



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AKHÜYÜK (EREĞLİ – KONYA) KAYNAK VE
SONDAJ SULARININ HİDROKİMYASAL VE
İZOTOPIK İNCELEMESİ

Constantin TONKEU DIPANKEU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK-2024
KONYA

TEZ KABUL VE ONAYI

Constantin TONKEU DIPANKEU tarafından hazırlanan “AKHÜYÜK (Ereğli – Konya) Kaynak ve Sondaj Sularının Hidrokimyasal ve İzotopik İncelemesi” adlı tez çalışması 15/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. ŞERİFE YURDAGÜL KUMCU

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi GÜLER GÖÇMEZ

.....

Üye

Prof. Dr. AYLA BOZDAĞ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

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.

İmza

Constantin TONKEU DIPANKEU

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKHÜYÜK (EREĞLİ – KONYA) KAYNAK VE SONDAJ SULARININ HİDROKİMYASAL VE İZOTOPIK İNCELEMESİ

Constantin TONKEU DIPANKEU

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Güler GÖÇMEZ

Aralık 2023, ... Sayfa

Jüri

Danışmanın Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Çalışma Akhüyük sıcak ve mineralli kaynakları ve çevresini kapsamaktadır. Sıcak ve mineralli suların kökeni, hidrojeokimyasal özellikleri, izotopik bileşimleri ve hazne kaya sıcaklıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanı ve çevresinde Neojen ve Kuvaterner yaşlı birimler yer almaktadır. Çalışmada 13 soğuk su kuyusu, 3 sıcak ve mineralli kaynak 3 sıcak su sondajından örnek alınmıştır. Soğuk suların sıcaklıkları 13- 16 °C, pH değerleri 6.51-7.2, EC değerleri 289-6050 $\mu\text{S/cm}$, kuyuların derinlikleri 84-220, statik seviyeleri 8-74 m, dinamik seviyeleri 26-90 m, debileri ise 16-40 l/sn arasındadır. Sıcak ve mineralli su kaynakları Kükürtlü tepede fay hattı boyunca çıkarak traverten konisi oluşturmuştur. Kaynak sıcaklıkları 19°C- 21 °C debi 0.1-0.5 l/sn, pH 6.68 – 7.1, EC değerleri 5600-10820 $\mu\text{S/cm}$, arasındadır. Kaynak alanına açılan jeotermal sondaj kuyuları rezervuar basıncını düşürdüğü için bazı kaynak çıkışlarının kurumasına neden olmuştur. Sıcak su sondajların derinlikleri 800-962 m suların sıcaklığı ise 21-26.5 °C, pH'ı 6.9-7.01, EC değerleri ise 12137-24361 $\mu\text{S/cm}$ arasındadır.

Soğuk sular Na-Cl, Ca-HCO₃, Na-HCO₃ ve NaSO₄, sıcak ve mineralli sular ile sıcak su sondaj suları Na-Cl tipli sulardır. Soğuk sular anhidrit, aragonit, kalsit dolomit, jips, halit minerallerine doymun olmayıp bu mineralleri çözme özelliğine sahiptir. Sıcak- mineralli kaynak ve sondaj suları aragonit, anhidrit, kalsit, dolomit, jips, minerallerince doymun olup çökeltici özelliktedir. Soğuk su örneklerinin oksijen $\delta^{18}\text{O}$ değerleri -10,43 ile 4,37 ‰, δD değerleri -26,68 ile 67,44‰ arasında, sıcak ve mineralli sularda $\delta^{18}\text{O}$ değerleri 8,41 ile 10,1 ‰, δD değerleri -11,25 ile -16,45‰ arasındadır. $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri sularının ana beslenim kaynağının meteorik kökene sahip kıtasal yağışlar olduğunu göstermektedir. Sıcak sularda $\delta^3\text{H}$ değeri, Cl ve EC değerinin yüksek olması sıcak suların derin dolaşımli olduğunu $\delta^3\text{H}$ değerinin düşük olması güncel yağışlardan az etkilendiğini ve soğuk sulara göre akifer içerisinde daha uzun süre kaldığını göstermektedir. Soğuk sularda yüksek $\delta^3\text{H}$, düşük Cl ve EC değeri suların sık dolaşımli olduklarını göstermekte ve $\delta^3\text{H}$ değerinin yüksek olması da güncel yağışların etkisinin olduğunu göstermektedir. $\delta^2\text{H}$ - $\delta^3\text{H}$ ilişkisi ne göre soğuk sular sık ve hızlı dolaşımli akiferde kalış süreleri kısa, sıcak ve mineralli sular ise derin dolaşımli ve akiferde kalış süresi uzundur. Jeotermometreler kullanılarak hesaplanan tahmini hazne kaya sıcaklığı 110-248°C arasındadır

Anahtar Kelimeler: Ereğli, İzotop, Jeotermometre, Sıcak su, Traverten

ABSTRACT

MS THESIS

Hydrochemmical and isotope investigation of Akhüyük (Ereğli – KONYA) spring and Drilling water

Constantin TONKEU DIPANKEU

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering

Advisor: Öğr. Üyesi Güler GÖÇMEZ

January 2024, 106 Pages

Jury

Advisor Danışmanın Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

The study covers Akhüyük hot and mineral springs and its surroundings. It is aimed to determine the origin, hydrogeochemical properties, isotopic compositions and reservoir rock temperatures of hot and mineral waters. There are Neogene and Quaternary aged units in the study area and its surroundings. In the study, samples were taken from 13 cold water wells, 3 hot and mineral springs and 3 hot water boreholes. Temperatures of cold waters are 13- 16 °C, pH values are 6.51-7.2, EC values are 289-6050 $\mu\text{S}/\text{cm}$, depths of wells are 84-220, static levels are 8-74 m, dynamic levels are 26-90 m, flow rates are 16-40 l/m. It is between sec. Hot and mineral springs emerged along the fault line on Kükürtlü hill, forming a travertine cone. Source temperatures are between 19°C-21°C, flow rate is 0.1-0.5 l/sec, pH is 6.68 – 7.1, EC values are 5600-10820 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Geothermal drilling wells drilled in the resource area have caused some resource outlets to dry out as they reduced the reservoir pressure. The depths of hot water drillings are 800-962 m, the temperature of the water is 21-26.5 °C, pH is 6.9-7.01, and EC values are between 12137-24361 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cold waters are Na-Cl, Ca-HCO₃, Na-HCO₃ and NaSO₄, hot and mineral waters and hot water drilling waters are Na-Cl type waters. Cold waters are not saturated with anhydrite, aragonite, calcite dolomite, gypsum and halite minerals and have the ability to dissolve these minerals. Hot-mineral spring and drilling waters are saturated with aragonite, anhydrite, calcite, dolomite, gypsum minerals and have precipitating properties. Oxygen $\delta^{18}\text{O}$ values of cold water samples are between -10.43 and 4.37 ‰, δD values are between -26.68 and 67.44‰, $\delta^{18}\text{O}$ values of hot and mineral waters are between 8.41 and 10.1 ‰, δD values are -11.25. It is between -16.45‰. $\delta^{18}\text{O}$ and δD values show that the main source of nutrition for its waters is continental precipitation of meteoric origin. High $\delta^3\text{H}$ values, Cl and EC values in hot waters indicate that hot waters have deep circulation, low $\delta^3\text{H}$ values indicate that they are less affected by current precipitation and remain in the aquifer longer than cold waters. High $\delta^3\text{H}$, low Cl and EC values in cold waters indicate that the waters have shallow circulation, and the high $\delta^3\text{H}$ value indicates that recent precipitation has an effect. According to the $\delta^2\text{H}$ - $\delta^3\text{H}$ relationship, cold waters have a short residence time in the shallow and fast-circulating aquifer, while hot and mineralized waters have a short residence time in the aquifer. It has deep circulation and long residence time in the aquifer. Estimated reservoir rock temperature calculated using geothermometers is between 110-248°C

Key Words: Ereğli, Isotope, Geothermometer, Hot water, Travertine

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tez çalışmam sırasında, tezin her aşamasında yol gösteren bilimsel katkıları ve her türlü desteğini esirgemeyen, arazi ve büro çalışmalarım sırasında yanımda olan danışman hocam Dr.Öğretim Üyesi Güler GÖÇMEZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaların sırasında ve yapılan sondajları takip ettiğim süreçte kampta kalmama imkân sağlayan Ereğli Belediye Başkanı Hüseyin OBRUKÇU'ya, sonsuz teşekkürler ederim.

Tez çalışmam sırasında yardımlarını gördüğüm Prof.Dr. Ayla Ayaz BOZDAĞ'a, Dr. Araş.Gör Belkant Çoşkuner'e, Arş.Gör. Alper Dülger'e teşekkür ederim.

Araziden aldığım örneklerin fiziko-kimyasal ve izotop analizlerinde yardımlarını gördüm Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarı Şube Müdürü Alime DİLAVER'e, Su Kimyası laboratuvarı şube müdürü Naim TAŞ'a sonsuz teşekkürler ederim.

Arazi çalışmalarım ve bölgede yapılan sondaj çalışmaları sırasında yardımları gördüm Jeoloji mühendisi Özgür USLU'ya, Jeoloji mühendisi Serdar SAĞIR'a, Ereğli ilçesinde İş insanı Halil Ceyhan'a sonsuz teşekkür ederim

Hayatım boyunca sevgi ve desteklerini esirgemeyen beni bu günlere getiren babam'a Dipankeu Apollinair'e ve kardeşlerime sonsuz teşekkürler ederim

Constantin TONKEU DIPANKEU
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. Giriş.....	1
1.1 Çalışma Alanı ve Genel özellikleri	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE METOT.....	8
3.1 Ön çalışmalar	8
3.2 Arazi Çalışmaları	8
3.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	9
3.4 Sonuçların Değerlendirilmesi.....	10
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	11
4.1 JEOLJİ-STRATİĞRAFİ	11
4.1.1 Aktoprak formasyonu (Plg-Nga)	11
4.1.1.1 Kabaktepe Üyesi (Plg-Ngaka)	12
4.1.1.2 Kurtulmuştepe üyesi (Plg-Ngaku)	12
4.1.1.3 Kızılöz üyesi (Plg-Ngakı).....	15
4.1.2 İnsuyu formasyonu (Ngi).....	16
4.1.3 Hotamış Formasyonu (Qh)	19
4.1.3.1 İsmil Üyesi (Qhi):.....	19
4.1.3.2 4.1.3.2. Bataklık Üyesi (Qhba)	20
4.1.4 Acıgöl Travertenleri (Qtr).....	21
4.1.5 Alüvyon Yelpazesi Çökelleri (Qay)	22
4.1.6 Alüvyon (Qal)	22
4.2 YAPISAL JEOLJİ.....	23
4.2.1 Faylar	23
4.2.2 Diskordanslar	24
4.2.3 4.2.3. Kırık ve Çatlaklar.....	25
4.3 JEOLJİK EVRİM.....	27
4.4 HİDROJEOLJİ.....	27
4.4.1 İklimsel faktörlerin değerlendirilmesi	27

4.4.1.1	Sıcaklık –Yağış-Nisbi Nem	27
4.4.1.2	Buharlaştırma ve terleme	32
4.4.2	Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri	35
4.4.2.1	Az Geçirimli Birim (AG- 1)	35
4.4.2.2	Az Geçirimli Birim (AG-2)	35
4.4.2.3	Az Geçirimli Birim (AG3)	38
4.4.2.4	Geçirimli Birim (G1)	38
4.4.2.5	Az Geçirimli Birim (AG4)	38
4.4.2.6	Geçirimli Birim (G2)	38
4.4.3	Su Kaynakları	39
4.4.3.1	4.2.3.1. Yüzey Suları	39
4.4.3.2	Soğuk Su Kuyuları	40
4.4.3.3	Kaynaklar	40
4.4.3.4	Sıcak Su Sondajları.....	42
4.4.3.5	Traverten Konileri	45
4.5	HİDROJEOKİMYA.....	46
4.5.1	Suların Fiziksel Özellikleri	46
4.5.2	Suların Kimyasal Özellikleri	48
4.5.2.1	Schoeller Diyagramı	48
4.5.2.2	Piper Diyagramı.....	57
4.5.2.3	Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	59
4.5.2.4	Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması.....	61
4.5.3	Doygunluk İndislerinin hesaplanması	63
4.5.4	Suların İzotopik Özellikleri	67
4.5.4.1	$\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi.....	67
4.5.4.2	^3H (Trityum) ilişkisi	70
4.5.4.3	$\delta^2\text{H}$ - ^3H ilişkisi.....	73
4.5.5	Jeotermometre Uygulamaları.....	73
4.5.5.1	Silis Jeotermometreleri	74
4.5.5.2	Katyon Jeotermometreleri	76
4.5.5.3	Silis-Entalpi Karışım Modeli.....	77
4.5.5.4	Buhar Kaybı Varsayımına Dayalı Karışım Modeli	78
5.	SONUÇLAR	80
6.	KAYNAKLAR	83

