



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SASON (BATMAN) CİVARINDA BULUNAN
KAYNAK SULARININ HİDROJEOLOJİSİ VE SU
KALİTESİNİN TESPİTİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülşah KARAASLAN

Danışman
Salih DİNÇ

Ocak-2024
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Gülşah KARAASLAN tarafından hazırlanan “**SASON (BATMAN) CİVARINDA BULUNAN KAYNAK SULARININ HİDROJEOLJİSİ VE SU KALİTESİNİN TESPİTİ**” adlı tez çalışması 18/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr.Öğr.Üyesi Hacı Alim BARAN

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

.....

Üye

Prof. Dr. Macid Fikret SUNER

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

.....
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması Batman Üniversitesi BAP tarafından BTÜBAP-2023-YL-07 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Gülşah KARAASLAN

Tarih: 18/01/2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SASON (BATMAN) CİVARINDA BULUNAN KAYNAK SULARININ HİDROJEOLOJİSİ VE SU KALİTESİNİN TESPİTİ

Gülşah KARAASLAN

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

2024, 61 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Hacı Alim BARAN
Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ
Prof. Dr. Macid Fikret SUNER

Bu çalışmada, Batman ili Sason ilçe merkezinde halkın faydalandığı çeşitli doğal kaynak sularından, yağışlı ve kurak dönemlerde örnekler alınarak analizler yaptırılmış ve elde edilen veriler ışığında ilgili suların kalite tespiti yapılarak halk sağlığı açısından risklerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla seçilen 10 noktadan su örneği alımı gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklardan arazide yapılan in-situ ölçümlerinde pH değerlerinin kurak dönem için 7.18-8.32 arasında, yağışlı dönem için 7.23-8.37 arasında değiştiği belirlenmiştir. Suların sıcaklık (T) değeri kurak dönemde 11.3-19⁰C aralığında, yağışlı dönemde ise 10.7-19.2⁰C aralığında ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik değeri EC kurak dönemde 268-776 arasında, yağışlı dönemde ise 253-790 arasında değişim göstermektedir. S3 kaynağı dışında diğer tüm kaynaklar “iyi” sınıfında yer alırken, S3 kaynağı ise “kullanılabilir” sınıfında yer almaktadır.

Kaynak sularının kalitesinin belirlenmesi amacıyla alınan su örneklerinin analizlerinden Piper, Durov, Schoeller ve Wilcox diyagramları hazırlanmıştır. Buna göre su örnekleri; Ca+Mg>Na+K karbonatlı ve sülfatlı sular, HCO₃+CO₃>Cl+SO₄ (zayıf asit kökleri>güçlü asit kökleri) ve karbonat sertliği>karbonat olmayan sertliğe sahip su sınıfında yer almaktadır. Durov diyagramlarına göre ana katyonun Ca ve ana anyonun HCO₃ olduğu belirlenmiştir. Schoeller diyagramlarına göre suların genel olarak aynı kökenden beslendiğini görülmektedir. Wilcox diyagramlarına göre bu sular genel olarak düşük SAR değerine ve orta tuzluluğa sahip olup, C2-S1 bölgesine düşmektedir. Sadece S2 kaynağı yüksek tuzluluk oranıyla C3-S1 bölgesine düşmektedir.

Kaynak sularının içme suyu amaçlı kirliliğinin belirlenmesine yönelik yapılan analiz sonuçlarından yararlanılarak bazı elementlere ait dağılım haritaları hazırlanmış, ayrıca İ.T.A.S.H.Y., US EPA, EC ve WHO standartları ile karşılaştırılmıştır. İncelenen sular içme suyu kullanımı açısından bakıldığında, temel anyon katyon içerikleri bakımından sorun teşkil edecek değerler içermemektedir. Ancak, içerdikleri ağır metallerden değerleri sınır değerinin üzerinde çıkan As, Ni, Cr, Pb, Se ve Mn nedeniyle bu suların kullanımı halk sağlığı açısından risk taşımakta olup, kaynak sularının sürekli takip ve denetimde tutulması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojeokimya, İz element, Kaynak suyu, Sason, Su kalitesi.

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF HYDROGEOLOGY AND WATER QUALITY OF SPRING WATERS OF SASON (BATMAN) AND SURROUNDINGS

Gülşah KARAASLAN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOLOGICAL ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Salih DİNÇ

2024, 61 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Salih DİNÇ

Asst. Prof. Dr. Hacı Alim BARAN

Prof. Dr. Macid Fikret SUNER

In this study, samples were taken from various natural spring waters used by the public in Sason district center of Batman province and analyzed in rainy and dry periods and the aim was to determine the quality of the relevant waters in the light of the data obtained and to evaluate the risks to public health. For this purpose, water samples were taken from 10 selected points.

In the in situ measurements made in the field from the springs, it was determined that the pH values ranged between 7.18-8.32 for the dry period and 7.23-8.37 for the rainy period. Temperature (T) values of the waters were measured between 11.3-19°C in the dry period and between 10.7-19.2°C in the rainy period. Electrical conductivity (EC) value varies between 268-776 in the dry period and 253-790 in the rainy period. Except for source S3, all other sources are classified as "good", while source S3 is classified as "usable".

Piper, Durov, Schoeller and Wilcox diagrams were prepared from the analysis of water samples taken to determine the quality of spring waters. According to these diagrams, water samples were classified as Ca+Mg>Na+K carbonate and sulphate waters, HCO₃+CO₃>Cl+SO₄ (weak acid roots>strong acid roots) and carbonate hardness>non-carbonate hardness. According to Durov diagrams, the main cation is Ca and the main anion is HCO₃. According to Schoeller diagrams, the waters are generally fed from the same origin. According to Wilcox diagrams, these waters generally have low SAR values and medium salinity and fall in the C2-S1 zone. Only the S2 spring falls in the C3-S1 zone with high salinity.

Distribution maps of some elements were prepared by using the results of the analyzes carried out to determine the pollution of the spring waters for drinking water purposes, and also compared with the I.T.A.S.H.Y., US EPA, EC and WHO standards. When the examined waters are considered in terms of drinking water use, they do not contain values that would pose a problem in terms of basic anion cation contents. However, due to the heavy metals As, Ni, Cr, Pb, Se and Mn, which are above the limit values, the use of these waters carries a risk for public health and the spring waters should be kept under constant monitoring and supervision.

Keywords: Hydrogeochemistry, Sason, Springwater, Trace element, Water quality.

ÖNSÖZ

Tezin laboratuvar çalışmaları esnasında sağladıkları katkılardan dolayı Diyarbakır DSİ X. Bölge Müdürlüğü Laboratuvar birimi çalışanlarına, Ankara Üniversitesi YEBİM Laboratuvar çalışanlarına, ayrıca tezime maddi destek ile katkıda bulunan Batman Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkürü borç bilirim.

Bu tez çalışmasının hayata geçirilmesinde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve doğru yönlendirmeler yaparak varlığını hissettiren kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezin her bir aşamasında görüşleriyle beni destekleyen, takıldığım noktalarda desteğini sürekli hissettiren Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Hacı Alim BARAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Desteğiyle hem lisans eğitimim hem de yüksek lisans tez sürecimde ilerlememe ve tezimi geliştirmeme katkı sağlayan İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde görevli kıymetli hocam Prof. Dr. Macid Fikret SUNER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca desteğini aldığım kıymetli dostlarım Songül GÖZ ve Hikmet SUBAŞI'na teşekkür ederim.

Laboratuvar analizleri hususunda destek sağlayan Emrah ALTUN, DSİ XIII.Bölge Makina İmalat ve Donatım Şube Müdürü Hasan Hüseyin ÖZ, DSİ Laboratuvarları Strateji Müdürü Oğuzhan BAL'a ve Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü YEBİM Merkez Müdür Dr. Öğretim Üyesi Kıymet DENİZ'e teşekkürü borç bilirim.

Araştırma ve analiz aşamalarında bana destek sağlayan sevgili kardeşlerime, arazi çalışmaları ve tez yazımı süresince maddi-manevi desteklerini esirgemeyen, tüm zorluklara rağmen yanımda olan değerli eşim Mehmet KARAASLAN'a, desteklerini hissettiren tüm yakın ve dostlarıma, beni yetiştirip bugünlere gelmemi sağlayan kıymetli anne-babama ve sevgili çocuklarım Meryem, Renas, Rengin ve Gülce'ye teşekkürlerimi sunarım.

Gülşah KARAASLAN
BATMAN-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Kapsam	3
1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması.....	3
1.2.1. İnceleme alanının yeri.....	3
1.2.2. Morfoloji.....	5
1.2.3. İklim, bitki örtüsü ve yağış	5
1.3. Kaynak Araştırması.....	5
1.4. Materyal ve Yöntem.....	10
1.4.1. Hazırlık çalışmaları.....	10
1.4.2. Arazi çalışmaları	10
1.4.3. Laboratuvar çalışmaları	12
1.4.4. Büro çalışmaları.....	13
2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ	14
2.1. Mutki Grubu	15
2.2. Tütü Formasyonu (Mzt)	15
2.3. Kızılağaç Formasyonu (Tk).....	16
2.4. Sason Flişi (Ts).....	16
2.5. Lice Formasyonu (Tli).....	16
2.6. Alüvyon (Qal).....	16
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	17
3.1. Hidrojeokimya	17
3.1.1. Arazide yapılan hidrojeokimyasal analizler	17
3.1.1.1. Suyun pH'ı.....	18
3.1.1.2. Suyun sıcaklığı (T).....	19
3.1.1.3. Elektriksel iletkenlik (EC)	19
3.1.1.4. Toplam çözünmüş madde miktarı (TDS)	21
3.1.1.5. Redoks potansiyeli (Eh).....	22
3.1.1.6. Debi.....	22
3.1.2. Laboratuvar ortamında yapılan hidrojeokimyasal analizler	23
3.1.2.1. Temel katyon ve anyon analizleri.....	23
3.1.2.2. İz element analizleri.....	33

4. SULARIN KALİTESİ VE KİRLİLİĞİ.....	46
4.1. Piper Diyagramları	46
4.2. Durov Diyagramları.....	48
4.3. Scholler Diyagramları	49
4.4. Wilcox Diyagramları	51
5. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	53
5.1. Tartışma ve Sonuçlar	53
5.2. Öneriler.....	57
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	61



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru ve kaynak alım noktaları haritası.....	4
Şekil 1.2. İncelenen kaynak noktalarına ait fotoğraflar.....	11
Şekil 1.3. Spectro-Genesis marka ICP-OES cihazı.....	12
Şekil 1.4. (a) 882 Compact IC Plus (b) 940 Professional IC Vario Ankat İyon kromatografisi cihazı.....	13
Şekil 2.1. İnceleme alanının jeolojik haritası.....	14
Şekil 3.1. Kurak dönem EC değerleri yoğunluk haritası.....	20
Şekil 3.2. Yağışlı dönem EC değerleri yoğunluk haritası.....	20
Şekil 3.3. Kurak dönem Na değerleri yoğunluk haritası.....	24
Şekil 3.4. Yağışlı dönem Na değerleri yoğunluk haritası.....	24
Şekil 3.5. Kurak dönem K değerleri yoğunluk haritası.....	25
Şekil 3.6. Yağışlı dönem K değerleri yoğunluk haritası.....	25
Şekil 3.7. Kurak dönem Ca değerleri yoğunluk haritası.....	26
Şekil 3.8. Kurak dönem Ca değerleri yoğunluk haritası.....	27
Şekil 3.9. Kurak dönem Mg değerleri yoğunluk haritası.....	28
Şekil 3.10. Yağışlı dönem Mg değerleri yoğunluk haritası.....	28
Şekil 3.11. Kurak dönem Cl değerleri yoğunluk haritası.....	29
Şekil 3.12. Yağışlı dönem Cl değerleri yoğunluk haritası.....	29
Şekil 3.13. Kurak dönem sülfat değerleri yoğunluk haritası.....	30
Şekil 3.14. Yağışlı dönem sülfat değerleri yoğunluk haritası.....	30
Şekil 3.15. Kurak dönem nitrat değerleri yoğunluk haritası.....	31
Şekil 3.16. Yağışlı dönem nitrat değerleri yoğunluk haritası.....	31
Şekil 3.17. Kurak dönem HCO ₃ değerleri yoğunluk haritası.....	32
Şekil 3.18. Yağışlı dönem HCO ₃ değerleri yoğunluk haritası.....	33
Şekil 3.19. Kurak Dönemde iz elementlerin Cluster analiz diyagramı.....	36
Şekil 3.20. Yağışlı Dönemde iz elementlerin Cluster analiz diyagramı.....	37
Şekil 3.21. Kurak Dönem As Yoğunluk Haritası.....	38
Şekil 3.22. Kurak Dönem As Yoğunluk Haritası.....	39
Şekil 3.23. Kurak Dönem Pb Yoğunluk Haritası.....	40
Şekil 3.24. Yağışlı Dönem Pb Yoğunluk Haritası.....	40
Şekil 3.25. Kurak Dönem Se Yoğunluk Haritası.....	41
Şekil 3.26. Yağışlı Dönem Se Yoğunluk Haritası.....	41
Şekil 3.27. Kurak Dönem Cr Yoğunluk Haritası.....	42
Şekil 3.28. Yağışlı Dönem Cr Yoğunluk Haritası.....	42
Şekil 3.29. Kurak Dönem Mn Yoğunluk Haritası.....	43
Şekil 3.30. Yağışlı Dönem Mn Yoğunluk Haritası.....	43
Şekil 3.31. Kurak Dönem Ni Yoğunluk Haritası.....	44
Şekil 3.32. Yağışlı Dönem Ni Yoğunluk Haritası.....	45
Şekil 4.1. Piper Diyagramı su sınıflama bölgeleri.....	46
Şekil 4.2. Kurak dönem piper diyagramı.....	47
Şekil 4.3. Yağışlı dönem piper diyagramı.....	47
Şekil 4.4. Kurak dönem durow diyagramı.....	48
Şekil 4.5. Yağışlı dönem durow diyagramı.....	48
Şekil 4.6. Kurak dönem scholler diyagramı.....	50
Şekil 4.7. Yağışlı dönem scholler diyagramı.....	50
Şekil 4.8. Kurak dönem Wilcox diyagramı.....	51
Şekil 4.9. Yağışlı dönem Wilcox diyagramı.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Ulusal ve uluslararası bazı İçme suyu standartları parametreleri.....	2
Çizelge 1.2. Numune alım noktalarına ait lokasyon bilgileri.....	12
Çizelge 3.1. Kurak döneme ait in-situ ölçüm değerleri.....	17
Çizelge 3.2. Yağışlı döneme ait in-situ ölçüm değerleri.....	18
Çizelge 3.3. Kurak ve yağışlı dönemlere ait pH ölçümleri.....	18
Çizelge 3.4. Kurak ve yağışlı dönemlere ait sıcaklık (T) ölçümleri.....	19
Çizelge 3.5. Suların EC değerleri esas alınarak sınıflandırılması.....	20
Çizelge 3.6. Kurak ve yağışlı dönemlere ait EC ölçümleri.....	20
Çizelge 3.7. Kurak ve yağışlı dönem TDS değerleri.....	21
Çizelge 3.8. Kurak ve yağışlı dönemlere ait Eh ölçümleri.....	22
Çizelge 3.9. Kurak ve yağışlı dönemlere ait debi ölçümleri.....	22
Çizelge 3.10. Kurak dönem anyon-kasyon ölçüm değerleri.....	23
Çizelge 3.11. Yağışlı dönem anyon-kasyon ölçüm değerleri.....	23
Çizelge 3.12. Kurak dönem iz element ölçüm değerleri.....	34
Çizelge 3.13. Yağışlı dönem iz element ölçüm değerleri.....	35
Çizelge 3.14. Kurak dönemde iz elementlerin korelasyon matriksi.....	36
Çizelge 3.15. Yağışlı dönemde iz elementlerin korelasyon matriksi.....	37
Çizelge 4.1. Piper'a göre suların sınıflanması.....	46
Çizelge 4.2. Örneklerin kurak ve yağışlı dönem su tipleri.....	49
Çizelge 4.3. Wilcox diyagramı bölgeleri.....	51
Çizelge 5.1. Kurak dönem standart dışı ölçümler.....	55
Çizelge 5.2. Yağışlı dönem standart dışı ölçümler.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Ba	: Baryum
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
CO₃	: Karbonat
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
F	: Flor
Fe	: Demir
HCO₃	: Bikarbonat
Hg	: Cıva
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
NO₂	: Nitrit
NO₃	: Nitrat
Pb	: Kurşun
Se	: Selenyum
SO₄	: Sülfat
Zn	: Çinko

Kısaltmalar

DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel İletkenlik
EC	: Avrupa Birliği (standartlarda)
Eh	: Redoks Potansiyeli
İ.T.A.S.H.Y.	: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
MTA	: Maden Tetkik Arama
pH	: H + iyonu (–) logaritması
SAR	: Sodyum Adsorpsiyon Oranı
T	: Sıcaklık
TDS	: Toplam Çözünmüş Madde
US EPA	: Amerika Çevre Koruma Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
YAS	: Yeraltı Suyu
YEBİM	: Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (Ankara Üniversitesi)

1. GİRİŞ

Su, tüm canlılar açısından yaşamsal değere sahiptir. Yüzyıllarca insanlar, su havzalarının yakınına yerleşmişlerdir. Dünya’ımızda bulunan suyun toplamı değişmemektedir. Yani, Dünya’ya dışarıdan yeni su girmediği gibi, Dünya’dan dışarıya da su gitmemektedir. Yeryüzündeki bu sular katı (buzul-kar), sıvı ve gaz (su buharı) formlarında bulunmaktadır. Bilindiği üzere, Dünya yüzeyinin yaklaşık %71’i sularla kaplıdır. Bu suların %2,8’ini tatlı sular oluşturur ve bu tatlı suların yalnızca %0,3’ü kullanılabilir ve içilebilir özelliktedir. Bu içilebilir ve kullanılabilir suların ise %68,7’si buzullar ve %30,1’i ise yeraltına sızmış durumdaki sulardır. Bundan ötürü, insanlar suya olan gereksinimlerini yüzeyel sulardan ve yeraltı su kaynaklarından sağlamaktadırlar. Özellikle son dönemlerde yüzeysel suların yanlış kullanımı ve kirlenmesi gibi sebeplerle yeraltı sularına olan ilgi artmış ve yeraltı sularıyla ilgili parametreler daha çok çalışılmaya başlanmıştır.

Suların içme, kullanma ve sulama suyu olarak kullanılmasını belirleyici faktör suların kalitesidir. Doğal suların ilgili amaçlarla kullanılabilmesi için içeriğindeki maddelerin belirli sınır değerlerde olması gerekmektedir. İstenen bu sınır değerler hem ulusal hem de uluslararası çeşitli su standartları ile belirlenmiştir. Bu sebeple, kullanım alanlarına bağlı olarak sulardan elde edilen ölçüm ve analiz sonuçlarının ilgili standartlarla karşılaştırılması ve oluşabilecek olumsuz durumların öngörülebilmesini sağlayacaktır.

Uluslararası standartlardan içme suyu sınıflandırmasında en sık kullanılanlar; Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), Amerika Çevre Koruma Ajansı (U. S. EPA, 2009) ve Avrupa Birliği (EC, 2007) standartlarıdır. Ülkemizde ise daha önce yürürlükte olan TS 266 Standartı yürürlükten kaldırılmıştır. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” (İ.T.A.S.H.Y., 2016) ise yürürlükte olan standartlarımızdandır.

Aşağıda, ülkemizde ve dünya genelinde sıklıkla kullanılan, içme suyu olarak kullanımla ilgili parametrelere ve standart limitlerine ait tablo verilmiştir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Ulusal ve uluslararası bazı içme suyu standartları parametreleri

STANDARTLAR	İ.T.A.S.H.Y. (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik)	WHO (Dünya Sağlık Teşkilatı)	EC (Avrupa Birliği)	U.S. EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı)
Kimyasal mg/L				
pH	6,5-9,5	6,5-8,5	6,5-9,5	6,5-8,5
TDS	-	1000	-	500
İletkenlik (EC) 20' (uS/cm)	2500	2500	2500	-
Nitrat (NO ₃)	50	50	50	45
Nitrit (NO ₂)	0,5	0,5	0,5	-
Bor (B)	1	2	2	-
Nikel (Ni)	0,02	0,02	0,02	-
Arsenik (As)	0,01	0,01	0,01	0,01
Kadmiyum (Cd)	0,005	0,003	0,005	
Civa (Hg)	0,001	0,001	0,001	0,002
Krom Toplam (Cr)	0,05	0,05	0,05	0,1
Baryum (Ba)	-	0,7	-	2
Florür (F)	1,5	1,5	1,5	2
Kurşun (Pb)	0,01	0,01	0,01	0,015
Siyanür (CN)	0,05	0,07	0,05	0,2
Bromat (Br)	0,010	0,025	0,010	
Benzen (C ₆ H ₆)	0,001	0,01	0,001	
Selenyum (Se)	0,01	0,01	0,01	0,05
Antimon (Sb)	0,005	0,02	0,005	0,006
Bakır (Cu)	2	2	2	2
Fosfor (P)	-	-	0,4-5,0	-
Demir (Fe)	0,2	0,3	0,2	0,3
Çinko (Zn)	-	3	-	5
Mangan (Mn)	0,05	0,1	0,05	0,05
Magnezyum (Mg)	-	-	50	-
Alüminyum (Al)	0,2	0,2	0,2	0,2
Amonyum (NH ₄)	0,5	1,5	0,5	-
Sodyum (Na)	200	200	200	-
Potasyum (K)	-	-	-	-
Serbest Klor (Cl ₂)	-	5	0,5	4
Klorür (Cl)	250	250	250	250
Kalsiyum (Ca)	-	300	100	-
Sülfat (SO ₄)	250	250	250	250
Sertlik (CaCO ₃)	-	500	-	-

1.1. Amaç ve Kapsam

Türkiye'nin su kaynakları açısından zengin bir ülke olduğu söylenemez. Gereken önlemlerin alınmaması halinde, ilerleyen yıllarda ciddi bir su sıkıntısıyla karşılaşılması riski yadsınamaz bir gerçektir. Ülkemizdeki nüfusun hızla artış göstermesi, su tüketimindeki alışkanlıkların değişimi, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler ve halihazırdaki su kaynaklarının mevcut durumları düşünüldüğünde, suya erişim sıkıntısının her geçen gün artması ihtimali yüksektir. Suya olan gereksinim tüm dünyada arttığı gibi ülkemizde de artış göstermektedir. Bu gereksinimin karşılanabileceği en önemli kaynaklar doğal su kaynaklarıdır.

