi tayini ile yüksek değerlere sahip olanların ayrıca bu elementler bakımından incelenmesi daha doğru sonuçlar vermektedir. Kişilerin suya temas yoluyla aldığı radyasyon vücutlarında farklı etkiler yapmakta, gecikme sebebiyle bazen bu etkiler gelecek nesillerde kendini göstermektedir. İyonize ışınların süresi, miktarı gibi etkenlerle etkisi değişmektedir. (Kaya, 2002).

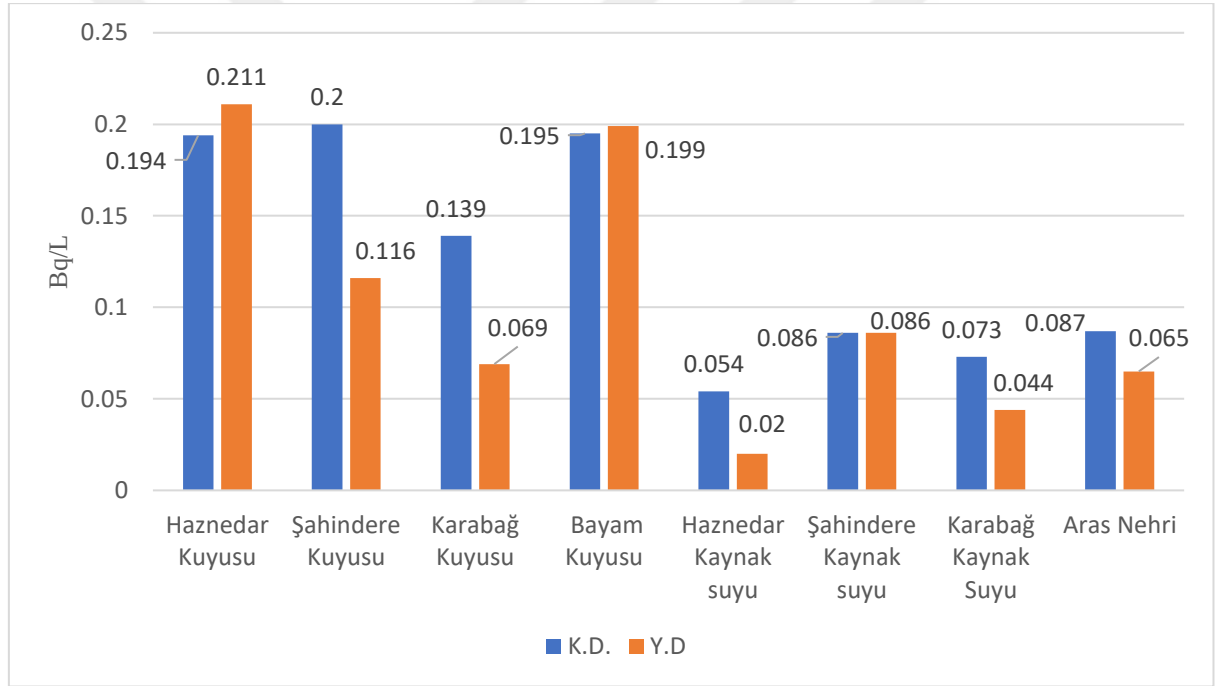
WHO 2006 ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA)'ya göre toplam alfa için 0,5 Bq/L ve toplam beta için 1 Bq/L sınır değer olarak tayin edilmiştir. Bu sınır değerleri aşması durumunda söz konusu kaynak ve yeraltı suyu bir yıl boyunca izlenmelidir.

Tablo 3.11. Numune alınan suların toplam alfa ve beta aktivite tayini

No	Numune İsmi	Parametre	Ölçülen Değer (Bq/L)	
			K.D.	Y.D.
1	Haznedar Kuyusu	Toplam alfa	0.194	0.211
		Toplam beta	0.364	0.179
2	Şahindere Kuyusu	Toplam alfa	0.2	0.116
		Toplam beta	0.047	0.047
3	Karabağ Kuyusu	Toplam alfa	0.139	0.069
		Toplam beta	0.138	0.554
4	Bayam Kuyusu	Toplam alfa	0.195	0.199
		Toplam beta	0.242	0.202
5	Haznedar Kaynak suyu	Toplam alfa	0.054	0.02
		Toplam beta	0.032	0.044
6	Şahindere Kaynak suyu	Toplam alfa	0.096	0.057
		Toplam beta	0.086	0.086
7	Karabağ Kaynak Suyu	Toplam alfa	0.073	0.044
		Toplam beta	0.042	0.05
8	Aras Nehri	Toplam alfa	0.087	0.065
		Toplam beta	0.157	0.138

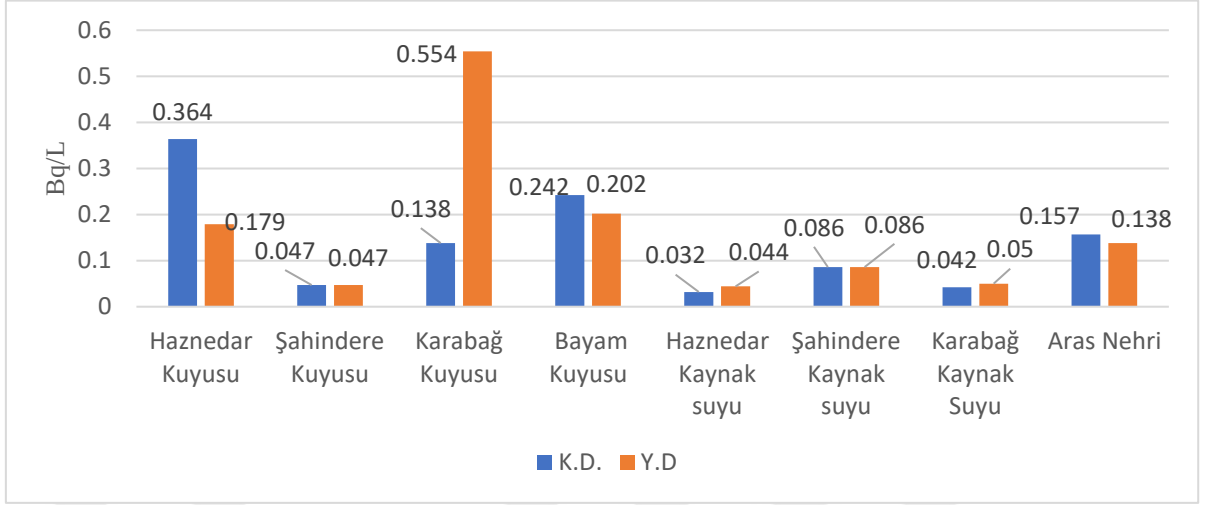
Çalışma alanındaki EPA 900.0 standartına göre analiz edilen kuyu sularının alfa aktiviteleri 0.06-0.2 Bq/L arasında; beta aktiviteleri 0.04- 0.55 Bq/L arasındadır. Kaynak sularının alfa aktiviteleri 0.04-0.09 Bq/L beta aktiviteleri 0.03-0.08 Bq/L dir (Tablo 3.11.). Radyoaktivite değerleri kuyu sularında kısmen yüksek olup suların hiçbirinde önerilen sınır değeri aşmamıştır.

Alfa radyoaktivesi daha ağır bir parçacıktır. Havada kısa menzilde hareket ederken insan vücudu tarafından soğurulabilmektedir. Solunum veya sindirim yoluyla alınırsa akciğer ve mide de ciddi radyasyon aktivesi artmasına sebep olmaktadır (Taner, 2009). Uzun süre maruz kalındığında kansere yol açtığı bilinmektedir (Karşlı vd., 2009).



Şekil 3.12. Suların kurak ve yağışlı dönemde toplam alfa aktivite değerleri

Söz konusu numunelerde kurak ve yağışlı dönemde alfa aktivite tayini belirtilen sınır değerin altındadır (Şekil 3.12.).



Şekil 3.13. Suların kurak ve yağışlı dönemde toplam beta aktivite değerler

Beta radyoaktivesi ise daha ince ve küçük tanelere sahip olduğundan ışıma sırasında daha fazla nüfuz etmektedir. Plastik ve metalden tamamen soğurulmaktadır. Vücut derisinin üst kısımdan nüfuz edilmektedir. Sürekli ve aşırı maruz kalmada ciddi cilt yanıklarına sebep olabilmektedir (Asikainen ve Kahlos, 1980).

Bu zararlı etkilerinin yanı sıra bazı dozlarda ve kaplıcalarda radyoaktif aktivitelerin iyileştirici özelliği olduğu da bilinmektedir. Metabolik, hormon tedavisi, jinekolojik ve dolaşım sistemi hastalıklarında bu radyoaktif içerikli sular kullanılmaktadır (Yüzbaşıoğlu, 2007). Kurak ve yağışlı dönemde numunelerdeki toplam beta aktivite değeri belirtilen sınır değerinin altındadır (Şekil 3.13.).

3.6. Mikrobiyoloji Analizleri

Çalışma alanında örnekleme yapılan kuyular sulama suyu amaçlı olduğu için şimdiye kadar herhangi bir bakteri analizi yapılmamıştır. Çalışma alanından kuyu, kaynak ve yüzey suyu olmak üzere 8 farklı noktadan alınan sulara Toplam Koliform, Escherichia coli, Fekal Koliform. Enterokok analizleri yaptırılmıştır.

Bahsedilen deneylerin tayin sınırının 1'den küçük olması istenmektedir. Çalışma alanındaki sulara mikrobiyolojik parametreler kuyu sularında yüksek, kaynak sularında daha düşük değerlerdedir (Tablo 3.12.). Kurak dönemde toplam koliform değeri Haznedar kaynağında 2, kuyuda 118.7 EMS /100 mL olarak tespit edilmiştir. En yüksek değerler beklendiği gibi Aras Nehri suyunda ölçülmüştür. Toplam koliform ve Escherichia coli değerleri sırasıyla 1299.7 ve 488.4 EMS /100 mL olarak belirlenmiştir. Kurak dönemde Aras Nehrinde her iki türden bakteri de sınır değerın çok üstündedir. Karabağ kuyusunda toplam koliform değeri 6.3, Bayam kuyusunda ise 5.2 EMS /100 mL olup istenen değerlerin üstündedir. İnceleme alanından alınan numunelerin hiçbirinde fekal koliform ve enterokok bakterilerine rastlanılmamıştır. Sular insan ve hayvan dışkılarıyla karışan hastalık yapıcı (patojen) bakteri ve virüslerin varlığı nedeniyle ciddi sağlık riskleri taşır. Fekal koliformlar, insan ve hayvan dışkısıyla ilişkili fekal kirlenmenin varlığını gösterir. Çünkü tüm sıcak kanlı hayvanlar, bağırsak sistemlerinde fekal koliformlara sahiptir, bu nedenle fekal koliformlar insan ve/veya hayvan kaynaklı olarak ortaya çıkar (Alkan vd., 1998).

Tablo 3.12. Çalışma alanındaki suların mikrobiyoloji parametreleri

Kaynak/YAS Kuyusu	Toplam Koliform EMS /100 mL		Escherichia coli EMS /100 mL	
	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.
Bayam YAS Kuyusu	5.2	<1	<1	<1
Karabağ Kaynak Suyu	<1	<1	<1	<1
Karabağ YAS Kuyusu	6.3	<1	<1	<1
ARAS Nehri	1299.7	78	488.4	19.9
Şahindere Kaynak Suyu	<1	<1	<1	<1
Şahindere YAS Kuyusu	2	<1	1	<1
Haznedar Kaynak Suyu	2	<1	<1	<1
Haznedar YAS Kuyusu	118.7	1	<1	<1

3.7. Hidrokimyasal Fasiyes Sınıflaması

Hidrokimyasal fasiyes, belirli bir hidrojeolojik ortamdaki suların kimyasal bileşimlerini tespit etmek amacıyla kullanılan bir terimdir. Suyun kimyasal bileşimindeki

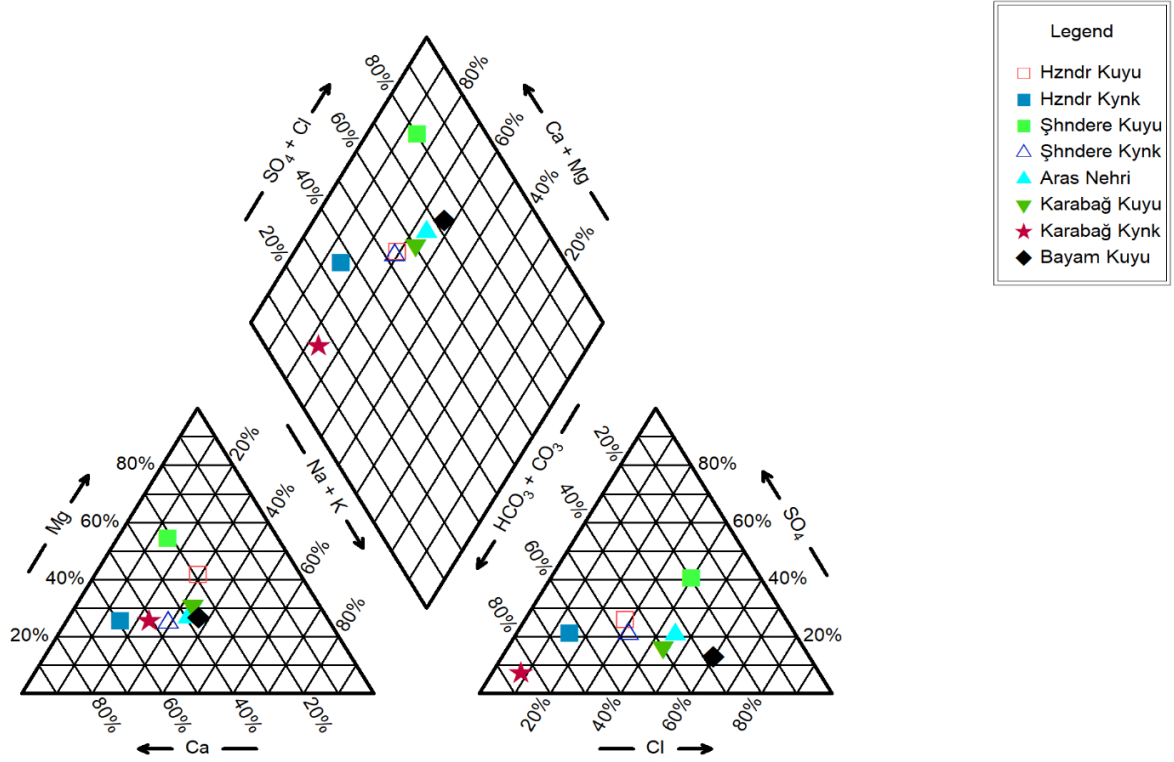
değişikliklerin hidrojeolojik süreçlerle ilişkisinin nasıl kurulduğunu göstermekte kullanılmaktadır. Hidrojeolojik süreçlerin kimyasal yapısındaki değişiklikleri nasıl etkilediğini anlamak için yol göstermektedir. Bu sınıflama hidrojeolojik ortamların karakterize edilmesi ve idaresi için gerekli bir araçtır.

Çalışma alanındaki kuyu, kaynak ve Aras Nehir suyundan Ocak 2023 ve Nisan 2023 tarihlerinde alınmış olan sekiz adet su numunesinin kimyasal analiz sonuçları kullanılarak hidrokimyasal açıdan sınıflandırılmıştır. Suların hidrojeokimyasal sınıflaması için Piper Diyagramı (1944) kullanılmıştır. Ayrıca suların kimyasal içeriklerini birbirleri ile karşılaştırmak ve aynı kökenden gelen suları belirlemek için Schoeller Diyagramı, sulama suyu amacıyla kullanılmalarını belirlemek için Wilcox ve A.B.D. Tuzluluk Diyagramı kullanılmıştır.

3.7.1. Piper Diyagramı

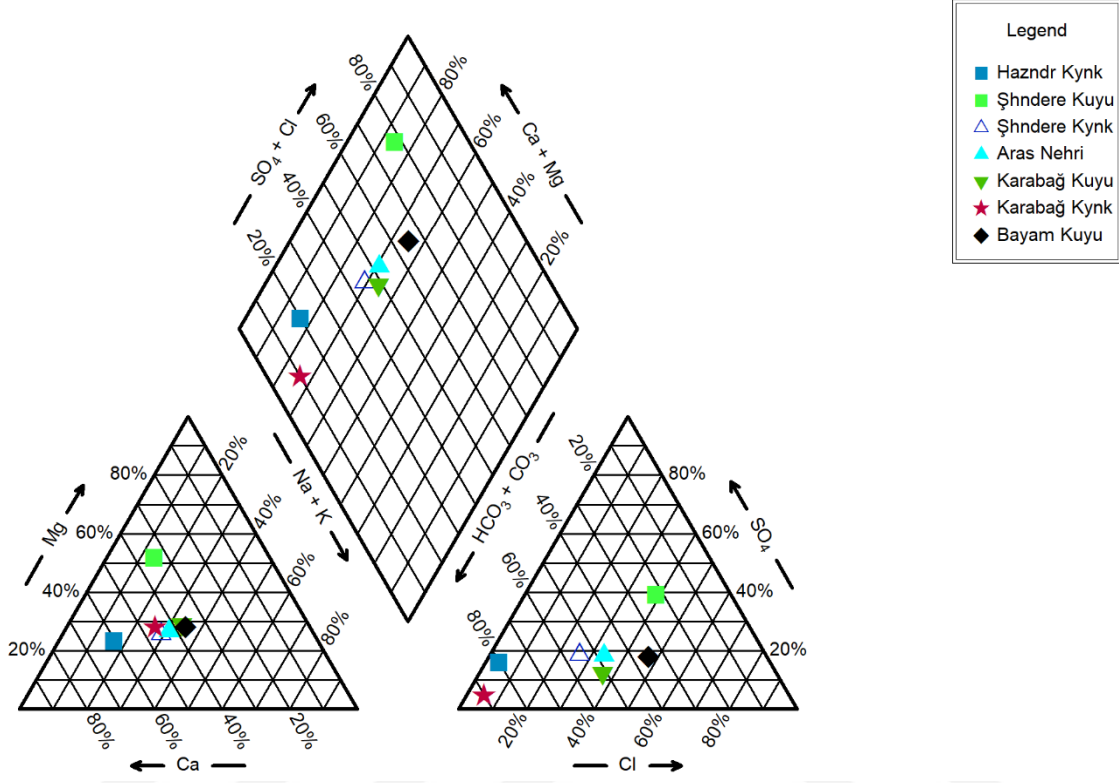
Piper diyagramı biri anyonlardan diğeri katyonlardan oluşan iki eşkenar üçgen ve bir eşkenar dörtgenden oluşur. Suda bulunan majör iyonların mek/L değerleri kullanılarak, anyonları ve katyonları bakımından hâkim olan iyonlar suyun kimyasal sınıfını oluşturur. Eşkenar dörtgen ise suyun özellikleri hakkında bilgi vermektedir. İnceleme alanındaki sekiz adet su noktasına ait kimyasal analizler (Tablo 3.13.) kullanılarak Piper Diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 3.14,15.).

Kurak dönemde Şahindere kuyu suyu katyon bakımından Mg anyon bakımından karışım su tipinde, Haznedar ve Karabağ kaynak suları Ca-HCO₃ su tipinde, Bayam Kuyu suyu anyon bakımından Cl su tipinde katyon bakımından karışım tipte olup diğer sular anyonları bakımından karışık, katyonları bakımından da karışım tip sudur. (Şekil 3.14.).



Şekil 3.14. Kurak dönemde alınan örneklerin piper diyagramı

Yağışlı dönemde Şahindere kuyu suyu Mg-karışım su tipinde; Haznedar kaynak suyu Ca-HCO₃ su tipinde diğer sular katyonları bakımından karışık, anyonları bakımından Karabağ, Şahindere kaynak suları ve Karabağ kuyu suyu HCO₃ su tipinde, diğerleri karışım su tipindedir (Şekil 3.15.).