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2. Çalışma alanının yükseklik haritası	3
Şekil 1.3. İnceleme alanının orohidrografi haritası	3
Şekil 3.1. Arazi çalışmalarında kullanılan ölçüm cihazları	9
Şekil 4.1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Arık 2021 ve ark. dan değiştirilerek alınmıştır)	13
Şekil 4.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz)	14
Şekil 4.3. Kaletaş Tepede Aktoprak formasyonuna ait Kurtulmultepe üyesi (PlqNaku) ve Kızılöz üyesi (Plq-Nakı) (Arık ve ark 2021)	15
Şekil 4.4 . İnsuyu formasyonuna ait ince ve orta tabakalı kireçtaşları ve çakıllı	16
Şekil 4.5 İnsuyu formasyonunun tabanındaki çakıltaşları ve üste kesimlerdeki kilaşı ve kireçtaşı seviyeleri	17
Şekil 4.6. İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşı ve çamurtaşı ar dalanması içerisinde gözlenen karstik boşluklar	18
Şekil 4.7. Eski Hotamış Gölü tabanının görünümü.	19
Şekil 4.8. Çamur-marn ve kumlu göl çökellerinden oluşan, bataklık kuraklık izlerinde gözlemlendiği ismil üyesinin genel görünümü	20
Şekil 4.9. Akhüyük kaynağı çevresindeki travertenlerden görünüm	22
Şekil 4.10. Akhüyük çevresinde traverten ve alüvyon sınır ilişkisi	23
Şekil 4.11. İç Anadolu bölgesindeki tektonik yapılar (Koçyiğit 2003).	23
Şekil 4.12. İnceleme alanı çevresindeki faylar. (Temiz U. Savaş F.den alınmıştır)	24
Şekil 4.13 Traverten'e ait çatlak ölçümüne göre hazırlanan Gül diyagramı.	25
Şekil 4.14 Traverten alınan tabaka ölçümlerine ait nokta- kontur diyagramı (kıvrım eksen konumu KD60B 27GB.	26
Şekil 4.15 Aktoprak formasyonu tabaka ölçümlerine ait nokta- kontur diyagramı (kıvrım eksen konumu KD36B 9GB.	26
Şekil 4.16. İnceleme alanının sıcaklık grafiği	29
Şekil 4.17. Türkiye'de yıllık sıcaklık ortalaması haritası (www.mgm.gov.tr)	29
Şekil 4.18 İnceleme alanının yağış grafiği	30
Şekil 4.19. Türkiye'de yıllık ortalama yağış haritası (www.mgm.gov.tr)	30
Şekil 4.20. İnceleme alanının nisbi nem grafiği.	31
Şekil 4.21. Türkiye ortalama nem haritası	32
Şekil 4.22. Yağış- buharlaşma- terlemenin grafiği (2022 yılı)	33
Şekil 4.23. Yağış- buharlaşma- terlemenin değişim grafiği (2010-2020)	34
Şekil 4.24. İnceleme alanının hidrojeoloji haritası	36
Şekil 4.25. İnceleme alanındaki hidrojeolojik birimler	37
Şekil 4.26. İvriz çayının görünümü	39
Şekil 4.27. İnceleme alanındaki soğuk su sondajları	41
Şekil 4.28. Kükürtlü Tepede kaynak çıkışları	42
Şekil 4.29. İnceleme alanındaki sıcak su sondaj kuyuları	43
Şekil 4.30. İnceleme alanında yapımı devam eden sıcak su sondaj kuyuları	44
Şekil 4.31. Kükürtlü tepedeki traverten konilerinin konumu (Savaş 2015)	45
Şekil 4.32. Kükürtlü tepedeki traverten konilerinin görünümü	46
Şekil 4.33. İnceleme alanında örnek alınan su noktaları	47
Şekil 4.34. İnceleme alanındaki soğuk suların Schoeller diyagramı (Mayıs 2022)	56
Şekil 4.35. İnceleme alanındaki soğuk suların Schoeller diyagramı (Ekim 2022)	56
Şekil 4.36. İnceleme alanındaki sıcak suların Schoeller diyagramı (Ekim 2022)	57
Şekil 4.37. İnceleme alanındaki soğuk suların Piper diyagramı (Mayıs 2022)	58

Şekil 4.38. İnceleme alanındaki soğuk suların Piper diyagramı (Ekim 2022)	58
Şekil 4.39. İnceleme alanındaki sıcak suların Piper diyagramı (Ekim 2022).....	59
Şekil 4.40 İnceleme alanındaki soğuk suların Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı (Ekim2022).....	60
Şekil 4.41. İnceleme alanındaki soğuk suların Pie diyagramı	62
Şekil 4.42. İnceleme alanındaki soğuk suların Pie diyagramı	63
Şekil 4.43. İnceleme alanındaki soğuk suların doygunluk grafiği (Mayıs 2022)	65
Şekil 4.44. İnceleme alanındaki soğuk suların doygunluk grafiği (Ekim 2022)	66
Şekil 4.45 İnceleme alanındaki sıcak suların doygunluk grafiği (Ekim 2022).....	67
Şekil 4.46. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların kurak dönemde (Ekim 2022 $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^2\text{H}$).....	69
Şekil 4.47. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların yağışlı	70
Şekil 4.48. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların yağışlı dönemde (Mayıs 2022) Cl- $\delta^3\text{H}$ ilişki.	71
Şekil 4.49. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların Kurak dönemde (Ekim 2022) Cl- $\delta^3\text{H}$ ilişki.	71
Şekil 4.50. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların yağışlı dönemde (Mayıs 2022) EC- $\delta^3\text{H}$ ilişki.	72
Şekil 4.51. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların Kurak dönemde (Ekim 2022) EC- $\delta^3\text{H}$ ilişki.	72
Şekil 4.52 İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların kurak dönemde (Ekim 2022) ^2H - $\delta^3\text{H}$ ilişki.	73
Şekil 4.53. Sıcak suların log K^2/Mg -log SiO_2 diyagramı (Giggenbach ve ark., 1994)..	76
Şekil 4.54 İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların Na-K-Mg üçgen	77
Şekil 4.55. İnceleme alanındaki sıcak suların entalpi-silis diyagramı.....	78
Şekil 4.56. İnceleme alanındaki sıcak suların silis karışım modeline göre hazne kaya sıcaklıkları ve karışım oranı entalpi-silis diyagramı.....	79

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4.1. Ereğli İlçesine ait sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerleri.....	28
Çizelge 4.2. Ereğli İlçesine ait yağış değerleri-mm.....	30
Çizelge 4.3. Ereğli ilçesine ait nisbi nem değerleri-%.....	31
Çizelge 4.4. İnceleme alanının 2022 yılı deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwaite 1948)	33
Çizelge 4.5. İnceleme alanının (2010-2020) yılları arası deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwaite 1948)	34
Çizelge 4.6. İnceleme alanındaki sondaj kuyularına ait değerler	40
Çizelge 4.7. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l) (Mayıs 2022).....	49
Çizelge 4.8. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l) (Mayıs 2022).....	50
Çizelge 4.9. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (%meq/l) (Mayıs 2022).....	51
Çizelge 4.10. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l) (Ekim 2022)	52

Çizelge 4.11. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l) (Ekim 2022)	53
Çizelge 4.12. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (%meq/l) (Ekim 2022)	54
Çizelge 4.13. İnceleme alanındaki sıcak suların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l, meq/l, %meq/l) (Ekim 2022)	55
Çizelge 4.14. İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların AIH (1979) sınıflaması	61
Çizelge 4.15. İnceleme alanındaki soğuk sulara ait ana minerallerin doygunluk indeksleri (Mayıs 2022).....	64
Çizelge 4.16. İnceleme alanındaki soğuk sulara ait minerallerin doygunluk indeksleri (Ekim 2022).....	65
Çizelge 4.17. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulara ait minerallerin doygunluk indeksleri (Ekim 2022).	66
Çizelge 4.18. İnceleme alanındaki soğuk ve sıcak suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ve 3H (TU) analiz sonuçları (Mayıs 2022)	68
Çizelge 4.19. İnceleme alanındaki soğuk ve sıcak suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ve 3H (TU) analiz sonuçları (Ekim 2022)	68
Çizelge 4.20. Sıcak sularda kullanılan Kimyasal jeotermometreler (Konsantrasyon Mg/l)	74
Çizelge 4.21. Kimyasal jeotermometre hesaplamalarından elde edilen rezervuar sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$).....	75

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
‰	: Binde
δD	: Doteryum
δ	: Delta
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
β	: Beta
B	: Bor
°	: Derece
°C	: Santigrat derece
Ca ⁺⁺	: Kalsiyum
Cl ⁻	: Klor
cm	: Santimetre
F	: Flor
Fe ²⁺	: Demir
³ H	: Tridyum
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat
HNO ₃	: Nitrik asit
K ⁺	: Potasyum
km	: Kilometre
Li	: Lityum
Log	: Logaritma
lt/sn	: Litre/saniye
m	: Metre
m ³ /yıl	: Metreküp / yıl
meq/l	: Miliekivalen / litre
Mg ⁺⁺	: Magnezyum
mg/l	: Miligram/litre
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
my	: Milyon yıl
μS/cm	: Mikrosiemens/santimetre
Na ⁺	: Sodyum
NO ₃ ⁻	: Nitrat
¹⁸ O	: Oksijen 18 izotopu
P	: Yağış
SiO ₂	: Silisyum dioksit
SO ₄ ²⁻	: Sülfat
T	: Sıcaklık
TU	: Tridyum unit

Kısaltmalar

AMSD	: Akdeniz Meteorik Su Doğrusu
DO	: Çözünmüş oksijen
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel iletkenlik
Etp	: Potansiyel buharlaşma-terleme
Etpc	: Düzeltilmiş buharlaşma-terleme
Etr	: Gerçek buharlaşma-terleme
IAH	: Uluslararası Hidrojeologlar Birliği
KMSD	: Küresel Meteorik Su Doğrusu
MTA	: Maden Tetkik Arama
pH	: Hidrojen iyon konsantrasyonu
SMOW	: Standart Ortalama Okyanus Suyu
T	: Tepe
TAKK	: Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol
TDS	: Toplam çözünmüş katıl

1. Giriş

Yüksek Lisans Tezi Kapsamında hazırlanan çalışmada Akhüyük çevresindeki sıcak ve mineralli kaynak ve sondaj sularının hidrojeokimyasal, izotopik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. İnceleme alanının tanıtılması ve çalışmanın amacı bu bölümde anlatılacaktır.

1.1 Çalışma Alanı ve Genel özellikleri

Çalışma alanı Ereğli 'ye 10 km uzaklıkta olup 90 km²lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1)

Çiller, Türkmen, Özgüler, Göktöme, Selvili, Tatırlı, Kamışlıkuyu, Acıpınar, Vanlı köyleridir. Düz bir topoğrafya ya sahip olan çalışma alanında başlıca tepeler alanın güneyinde olup Kükürt Tepe (1035 m), Höyük Tepe (1038 m), Arkaç Tepe (1069 m), Sızma tepe (1106 m), Taşağı Tepe (1102m) ve Tuzla Tepe (1003 m) yüksekliktedir. Ereğli Havzasında yükseltirler KB-KD ve GB-GD gidişlidir. Çalışma alanında ise GB-KD gidişli olup yükseltirler 994 – 1169 m arasındadır. Alanın diğer kesimleri düz bir topoğrafyaya sahiptir. (Şekil 1.2).

Çalışma alanında akarsu ağını güneyden alana giren İvriz çayı Kuzeybatı'dan Güneye doğru akmaktadır. Orohidroğrafi haritasından da görüleceği gibi ivriz çayına ait 2 ana akarsu kolu bulunmaktadır (Şekil 1.3). Bölgenin yarı kurak – kurak özelliğinden ve yağışların azlığından dolayı bazı dereler tamamen kurumuştur. İvriz çayı üzerine inşa edilen ivriz barajı Ereğli ilçesinin içme suyu ihtiyacını ve tarım arazilerinin sulanması için gereken su ihtiyacını karşılamaktadır. Bölgede kuzeyinde bulunan Kocayığma, Cabbar Sambarlı Hendek dereleri mevsimlik dereler olup yağışlardan sonra su taşımaktadırlar.

İnceleme alanındaki başlıca yerleşim yerleri Türkmen, Çiller, Akhüyük, Selvili, Bahçeli Göktöme, Özgüller köyleridir. Bölgede ulaşım otobüslerle yapılmaktadır.

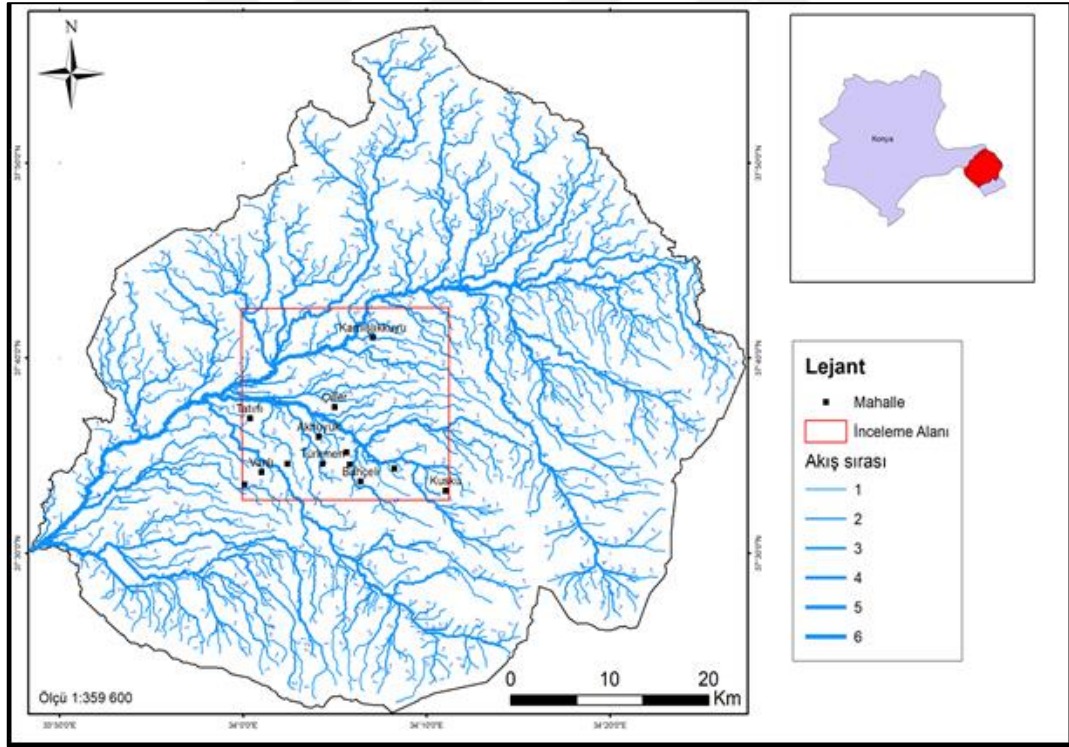




Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası



Şekil 1.2. Çalışma alanının yükseklik haritası



Şekil 1.3. İnceleme alanının orohidrografi haritası

1.2 Çalışmanın Amacı

Akhüyük (Ereğli-KONYA) Kaynak ve Sondaj Sularının Hidrokimyasal ve İzotopik İncelemesi' isimli çalışma da sıcak ve mineralli suların hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi, kaynak sularının kökeni, hazne kayaç sıcaklıklarının belirlenmesi, su kayaç ilişkisinin ortaya konulması ve akifer sistemi içerisindeki dolaşım sürelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Schaffer (1903), yazar çalışmasında Toros kuşağında kapsayan bölgede çalışmıştır. Bolkar Dağları'nın yapısının bir antiklinal olduğunu savunmuştur. Bolkar dağı birliğinin Alpin orojenezinin ilk fazında oluştuğunu savunmuştur.