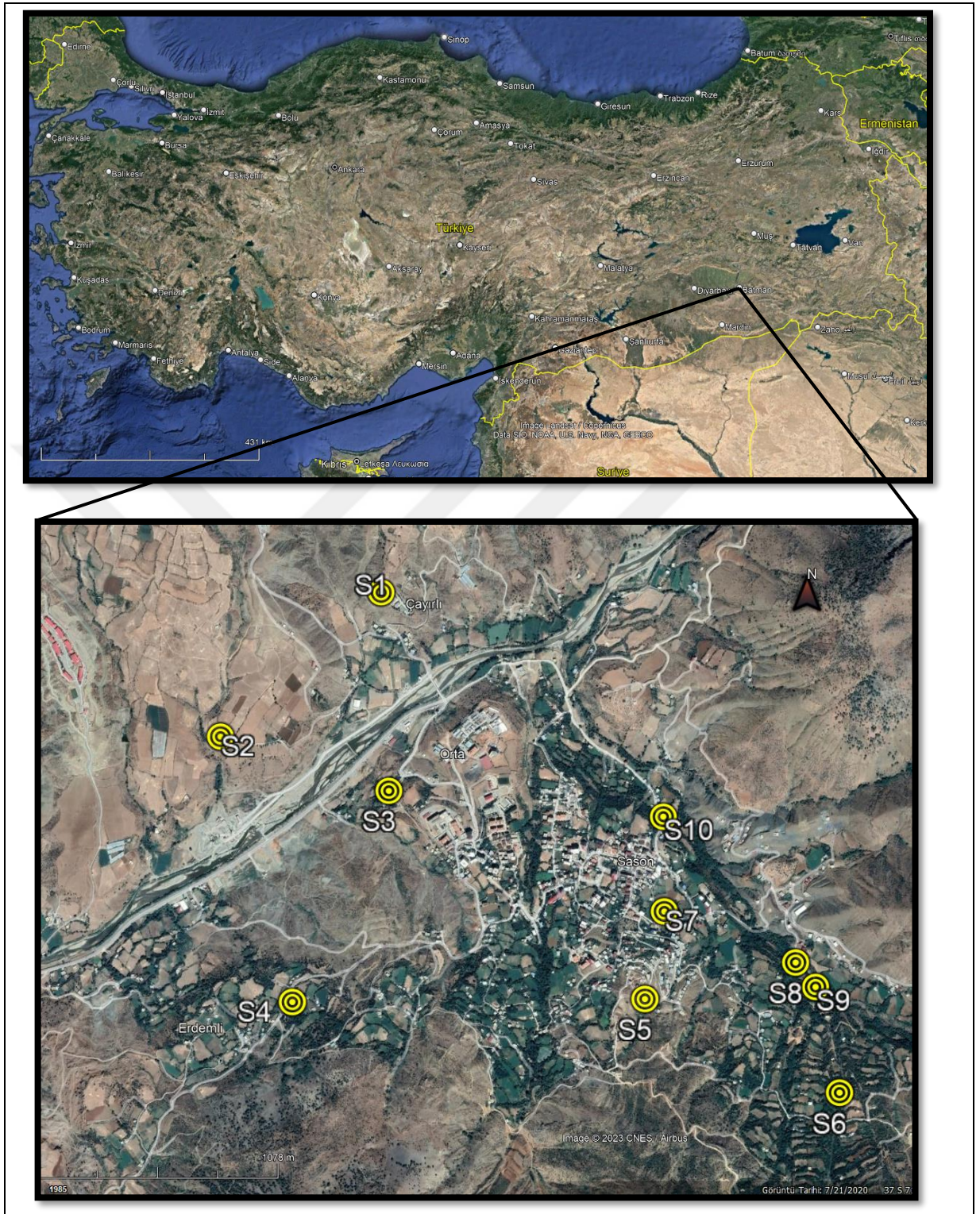
Doğal su kaynaklarının içerisinde yer alan maddelerin belirli sınırlar kapsamında bulunması beklenir ve bu madde içeriğine bakılıp suyun içme suyu, kullanma suyu veya sulama suyu olarak kullanılabilirliği belirlenir. Birçok ülkede suların kullanım alanlarının tespiti adına kabul edilebilir limit değerler standartlara bağlanmıştır. Yaygın olarak kullanılan standart sınıflamaları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), Avrupa Birliği (EC, 2007) ve Amerika Çevre Koruma Ajansı (U. S. EPA, 2009) standartlarıdır. Ülkemizde ise “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” (2016) kullanılmaktadır. Ayrıca Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan, kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre suların kalite kriterleri belirlenmiştir. Su analizlerinden elde edilen sonuçların ilgili standartlarla karşılaştırılması ve değerlerin sınırın üzerinde olması halinde karşılaşılabilecek olumsuz etkilerin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışma, Batman iline bağlı Sason ilçesi ve yakın çevresinde bulunan doğal suların hidrojeolojisinin ve hidrokimyasal niteliklerinin incelenmesi ve bu parametrelerden elde edilen veriler ışığında ilgili suların kalitelerinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması

1.2.1. İnceleme alanının yeri

İnceleme alanı Batman ilinin kuzeyinde yer alan Sason ilçesinin merkezini ve yakın civarını kapsamaktadır. Çalışma alanı 1/25000 ölçekli Muş L46 b3 paftasında kalmaktadır. Çalışma alanındaki 10 farklı doğal su kaynağı noktası incelenmiştir. Bu doğal su kaynak alım noktalarını gösterir harita aşağıda yer almaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru ve kaynak alım noktaları haritası

1.2.2. Morfoloji

Sason, Muş ilinin güney uzantısında bulunan Aydınlık dağlarının eteklerinde yer almaktadır. Bölgede en yüksek zirve 2973 m yüksekliğindeki, yerel adıyla Mereto Dağı olarak bilinen Aydın Tepe'dir. Ayrıca bölgede Meydan Dağı (2078 m), Kuşaklı Dağı (1947 m), Taştepe Dağı (1473 m) ve Domuz Tepesi (1034 m) gibi yükseltiler bulunmaktadır. Bu yükseltilerin aralarında bulunan ve güneye doğru artış gösteren geniş ovalar ve dere yatakları ortalama 600 m yüksekliğindedir. Sason ve Kayser çayları bölgenin en önemli ve en büyük iki akarsuyudur. Sason çayına Karameşe, Çalızank, Beksi, Menzel gibi dereler eklenmektedir.

1.2.3. İklim, bitki örtüsü ve yağış

Sason ve çevresi karasal iklimin genel etkilerinden uzak bir iklime sahiptir. Kar yağışları genelde ocak ve şubat aylarında, yağmurlar ise ilkbahar ve sonbahar aylarında gözlenmektedir.

Bölgede yoğun olarak meşe ağaçları bulunmaktadır. Bunun yanı sıra menengiç, çınar, ceviz, kavak ve benzeri türlerdeki ağaçlar ormanlık alanlar oluşturmaktadır. Bu ormanlık alanların dışında kalan tarıma uygun sahalarda çilek, tütün, üzüm ve fıstık yetiştirilmektedir. Son yıllarda özellikle çilekte çok yüksek verim alınmakta ve ilçe ekonomisine katkı sağlanmaktadır.

1.3. Kaynak Araştırması

Çalışılan alanla ilgili kapsamlı jeolojik çalışmaların sınırlı sayıda olduğu gözlemlenmiştir. MTA tarafından hazırlanmış olan, fakat yüzeysel raporlar da bulunmaktadır. Dolayısıyla çalışılan alanla ilgili hidrojeolojik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bölgeyle ilgili genel jeoloji içerikli çalışmalar ile çalışma konusuyla ilgili güncel yayınlar derlenerek, aşağıda kısaca bu yayınlara değinilmiştir.

Özkaya (1974), yapmış olduğu çalışmada Sason ve Baykan civarının stratigrafisini inceleyerek bölgedeki otokton ve allohton birimlerin birbirleriyle olan yapısal ilişkilerini incelemiştir.

Göncüoğlu ve Turhan (1983), M.T.A. için hazırladıkları projede; Bitlis Metamorfik Kuşağının orta kesiminin genel jeolojisini inceleyerek 1/25.000 ölçekli 32

adet haritalama yapmışlardır. Haritalanan alanlar Bitlis, Diyarbakır ve Muş illerinin sınırları içerisinde bulunan ve ortalama 4800 km²'lik bir alanı içerisine almaktadır. Bu alanlarda 1/25.000 ölçekli; K48, K47, K46, L48, L47 ve L46 paftalarının jeolojik haritasını yapmışlardır.

Erguvanlı ve Yüzer'in (1987), Yeraltı suyu (YAS) kökeni, bulunuşu, dağılımı, hareketleri, YAS seviye değişimleri, akiferler ve çeşitleri, YAS'dan yararlanma, hidrojeolojik etütler ve kuyu hidroliği başlıklarını içeren çalışmaları bulunmaktadır.

Gülsever (2006), Dicle Havzası'nda yaptığı çalışmasında meteoroloji istasyonlarından aldığı datalarla kuraklık problemini meydana çıkarmaya, sıcaklıktaki ve yağıştaki değişimlerle beraber risk durumlarını belirlemeye çalışmıştır. Çalışma alanında yaptığı değerlendirmelerde kullandığı yöntemlerden biri olan Fournier yağış indisinden elde ettiği datalarla en fazla yağış alan yerin Sason'da ve en düşük yağış alan yerin de Diyarbakır'da olduğu sonucuna varmıştır.

Demir (2008), yapmış olduğu doktora tezi kapsamında Isparta ili ve yakın civarındaki alanda jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalarla birlikte yerüstü ve yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal niteliklerini incelemiştir. Çalışma alanında, 73 farklı noktadan aldığı su numunelerinin anyon-kasyon, izotop ve iz element analizleri ile mikrobiyolojik analizlerini yaptırmış ve kaynak başında pH, EC, TDS, Eh ve T ölçümlerini yapmıştır. Elde ettiği verileri SOLMINEQ.88 PC/SHELL ve AquaChem v.3.7 gibi çeşitli bilgisayar uygulamaları yardımıyla değerlendirmiştir. Suların içme suyu için standartlara uygun olduğunu ve sulama suyu olarak I. ve II. kalitede sular olduğunu belirtmiştir.

Celep (2009), Trabzon İli'nde yer alan yeraltı ve yerüstü sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini incelemiş ve su kalitesinin tespitini yapmaya çalışmıştır. Bu kapsamda çalışma alanında 15 akarsu havzası, 27 yeraltı suyu ve 234 yüzey suyu olmak üzere toplam 276 noktadan örneklem yaparak bu suların fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri ve kirlilik parametrelerini belirleyerek analiz sonuçlarına göre suları sınıflandırmış ve kalitelerini tespit etmiştir.

Özulukule (2010), "Fırat Üniversitesi (Elâzığ) Kampüs Alanındaki Yeraltı Suyu Kimyası ve Kalitesi" adlı tez çalışmasında yeraltı sularının kirlilik durumlarını tespit etmiş, standartlara göre içme ve kullanma suyu olarak kullanılıp kullanılamayacağını belirlemiştir.

Pınarkara ve diğ. (2013), Batman ilinde halkın faydalandığı 25 adet su kuyusundan örnekler alarak YAS kalitesinin ve halk sağlığı yönünden risk teşkil

edebilecek alanların belirlenebilmesi amacıyla bölgedeki ilk çalışmayı yapmışlardır. Aldıkları örneklerde, yakınlarda yer alan petrol rafinerisi ve petrolün depolanması gibi nedenlerden ötürü Se, Hg, Sb ve fenol konsantrasyonlarının yüksek olduğunu ve inceleme alanında bulunan yeraltı sularının sınırlara yaklaşan veya sınırları aşan konsantrasyonlarda elementler içerdiği sonucuna varmışlardır.

Arpacık (2014), Şerefoğlu Köyü'nde bulunan Hopur (Kahramanmaraş) mineralli su kaynağı ile ilgili yaptığı çalışmada hidrojeokimyasal açıdan ve izotop jeokimyası açısından değerlendirmiş ve kaynağın su kalitesini belirlemeye çalışmıştır. İncelemeler neticesinde derin dolaşımli meteorik su grubunda olduğu tespit edilen mineralli su kaynağının genel olarak standartlara uygun olmadığı saptamış, bu açıdan evsel kullanım için uygun olmadığını ancak sulama suyu olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Pınarkara (2014), “Batman Merkezi Yeraltı suyunun Hidrokimyasal İncelemesi” adlı yüksek lisans tezinde, Batman’da halkın faydalandığı yeraltı sularının kalitesinin belirlenmesi ve halk sağlığı yönünden risk teşkil edebilecek alanların ortaya konulması amacıyla 30 farklı noktadan örnekler almıştır. Yaptığı analizler ve incelemeler neticesinde incelenen numunelerin tamamına yakınında fenol konsantrasyonunun sınırı aştığı, bazı numunelerde ise içme suyu standartlarının sınır değeri üzerinde Ba, Al, Br, Ca, Mn ve NO₃ içerdiğini tespit etmiştir. Sonuç olarak incelenen örneklerin kullanma suyu ve sulama suyu amaçlı olarak kullanılmasında bir probleme rastlanmamıştır. Ancak örneklerdeki bazı element konsantrasyonlarının yüksek olması ve fenol varlığı nedeniyle halk sağlığı açısından risk taşıdığını, yeraltı sularının sürekli takibinin ve denetiminin yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Yiğit (2016), Gezin beldesi ve yakın çevresindeki yaptığı çalışmada kuyu, kaynak ve çeşme gibi 10 farklı noktadan örneklem olarak ve bu suların fizikokimyasal niteliklerini inceleyerek, kökenleri ve kaynakların birbirleriyle olan bağlantılarını, içmeye, kullanmaya ve sulamaya uygunluklarını belirlemiş ve sulardaki kirlilikleri değerlendirmiştir. Genel olarak örneklerin içme ve kullanıma uygun olduğunu tespit etmiştir.

Yavuz (2017), yaptığı çalışmada Batman il sınırları içinde bulunan yerleşim alanlarındaki ve ovalardaki YAS potansiyelinin ve su kalitelerinin belirlenebilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS), Mesafe ile Ters Ağırlıklı (IDW) ve DRASTIC yöntemlerini kullanarak tematik ve model haritalar oluşturmuştur.

Değirmenci (2017) yüksek lisans tezi kapsamında yapmış olduğu çalışmada Batman ili, Sason ilçesi ve çevresinin jeolojik özelliklerinin uydu görüntüleri üzerinden

uzaktan algılama yöntemleriyle potansiyel maden sahalarını belirlemeye çalışmış, inceleme alanındaki Güvercinlik sahasının demir madeni açısından potansiyel olabileceğini belirtmiştir.

Ercan (2018), Tombak (Göksun-Kahramanmaraş) bölgesinde yer alan 3 adet soğuk su kaynağından kurak ve yağışlı dönemlerde yerinde ölçümler ve laboratuvar analizleri yaparak, ilgili analizler sonucu elde ettiği veriler ışığında bu soğuk suların içme ve tarımda sulama suyu olarak kullanımının uygun olduğunu belirlemiştir. Ancak içeriğindeki iyot düşüklüğü nedeniyle halk sağlığı açısından zararlı olduğunu tespit etmiştir.

Aydın (2019), yaptığı çalışmada, Batman ilindeki su ve toprak kaynaklarını ele alarak mevcut kaynaklar ve bu kaynakların potansiyelleri ve işletimlerinde karşılaşılan problemleri analiz etmeye ve bu analizlerle ilgili çözüm önerileri vermeye çalışmıştır. Araştırmacı, su kaynaklarının kıtlığı ve kaynaklara ulaşımın zorluğu nedeniyle, özellikle tarım alanında çalışanlar başta olmak üzere, kişilere su kullanımında tasarrufun ve verimli su kullanımının önemi hakkında eğitim verilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Ertan (2019), yüksek lisans tezi kapsamında yapmış olduğu çalışmada, Niğde Bölgesi'nde kurak ve yağışlı dönemlerde 37 kuyu ve kaynak suyu numunesi alarak hidrojeokimyasal ve duraylı izotop analizleri yapmış ve elde edilen veriler ışığında suların içilebilirliği, zamansal değişimi ve kökenleriyle su kayaç ilişkilerini ortaya koymuştur. Buna göre, ilgili suların genel olarak birçok değerinin içme ve kullanma suyu standartlarına uygun olduğunu, ancak dönemsel olarak düşük pH'a sahip 5 kaynak bulunduğunu tespit etmiştir. Ayrıca kuyu suyu örneklerinden Mayıs dönemine ait 18 örnekte Arsenik değerlerinin yüksek olduğunu ve aralık döneminde bu sayının 12 adede düştüğünü tespit etmiştir. Bu suların sulama veya içme suyu olarak kullanımlarının insan sağlığına olumsuz etkileri olabileceğini belirtmiştir.

Kurt (2019), yüksek lisans tezi çalışmada, Van Ovası'nda yer alan yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için 8 yüzey ve 42 yeraltı suyu olmak üzere toplam 50 noktadan yerinde ölçümler yapmış ve laboratuvar analizlerinin (iz element analizi, anyon-katyon analizi ve çevresel izotop analizi) yapılması amacıyla ilgili noktalardan numune almıştır. Elde ettiği sonuçlara göre iz element açısından genel olarak standartlara uygunluk gözlenmesine karşın 31 noktada arsenik içeriği ve 9 noktada vanadyum içeriği sınır değerlerden yüksek çıkmıştır. Van Ovası'nın daha çok orta ve kuzey kesimleri arasında bulunan hem yüzeyel su hem de

yeraltı suyu inceleme noktalarında jeojenik kökenli ağır metal kirliliği açısından yüksek konsantrasyonlar tespit etmiştir.

Davraz ve Eraslan (2019), Karacabey (Bursa) ilçesi ve çevresinde yapmış oldukları çalışmada ilgili alanda bulunan yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri inceleyerek sağlık risk değerlendirmesi yapmışlardır. Buna göre 10 farklı kaynaktan alınan ölçümler neticesinde kaynakların özellikle arsenik açısından uzun süreli kullanımda tehlikeli olduğunu, yetişkinler ve çocuklar açısından kanser tehlikesi oluşturabileceğini belirtmişlerdir. Deri yoluyla maruziyette ise yetişkinler için bazı örneklerde risk tespit etmişlerdir.

Davraz ve diğ. (2019), çalışmalarında, Afyonkarahisar'a bağlı Şuhut ilçesi batısında bulunan su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerini incelemiştir. Bu kaynaklardan eylül ve nisan dönemlerinde 10 farklı noktadan alınan numunelerle yerinde ve laboratuvar ortamında analizler yapmış, elde edilen verilerle kaynak sularının kullanılabilirliği ve kökenleri hakkında tespitler yapmışlardır. Bu sonuçlara göre ilgili noktalardan alınan numunelerden Türk İçme Suyu Standartlarına ve Dünya Sağlık Örgütü standartlarına göre Kumalar kaynağı dışında içmeye elverişli kaynak bulunmadığını ve kaynakların sulama suyu olarak kullanımının genel olarak uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Şener ve Şener (2021), çalışmalarında Yozgat iline bağlı Şefaatli ilçesinin doğusunda yüzey ve yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini incelemek amacıyla 10 farklı kaynak noktasından örnek alarak analizler yapmış ve elde edilen sonuçlara göre; TSE-266 (2005) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2008) içme suyu standartlarına göre, B2 yüzey suyu kaynağının Fe, As, Mn ve Al açısından; A1 yeraltı suyu kaynağının NO₃, As ve Na açısından içme suyu standart sınır değerlerinin üzerinde olduğunu saptamışlardır. Ayrıca A5, A4, A3, B4 ve B3 kaynaklarının As içerikleri ile A6, A5 ve A3 nolu kaynakların NO₃ değerlerinin standart sınır değerinin üstünde olduğunu tespit etmişler ve bu nedenle içme suyu olarak kullanıma uygun olmadığını belirtmişlerdir.

1.4. Materyal ve Yöntem

1.4.1. Hazırlık çalışmaları

Bu çalışmaya literatür taraması ile başlanmış, sonrasında inceleme alanı ve çevresiyle ilgili yapılmış olan çalışmalar incelenerek ön bilgi edinilmiştir. Daha önceden yapılan benzer çalışmalarda izlenen aşamalar ve yöntemler incelenmiş, tezle ilgili bir yol haritası çıkarılmıştır. İnceleme alanında daha önce yapılmış bir çalışma bulunmadığından ilçe merkezi ve yakın civarında bulunan ve rastgele seçilmiş 10 farklı doğal su kaynağından su örnekleri alınarak analize gönderilmiş, ayrıca su kaynaklarının başında çeşitli ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Hazırlık aşamasında arazide gerekli olabilecek malzemeler temin edilmiş ve ayrıca analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde yardımcı olabilecek bilgisayar programları araştırılarak kısa bir ön çalışma yapılmıştır.

1.4.2. Arazi çalışmaları

Çalışma alanı için kurak dönem olan 2022 yılı Kasım ayının ilk haftasında arazi çalışmalarına başlanmış ve yağışlı dönem olan 2023 yılı Mayıs ayında arazi çalışmaları tamamlanmıştır. İlgili iki dönemde de rastgele belirlenmiş olan 10 farklı doğal kaynak suyunun yerinde (in-situ) ölçümleri yapılmıştır (Şekil 1.2).

İn-situ ölçümlerde suyun pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık (T), redoks potansiyeli (Eh) ve debi değerleri ölçülmüş, ayrıca kaynak yerinin rakımı ve koordinatları belirlenmiştir (Çizelge 1.2).

Elektriksel iletkenlik (EC), Sıcaklık (T), pH ve redoks potansiyeli (Eh) değerlerinin ölçümü *WTW pH/Cond 340i model* portatif ölçüm cihazıyla yapılmıştır. Rakım ve koordinatlar için ise *Magellan* marka GPS cihazından yararlanılmıştır. Debi ölçümü için dereceli kaplar kullanılmıştır.

Laboratuvar ölçümleri için gerekli numuneler 500 ml Kapasiteli standart su şişeleri kullanılarak alınmıştır. Standart anyon ve katyon analizleri için şişeler, numune alınan kaynak suyuyla yıkanarak arındırılmış ve hava kalmayacak şekilde şişelenmiştir. İz element analizleri için ise alınan su örneklerinin pH değeri, nitrik asitle asitlenerek 2'nin altına düşürülüp, içerisinde hava kalmayacak şekilde şişelenmiştir. Numuneler alındığı lokasyona göre S1 ile S10 arasında numaralandırılmıştır (Çizelge 1.2).



Şekil 1.2. İncelenen kaynak noktalarına ait fotoğraflar

Çizelge 1.2. Numune alım noktalarına ait lokasyon bilgileri

Numune Adı	X	Y	Rakım	Mahalle
S1	710326	4246843	812	Karşıyaka Mahallesi
S2	709617	4246157	796	Dumlupınar mahallesi
S3	710397	4245929	821	Aşağı Mahalle
S4	709999	4244965	935	Erdemli Mahallesi
S5	711589	4245020	986	Yaylatepe Mahallesi
S6	712473	4244627	1020	Yenimahalle
S7	711667	4245415	905	Yeşilova mahallesi
S8	712266	4245201	895	Sevek mahallesi
S9	712358	4245094	941	Sevek mahallesi
S10	711652	4245844	880	Tekinler mahallesi

1.4.3. Laboratuvar çalışmaları

Kurak ve yağışlı dönemde, belirtilen şekilde şişelenerek muhafaza edilen ve numaralandırılan su örnekleri standart anyon ve katyon analizleri için Devlet Su İşleri (DSİ) Diyarbakır Bölge laboratuvarına, iz element analizi için ise Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) laboratuvarına gönderilmiştir.

YEBİM'e gönderilen su numunelerinin iz element analizi İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES) cihazı Spectro marka Genesis modeli ile yapılmıştır (Şekil 1.3). Spectro genesis çözelti içerisinde bulunan elementlerin 175-777 nanometre spektrum aralığındaki tüm elementlerin simultene şekilde analizini yapabilmektedir. Analizi yapılan numunelerin özel bir şekilde oluşturulmuş olan yöntemlere göre kalibrasyonu yapılmış ve numuneler analiz edilmiştir. Ölçümlerde kullanılan metotta çoklu element standartları kullanılmıştır.