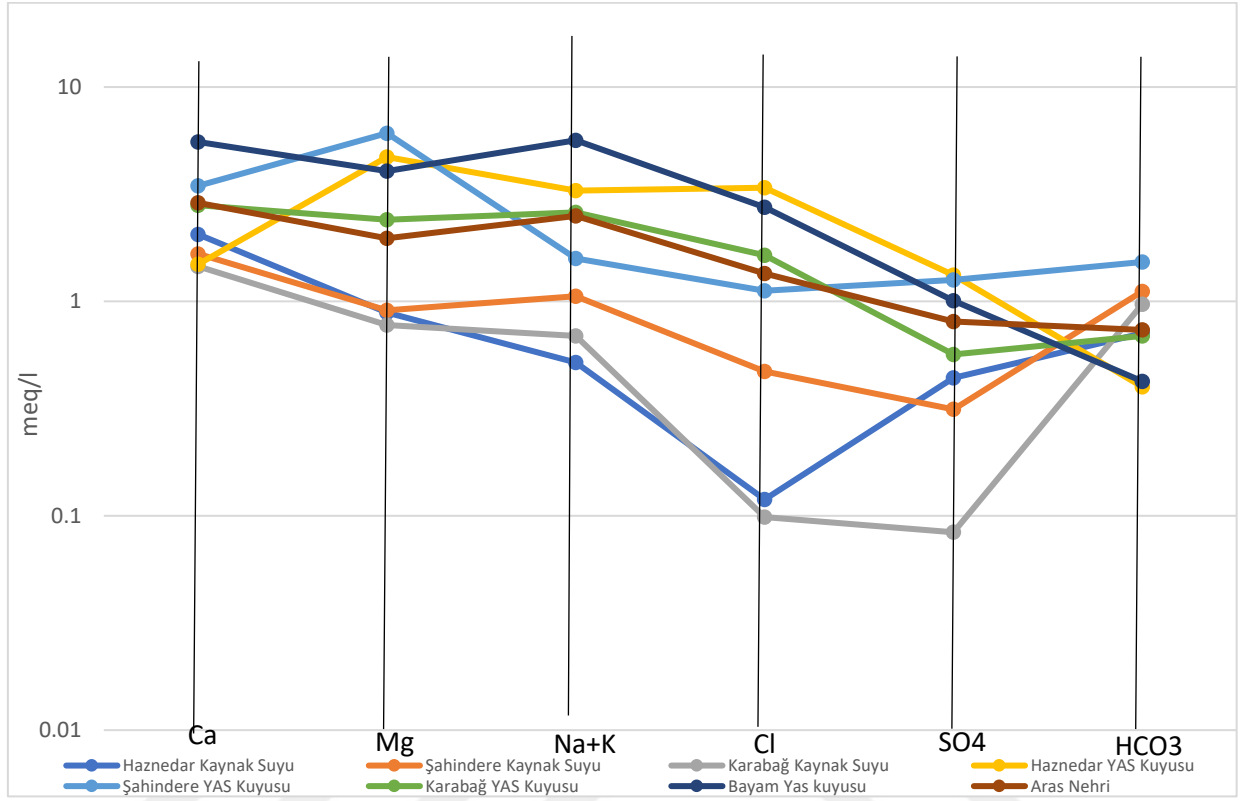


Şekil 3.15. Yağışlı dönemde alınan örneklerin piper diyagramı

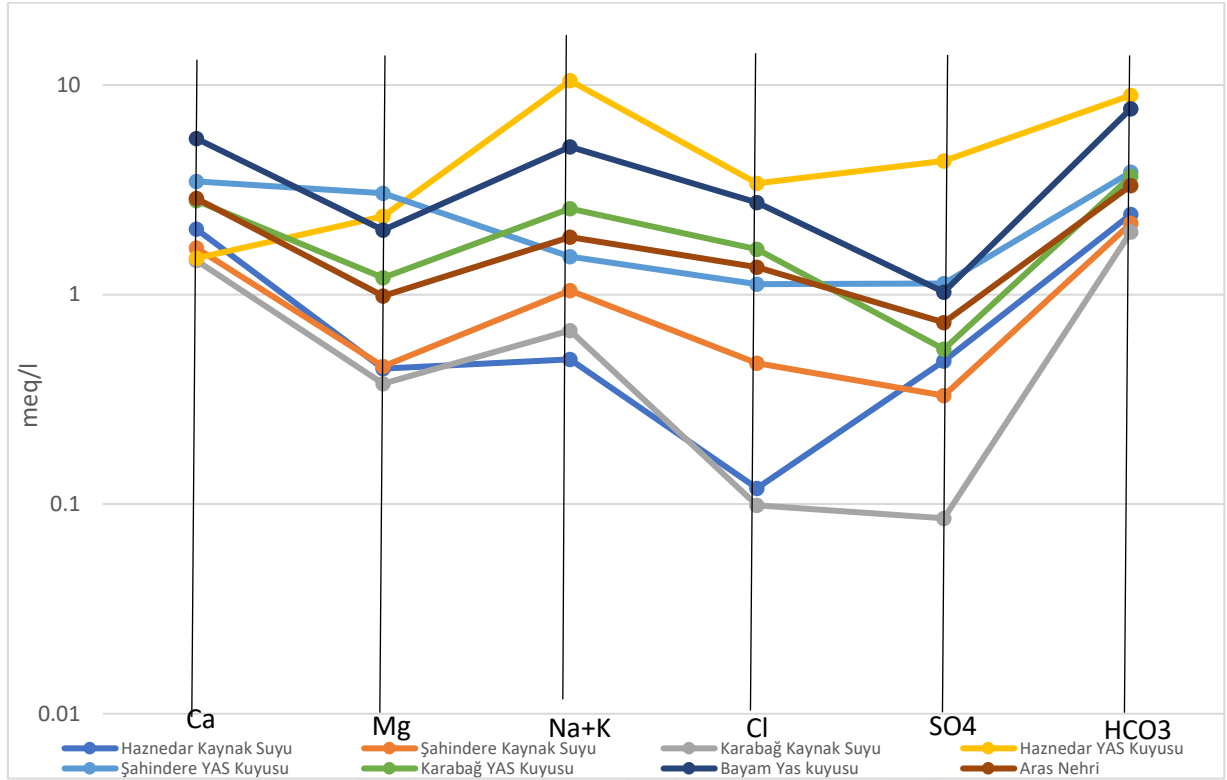
3.7.2. Schoeller Diyagramları

Schoeller diyagramı suyun iyon derişimlerinin birbirleriyle kıyaslamasını yapmaktadır. İnceleme alanındaki su noktalarının kimyasal analiz sonuçları kullanılarak hazırlanan Schoeller diyagramı Şekil 3.16-17.'de verilmiştir.

Schoeller diyagramlarında iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğrular birbirine paralel ise suların aynı kaynaktan geldiği ve benzer oldukları kabul edilmektedir. Kurak dönemde Karabağ kaynak suyu ve Şahindere kuyusu, Haznedar kuyusuna ait iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğrular diğer suların iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğrulara göre farklılık göstermektedir (Şekil 3.16.). Kaynaklara ait iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğruların birbirine paralel olması aynı kökenden beslendiklerini göstermektedir.



Şekil 3.16. Kurak dönem su numunelerine ait schoeller diyagramı



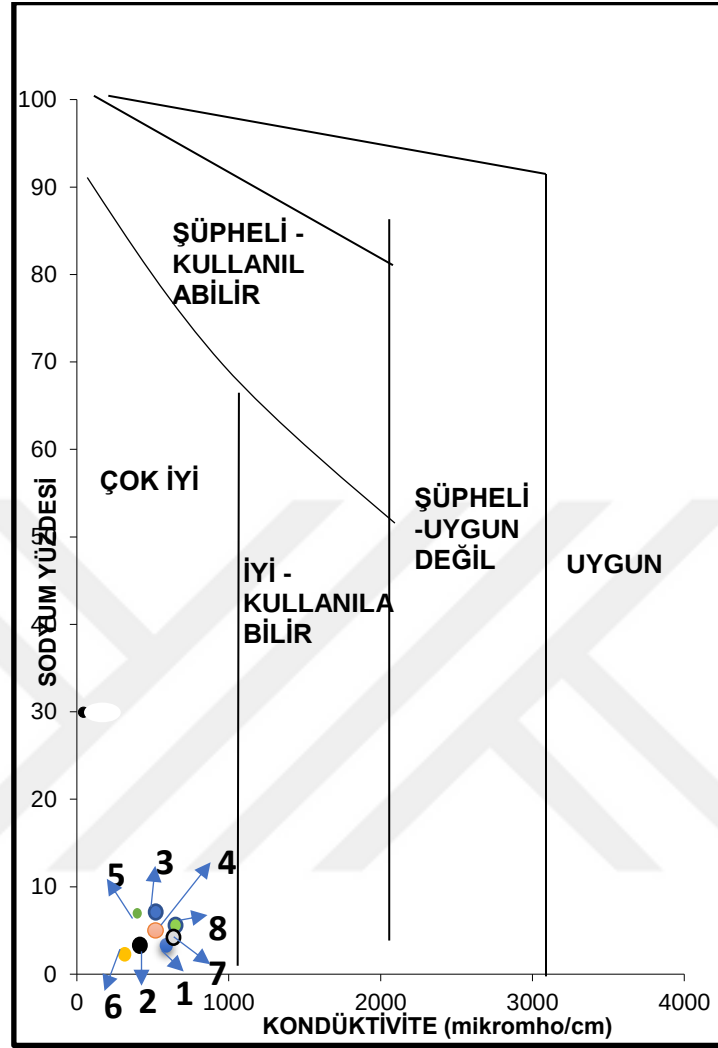
Şekil 3.17. Yağışlı dönemde su numunelerine ait schoeller diyagramı

Yağışlı dönemde, Haznedar kaynak suyu ile Haznedar ve Şahindere kuyusu diğer örneklerden farklı iyon konsantrasyonuna sahiptir (Şekil 3.17.).

3.7.3. Wilcox Diyagramı

Wilcox diyagramları sulama suyunun sınıfını belirlemede kullanılan diyagramlardan birisidir. Zirai sulama amacıyla kullanılan eski tarihli 8 adet kuyunun kimyasal analiz sonuçları ve bu çalışmada örneklenen su noktalarına ait analiz sonuçları (Tablo 3.13.) kullanılarak Wilcox Diyagramları çizilmiştir.

2015-2022 tarihleri arasında açılan ve bu kuyulardan alınan sulardan yapılan kimyasal analiz sonuç raporuna göre %Na değerleri 1.06-1.15 arasında, Eİ değerleri 344-515 arasındadır. Kuyuların tamamı “çok iyi” sınıf su kategorisindedir (Şekil 3.18.).

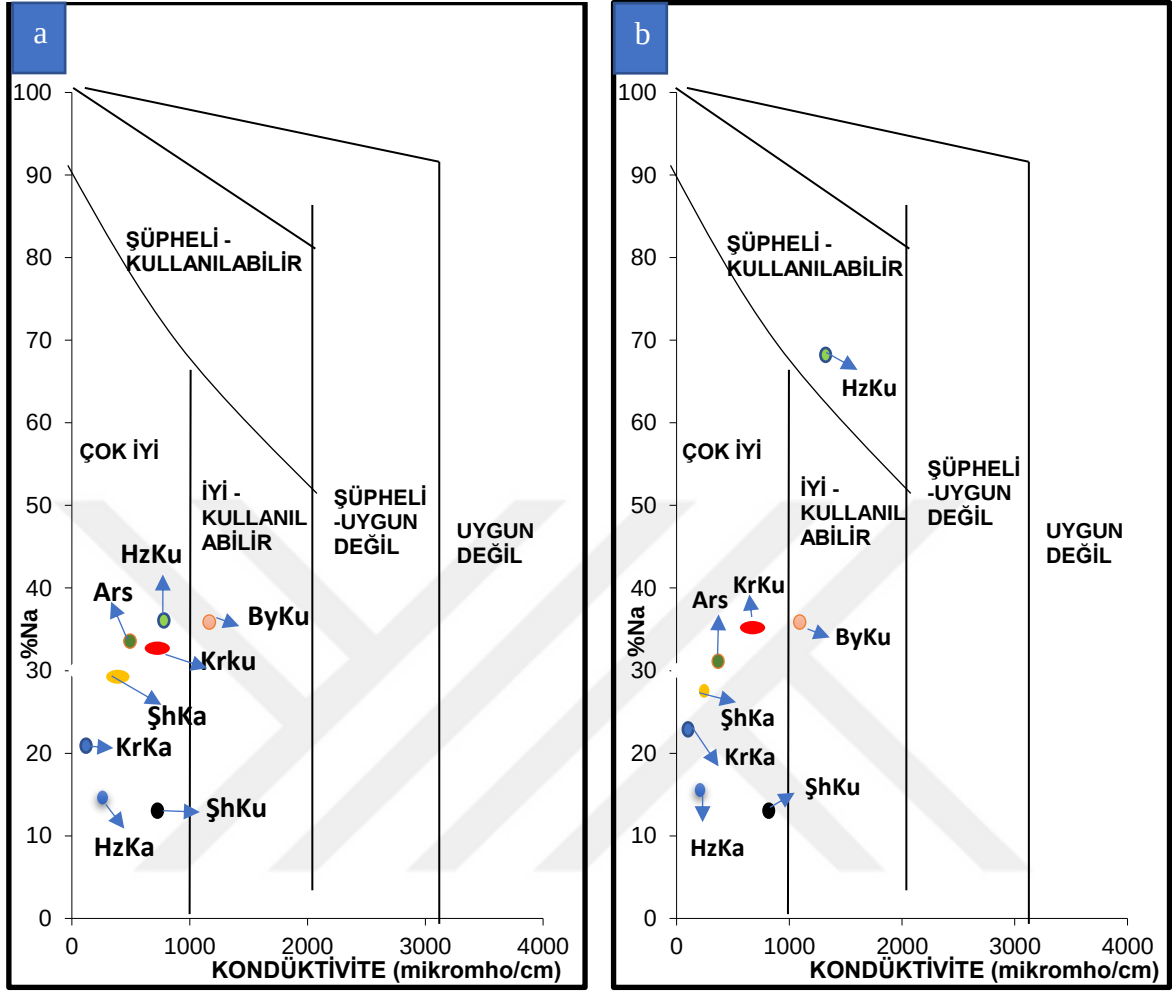


Şekil 3.18. Çalışma alanında sulamada kullanılan kuyu sularının analizlerinin wilcox diyagramındaki konumları (DSİ, 2023).

Tablo 3.13. İnceleme alanındaki suların sodyum yüzdesi, sar ve elektriksel iletkenlik değerleri

Numune Alınan Yer	Na		K		Mg		Ca		%NA		SAR		Eİ (µS/cm)	
	(mek/lt)		(mek/lt)		(mek/lt)		(mek/lt)							
	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.	K.D.	Y.D.
Haznedar Kaynak Suyu (Hzka)	0.49	0.48	0.03	0.01	0.44	0.7	2.05	1.81	14.1	15.93	0.4	0.42	300.8	264
Şahindere Kaynak Suyu (ŞhKa)	0.98	0.99	0.08	0.06	0.46	0.93	1.67	1.62	26.85	27.53	0.85	0.86	328	321
Karabağ Kaynak Suyu (KrKa)	0.63	0.63	0.06	0.04	0.38	0.73	1.46	1.18	21.07	24.66	0.55	0.64	214	216
Haznedar Kuyusu (HzKu)	3.11	10.84	0.18	0.08	2.36	2.47	1.49	2.25	32.77	69.31	2.74	6.15	966	1493
Şahindere Kuyusu (ŞhKu)	1.54	1.49	0.05	0.02	3.05	5.57	3.47	3.67	13.82	13.89	0.71	0.69	965	938
Karabağ Kuyusu (KrKu)	2.49	2.5	0.12	0.08	1.2	2.22	2.81	2.85	31.81	32.66	1.54	1.56	701	702
Bayam Kuyusu (ByKu)	5.47	4.91	0.18	0.15	2.03	3.18	5.55	5.32	35.84	36.22	2.65	2.38	1386	1004
Aras Nehri (Ars)	2.38	1.78	0.13	0.09	0.98	1.64	2.88	2.57	32.34	29.31	1.08	1.23	682	569

Çalışma alanında kurak dönemde numune alınan kaynak sularının sodyum yüzdesi (%Na) değerleri 14.10-26.85 arasında, Eİ değerleri 214-300.8 µS/cm arasındadır. Kaynak suları sulama suyu açısından “çok iyi sular” sınıfındadır. Su sondaj kuyuları %Na değerleri 13.82-35.84 arasında, EC değerleri 701-1386 µS/cm arasındadır. Haznedar, Karabağ, Şahindere kuyuları sulama suyu açısından “çok iyi sular” sınıfındadır. Bayam kuyusu “iyi kullanılabilir su” sınıfındadır. Aras nehri %Na değerleri ise 32.34, Eİ değeri 682 µS/cm değerinde olup sulama suyu açısından “çok iyi sınıf” su kapsamındadır (Şekil 3.19.).



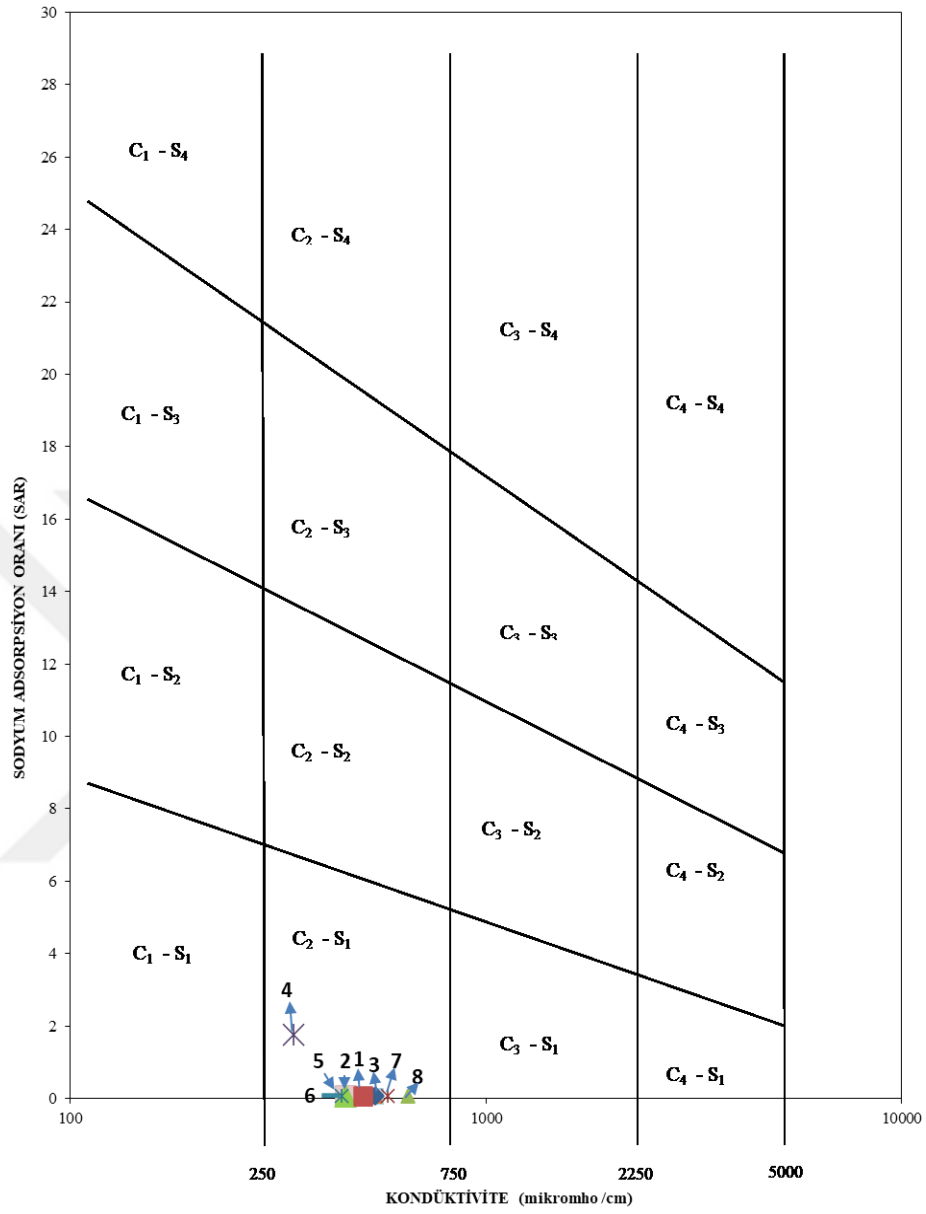
Şekil 3.19. A) kurak ve b) yağışlı dönemde su numunelerine ait wilcox diyagramları

Çalışma alanında numune alınan kaynak sularının yağışlı dönemde %Na değerleri ise 15.93-27.53 arasında, Eİ değerleri 216-321 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasındadır. Kaynak suları sulama suyu açısından “çok iyi sular” sınıfındadır. Su sondaj kuyuları %Na değerleri 13.89-69.31 arasında, Eİ değerleri 702-1493 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasındadır. Sulama suyu açısından Haznedar kuyusu “şüpheli-kullanılabilir”, Şahindere, Karabağ kuyusu “çok iyi” sınıf su, Bayam kuyusu ise “iyi kullanılabilir” su sınıfındadır. Aras nehri %Na değerleri ise 29.31, Eİ değeri 569 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerindedir. Sulama suyu açısından “çok iyi” sınıf su kapsamındadır (Şekil 3.19.).

3.7.4. A.B.D. Tuzluluk Diyagramları

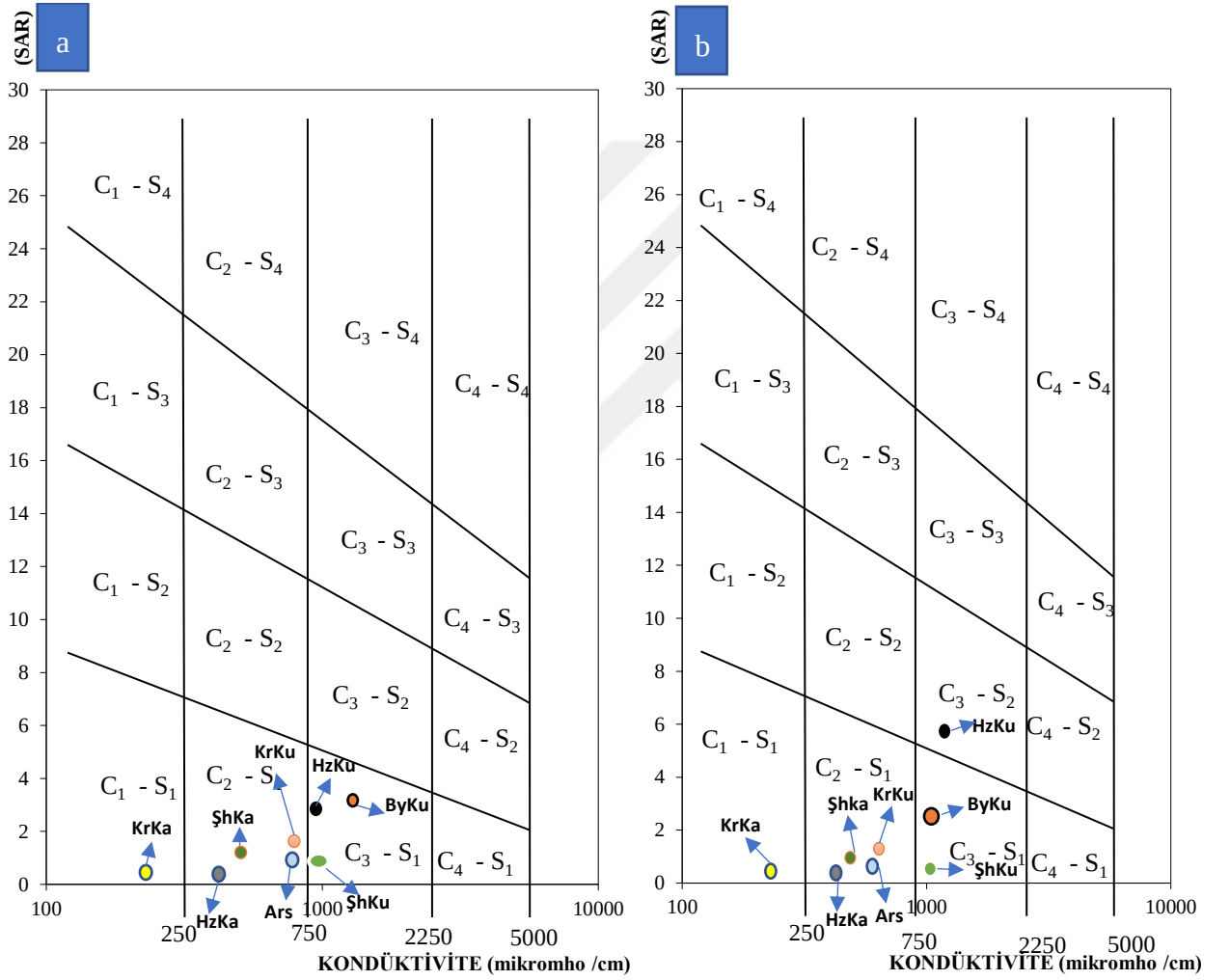
ABD tuzluluk diyagramı suyun Eİ değeri ile Sodyum Absorpsiyon Oranı (SAR) değerine göre sulama sınıfını belirlemede kullanılmaktadır. SAR suyun sodyum tuzlarına karşı direncini belirleyen önemli bir parametredir. Bu değer, tarımsal sulama için kullanılan suyun uyumluluğunu belirlemek için önemlidir. Çünkü SAR değeri yüksek olan sular, bitki büyümesi ve kalitesi üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Bu nedenle, tarımsal sulama için kullanılan suyun SAR değeri düşük olmalıdır. Bu diyagramda sular 16 ayrı kategoriye ayrılmaktadır. Genel olarak C1S1, C2S1, C3S1 sınıfı sular sulamaya uygundur. C4S1, C3S2 sınıfı sular bazı özel şartlarda kullanılabilir. C4S2, C4S3, C4S4 sınıfı sular sulama faaliyetlerinde kullanılmazlar. İnceleme alanından alınan su örnekleri bu diyagrama göre C1S1, C2S1, C3S1 olup sulamaya uygun ve C3S2 sınıfında da bazı özel şartlarda sulamada kullanılabilecek özelliktedir.