Chaput (1936) araştırmacı jipslerin Türkmen köyü çevresinde yüzelediğini ve jipslerin yeraltı sularını sülfatça zenginleştirdiğini belirtmiştir.

Louis (1938), çalışmasında Akgölün Konya gölünün bir kalıntısı olduğunu Akhüyük kaynağının Akgöl altında bulunan Ereğli- ovası içinde olduğunu ve Akgölün Konya gölünün bir kalıntısı olduğunu vurgulamıştır.

Blumenthal (1956), çalışmasında Tersiyer havzasının stratigrafisini ortaya koymuştur. Çalışma alanındaki ermerlerin Pre-Karbonifer yaşlı olup ofiyolitler tarafından kesildiğini belirtmiştir.

Rondot (1956), çalışmasında Ereğli çevresindeki volkanizmanın göl kraterlerinden sonra oluştuğunu belirtmiştir. Volkanizmanın bazaltik, asitik, andezitik bileşimli olduğunu savunmuştur.

Türkunal (1972), Ereğli çevresindeki çalışmasında bölgenin petrol kapanımı açısından uygun jeolojik yapıya sahip olmadığını, fosil ve petrol oluşumunu gösteren emarelere rastlanılmadığını belirtmiştir.

Demirtaşlı ve ark. (1973, 1983), çalışmalarında, Ereğli Ulukışla ve Ayrancı havzası olmak üzere iki farklı çökelme havzasının olduğunu belirtmiştir. Bolkar grubunun metamorfik fillitler ile ara tabakalı karbonatlardan oluştuğunu ve bolkar birliği üzerine tektonik bir dokanakla ofiyolitik bir kusağın geldiğini savunmuşlardır.

Özgül (1976), bölgedeki çalışmasında Torosların Kambriyen- Tersiyer zaman aralığında oluştuğunu ve değişik havza şartlarını gösteren birliklerin yereldiğini ve Bolkardağı, Aladağ, Geyikdağı, Alanya, Bozkir ve Antalya Birliği olmak üzere 6 birlikten oluştuğunu belirtmişlerdir.

Biricik (1978), çalışmasında, bölgedeki travertenlerin fayadan çıkan sıcak ve mineralli sularla oluştuğunu suların yüksek değerde lityum, stronsiyum ve karbondioksit gaz içerdiğini belirtmiştir.

Çalapkulu (1980), çalışmasında bölgenin jeolojisini ve Bolkardağları cevherlesmelerini açıklamışlardır. Horoz Granodiyorit'i'nin doğu-batı doğrultusu boyunca mostra verdiğini belirtmiştir.

Sisman ve Senocak (1981), Bolkardağları 'nda bulunan kurşun, çinko, altın, gümüş, bakır ve daha az oranda demir mineralinin olduğunu cevherlesmelerin Permo-Triyas yaşlı mermerler ve volkanitler içerisinde bulunduğunu açıklamışlardır.

Oktay (1982), Çalışmasında jips ve anhidritlerin Üst Kretase' de okyanusal çukurluk özelliğindeki bölgeye ofiyolitlerin içerisinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Bölgedeki Oligosen yaşlı jips ve anhidritleri Zeyvegediği anhidritleri olarak adlandırmıştır.

Söğüt (1992), çalışmasında Eregli ilçesi ve güneyinin jeolojisini haritalamıştır. Bölgedeki gevşek çökellerin jeotektonik parametrelerinin ortaya koymuştur.

Murat (1998) Eregli ve Niğde Ulukışla bölgesindeki çalışmasında sölestin oluşumlarının jeolojik, petrografik ve jenetik özelliklerini ortaya koymuştur. Ayrıca sölestinli kireclaslarının içerisindeki SrSO bulunma oranlarını vermişlerdir.

Afşin ve Baş (1997), çalışmalarında Niğde ve Aksaray'daki su kaynaklarının fiziko-kimyasal izotopik ve kökensel açıdan değerlendirmişlerdir. Kaynakların yüzey suları ile karışarak kendilerine özgü fiziko- kimyasal özelliklerini kaybettiğini belirlemişlerdir.

Kayirmazbatir (2000), Yüksek lisans tez çalışmasında İvriz kaynag ve çevresinin jeoloji ve hidrojeoloj incelemesini yaparak.kaynak suyunun hidrokimyasal özelliklerini belirleyerek suyu sınıflamıştır. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sulann C1S1 ve C2S1 sinifinda oldugunu ve içilebilir özellikte, çok iyi kalitede sular oldugunu belirtmiştir.

Toprak (2000), Çalışmasında 35 km²' lik bir alanın jeolojik özelliklerini inceleyerek Tuzgözü fayının birbirine paralel KB-GD gidişli üç fay setinden oluştuğu genç volkanitlerle örtülü olduğunu belirtmişlerdir.

Afşin ve Elhatip (2000), Çalışmalarında sıcak ve mineralli su kaynaklarının, faylar boyunca boşaldıklarını düşük debili CO₂ ve toplam çözünmüş madde miktarlarının yüksek olduğu belirtmişlerdir.

Akdoğan ve Burçak (2002), Ziga jeotermal sahasında jeofizik çalışmaları yapmışlardır. düşük manyetik ve yüksek gravite anomalilerinin varlığından bahsedip bunun sebebinin jeotermal alanlarda magma sokulumlarının sonucu olduğunu savunmuşlardır.

Göçmez ve ark. (2005), Çalışmalarında Konya ili civarındaki sıcak suları fizikokimyasal açıdan incelemişlerdir. Çalışmada Karapınar-Eregli çevresindeki kaynakların sıcaklıklarının 17 – 26,6 °C, debilerinin 0,5 – 2.5 lt/sn ve toplam mineralizasyonlarının ise 5210-35450 mg/l arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Duru (2006), Çalışmasında bölgedeki suların fizikokimyasal özelliklerini açıklayarak suların bikarbonatca doymun olduğunu ve traverten çökelttiğini savunmuşlardır. Traverten çökeliminde etki olan faktörleri açıklayarak bölgenin jeotermal potansiyelini ortaya koymuştur.

Afşin vd. (2007), Çalışmasında jeotermal alandaki suların hidrokimyasal özelliklerini açıklayarak suları hidrokimyasal ve köken açısından sınıflandırmışlardır. Sıcak suları izotopik, biyoiklimsel açıdan değerlendirerek yorumlamıştır.

Burçak vd. (2007), Acıgöl-Ziga-Şahinkalesi jeotermal sahalarında jeotermal ısı kaynakları jeoloji, hidrokimya, izotop hidrolojisi, hidrotermal alterasyon çalışmaları yaparak kavramsal modelini çıkarmışlardır.

Gürel ve Yıldız (2007), Kapadokya batısında kalan Ihlara-Selime bölgesinde, paleoçevresel tarihini belirlemek için, gölsel diatomlar üzerinde; paleontolojik, minerolojik, sedimantolojik ve kimyasal çalışmalar yaparak paleoçevresel tarihi ortaya koymaya çalışmışlardır.

Burçak (2009), Çalışmada Acıgöl jeotermal alanın, jeolojisini birimlerin özelliklerini jeotermal sistemi oluşturan ısıtıcı, rezervuar ve örtü kayanın özelliklerini ortaya

koymuştur. hidrokimya izotop açısından değerlendirmeler yapmışlardır. Ayrıca suların hazne kaya sıcaklıklarını hesaplanmıştır.

İller Bankası A.O. (2011), il Özel idaresi tarafından yapılan sondaj kuyusuna ait geçilen birimleri, kuyu sıcaklığını, sıcaklık ve basınç profillerini belirleyerek, kuyu testleri yapmışlardır.

F. Savaş (2017), alışmasında Akhyk traverten konilerini inceleyerek bunları çatlak sırtı travertenler olarak isimlendirip 1,5 km² lik bir alan üzerinde gzlendiklerini belirtmiştir. Travertenlerin gelişiminin Pleyistosenin sonlarında olduğunu ve aktif faylarla ilişkili olduğunu savunarak yaşlarının 3345 ± 105 yıl ile 47850 ± 980 yıl arasında değiştiğini belirmişlerdir.

F. şener (2018). Akhyk jeotermal bölgesinin Orta Anadolu volkanik kompleksinin güneybatısında bulunduğunu ve çatlaklara bağlı olusan traverten konlerinin termal kaynak sularından çökelim sonucu olduğunu belirtmiştir. XRD analizlerinde hâkim iyonun Ca olduğunu buna Mg, S, Sr, K gibi elementlerin eşlik ettiğini savunmuşlardır. Kaynak sularının sıcaklıklarının 16-35 oC, pH larının 6.6-6.9, EC değerlerinin ise 5600 ila 47700 μS/cm arasında olduğunu artaya koymuştur.

3. MATERYAL VE METOT

Akhüyük kaynağı (Ereğli-Konya) çevresinde yapılan bu Yüksek Lisans Tez çalışması 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1 Ön çalışmalar

Ön çalışmalarda inceleme alanı ve çevresini kapsayan literatür derleme çalışmaları yapılmıştır. Önceden yapılmış olan çalışmalar, Yüksek lisans, doktora tezleri, yayınlar, makaleler projeler kurum ve kuruluşlar tarafından hazırlanan raporlar vb. tüm dökümanlar derlenerek incelenmiştir.

Ayrıca daha sonra yapılacak olan arazi çalışmaları için ön hazırlıklar yapılmıştır. Jeoloji harita alım çalışmalarında kullanılacak olan Akhüyük ve çevresinde içine alan, 1/25000 ölçekli topoğrafik haritanın Karaman M32-d1, M32-d2, M32-d3 ve M32-d4 paftaları ve önceden yapılan jeoloji tektonik vb çalışmalara ait haritalar derlenip incelenmiştir.

Hidrojeoloji ve jeoloji çalışmalarında arazide yerinde ölçüm yapmak için kullanacağımız Magellan tipi GPS, brunton marka pusula, elektrikli seviye ölçüm cihazı, Hanna marka pH metre, EC ölçer, termometre gibi cihazlar temin edilerek kalibrasyonları yapılmıştır. Ayrıca örnekleme çalışmaları için numune kapları, etiketler kuyu kartları hazırlanmıştır.

3.2 Arazi Çalışmaları

Jeoloji haritası alımı çalışmaları için Akhüyük ve çevresinde içine alan, Karaman M32 paftasında yer alan 90 km² lik bir alanın jeoloji haritası hazırlanmıştır. Jeoloji haritası hazırlanırken (Arık, Dülger 2023) tarafından hazırlanan harita kullanılarak arazi çalışmaları sırasında gerekli görülen değişiklikler yapılarak düzenlenmiştir. İnceleme alanındaki litolojik birimler ayırtlanarak formasyon sınırları çizilmiş, stratigrafik dikme kesit oluşturulmuştur.

Hidrojeolojik çalışmalarda tüm su noktaları Magellan tipi GPS kullanarak haritaya işaretlenmiştir. Kaynak ve kuyularda yerinde sıcaklık (T°C), pH, Elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. Arazi çalışmalarında kullanılan ölçüm cihazları

Çalışma alanında yağışlı dönem (Mayıs 2022) ve kurak dönem (Eylül 2022) de örnekleme çalışmaları yapılmış kaynak ve sondaj kuyularından sıcaklık ($T^{\circ}\text{C}$), hidrojen iyon konsantrasyonu (pH) çözülmüş oksijen (DO) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri arazide ölçülmüştür. Suların hidrokimyasal analizleri için su örnekleri alınmıştır. Fiziko-kimyasal analizler için 1000 ml lik polietilen şişeler, izotop analizleri için 500 ml lik koyu renkli cam şişeler kullanılmıştır.

3.3 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanında kurak ve yağışlı dönemlerde ayrı ayrı su örnekleri alınmıştır. Suların fiziko- kimyasal analizleri için 1000 ml lik polietilen şişeler, izotop analizleri için 500 ml.lik koyu renkli cam şişeler kullanılmıştır. Alınan örnekler laboratuvarlara gönderilene kadar buzdolabında bekletilmiştir.

Çalışma alanından toplanan sıcak ve soğuk su örneklerinin fizikokimyasal analizleri (Ca, Mg, Na, K, HCO_3 , Cl, SO_4 , CO_3 , F1 ve NO_3 SiO_2 , I, As, Fe) ve toplam çözülmüş katılar (TDS mg/l) değerleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü , Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Daire Başkanlığı, Kimya laboratuvarında , izotop analizleri Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$), Döteryum (δD) ve trityum (^3H) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü , Teknik

Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Daire Başkanlığı, izotop laboratuvarında yaptırılmıştır.

3.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

Yüksek Lisans Tez çalışması kapsamında inceleme alanında yapılan tüm aşamalardaki elde edilen veriler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Literatür taraması, jeoloji, stratigrafi, yapısal jeoloji, hidrojeoloji, hidrokimya ve izotop analizlerinden elde edilen veriler değerlendirilerek tez yazım kurallarına göre tez yazılmıştır. İklimsel veriler (sıcaklık, yağış, nisbi nem vb) Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiş alınan veriler excel programı kullanılarak yağış sıcaklık tabloları oluşturulup yağış-buharlaştırma grafikleri ve deneştirmeli nem bilançoları hazırlanmıştır. İnceleme alanının jeoloji haritası CorelDRAW (www.corel.com) yardımıyla çizilmiştir. Su kimyası analizlerinden elde edilen veriler, Diagramme (www.diagramme.com), Excel, Surfer, Arcgis 10.1 ve Phreeqci (versiyon 2) bilgisayar programları kullanılarak elde edilen veriler değerlendirilip yorumlanmıştır.