Şekil 1.3. Spectro-Genesis marka ICP-OES cihazı

DSİ'ye anyon ve katyon analizleri için gönderilen su numuneleri 882 Compact IC Plus ve 940 Professional IC Vario Ankat Vario İyon kromatografisi cihazları kullanılmıştır (Şekil 1.4 a-b). Anyon analizleri için alınan numuneler 0,45 µm olan membrandan süzülür. Anyonlarda partikül madde üzerinde adsorpsiyonu veya bakteriyel gelişim sebebiyle anyonların dönüşümünü önlemek amacıyla yapılan süzme işlemi sonrası, numunelerin EC değerleri tespit edilir. Yüksek değerli çıkan örnekler ultra saf su ile cihazda çizdirilen kalibrasyon doğrusunun aralığında kalacak biçimde seyreltilerek vortex cihazında iyice karıştırılır. En kısa zamanda analizleri yapılır. Katyon analizleri için alınan numuneler 0,45 µm olan membrandan süzülür. Bakteriyel gelişim ile katyonların dönüşümünü ve çökmeyi önlemek amacıyla nitrik asit çözeltisi kullanılarak numunenin pH değerinin yaklaşık 3 olması sağlanır ve numune bu şekilde analize hazır hale gelir. En kısa sürede analizleri yapılır.



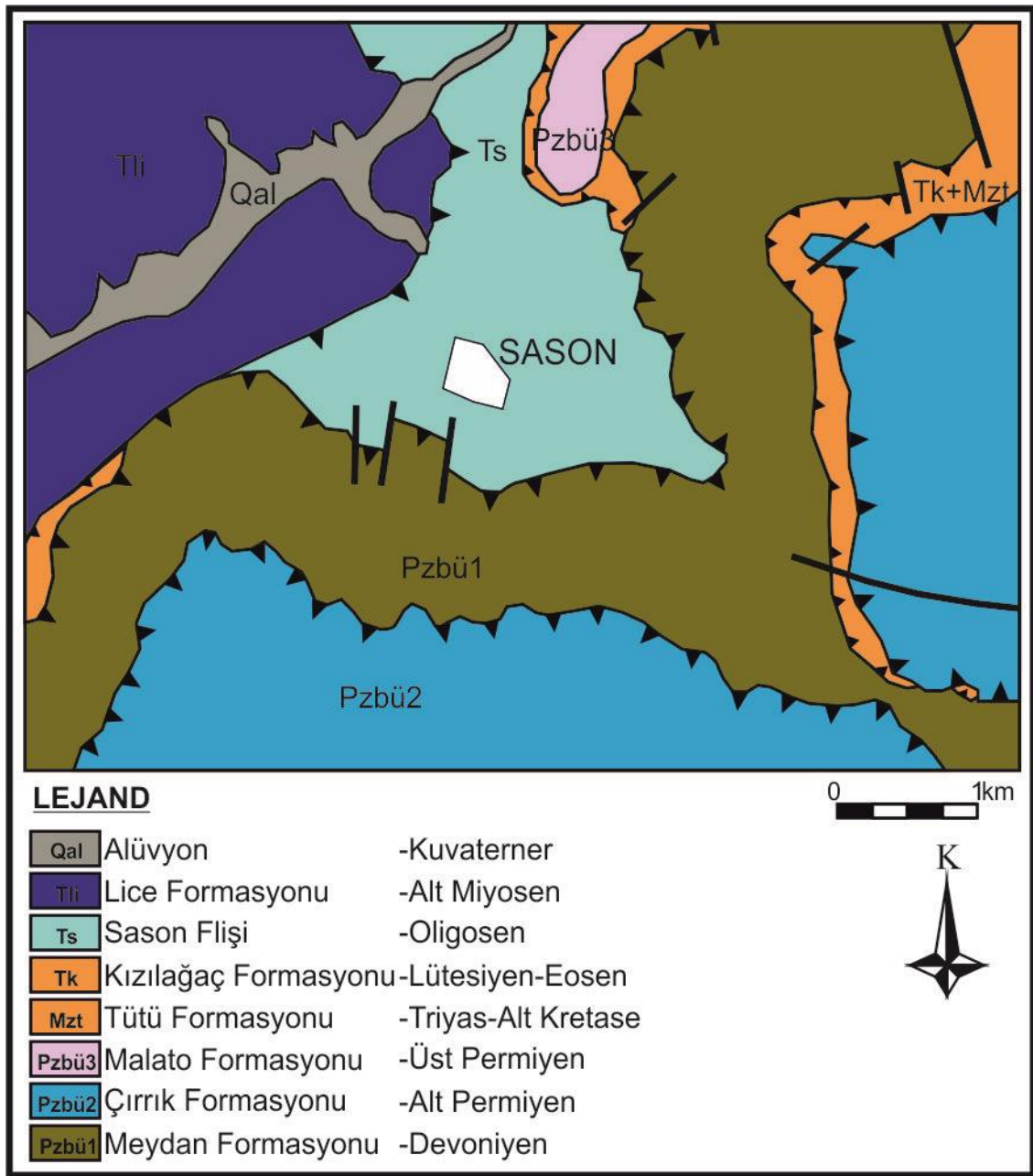
Şekil 1.4. (a) 882 Compact IC Plus ve (b) 940 Professional IC Vario Ankat Vario İyon kromatografisi cihazı

1.4.4. Büro çalışmaları

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün geçmiş kayıtlarından alınan veriler ışığında çalışma bölgesinin iklimsel özellikleri elde edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılarak bölgenin jeolojisi hakkında bilgi edinilmiştir. Su kaynaklarının kalitesinin belirlenebilmesi için yapılan ölçümler ve analizler derlenmiş, CorelDRAW X5 programı yardımıyla çalışma alanının jeolojik haritası, AquaChem 2014.2 programı kullanılarak, suların kalite sınıflamaları ve ESRI ArcMap 10.8 programı yardımıyla da numunelerin içeriklerine göre yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Bu değerlendirmeler sonucunda ilgili suların sınıflandırılması yapılarak suda tespit edilen ve su standartlarında istenen değerler dışında kalan element ve bileşiklerin halk sağlığına muhtemel etkileri değerlendirilmeye çalışılmıştır.

2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanındaki formasyonlar genel olarak Bitlis Metamorfik Kuşağı'nda bulunan birimlerden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Sason ve yakın çevresinde izlenen birimler yaşlıdan gence doğru Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Mutki grubu içerisinde yer alan Meydan formasyonu, Çırrık formasyonu ve Malato formasyonu, Triyas-Alt Kretase yaşlı Tütü formasyonu, Lütesiyen-Üst Eosen yaşlı Kızılağaç formasyonu, Oligosen yaşlı Sason flişi ve Alt Miyosen yaşlı Lice formasyonudur.



Şekil 2.1.İnceleme alanının jeolojik haritası (Göncüoğlu ve Turhan, 1983'ten değiştirilerek)

2.1. Mutki Grubu

Bitlis Metamorfikleri Kuşağı'nın Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı grubunu oluşturan Mutki Grubu, inceleme alanında yer alan en yaşlı birimleri oluşturmaktadır. Mutki kuzeyi ve civarında geniş yayılım gösterdiğinden gruba bu isim verilmiştir. Sason kuzey ve kuzeydoğusunda da birime rastlanmaktadır. Yaklaşık kalınlığı 2 km kadar olan ve geniş yayılım gösteren bu grupta yer alan başlıca formasyonlar yaşlıdan gence doğru sırasıyla Meydan formasyonu, Çeşme formasyonu, Çırrık formasyonu ve Malato formasyonudur (Göncüoğlu ve Turhan, 1992).

2.1.1. Meydan Formasyonu (Pzbü1)

Gruptaki en yaşlı birim olan Meydan Formasyonu Devoniyen yaşlı olup, kuvarsit, metakumtaşı ve karbonatlı kayaçlar içermektedir. Yaklaşık kalınlığı 1 km civarındadır (Ceran, 2006). Bu formasyonun üzerine uyumsuz olarak Çırrık formasyonu gelmektedir.

2.1.2. Çırrık Formasyonu (Pzbü2)

Alt Permiyen yaşlı bu formasyonun ana bileşimi içeriği sarı-gri renkli kalkışist, grafitışist ve kuvarsit ara bantları içeren rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Yaklaşık kalınlığı 300 m olup, altında uyumsuz olarak Meydan formasyonu üzerinde ise uyumlu olarak Malato formasyonu yer almaktadır. (Göncüoğlu ve Turhan, 1985).

2.1.3. Malato Formasyonu (Pzbü3)

Rekristalize karbonatlar ile ardalanmış kalkışistler, metakumtaşı ve metasilttaşı ile seyrek volkanoklastik ara bantlarından oluşan birim Üst Permiyen yaşlıdır. Altan Çırrık formasyonu ile uyumlu olan birim üste doğru Triyas yaşlı Tütü Formasyonu ile geçişlidir (Göncüoğlu ve Turhan, 1992).

2.2. Tütü Formasyonu (Mzt)

Triyas-Alt Kretase yaşlı Tütü Formasyonu karbonatlar ve volkanosedimanter kayaçlardan oluşmaktadır. Tabanda sarı-gri kristalize kireçtaşı, şeyl ara bantlı olup, üste

doğru metatüf, metakonglomera metavolkanik, metaçamurtaşı kristalize kireçtaşı, radyolarit aralanmalıdır. uyumlu olarak Malato formasyonu yer almaktadır. (Göncüoğlu ve Turhan, 1985).

2.3. Kızılağaç Formasyonu (Tk)

Tabanında polimiktik çakıltası ile başlayan formasyon istif özelliği açısından çok değişken bir yapıya sahiptir. Kırmızı renkli çakıltası, bordo çamurtaşı, pembe-gri kumtaşı, pembe-kırmızı mikritik kireçtaşı ile bordo silttaşı aralanmalıdır. İçerdiği fosiller sebebiyle birimin yaşı Lütésiyen-Üst Eosen olarak tespit edilmiştir (Göncüoğlu ve Turhan, 1992).

2.4. Sason Flişi (Ts)

İnce katmanlı koyu yeşil renkli şeyl, grovak ve marn aralanmalı olan birimin yaşının Oligosen olduğu belirtilmektedir (Özkaya, 1974).

2.5. Lice Formasyonu (Tli)

Formasyon düzgün ince-orta tabakalı, gri-alacalı gri renkli, taban yapılı fliş görünümlü kumtaşı-şeyl-miltaşı-killi kireçtaşı aralanması şeklinde devam eden bir birimdir. Birime genellikle Sason Merkezi'nin kuzeybatısında rastlanmaktadır. Formasyon yaşının, içeriğindeki fosiller ve alt-üst tabaka korelasyonları nedeniyle Alt Miyosen olduğu düşünülmektedir (Göncüoğlu ve Turhan, 1983).

2.6. Alüvyon (Qal)

Çalışma alanında yer yer küçük çaplı birikimlere rastlanmaktadır. Bu birikimlerin içeriğini kum ve çakıl, kumlu-çakıllı çamur ve bitkisel toprak oluşturmaktadır (Özkaya, 1974).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Hidrojeokimya

Yerin farklı derinliklerinde yer alan yeraltı suları, bulundukları derinliklerde ve geçtikleri yerlerdeki çeşitli bileşimlere sahip kayalarla temas ederek ilerler. Belirli miktarda çözünen madde yeraltı suyunun geçiş hızına, temas süresine, sıcaklığına, kayacın türüne, ortam basıncına ve kayaların çözünme özelliklerine göre yeraltı sularının içeriğine eklenir. Suda çözünen maddeler ve gazlarla beraber, su içerisinde yer alan ve yüzen maddeler suyun kalitesini belirler (Demir, 2008).

Yeraltı sularının kalitelerinin ve hangi alanlarda kullanılabileceğinin tespiti için yapılan hidrojeokimyasal analizler ve ölçümler genelde iki kısımdan oluşur. Bunlar arazideki (in-situ) analiz-ölçümler ve laboratuvar ortamında yapılan analizlerdir.

3.1.1. Arazide yapılan hidrojeokimyasal analizler

İnceleme alanında arazide kurak ve yağışlı dönemlerde yapılan in-situ ölçümler ve bu ölçümlere ait değerlendirmeler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1, çizelge 3.2).

Çizelge 3.1. Kurak döneme ait in-situ ölçüm değerleri

	pH	T (°C)	Eh (mV)	EC (µS/cm)	Debi (lt/sn)
S1	7,67	19,0	-35	377	0,29
S2	7,85	16,4	-45	531	0,13
S3	7,25	17,4	-11	776	0,04
S4	8,32	13,9	-72	268	1,50
S5	8,02	13,2	-54	338	0,22
S6	7,61	11,3	-32	316	3,50
S7	7,46	15,4	-23	553	0,11
S8	7,34	14,3	-16	616	0,50
S9	7,49	11,4	-25	392	21,30
S10	7,18	14,9	-7	702	0.08

Çizelge 3.2. Yağışlı döneme ait in-situ ölçüm değerleri

	pH	T (°C)	Eh (mV)	EC (µS/cm)	Debi (lt/sn)
S1	7,75	19,2	-40	374	1,15
S2	7,80	16,7	-43	505	0,22
S3	7,28	16,0	-12	790	0,05
S4	8,37	13,3	-75	253	3,30
S5	7,92	11,4	-55	329	0,30
S6	7,82	11,0	-30	306	4,30
S7	7,45	15,6	-22	540	0,25
S8	7,48	11,8	-23	462	1,30
S9	7,71	10,7	-21	327	22,00
S10	7,23	14,7	-8	652	0,08

3.1.1.1. Suyun pH'ı

Suda bulunan hidrojen iyonu $[H^+]$ konsantrasyonu pH olarak ifade edilir ve sudaki asit-baz dengesini gösterir. Genellikle yeraltı sularının pH değeri 7 ve daha altında olan asidik özellikte iken, yüzey sularının pH değeri 8 ve üzeri değere sahip bazik sulardır. Doğal yeraltı sularının pH değeri 6,5-8,5 aralığında değer taşıyan bazik sulardır. Bu suların pH'ı karbondioksit - bikarbonat- karbonat denge sistemi ile kontrol edilmektedir. Yeraltı suyunda bulunan CO_2 , atmosferdeki kısmi basınçtan daha yüksek basınçlarda olduğundan yeraltı suyu atmosfere maruz kaldığı zaman içerisindeki CO_2 serbest hale geçer ve bu nedenle pH değeri artar. Bundan dolayı numunenin laboratuvara ulaştırılması sırasında içeriğindeki CO_2 miktarının değişmemesi ve gerçek ortam şartlarını göstermesi için pH ölçümleri numune alındığı esnada kaynağın başında yapılmalıdır (Demer, 2008; Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Kurak dönemde pH değerlerinden en düşüğü 7.18 (S10), en yükseği 8.32 (S4) olarak ölçülürken; yağışlı dönemde ölçülen en düşük pH 7.23 (S10), en yüksek pH ise 8,37 (S4) olarak tespit edilmiştir. Dönemsel olarak kaynakların pH değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Değerler her iki dönemde de doğal yeraltı sularının taşıdığı ve ayrıca içme suyu standartlarında istenen değerler olan 6.5-8.5 pH aralığında bulunmaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Kurak ve yağışlı dönemlere ait pH ölçümleri

pH/Numune No	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Kurak Dönem	7,67	7,85	7,25	8,32	8,02	7,61	7,46	7,34	7,49	7,18
Yağışlı Dönem	7,75	7,80	7,28	8,37	7,92	7,82	7,45	7,48	7,71	7,23

3.1.1.2. Suyun sıcaklığı (T)

Suyun içme suyu veya kullanma suyu olacağını belirleyen en önemli faktörlerden biri de sıcaklık faktörüdür. Yüzey sularına oranla yeraltı sularının sıcaklıkları genellikle daha düşüktür. Suyun sıcaklığı arttıkça oksijenin suda çözünürlüğü azalır (Demer, 2008).

Çalışma alanında belirlenen kaynak noktalarından kaynak başında ölçülen sıcaklık değerleri kurak dönemde en düşük 11,3 ve en yüksek 19 ° C arasında, yağışlı dönemde ise en düşük 10,7 ve en yüksek 19,2 ° C aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 3.4). Dönemsel olarak kaynakların T değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Çizelge 3.4. Kurak ve yağışlı dönemlere ait sıcaklık (T) ölçümleri

T/Numune No	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Kurak Dönem	19,0	16,4	17,4	13,9	13,2	11,3	15,4	14,3	11,4	14,9
Yağışlı Dönem	19,2	16,7	16,0	13,3	11,4	11,0	15,6	11,8	10,7	14,7

3.1.1.3. Elektriksel iletkenlik (EC)

Suyun elektrik akımını iletme veya çözeltinin bu akımı geçirmeye göstermiş olduğu direnç elektriksel iletkenlik olarak ifade edilir ve mikrosiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) olarak gösterilir. Elektriksel iletkenlik sıcaklığa ve sudaki toplam iyonize madde konsantrasyonuna bağlı olup, sıcaklığın iyonların yer değiştirme hızı üzerinde etkisi vardır. Suların içme suyu ve sulama suyu sınıflamasında EC de bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Çizelge 3.5). Ülkemizde kullanılan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te insani tüketim açısından müsaade edilen en yüksek EC değerini 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirtmiştir. Ancak bu değer kabul edilebilir sınır olduğu halde suyun tadı yavan olacağından tüketilmesi tavsiye edilmemektedir.

EC değerleri esas alınarak yapılan sınıflandırmaya göre S3 kaynağı dışındaki tüm kaynaklarda EC değerleri kurak dönem için 268-702 aralığında, yağışlı dönem için ise 253-652 arasında ölçülmüştür ve “iyi” sınıfında yer almaktadır. Her iki dönemde de ölçülen EC değeri 750'nin üzerinde (776 ve 790) olan alan S3 kaynağı ise “kullanılabilir” sınıfında yer almaktadır (Çizelge 3.6).

Arcmap 10.8 programı kullanılarak hazırlanan kurak ve yağışlı dönemlere ait EC ölçümleri yoğunluk haritaları aşağıda yer almaktadır (Şekil 3.2 ve 3.3). Yoğunluk haritalarında da görüldüğü üzere S3 kaynağına ait EC değerleri diğer tüm kaynaklara göre

3.1.1.4. Toplam çözünmüş madde miktarı (TDS)

Toplam çözünmüş madde miktarını (TDS) suda çözünmüş durumda olan inorganik tuzlar (daha çok Ca_2^+ , Mg_2^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-) ve az oranda da organik maddeler oluşturmaktadır. TDS'deki farklı konsantrasyonlar, farklı jeolojik özelliklerdeki bölgelerde bulunan minerallerin çözünürlük özellikleri arasındaki farklılıklardan ötürü oluşmaktadır (Demer, 2008). Çözünmüş olan bu maddeler suyun korozyon, tat ve sertlik gibi niteliklerini etkilerler (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Cihazla ölçüm yapılmadığı durumlarda, genellikle iletkenlik ile ilişkilendirilerek TDS; $(\text{mg/L}) = \text{EC (İletkenlik)} \times (0.55-0.70 \text{ aralığı})$ şeklindeki formül ile hesaplanmaktadır (<https://cevre.erciyes.edu.tr/upload/5V2OV8N1-fiziksel-Olcum-yontemleri.pdf>). Kurak ve yağışlı dönemlere ait TDS ölçümleri aşağıdaki tabloda yer almakta olup, kurak dönemde 171-497 arasında, yağışlı dönemde ise 161-506 arasındadır (Çizelge 3.7). TDS değerleri için WHO ve US EPA standartlarında sınır değerler mevcuttur. Ancak EC ve İ.T.A.S.H.Y. standartlarda belirlenmiş bir sınır değer bulunmamaktadır (Çizelge 1.1). WHO standartlarında bu değer 1000 mg/L iken US EPA standartlarında 500 mg/L'dir. Kurak dönemde numunelerde ölçülen değerler 500 mg/L değerinin altında iken yağışlı dönemde S3 numunesi 505,60 mg/L değeriyle bu sınırı aşmıştır. Ayrıca S10 numunesinde her iki dönemde de bu değer 500 mg/L değerine yakın değerler vermiştir. Dönemsel olarak kaynakların TDS değerlerinde S8 (394-295) örneği dışında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Çizelge 3.7. Kurak ve yağışlı dönem TDS değerleri

Numune Adı	TDS (Kurak Dönem)	TDS (Yağışlı Dönem)
S1	241,28	239,36
S2	339,84	323,20
S3	496,64	505,60
S4	171,52	161,92
S5	216,32	210,56
S6	202,24	195,84
S7	345,6	353,92
S8	394,24	295,68
S9	250,88	209,28
S10	449,28	417,28

3.1.1.5. Redoks potansiyeli (Eh)

Redoks tepkimesi, elektron alış-verişinin bulunduğu, yükseltgenme veya indirgenme tepkimeleridir. Maddenin elektron alması indirgenme, vermesi ise yükseltgenme olayıdır. Derinlerde bulunan sularda redoks potansiyeli azalırken yüzeye çıktıkça artış gösterir. Ortamın indirgen mi yükseltgen mi olduğunun tespiti için Eh metre ile ölçülen değerlere redoks potansiyeli denir (Demir, 2008). İncelenen kaynaklardan kurak dönemde ölçülen redoks potansiyeli değerleri -7 ile -72 arasında değerler vermiştir. Yağışlı dönemde ise bu değerler -8 ile -75 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3.8). Bu değerler ilgili suların indirgen özellikte olduğunu göstermektedir. Redoks potansiyeli için ne ulusal ne de uluslararası standartlarda herhangi bir sınır değer belirtilmemiştir. Dönemsel olarak kaynakların Eh değerlerinde S8 [(-16)-(-23)] örneği dışında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Çizelge 3.8. Kurak ve yağışlı dönemlere ait Eh ölçümleri

Eh (mV)/ Örnek no	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Kurak Dönem	-35	-45	-11	-72	-54	-32	-23	-16	-25	-7
Yağışlı Dönem	-40	-43	-12	-75	-55	-30	-22	-23	-21	-8

3.1.1.6. Debi

Debi bir kaynağın saniyede akıttığı suyun litre cinsinden ifadesidir. Çalışma alanındaki kaynakların kurak ve yağışlı dönemlere ait debi değerleri Çizelge 3.9'da gösterilmektedir. Kurak dönemde kaynakların debi değeri 0,037 ile 21,3 lt/sn arasında değişmektedir. Yağışlı dönemdeki değerler ise 0,045 ile 22 lt/sn arasında değişmektedir. S1, S4, S6 ve S8 kaynakları yağışlı dönemde kurak döneme göre iki katından fazla debi ölçüm değeri vermiştir.

Çizelge 3.9. Kurak ve yağışlı dönemlere ait debi ölçümleri (litre/saniye)

Debi/ Örnek no	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Kurak Dönem	0,29	0,13	0,04	1,50	0,22	3,50	0,11	0,50	21,3	0,07
Yağışlı Dönem	1,15	0,22	0,05	3,30	0,30	4,30	0,25	1,30	22,00	0,08

3.1.2. Laboratuvar ortamında yapılan hidrojeokimyasal analizler

Arazide kaynak başında yapılan analizler sonrasında, alınan su örneklerinin laboratuvar ortamında anyon ve katyon analizleri ile iz element analizleri yaptırılmıştır.