Çalışma alanında 2015-2022 deney sonuç raporlu kuyuların sahiplerinin yaptırdığı analizlerden A.B.D Tuzluluk diyagramı hazırlanmıştır. Suların Eİ değerleri 344-515 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, SAR değerleri 0.06-1.76 arasındadır (Tablo 3.2.). Sekiz kuyu suyunun da C2S1 bölgesinde olduğu görülmektedir (Şekil 3.20.).



Şekil 3.20. Sulamada kullanılan eski tarihli kuyuların a.b.d. tuzluluk diyagramındaki konumları

Çalışma alanından kurak dönemde alınan su numunesinin deney sonuçlarına göre (Tablo 3.13.) kuyu sularının SAR değerleri 0.71-2.75, Kaynak sularının SAR değerleri 0.4-0.85 arasında değişmekte, Bu verilere göre Karabağ kaynak suyu C1S1, Karabağ kuyu suyu, Şahindere, Haznedar kaynak suları ve Aras Nehri C2S1 ve Şahindere, Bayam, Haznedar kuyu suları C3S1 sınıfında yer almaktadır (Şekil 3.21.).



Şekil 3.21. Kurak a) ve yağışlı b) dönemde alınan su numunelerinin a.b.d. tuzluluk diyagramındaki konumları

Çalışma alanından yağışlı dönemde alınan sekiz adet su numunesinin sonuçlarına göre (Tablo 3.13.) Kuyu sularının SAR değerleri 0.69-6.15, Kaynak sularının SAR değerleri 0.42-0.86 arasında değişmekte, Aras Nehri'nin SAR değeri 1.23'dir. Bu verilere göre

Karabağ kaynak suyu C1S1, Karabağ kuyu suyu, Şahindere, Haznedar kaynak suları ve Aras Nehri C2S1 ve Şahindere, Bayam kuyu suları C3S1 sınıfında, Haznedar kuyu suyu C3S2 sınıfında yer almaktadır (Şekil 3.21.).

3.8. Su Kalite İndeksinin Hesaplanması (WQI)

Su kalitesi indeksi su kalitesini belirleyen tekli parametrelerin bütün su kalitesi üzerindeki etkisini anlamamıza yarayan en önemli değerlendirme tekniklerindendir. Su kalitesi indeksi hesaplanması yöntemi ilk olarak Horton (1965) tarafından denenmiştir. Bu yöntem suyun kalitesinin ortaya konulması çalışmalarındaki etkili bir bakış açısı sağlar. Ağır metal ve iz element derişimi açısından yapılan su kalitesi indeksi hesaplanmasıdır.

Çalışma alanındaki su kalite indeksi hesaplamak için majör katyonlar ve ağır metal analizleri kullanılmıştır (Tablo 3.15.). Bu amaçla on altı adet parametre seçilerek suların kalite indeksi hesaplanmıştır. Önemlerine göre 1 ile 5 arasında (AW) değeri belirlenmiştir. AW değeri her bir parametrenin ağırlığıdır (Varol ve Davraz, 2015) (Tablo 3.14.).

Tablo 3.14. 16 metal ve majör iyon için bağıl ağırlık değerleri

Metal	Ağırlık Değeri (AW)	Bağıl Ağırlık (RW)	WHO (2011)
Na (mg/L)	1.00	0.023256	200
Mg (mg/L)	4.00	0.093023	50
NO ₃ (mg/L)	2.00	0.046512	50
NH ₄ (mg/L)	1.00	0.116279	1.5
K (mg/L)	4.00	0.116279	12
Ca (mg/L)	5.00	0.023256	100
Al (µg/)	5.00	0.046512	200
Cr (µg/)	1.00	0.116279	50
Mn (µg/)	2.00	0.023256	400
Fe (µg/)	5.00	0.023256	300
Ni (µg/)	1.00	0.023256	70
Cu (µg/)	1.00	0.093023	2000
Zn (µg/)	1.00	0.116279	3000
As (µg/)	4.00	0.023256	10
Cd (µg/)	5.00	0.023256	3
Pb (µg/)	1.00	0.093023	10
Toplam	43	1	

Aritmetik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Su kalite endeksinin hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, su kalite parametrelerinin ölçüm değerleri alınır ve

bu değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanır. Bu yöntem, su kalitesini tek bir sayısal değerle ifade etmek için kullanılır ve elde edilen değer, suyun genel kalite durumunu temsil etmektedir. Daha yüksek bir WQI değeri, daha kötü su kalitesini gösterirken, daha düşük bir değer ise daha iyi su kalitesini göstermektedir.

Tablo 3.15. Suların kurak, yağışlı dönem ve ortalama değerlerinin wqi sınıfları

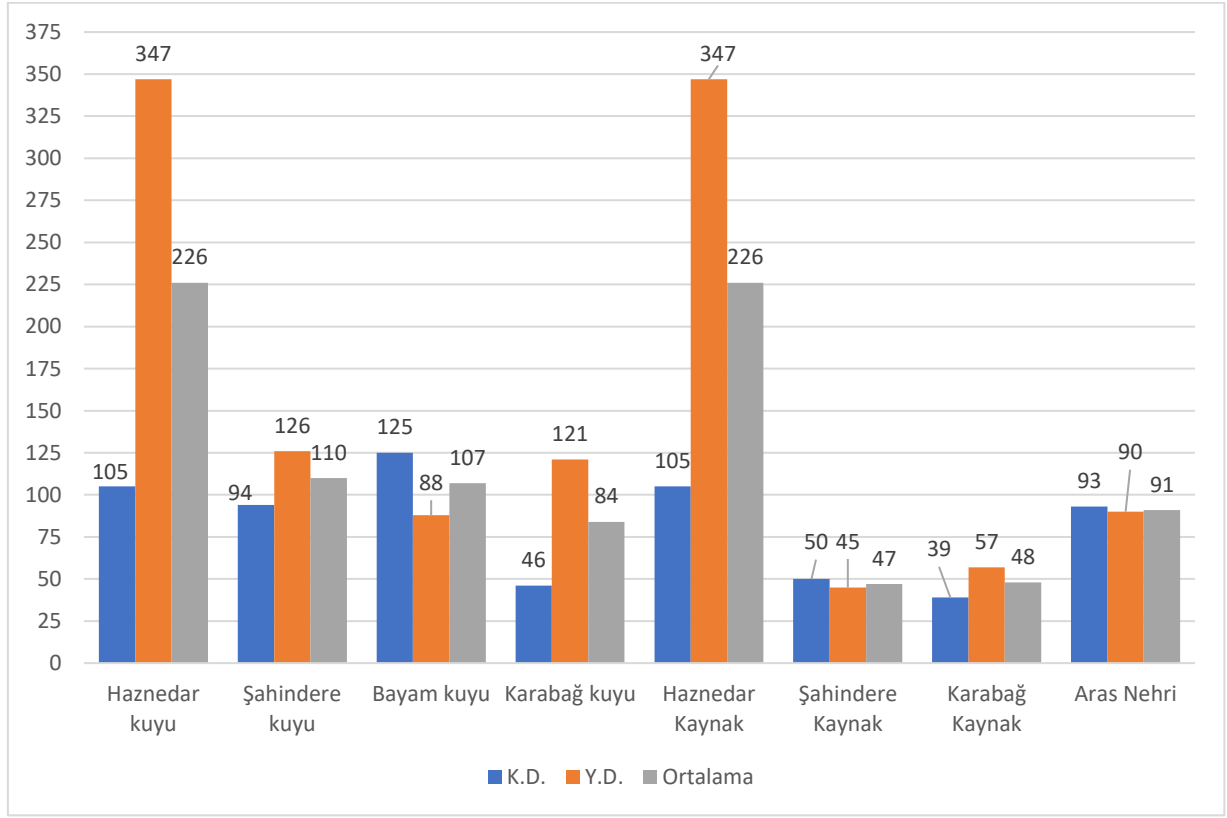
Kaynak/kuyu Kuyusu	K.D. WQI Değeri	WQI Sınıfı	Y.D. WQI Değeri	WQI Sınıfı	Ortalama	WQI Sınıfı
Haznedar kuyu	105	Uygun Değil	347	Uygun Değil	226	Uygun Değil
Şahindere kuyu	94	Çok Zayıf Su	126	Uygun Değil	110	Uygun Değil
Bayam kuyu	125	Uygun Değil	88	Çok Zayıf Su	107	Uygun Değil
Karabağ kuyu	46	İyi Su	121	Uygun Değil	84	Çok Zayıf Su
Haznedar Kaynak	105	Uygun Değil	347	Uygun Değil	226	Uygun Değil
Şahindere Kaynak	50	İyi Su	45	İyi Su	47	İyi Su
Karabağ Kaynak	39	İyi Su	57	Zayıf Su	48	İyi Su
Aras Nehri	93	Çok Zayıf Su	90	Çok Zayıf Su	91	Çok Zayıf Su

Kurak dönemde su kalitesi indeksi sınıflandırması (Yadav vd, 2010)’na göre Haznedar kuyusu, Bayam kuyusu, Haznedar kaynak suyu “içme suyu için uygun değil”, Şahindere kuyusu, Aras Nehri “çok zayıf su”, Karabağ kuyusu, Şahindere ve Karabağ kaynağı “iyi su” olarak sınıflanmaktadır.

Yağışlı dönemde ise Haznedar, Şahindere, Karabağ kuyusu, Haznedar kaynak suyu “uygun değil”, Bayam kuyusu ve Aras Nehri “çok zayıf su”, Karabağ kuyusu “zayıf su”, Şahindere kaynak suyu “iyi su’dur.

Tablo 3.16. Suların wqi hesaplamasında kullanılan 16 (on altı) parametrenin kurak, yağışlı dönem ve ortalama değerleri

Parametreler		Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	NO3 (mg/L)	NH4 (mg/L)	Ca (mg/L)	Al (µg/)	Cr (µg/)	Mn (µg/)	Fe (µg/)	Ni (µg/)	Cu (µg/)	Zn (µg/)	As (µg/)	Cd (µg/)	Pb (µg/)
Haznedar Kuyu	K.D	11.2	10.64	1.2	49.79	6.06	41.08	430	12.59	43.71	509.9	4.34	2.7	6	14.47	0.04	4.77
	Y.D	249.54	29.6	3.24	43.98	21.53	45	1907	12.5	121	1867.4	41.09	23.13	17.83	13.38	0.05	1
	Ort.	130.37	20.12	2.22	46.88	13.79	43.04	1169	12.55	82.85	1188.6	22.72	12.92	11.92	13.93	0.05	2.89
Şahindere Kuyu	K.D	125.8	48.7	6.9	8.92	2.7	111.1	482.2	8.52	250	545.6	14.11	3.08	<7.00	38.09	<0.05	0.65
	Y.D	112.94	38.1	6.02	7.7	8.12	106.3	21.69	0.68	0.41	14.7	<1.00	0.69	<7.00	20.21	<0.05	0.21
	Ort.	119.37	43.4	6.46	8.31	5.41	108.7	251,9	4,60	125	280,1	7.55	1.89	6.99	29.15	0.05	0.43
Bayam Kuyu	K.D	35.44	73.1	1.8	17.84	3.77	69.3	192.	9.69	11.35	779.7	13.55	1.22	<7.00	8.45	<0.05	2.68
	Y.D	34.38	66.88	0.8	67.1	11.76	73.38	170.9	3.16	41.01	307.4	4.64	1.66	<7.00	9.61	<0.05	5.27
	Ort.	34.91	69.99	1.3	42.47	7.76	71.34	181.	6,43	26,18	543,6	9,10	1,44	6,99	9,03	0,05	3,98
Karabağ Kuyu	K.D	22.44	10.92	3.17	10.05	2.92	33.32	16.6	1.29	1.44	34.9	<1.00	0.85	<7.00	25.06	<0.05	1.05
	Y.D	22.8	11.2	2.18	8.86	6.13	32.4	10	0.49	1.27	14.8	<1.00	0.8	7.08	0.26	<0.05	0.17
	Ort.	22.62	11.06	2.67	9.45	4.52	32.86	13,3	0,89	1,36	24,8	0,9	0,83	6,99	12,55	0,05	0,61
Haznedar Kaynak Suyu	K.D	11.22	10.64	1.2	9.43	2.21	41.08	70.89	4.39	16.55	4131.9	5.1	70.66	13104	6.53	<0.05	376
	Y.D	11	8.4	0.5	4.77	5.56	36.2	94.4	4.59	4.92	148	2.73	0.48	<7.00	6.57	<0.05	1.04
	Ort.	11.11	9.52	0.85	7.1	3.88	38.64	82.66	4.49	10.74	2140	3.92	35.57	6555	6.55	0.04	188
Şahindere Kaynak Suyu	K.D	57.2	28.86	4.5	17.72	3.35	56.2	50.65	3.91	5.03	127	<1.00	4.44	<7.00	5.81	<0.05	0.21
	Y.D	57.44	26.61	3.07	14.26	6.14	57.02	514.6	6.08	154.5	319.8	5.81	2.53	<7.00	30.06	<0.05	0.47
	Ort.	57.32	28.73	3.78	15.99	4.74	56.61	282,63	5,00	79,77	223,7	3,40	3,49	6,99	17,94	0,05	0,34
Karabağ Kaynak Suyu	K.D	14.4	9.03	2.46	9.12	1.85	29.8	<7.00	0.99	0.48	12.9	<1.00	0.26	<7.00	23.28	<0.05	0.21
	Y.D	14.6	8.7	1.48	8.63	5.57	23.51	<7.00	0.92	0.25	<7.00	<1.00	0.37	<7.00	19.45	<0.05	0.1
	Ort.	14.5	8.86	1.97	8.87	3.71	26.65	6.99	0.96	0.37	9.93	0.99	0.32	6.99	21.37	0.05	0.16
Aras Nehri	K.D	54.71	23.63	4.9	5.62	6.78	57.62	157	2.5	21.43	186.4	7.64	1.6	<7.00	25.12	<0.05	0.65
	Y.D	41.04	19.7	3.7	5.62	6.55	51.31	303.4	3.26	57.42	455.7	2.89	6.71	<7.00	4.33	<0.05	0.52
	Ort.	47.87	21.66	4.3	5.62	6.66	54.46	230,6	2,88	39,43	321,1	5,27	4,16	6,99	14,73	0,05	0,59



Şekil 3.22. Su kalitesi endeksine göre numunelerin kurak, yağışlı ve ortalama dönem değerleri

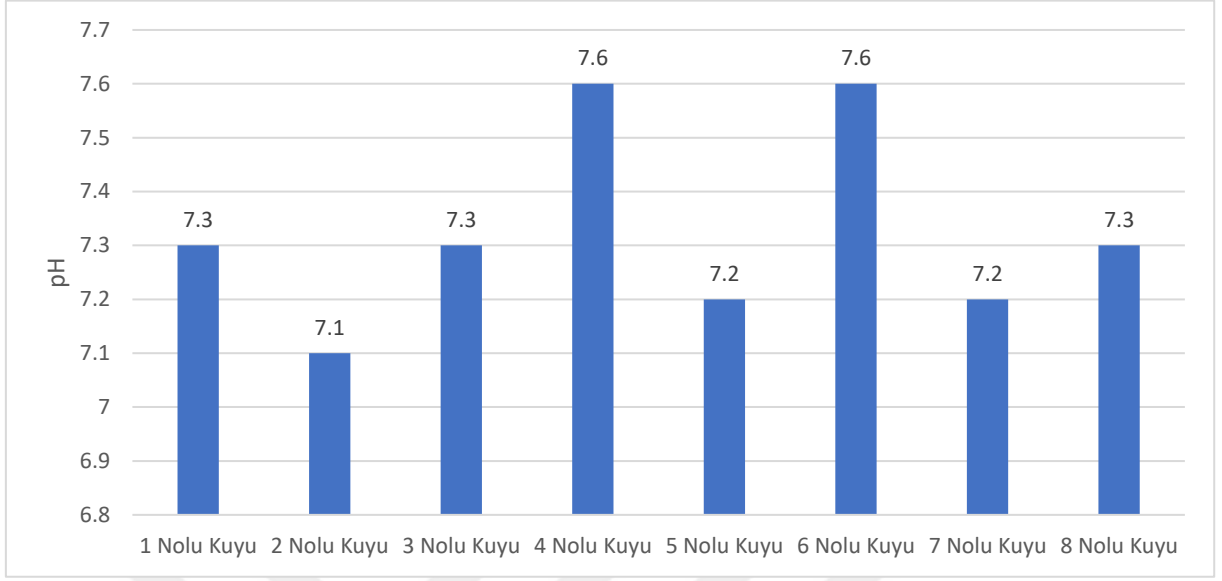
Kurak ve yağışlı dönemde su kalite indeksi için ortalamaları alınan on altı farklı parametreden Haznedar, Şahindere, Bayam kuyuları ve Haznedar kaynak suyu “içme suyu için uygun değil”, Karabağ kuyusu, Aras Nehri “çok zayıf su”, Şahindere, Karabağ kaynakları da “iyi su” sınıfındadır (Şekil 3.22.).

4. TARTIŞMA

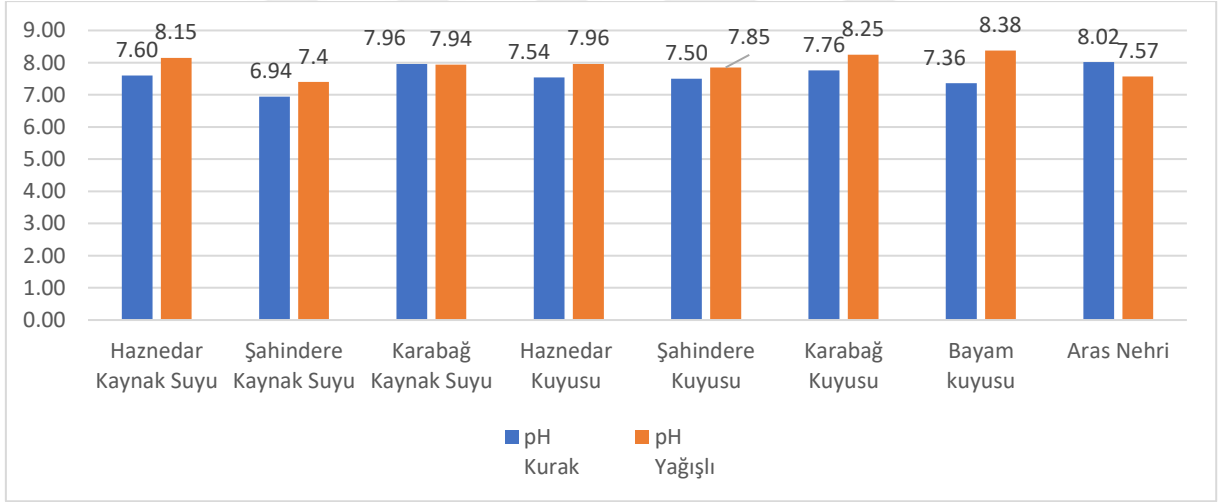
Karabağ Köyü (Kağızman -Kars) tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin etkili olduğu kırsal yerleşimlerden birisidir. Karasal iklimin hüküm sürdüğü alanda tarım ürünlerinin su ihtiyacı yeraltısularından sağlanmaktadır. Bu amaçla yerel halk kendi imkanlarıyla açtıkları kuyulardan hem tarımsal amaçlı hem de hayvancılık faaliyetlerinde yararlanmaktadır. Kuyu sularının açıldıkları zaman yapılan kimyasal analizlerinden sulama için uygun oldukları dışında su kimyasına yönelik çalışmalar mevcut değildir. Bu çalışmada alanda mevcut olan kuyulardan, yerel halkın kullandığı kaynaklardan ve yüzey suyundan yağışlı ve kurak dönemde örnekler alınarak yeraltı ve yüzey sularının kimyasal karakterizasyonunu ve geçmiş dönem analizleri ile karşılaştırılarak kimyasal değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca kimyasal analiz sonuçları kullanılarak alandaki suların su kalite indeksleri hesaplanmış ve kalite sınıfları belirlenmiştir.