Ayrıca Karapınar (KONYA) Çevresinde Obruk Alanlarının tespit edilmesi Projesi (Afad 2021) kapsamında inceleme alanı içinde kalan kuyulara ait değerler, Konya Büyükşehir Belediyesi KOSKİ biriminden veriler yorumlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1 JEOLJİ-STRATİĞRAFI

İnceleme alanı ve çevresinde Neojen ve Kuvaterner yaşlı birimler yer almaktadır. İnceleme alanında temelde Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Aktoprak formasyonu bulunmaktadır. Aktoprak formasyonu altta gri renkli kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Kabak tepe üyesi, Gri renkli gölsel kireçtaşı, marndan oluşan Kurtulmuştepe üyesi ve kırmızı renkli konglomera kumtaşı, çamurtaşlarından oluşan Kızılöz üyesi olmak üzere üç üyeden oluşmaktadır. Aktoprak Formasyonu üzerine çoğunlukla gölsel ve yer yer akarsu ortamlarında oluşan kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, çakıltaşı, kumtaşı ve kilitaşlarından oluşan Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı İnsuyu formasyonu aşıl uyumsuzlukla örtmektedir. İnsuyu formasyonu üzerine gelen Hotamış formasyonu ismil ve bataklık üyesi olmak üzere iki üyeden oluşur. İsmil üyesi gri renkli çapraz tabakalı kum ve çakıldan, bataklık üyesi ise açık renkli onkolitli karbonatlar ve marndan oluşur. İnsuyu formasyonu oldukça geniş alanlarda yayılım gösteren Pleyistosen-Kuvaterner ve Holosen döneminde ise neotektonik olaylar ve paleo-iklim koşullarına göre karakteri değişen havzada çoğu zaman kırıntılı, yer yer karbonatlı gölsel ve akarsu çökelleri yer almaktadır. Kuvaterner yaşlı Hotamış formasyonuna ait gölsel ve karasal çökellerle uyumsuz olarak örtülmektedir. Hotamış formasyonu üzerine Acıgöl travertenleri, alüvyal yelpaze ve alüvyon'a ait çökeller uyumsuz olarak gelmektedir (Şekil 4.1, Şekil 4.2).

4.1.1 Aktoprak formasyonu (Plg-Nga)

İnceleme alanının güney doğusunda mostra vermektedir. Akhüyük formasyonu, tipik olarak yüzeylediği Aktoprak Mahallesi (Ulukışla) civarına istinaden Demirtaşlı ve diğ. (1973) tarafından Aktoprak formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında Hacı Kamber, Sızma Arkaç ve Taşağıl Tepeler çevresinde gözlenmektedir. Aktoprak formasyonu kireçtaşı, marn, jips, kumtaşı, konglomera, çamurtaşından oluşmaktadır. Aktoprak formasyonu alttan üste doğru; Kabaktepe üyesi, Kurtulmuştepe üyesi ve Kızılöz üyesi olarak üç üyeye ayrılarak incelenmiştir. Üstten ise İnsuyu formasyonu tarafından aşıl bir uyumsuzlukla örtülür.

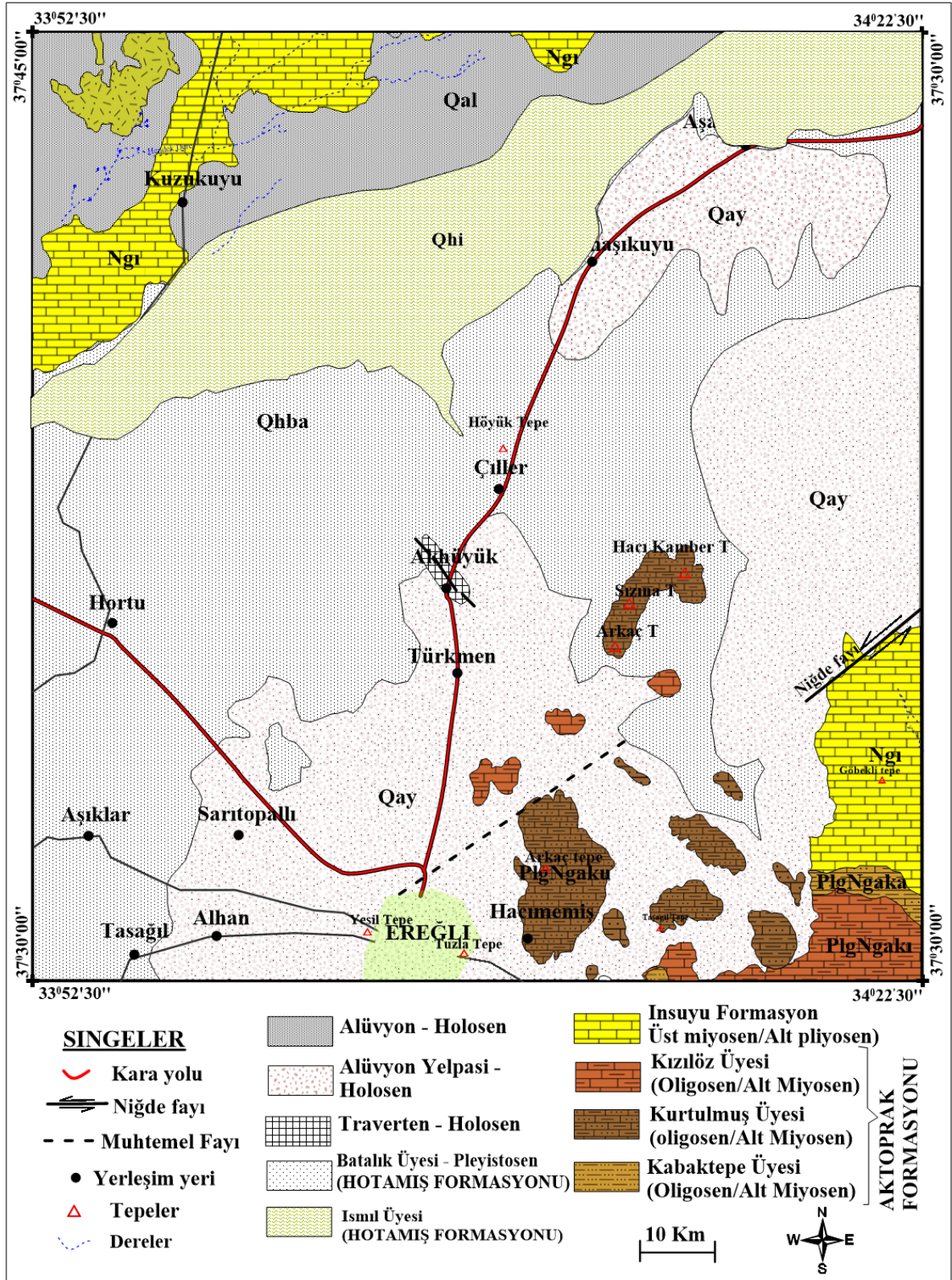
4.1.1.1 Kabaktepe Üyesi (Plg-Ngaka)

İnceleme alanının güneydoğusunda çok küçük bir alanda gözlenen Kabaktepe üyesi Ulu (2009) tarafından Aktoprak formasyonuna ait Kabaktepe üyesi olarak adlandırılmıştır. Birim altta kumtaşı ve yaygın olarak jips içermekte olup kısmen de grimsi sarı renkli kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, marn aralanmasından oluşmaktadır. Üste doğru ince tabakalı çamurtaşı, kumtaşı, kireçtaşı, jips aralanması şeklinde gözlenir. En üstte ise kireçtaşı ve marn araseviyeleri içeren jipsler yer almaktadır. Kabaktepe üyesi üstten Kurtulmuştepe üyesi tarafından uyumlu olarak örtülür.

Keen (1972), jipsler arasındaki marnlı seviyelerde tespit ettiği fosillerine göre birime Oligosen yaşını vermiştir. Birim, Eosen sonunda bölgenin yükselerek karasallaşması ve burada oluşan göllerde gelişen evaporitik ortamlarda çökelmiş olmalıdır.

4.1.1.2 Kurtulmuştepe üyesi (Plg-Ngaku)

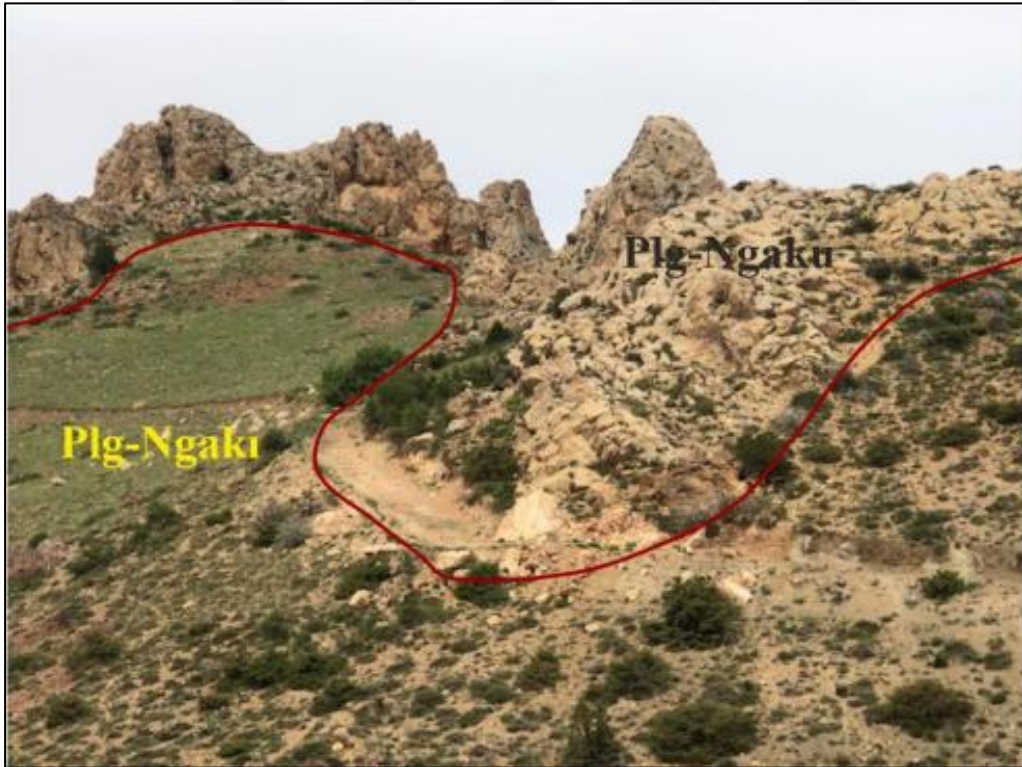
İnceleme alanında Hacı Kamber Tepe, Sızma Tepe Arkaç tepe ve Taşağıl Tepe çevresinde gözlenen birim, ilk olarak Okay (1982) tarafından Kurtulmuştepe üyesi olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da aynı adlama kabul edilmiştir. Birim sarımsı kahve, gri renkli gölssel kireçtaşı ve marn aralanmasından oluşmaktadır. Kurtulmuştepe üyesi içerisinde, en altta kumtaşı ara seviyeli gölssel kireçtaşı, marn aralanması gözlenir bu seviyelerde özellikle jipslere rastlanılır. Üste doğru gidildikçe açık gri renkli, orta tabakalı kireçtaşları yer alır. En üstte ise kırmızımsı kahverenkli kumtaşları gözlenmektedir. Kurtulmuştepe üyesi alttan Kabaktepe üyesini uyumlu olarak örtmektedir. Nazik ve Gökçen (1989), Kurtulmuştepe üyesi içerisinde gözledikleri; *Zonocypris* sp., *Neocyprideis williamsoniana* (Bosquet), *Candona* sp., *Kollmanella* sp., *Harrisichara vasiformis* ve *H. tuberculata* fosillerine göre birime Akitaniyen (Alt Miyosen) yaş vermişlerdir. Kurtulmuştepe üyesi gölssel bir ortamda çökelmiştir



Şekil 4.1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Arık 2021 ve ark. dan değiştirilerek alınmıştır).

4.1.1.3 Kızılöz üyesi (Plg-Ngaku)

Aktoprak formasyonunun Kızılöz üyesi inceleme alanının Güneybatı köşesinde küçük bir alanda gözlenmektedir. Birim sarımsı – yeşilimsi gri renkli kireçtaşı – kumtaşı – konglomera ve çamurtaşı ardalanmasından oluşur. Ketin ve Akarsu (1965) tarafından Kızılöz formasyonu olarak adlandırılan bu birim, Ulu (2009) tarafından Aktoprak formasyonuna ait Kızılöz üyesi olarak tanımlanmıştır. Aktoprak formasyonunun en üst seviyesini oluşturan birim, bu çalışmada da Aktoprak formasyonuna ait Kızılöz üyesi olarak adlandırılmıştır. Birim içerisindeki kireçtaşları ince tabakalı ve genelde erime boşlukludur. Kumtaşlarında özellikle çapraz tabakalanma yaygındır. Kızılöz üyesi alttan Kurtulmuş tepe üyesini uyumlu olarak örter. Üstten ise İnsuyu formasyonu tarafından açılı bir uyumsuzlukla örtülmektedir. Birimin yaşı stratigrafik konumu dikkate alındığında Alt Miyosen olmalıdır. Muhtemelen bir akarsu ortamında çökelmiştir.



Şekil 4.3. Kaletaş Tepede Aktoprak formasyonuna ait Kurtulmultepe üyesi (PlqNaku) ve Kızılöz üyesi (Plq-Nakı) (Arık ve ark 2021)

4.1.2 İnsuyu formasyonu (Ngi)

İnceleme alanının kuzey, kuzeybatısında Kızılkuyu yerleşim biriminin çevresinde güneydoğuda ise Göbekli tepe çevresinde mostra vermektedir (Şekil 4.4). Birim birçok araştırmacı tarafından (Ulu ve ark., 1994; Dönmez ve Akçay, 2005'a ve b; Törk ve ark., 2013 ve Törk ve ark., 2019) İnsuyu formasyonu olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.4 . İnsuyu formasyonuna ait ince ve orta tabakalı kireçtaşları ve çakıllı

İnsuyu formasyonunun beyaz, açık gri, bej renkli, yer yer pembe ve sarımsı renkli, ince-orta tabakalı, fosilli kireçtaşı, marn, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, karbonatlı kilaşlarından oluşmaktadır. Karasal akarsu ve gölsel ortamda çökelen formasyon içinde yanal ve düşey olarak litolojik değişimler gözlenmektedir. (Şekil.4.5).



Şekil 4.5 İnsuyu formasyonunun tabanındaki çakıltaşları ve üste kesimlerdeki kiltası ve kireçtaşı seviyeleri

İnsuyu formasyonu içerisindeki marnlar daha baskın olup içlerinde kireçtaşı ara tabakaları vardır. Özsayın (2007) ve Törk ve ark. (2013)'e göre İnsuyu formasyonu içinde yer yer jips ve tuz gibi evaporitik çökeller içerdiğini ifade etmişlerdir. İnsuyu formasyonu tabanda kırmızı, kahve renkli daha çok temel birimlerden türeme çakıllar içeren alüviyal yelpaze çökelleri ile başlamakta, yanal ve düşey olarak kumtaşı, kiltası, marn ve kireçtaşından oluşan görsel çökelere geçiş göstermektedir (Dönmez ve Akçay, 2005'a ve b).