3.1.2.1. Temel katyon ve anyon analizleri

Suda bulunan anyonlar ve katyonlar (K^+ , Na^+ , Fe^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Li^+ , Al^{3+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Si^{4+} , NH_4^+ , HCO_3^- , NO_2^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , Cl^- vb.) laboratuvar analizleriyle tespit edilerek, elde edilen sonuçlara göre standartlara uygun olup olmadıkları belirlenmektedir. İnceleme alanından alınan su örneklerinin temel anyon ve katyonlarının dönemsel ölçüm değerleri çizelge 3.10 ve 3.11 verilmiştir. Ayrıca bu anyon ve katyonlara ait yoğunluk haritaları da ayrı ayrı aşağıda verilmiştir.

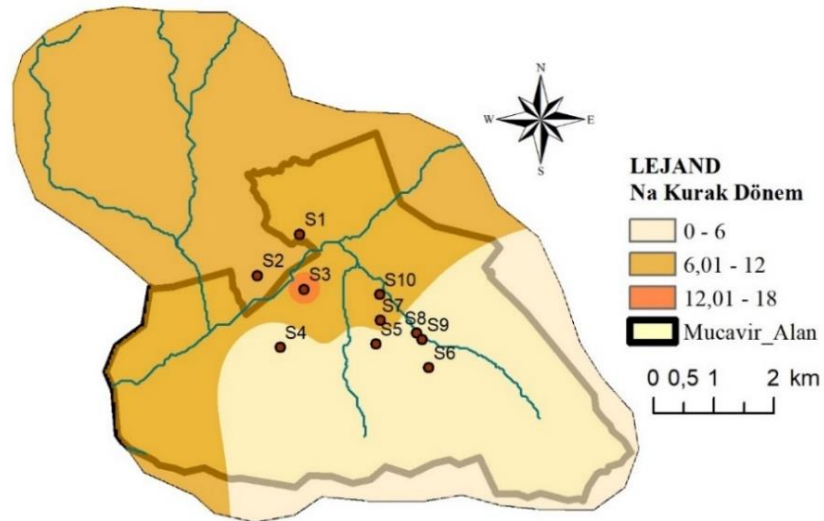
Çizelge 3.10. Kurak dönem anyon-katyon ölçüm değerleri

Örnek Adı	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	F (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
S1	10,73	0,55	57,03	10,36	4,15	14,94	<0,05	0,03	4,07	0,06	0	229
S2	9,21	1,03	77,73	12,89	7,14	20,41	<0,05	0,03	30,65	0,27	0	289
S3	14,02	1,99	149,44	12,86	2,77	63,70	<0,05	0,03	27,93	0,07	0	474
S4	2,29	0,39	42,29	9,27	2,76	10,32	<0,05	0,03	1,78	0,03	0	164
S5	1,31	0,58	55,87	12,40	3,63	10,23	<0,05	0,04	3,25	0,09	0	217
S6	1,66	0,83	55,77	8,22	3,76	22,51	<0,05	0,04	4,01	0,08	0	173
S7	8,43	0,55	94,81	16,13	8,34	44,62	<0,05	0,03	11,77	0,14	0	321
S8	5,02	0,04	125,14	12,92	3,85	23,09	<0,05	0,03	4,08	0,08	0	423
S9	2,45	1,18	73,44	10,02	4,09	37,57	<0,05	<0,15	3,59	0,06	0	227
S10	10,10	0,97	134,12	13,79	9,19	24,10	<0,05	0,03	13,05	0,12	0	459

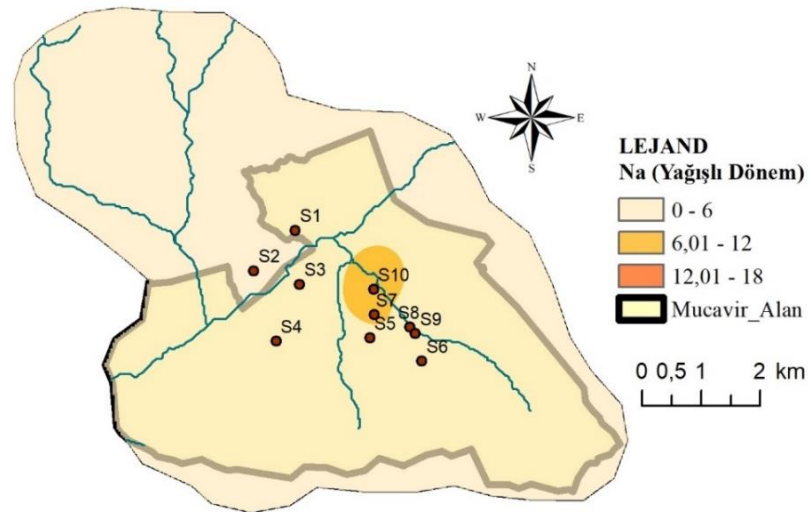
Çizelge 3.11. Yağışlı dönem anyon-katyon ölçüm değerleri

Örnek Adı	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	F (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
S1	4,74	0,12	29,88	5,49	6,50	15,80	0,07	0,02	6,13	0,06	0	212
S2	5,10	0,43	43,17	7,25	6,41	21,55	-	0,08	28,18	0,14	0	266
S3	1,10	0,07	43,13	9,43	14,47	67,59	-	0,20	32,37	0,49	0	376
S4	4,76	0,00	52,63	4,61	3,44	10,26	-	0,11	2,52	0,05	0	153
S5	0,74	0,00	56,34	11,57	3,34	10,39	0,04	0,09	3,42	0,28	0	201
S6	1,01	0,17	57,93	7,42	3,45	18,87	0,04	0,05	4,89	0,09	0	165
S7	9,08	0,56	90,54	15,42	8,40	44,38	-	0,08	12,66	0,31	0	261
S8	2,99	0,28	92,17	9,74	4,25	34,29	0,04	0,09	3,98	0,27	0	262
S9	0,82	0,00	65,10	6,46	3,39	25,72	0,05	0,08	3,40	0,26	0	180
S10	10,21	0,79	129,15	13,87	12,05	46,11	-	0,15	13,70	0,70	0	363

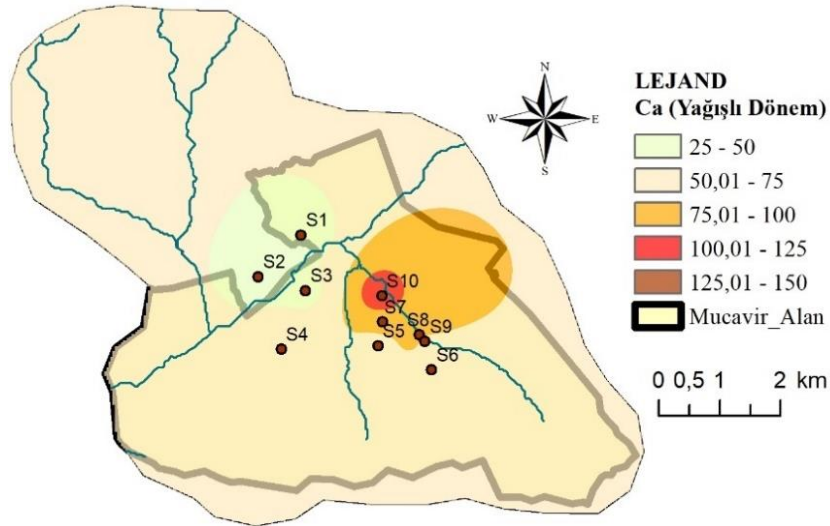
Sodyum (Na): Daha çok kil minerallerinin baz değişimi, evaporit bozunması ve plajioklasların ayrışması sonucu yeraltı sularına karışan sodyumun, sağlıklı kişilere zararlı bir etkisi gözlenmemiştir. Hipertansiyon oluşumuyla sudaki sodyum miktarı arasında kanıtlanmış bir ilgi bulunmamakla beraber; miktarın 200 mg/litre üstünde olması suyun tadını bozabilir. Sodyum miktarının kanda fazla olması ödem ve hipertansiyona neden olmaktadır (Varol ve ark., 2008). Genel olarak su ile ilgili standartlarda üst sınır 200 mg/l olarak belirlenmiştir. Her iki dönem için tüm numunelerde ölçülen sodyum içeriği 0,74 ile 14,02 mg/l aralığında olup, bu sınırın çok çok altındaki seviyelerdedir (Çizelge 3.10 ve 3.11). Kurak ve yağışlı dönemlere ait sodyum konsantrasyon dağılım haritaları aşağıda yer almaktadır (Şekil 3.3 ve 3.4). Haritalara bakıldığında ölçülen en yüksek Na değerinin kurak dönemde S3 kaynağına ve yağışlı dönemde ise S10 kaynağına ait olduğu görülmektedir. Dönemsel olarak kaynakların Na değerlerinde S3 (14.02-1,1) örneği dışında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.



Şekil 3.3. Kurak dönem Na değerleri yoğunluk haritası

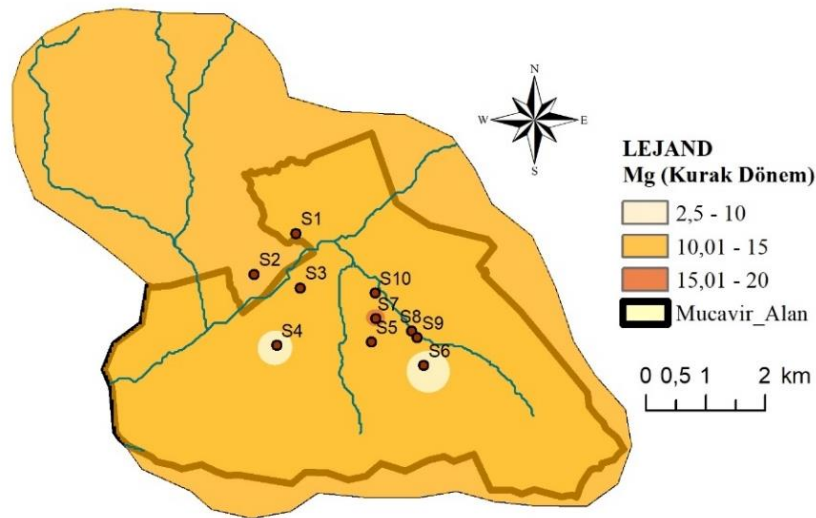


Şekil 3.4. Yağışlı dönem Na değerleri yoğunluk haritası

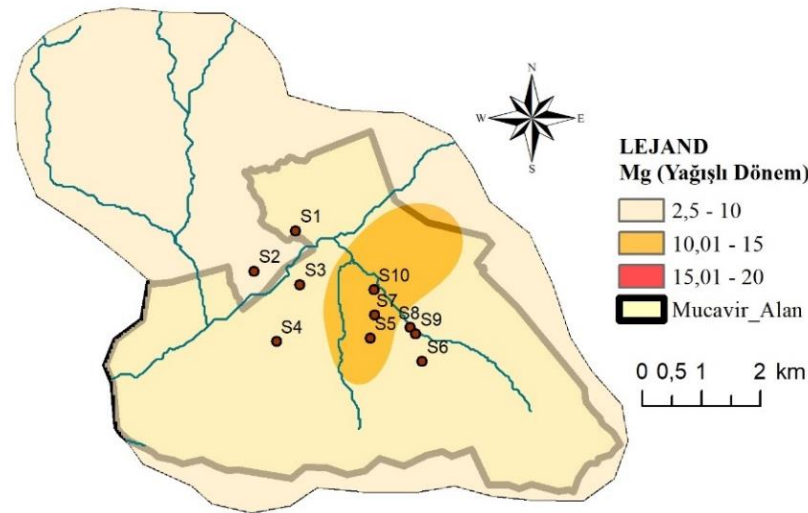


Şekil 3.8. Yağışlı dönem Ca değerleri yoğunluk haritası

Magnezyum (Mg): Bu mineral yeraltı sularına genelde dolomit, magnezyum içerikli kalker ve serpantinizasyonla açığa çıkan $MgCO_3$ 'ün erimesiyle karışır. Kalbi koruma ve ritim bozukluklarını önleme etkisine sahiptir. Suyun sertlik kazanmasına sebep olan iyonlardan biridir. Bazı çalışmalarda düşük su sertliğine sahip yerlerde, kalp ve damar rahatsızlıklarının daha yaygın olduğu belirlenmiştir. Ancak, bazı çalışmalarda da su sertliğinin kalp ve damar hastalıklarına karşı koruma özelliği olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak suyun sertliğinin sağlığa yararıyla ilgili literatüre girmiş veri bulunmamaktadır. Çok fazla alınması bağırsak hastalıklarına sebebiyet vermektedir (Varol ve ark., 2008). EC (Avrupa Birliği) standartlarına göre kabul edilebilir üst sınır 50 mg/l olan magnezyum değeri, inceleme noktalarının tümünde ve her iki dönem için 4.61-16.13 mg/l aralığında olup, istenen ilgili değerden düşük çıkmıştır (Çizelge 3.10 - 3.11 ve çizelge 1.1). Kurak ve yağışlı dönemlere ait Mg konsantrasyon haritaları aşağıda yer almaktadır. S7 kaynağı her iki dönem için en yüksek değere sahiptir (Şekil 3.9 ve 3.10). Dönemsel olarak kaynakların Mg değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

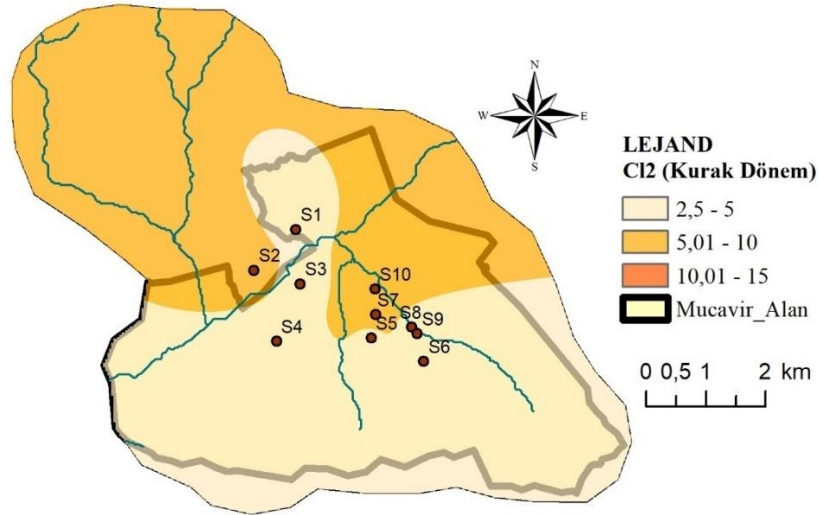


Şekil 3.9. Kurak dönem Mg değerleri yoğunluk haritası

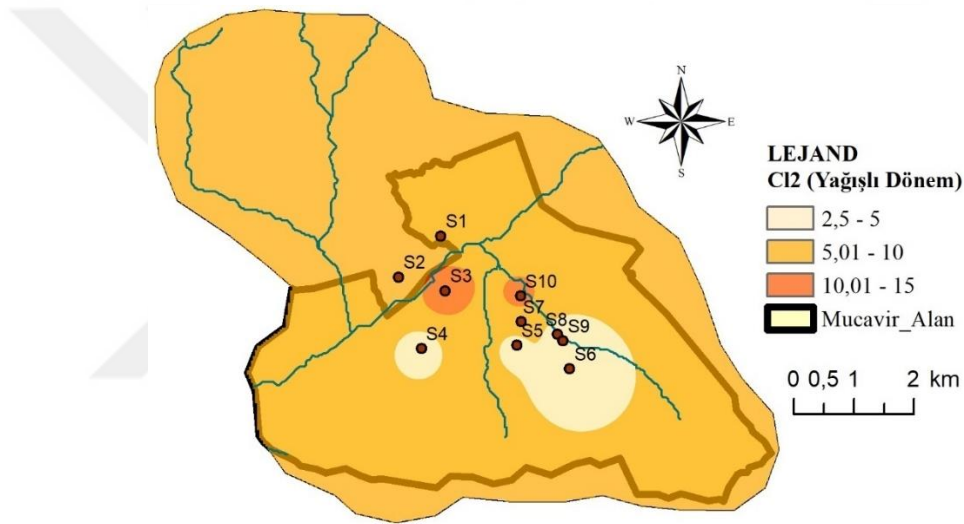


Şekil 3.10. Yağışlı dönem Mg değerleri yoğunluk haritası

Klorür (Cl_2): Klorür, kar ve yağmur sularından, deniz suyundan ve evaporitlerden yeraltı sularına karışmaktadır. Sudaki konsantrasyon değeri yüksekse tuz tadı oluşturmaktadır. Klorür ve sodyum kanın içeriğinde birlikte bulunur ve kanın osmotik basıncını dengelerler (Varol ve ark., 2008). Standartlarda klorür için üst sınır 250 mg/l olarak verilmiştir, ancak ölçülen kurak ve yağışlı dönem klorür değerleri 2-10 mg/l arasında olup, bu sınır değerin çok altında kalmıştır (Çizelge 3.10- 3.11 ve çizelge 1.1). Her iki döneme ait konsantrasyon dağılım haritaları aşağıda yer almaktadır ve standart değerlerin çok altında kaldığından risk teşkil eden değerde numune bulunmamaktadır (Şekil 3.11 ve 3.12). Dönemsel olarak kaynakların Cl_2 değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

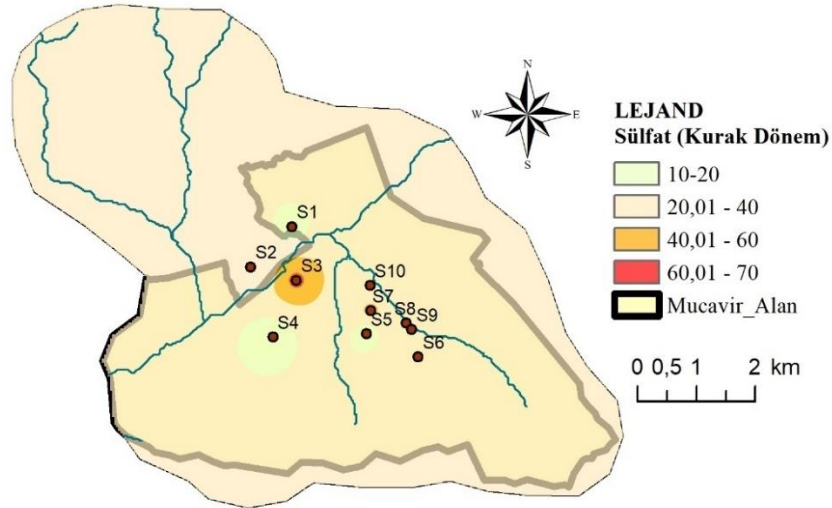


Şekil 3.11. Kurak dönem Cl₂ değerleri yoğunluk haritası

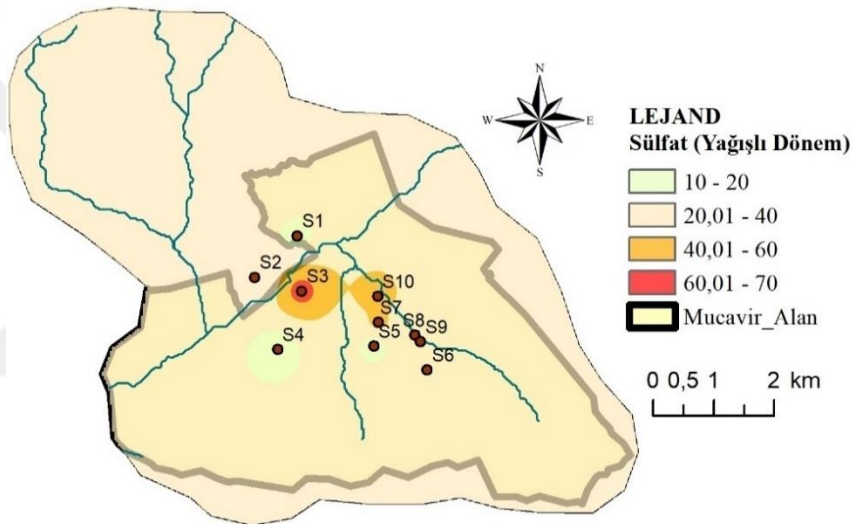


Şekil 3.12. Yağışlı dönem Cl₂ değerleri yoğunluk haritası

Sülfat (SO₄): Sülfat, jips ve anhidrit aracılığıyla yeraltı sularına karışmaktadır. Önemli bir kirletici olan sülfür bileşiklerinin farklı reaksiyonlar neticesinde meydana getirdikleri toksisite korozyon, koku, tat gibi problemlere neden olmaktadır. İnsanlarda müshil etkisi göstermesi nedeniyle sodyum sülfat ve magnezyum sülfat 250 mg/l üst değerle sınırlandırılmışlardır (Atabey, 2005). İnceleme alanında yer alan kaynaklardan tümünün kurak ve yağışlı dönemdeki aralık değerleri 10-68 mg/l arasında olup, bu üst limit değerinin altında sonuç vermiştir (Çizelge 3.10- 3.11 ve çizelge 1.1). Kurak ve yağışlı dönemlere ait Sülfat konsantrasyon dağılım haritaları aşağıda yer almaktadır ve her iki dönem için de S3 kaynağının en yüksek içeriğe sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.13 ve 3.14). Dönemsel olarak kaynakların sülfat değerlerinde S10 (24,1-46,11) kaynağı dışında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.



Şekil 3.13. Kurak dönem sülfat değerleri yoğunluk haritası

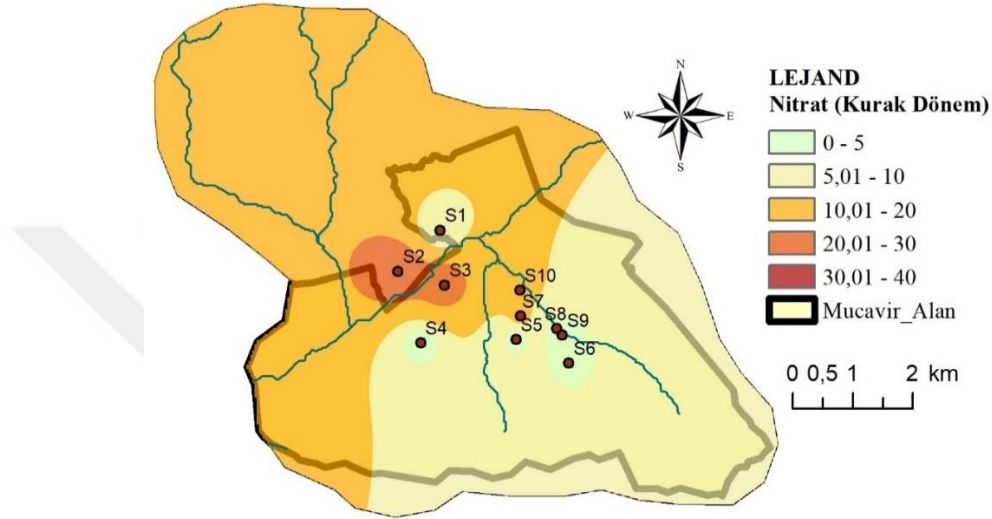


Şekil 3.14. Yağışlı dönem sülfat değerleri yoğunluk haritası

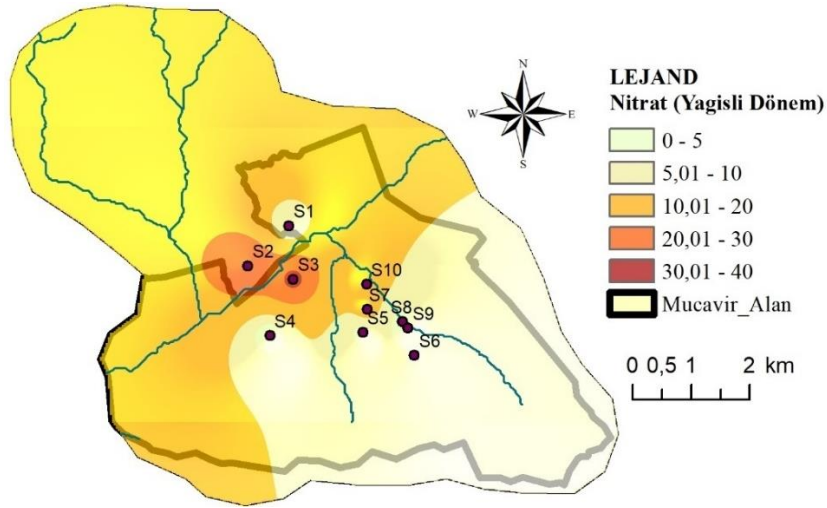
Nitrit (NO_2): Yeraltı sularında genelde 0,1 mg/l değerinden daha az bulunan bu azot bileşiğinin miktarının yüksek olması organik kirleticilerin neden olduğu aktif bir biyolojik sürecin göstergesidir (Demir, 2008). Kurak dönemde S9 kaynağı ve yağışlı dönemde S3, S4 ve S10 kaynaklarında bu değer 0,1 mg/l geçmiştir. Ancak, standartlarda yer alan üst limit olan 0,5 mg/l değerinin altında kaldığından içme suyu olarak tüketilmesinde sakınca bulunmamaktadır (Çizelge 3.10-3.11 ve çizelge 1.1). Nitrit değerleri çok düşük olduğundan ayrıca yoğunluk haritası hazırlanmamıştır.