Çalışma alanında yeraltısuyu açısından önem taşıyan birimleri eski ve yeni alüvyonlar oluşturmaktadır. Alandaki su sondaj kuyularında akiferin kil, silt kum ve çakıl karışımı taneli malzemeden oluştuğu ve derinliğinin 200 m'ye kadar ulaştığı belirlenmiştir. Serbest akifer özelliğinde olan bu alüvyon akiferlerde açılan kuyularda statik su seviyesi 45 m ile 55 m arasında, dinamik su seviyesi ise 55 m ile 70 m arasında değişmektedir. Kuyularda ölçülen su seviyelerinden ve kaynak kotlarından yararlanarak hazırlanan yeraltı su seviyesi haritasından yeraltısuyunun akım yönünün Aras Nehri'ne doğru olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında açılan 8 adet kuyunun geçmiş yıllarda pH dereceleri 7.10-7.70'tir. Kuyuların çoğunun bu çalışma esnasında kullanılamaz halde olduğundan bu kuyulardan güncel veri alınamamış, 2015-2022 tarihleri arasında yapılan kimyasal analiz sonuçları karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır (Şekil 4.1.). 2023 yılında yapılan analizlerden kuyu suların pH değerlerinin 7.36-8.38 arasında olduğu ve yağışlı dönemde yükseldiği görülmüştür (Şekil 4.2.)



Şekil 4.1. 2015-2022 yıllarında açılan kuyuların pH değerleri



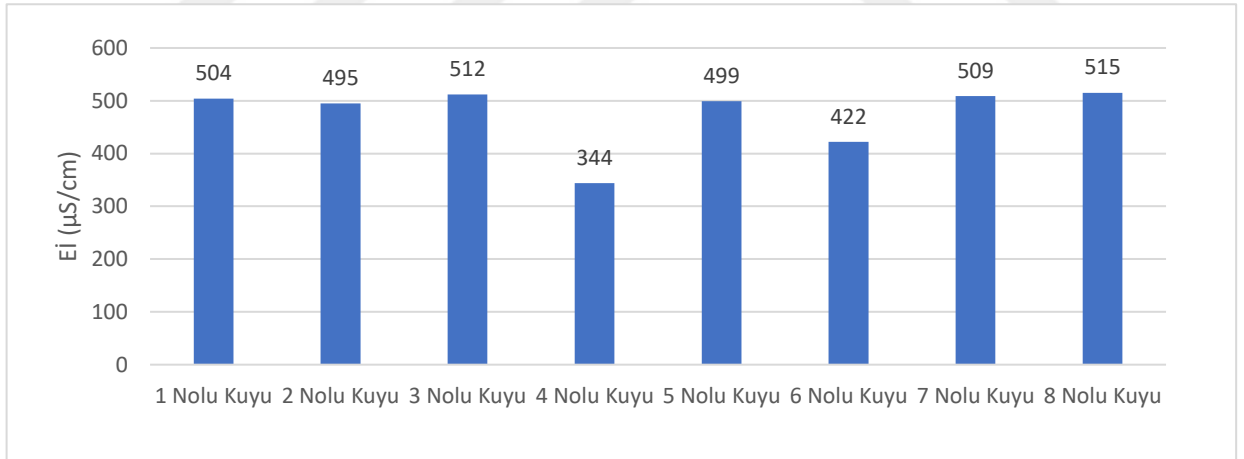
Şekil 4.2. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların pH dereceleri

Kaynak sularının pH derecelerinin 6.94-8.15 arasında olduğu ve yağışlı dönemde yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi yağmur suyunun içinden geçtiği birimlerin daha az asidik olmasından kaynaklanmaktadır. Suların bünyesindeki organik maddelerin parçalanması, kirlenme gibi sebeplerle hidrojen derişimi artmakta ve pH değeri arttığı bilinmektedir. Bu sebeple bazı numunelerin pH değeri artmıştır (Lawson, 1995).

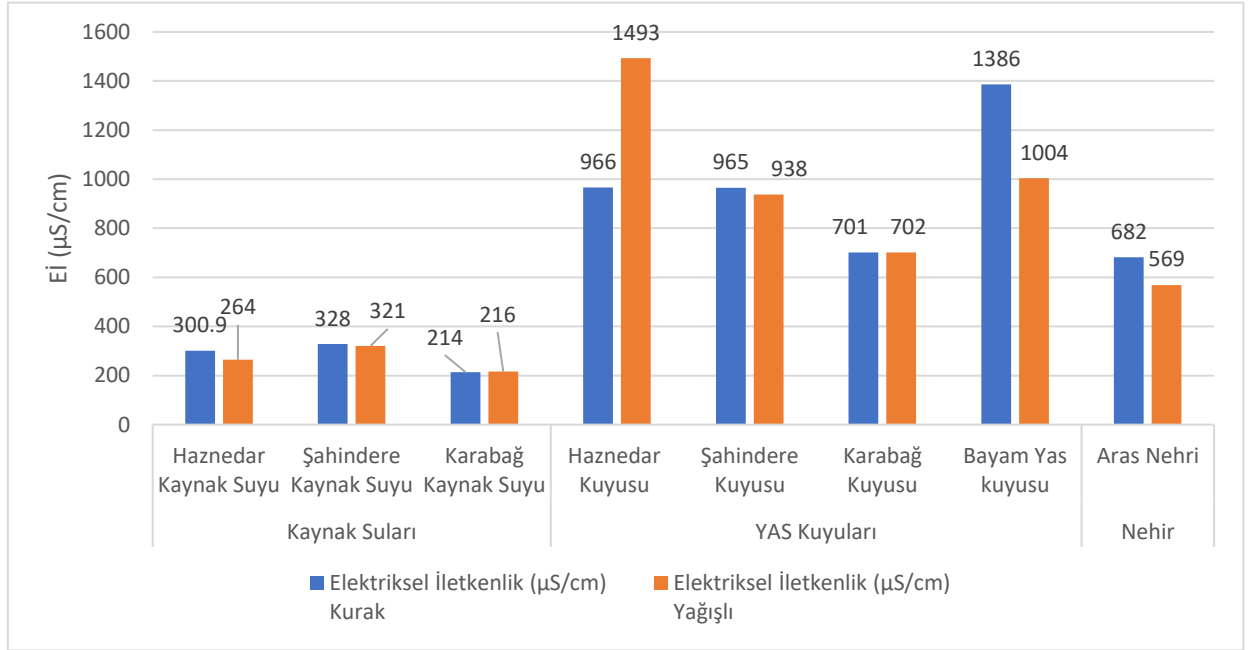
Aras nehrinin pH derecesi kurak dönemde 8.02 iken yağışlı dönemde 7.57'ye azalmıştır. Aras nehrinin yağışlı dönemde pH derecesinin düşmesi ise yağmur suyunda çözülmüş maddelerin konsantrasyonlarının sebep olduğu tahmin edilmektedir (Tepe, 2006).

Suların elektriksel iletkenliği, çözülmüş madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişir ve aynı zamanda sıcaklıktan da etkilenir (Tanyolaç, 1993). Yağmur suları ile bu derişim azalmaktadır. Suların akış hızı da arttığı için bu dönemlerde askıdaki madde miktarı eşit dağılıp elektriksel iletkenliği azaltmaktadır. Yağmur suları ile tuzluluk konsantrasyonun azalması da elektriksel iletkenliği azaltan faktörlerdendir.

Elektriksel iletkenlik değeri çalışma alanında açılmış 8 adet kuyunun geçmiş yıllarda Eİ değerleri 344-515 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olup “iyi” sınıfındadır (Şekil 4.3). İnceleme alanındaki su kuyuları elektriksel iletkenlik değerleri 701-1493 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup Haznedar ve Karabağ kuyusunda yağışlı dönemde artmış, Şahindere ve Bayam kuyularında yağışlı dönemde azalmıştır. Haznedar ve Şahindere kaynak, Aras Nehri suları elektriksel iletkenlik değerleri yağışlı dönemde azalmış, Karabağ kaynak suyunda artmıştır (Şekil 4.4.).

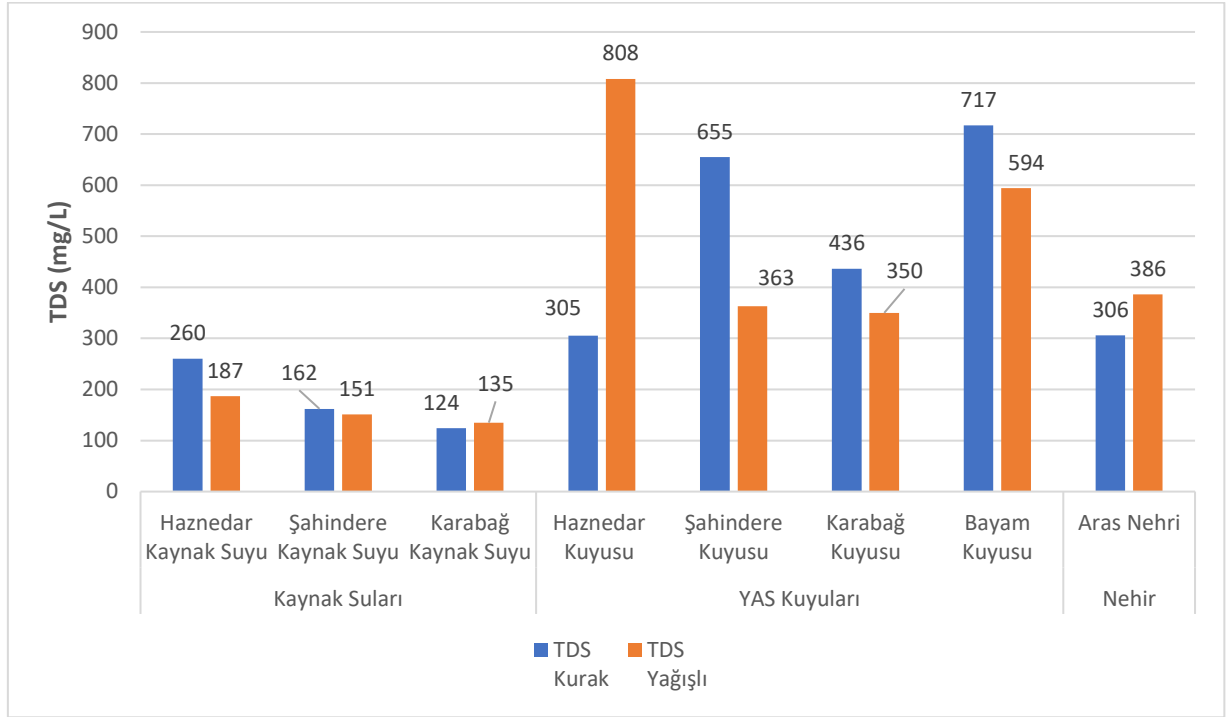


Şekil 4.3. 2015-2022 yıllarında açılan kuyuların elektriksel iletkenlik değerleri



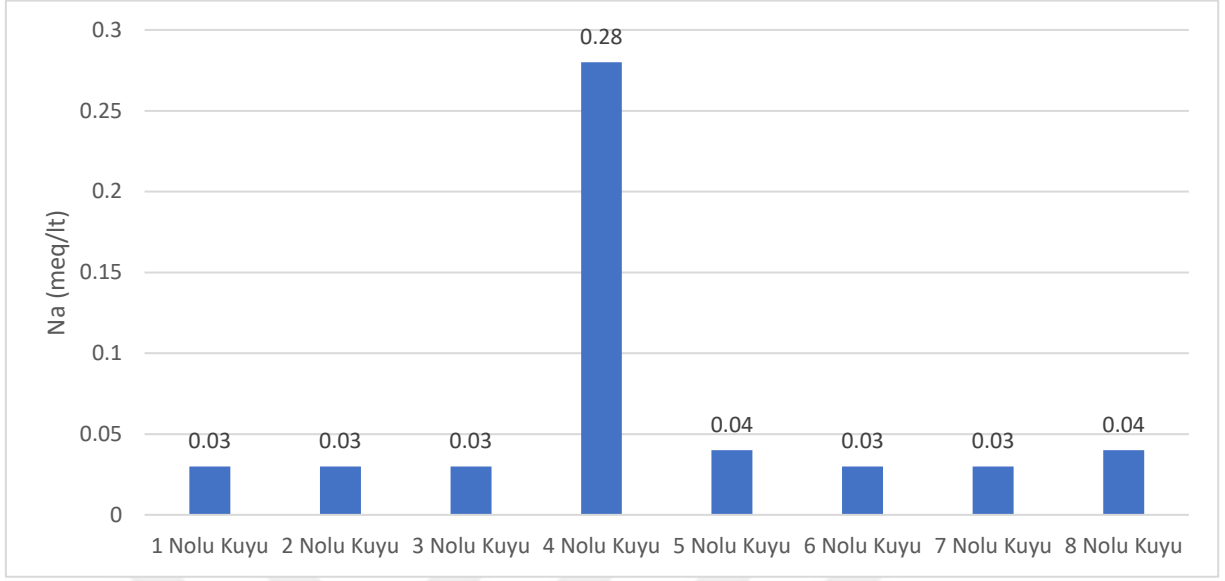
Şekil 4.4. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların elektriksel iletkenlik dereceleri

Toplam çözülmüş madde miktarı su sondaj kuyularında 305-808 ppm arasında değişmekte olup yağışlı dönemde Şahindere, Karabağ kuyusunda azalmış. Haznedar kuyusunda artmıştır. Kaynak sularında 124-260 ppm arasında değişen çözülmüş madde miktarı olup Haznedar, Şahindere kaynak sularında yağışlı dönemde azalmış, Karabağ kaynak suyu ve Aras Nehri artmıştır (Şekil 4.5.). Yağışlı dönemde yağmur suyu ile beslenimin fazla olduğu su kaynaklarında çözünen madde miktarını azaltmaktadır (Gültekin vd., 2013).



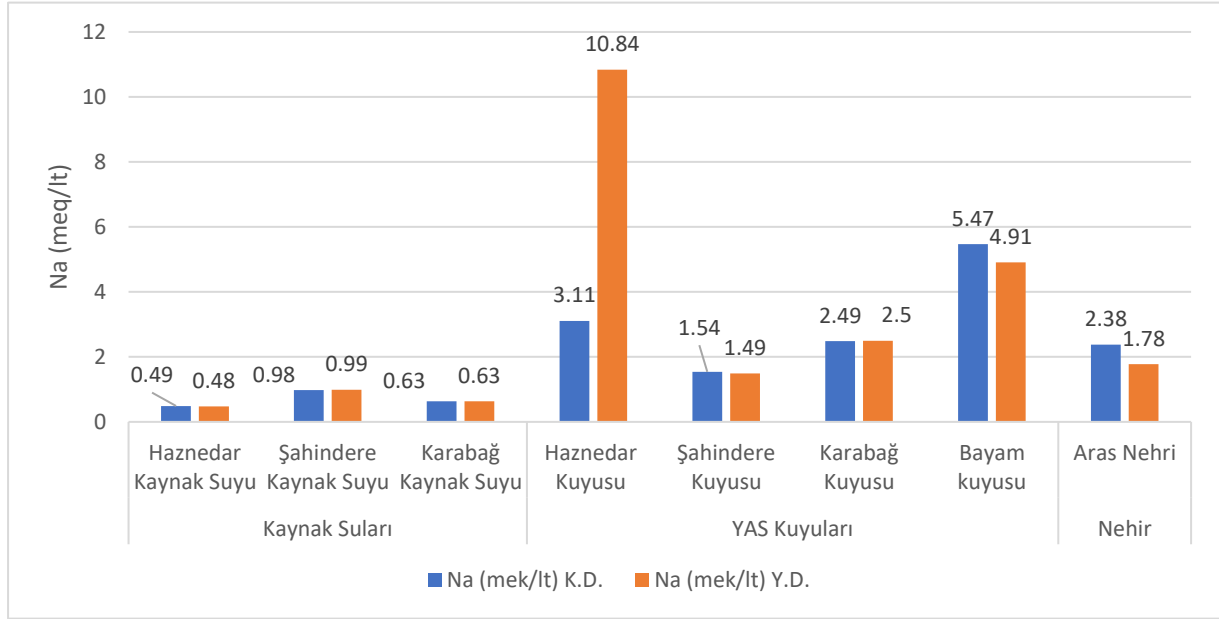
Şekil 4.5. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların tds (toplam çözülmüş madde) değerleri

Çalışma alanında majör iyonlar açısından değerlendirildiğinde açılmış 8 adet kuyunun geçmiş yıllarda sodyum değeri 0.03-0.28 mek/lt'dir (Şekil 4.6.). İnceleme alanındaki su numunesi alınan su sondaj kuyuları 1.49-10.84 ppm arasında değişmekte olup Şahindere, Bayam kuyusu sodyum konsantrasyonu yağışlı dönemde azaldığı, Haznedar, Karabağ kuyuları yağışlı dönemde artmıştır. Kaynak suları sodyum derişimleri 0.48-0.99 ppm arasında değişmekte olup yağışlı dönemde Haznedar kaynak suyu, Aras Nehri sodyum değeri yağışlı dönemde azalmış, Şahindere kaynak suyu yağışlı dönemde artmışken, Karabağ kaynak suyu sodyum miktarı sabit kalmıştır (Şekil 4.7.).



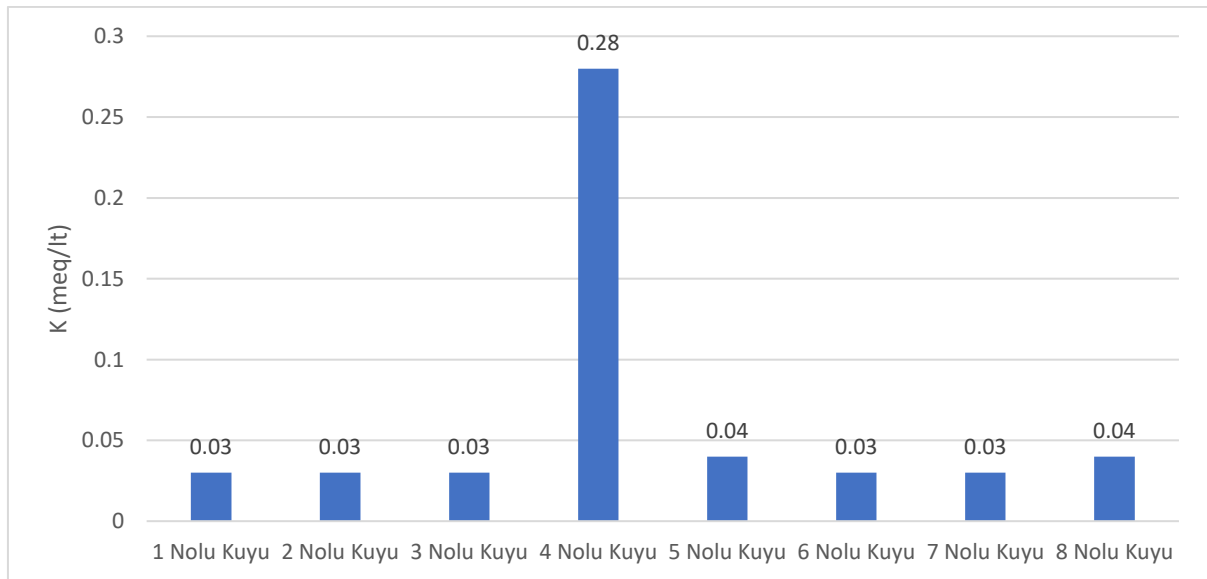
Şekil 4.6. 2015-2022 yıllarında açılan kuyu sularının sodyum konsantrasyonları

Yağışlı dönemde su kaynaklarını besleyen yağmur suyunun girişimi arttığı için, toplam çözünmüş madde miktarı azalır ve bu da sodyum miktarının azalmasına neden olmaktadır Sodyum değerinin artması da Tuzluca Formasyonundaki tuzların varlığından kaynaklanmaktadır. Formasyondaki tuzların çözünüp taşınması ile sodyum miktarı artmaktadır.



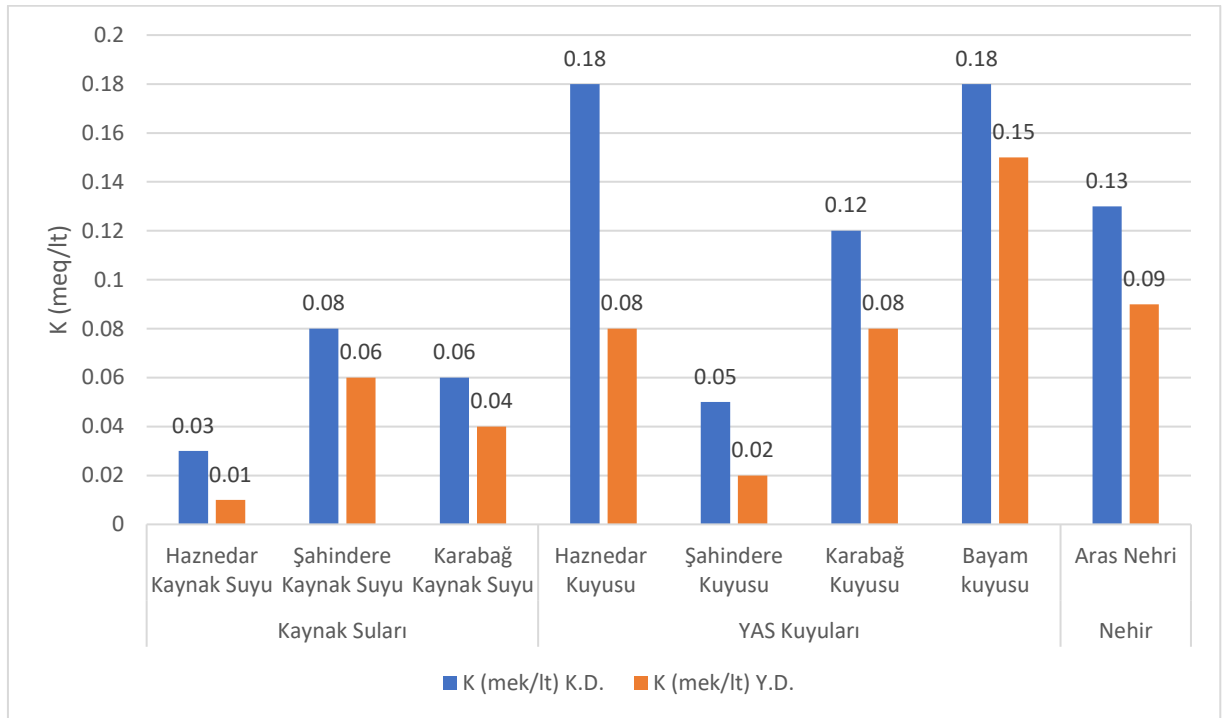
Şekil 4.7. Suların kurak ve yağışlı dönemde sodyum konsantrasyonları

Potasyum değeri doğal sularda 1-10 mg/l arasında değişim gösterir (Boyd, 1998). İnceleme alanındaki 8 adet su kuyularında 0.03-0.28 mek/lt arasındadır (Şekil 4.8.). Su kuyularında potasyum derişimi 0.02-0.18 mek/lt, kaynak sularında 0.01-0.08 mek/lt, Aras Nehri ise 0.13-0.09 mek/lt olarak yağışlı dönemde sulardaki derişimi azalmıştır (Şekil 4.9.).