Petrografik incelemelerde kireçtaşlarının genellikle mikritten oluştuğu gözlenmiştir. Kayaç içinde bitki sap ve kök izlerine bağlı olarak meydana gelen boşluk ve gözenekler yer yer ikincil spartitlerle doldurulmuştur. Kayaç içinde yer yer gastropod ve bivalv kavkı parçaları ve oolitler ile kireçtaşları formasyonun üst kesimlerine doğru bazı yerlerde ince orta kalınlıklı, plaket kireçtaşı görünümlü tabakalanmalar sunmaktadır (Şekil 4.6). İnsuyu formasyonu içinde yaygın olarak gözlenen killi kireçtaşı ve marnlar genellikle bej, sarımsı beyaz ve açık sarı renkli olup taze yüzeyleri daha açık renklidir. Marnlarda tabakalanma çok belirgin değildir. Ancak kireçtaşı seviyeleri arasında onların tabakalanmalarına uyumlu olarak yer almışlardır.



Şekil 4.6. İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşı ve çamurtaşı ardalanması içerisinde gözlenen karstik boşluklar

Marn, karbonatlı kiltası, killi kireçtaşları genellikle az tutturulmuş ve düşük dayanımdan dolayı daha çok aşınmışlardır Temel (1992)'ye göre çalışmalarda elde edilen fosil bulguları ve radyometrik yaş çalışmaları ve benzer birimlerle korelasyonu yapılan İnsuyu formasyonunun yaşı Geç Miyosen Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Formasyonunun üst düzeylerindeki kireçtaşlarının formasyon içi çakıllı, kötü boylanmalı olması Ulu (2009'a ve b)'ya göre istifin derin ve durgun tatlı su ortamından giderek sıkışan hafif çalkantılı bir ortama, buradan da yüksek enerjili kıyı ortamına geçtiğini göstermektedir. İnsuyu formasyonu Geç Miyosen-Pliyosen döneminde Orta Anadolu'da oldukça geniş alanlarda yayılım gösteren Büyük Konya Gölü ve bu göle malzeme taşıyan akarsuların getirdiği karasal malzemelerle temsil edilmektedir. Buna göre İnsuyu formasyonu Büyük Konya Gölü'nün kıyısından itibaren başlangıçta akarsu ortamında oluşan kırıntılılarla başlayarak giderek derinleşen gölsel ortamda çökelmiş olup Pliyosen sonunda gölün çekilmesine paralel olarak kıyı ortamında çökelmiş olmalıdır.

4.1.3 Hotamış Formasyonu (Qh)

İnceleme alanında Çiller, Horto, Kamışlı kuyu, Akhüyük yerleşim birimleri çevresinde oldukça geniş bir kesimde mostra vermektedir. Roberts (1982) a göre; Konya Gölü'nün III. (alt kıyı taraçası) ve son evresinde depolanan bu birimi Ulu ve ark. (1994) "Hotamış Formasyonu" adını vermiştir. İnceleme alanında yumuşak kireç, killi kireç, marn, çakıl, çakıllı kum, kumlu çakıl, ince kum, çamur, silt, kil, organik materyalli seviyelerden oluşan, Dreissenia, Planorbis kavkıları bulundurur.

Gölsel sedimentlerle karakterize edilen bu birim Hotamış Gölü (Şekil 4.7) Acı (Süleymanhacı) göl, Kuru göl tabanlarında gözlenmektedir. Birimin üyelerinden İsmil Üyesi (Qhi) ve Bataklık Üyesi (Qhba) inceleme alanında yüzeylemektedir.



Şekil 4.7. Eski Hotamış Gölü tabanının görünümü.

4.1.3.1 İsmil Üyesi (Qhi):

İnceleme alanının kuzeyinde gözlenen ismil üyesi Kızılkuyu, Aşağı Gündelen ve Yukarı Gündelen yerleşim birimleri çevresinde gözlenmektedir. Kırıntılı göl tabanı çökellerinden oluşan birime, Ulu ve diğerleri (1994) tarafından "İsmil Üyesi" adı

verilmiştir. Üyeyi; yatay katmanlı çakıl ve kumlar ile yatay katmanlı kil ve siltler oluşturur. Yatay ve yataya yakın tablamsı geometrili setler ile karakterize edilen *Dreissenia* sp. fosilli ve çok iyi boylanmalı yatay katmanlı çakıl ve kumların en belirgin özelliği paralel ve düzenli katmanlamna sunmalarıdır. Çakıllar çoğunlukla yuvarlak, çok iyi yuvarlak taneli olup, volkanik birimler, temel kayaları veya İnsuyu forinasyonundan türemiştir. Tane destekli çakıllar, çoğun matriksten arınmış ve birbirlerine dokanak yerlerinden karbonatlı bir çimento ile bağlanmıştır. Çakıl ve kum setleri arasında bazen ince yaygılar halinde paralel katmanlı çok ince kum, silt ve kil yaygıları da yer alır. Kum ve siltlerde laminalanmanın yanısıra küçük ölçek çapraz tabakalanmalar gözlenmiştir. Yatay tabakalı kil ve siltler; karekteristik olarak yeşil-gri/mavi renkli ve yatay tabakalı kil ile tablamsı yaygılar içerisinde yerel olarak ince ve paralel laminalı silt ara tabakalarından oluşmuştur. Üye jips ara katmanları da içerir. Bu jipsli, karbonatlı kil ara katmanları kalınlıklarının oldukça değişkendir. Birim, yaklaşık 15 m kalınlık sunar.



Şekil 4.8. Çamur-marn ve kumlu göl çökellerinden oluşan, bataklık kuraklık izlerinde gözlemlendiği ismil üyesinin genel görünümü

4.1.3.2 4.1.3.2. Bataklik Üyesi (Qhba)

İnceleme alanının oldukça geniş alanlarda mostra vermektedir. Hortu, Çiller, Akhüyük, Aşıklar ve Taşağıl yerleşim birimleri çevresinde gözlenmektedir. Ak Göl ve Hotamış Gölü'nün sularının çekilmesiyle oluşan koyu renkli o karbonatlı kil veya yumuşak kireçten oluşan güncel bataklık çökelleri Bataklik Üyesi olarak adlanmıştır.

Bataklik çökelleri, suyun karbonatça zengin olması nedeniyle, karbonat çökelimi, mineral maddesi ve organik malzeme çökelimi ile ardalanmaktadır. Alt seviyelerinde koyu

gri renkli -kum, balçık ve bitkisel toprak gözlenmektedir. Formasyonun kalınlığı 400 m'ye ulaşabilmektedir. Ulu ve ark. (1994) tarafından birimin yaşı Geç Pleyistosen-Holosen' olarak verilmiştir. Bu çalışmada da aynı yaş benimsenmiştir.

4.1.4 Acıgöl Travertenleri (Qtr)

İnceleme İnceleme alanında Kükürt Tepe ve Akhüyük kaynağı çevresinde gözlenmektedir. KB-GD gidişli eğim atımlı Akhüyük fayına bağlı olarak yüzeye çıkan kalsiyum karbonatça zengin yeraltısularının yüzeye çıkması sırasında, basıncın düşmesine bağlı olarak CO₂ gazı uçmakta eriyik halde bulunan karbonatların çökmesi ile travertenler oluşmuştur. Travertenler, yer yer kırıklı, çatlaklı ve boşlukludur. İkincil Kırık ve çatlaklarda gözlenmekte olup tabakalı yapı sunmaktadır.

Su çıkışları fay boyunca çıkmakta ve karbonat çökelişi her iki tarafa eşitli olarak çökerek traverten konisini oluşturmaktadır. Traverten konisinin yüksekliği yaklaşık 20 m uzunluğu 2400 m genişliği ise 300m dir. Kaynak çıkışları zaman zaman yer değiştirmekte ve Ereğli belediyesi tarafından traverten konisi üzerine yapılan sondaj kuyuları artezyen yapmış ve sondaj kuyuları nedeniyle Traverten konisinin çevresinden boşalan kaynakların kurumasına neden olmuştur. Traverten çökelleri arasında sarı renkli kükürt çökelleri gözlenmektedir. Ayrıca travertenler içerisinde yaygın olarak silis çökellerine de rastlanılmaktadır. Kuvaterner yaşlı travertenler çökelleri tüm birimleri uyumsuzlukla örtmektedir.



Şekil 4.9. Akhüyük kaynağı çevresindeki travertenlerden görünüm

4.1.5 Alüvyon Yelpazesi Çökelleri (Qay)

Yüksek alanlardan gözlenen alüvyon yelpazesi çökelleri akarsuların önlerinde gelişen çökellerdir. Bu çökeller topoğrafik olarak yüksek eğimli az eğimli veya düz yüzeyler şeklinde gözlenirler Alüvyal yelpaze çökelleri yanal ve düşey değişim gösterebilir ve birleşik alüvyon yelpazeleri şeklinde gözlenirler. Kum, çakıl ve bloklar, kaynak alanın kaya türü özelliklerine göre farklılık sunmaktadır. Alüvyon yelpazeleri, genelde birbiri ile geçişli, tutturulmamış, kötü boylanmalı, siltli, killi, az yuvarlak, bloklu, çakıllı, kumlu moloz akması, çamur akması şeklinde gelişmiş, sığ dere yatağı çökellerinden oluşur.

4.1.6 Alüvyon (Qal)

Alüvyonlar daha eski birimlerde ait çakıl, kum, kil silt taneler içeren tutturulmamış veya az tutturulmuş kayaçlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında alanındaki baharda akışa geçen ve yaz mevsiminde kuruyan Koca yığma dere, Cabbar dere, Sambarlı dere, Hendek dere gibi dereler boyunca yayılım göstermektedir. Bazı dereler boyunca meydana gelen alüvyon örtü oldukça ince olup haritalanmamıştır. Alüvyonlar tüm birimlerin üzerinde uyumsuz olarak örtmekte olup oluşumları halen devam etmektedir.

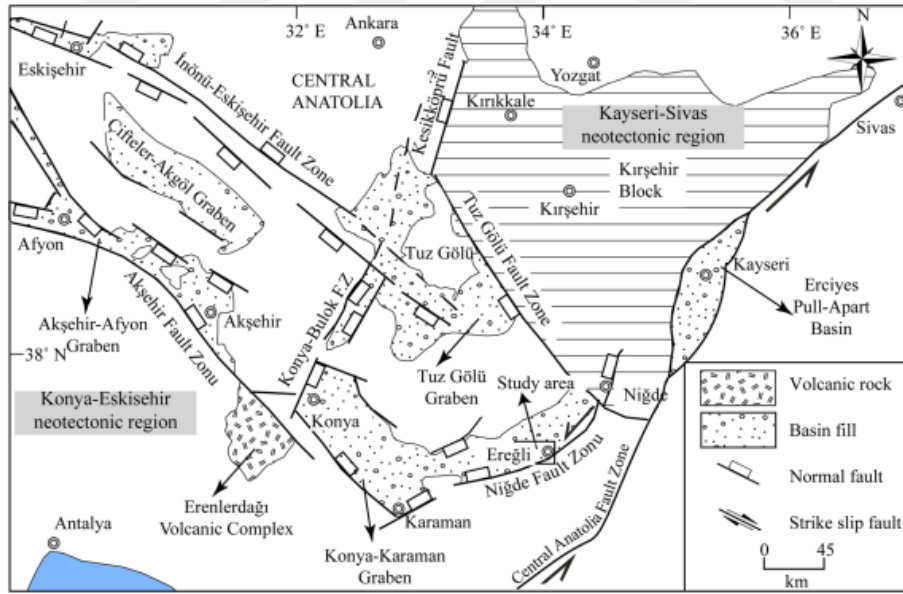


Şekil 4.10. Akhüyük çevresinde traverten ve alüvyon sınır ilişkisi

4.2 YAPISAL JEOLJİ

4.2.1 Faylar

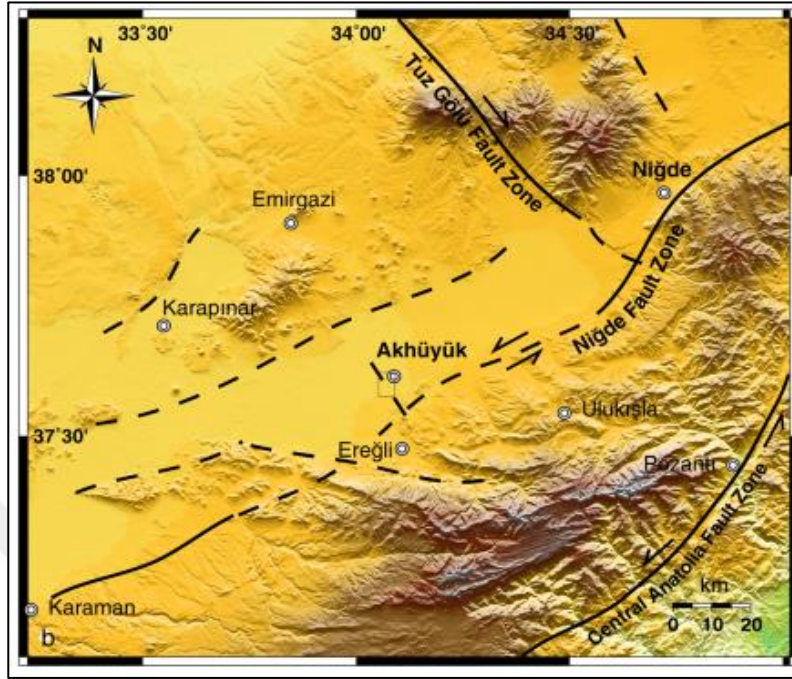
Çalışma alanı Ereğli ilçesinin (Konya) kuzey kesiminde yer almaktadır. Tuzgölü Fay Zonu (TGFZ) ve Niğde fay zonudur (NFZ) bölgede alanı kontrol eden ana tektonik yapılardır. Tuzgölü Fay Zonu (TGFZ) K30°B yönlü, yaklaşık 220 km uzunluğa sahip, sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır (Toprak ve Göncüoğlu 1993; Dirik ve Göncüoğlu, 1996; Çemen vd., 1999). Diğer önemli tektonik yapıda, Niğde ili kuzeydoğusundan başlayan ve Niğde Fay Zonu (NFZ)'dir. Niğde Fay zonunu Karaman ili güneydoğusuna kadar uzanan yaklaşık 170 km uzunluğa ve 7-8 km genişliğe sahip sol yanal doğrultu atımlı bir fay zonudur (Koçyiğit, 2003; Şekil 4.11). Niğde Fay zonunu inceleme alanında GB-KD yönünde uzanmaktadır. (Şekil 4.12)



Şekil 4.11. İç Anadolu bölgesindeki tektonik yapılar (Koçyiğit 2003).