Nitrat (NO_3): Bağlı azot bileşiklerinden en önemlisi olan nitratın sulara derişiminin yüksek olması tarımsal faaliyetler ve evsel atıklar sonucu suların kirletildiğine işaret etmektedir. Bu durum son dönemlerde giderek artış göstermektedir. İçme sularında 45 mg/l miktarından fazla olması karbondioksit zehirlenmesine sebebiyet

verebilmektedir. (Demir, 2008). Dönemsel ölçümlerin ikisinde de nitrat değerleri 2-33 mg/l aralığında tespit edilmiş olup, standartlarda istenen sınır değerin altında çıkmıştır (Çizelge 3.10- 3.11 ve çizelge 1.1). Kurak ve yağışlı dönemlere ait NO_3 konsantrasyon dağılım haritaları aşağıda yer almaktadır (Şekil 3.15, şekil 3.16). Her iki dönem için de S2 ve S3 kaynaklarındaki nitrat değerleri en yüksek değerleri vermiştir. Dönemsel olarak kaynakların nitrat değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

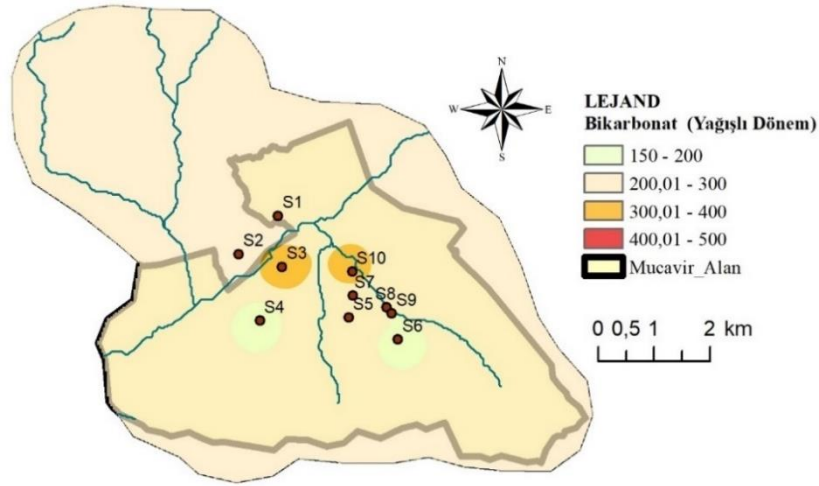


Şekil 3.15. Kurak dönem nitrat değerleri yoğunluk haritası



Şekil 3.16. Yağışlı dönem nitrat değerleri yoğunluk haritası

Florür (F_2): Florür doğal sulara genelde düşük oranlarda bulunduğu halde, mika mineralleri, volkanik kayalar ve termal kaynaklar bu oranı artırabilmektedir. Bu alandaki yaygın çalışmalar genelde diş sağlığı üzerine yapılmıştır. F değeri 4 mg/l'den yüksekse diş ve iskelet sisteminde “florosis” denen hastalıklara neden olmaktadır. Bu değer 1,5 ila



Şekil 3.18. Yağışlı dönem HCO_3 değerleri yoğunluk haritası

3.1.2.2. İz element analizleri

İz elementler incelenen malzemede eser miktarda bulunan elementlerdir. Ağır metaller yoğunlukları 6 g/ml'den daha yüksek olan metallerdir. Al, As, Ba, Cu, Pb, Hg, Cr, Ni, Cd, Fe, Zn, Mn gibi elementler başlıca ağır metallerdir. Toprağa, sulara ve sedimentlere dağılmış bir halde bulunan ağır metaller çevre kirletici elementler olarak da bilinirler (Gündüz, 2012). Yaygın olarak görülen bazı ağır metallerin etkilerine aşağıda değinilmiştir. Ayrıca kurak ve yağışlı dönemlere ait iz element analiz sonuçları aşağıda tablo halinde verilmiştir (Çizelge 3.12 ve 3.13).

İncelenen kaynak sularının kurak dönem iz element içerikleriyle ilgili yapılan Cluster analiz diyagramı ve korelasyon matriksi yöntemi ile iz elementlerin birbiriyle ilişkili korelasyonunu yaptığımızda en kuvvetli pozitif korelasyon Fe-Mn arasında, en kuvvetli negatif korelasyon Ca-Mn arasında görülmektedir (Çizelge 3.14, şekil 3.19).

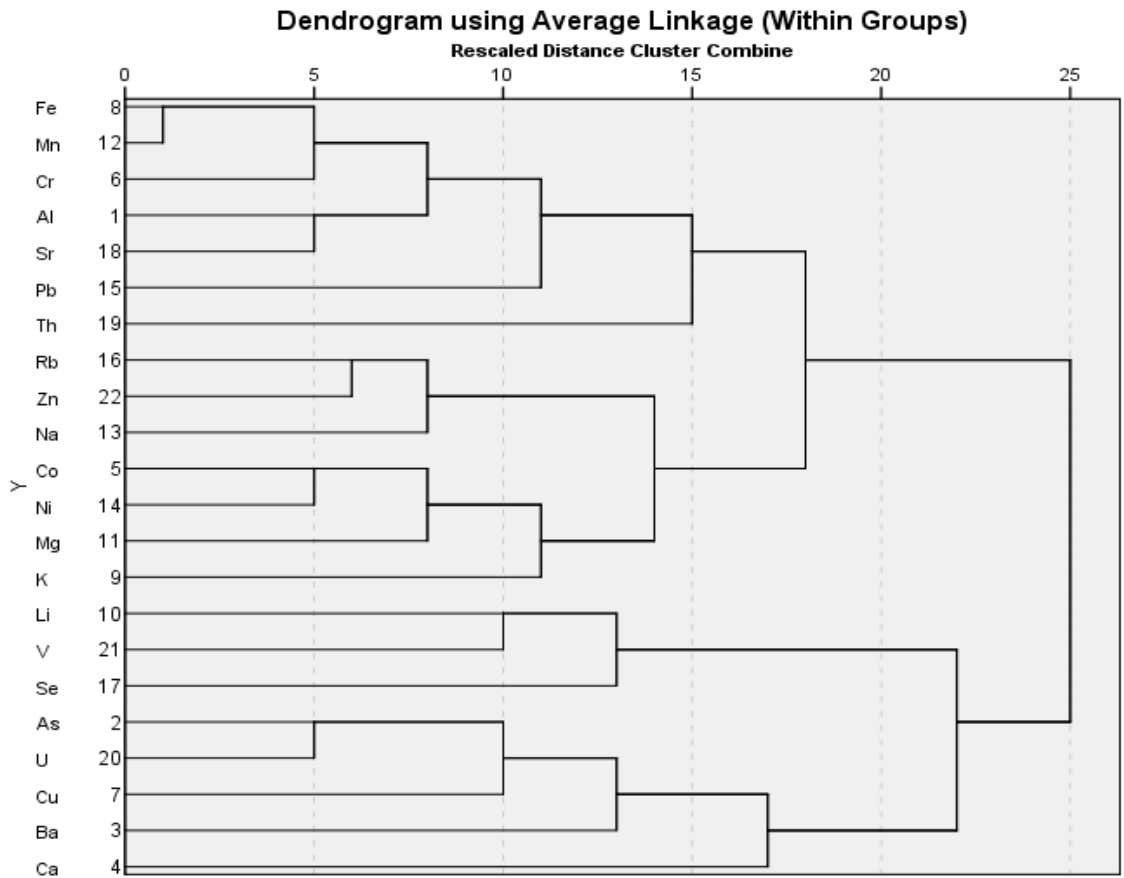
İncelenen kaynak sularının yağışlı dönem iz element içerikleriyle ilgili yapılan Cluster analiz diyagramı ve korelasyon matriksi yöntemi ile iz elementlerin birbiriyle ilişkili korelasyonunu yaptığımızda en kuvvetli pozitif korelasyon Fe-Co arasında, en kuvvetli negatif korelasyon Cu-Zn arasında görülmektedir (Çizelge 3.15, şekil 3.20). As için anlamlı bir korelasyon çıkmadığından tabloya eklenmemiştir.

Çizelge 3.13. Yağışlı dönem iz element ölçüm değerleri (mg/l)

Numune Adı/ Element	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Al	0,013	0,020	0,027	0,022	0,019	0,018	0,022	0,024	0,007	0,028
As	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058
B	0,014	0,012	0,011	0,019	0,020	0,020	0,013	0,020	0,023	0,017
Ba	0,066	0,055	0,065	0,065	0,072	0,069	0,064	0,069	0,072	0,062
Be	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
Bi	0,049	0,060	0,075	0,052	0,051	0,058	0,059	0,055	0,051	0,071
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ce	0,075	0,075	0,074	0,077	0,075	0,076	0,074	0,075	0,076	0,074
Co	0,078	0,078	0,078	0,077	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078
Cr	0,080	0,080	0,079	0,080	0,079	0,080	0,079	0,080	0,080	0,080
Cs	0,009	0,009	0,009	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
Cu	0,000	0,002	0,003	0,068	0,025	0,014	0,006	0,009	0,001	0,003
Dy	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Er	0,060	0,061	0,061	0,065	0,064	0,065	0,062	0,063	0,061	0,062
Eu	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Fe	0,068	0,070	0,070	0,056	0,070	0,069	0,070	0,070	0,067	0,071
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gd	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
Ho	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,042	0,043	0,043	0,043	0,042
In	0,007	0,009	0,009	0,009	0,008	0,007	0,007	0,008	0,009	0,005
La	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Li	0,001	0,002	0,010	0,009	0,004	0,008	0,008	0,010	0,011	0,008
Lu	0,002	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,004	0,003	0,002	0,002
Mn	0,088	0,088	0,088	0,086	0,088	0,088	0,088	0,088	0,087	0,088
Nd	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131
Ni	0,174	0,188	0,182	0,019	0,045	0,005	0,180	0,012	0,043	0,145
P	0,001	0,011	0,009	0,003	0,006	0,010	0,015	0,015	0,019	0,016
Pb	0,015	0,015	0,014	0,011	0,011	0,014	0,014	0,011	0,018	0,013
Pr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rb	0,002	0,004	0,003	0,003	0,006	0,002	0,009	0,002	0,002	0,006
Re	0,088	0,170	0,433	0,051	0,092	0,084	0,203	0,201	0,102	0,346
Sc	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157
Se	0,076	0,076	0,080	0,089	0,077	0,080	0,079	0,088	0,091	0,090
Sm	0,100	0,105	0,099	0,094	0,096	0,099	0,152	0,157	0,100	0,084
Sr	0,266	0,270	0,589	0,182	0,289	0,205	0,338	0,373	0,300	0,365
Th	0,004	0,002	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001
Tl	0,131	0,131	0,135	0,129	0,131	0,126	0,132	0,125	0,132	0,132
Tm	0,100	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
U	0,092	0,078	0,088	0,106	0,099	0,109	0,092	0,091	0,093	0,086
V	0,064	0,065	0,065	0,065	0,066	0,065	0,066	0,065	0,065	0,066
Y	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
Yb	0,077	0,077	0,077	0,076	0,076	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
Zn	0,076	0,074	0,074	0,003	0,056	0,067	0,068	0,069	0,076	0,072

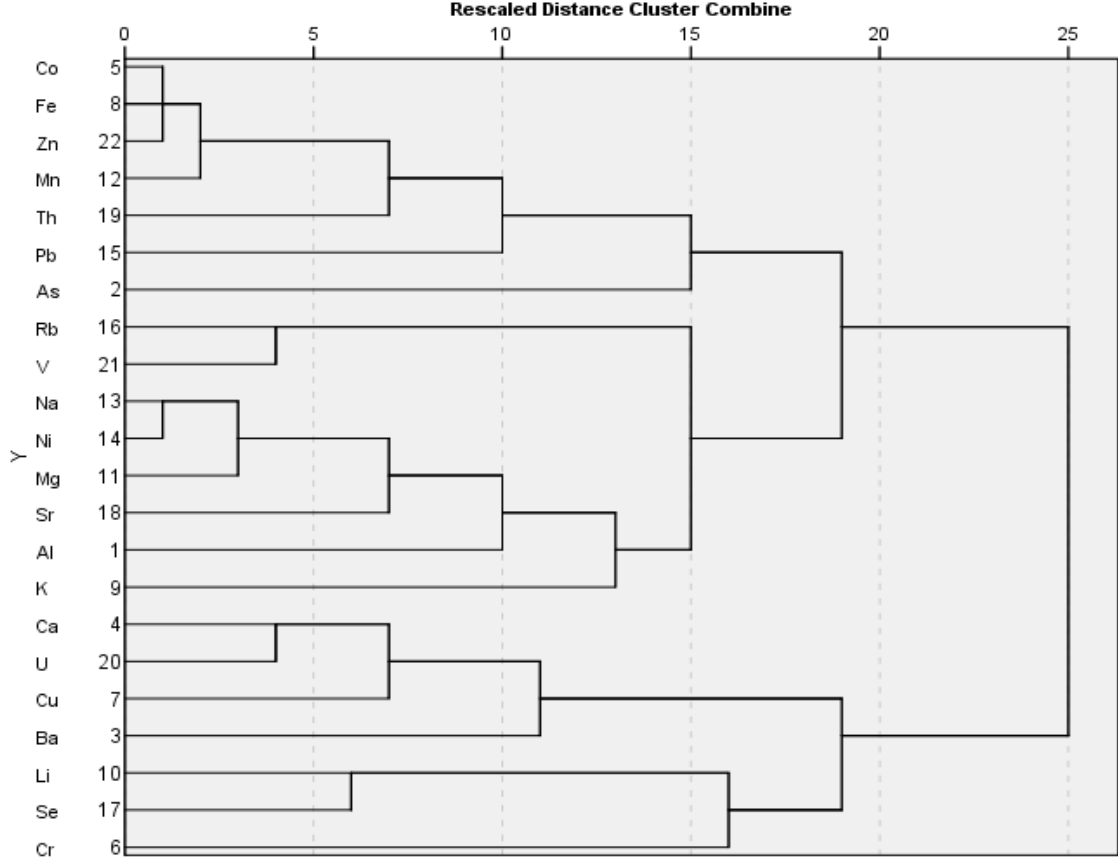
Çizelge 3.14. Kurak dönemde iz elementlerin korelasyon matrisi

	Al	As	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Rb	Se	Sr	Th	U	V	Zn
Al	1																					
As	-,199	1																				
Ba	-,230	,502	1																			
Ca	-,653*	-,111	-,126	1																		
Co	,085	,333	-,125	-,333	1																	
Cr	,648*	,000	,175	-,745**	,000	1																
Cu	-,353	,509	,335	,509	-,218	,000	1															
Fe	,731**	,129	,068	-,978**	,332	,743**	-,471	1														
K	,154	-,271	-,635*	-,271	,366	,000	-,533	,255	1													
Li	,119	-,167	-,282	,333	-,600*	-,335	,000	-,277	-,158	1												
Mg	,594*	-,025	-,480	-,332	,627*	,297	-,161	,435	,506	-,201	1											
Mn	,653*	,111	,125	-,1000**	,333	,745**	-,509	,978**	,271	-,333	,332	1										
Na	,569*	-,363	-,546	-,363	,550*	,176	-,542	,351	,616*	-,227	,670*	,363	1									
Ni	,345	,304	-,172	-,536	,808**	,039	-,465	,526	,534	-,211	,614*	,536	,634*	1								
Pb	,293	-,616*	-,061	-,323	,088	,394	-,442	,205	,285	-,308	,157	,323	,579*	,138	1							
Rb	,433	-,275	-,284	,160	,217	-,194	-,161	-,113	-,042	,152	,368	-,159	,645*	,246	,234	1						
Se	-,505	-,010	-,021	,168	-,229	-,598*	-,370	-,221	,290	,325	-,492	-,168	-,317	,027	-,265	-,404	1					
Sr	,822**	-,132	,092	-,415	,090	,597*	-,048	,450	-,164	-,036	,464	,415	,515	,212	,466	,619*	-,747**	1				
Th	,050	-,232	,175	,155	-,232	,130	,178	-,212	-,682*	,087	-,346	-,155	-,047	-,402	,297	,334	-,479	,366	1			
U	-,548	,792**	,278	,450	,082	-,550*	,572*	-,411	-,271	,184	-,219	-,451	-,535	,044	-,819**	-,192	,315	-,478	-,283	1		
V	,205	,201	-,151	-,302	-,302	,000	-,263	,309	,239	,603*	-,168	,302	-,132	,203	-,345	-,288	,560*	-,198	-,368	,204	1	
Zn	,381	,000	-,316	,000	,447	,000	,000	,062	,000	-,224	,427	,000	,616*	,253	,000	,778**	-,564*	,466	,260	-,092	-,337	1

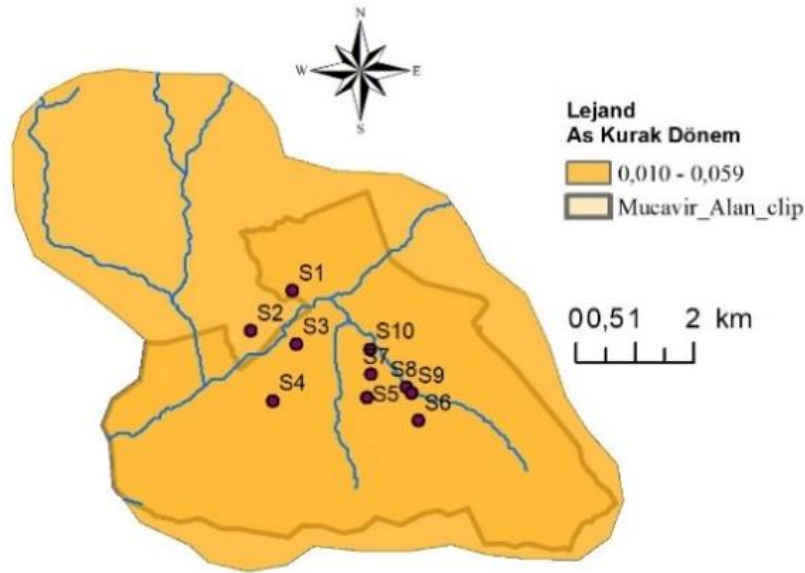
**Şekil 3.19.** Kurak Dönemde iz elementlerin Cluster analiz diyagramı

Çizelge 3.15. Yağışlı dönemde iz elementlerin korelasyon matrisi

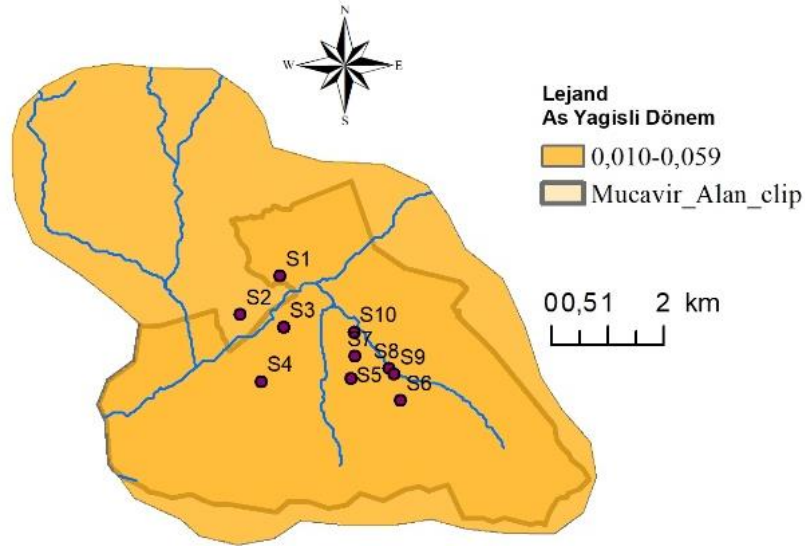
	Al	As	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Rb	Se	Sr	Th	U	V	Zn
Al	1																					
As	-,199	1																				
Ba	-,230	,502	1																			
Ca	-,653*	-,111	-,126	1																		
Co	,085	,333	-,125	-,333	1																	
Cr	,648*	,000	,175	-,745**	,000	1																
Cu	-,353	,509	,335	,509	-,218	,000	1															
Fe	,731**	,129	,068	-,978**	,332	,743**	-,471	1														
K	,154	-,271	-,635*	-,271	,366	,000	,533	,255	1													
Li	,119	-,167	-,282	,333	-,600*	-,335	,000	-,277	-,158	1												
Mg	,594*	-,025	-,480	-,332	,627*	,297	-,161	,435	,506	-,201	1											
Mn	,653*	,111	,125	-,1,000**	,333	,745**	,509	,978**	,271	-,333	,332	1										
Na	,569*	-,363	-,546	-,363	,550*	,176	,542	,351	,616*	-,227	,670*	,363	1									
Ni	,345	,304	-,172	-,536	,808**	,039	,465	,526	,534	-,211	,614*	,536	,634*	1								
Pb	,293	-,616*	-,061	-,323	,088	,394	,442	,205	,285	-,308	,157	,323	,579*	,138	1							
Rb	,433	-,275	-,284	,160	,217	-,194	,161	-,113	-,042	,152	,368	-,159	,645*	,246	,234	1						
Se	-,505	-,010	-,021	,168	-,229	-,598*	-,370	-,221	,290	,325	-,492	-,168	-,317	,027	-,265	-,404	1					
Sr	,822**	-,132	,092	-,415	,090	,597*	-,048	,450	-,164	-,036	,464	,415	,515	,212	,466	,619*	-,747**	1				
Th	,050	-,232	,175	,155	-,232	,130	,178	-,212	-,682*	,087	-,346	-,155	-,047	-,402	,297	,334	-,479	,366	1			
U	-,548	,792**	,278	,450	,082	-,550*	,572*	-,411	-,271	,184	-,219	,451	-,535	,044	,819**	-,192	,315	,478	,283	1		
V	,205	,201	-,151	-,302	-,302	,000	,263	,309	,239	,603*	-,168	,302	-,132	,203	-,345	-,288	,560*	-,198	,368	,204	1	
Zn	,381	,000	-,316	,000	,447	,000	,000	,062	,000	-,224	,427	,000	,616*	,253	,000	,778**	-,564*	,466	,260	-,092	,337	1

Dendrogram using Average Linkage (Within Groups)**Şekil 3.20.** Yağışlı Dönemde iz elementlerin Cluster analiz diyagramı

Arsenik (As): Genelde demir ve kükürt içeren minerallerde görülmektedir. Ayrıca doğal olarak toprakta, çeşitli kayalarda ve daha çok kurşun ve bakır içeren minerallerde de gözlenmektedir. Aynı zamanda tarım ilaçlarında da arsenik bulunabilmektedir. Bunların yanı sıra jeotermal sular da arsenik varlığına işaret edebilmektedir. Bu tarım ilaçlarının kullanımına ve/veya ilgili minerallerin ayrışmasına bağlı olarak da As yeraltı sularına karışabilmektedir. Arsenik, yüzey sularında genelde arsenat (As^5) formunda bulunurken, indirgen özellikteki yeraltı sularında ise genelde arsenit (As^3) formunda bulunmaktadır (Öztürk, 2014). Bu suların sürekli ve uzun süreli kullanımı sonucu çeşitli cilt hastalıkları ve nadir de olsa cilt kanseri oluşumu görülmektedir. Bazı araştırmalar göstermiştir ki arsenikli suların kullanımı kanserle beraber solunum hastalıklarına, şeker hastalığına, kalp-damar hastalıklarına, sinir sistemi hastalıklarına, karaciğer ve idrar yollarıyla ilgili rahatsızlıklara yol açmaktadır (Varol ve ark., 2008). İnceleme alanında yer alan tüm numunelerde her iki dönemde de arsenik içeriklerinin genel olarak 0,05 mg/l değerinin üzerinde tespit edildiği dolayısıyla içme suyu standartlarında istenen 0,01 mg/L değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1.1, 3.12 ve 3.13). Dönemsel olarak kaynakların As değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (Şekil 3.21 ve 3.22).