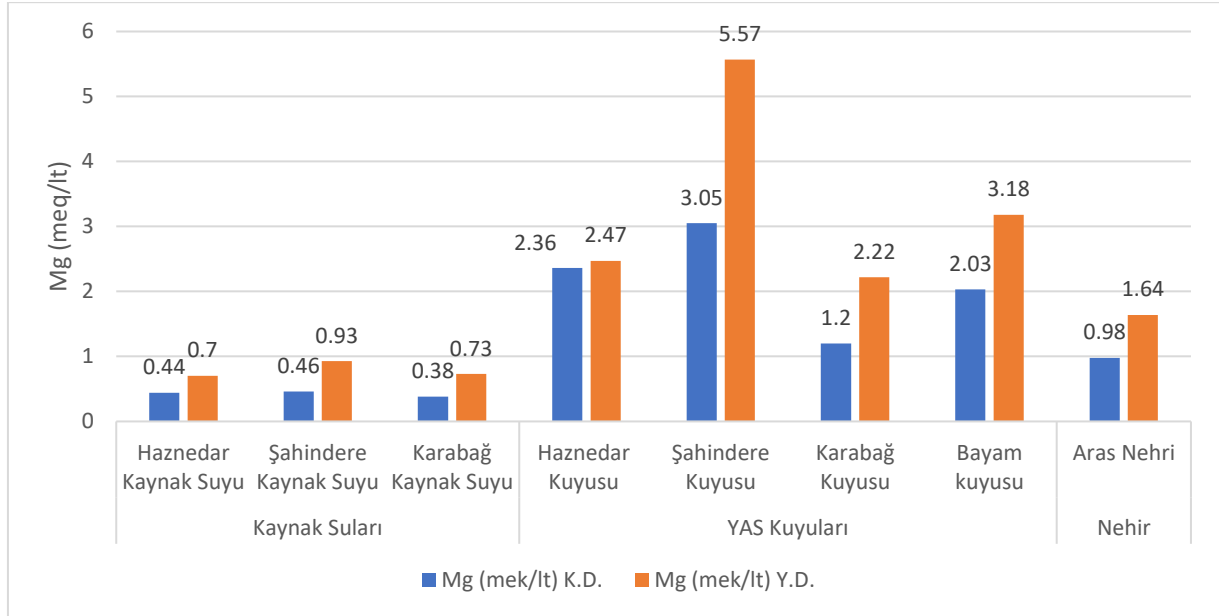
Şekil 4.8. 2015-2022 yıllarında açılan kuyuların potasyum konsantrasyonları

Potasyum değerinin azalması sebebi insan faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Tarımsal faaliyetler de kullanılan potasyum gübrelerin kullanılmadığı dönemlerde derişimde azalma gözlemlenmektedir. Yağış suyu ile beslenim ile sudaki potasyum derişiminin azalması da başka bir faktördür. Johnston ve Goulding (1992) tarafından yapılan çalışma, tarlada topraktan sızan yağmur suyunun potasyum kaybına neden olduğunu ve bu kaybın potansiyel olarak önemli olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.9. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların potasyum konsantrasyonları

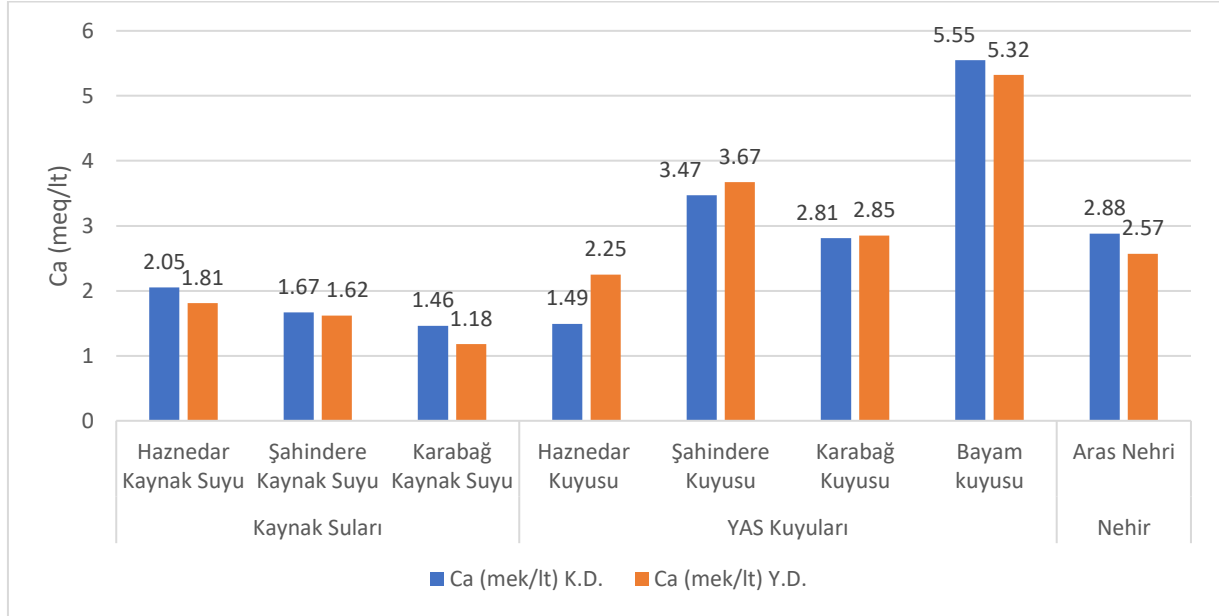
Magnezyum konsantrasyonu çalışma alanında su sondaj kuyularında 1.2-5.57 mek/lt, kaynak sularında 0.38-0.93 mek/lt, Aras Nehri'nde ise 0.98-1.64 mek/lt olarak yağışlı dönemde artmıştır (Şekil 4.10.). Yeraltısularında bulunan magnezyumun kaynağı dolomit, evaporit, magmatik kaya mineralleri (olivin, biyotit, hornblend, ojit vb.) ve metamorfik kayalarda bulunan serpantin, talk, diopsid, tremolit gibi mineralleridir (Şahinci, 1991). Yağışlı dönemde Kavakdağı kireçtaşları bünyesinde bulunan kireçtaşlarının yağışla çözülmesinden ve Kağızman Karmaşığında bulunan serpantinlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.10. Suların kurak ve yağışlı dönemde magnezyum konsantrasyonu

Su sondaj kuyularında kalsiyum derişimi 1.49-3.67 mek/lt arasında olup yağışlı dönemde Şahindere, Haznedar, Karabağ kuyularında artmış, Bayam kuyusu ise aynı dönemde azalmıştır. Kaynak suları ve Aras Nehri 1.18-2.88 mek/lt arasında değişmekte ve yağışlı dönemde Haznedar, Şahindere ve Karabağ kaynak suyu, Aras Nehri kalsiyum derişimi azalmıştır (Şekil 4.11.). Kalsiyum artışı, yağışlı dönemlerde toprakta biriken kalsiyumun yağmur suları ile sulara karışması nedeniyle ortaya çıkabilir. Kuyudaki suyun inceleme alanında bulunan kireçtaşları ile etkileşimde olduğunu göstermektedir. Bu durumda, toprakta biriken kalsiyum mineralleri sulara karışarak kalsiyum konsantrasyonunu artırır. Kalsiyum azalması ise yağışlı dönemlerde yüzey sularının hacminin artması ve akış hızının artması nedeniyle ortaya çıkabilir. Bu durumda, yüzey suları kayalarından daha hızlı akar ve kalsiyum mineralleri suda daha az çözünür hale gelir. Ayrıca, yağışlı dönemlerde toprak erozyonu artar ve kalsiyumun suda azalmasına neden olabilir. ABD’de her yıl 3 milyardan fazla toprağın erozyona uğrayıp taşındığı ve bu taşınma sırasında, fosfor, potasyum, azot, kalsiyum ve magnezyum gibi 90 milyon bitki besini de kaybedildiği bilinmektedir (Taşatar ve Korkmaz, 1995). Hafif asidik yağmur suları, kireçtaşlarındaki kalsiyum karbonat ile reaksiyona girerek kalsiyum iyonlarına ve karbon dioksit gazına

dönüşür. Bu reaksiyon sonucunda, kireçtaşı yüzeyinde çözünme ve aşınma meydana gelir (White, 1988).

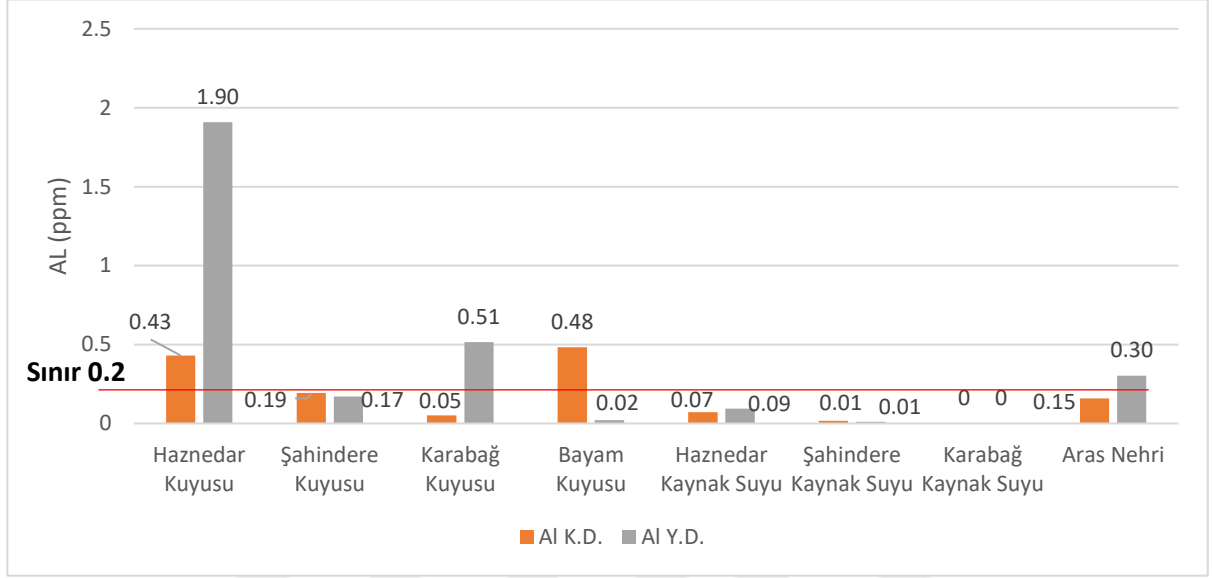


Şekil 4.11. Suların kurak ve yağışlı dönemde suların kalsiyum konsantrasyonu

Suların ağır metal ve iz element incelemesinde ise Alüminyum değerinin sınır değeri TS-266'ya göre 0.2 ppm'in altında olması gerekmektedir. Su kuyularında Haznedar kuyusu 0.43-1.90 ppm ile iki dönemde de sınır değerin üstünde olup yağışlı dönemde derişimin arttığı görülmektedir. Karabağ kuyusu da 0.05'ten 0.51 ppm'e yağışlı dönemde artmıştır. Şahindere kuyusu 0.19'dan 0.17 ppm, Bayam kuyusu 0.48'den 0.02 ppm'e yağışlı dönemde azalmıştır. Karabağ, Şahindere, Haznedar kaynak suları sınır değerin altında olup Aras Nehri kurak dönemde 0.15 ppm'den yağışlı dönemde 0.30 ppm'e çıkarak belirtilen sınır değeri aşmaktadır (Şekil 4.12.).

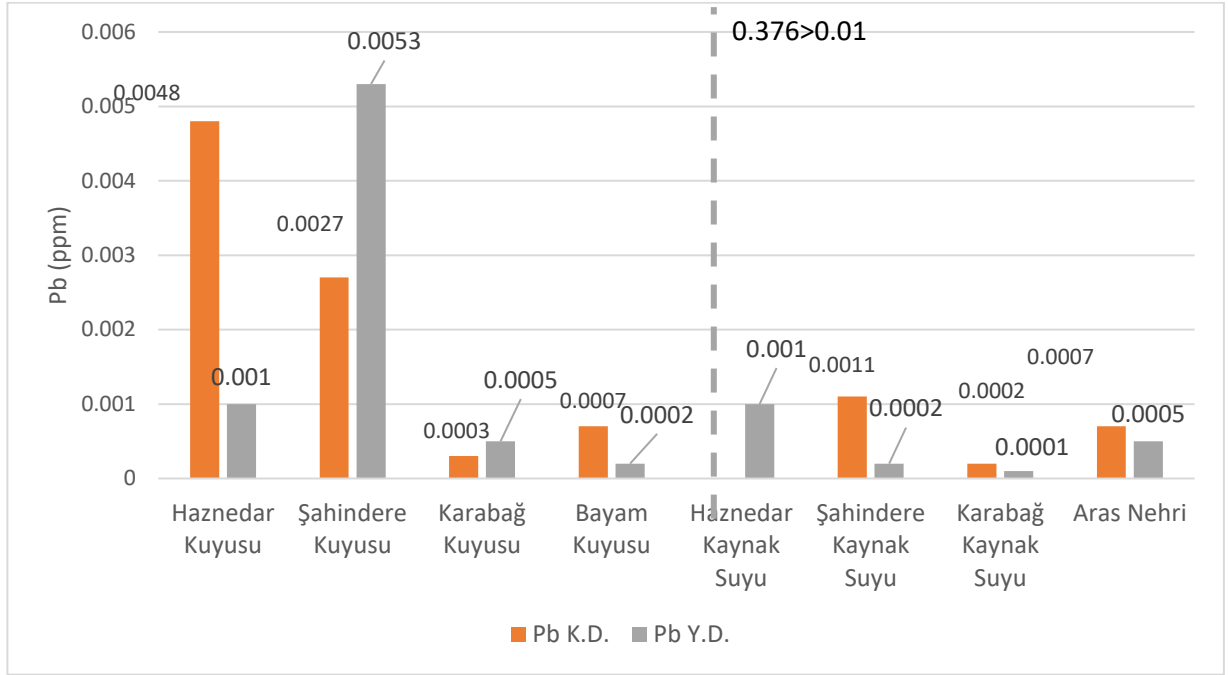
Yağışlı dönemlerde alüminyum derişiminin artmasına yağmur suyunun topraktaki alüminyumu yüzey sularına taşınması nedeni olabilir. Bu durum, su kaynaklarındaki alüminyum seviyelerinin artmasına yol açabilir. Bu nedenlerden dolayı, su kaynaklarında yüksek alüminyum seviyeleri gözlemlenebilir. Alüminyum, minimum çözünürlüğe 5.5-6.0 pH aralığında sahiptir. PH değeri daha yüksek veya daha düşük olan sularda alüminyum derişimleri artar. Suların pH'ı azaldıkça, inorganik formların baskınlığı artar ve asidik

sularda alüminyum yüksek oranda bulunur. Bu nedenle, alüminyumun çözünürlüğü ve konsantrasyonu, pH değeri gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir (Lazerte, 1988).



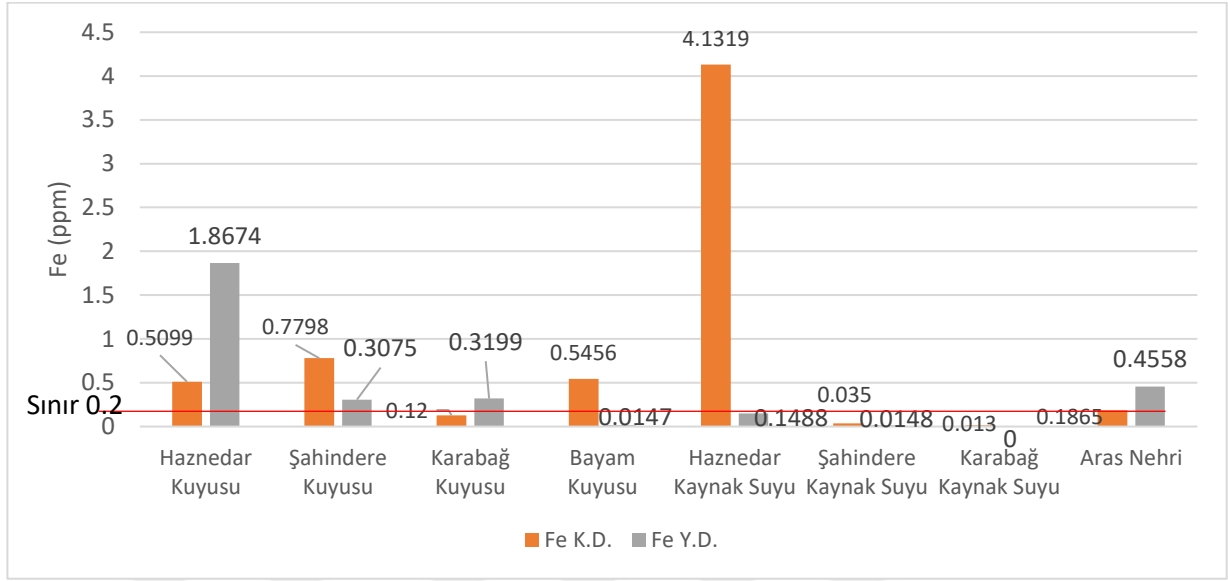
Şekil 4.12. Suların kurak ve yağışlı dönemde alüminyum değerleri

Kurşun konsantrasyonu su kuyularında Şahindere, Karabağ kuyularında yağışlı dönemde artmış, Haznedar ve Bayam kuyularında azalmış olup belirtilen sınır değerin 0.01 ppm altındadır (Şekil 4.13.). Kurak dönemde Haznedar kaynak suyundaki değeri limit değerin üstündeyken yağışlı dönemde ise kaynak beslenimin artması sebebi ile kurşun derişimi azalarak limit değerin altına inmiştir. Kurşunun toprağa ve atmosfere geçişi, farklı yollarla gerçekleşir. Bu yollar arasında, endüstriyel tesislerin bacalarından araçların egzozlarından çıkan dumanlar, lehim, akü, boya, elektrik ve petrol sanayine ait atıklar ile pestisitler sayılabilir. Çalışma alanındaki pestisitlerin varlığı ile kurşun miktarı yükselmiş olması söz konusudur (Saygıdeğer, 1995).



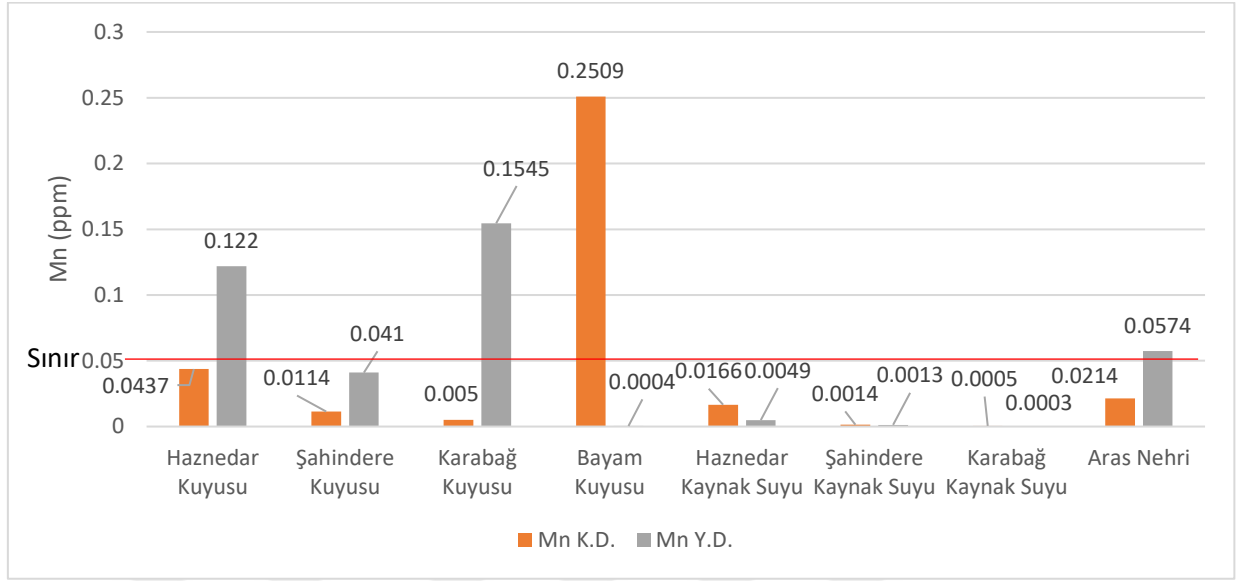
Şekil 4.13. Suların kurak ve yağışlı dönemde kurşun değerleri

Demir konsantrasyonu yağışlı dönemde Haznedar kuyusunda 0.5 ppm'den 1.86 ppm'e, Karabağ kuyusunda 0.12 ppm'den 0.31 ppm'e yükselerek TS-266'ya göre belirtilen sınır değer (0.2 ppm) üzerindedir. Yağışlı dönemde Bayam kuyusunda 0.77 ppm'den 0.30 ppm'e, Şahindere kuyusunda 0.77 ppm'den 0.30 ppm'e azalmıştır. Şahindere kaynak suyu 0.035 ppm'den 0.014 ppm'e, Haznedar kaynak suyu 4.13 ppm'den 0.14 ppm'e, Karabağ kaynak suyu 0.013 ppm'den analiz edilemeyecek konsantrasyona kadar yağışlı dönemde azalmıştır. Aras Nehri ise 0.18 ppm'den 0.45 ppm'e yükselerek sınır değer üstüne çıkmıştır (Şekil 4.14.). Demir içeren toprak ve kayalar, oksijenin az ya da hiç olmadığı ortamlarda su ile temas ettiğinde, aşınma ve diğer mekanizmalarla ufalarak çözünabilir ve suya karışabilir (Yardımcı, 2001). Yağmur suyu içindeki çözünmüş oksijen, çürümeye yüz tutan bitkiler tarafından tüketilerek, suyun oksijensiz kalmasına neden olabilir. Bu sular, temasta bulunarak, onları suda çözünebilecek iki değerlikli hale getirir. Bu sularla beslenen akiferlerden sağlanan yeraltı suları da önemli ölçüde demir içerebilir (Tüfekçi, 1996). Yağmur suları etkisi ile harekete geçen sularda demir derişimi azalarak da konsantrasyonun düşmesine sebep olabilmektedir.