İnceleme alanında Neotektonik hareketlere bağlı olarak oluşan önemli bir tektonik yapı da Akhüyük fayıdır. Akhüyük fayı Kükürt tepesi boydan boya kateden eğim atımlı normal bir fay olup KD-GB gidişli ve güney batıya doğru eğimlidir. Faylanmaya bağlı

güneybatı bloğu düşerken kuzeydoğu bloğu yükselmiştir. Faylanmalara bağlı olarak oluşan sıcak su çıkışları ve traverten yapıları gözlenmektedir.



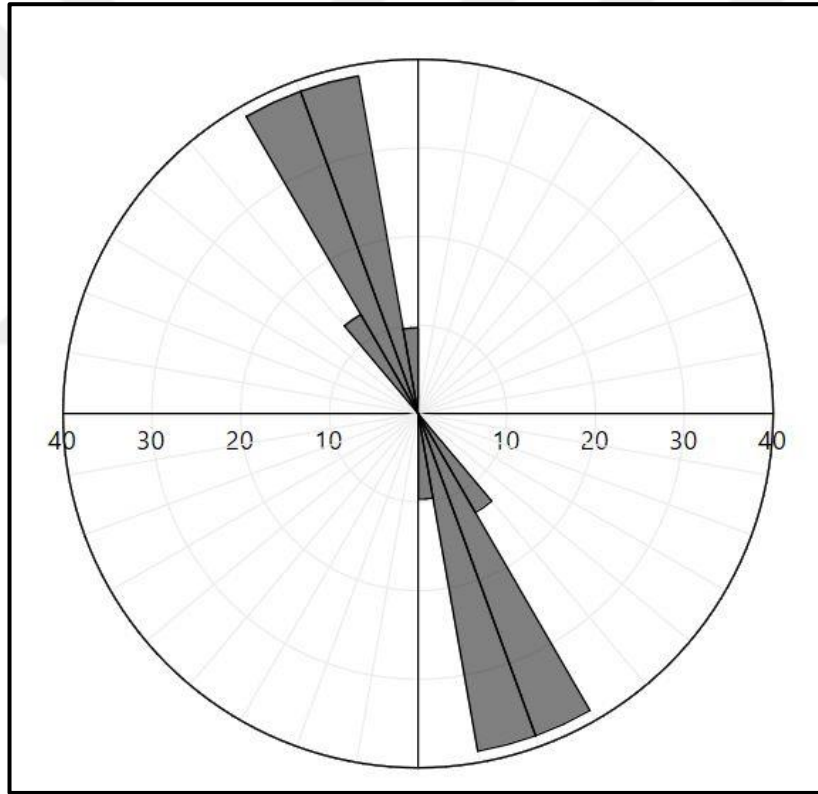
Şekil 4.12. İnceleme alanı çevresindeki faylar. (Temiz U. Savaş F.den alınmıştır.)

4.2.2 Diskordanslar

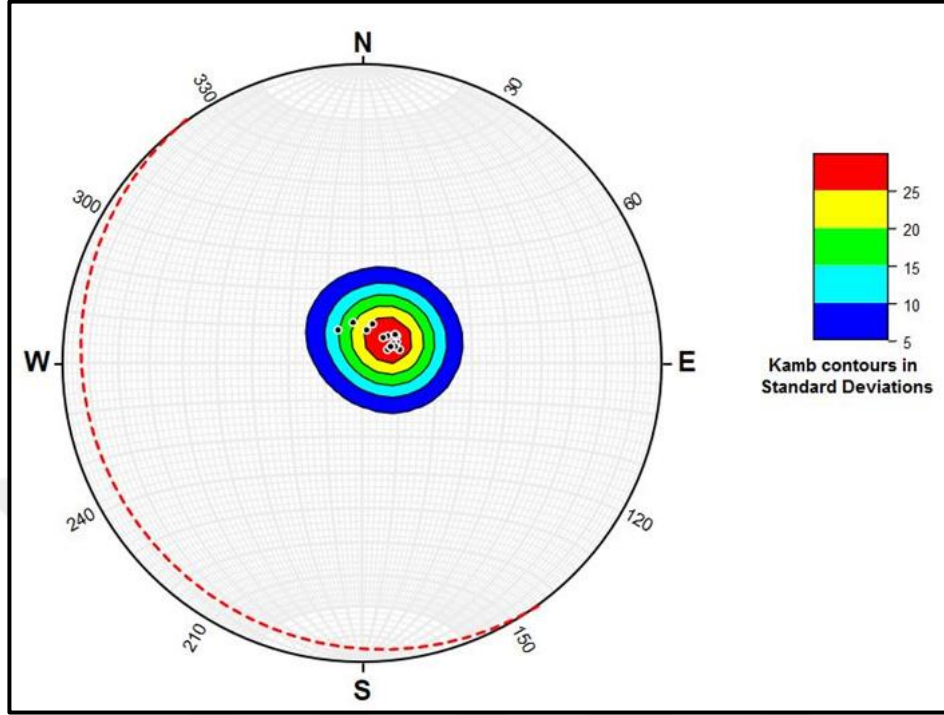
İnceleme alanı ve çevresinde Neojen ve Kuvaterner yaşlı birimler yer almaktadır. İnceleme alanında 5 adet diskordans bulunmaktadır. 1. Diskordans temelde bulunan Oligosen-Alt Miyosen yaşlı gri renkli kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı ve marn ardalanmaı, gri renkli gölsel kireçtaşı, marndan ve kırmızı renkli konglomera kumtaşı, çamurtaşlarından oluşan Aktoprak formasyonu ile Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı çoğunlukla gölsel ve yer yer akarsu ortamlarında oluşan İnsuyu formasyonu arasındadır. İnsuyu formasyonu Aktoprak formasyonunu açısal uyumsuzlukla örtmektedir. 2. Diskordans İnsuyu formasyonu ile Kuvaterner yaşlı Hotamış formasyonuna ait gölsel ve karasal çökeller arasındadır. İnsuyu formasyonu Hotamış formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. 3. Açılı diskordans Hotamış formasyonu ile üzerine gelen Acıgöl travertenleri arasındadır. 4. diskordans Acıgöl travertenleri ile alüvyal yelpaze arasında 5. Diskordans ise Alüvyal yelpaze çökelleri ile kil, kum, çakıldan oluşan alüvyon' a ait çökeller arasındadır.

4.2.3 4.2.3. Kırık ve Çatlaklar

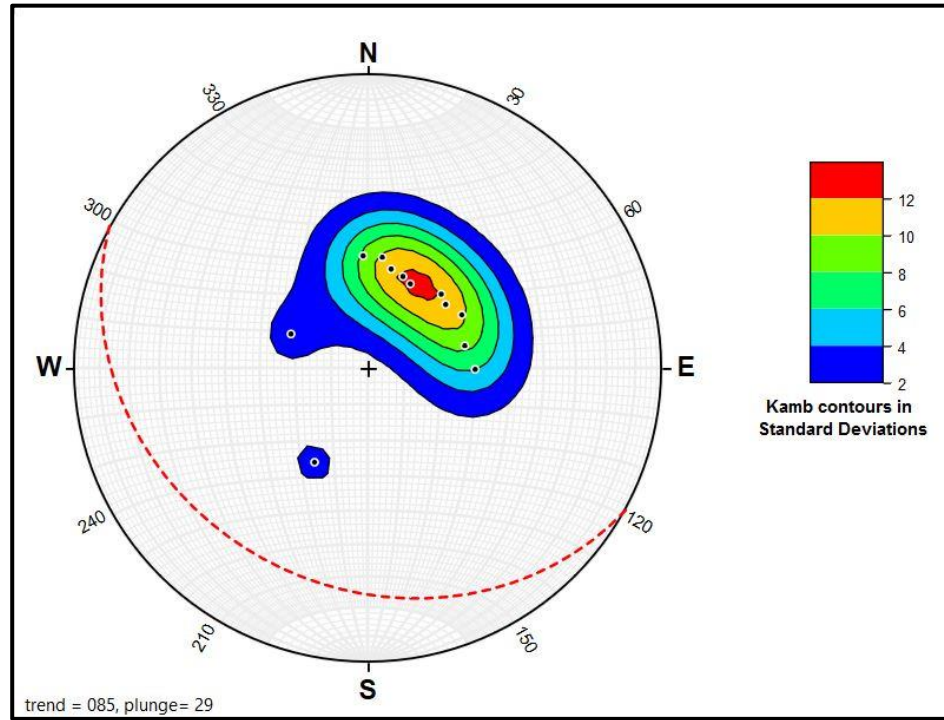
İnceleme alanında bulunan Aktoprak formasyonu ve travertenlerden alınan çatlak ve tabaka ölçümleri il gül ve kontur diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15). Travertenlerden alınan çatlak ölçümlerine göre hazırlanan gül diyagramında egemen çatlak konumu K30D dur. Travertenlerden alınan tabaka ölçümlerine göre hazırlanan Kontur diyagramına göre egemen tabaka konumu travertende egemen tabaka konumu KD60, 27GB, Aktoprak formasyonunda ise KD36B, 9GB dır.



Şekil 4.13 Traverten'e ait çatlak ölçümüne göre hazırlanan Gül diyagramı.
Egemen çatlak konumu K30D.



Şekil 4.14 Traverten alınan tabaka ölçümlerine ait nokta- kontur diyagramı (kıvrım eksenini konumu KD60B 27GB).



Şekil 4.15 Aktoprak formasyonu tabaka ölçümlerine ait nokta- kontur diyagramı (kıvrım eksenini konumu KD36B 9GB).

4.3 JEOLJİK EVRİM

İnceleme alanı Ereğli-Bor havzası içerisinde yer almaktadır. Havza güneydoğudan Toros dağları kuzeybatıdan Hasandağı ve Karacadağ, Kuzeydoğudan ise Melendiz dağları ile çevrilmiştir. Alanda Üst Eosen döneminde bölge yükselmeye başlamış ve uzun süre erozyona uğramıştır. Oligosen- Alt Miyosen döneminde denizel regresyonla oluşan sığ denizel ve lagüner ortamda Aktoprak formasyonu çökelmiş üzerine açısız uyumsuzlukla Üst Miyosen –Alt Pliyosen yaşlı İnsuyu formasyonu açısız uyumsuzlukla gelmiştir. Açısız uyumsuzluk Neotektonik dönemdeki hareketler sonucu oluşmuştur.

Üst Miyosen-Pliyosen döneminde Ereğli-Ulukışla havzası ve Tuz gölü havzasına ait sedimanları keserek yükselen kalkalkalen özellikle volkanizma faaliyetleri gerçekleşmiş ve volkanizmaya bağlı oluşan hidrotermal çözeltiler ve genç faylar Ereğli-Bor havzasını etkilemiştir (Göktaş 2010). Oligosen den sonra Pliyosende tektonik hareketler etkili olmuştur. Torosların kuzeyinde ise şiddetli metamorfizma gerçekleşmiş güneyde ise dağlar Alpin orojenezine bağlı hareketlerle deformasyona uğramış ve deformasyona bağlı kıvrımlanmalar gerçekleşmiştir (Okay 1982).

4.4 HİDROJEOLJİ

4.4.1 İklimsel faktörlerin değerlendirilmesi

İnceleme alanında İç anadolu bölgesinin karasal iklimi hakimdir. İklim şartlarını değerlendirmek için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sıcaklık, yağış, nem vb iklimsel değerler alınmış elde edilen verilerle tablolar oluşturularak grafikler çizilmiş denetirmeli nem bilançoları hazırlanmıştır.

4.4.1.1 Sıcaklık –Yağış-Nisbi Nem

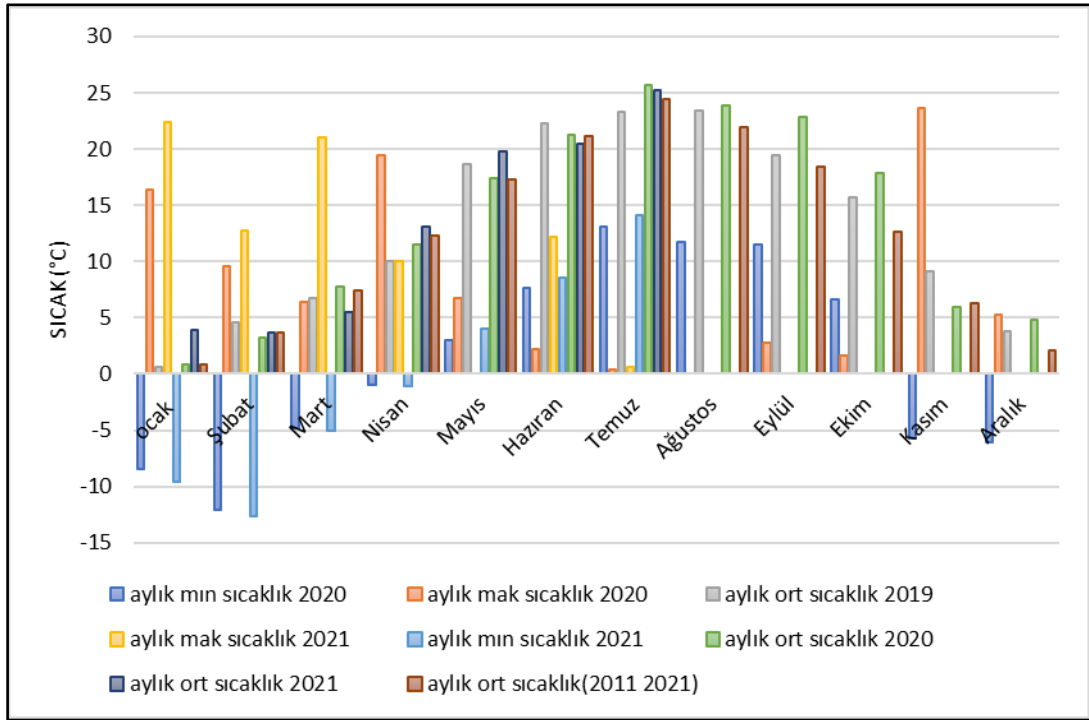
2020 yılı minimum sıcaklık Şubat ayında -12,1°C, maksimum sıcaklık Ağustos ayında 23.7°C, ortalama sıcaklık ise 25.7°C'dir. 2021 yılında minimum sıcaklık Ocak ayında olup -9.6°C, maksimum sıcaklık Ocak a 22.4 °C ve ortalama sıcaklık 20.5°C Uzun yıllar (2010-2022) aylık ortalama sıcaklık 24.48 °C' dir (Çizelge 4. 1, Şekil 4.16). Uzun

yıllar sıcaklık ortalaması haritasından da görüleceği gibi yıllık ortalama sıcaklık 12,1-14 °C arasındadır (Şekil 4.17).