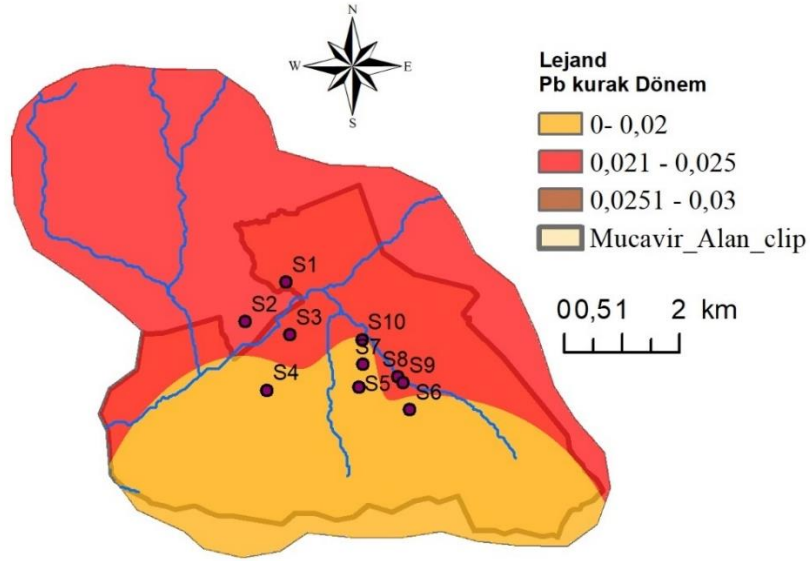


Şekil 3.21. Kurak Dönem As Yoğunluk Haritası

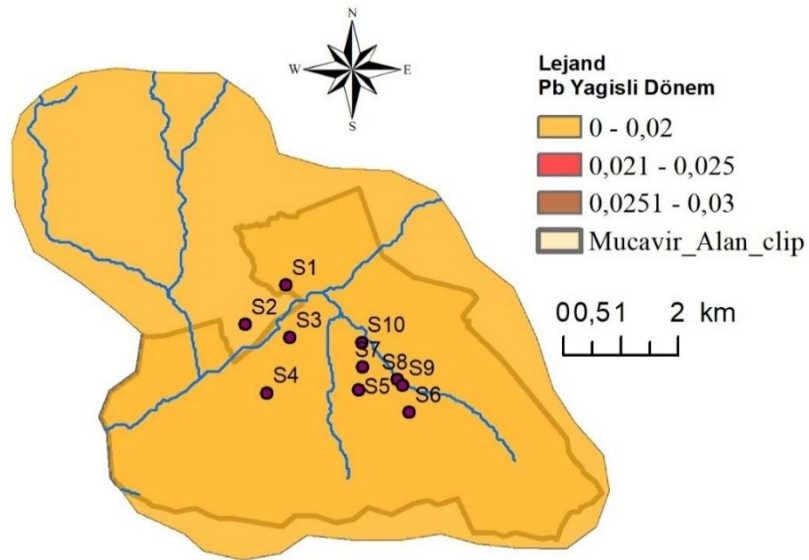


Şekil 3.22. Yağışlı Dönem As Yoğunluk Haritası

Kurşun (Pb): Kurşunun yeraltı sularına karışması magmatik kayalar ve K-Feldispatlar gibi jeolojik unsurların yanı sıra sanayi atıkları aracılığıyla da olmaktadır. Kandaki konsantrasyon değeri 0,2 $\mu\text{g/ml}$ değerini aştığı takdirde sağlık için olumsuz etkiler gözlenebilmektedir. Kronik kurşun zehirlenmelerinde iştahsızlık, zayıflama, baş ağrısı, ağızda madeni tat, yorgunluk, kansızlık, mide rahatsızlıkları gibi bulgular, dış etlerinde mavimsi çizgiler ve çok ileri seviyelerde hipertansiyon, sinir ve huzursuzluk gözlenebilmektedir (Varol ve ark., 2008). Numunelerdeki kurşun içerikleri her iki dönemde de 0,011-0,022 mg/l aralığında tespit edilmiştir. WHO, EC ve İ.T.A.S.H.Y. standartlarında istenen sınır değer 0,100 mg/l, US EPA standartlarında istenen limit değer 0,015 mg/l'dir. (Çizelge 1.1, 3.12 ve 3.13). Buna göre kurak dönemde tüm numunelerde kurşun içeriği ilgili tüm standart sınır değerlerinden yüksek çıkmıştır. Yağışlı dönemde ise S1, S2 ve S9 numunelerinde kurşun içeriği ilgili tüm standart sınır değerlerinden yüksek iken geri kalan tüm numunelerde değerler US EPA standart sınır değerinin altında, WHO, EC ve İ.T.A.S.H.Y. standartlarının ise üzerinde çıkmıştır. Bu nedenle, yukarıda sözü edilen sağlık sorunlarının görülebileceği öngörülmektedir. Dönemsel olarak kaynakların Pb değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (Şekil 3.23 ve 3.24).



Şekil 3.23. Kurak Dönem Pb Yoğunluk Haritası

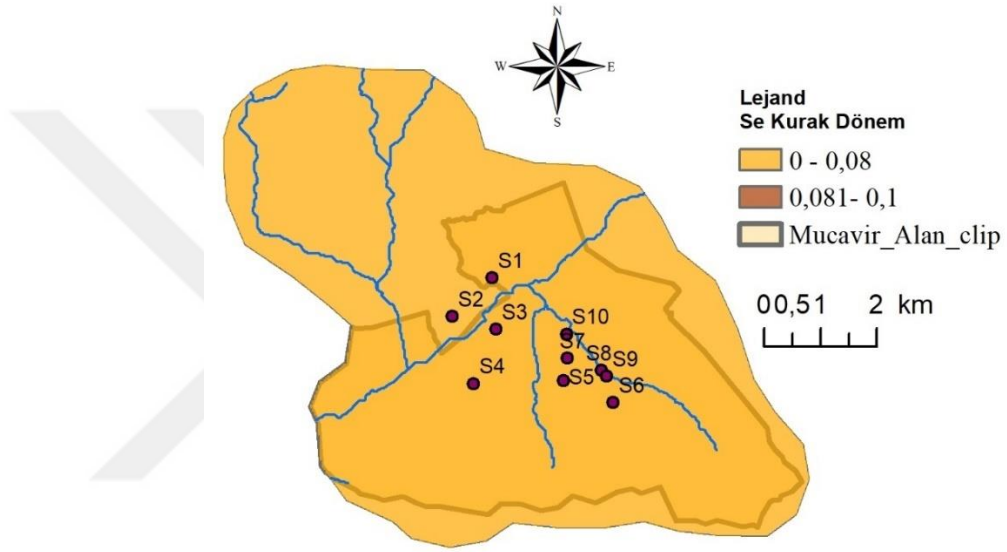


Şekil 3.24. Yağışlı Dönem Pb Yoğunluk Haritası

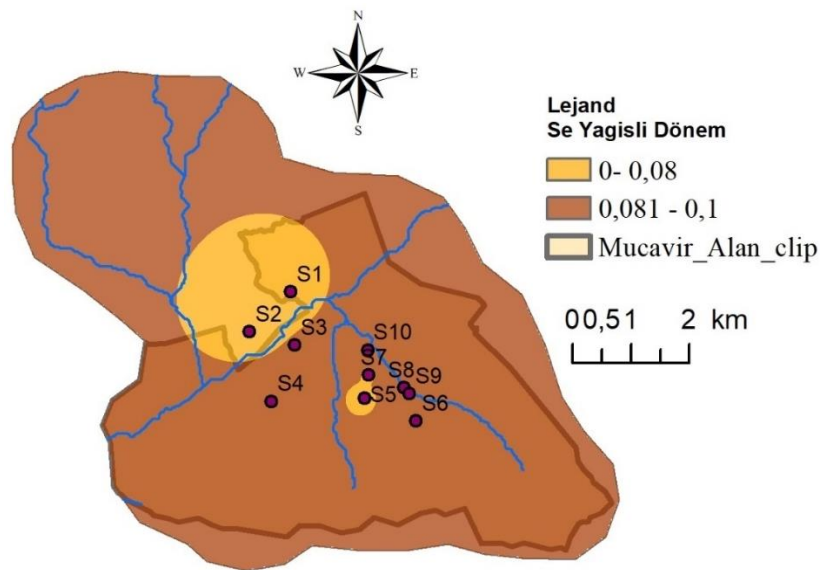
Selenyum (Se): Selenyumun kanda düşük oranda bulunması kalp rahatsızlıkları için bir risk etkeni olarak görülmektedir. Genellikle genç kadınlarda ve çocuklarda görülen bir kalp kası hastalığı olan ve Çin’deki Keşan eyaletinde sıklıkla gözlenen “Keşan Hastalığı”nın Se eksikliği nedeniyle oluştuğu tespit edilmiştir. Yine aynı bölgede ve selenyum eksikliğine bağlı gözlenen bir diğer hastalık olan “Keşan- Bek” hastalığı da endemik bir osteoartropati türüdür ve kas-iskelet sistemi deformasyonları ile kendini göstermektedir. Se eksikliğinde tiroitte işlev bozuklukları oluşabilir. Selenyum konsantrasyonunun kandaki değeri 60 ila 100 $\mu\text{g/l}$ olmalıdır. Se’nin fazla alınması tırnak

yapısında değişimler, saç dökülmesi, iştahsızlık, ishal, merkezi sinir sistemi değişiklikleri, böbrek ve karaciğer hasarına neden olabilmektedir (Varol ve ark., 2008).

Numunelerdeki selenyum içeriklerinin kurak ve yağışlı dönemler için 0,033-0,091 mg/l arasında değişkenlik gösterdiği, WHO, EC ve İ.T.A.S.H.Y. standartlarında istenen sınır değerler üzerinde oldukları belirlenmiştir. US EPA standartlarında istenen 0,05 mg/l değerine göre ise S3 ve S8 numuneleri dışında diğer tüm numunelerde yüksek olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1.1, 3.12 ve 3.13). Dönemsel olarak kaynakların Se değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (Şekil 3.25 ve 3.26).

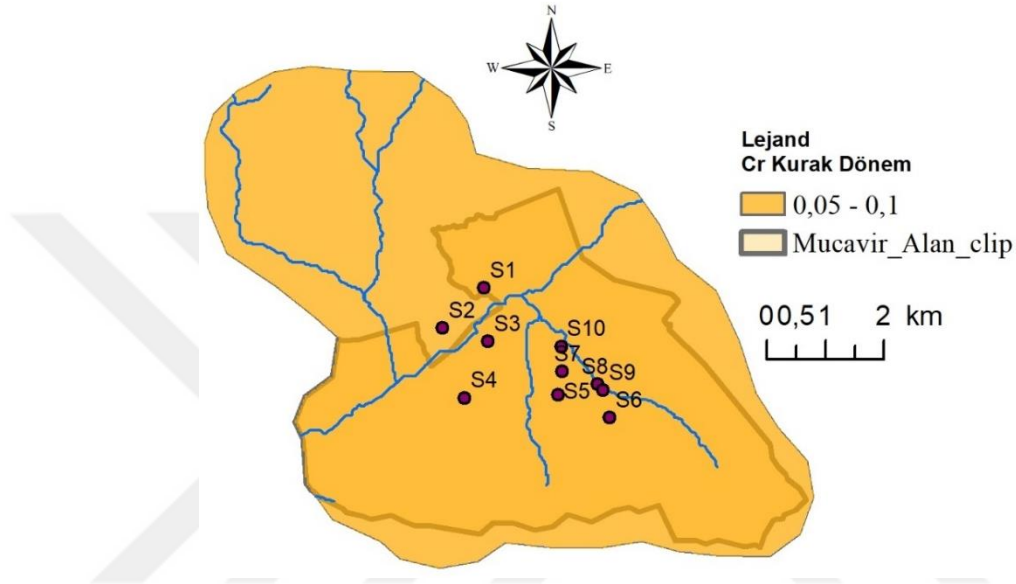


Şekil 3.25. Kurak Dönem Se Yoğunluk Haritası

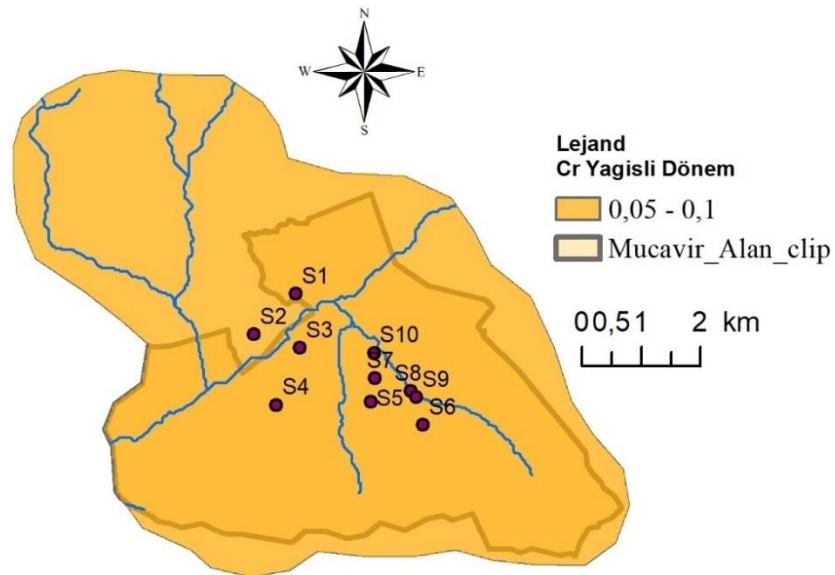


Şekil 3.26. Yağışlı Dönem Se Yoğunluk Haritası

Krom (Cr): Bir insanın günlük Cr gereksinimi 50 ila 200 μg civarındadır. Yüksek oranlarda alınması sindirim sistemi kanserleri ve rahatsızlıkları, kanama diyatezi ve deride alerjik tepkilere neden olabilir (Varol ve ark., 2008). Dönemsel ölçümlerdeki krom değerleri her iki dönemde de 0.078-0.080 mg/l aralığında olup; EC, İ.T.A.S.H.Y ve WHO içme suyu standartlarında istenen 0,05 mg/l limit değerinin üstünde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1.1, 3.12 ve 3.13). Dönemsel olarak kaynakların Cr değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (Şekil 3.27 ve 3.28).

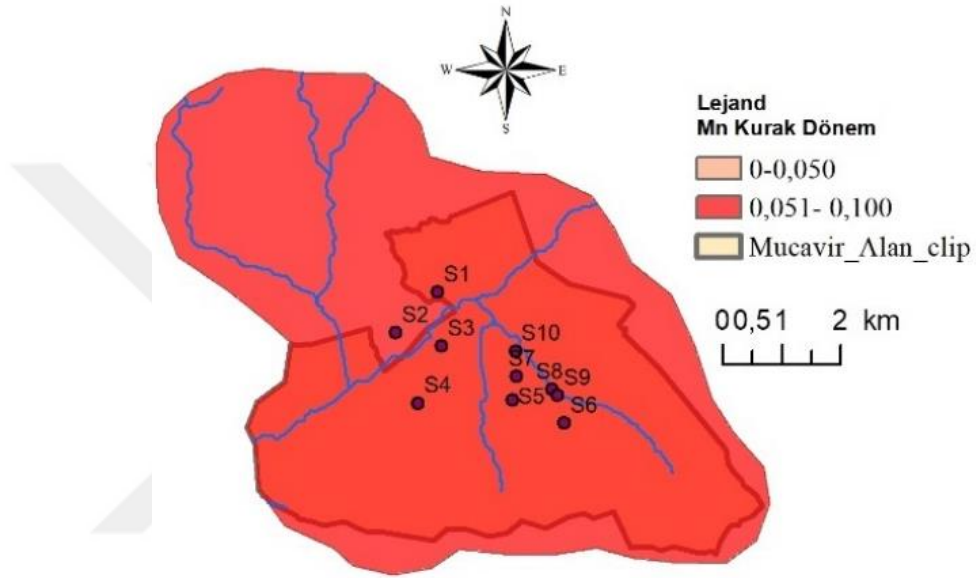


Şekil 3.27. Kurak Dönem Cr Yoğunluk Haritası

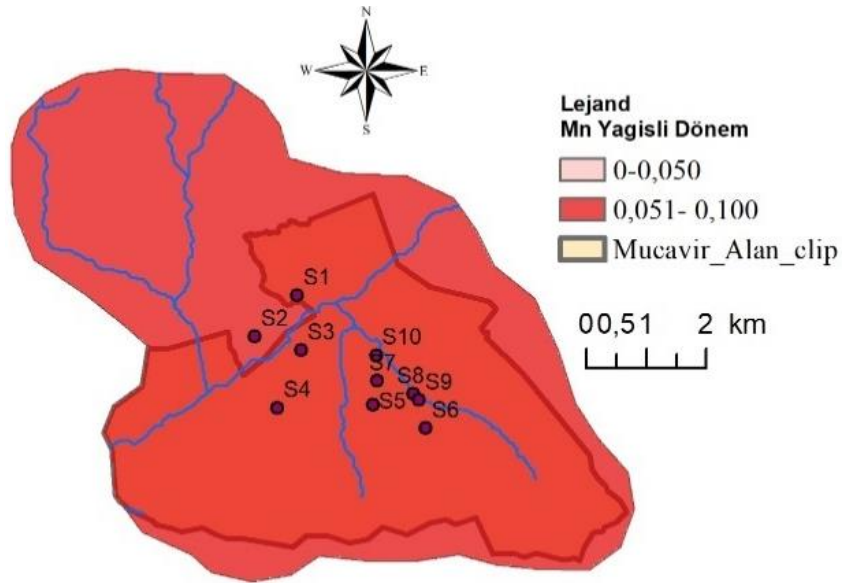


Şekil 3.28. Yağışlı Dönem Cr Yoğunluk Haritası

Mangan (Mn): Yüksek mangan konsantrasyon değerine sahip sular alzheimer hastalığına neden olmaktadır. İçme sularına jeolojik yapılardan ve içeriğinde mangan bulunan suni gübrelerden karışmaktadır (Varol ve ark., 2008). EC, İ.T.A.S.H.Y ve US EPA içme suyu standartlarında istenen üst limit değer 0,05 mg/l olup, ölçülen değerler her iki dönem için de bu standartların üzerinde olup, 0,086-0,088 mg/l aralığında tespit edilmiştir. WHO standartlarında ise 0,10 mg/l üst sınır olup ölçülen değerler bu üst sınırın altında kalmaktadır (Çizelge 1.1, 3.12 ve 3.13). Dönemsel olarak kaynakların Mn değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (Şekil 3.29 ve 3.30).



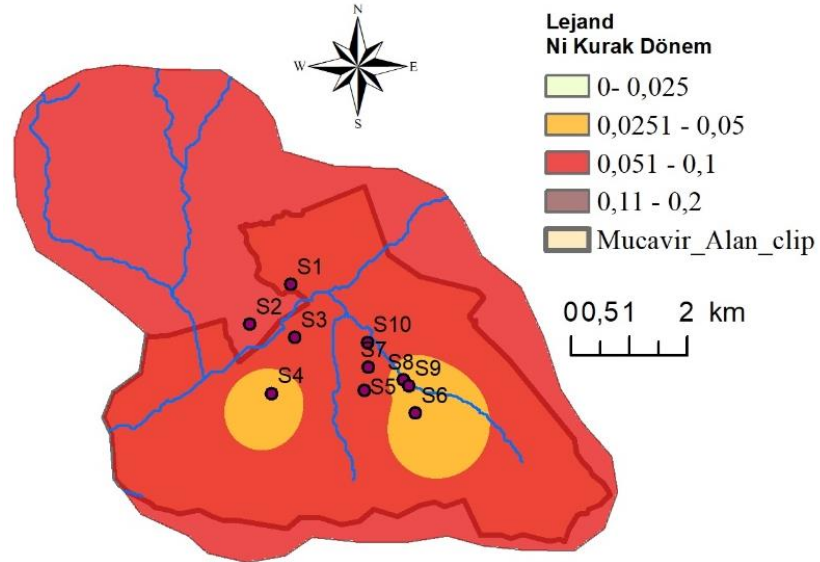
Şekil 3.29. Kurak Dönem Mn Yoğunluk Haritası



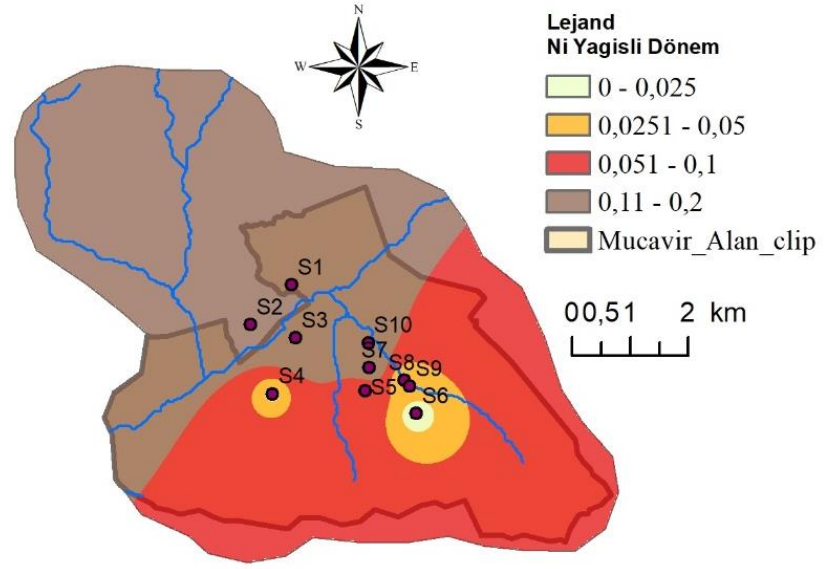
Şekil 3.30. Yağışlı Dönem Mn Yoğunluk Haritası

Demir (Fe): Demir içeren suni gübrelerden ve çeşitli jeolojik yapılardan içme suyuna karışan demirin, eksikliği durumunda halsizlik, yorgunluk, anemi, baş ağrısı, uyku bozuklukları, nefes darlığı, saç dökülmesi ve kolay tırnak kırılmaları gözlenmektedir. Fazlalığı ise baş dönmesi, karaciğer yetmezliği ve mide ağrılarına neden olabilmektedir (Varol ve ark., 2008). Standartlarda istenen limit değerler 0,2-0,3 mg/l'dir. Her iki dönemde ölçülen kaynak suyu demir içeriği değerleri 0.056-0.072 mg/l aralığında olup, istenen içme suyu parametrelerinin üst limitlerin altında kalmaktadır (Çizelge 1.1, 3.12 ve 3.13).