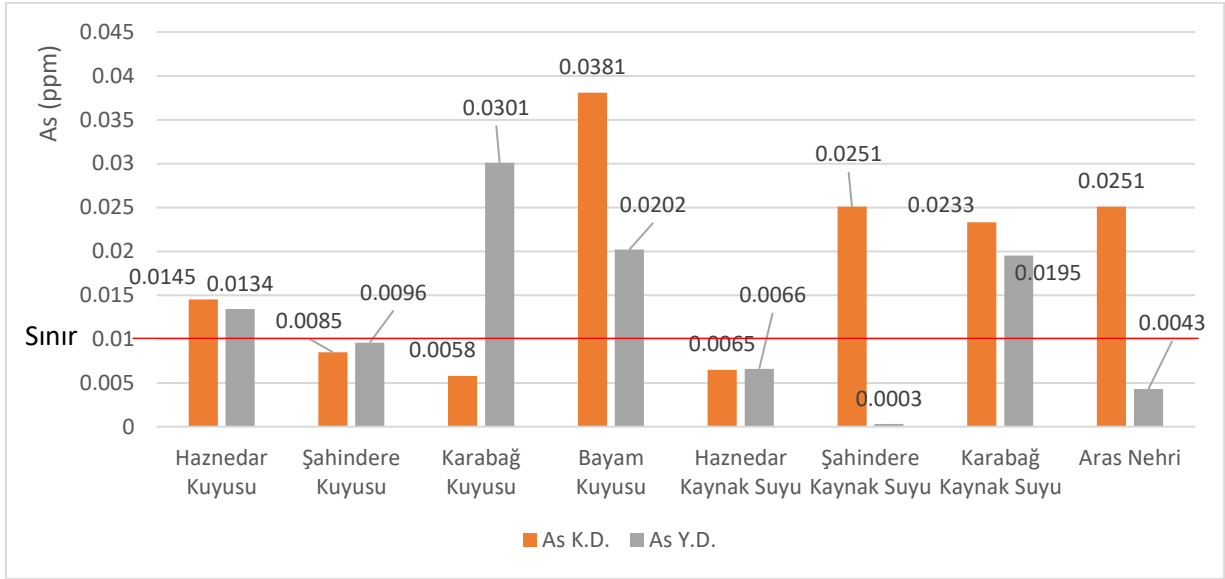
Şekil 4.14. Suların kurak ve yağışlı dönemde demir değerleri

Mangan konsantrasyonu su kuyularında yağışlı dönemde Haznedar kuyusunda 0.04 ppm'den 0.12 ppm'e, Karabağ kuyusunda 0.05 ppm'den 0.15 ppm'e çıkarak TS-266'da belirtilen sınır değer (0.05 ppm) üzerindedir. Şahindere kuyusunda yağışlı dönemde artarak 0.01 ppm'den 0.04 ppm'e, Bayam kuyusunda ise 0.25 ppm'den 0.0004 ppm'e azalmıştır. Yağışlı dönemde Haznedar kaymak suyu 0.016 ppm'den 0.0049 ppm'e, Şahindere kaynak suyu 0.0014 ppm'den 0.0013 ppm'e, Karabağ kaynak suyu da 0.0005 ppm'den 0.0003 ppm'e azalmıştır. Aras Nehri, yağışlı dönemde 0.02 ppm'den 0.05 ppm'e yükselerek belirtilen sınır değer üstündedir (Şekil 4.15.). Manganın yüksek konsantrasyonları, bazı endüstriyel faaliyetler, madencilik ve tarım gibi insan faaliyetleri nedeniyle de ortaya çıkabilir. Fakat çalışma alanında bu faaliyetlerden sadece tarım aktif olarak yapılmaktadır. Suni gübreleme uygulamalarının yeraltı sularında mangan kirliliğine neden olabileceğini belirtmektedir. Tarım faaliyetleri, toprak mangan seviyelerini artırabilir ve bu nedenle, aşırı gübre kullanımı ve tarım ilaçları, yeraltı sularında mangan kirliliğine neden olabilir. Bu durum, çalışma bölgesinde tarım yoğun olarak yapıldığı bir bölgede görülmüştür (Özpınar, 2007).



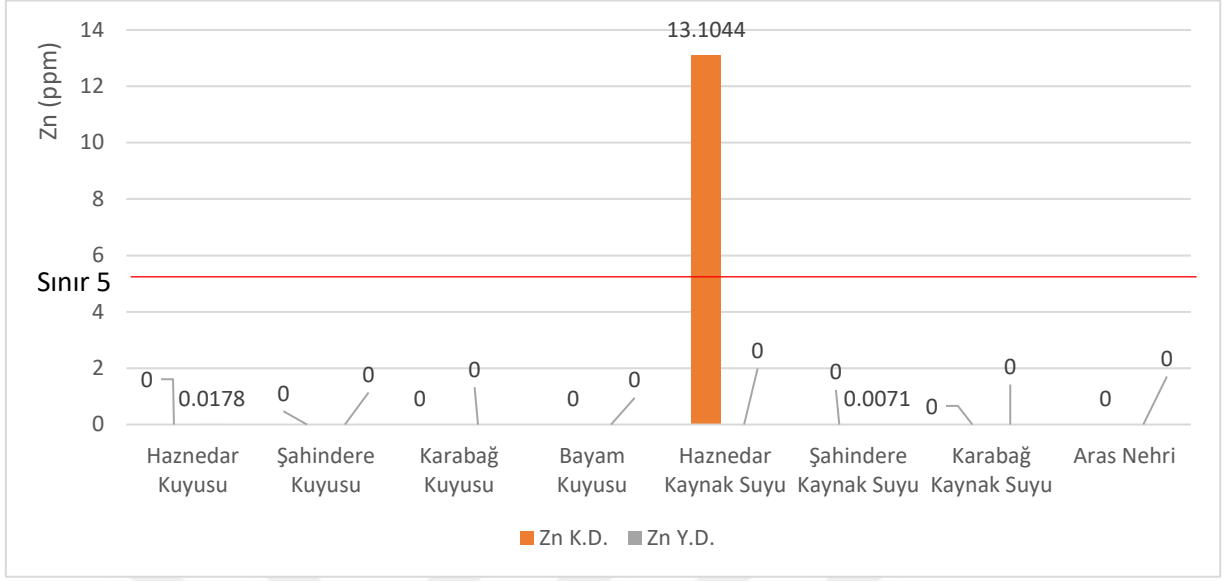
Şekil 4.15. Suların kurak ve yağışlı dönemde mangan değerleri

Son yıllarda üzerinde önemli şekilde durulan bir diğer ağır metal de arseniktir. Su kuyuları yağışlı dönemde Karabağ kuyusu 0.0058 ppm'den 0.0301 ppm'e yükselerek, Bayam kuyusu 0.0381 ppm'den 0.0202 ppm'e düşerek TS-266'ya göre belirtilen sınır değerin (0.02 ppm) üzerindedir. Yağışlı dönemde Haznedar kuyusu 0.0145 ppm'den 0.0134 ppm'e azalarak, Şahindere kuyusu 0.0085 ppm'den 0.0096 ppm'e yükselerek belirtilen sınır değeri altındadır. Şahindere kaynak suyu 0.0251 ppm'den 0.0003 ppm'e, Karabağ kaynak suyu 0.0233 ppm'den 0.0195 ppm'e, Aras Nehri ise 0.0251 ppm'den 0.0043 ppm'e azalarak sınır değeri altına düşmüştür. Haznedar kaynak suyu ise yağışlı dönemde 0.0065 ppm'den 0.0066 ppm'e yükselmiştir (Şekil 4.16.). As'li sular genellikle volkanik kayalarda ve jeotermal bölgelerde yaygın olarak gözlenebilir (Choong vd., 2007). Su kaynaklarındaki arsenik seviyeleri, yağışlı dönemlerde artabilir. Bu, yağmur suyunun topraktaki arseniği yüzey sularına taşıması nedeniyle olabilir. Bunun kaynağı tarımsal faaliyetleri gerçekleştirirken çiftçilerin arsenik içeren pestisitleri kullanması, sanayi faaliyetlerinin az olduğu bölgede fazlalığın sebebi olarak kabul edilebilir. Yeraltı suyu akışının arsenik kirliliğinin uzaklaştırılmasında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Yeraltı suyu akışı daha güçlü olan akiferlerde, arsenik suyla birlikte uzaklaştırılır ve bu nedenle, arsenikli yeraltı suyu sorunu daha çok yeraltı suyu akışının çok yavaş olduğu hidrojeolojik ortamlarda ortaya çıkar (Parsons ve Jefferson, 2006).



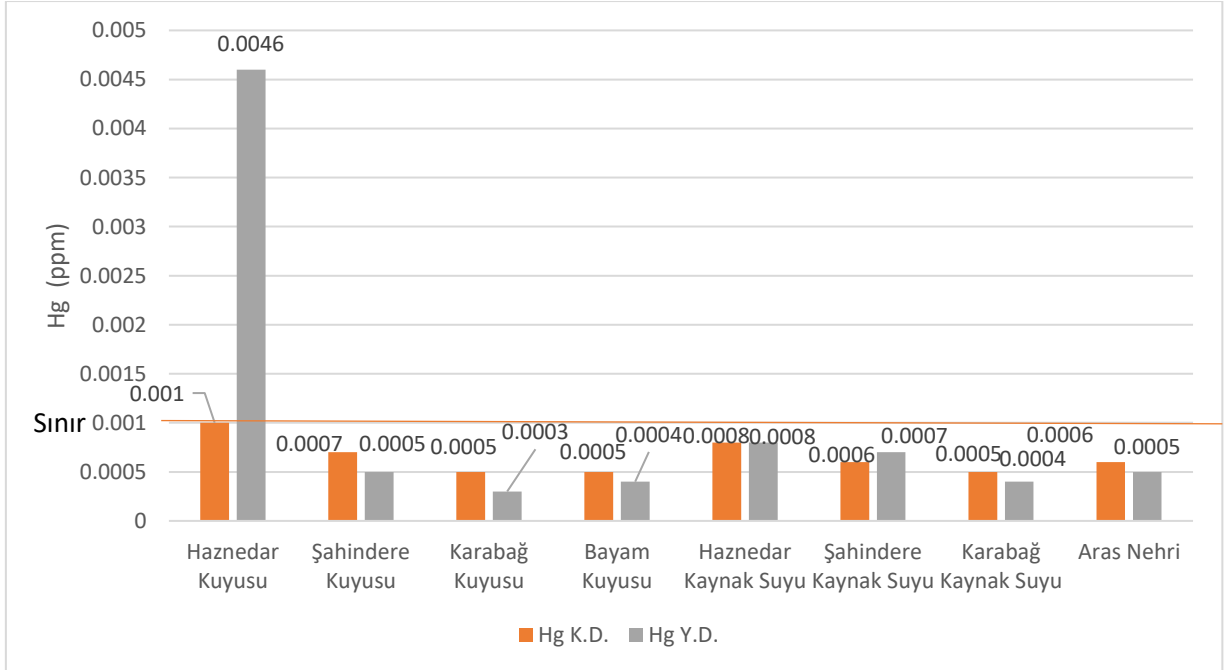
Şekil 4.16. Suların kurak ve yağışlı dönemde arsenik değerleri

Çalışma alanında kurak dönemde Haznedar kaynak suyu haricindeki sularda Zn konsantrasyonu belirtilen sınır değerinin altındadır. Haznedar kaynak suyunda ise 13.10 ppm'dir. Yağışlı dönemde ise bütün numunelerde belirtilen sınır değerinin altındadır (Şekil 4.17.). Çinko oksit maddesinin birçok endüstride kullanıldığını belirtmektedir. Kozmetiklerde, plastiklerde, yazıcı mürekkeplerinde, seramiklerde, fotokopi ve duvar kağıtlarında, gübrelerde ve kauçuk sanayinde kullanılan çinko oksit, bu endüstrilerde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Haznedar kaynak suyundaki çinko derişiminin fazla olması aşırı çinko gübrelemesi, topraktaki çinko miktarının artmasına ve suya karışmasına neden olabilir.



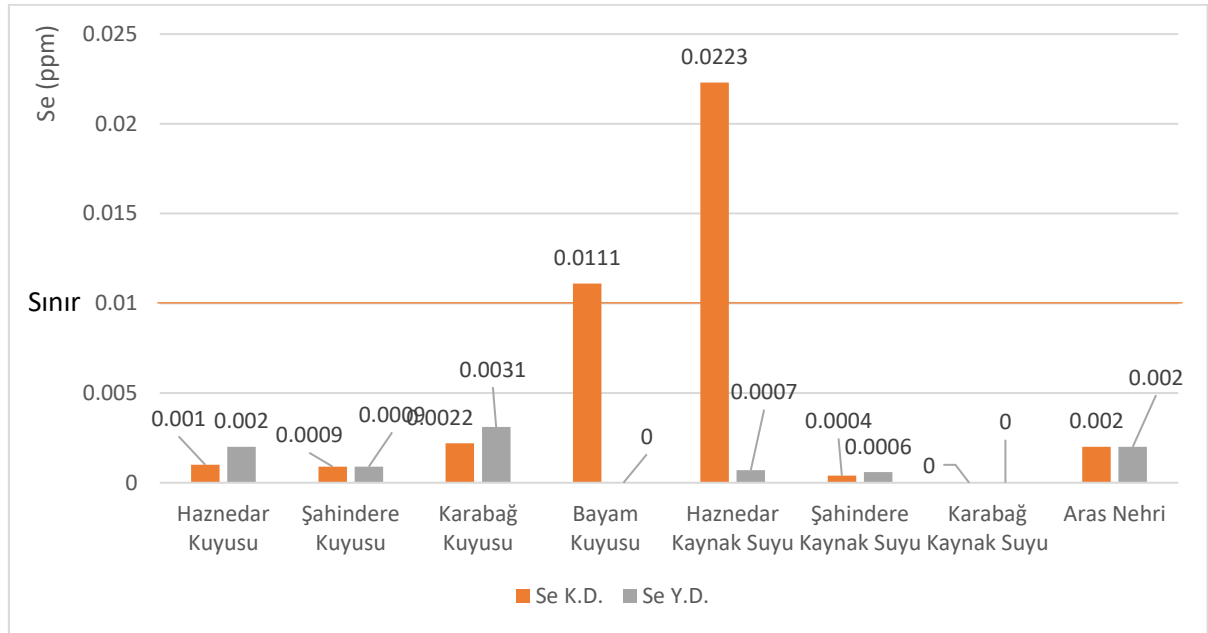
Şekil 4.17. Suların kurak ve yağışlı dönemde çinko değerleri

Atık su deşarjı ve tarımsal ilaçlar sularda cıva yükselmesine sebep olmaktadır. İnorganik cıva bileşikler pestisitlerin üretiminde kullanılmaktadır (Seven, 2018). Haznedar kuyu suyu tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil.4.18.).



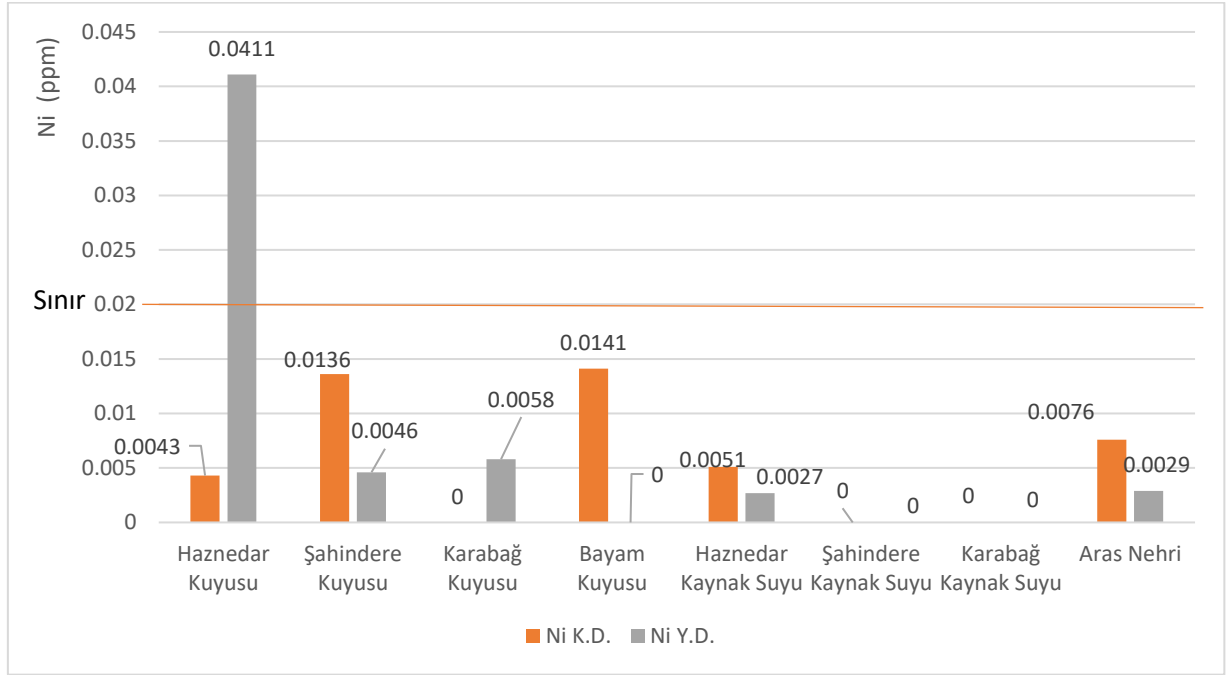
Şekil 4.18. Suların kurak ve yağışlı dönemde cıva değerleri

Sularda yüksek selenyum değerlerinin nedenleri arasında doğal kaynaklar, endüstriyel kirlilik, madencilik faaliyetleri ve tarım ilaç gibi insan faaliyetleri yer alabilir. Doğal sularda genellikle bulunmaz veya çok az miktarlarda bulunmaktadır (Parada, 1999). Tarımsal faaliyetlere bağlı olarak sınır değeri aşmaktadır (Şekil.4.19.).



Şekil 4.19. Suların kurak ve yağışlı dönemde selenyum değerleri

Çalışma bölgesinin temel birimi ofiyolitlerden oluştuğu ve genellikle ultrabazik ve bazik kayalar mineralleri ihtiva ettiği için, bu bölgedeki sularda nikel konsantrasyonuna rastlanılmaktadır. Nikel konsantrasyonu 0.001-0.0411 ppm arasında değişmektedir, nikel içeren boru ve tesisatlarla temas halinde olan sularda da nikel kirliliğine neden olabilir (Şekil 4.20.).



Şekil 4.20. Suların kurak ve yağışlı dönemde nikel değerleri

Kirlilik analizleri bakımından ilk kez çalışılan inceleme alanında Nitrit değeri hayvansal atık ve foseptiklere bağlı olarak gelişmektedir. Hayvansal atıklar, kontrolsüz bir şekilde yönetildiğinde, yüzey ve yer altı su kaynaklarını kirletebilir. Bu durum, hayvanların doğrudan su kaynaklarına erişmesi, gübre yığınlarından, barınaklardan ve açık yemleme alanlarından gelen yüzey akış suları, gübre depolama yapılarından kaynaklanan sızıntılar, depolama alanlarının sular altında kalması, gübre uygulanan alanlardan gelen yüzey akış suları ve meralardan kaynaklanan yüzey akış suları nedeniyle meydana gelir. Toprak, gübreleme sonrası sulandıkça, toprakta bulunan azot türevleri suya geçebilir. Bu durum, suda nitrat miktarının artmasına neden olabilir. Bu nedenle, gübreleme sonrası sulama yaparken, suyun toprağı aşırı derecede sürüklememesi ve toprakta bulunan besin maddelerinin kaybını önlemek için dikkatli olunması gerekir (Özgül, 2018).

Kuyu sularında nitrit konsantrasyonu, kurak ve yağışlı dönemde 0.04-0.65 ppm arasında değişmektedir. Yağışlı dönemde Haznedar kuyu suyunda limit değerin üstünde nitrit konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Kuyu sularında nitrat konsantrasyonu 7.70-67.1 ppm arasında değişmektedir. Kaynak sularında ise nitrat konsantrasyonu 1.95-10.05 ppm arasında değişmektedir. Yağışlı

dönemde nitrat konsantrasyonu azalmıştır. Aras Nehri'nde ise nitrat konsantrasyonu kurak ve yağışlı dönemde değişmemiştir ve 5.62 ppm olarak ölçülmüştür. TS 266'a göre belirlenen sınır değeri aşan Şahindere kuyusu (67.1 ppm) bulunmaktadır.