İnceleme alanında 2020 yılı yağış değerleri oldukça düşük olup aylık toplam maksimum yağış Ocak ayında 50,4 mm minimum yağış ise Temmuz ayında 0,4 mm dir. Haziran ayından itibaren bölge hiç yağış almamıştır. Bu dönemde yıllık toplam yağış 34 mm. diğer yıllarda 1 aylık yağışa karşılık olan bu yağış bir yılda gerçekleşmiştir. 2021 yılında en yüksek aylık toplam yağış Ocak ayında 43,2 mm, en düşük yağış ise Temmuz ayında 0,6 mm dir. 2022 yılında toplam yağış Mart ayında 49,1 mm, Ağustos ayında ise 10,9 mm dir (Çizelge 4.2, Şekil Şekil 4.18).

Çizelge 4.1. Ereğli İlçesine ait sıcaklık (°C) değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
aylık mın sıcaklık 2020	-8,4	-12,1	-4,8	-1	3	7,7	13,1	11,7	11,5	6,6	-5,7	-6,1
aylık mak sıcaklık 2020	16,4	9,6	6,4	19,4	6,8	2,2	0,4	23,7	2,8	1,6	8,6	5,3
aylık ort sıcaklık 2020	0,6	4,6	6,8	10	18,6	22,3	23,3	23,4	19,4	15,7	9,1	3,8
aylık mak sıcaklık 2021	22,4	12,8	21	10	0	12,2	0,6	23,6	20,0	14,5	9,0	4,0
aylık mın sıcaklık 2021	-9,6	-12,7	-5,1	-1,1	4	8,6	14,1	12,0	11,0	9,0	-4,5	-5,9
aylık ort sıcaklık 2021	0,8	3,2	7,8	11,5	17,4	21,3	25,7	23,9	22,8	17,9	5,9	4,8
aylık ort sıcaklık 2022	3,9	3,7	5,5	13,1	19,8	20,5	25,2	26,3	25,4	19,1	10,1	9,8
aylık ort sıcaklık(2011 2022)	0,8	3,69	7,45	12,35	17,26	21,14	24,48	21,92	18,47	12,67	6,26	2,15



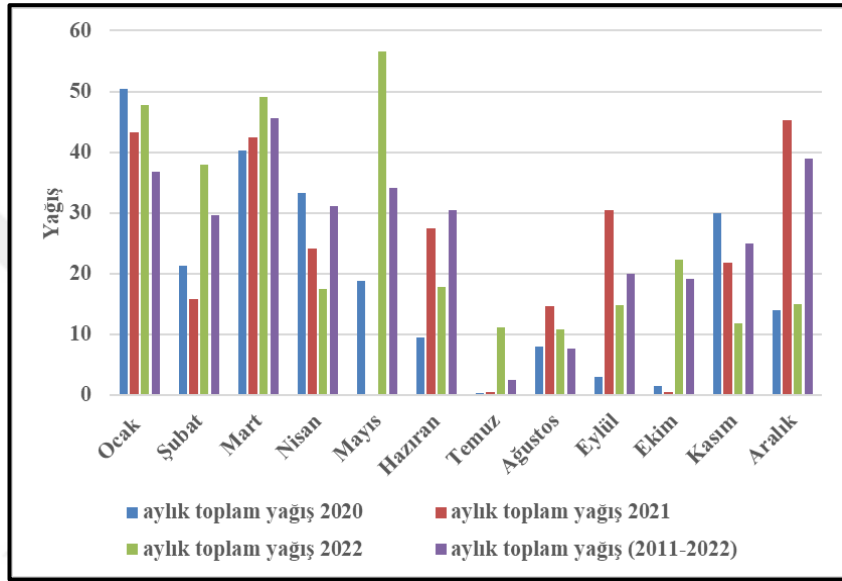
Şekil 4.16. İnceleme alanının sıcaklık grafiği.



Şekil 4.17. Türkiye’de yıllık sıcaklık ortalaması haritası (www.mgm.gov.tr)

Çizelge 4.2. Ereğli İlçesine ait yağış değerleri-mm

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
aylık top.yağış 2020-mm	50,4	21,3	40,2	33,3	18,8	9,5	0,4	8,01	3	1,6	30	14
aylık top.yağış 2021-mm	43,2	15,8	42,5	24,2	0	27,4	0,6	14,6	30,4	0,6	21,8	45,2
aylık top. yağış 2022	47,8	37,9	49,1	17,5	56,6	17,8	11,2	10,9	14,8	22,3	11,9	15
Aylık top.yağış (2011-2022)	36,8	29,7	45,6	31,2	34,1	30,4	2,5	7,6	19,9	19,2	25,0	39,0



Şekil 4.18 İnceleme alanının yağış grafiği

Türkiye genelinde hazırlanan yıllık ortalama yağış haritasına göre inceleme alanında yıllık ortalama yağış miktarının 250 ile 300 mm arasındadır (Şekil 4.19).

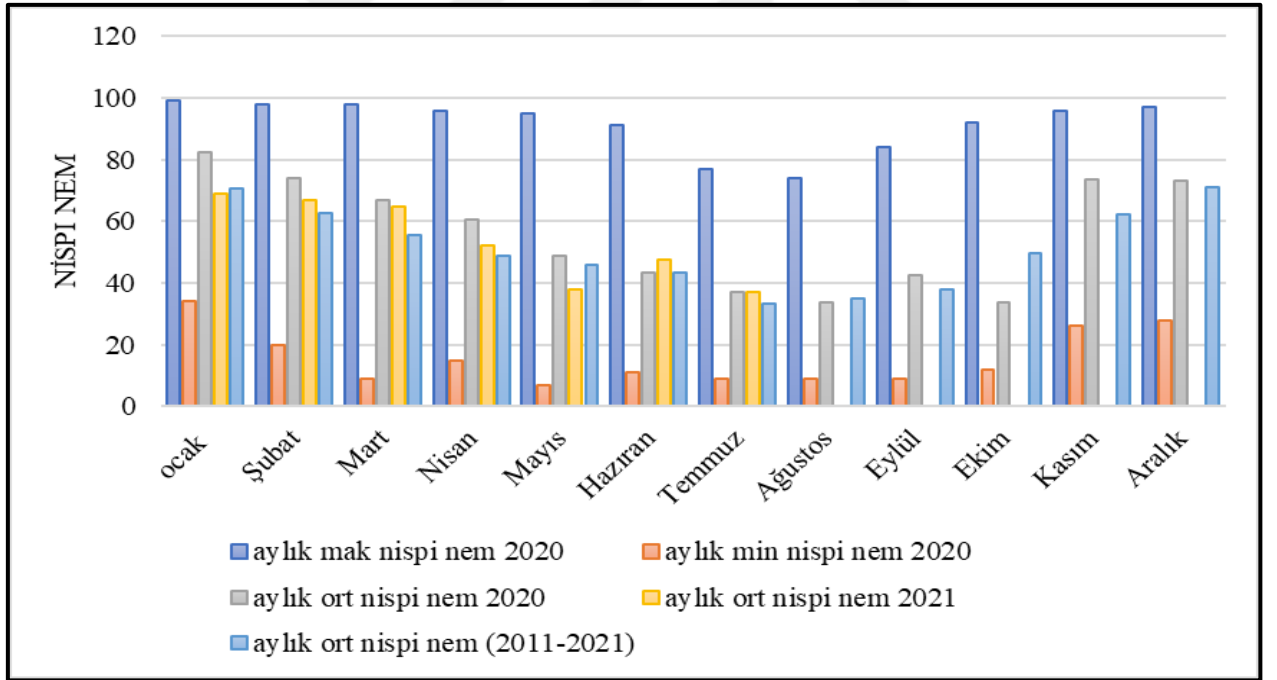


Şekil 4.19. Türkiye’de yıllık ortalama yağış haritası (www.mgm.gov.tr)

İnceleme alanında 2020 nisbi nem değeri en düşük Mayıs ayında %7, en yüksek Mart ayında %, 98 dir. 2021 yılında en düşük aylık ortalama nisbi nem Temmuz ayında %37,1 en yüksek nisbi nem değeri Ocak ayında %69,1dir. Uzun yıllara göre değerler ise en yüksek Ocak ayında %, 70,4, en düşük ise Temmuz ayında 33,3 dür. (Çizelge.4.3 Şekil 4.20). Türkiye nem haritasına göre ortalama nibi nem %60-65 dir (Şekil 4.21)

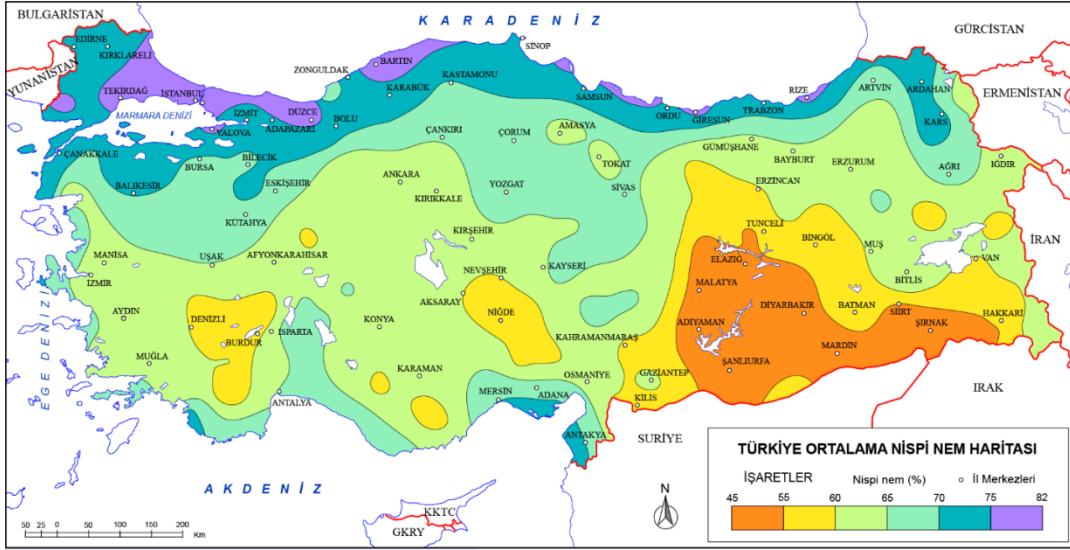
Çizelge 4.3. Ereğli ilçesine ait nisbi nem değerleri-%

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Tem	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
aylık mak nispi nem 2020-%	99	98	98	96	95	91	77	74	84	92	96	97
aylık min nispi nem 2020-%	34	20	9	15	7	11	9	9	9	12	26	28
aylık ort nispi nem 2020-%	82,3	74,2	66,8	60,6	48,6	43,5	37,1	33,5	42,7	33,9	73,7	73
aylık ort nispi nem 2021-%	69,1	66,8	64,8	52,2	38	47,6	37,2	30,1	41,2	33,0	69,0	70,0
aylık ort nispi nem (2011-2021)-%	70,4	62,7	55,3	48,7	46,1	43,2	33,3	35,0	37,8	49,8	62,3	71,1



Şekil 4.20. İnceleme alanının nisbi nem grafiği.

Türkiyede ortalama nisbi nem haritasına göre çalışma alanında Nispi nem değeri %60 ile %65 arasındadır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Türkiye ortalama nem haritası

4.4.1.2 Buharlaşma ve terleme

Thorntwaite yöntemi (1948) kullanılarak inceleme dönemi (2022) ve uzun yıllara (2021-2022) ait deneştirmeli nem bilançosu hazırlanarak yağış, buharlaşma -terlemenin değişim grafiği çizilmiştir. (Çizelge 4.4, Şekil 4.22).

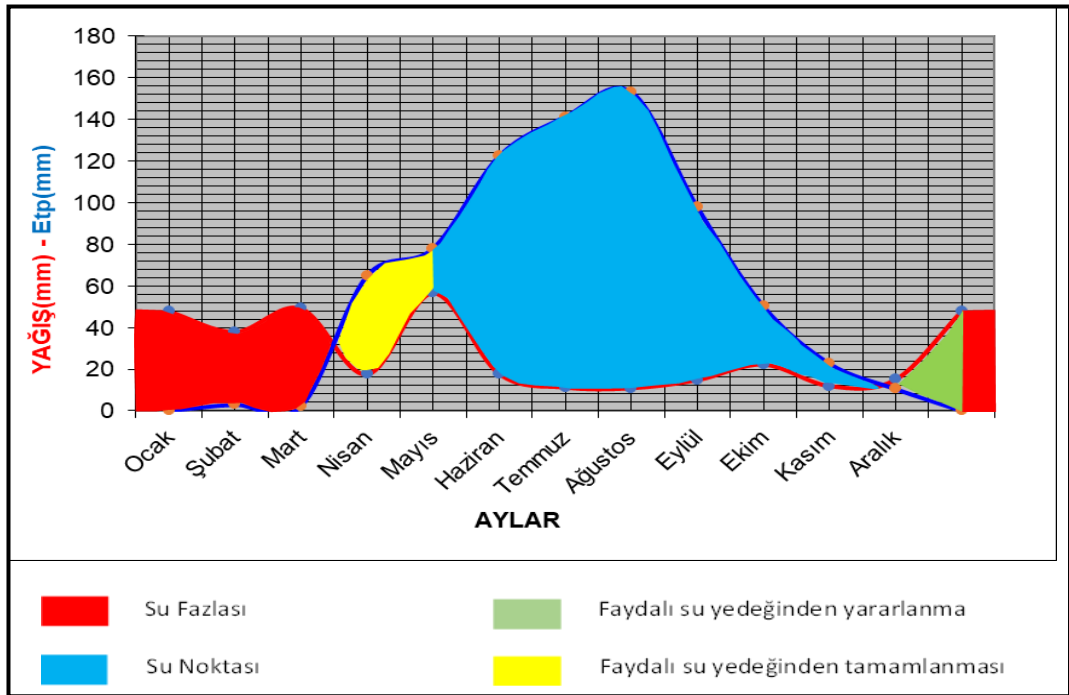
2022 yılı deneştirmeli nem bilançosuna göre Ocak ayından Mart ayı sonuna kadar yağış buharlaşma-terlemeden fazla olmakta ve su fazlası görülmektedir. Nisan ayından Haziran ayı başlarına kadar yağış buharlaşma terlemeden az olmakta toprağın su ihtiyacı faydalı su yedeğinden tamamlanmaktadır. Haziran ayı başından Kasım ayı sonuna kadar yağış buharlaşma terlemeden az olmakta, faydalı su yedeği de sıfır olduğundan gerçek buharlaşma terleme yağışa eşit olmakta ve su noksanı gözlenmektedir. Aralık ayından Ocak ayı ortalarına kadar yağış buharlaşma-terlemeden fazla olmakta ve faydalı su yedeği tamamlanmaya çalışılmakta ve Ocak ayı sonunda faydalı su yedeği 100 mm. olmaktadır. (Çizelge 4.4 Şekil 4.22).