Bunlardan başka ender olarak gözlenen ve inceleme alanındaki numunelerin içeriğinde rastlanmamış olan toksik bir madde olan kadmiyum; yüksek oranlarda böbrek işlevlerinde bozulma, prostat ve akciğer kanserine, limit değeri 2 olan ve numune içeriklerinde maksimum 0,002 mg/l olarak rastlanan bakır; uzun süreli maruziyette karaciğerde ve böbreklerde harabiyete, kurak dönem içerik ölçüm değerleri 0,023-0,082 mg/l ve yağışlı dönem içerik değerleri 0,005-0,188 mg/l arasında değişen ve standartlarda istenen sınır değeri 0,02 mg/l olan nikel ise alerjik deri reaksiyonlarına, astım, burun ve gırtlak kanseri gibi hastalıklara neden olmaktadır (Varol ve ark., 2008). Dönemsel olarak kaynakların S1, S2, S3, S7, S10 kaynakları dışında Ni değerlerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (Şekil 3.31 ve 3.32).



Şekil 3.31. Kurak Dönem Ni Yoğunluk Haritası



Şekil 3.32. Yağışlı Dönem Ni Yoğunluk Haritası

4. SULARIN KALİTESİ VE KİRLİLİĞİ

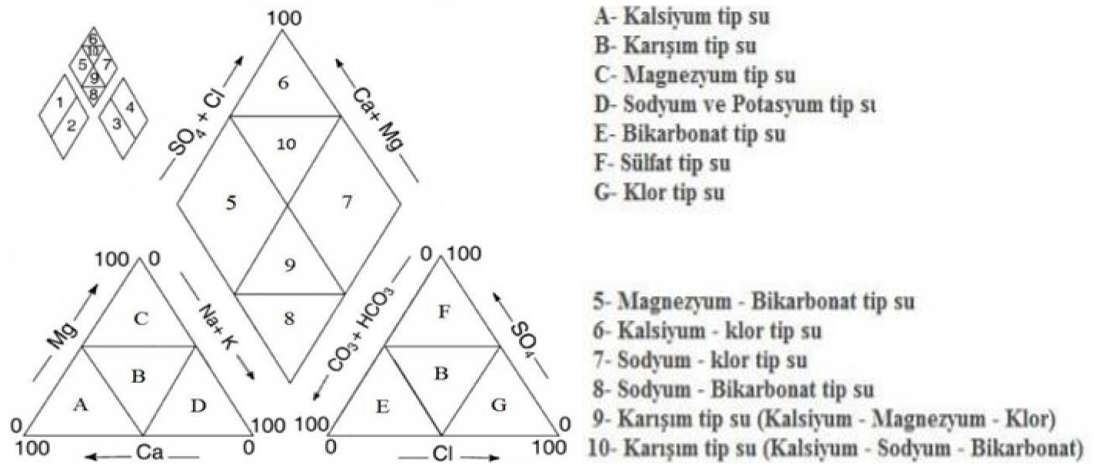
Çalışma kapsamında incelenen suların kalitelerini belirlemek amacıyla su sınıflandırılmalarının yapılabilmesi için analiz sonuçları AquaChem 2014.1 programı kullanılarak Piper, Durow, Scholler ve Wilcox diyagramları çizilmiş ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

4.1. Piper Diyagramları

Piper (1944), diyagramı suda bulunan temel anyon ve katyonların miktarlarının iyon yüzdelерinin meq/l oranları kullanılarak ve ilgili diyagramdaki bölünmüş alanlara yerleştirilerek suların sınıfını belirlemekte kullanılmaktadır. Diyagramın bölümleri ve bu bölümlere göre sınıflamalar aşağıdaki tabloda ve diyagramda görülmektedir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Piper'a göre suların sınıflanması (Canik, 2003).

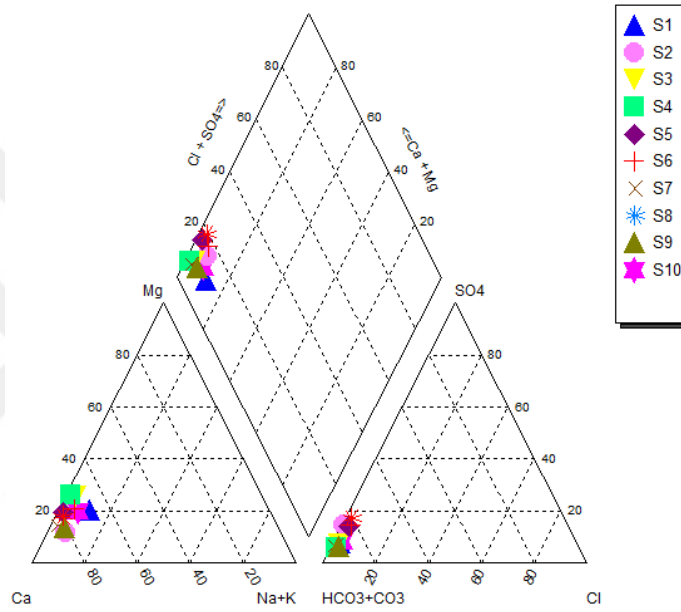
1.Bölge	$Ca+Mg > Na+K$, Karbonatlı ve sülfatlı sular
2.Bölge	$Na+K > Ca+Mg$, Tuzlu ve sodalı sular
3.Bölge	$HCO_3+CO_3 > Cl+SO_4$ (Zayıf asit kökleri > Güçlü asit kökleri)
4.Bölge	$Cl+SO_4 > HCO_3+CO_3$ (Güçlü asit kökleri > Zayıf asit kökleri)
5.Bölge	Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular ($CaCO_3$ ve MgO_3)
6.Bölge	Karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sular ($CaSO_4$ ve $MgSO_4$)
7.Bölge	Karbonat olmayan alkalitesi %50'den fazla olan sular ($NaCl$, $NaSO_4$, KCl)
8.Bölge	Karbonat alkaliliği > Karbonat olmayan alkalilik. Nadiren bulunur.
9.Bölge	İyonların hiçbirisi %50 'yi geçmeyen karışık sular



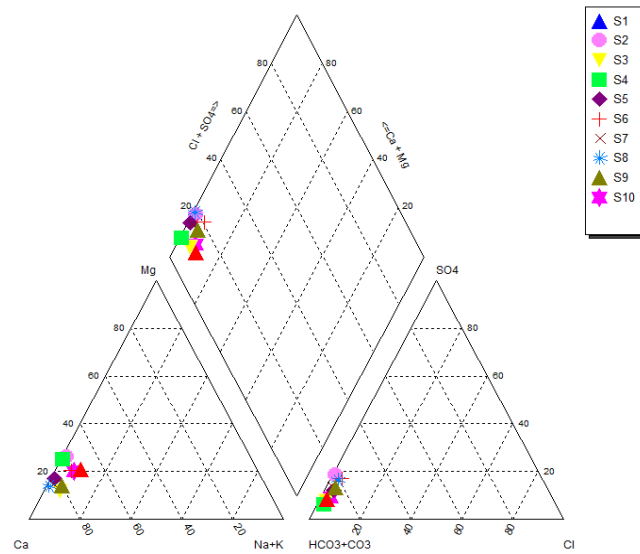
Şekil 4.1. Piper Diyagramı su sınıflama bölgeleri

Kurak ve yağışlı dönemlerde yapılan anyon-kasyon analiz değerleri ile oluşturulan diyagramlar aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.2 ve 4.3). Her iki dönemde de alınan anyon ve kasyon değerlerine göre hazırlanan diyagramlarda örnek içerikleri benzer dağılımdadır ve genel olarak 1.,3. ve 5. bölgede toplanmaktadır. Dolayısıyla incelenen bu sular piper sınıflamasına göre;

- $\text{Ca}+\text{Mg} > \text{Na}+\text{K}$ karbonatlı ve sülfatlı sular,
- $\text{HCO}_3+\text{CO}_3 > \text{Cl}+\text{SO}_4$ (zayıf asit kökleri>güçlü asit kökleri) ve
- Karbonat sertliği>karbonat olmayan sertliğe sahip su sınıfındadır.



Şekil 4.2. Kurak dönem piper diyagramı

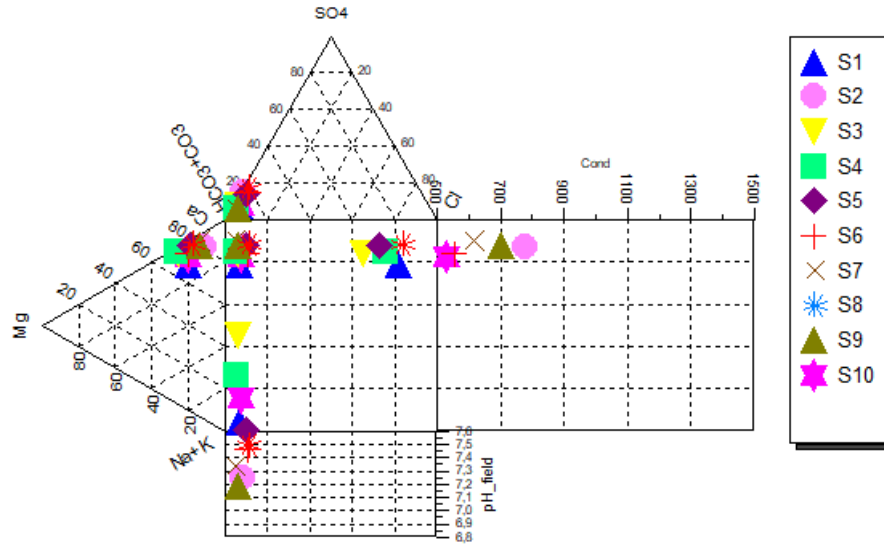


Şekil 4.3. Yağışlı dönem piper diyagramı

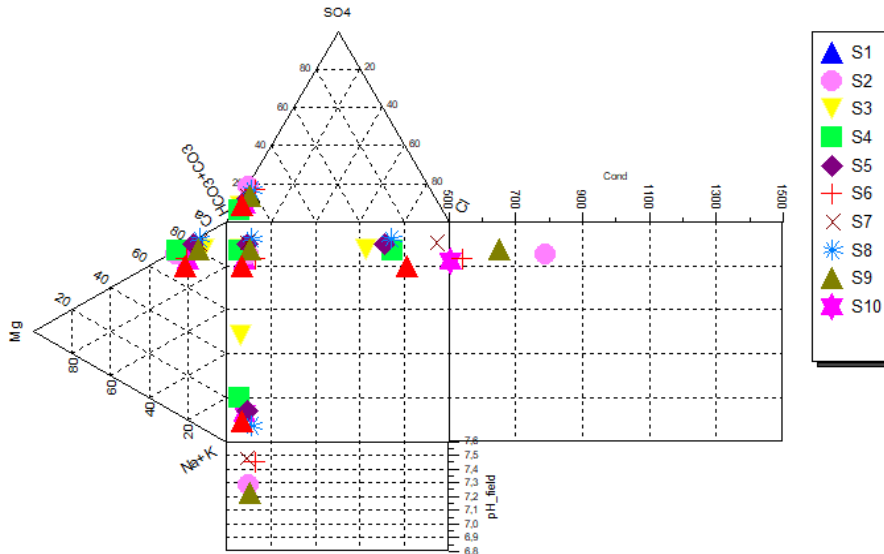
4.2. Durov Diyagramları

Durov (1948), diyagramında EC'ye bağlı olarak TDS ve pH değerleri kullanılarak suların karşılaştırılması yapılabilmektedir. Anyon ve katyonların meq/l değerleri ayrı ayrı işaretlenerek diyagrama yerleştirilmektedir.

Dönemsel ölçümlerin diyagrama işlenmesi sonucu incelenen suların ana anyonlarının HCO_3 ve ana katyonlarının Ca olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4- 4.5). Ayrıca içerdikleri temel anyon katyonlara göre yağışlı ve kurak dönemde kaynakların su tipleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Her iki döneme ait diyagramlara bakıldığında, incelenen numunelerin genel olarak aynı içeriklere sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte S1, S3 ve S4 örneklerinde çizelgede görüldüğü üzere çevre kayaç etkileşimi ve/veya yağmur sularının karışması nedeniyle dönemsel farklılıklar izlenmektedir.



Şekil 4.4. Kurak dönem durow diyagramı



Şekil 4.5. Yağışlı dönem durow diyagramı

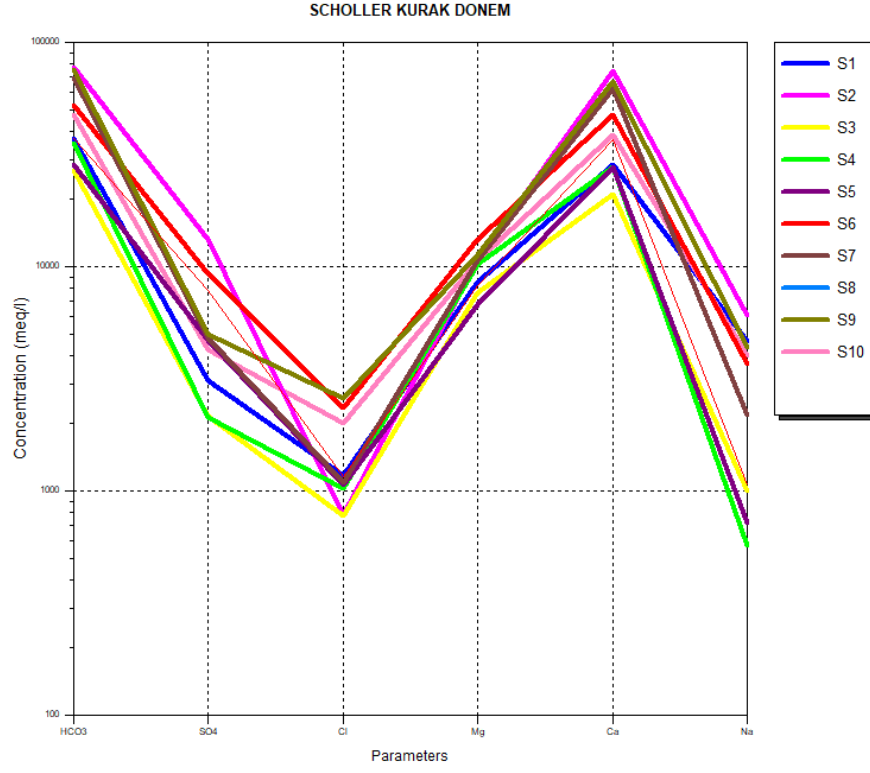
Çizelge 4.2. Örneklerin kurak ve yağışlı dönem su tipleri

Numune Adı	Kurak Dönem Su Tipleri	Yağışlı Dönem Su Tipleri
S1	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-HCO ₃
S2	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
S3	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃ -SO ₄
S4	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-HCO ₃
S5	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S6	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
S7	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S8	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
S9	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
S10	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃

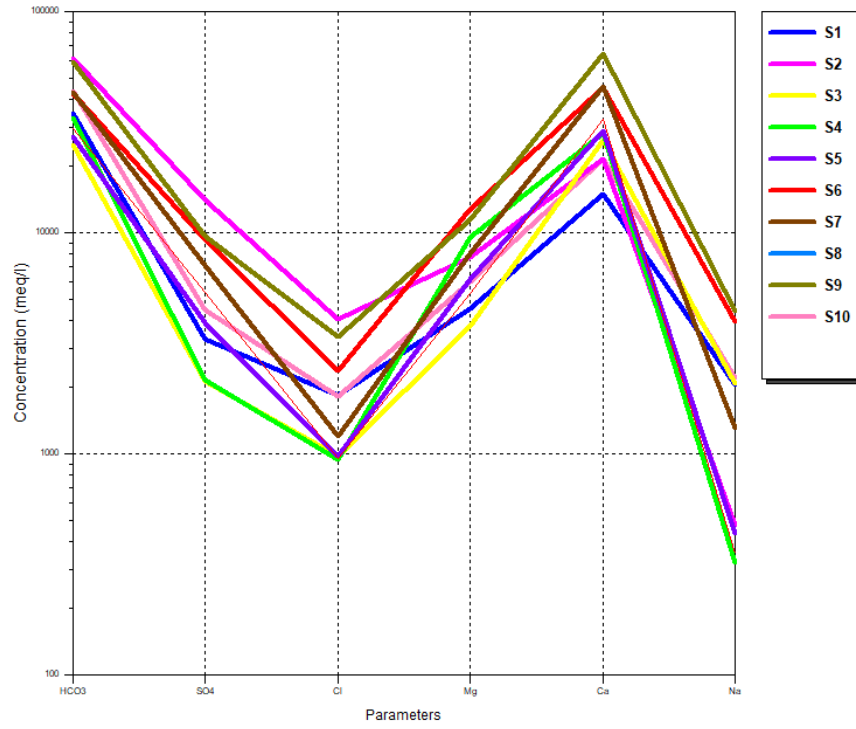
4.3. Scholler Diyagramları

Bu logaritmik diyagramda su örneklerinin her birinin anyon ve katyon değerleriyle sınıflandırılmaları yapılmaktadır. İyonların tek diyagramda izlenebilmesi ve suların benzer kökenlerden gelip gelmediğiyle ilgili fikir vermesi nedeniyle su araştırmacıları için tercih sebebi olmaktadır.

Aşağıda hazırlanan Scholler (1962), diyagramlarından da görüldüğü üzere her iki dönemde de iyon aralıkları benzer kalmıştır (Şekil 4.6 - 4.7). Bu da suların aynı kökenden beslendiğini göstermektedir. Ancak suların geçtiği yerlerde bulunan kayalarla tepkimeye girmesi ve/veya yağmur sularının yeraltı sularına karışması sebebiyle bünyelerine bir miktar iyon aldığı düşünülmektedir.



Şekil 4.6. Kurak dönem scholler diyagramı



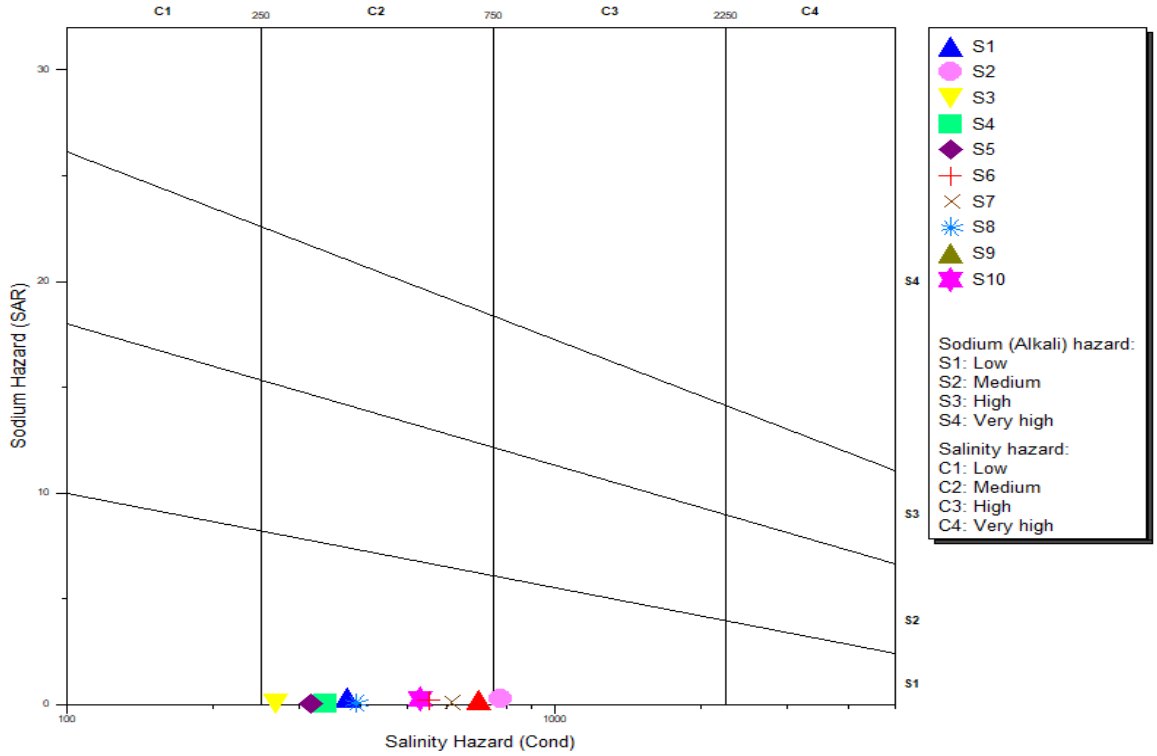
Şekil 4.7. Yağışlı dönem scholler diyagramı

4.4. Wilcox Diyagramları

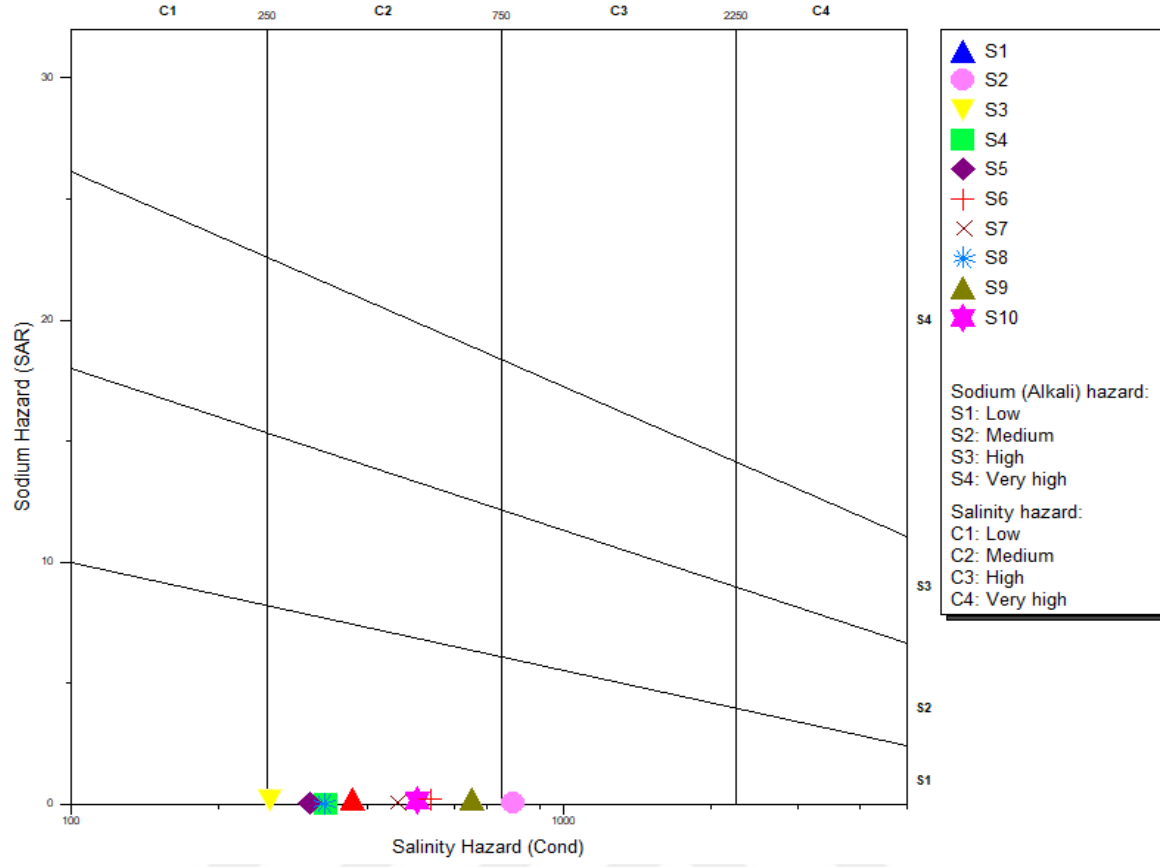
Wilcox (1955), diyagramı suların sulama suyu uygunluğunun belirlenmesi için kullanılan bir diyagramdır. Suların EC ve sodyum yüzde (%) değerleri baz alınarak diyagram oluşturulmaktadır. Grafikteki bölgelerin tehlike düzeylerinin tablolaştırılmış hali aşağıda yer almaktadır (Çizelge 4.3). Aşağıda ekli kurak ve yağışlı dönemler için hazırlanmış olan diyagramlara göre bu sular hem kurak hem yağışlı dönemde genel olarak düşük SAR değerine ve orta tuzluluğa sahip olduklarını gösteren C2-S1 bölgesinde yer almaktadırlar. Sadece S2 kaynağında tuzluluk seviyesi yükseğe yakın olarak tespit edilmiş ve C3-S1 bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Dolayısıyla, S2 kaynağı dışındaki suların sodyuma duyarlılığı yüksek olmayan ve orta tuzluluğa ihtiyaç duyan bitkiler için kullanılabileceği öngörülmüştür (Şekil 4.8- 4.9).