Amonyum inceleme alanında kuyu sularında 2.70-21.53 ppm, kaynak sularında 1.85-6.13 ppm kurak dönemden yağışlı döneme doğru artmıştır. Aras Nehri'nde ise yağışlı dönemde 6.78 ppm'den 6.55 ppm'e azalmıştır. Amonyum miktarının yağışlı dönemde artmasının sebebi, yağmur suyuyla toprağa karışan organik maddelerin ayrışması neticesinde ortaya çıkan amonyak bileşiklerinin sulara karışmasıdır. Yağışlı dönemde toprağa karışan organik maddelerin miktarı artmaktadır. Organik maddelerin ayrışması sonucu oluşan amonyak bileşikleri, yağmur suyuyla beraber su kaynaklarına karışarak amonyum miktarının artmasına neden olur. Dolayısıyla, yağışlı dönemde su kaynaklarındaki amonyum miktarı artmıştır (Beyhan, 2011).

Çalışma alanında yapılan alfa aktivite tayininde su kuyularında Haznedar kuyusu yağışlı dönemde 0.19-0.21 artarken, Bayam kuyusunda 0.195'den 0.199'a yükselmiştir Yağışlı dönemde Şahindere kuyusu 0.2-0.11'e Karabağ kuyusunda 0.13'den 0.06'ya , Karabağ kaynak suyu 0.073-0.044, Aras Nehri 0.08 -0.06 Haznedar kaynak suyu 0.054 -0.02 ya azalmıştır, Şahindere kaynak suyu değişmemiştir. Beta aktivite tayininde yağışlı dönemde Karabağ kuyusunda 0.138'den 0.554'ya , Haznedar kaynak suyu 0.032 -0.0044, Karabağ kaynak suyu 0.042-0.05, Bayam kuyusunda 0.242'den 0.202'a Haznedar kuyusu 0.364-0.179 artarken Şahindere kuyusu, Şahindere kaynak suyu değişmemiş. Aras Nehri 0.157-0.138 ya azalmıştır. WHO 2006 ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA)'ya göre sınırlar toplam alfa için 0,5 Bq/L ve toplam beta için 1 Bq/L olarak tayin edilmiştir. Bu sebeple belirtilen limiti aşan su kaynağı bulunmamaktadır. Kayaçlar, içerdikleri mineraller nedeniyle uranyum, toryum, potasyum ve radyum gibi radyoaktif elementler içerebilirler. Bu elementlerle teması sonucu yeraltı suları radyoaktif özellik kazanmaktadır (Gültekin, 2005). Örneğin, granit ve volkanik kayaçlar, uranyum içerebilirken, granit kayaçlarında toryum ve radyum bulunabilir. Potasyum ise volkanik kayaçlarda yaygın olarak bulunur ve kayaçların radyoaktivitesinde etkilidir (Güven, 2015). Bu nedenle, kayaçların radyoaktivitesi, içerdikleri radyoaktif elementlerin türüne ve miktarına bağlıdır. Çalışma alanında bulunan genç volkanizma ve ofiyolitler radyoaktivite açısından önemlidir. Ofiyolitler ve genç volkanizmalar, genellikle yer kabuğunun derinliklerinde bulunurlar ve suların dolaşımı

sırasında etkileşimi az veya hiç bulunmamaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarına yakın bölgelerde bulunan volkanik kayalar ve ofiyolitler, su kaynaklarını kirletme riski daha yüksek olan diğer kaynaklara göre daha az risk taşırlar.

Mikrobiyoloji analizinde kurak dönemde toplam koliform değeri Bayam kuyusu 5.2, Karabağ kuyusu 6.3, Şahindere, kuyusu 2 Haznedar kuyusunda 118.7 kabul edilebilir sınır değerin üstünde olup foseptik kirlenmesi ve kanalizasyon atıklarına işaret etmektedir. Haznedar kuyusunda da yağışlı dönemde toplam koliform değeri sınır değerdedir. Yağışlı dönemde Aras Nehri'nde yine kirliliğe bağlı iki bakteri değeri koliform 488.4, e.coli 19.9 olmak üzere kurak döneme göre az olsa da yağışlı dönemde de fazladır. E.coli ise Şahindere kuyusunda sınır değerdedir. Aras nehrinde de 1299.7 koliform, 488.4 e.coli değeri ile yüzey suyu kirliliğini ortaya koymaktadır. Hayvan ve insan faaliyeti kaynaklı kirlilikten kaynaklanmaktadır. Bu sonucun, su kaynağına yakın bölgede yer alan foseptik çukuru kaynaklı olabileceğini tahmin edilmektedir (Bopp vd., 2003). Yağışlı dönemde suyun akış hızı artmakta ve bu durum, suyun kendini doğal olarak temizlemesine yardımcı olmaktadır. Su kaynaklarındaki akış hızı arttıkça, su kaynaklarındaki kirleticiler ve bakteriler su kaynaklarından uzaklaştırılır ve su kaynakları daha temiz hale gelir. Bu nedenle, yağışlı dönemler, su kaynaklarının doğal temizlenmesi için önemli bir dönemdir.

Piper diyagramına göre suların kimyasal bileşimleri, kurak ve yağışlı dönemlerde farklılık göstermektedir. Kurak dönemde Şahindere kuyu suyu katyon bakımından Mg anyon bakımından karışım su tipinde, Haznedar ve Karabağ kaynak suları Ca-HCO₃ su tipinde, Bayam Kuyu suyu anyon bakımından Cl su tipinde katyon bakımından karışım tipte olup diğer sular anyonları bakımından karışık, katyonları bakımından da karışım tip sudur. Yağışlı dönemde Şahindere kuyu suyu Mg-karışım su tipinde; Haznedar kaynak suyu Ca-HCO₃ su tipinde diğer sular katyonları bakımından karışık, anyonları bakımından Karabağ, Şahindere kaynak suları ve Karabağ kuyu suyu HCO₃ su tipinde, diğerleri karışım su tipindedir. Kalsiyum ve magnezyum farklılıkları sularda, su kaynaklarının jeolojik yapısı, iklim koşulları, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler gibi çeşitli nedenlere bağlı olarak değişebilir. Su kaynaklarının bulundukları ortamda etkileşimde olduğu kayaç yapısı önemlidir. Kalsiyumun derişiminin fazla olduğu sularda kireçtaşları ile etkileşimde olduğu, sodyumun fazla olduğu yerlerde de Tuzluca formasyonu ile etkileşim görülmektedir. Bazı kirleticilerin de örneğin suni gübre gibi potasyum miktarını arttırdığı tahmin edilmektedir.

Schoeller diyagramında kurak dönemde Karabağ kaynak su ve Şahindere kuyusu diğer çizgilere göre farklı noktalarda olduğu için diğer numunelerden farklılık göstermektedir. Yağışlı dönemde Karabağ kaynak suyu, Haznedar kaynak suyu ve Haznedar yas kuyusu diğer örneklerden farklı dağılım göstermektedir. Suların dolaşım sürecinin fazla olması nedeniyle aynı akiferde dolaşan diğer sulara göre bazı iyonlarca farklı miktarda zenginleşen suların benzer paralelliğe sahip olmadığı gözlenmiştir. Bu durum, aynı kaynaktan gelen suların bile farklı özelliklere sahip olabileceğini ve suyun dolaşım sürecinin de su özelliklerini etkileyebileceğini göstermektedir.

Çalışma alanında 2015-2022 tarihleri arasında açılan ve bu kuyulardan alınan sulardan yapılan kimyasal analiz sonuç raporuna kuyuların tamamı “çok iyi” sınıf su kategorisindedir. Kaynak suları sulama suyu açısından “çok iyi sular” sınıfındadır. Su sondaj kuyuları sulama suyu açısından “çok iyi sular” sınıfındadır. Bayam kuyusu “iyi kullanılabilir su” sınıfındadır. Aras nehri ise sulama suyu açısından “çok iyi sınıf” su kapsamındadır. Yağışlı dönemde ise sulama suyu açısından “çok iyi sular” sınıfındadır. Su sondaj kuyuları. Sulama suyu açısından Haznedar kuyusu “şüpheli-kullanılabilir”, Şahindere, Karabağ kuyusu “çok iyi” sınıf su, Bayam kuyusu ise “iyi kullanılabilir” su sınıfındadır. Aras nehri sulama suyu açısından “çok iyi” sınıf su kapsamındadır. Çalışma alanında 2015-2022 deney sonuç raporlu kuyuların sahiplerinin yaptırdığı analizlerden A.B.D Tuzluluk diyagramı hazırlanmıştır. Sekiz kuyu suyunun da C2S1 bölgesinde olduğu görülmektedir. Çalışma alanından kurak Karabağ kaynak suyu C1S1, Karabağ kuyu suyu, Şahindere, Haznedar kaynak suları ve Aras Nehri C2S1 ve Şahindere, Bayam, Haznedar kuyu suları C3S1 sınıfında yer almaktadır. Çalışma alanından yağışlı dönemde kaynak suları Karabağ kaynak suyu C1S1, Karabağ kuyu suyu, Şahindere, Haznedar kaynak suları ve Aras Nehri C2S1 ve Şahindere, Bayam kuyu suları C3S1 sınıfında, Haznedar kuyu suyu C3S2 sınıfında yer almaktadır. Sodyum yüzdesi, Sodyum absorpsiyon oranı ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırılan bu sular farklılık gösterir çünkü bu parametreler suyun bileşimindeki farklı iyonların varlığına ve miktarına bağlıdır. Suyun kaynağı, beslenme alanı, dolaşım süreci, çevresel faktörler ve insan faaliyetleri gibi birçok faktör, suyun bileşimindeki iyon miktarını ve türünü etkileyebilir. Bu nedenle, farklı kaynaklardan gelen suların bileşimleri farklı olabilir ve bu da %Na, Sar değeri ve EI gibi parametrelerin farklılığına neden olabilir.

Su örneklerinin kimyasal bileşimlerini analiz etmek için kullanılan su kalitesi indeksi yöntemi, su örneklerindeki farklı parametrelerin ortalamalarının alınmasıyla hesaplanır. Kurak dönemde Haznedar kuyusu, Bayam kuyusu ve Haznedar kaynak suyu "içme suyu için uygun değil" olarak sınıflandırılırken, Şahindere kuyusu, Aras Nehri "çok zayıf su" ve Karabağ kuyusu, Şahindere ve Karabağ kaynağı "iyi su" olarak değerlendirilir. Yağışlı dönemde ise Haznedar, Şahindere, Karabağ kuyusu ve Haznedar kaynak suyu "uygun değil" olarak sınıflandırılırken, Bayam kuyusu ve Aras Nehri "çok zayıf su", Karabağ kuyusu "zayıf su" ve Şahindere kaynak suyu "iyi su" olarak değerlendirilir. Kurak ve yağışlı dönemde su kalite indeksi için alınan on altı farklı parametrenin ortalamalarına göre, Haznedar, Şahindere, Bayam kuyuları ve Haznedar kaynak suyu "içme suyu için uygun değil", Karabağ kuyusu, Aras Nehri "çok zayıf su" ve Şahindere, Karabağ kaynakları "iyi su" sınıfındadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmanın amacı tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği Karabağ köyünde (Kağızman – Kars) yeraltı sularının miktar ve kalite açısından güncel durumunu ortaya koymak, su kalite indeksi aracılığıyla durumunu belirlemek ve varsa sorunlara yönelik çözüm önerilerinde bulunmaktır. Bu amaçla hazırlanan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Yaklaşık 100 km² lik bir bölgeyi kapsayan inceleme alanının jeoloji haritası geçmiş yıllarda MTA tarafından yapılan 1/25000 ölçekli haritalardan yararlanılarak hazırlanmıştır. İnceleme alanı yaşlıdan gence doğru Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı ultramafik kayalar arasında pelajik kireçtaşı, mermer ve metamorfik kayaç blokların yer aldığı Kağızman Karmaşığı, Üst Eosen yaşlı resifal kireçtaşları Kavakdağı Kireçtaşları, Geç Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı siltaşı ardalanması ve jipsli seviyelerin yer aldığı tortul birimlerin üst düzeylerinde tuzların bulunduğu Tuzluca Formasyonu, tuf, ignimbirit, bazik lavlar ve aglomeradan oluşan Mescitli Formasyonu ve Erken Pleyistosen yaşlı Melikler Bazaltı yüzeylenmektedir. Alandaki güncel çökelleri yamaç molozu, taraçalar ve akarsu yatakları boyunca yüzeylenen alüvyonlar oluşturur.
2. Bölgede, yaklaşık doğu-batı doğrultulu, genel olarak kuzeye eğimli, düşük açılı bindirmeler, kıvrımlar ve kuzeybatı-güneydoğu yönlü doğrultulu atımlı faylar izlenmektedir. Çalışma alanındaki faylar aktif olmayan faylardır.
3. İnceleme alanında karasal iklim hüküm sürmektedir ve yıllık yağış miktarı 420.9 mm'dir. Alanın en önemli akarsuyu Aras Nehri olup, akış yönü güneybatıdan kuzeydoğuya doğrudur.
4. Alanda yeraltısuyu açısından önem taşıyan birimleri kil, silt, kum ve çakıl karışımı taneli malzemeden oluşan eski ve yeni alüvyonlar oluşturmaktadır. Alandaki su sondaj kuyularında akiferin 200 m derinliğe kadar ulaştığı belirlenmiştir. Serbest akifer özelliğinde olan bu alüvyon akiferlerde açılan kuyulardan statik su seviyesi 45 m ile 55 m arasında, dinamik su seviyesi ise 55 m ile 70 m arasında değişmektedir. Kuyularda ölçülen su seviyelerinden ve kaynak kotlarından yararlanarak hazırlanan yeraltı su seviyesi haritasından yeraltısuyunun akım yönünün Aras Nehri'ne doğru olduğu belirlenmiştir.
5. Çalışma alanında 4 adet kuyudan, 3 adet kaynaktan ve Aras Nehrinden kurak ve yağışlı dönemde örnekler alınarak pH, Eİ, toplam çözünmüş madde, majör iyonlar, iz elementler,

azot türevleri, mikrobiyolojik analizler ve radyoaktivite analizleri yapılmıştır. Kurak dönemde pH değerleri kuyu sularında 7.36-7.76 arasında, kaynak sularında 6.94-7.96 arasında ve Aras Nehri'nde 8.02'dir. Yağışlı dönemde ise kuyu sularında 7.85-8.38 arasında, kaynak sularında 7.4-8.15 arasında ve Aras Nehri'nde 7.57'dir. Kurak dönemde Eİ değerleri kuyu sularında 701-1386 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, kaynak sularında 214-328 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ve Aras Nehri'nde 682 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dir. Yağışlı dönemde ise kuyu sularında 702-1493 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, kaynak sularında 216-321 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ve Aras Nehri'nde 569 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Kurak dönemde TDS değerleri kuyu sularında 305-717 ppm arasında, kaynak sularında 124-260 ppm arasında ve Aras Nehri'nde 306 ppm'dir. Yağışlı dönemde ise kuyu sularında 350-808 ppm arasında, kaynak sularında 135-187 ppm arasında ve Aras Nehri'nde 386 ppm'dir. Yağışlı dönemde genellikle pH değerleri artmış, Eİ değerleri azalmış, TDS değerleri azalmıştır.

6. Majör iyon sıralamaları kurak dönemde Ca, Na, Mg, K, HCO_3 , Cl, SO_4 , F; yağışlı dönemde, Ca, Na Mg, K, HCO_3 , Cl, SO_4 , F şeklinde olup en yüksek anyon HCO_3 en yüksek katyon Ca'dır. Kurak dönemde tüm suların sodyum değeri 11.22-125.76 ppm arasında olup TS266'ya göre içmeye uygundur. Yağışlı dönemde ise 11-249.34 ppm arasında değişmekte olup yağışlı dönemde de uygundur. Potasyum değerleri kurak dönemde 1,2-6,91 ppm, yağışlı dönemde 0,5-6.2 ppm arasında limit değerlere uygundur. Kalsiyum değeri hem kurak dönemde (29.12-111.05 ppm) hem de yağışlı dönemde (23.51-106.3 ppm) olup sadece bayam kuyu suyu (WHO,2011) göre limit değerin üstündedir. Magnezyum değeri kurak dönemde 56.63-73.1 ppm ile Haznedar ve Şahindere kuyularında limit değerin üstündedir. Yağışlı dönemde ise Şahindere kuyusu limit üstündedir. Sülfat değeri kurak dönemde 4.02-60.42 ppm, yağışlı dönemde 4.11-208.54 ppm ile sınır değerin altındadır. Klorür değeri kurak dönemde 3.48-168.74 ppm, yağışlı dönemde ise 3.5-120.52 ppm ile belirtilen sınır değerin altındadır. Florür kurak dönemde 0.1-0.66 ppm, yağışlı dönemde ise 0.07-0.63 ppm arasında olup sınır değerin altındadır.
7. Su kaynaklarının nitrit, nitrat ve amonyum kirliliği açısından yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, su kaynaklarının yönetimi ve kontrolü açısından önemlidir. Kuyu sularında nitrit konsantrasyonu kurak ve yağışlı dönemlerde 0.04-0.65 ppm arasında değişmektedir. Yağışlı dönemde Haznedar kuyusunda limit değerin üstünde nitrit konsantrasyonu tespit edilmiştir. Kuyu sularında nitrat konsantrasyonu 7.70-67.1 ppm arasında değişmektedir. Kaynak sularında ise nitrat konsantrasyonu 1.95-10.05 ppm

arasında değişmektedir. Yağışlı dönemde nitrat konsantrasyonu azalmıştır. Şahindere kuyusu 67.1 ppm ile nitrat değeri sınırı aşmıştır. Amonyum konsantrasyonu inceleme alanında kuyu sularında 2.70-21.53 ppm, kaynak sularında 1.85-6.13 ppm arasında değişmektedir. Kurak dönemden yağışlı döneme doğru amonyum konsantrasyonu artmıştır. Bu kirliliklerin kaynağı yöredeki ahır, hayvancılık ve foseptiklerdir. Amonyum konsantrasyonu inceleme alanında kuyu sularında 2.70-21.53 ppm, kaynak sularında 1.85-6.13 ppm arasında değişmektedir. Kurak dönemden yağışlı döneme doğru amonyum konsantrasyonu artmıştır. Aras Nehri'nde ise yağışlı dönemde amonyum konsantrasyonu 6.78 ppm'den 6.55 ppm'e azalmıştır. Bu kirlilikler yöredeki ahır, hayvancılık ve foseptiklerden kaynaklanmaktadır. Fosfat için TS266'ya göre herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir. Kuyu sularında 0.09-0.38 ppm, kaynak sularında 0.34-1.25 ppm arasında yağışlı dönemde artmıştır. Aras Nehri'nde 6.78-6.55 ppm arasında değişmektedir.

8. Çalışma alanındaki kurak dönem analizlerinde Fe, Al, Mn, As, Pb, Hg, Se, Ni, Zn elementleri TS266'da önerilen sınır değerin üzerinde diğer iz elementler sınır değerin altındadır. Kurak dönemde sınır değeri aşan su noktaları Haznedar, Bayam, Şahindere, Karabağ kuyuları, Şahindere, Karabağ, Haznedar kaynak suları ve Aras Nehri'dir. Yağışlı dönemde Fe, elementleri sınır değerin üzerindedir. Yağışlı dönemde sınır değeri aşan su noktaları Haznedar, Karabağ, Bayam Şahindere kuyuları, Haznedar, Karabağ kaynak su ve Aras Nehri'dir Sınır değeri aşan demir elementinin nedeni demir içeren toprak ve kayaçların su teması sonucu aşınması ve çözülerek suya karışması gösterilmektedir. Sınır değeri aşan alüminyum

elementinin nedeni suların pH derecelerindeki yükselme sebebi ile çözünme miktarının artması ve topraktaki alüminyumun yağmur suları ile taşınıp sulara karışmasıdır. Sınır değeri aşan arsenik elementinin nedeni çalışma alanındaki volkanik kayaçlardaki minerallerin su ile teması, arsenik içeren pestisitlerin kullanılması sonucu sulara karışmasıdır. Kurşun elementinin yüksek olmasının nedeni tarımsal faaliyetler sonucu pestisitlerdir.

9. Haznedar, Şahindere, Karabağ ve Bayam kuyuları, Şahindere, Karabağ ve Haznedar kaynak suları ile Aras Nehri'nde alfa ve beta radyoaktivite değerleri, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006 ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) standartlarında önerilen toplam alfa için 0,5 Bq/L ve toplam beta için 1 Bq/L değerlerinin altında olup alfa değerleri 0.02-0.211 Bq/L arasında; beta değeri 0.032-0.554 Bq/L arasındadır.