Çizelge 4.3. Wilcox diyagramı bölgeleri

Bölgeler	Sodyum (Alkali) Tehdidi	Bölgeler	Tuzluluk Tehdidi
S1	Düşük	C1	Düşük
S2	Orta	C2	Orta
S3	Yüksek	C3	Yüksek
S4	Çok yüksek	C4	Çok yüksek



Şekil 4.8. Kurak dönem Wilcox diyagramı



Şekil 4.9. Yağışlı dönem Wilcox diyagramı

5. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma ve Sonuçlar

Batman iline bağlı Sason ilçe merkezi ve yakın civarında bulunan doğal kaynak sularının kalitesinin ve jeokimyasının belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesi şu şekildedir:

Arazide yapılan in-situ ölçümlerinde kurak dönemde pH değerleri için tüm örneklerden en düşük S10 kaynağında ölçülen 7.18 ve en yüksek S4 kaynağında ölçülen 8,32 arasında değişim gösterirken yağışlı dönemde ölçümler en düşük S10 kaynağında 7.23 ve en yüksek S4 kaynağında 8,37 arasında değişim göstermiştir. Dönemler arasında kaynak noktalarında ölçülen pH değerlerinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bu değerler standartlarda belirtilen değerler aralığında yer almaktadır (pH=6.5-8.5).

Suların sıcaklık (T) değeri kurak dönemde en düşük 11.3 ve en yüksek 19⁰C, yağışlı dönemde ise en düşük 10.7 ve en yüksek 19.2⁰C aralığında ölçülmüştür. Dönemsel olarak kaynakların sıcaklık farklarında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.

Eh değerleri kurak dönemde -7 (S10) ile -72 (S4) değerleri arasında ölçülürken yağışlı dönemde -8 (S10) ile -75 (S4) arasında değişim göstermiştir. Değerlerin eksi (-) olarak çıkmış olması bu suların tamamının indirgen özellikte olduğunu göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik değeri EC kurak dönemde en düşük 268 ve en yüksek 776 arasında yağışlı dönemde ise en düşük 253 ve en yüksek 790 arasında değişmektedir. 750 değerini aşan S3 kaynağı dışında diğer tüm kaynaklar “iyi” sınıfında yer alırken, S3 kaynağı ise “kullanılabilir” sınıfında yer almaktadır (Çizelge 3.5). EC değerine bağlı olarak hesaplanan toplam çözünmüş katı madde içeriği olan TDS değerleri kurak dönemde en düşük 171 ve en yüksek 497 aralığında, yağışlı dönemde ise en düşük 161 ve en yüksek 507 aralığında değişim göstermektedir. Kurak ve yağışlı dönemler için ölçülen en düşük değerler S4 (171-161) kaynağına ve en yüksek değerler ise S3 (497-507) kaynağına aittir. TDS değerleri için WHO standartlarında bu değer max. 1000 mg/l iken US EPA standartlarında max. 500 mg/l’dir (Çizelge 1.1). Dönemsel olarak EC ve TDS değerlerinde S8 kaynağı dışındaki diğer tüm örneklerde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Debi ölçümlerinde S3 en düşük debi değerine (Kurak dönem 0,037-yağışlı dönem 0,045 lt/sn) S9 ise en yüksek debi değerine (Kurak dönem 21.3-yağışlı dönem 22.0 lt/sn) sahiptir. Kurak döneme kıyasla yağışlı dönemde S1, S4, S6 ve S8 kaynaklarında debi

değeri iki katından fazla olarak ölçülürken diğer tüm örneklerde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Örneklerin anyon ve kation değerleri standartlara uygun aralık içerisinde yer almaktadır. İçme suyu kalitesi açısından ilgili suların Piper diyagramına göre suları sınıflandırdığımızda 1. 3. ve 5. bölgede yoğunlaştıkları buna görede; $Ca+Mg>Na+K$ karbonatlı ve sülfatlı sular, $HCO_3+CO_3>Cl+SO_4$ (zayıf asit kökleri>güçlü asit kökleri) ve karbonat sertliği>karbonat olmayan sertliğe sahip su sınıfında oldukları tespit edilmiştir.

Durov diyagramlarına göre ana kationun Ca ve ana anyonun HCO_3 olduğu belirlenmiştir. Kökeni belirlemek için hazırlanan Schoeller diyagramlarına baktığımızda suların genel olarak aynı kökenden beslendiğini görülmektedir. İncelenen kaynakların sulama suyu özelliklerinin belirlenmesi için hazırlanan Wilcox diyagramlarına göre bu sular hem kurak hem yağışlı dönemde genel olarak düşük SAR değerine ve orta tuzluluğa sahip olduklarını gösteren C2-S1 bölgesinde yer almaktadırlar. Sadece S2 kaynağı yüksek tuzluluk oranıyla C3-S1 bölgesine düşmektedir. Buda orta tuzluğa ihtiyaç duyan ve sodyum duyarlılığı yüksek olmayan bitkilerde suların kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Her iki dönemde hem in-situ, hem de laboratuvar ortamında elde edilen veriler WHO (2011), EC (2007), US EPA (2009) ve “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” (İ.T.A.S.H.Y., 2016) içeriklerinde belirtilen içme suyu parametre sınır değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirmeleri yapılmıştır. Kurak ve yağışlı dönemleri kapsayan ve standart limit değerler dışında ölçüm veren ağır metallere ait ölçüm değerleri Çizelge 5.1 ve 5.2’de verilmiştir.

Nikel içerikleri tüm numunelerde kurak dönemdeki ölçümlerde en düşük 0.023 ve en yüksek 0.082 mg/l aralığında olup standartlarda istenen 0.020 mg/l limit değerinden yüksek ölçülürken, yağışlı dönemde ise S4, S6 ve S8 örneklerinde limit değerinin altında kalmıştır (Çizelge 5.1 ve 5.2). Dönemsel olarak S1, S2, S3, S7 ve S10 örnekleri dışında anlamlı bir değişim bulunmamaktadır.

Krom içeriği her iki dönemde tüm numunelerde İ.T.A.S.H.Y., WHO ve EC standartlarında istenen üst limit olan 0,05 mg/l değerinden yüksek çıkmıştır. Kurşun içeriği kurak ve yağışlı dönem ölçümlerinde tüm örneklerde WHO, İ.T.A.S.H.Y. ve EC standartlarına ait üst limit (0,010 mg/l) değerini aşmaktadır (Çizelge 5.1 ve 5.2).

Kurak ve yağışlı dönemlerde tüm numunelerden alınan örneklerdeki Selenyum içerikleri WHO, İ.T.A.S.H.Y. ve EC standartlarında yer alan üst limit değerleri aşarken, kurak dönemde ölçülen numunelerden S3 ve S8 örneklerinde U.S. EPA standartlarında

istenen üst limitin altında kalmıştır (0,05 mg/l). Mangan değerleri her iki dönemde tüm numunelerde 0,086-0,088 mg/L aralığında ölçülmüş olup İ.T.A.S.H.Y., EC ve U.S. EPA standartlarında istenen sınır olan 0,05 mg/l limitini aşmaktadır. WHO standartlarında üst limit 0,100 mg/l olup, değerler bu limitin altında kalmaktadır (Çizelge 5.1 ve 5.2).

Çizelge 5.1. Kurak dönem standart dışı ölçümler

Numune adı	Arsenik	Nikel	Krom	Kurşun	Selenyum	Mangan
S1	0,058	0,073	0,079	0,022	0,067	0,088
S2	0,058	0,082	0,079	0,020	0,061	0,088
S3	0,058	0,082	0,079	0,021	0,042	0,088
S4	0,058	0,023	0,078	0,019	0,068	0,087
S5	0,059	0,081	0,079	0,018	0,061	0,088
S6	0,058	0,030	0,079	0,019	0,072	0,088
S7	0,058	0,075	0,079	0,020	0,061	0,088
S8	0,058	0,027	0,080	0,021	0,033	0,088
S9	0,058	0,056	0,079	0,021	0,075	0,088
S10	0,058	0,071	0,079	0,020	0,074	0,088
WHO	0,010	0,020	0,050	0,010	0,010	0,100
EC	0,010	0,020	0,050	0,010	0,010	0,050
US EPA	0,010	-	0,100	0,015	0,050	0,050
İ.T.A.S.H.Y.	0,0100	0,0200	0,050	0,010	0,010	0,050

Çizelge 5.2. Yağışlı dönem standart dışı ölçümler

Numune adı	Arsenik	Nikel	Krom	Kurşun	Selenyum	Mangan
S1	0,058	0,174	0,080	0,015	0,076	0,088
S2	0,058	0,188	0,080	0,015	0,076	0,088
S3	0,058	0,182	0,079	0,014	0,080	0,088
S4	0,058	0,019	0,080	0,011	0,089	0,086
S5	0,058	0,045	0,079	0,011	0,077	0,088
S6	0,058	0,005	0,080	0,014	0,080	0,088
S7	0,058	0,180	0,079	0,014	0,079	0,088
S8	0,058	0,012	0,080	0,011	0,088	0,088
S9	0,058	0,043	0,080	0,018	0,091	0,087
S10	0,058	0,145	0,080	0,013	0,090	0,088
WHO	0,010	0,020	0,050	0,010	0,010	0,100
EC	0,010	0,020	0,050	0,010	0,010	0,050
U.S. EPA	0,010	-	0,100	0,015	0,050	0,050
İ.T.A.S.H.Y.	0,010	0,020	0,050	0,010	0,010	0,050

Yüzeyel akış, rüzgarla taşınan toz ve yeraltına sızma şeklinde havaya ve suya karışabilen As, bazı kayaçlarda, toprakta ve daha çok bakır ve kurşun içerikli mineraller ve cevherlerde doğal halde bulunmaktadır (Chou and Rosa, 2003; Başkan ve Pala, 2009). En yaygın As taşıyıcısı olarak bilinen mineraller pirit, farklı As sülfütlü ve As sülfotuzlarıdır ve bunlar aracılığıyla As yeraltı suyuna geçebilmektedir (Kim and Nriagu, 2000; Smedley and Kinniburgh, 2002; Kent and Fox, 2004; Öztürk ve ark., 2014). As, genellikle demirli ve kükürt içerikli minerallerde bulunduğundan, bu minerallerin çözünmesiyle de yeraltı suyunun bileşimine eklenebilmektedir (Smedley and Kinniburgh, 2002; Prohaska and Stingeder, 2005; Öztürk ve ark., 2014). Volkanik kayalar, ılıcalar, kaplıcalar, başkalaşım ve çöküntü kayaları, mineraller çökeller ve deniz suyu As doğal kaynakları arasındadır (Başkan ve Pala, 2009). Ülkemizin Menderes masifiyle ilişkili olan Afyon, Kütahya ve İzmir gibi batı kesimlerindeki jeotermal sulardaki arsenik değerlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir (Koby ve ark., 2011; Öztürk ve ark., 2014).

Çalışma alanımızda, arsenik değerleri her iki dönem için tüm numunelerde 0.058-0.059 mg/l aralığındadır ve bu değerler ilgili standartlarda istenen üst limit olan 0,01 mg/l değerini aşmaktadır.

Koza madencilik tarafından Sason civarında yapılmış olan çalışmalarda Tütü ve Kızılağaç formasyonlarında bakır ve demir cevherleşmeleri bulunduğu ve bu zonlarda kalkopiritçe (CuFeS_2) zengin damarların olduğu tespit edilmiştir (<https://kozaanadolumental.com.tr/operasyonlar-ve-projeler/batman-sason-projesi/>).

Değirmenci (2017), Sason civarında yapmış olduğu çalışmasında, inceleme alanı içerisinde yer alan Güvercinlik Köyünden alınan GÜ-M3 örneğinde demir, kurşun ve bakır içeren minerallerin bulunduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, bölgede Sason kaplıcaları yer almaktadır.

Tüm bu çalışmalar ışığında inceleme alanında bulunan yeraltı sularındaki arseniğin kaynağının civarda bulunan kayaçlardaki bakır, kurşun ve demir içerikli mineraller ve/veya ilçenin yakın civarında bulunan jeotermal kaynaklı hidrotermal sularla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

İncelenen sulara içme suyu kullanımı açısından bakıldığında, temel anyon katyon içerikleri bakımından sorun teşkil edecek değerler içermediği görülmektedir. Ancak, içerdikleri ağır metallerden değerleri sınır değerinin üzerinde çıkan As, Ni, Cr, Pb, Se ve Mn nedeniyle bu suların kullanımının halk sağlığı açısından tehlike arz edebileceği düşünülmektedir.

5.2. Öneriler

Bu tez çalışması kapsamında elde edilmiş olan veriler ışığında önerilerimiz şu şekildedir:

1. Sason ilçe merkezinde ve yakın civarında incelenen sularda tespit edilen sorunlar ve daha önce yapılmış çalışma olmaması nedeniyle bölgede detaylı jeolojik ve hidrojeolojik araştırmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

2. S2 kaynağı dışındaki tüm kaynakların sodyuma duyarlılığı yüksek olmayan ve orta tuzluluğa ihtiyaç duyan bitkiler için kullanılabileceği öngörülmektedir

3. Sudaki ağır metallerin (As, Ni, Cr, Pb, Se ve Mn v.b.) belirtilen standartların üzerinde değerler içermesi, halkın kullanımına açık durumda olan bu kaynakların kalite ve kirlilik analizlerinin periyodik olarak yetkili kurumlarca yapılması ve riskli durumlar için gerekli önlemlerin alınması gerektiğini düşündürmektedir. Özellikle arseniğin canlıların sağlığına verebileceği zararlar açısından ayrıca ele alınması ve bertaraf edilmesi önem arz etmektedir. Bilindiği üzere susuzluk tüm dünyayı giderek daha da tehdit eden bir unsur haline gelmektedir. Bu nedenle su kaynaklarına gereken önemin verilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Arpacık, F., 2014, Hopur İçmesi (Kahramanmaraş) Mineralli Su Kaynağının Hidrojeokimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, sf 71.
- Atabey, E., 2005, Tıbbi Jeoloji, *Jeoloji mühendisleri odası yayınları*, Ankara, p. 134.
- Aydın, Y., 2019, Batman İli Toprak ve Su Kaynaklarının Tarımsal Açından Değerlendirilmesi, *YYÜ TAR. BİL DERG (YYU J AGR SCI)*, 29(1): 178-186.
- Başkan, M.B. ve Pala, A., 2009, İçme Sularında Arsenik Kirliliği : Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt, 15, Sayı, 1, 69-79.
- Canik, B., 2003, Hidrojeoloji yeraltı sularının aranması, işletilmesi, kimyası. *Ertem Yay.*, Ankara, 244-248.
- Celep, S., 2009, Trabzon İli Yeraltı ve Yerüstü Sularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal İncelemesi ve Su Kalitesinin İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, sf 166.
- Chou, H.S.J. and Rosa, C.T.D., 2003, Case Studies Arsenic. *J. Hyg. Env. Health.* 206, 381-386.
- Davraz, A., BAL, Y., Aksever, F., Varol, S., 2019, Şuhut (Afyonkarahisar) Batısı Su Kaynaklarının Hidrojeoloji ve Hidrojeokimyasal İncelemesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 23, Sayı 2, 549-559.
- Davraz, A., Eraslan, İ.S., 2019, Karacabey (Bursa) İlçesinin Hidrojeoloji İncelemesi ve İçme Sularının Sağlık Risk Değerlendirmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 23, Sayı 2, 515-527.
- Değirmenci, A., 2017, Sason (Batman) Civarının Jeolojik Özelliklerinin Uzaktan Algılama ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Batman, sf 55.
- Demir, S., 2008, Isparta ve Yakın Çevresi Yeraltısularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal İncelenmesi ve İçme Suyu Kalitesinin İzlenmesi, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-13.
- Durov, S.A., 1948, Natural Waters and Graphic Representation of Their Compositions: *Akademiya Nauk SSSR Doklady*, 59, 87-90.
- EC, 2007, Drinking Water Regulations: ISBN 1-4064-1295-3.
- Ercan, S., 2018, Tombak (Göksun-Kahramanmaraş) Mevkii Soğuk Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, sf 54.

- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987, Yeraltı suları Jeolojisi, *İTÜ Yayınevi*, İstanbul, 339.
- Ertan, G., 2019, Niğde Bölgesi İçme ve Sulama Suyu Kaynaklarının Hidrojeokimyasal, Su Kalitesi ve İçilebilirlik Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde, sf 118.
- EPA, 2009, National Primary Drinking Water Regulations: EPA 816-F-09-004.
- Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1983, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Muş L46-b3 Paftası: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Göncüoğlu, M. C. ve Turhan, N., 1985, Bitlis Metamorfik Kuşağı Orta Bölümünün Temel Jeolojisi, MTA Rap. No:7707.
- Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., 1992, 1/100.000 ölçekli Açınama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No: 38. Muş İ-33 (L47) Paftası. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Yayını.
- Güler Ç., Çobanoğlu Z., 1997, Su Kalitesi, *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, No: 43, Ankara.
- Gülsever, H., 2006, Dicle Havzasında Sıcaklık –Yağış Ve Kuraklık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, sf 61.
- Gündüz T., 2012, Çevre Kirlenmeleri ve Kimyasal Temelleri, *Gazi Kitap Evi*, Ankara, 53-81.
- İ.T.A.S.H.Y., 2016, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17.02.2005 Resmî Gazete Sayısı: 25730
- Kent, D.B. and Fox, P.M., 2004, The influence of groundwater chemistry on arsenic concentrations and speciation in a quartz and gravel aquifer, *Geochem. Transact.*, 5, 1, 1-12.
- Kim, M.J. and Nriagu, J., 2000, Oxidation of arsenite in groundwater using ozone and oxygen, *Sci., Total., Environ.*, 247, 1, 71-79.
- Kobyas, M., Gebologlu, U., Ulu, F., Oncel, S., Demirbas, E., 2011, Removal of Arsenic from Drinking Water by the Electrocoagulation Using Fe and Al Electrodes, *Electrochimica Acta*, 56, 5060–5070.
- Kurt A., 2019, Van Ovası Yüzey Ve Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, sf 69.
- Özkaya İ., Güneydoğu Anadolu Sason ve Baykan Yöresinin Stratigrafisi, 1974, Cilt 17, Sayı 1, Sf 51-72. 28021974 Türkiye Jeoloji Bülteni.
- Öztürk, M., Polat, A., Aslan, Ş., 2014, İçme Sularında Arsenik Kirlenmesi, İSEM Çevre ve Ahlak Sempozyumu 2, 24-26 Ekim 2014, 263-273, Adıyaman.

- Özulukule, S., 2010, Fırat Üniversitesi (Elâzığ) Kampüs Alanındaki Yeraltı Suyu Kimyası ve Kalitesi, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, sf 72.
- Pınarkara, Ş.Y., Arslan, Ş. ve Nalbantçılar, M.T., 2013, Batman'ın Yeraltı suyu Kalitesinin İncelenmesi: *Baki Canik Su Medeniyeti Sempozyumu*, 7-9 Ekim 2013, 57, Aksaray.
- Pınarkara, Ş.Y., 2014, Batman Merkezi Yeraltı suyunun Hidrokimyasal İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman, sf 76.
- Piper, A.M., 1944, A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses: *American Geophysical Union Transactions*, 25, 914-923.
- Prohaska, T. and Stingeder, G., 2005, Speciation of Arsenic, in Handbook of Elemental Speciation II: Species in the Environment, Food, Medicine and Occupational Health (Ed.: R. Cornelis, H. Crews, J. Caruso and K. G. Heumann), *John Wiley and Sons*, ISBN: 0-470-85598-3 Chichester, İngiltere, 69-8.
- Schoeller, H., 1962, Les emus Soutenain. es., Massoo et cie, Paris.
- Smedley, P.L. and Kinniburgh, D.G., 2002, A Review of the Sources, Behavior and Distribution of Arsenic in Natural Waters, *Appl. Geochem.* 17, 517-568.
- Şener, Ş., Şener, E., 2021, Şefaatli (Yozgat) Doğusu Su Kaynaklarının Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal İncelemesi, *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 9(1), 126– 138.
- Varol S., Davraz A. Ve Varol E., 2008, Yeraltı Suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi, *TAF Prev Med Bull*, 351-356.
- WHO, 2011, Guidelines For Drinking-water Quality; 4th ed.: ISBN 9789241548151, Annex 3- Chemical Summary Tab., 472-474.
- Wilcox, L.V., 1955, Classification and Use of Irrigation Waters: US Dept. Agric. Circ. Washington D.C., 969, 19 p.,
- Yavuz, V.S., 2017, Batman Ovası'nın Yeraltı Suyu Potansiyeli Ve Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Modellenmesi, Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, sf 107.
- Yiğit, E., 2016, Gezin (Elâzığ) Beldesi Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal İncelemesi Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elâzığ, sf 85.
- <https://cevre.erciyes.edu.tr/upload/5V2OV8N1-fiziksel-Olcum-yontemleri.pdf> [Erişim tarihi 04 Ocak 2024]
- <https://kozaanadolumental.com.tr/operasyonlar-ve-projeler/batman-sason-projesi> [Erişim tarihi 04 Ocak 2024]