10. Toplam Koliform ve Escherichia coli için içme suyu standart sınır değerleri 0 CFU/100 mL'dir. Enterokok için sınır değerleri de 0 CFU/100 mL'dir. Kurak dönem sonuçlarına göre, Haznedar Kaynak suyunda toplam koliform değeri 2 iken, Haznedar Kuyusu'nda 118,7 olarak ölçülmüştür. Şahindere Kuyusu için Toplam Koliform değeri 2 olarak ölçülmüştür. Aras Nehri'nde ise hem toplam koliform hem de Escherichia coli deneyinde sırasıyla 1299,7 ve 488,4 'dır. Karabağ Kuyusu'nda toplam koliform değeri 6,3, Bayam Kuyusu'nda ise 5,2 olarak ölçülmüştür ve bu değerler istenen sınır değerlerinin üzerindedir. Yağışlı dönemde ise Aras Nehri'nde toplam koliform değeri 78, e.coli değeri ise 19.9 CFU/100 mL'dir. Haznedar kuyusun da toplam koliform değeri olarak 1 CFU/100 mL'dir. Diğer sonuçlar 1'den küçüktür.
11. Kurak dönemde Şahindere kuyu suyu katyon olarak Mg anyon açısından karışım su tipinde, Haznedar ve Karabağ kaynak suları Ca-HCO₃ su tipinde, Bayam Kuyu suyu anyon açısından Cl su tipinde katyon bakımından karışım tipte olup diğer sular anyonları bakımından karışık, katyonları bakımından da karışım tip sudur. Yağışlı dönemde Şahindere kuyu suyu Mg-karışım su tipinde; Haznedar kaynak suyu Ca-HCO₃ su tipinde diğer sular katyonları bakımından karışık, anyonları bakımından Karabağ, Şahindere kaynak suları ve Karabağ kuyu suyu HCO₃ su tipinde, diğerleri karışım su özelliği göstermektedir. Schoeller diyagramına göre kurak dönemde Karabağ kaynak suyu ve Şahindere kuyusu, Haznedar kuyusuna ait iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğrular diğer suların iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğrulara göre farklılık göstermektedir. Kaynaklara ait iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğruların birbirine paralel olması aynı kökenden beslendiklerini göstermektedir. Yağışlı dönemde, Haznedar kaynak suyu ile Haznedar ve Şahindere kuyusu diğer örneklerden farklı iyon konsantrasyonuna sahiptir.
12. Suların kimyasal analiz sonuçları Wilcox ve ABD Tuzluluk diyagramında değerlendirilmiştir. Wilcox diyagramına göre kurak dönemde Haznedar, Şahindere ve Karabağ kaynak suları ile Aras Nehri suyu, Şahindere, Karabağ ve Bayam kuyu, suları çok iyi, Haznedar kuyusu ve Bayam kuyu suları iyi kullanılabilir sınıftadır. Yağışlı dönemde Haznedar, Şahindere, Karabağ kaynak suları, Şahindere, Karabağ kuyuları çok iyi, Haznedar kuyusu Şüpheli-kullanılabilir, Bayam kuyusu da iyi kullanılabilir su sınıfındadır. ABD Tuzluluk diyagramına göre kurak ve yağışlı dönemde Karabağ kaynağı C1S1, Şahindere, Haznedar kaynağı, Karabağ kuyusu, Aras Nehri C2S1, Şahindere ve Bayam kuyusu C3S1, Haznedar kuyusu kurak dönemde C3S1, yağışlı dönemde C3S2 sınıfındadır. Su kaynakları,

yağışlı ve kurak dönemlerde farklı şekillerde etkilenebilir. Farklılığın sebebi yağışlı dönemlerde, su kaynaklarına daha fazla su beslenimi olur ve bu nedenle su kaynaklarının tuzluluk seviyeleri azalır. Ayrıca, yağışlı dönemlerde toprakta daha fazla nem olduğu için, su kaynaklarına daha az tuzlu su karışabilir. Bu nedenle, yağışlı dönemlerde su kaynakları düşük tuzluluk seviyelerine sahip olabilir.

13. İnceleme alanındaki suların su kalite indeksleri kurak, yağışlı ve kurak-yağışlı dönemin ortalaması alınarak 16 parametre kullanılarak hesaplanmış ve 39 ile 347 arasında bulunmuştur. Kurak dönemde Su kalitesi indeksine göre Haznedar kuyusu, Bayam kuyusu, Haznedar kaynak suyu “içme suyu için uygun değil”, Şahindere kuyusu, Aras Nehri “çok zayıf su”, Karabağ kuyusu, Şahindere ve Karabağ kaynağı “iyi su” olarak sınıflanmaktadır. Yağışlı dönemde ise Haznedar, Şahindere, Karabağ kuyusu, Haznedar kaynak suyu uygun değil, Bayam kuyusu ve Aras Nehri çok zayıf su, Karabağ kuyusu zayıf su, Şahindere kaynak suyu iyi sudur. Kurak ve yağışlı dönemde su kalite indeksi için ortalamaları alınan on altı farklı parametreden Haznedar, Şahindere, Bayam kuyuları ve Haznedar kaynak suyu “içme suyu için uygun değil”, Karabağ kuyusu, Aras Nehri “çok zayıf su”, Şahindere, Karabağ kaynakları da “iyi su” sınıfındadır.

6. ÖNERİLER

1. Çalışma alanında tarım ve hayvancılık önemli geçim kaynağıdır. Tarımsal faaliyetlerin sınırlı olması yeraltısuyu kullanımı üzerinde olumsuz bir etki yaratmamaktadır. Ancak kuyularda belli aralıklarla seviye ölçümlerinin yapılması ve zaman zaman kimyasal analizlerin yapılması yeraltısularının miktar ve kalite açısından korunması için önemlidir.
2. Kimyasal analizlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunan parametrelerin takip edilmesi ve artan bir trend izleniyorsa nedenlerinin araştırılması gerekmektedir.
3. NO_2 , NO_3 ve NH_4 gibi azot türevlerinin yüksek olduğu su noktalarında bunun nedenlerinin araştırılması gerekmektedir.
4. Bayam, Haznedar, Şahindere ve Karabağ kuyularında alüminyum, demir, mangan ve arsenik, cıva, nikel, selenyum, kurşun gibi kirleticilerin sınır değerlerinin üzerinde olması, su kaynaklarının kirlenmesine ve insan sağlığına zararlı olabilecek su kalitesi problemlerine neden olabilir. Karabağ kuyusunda kurak dönemde herhangi bir ağır metal fazlalığı gözükmezken yağışlı dönemde demir mangan, arsenik, alüminyum fazla konsantrasyonlarda bulunmaktadır Bayam kuyusunda her iki dönemde de alüminyum, demir, mangan ve arsenik, Haznedar kuyusunda kurak dönemde alüminyum, ve demir, yağışlı dönemde ise mangan, Şahindere kuyusunda kurak ve yağışlı dönemde demir, Haznedar kaynak suyunda kurak dönemde demir ve çinko, Şahindere kaynak suyunda kurak dönemde arsenik, Karabağ kaynak suyunda kurak dönemde arsenik, Aras Nehri'nde de kurak dönemde arsenik değeri limitlerin üstündedir. Su kaynaklarının etrafındaki üretim tesisleri, tarım alanları ve evsel atık biriktirme alanları düzenli olarak denetlenmeli ve kontrol edilmelidir. Bu alanlardan kaynaklanan kirliliklerin su kaynaklarına sızmasını önlemek için gerekli önlemler alınmalı ve çalışmalar yapılmalıdır.
5. Ayrıca, su kaynaklarının korunması için bilinçli tarım ve sulama yöntemleri kullanılmalıdır. Tarım ilaçları ve gübrelerin su kaynaklarına sızmasını önlemek için uygun önlemler alınmalıdır. Evsel atıkların doğru şekilde yönetilmesi ve yönlendirilmesi gerekmektedir. Bu önlemler sayesinde bölgede su kaynaklarının kirlenmesi engellenebilir ve insan sağlığına zararlı olabilecek su kalitesi sorunları önlenmiş olur.
6. Sulama suyu olarak kullanılabilen su örnekleri sekiz farklı noktadan alınmıştır. Ancak, sulayacağı bitki ve ekine göre uygunluğu değişebilir. İçme-kullanma suyu için hayati

derecede tehlikeli bakteriler içerdüğinden önerilmemektedir. Su kaynaklarının kalitesi zamanla değişebilir ve su kaynaklarının düzenli olarak test edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması önemlidir.



7. KAYNAKLAR

- Akgiray, Ö. (2003). İçme Sularında Demir ve Manganez Problemi, Tesisat Dergisi.
- Aktimur, H.T., & Tekirli, M.E., & Yurdakul, M.E., & Tuncay, T., & Keçer, M., & Aktimur, S., & Ürgün, B.M., & Gürbüz, M., & Can, B., & Yaşar, T. (1991). Kars-Arpaçay ve Çıldır dolayının jeolojisi. MTA Derleme Yay. No. 9257, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi, Ankara.
- Alkan, U., & Taşdemir, Y., & Karaer, F. & Teksoy, A., (1998). Evsel atıksuların mikrobiyolojik kompozisyonu ve halk sağlığına etkileri, *I. Atıksu Sempozyumu, Bildiriler kitabı* s.22-28. Kayseri.
- Allen, R.G., & Pruitt, W.O., & Wright, J.L., & Howell, T.A., & Ventura, F., & Snyder, R., & Itenfisu, D., Steduto, P., & Berengena, J., & Beselga, J., & Smith, M., & Pereira, L.S., & Raes, D., Perrier, A., Alves, & I., Walter, I., & Elliot, T.R. (2006). A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith Method. *Agricultural Water Management*, 81(1-2),1-22.
- Alves, I., & Walter, I., & Elliot, T.R. (2006). A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference Eto by the FAO56 Penman-Monteith Method. *Agricultural Water Management*, 81(1-2), 1-22.
- Appelo C.A.J., & Postma D., (2005), *Geochemistry, Groundwater and Pollution* (second edition), A.A. Balkema Publishers, Leiden, the Netherlands, 598s.
- Arbas, A., & Gök, L., & Ateş, M., & Demir, M., & Kılınç, F., & Canpolat, M. & Aydın, A., (1991). Horasan (Erzurum) dolayının jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 9431, Ankara.
- Arınç, K. (2013). Türkiye'nin İç Bölgeleri. Erzurum: Eser Ofset Matbaacılık.
- Arnorsson S, & Andresdottir A (1995) Processes controlling the distribution of boron and chlorine in natural waters in Iceland. *Geochim Cosmochim Acta* 20(59),4125–4146.
- Asikainen, M., & Kahlos, H., (1980). International Radiation Doses from Radioactivity of Drinking Water in Finland. *Health Physics*, Vol. 39.
- Blumenthoi, S., et al. (1994). İnhibition of Na-f-Glucose Cotransport in Kidney Corticel Cells By Cadmium and Copper: Protection By Zinc. *Tox. and App. Pharm.* 129:177-187.
- Bopp D, & Sauders BD, & Waring AL, & Ackelsberg J, & Dumas N, & Howland EB ve ark. 2003, Detection, isolation and molecular subtyping of Escherichia coli O157:H7 and Campylobacter jejuni with a large waterborne outbreak. *Journal of Clinical Microbiology* 41(1),174-180.

- Boyd, C. E., & Gross, A. (1998). Use of probiotics for improving soil and water quality in aquaculture ponds. *Advances in shrimp biotechnology*, 101-105.
- Brown, K. (2002). *Arsenic, Drinking Water and Health (A Report Prepared for ACHS), USA*.
- Caspersen, I. H., & Thomsen, C., & Haug, L. S., & Knutsen, H. K., & Brantsæter, A. L., Papadopoulou, E., & Meltzer, H. M. (2019). Patterns and dietary determinants of essential and toxic elements in blood measured in mid-pregnancy: the Norwegian Environmental Biobank. *Science of The Total Environment*, 671, 299-308.
- Clark, J. C., & Thomas, D. M., & Choong, P. F., & Dass, C. R. (2007). RECK—a newly discovered inhibitor of metastasis with prognostic significance in multiple forms of cancer. *Cancer and Metastasis Reviews*, 26, 675-683.
- Çağlayan, A., & Kral, K., (1980). Ağrı-Taşlıçay ve Kars-Kağızman civarının jeolojisi: MTA Rep. 6785 (yayımlanmamış) Ankara.
- DSİ, (2023). 22.Bölge Müdürlüğü Kalite ve Kontrol Şube Müdürlüğü.
- DSİ, (2023). Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı.
- Doğan, L. (1981). *Hidrojeolojide Su Kimyası*, DSİ yayınları, Ankara, 178s.
- Dumiu. G. (1975). *Kirli Su El Kitabı*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Erguvanlı K., & Yüzer E. (1987). *Yeraltı Suları Jeolojisi*. İstanbul, Türkiye, İTÜ Yayınları.
- Eşder, T. (1968), Orta Araş depresyon bölgesinin 1/25000 ölçekli detay petrol etüdü raporu. MTA Rap- No: 4243. Yayımlanmamış.
- Freeze, R. A. ve Cherry, J. A., (1979). *Groundwater*, Prentice-Hall, USA, 78p.
- Gleick, P. H., (1996). Water resources. In *Encyclopedia of Climate and Weather*, vol. 2; s:817- 823.
- Goldschmidt, (1958). V.M Goldschmidt. *Geochemistry*. Oxford University Press (1958).
- Güler Ç., (1997). *Su Kalitesi*. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayınları Ankara.
- Güler, Ç., & Çobanoğlu Z, (1998). *Kimyasallar ve Çevre*. TC. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi. No:50.
- Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z., (1997). *Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, Ankara, No:43.
- Gültekin, F., & Dilek, R., & Ersoy, A. F., & Ersoy, H. (2005)., Aşağı Değirmendere Trabzon Havzasındaki Suların Kalitesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(1), 21-34.
- Gültekin, F., & Firat Ersoy, A., Hatipoglu, E., & Celep, S. (2013)., Quality assessment of surface and groundwater in Solaklı Basin (Trabzon, Turkey). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 72, 213-224.

- Güven, İ. (1993). 1/100000 Ölçekli Paftaların Jeolojisi Komisyonu, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Güven, R. (2015). Düşük Seviye Sıvı Sintilasyon Sayım (Lsc) Tekniği İle İçme Sularında Toplam Alfa Ve Beta Aktivitesinin Ölçülmesi İçin Standart Bir Yöntem Uygulanması, Ankara Üniversitesi.
- Hem, J.D. (1985). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper No. 2254, 3rd Edition.
- Horton, R.K. (1965), An Index Number System for Rating Water Quality. Journal of the Water Pollution Control Federation,
- Innocenti, F., & Mazzuoli, R., & Pasquare, G., & Radicati, F., & Villari, L. (1982). “Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey) Geochronological data and geodynamic evolution”. Journal Of Volcanogy and Geoth. Res.13.
- Johnston, A. E., & Goulding, K. W. T. (1992). Potassium concentrations in surface and ground waters and the loss of potassium in relation to land use. In the 23rd Colloquium of the International Potash Institute (pp. 135-158).
- Karsli T., & Kalra MK., & Self JL., & Rosenfeld JA., & Butler S., & Simoneaux S., (2009).What physicians think about the need for informed consent for communicating the risk of cancer from low- dose radiation. Pediatr Radiol 39, 917-25s.
- Kaya, A., (2002). İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri, Dicle Tıp Dergisi, c:29, s:3.
- Keskin, M. (1998). Erzurum-Kars platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının çarpışma kökenli volkano-stratigrafisi ve yeni K/Ar yaş bulguları ışığında evrimi, Kuzeydoğu Anadolu. MTA Dergisi, 120, 135-157, Ankara.
- Koçyiğit, A., (1985). Muratbağı-Balabantaş (Horasan) arasında Çobandede fay kuşağının jeo-tektonik özellikleri ve Horasan-Narman depremi yüzey kırıkları: C.Ü. Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Derg. C.2, S 1,17-33.
- Koday, S., & Karakuzulu, Z. & Sevindi, C. (2011). Kağızman (Kars) Kayatuzu Tuzlası / Kağızman (Kars) Rock-Salt Saltpan . Doğu Coğrafya Dergisi, 9 (12).
- Konak, N., & Hakyemez, H.Y., & Bilgiç, T., & Bilgin, Z.R., & Hepşen, N., & Ercan, T., (2001). Kuzeydoğu Pontidlerin (Oltu-Olur Şenkaya-Narman-Tortum-Uzundere-Yusufeli) Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu, no: 10489, Ankara.
- Kumar, S., & Pandey, G. (2016). “Water Quality Index for Water Bodies: A Review”, International Journal for Scientific Research & Development, Vol. 4, Issue 02, pp. 2321-0613.
- Lawson, S. (1995). Environmental degradation of zirconia ceramics. Journal of the European ceramic society, 15(6), 485-502.

- McNeely, R.N., & Neimanis, V.P. & Dwyer, L., (1979). Water Quality Sourcebook- A guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch Ottawa, Canada, 88 s.
- MTA, (2010). Kars İli Maden ve Enerji Kaynakları.
- Neville, C.M., & Lazerte, B.D., & Ralston, J.G., (1988). Scientific Criteria Document For Development Of Provincial Water Quality Guidelines: Aluminum, Water Resources Branch, Ontario Ministry Of The Environment, 62 Pp. Toronto, Ontario.
- Özbaş, T., & Durusoy, T., & Tanyolaç, A., & Yürüm, Y. (1993). The factors affecting the growth kinetics of *Sulfolobus solfataricus*, a sulfur removing bacterium. Fuel processing technology, 33(1), 61-75.
- Özpınar, Z. (2007). Göksu Deltasında su kalitesinin fotometrik yöntemlerle belirlenmesi Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, Mersin Üniversitesi.
- Parada, R. (1987). Industrial Pollution with Copper and Other Heavy Metals in a Beef Cattle Ranch. Vet. and Hum. Toxicol. 29: 309-324.
- Parsons, D. S., & Jefferson, B. (2006). Introduction to Potable Water Treatment Processes; Wiley Online Library.
- Piper, A. M., (1944). A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses, American Geophysical Union Transactions 25, 914-923.
- Rankama K and Sahama Th G (1964). Geochemistry (Chicago: The University of Chicago Press).
- Saygıdeğer, S. (1995). *Lycopersicon esculentum* L. Bitkisinin çimlenmesi ve gelişimi üzerine kurşunun etkileri. 2. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. Ankara. 588-597.
- Schoeller, H., (1962). Les Eaux Souterraines, Mason et cie, Paris, 642p.
- Swanson, L. W., & McNeely, D. R. (1979). Work functions of the (001) face of the hexaborides of Ba, La, Ce and Sm. *Surface Science*, 83(1), 11-28.
- Şahin, C., & Sipahioğlu, Ş. (2009). Doğal Afetler ve Türkiye. Genişletilmiş 4. Baskı, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara.
- Şahinci, A., (1986). Yeraltı Suları Jeokimyası, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, MM/JEO-86,99, İzmir.
- Şahinci, A., (1991). Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri. Reform Matbaası, Beyler- İzmir, 548 s.
- Şaroğlu, F., & Güner, Y., (1981). Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler: Jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler: Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma ilişkileri: TJK Bült., 24/2, 39-50.
- Şenalp, M. (1969). Tuzluca-1 kuyu bitirme raporu. MTA Rap. No: 4456. Yayımlanmamış.

- T.C. Resmî Gazete. (2004). Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik, No. 25657, 2. Bölüm, 6. Madde, 12 s.
- T.C. Resmî Gazete. (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, No. 25730, 1. Bölüm, 5. Madde, 12 s.
- Taner, A.C., Atom, Radyoaktivite, Radyoizotoplar ve Radyasyon Türleri, www.mercek.net, (2009).
- Taş, B. (2011). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2 (1), 43-61.
- Taşatar B., & Korkmaz M., (1995). “Toprak Erozyonu” Çevre Bakanlığı, Ankara, s.4.
- Teague holly, E., (1999). Evaluation of Heavy Metal Bioaccumulation in Selected Species of Amazon Fish, Thesis presented to The Faculty of The University of Houston Clear Lake, U. S. A., 19-27.
- Tolgahan, Ş., & Can, B., & Darendel N. B., & Ocak, S. (2018).Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. Sayfa: 91- 103. Başlangıç. Yayın Aralığı.
- Truesdell AH., (1975). Summary of section III geochemical techniques in exploration. In: Proceedings of the second United Nations symposium on the development and use of geothermal resources, pp 25–50, San Francisco.
- Truesdell AH., (1991). Effects of physical processes on geothermal fluids. In: D’ Amore, F. (coordinator), application of geochemistry in geothermal reservoir development. unistar/undp publication, Roma, pp 71–92.
- T.S.E. (2005). İnsanı Amaçlı Tüketim Suları Standartları, TS 266, Ankara.
- Tüfekçi, N., (1996), Temas Havalı Sistemler ile Fe (II) Giderimi, Doktora Tezi, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi.
- Türkecan, A., & Dönmez, M., & Özgür, T. B., & Mutlu, G., & Sevin, D., & Bulut, V., (1992).-a, Patnos Tutak-Halnur. (Ağrı) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi: MTA Rap, No: (yayınlanmamış).
- Türkmen, A., & Türkmen, M., & Tepe, Y., & Mazlum, Y., & Oymael, S. (2006). Metal concentrations in blue crab (*Callinectes sapidus*) and mullet (*Mugil cephalus*) in Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean, Turkey. Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology, 77(2).
- URL-1. (2023). www.cip.tuik.gov.tr/ Kars İli Nüfusu adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2023). www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/744 Akım Gözlem Yıllıkları adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2023). www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KARS Kars Hava Durumu İstatistikler adresinden alınmıştır.
- Varol, S. & Şekerci, M.,(2018). Korkuteli İlçe Merkezi (Antalya) Su Kaynaklarının Su Kalite İndeks (Wqı) Yöntemi İle Değerlendirmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6 (1) , 74-86 . DOI: 10.21923/jesd.404096.

- 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). *Environmental earth sciences*, 73, 1725-1744.
- W.H.O. (1984). *Guidelines for Drinking Water Quality, Health Criteria and Other Supporting Information*, W.H.O. Publ., Geneva, Switzerland, 2, 335.
- W.H.O. (2008). *Guidelines for Drinking Water Quality*, 3rd Edition.
- White, W.B., (1988). *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford University Press, Oxford, 464 p.
- Wilcox, L. V., (1955). *Classification and Use of Irrigation Waters*, U.S. Dept, Agric. Circ., 969, Washington D.C., 19p.
- Yadav, A.K., & Khan, P. & Sharma, S.K. (2010). Water Quality Index Assessment of Groundwater in Todaraisingh Tehsil of Rajasthan State, India-A Greener Approach. *J. Chem.*428–432.
- Yardımcı, M. (2001). İstanbul Su Arıtma Tesislerinde Demir Mangan Problemi Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, İTÜ.
- Yılmaz, Y., (1986), Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri: *MTA Dergi*. 107,73-93.
- Yıldız Ö, H. (2018). Kızılırmak deltası kıyı bölgesi yer altı sularında kalite ve kirlilik parametrelerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 19 Mayıs Üniversitesi.
- Yüzbaşıoğlu, N., (2007). *Radonlu Sular, Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı*, Editör: Prof. Dr. M. Zeki.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini İzmir’de tamamlayarak 2005 yılında Mehmet Seyfi Eraltay Lisesi’nden mezun oldu. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2021 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Enver AKINCI İngilizce bilmektedir.