Uzun yıllar (2010-2022) ortalamasına göre hazırlanan nem bilançosu değişim grafiğine göre Ocak ayından Mart ayı sonuna kadar, yağış buharlaşma-terlemeden daha fazla olmakta ve su fazlası görülmektedir. Nisan ayının ortasından Mayıs ayı başlarına kadar yağış buharlaşma-terlemeden daha az olmakta ve toprağın su ihtiyacı faydalı su yedeğinden tamamlanmaktadır. Mayıs ayının başından Ekim ayının sonuna kadar, yağış buharlaşma-terlemeden daha az olmakta olup gerçek buharlaşma -terleme yağışa eşit

olmaktadır. Ekim ve Kasım aylarında ise yağış buharlaşma terlemeden fazla olmakta ve faydalı su yedeği tamamlanmaya çalışılarak Ocak ayı sonunda faydalı su yedeği tamamlanmaktadır (Çizelge 4.5, Şekil 4.23).

Çizelge 4.4. İnceleme alanının 2022 yılı deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwaite 1948)

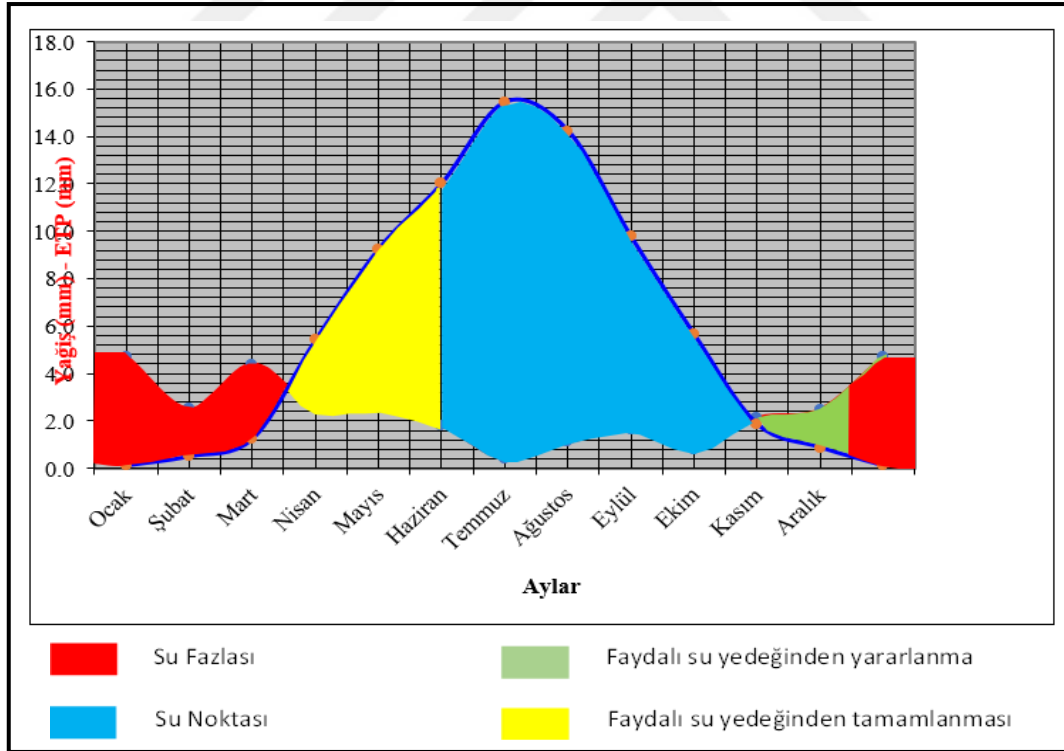
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortal. (°C)	-1,8	2	1,4	14,6	15,4	21,1	23,1	25,8	20,5	13,5	8,5	5	
Sıcaklık indisi	0	0,25	0,15	5,07	5,49	8,85	10,15	11,99	8,47	4,50	2,23	1,00	58,14
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	0	3,57	2,17	58,33	62,86	97,84	111,11	129,78	93,95	52,25	27,28	12,95	
Enlem düzeltme katsayısı	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81	
Düzeltilmiş Etp-mm	0	2,97	2,23	64,74	77,95	122,30	141,11	153,14	97,71	50,16	22,64	10,49	745
Yağış-mm	47,8	37,9	49,1	17,5	56,6	17,8	11,2	10,9	14,8	22,3	11,9	15	312,8
Faydalı su yedeği-mm	100	100	100	52,758	31,405	0	0	0	0	0	0,00	4,5133	
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	0	2,97	2,23	64,74	77,95	49,21	11,20	10,90	14,80	22,30	11,90	10,49	279
Su fazlası-mm	47,80	34,93	46,87	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	129,60
Su noksanı-mm	0	0	0	0	0	73,094	129,91	142,24	82,912	27,859	10,743	0	466,76



Şekil 4.22. Yağış- buharlaşma- terlemenin grafiği (2022 yılı)

Çizelge 4.5. İnceleme alanının (2010-2020) yılları arası deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwaite 1948)

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması (°C)	1,0	3,0	4,9	13,0	17,5	20,9	24,7	24,5	20,6	14,9	7,6	4,5	
Sıcaklık indisi	0	0,45	0,97	4,27	6,68	8,74	11,21	11,11	8,53	5,21	1,87	0,86	59,98
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	1	5,83	11,97	48,69	74,49	96,05	121,53	120,59	93,86	58,80	22,32	10,71	
Enlem düzeltme katsayısı	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81	
Düzeltilmiş Etp-mm	1	4,84	12,33	54,04	92,37	120,06	154,35	142,30	97,62	56,45	18,53	8,67	763
Yağış-mm	47,1	25,0	43,9	25,0	25,1	18,2	4,1	11,2	16,1	8,2	21,2	24,7	269,87
Faydalı su yedeği-mm	100	100	100	70,959	3,7217	0	0	0	0	0	2,70	18,764	
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	1	4,84	12,33	54,04	92,37	21,96	4,07	11,17	16,07	8,17	18,53	8,67	253
Su fazlası-mm	46,15	20,16	31,60	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	97,92
Su noksanı-mm	0	0	0	0	0	98,106	150,28	131,13	81,551	48,28	0	0	509,35



Şekil 4.23. Yağış- buharlaşma- terlemenin değişim grafiği (2010-2020)

4.4.2 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri

İnceleme alanında litoloji ve stratigrafi özelliklerine göre ayrırtlanmış birimler farklı hidrojeoloji özelliklerine göre sahiptir. Birbirine benzer veya birbiri ile ortak özelliklere sahip akiferleri oluşturan birimler ise nitelik bakımından geçirimli ve az geçirimli olarak sınıflandırılarak hidrojeolojik dikme kesit ve hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. (Şekil 4.24, Şekil 4.25)

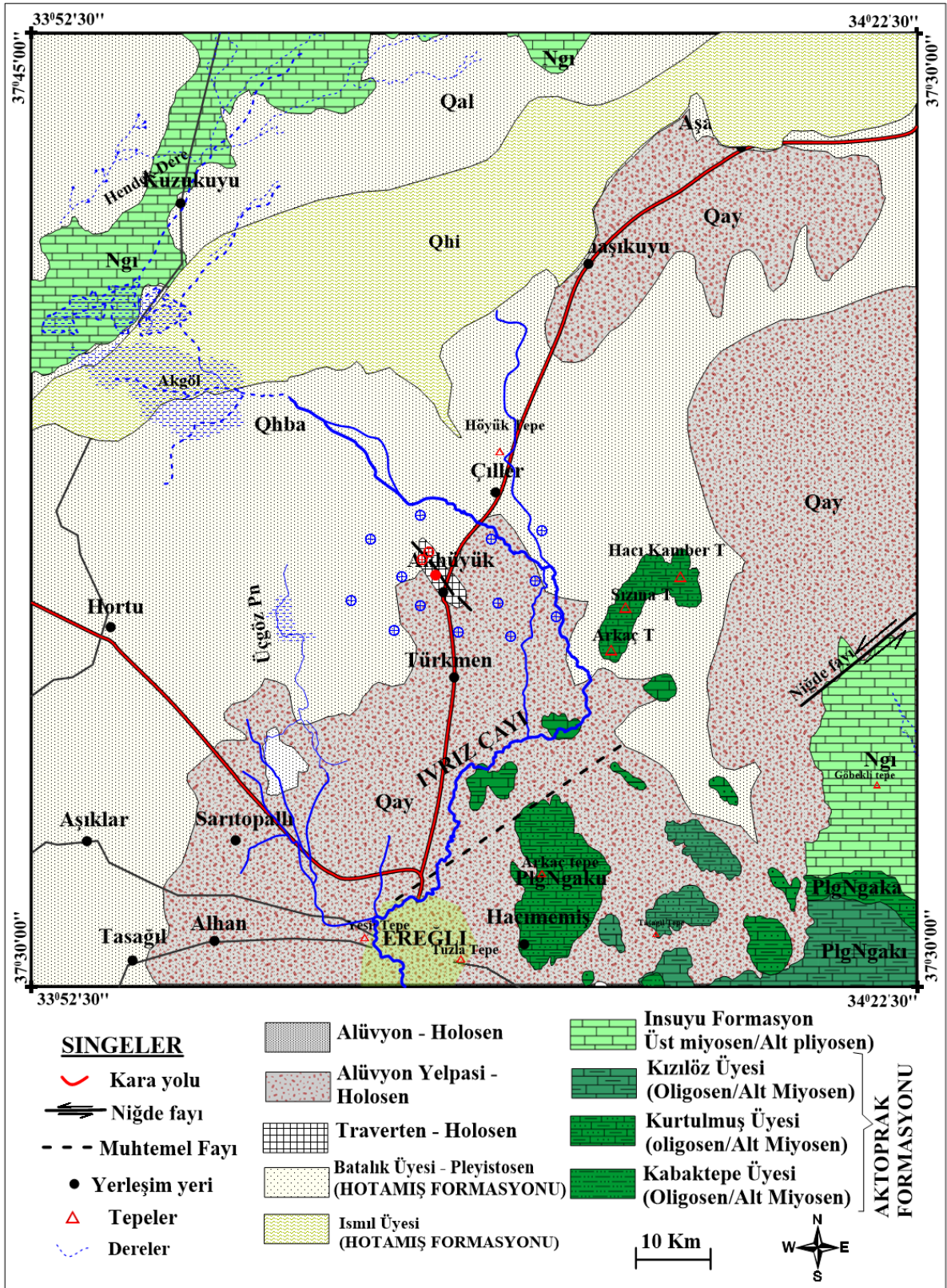
4.4.2.1 Az Geçirimli Birim (AG- 1)

Aktoprak formasyonu Başlıca kireçtaşı, marn, jips, kumtaşı, konglomera, çamurtaşından oluşmaktadır. Birim içerisindeki kireçtaşları bol kırıklı çatlaklı ve gözeneklidir. Tektonik hareketler kireçtaşlarına ikincil gözenek ve geçirimsizlik kazandırır bu nedenle akifer kaya özelliğindedir kumtaşları az geçirimlidir. Konglomeralar geçirimlidir. Akifer kaya özelliğindedirler. Marnlar çamurtaşları jipsler geçirimsizdir. Birim az geçirimli olarak sınıflandırılmıştır.

4.4.2.2 Az Geçirimli Birim (AG-2)

İnsuyu Formasyonu'na ait kireçtaşları ve killi kireçtaşı seviyeleri bol kırıklı, çatlaklı olmalarından ve karstik olmalarından dolayı akifer özelliği göstermektedir. Ayrıca fayların etkisi ile bu birimlerin ikincil gözenekliliği de artmıştır Birim içerisindeki ince taneli kumtaşı yarı geçirimli olup ile yatay ve düşey yönde düzensiz şekilde yayılım gösteren killer ve silttaşı ve şeyl seviyeleri ise, geçirimsiz birimleri oluşturmaktadır.

İnsuyu formasyonu Sille, armutlu, Sulutaş ve Bunsal kireçtaşı üyelerinden oluşmaktadır. Sille üyesi kırmızı renkli konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Gevşek tutturulmuş çakıltası, kumtaşı konglomeralar geçirimli çamurtaşları geçirimsizdir. Armutlu üyesine ait kilttaşları, karbonatlı kilttaşları geçirimsizdir. Sulutaş üyesi tuf, tüfit, aglomera ve volkanik breş den oluşmaktadır. Tüfler aglomeralar ve volkanik breşler geçirimli özelliktedir. Ancak yer yer yarı geçirimli özellikte göstermektedirler. Bunsal kireçtaşı üyesi ise kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları bol kırıklı çatlaklı gözenekli ve geçirimlidir. Tektonik hareketler kireçtaşlarına ikincil gözenek ve geçirimsizlik kazandırır bu nedenle akifer kaya özelliğindedir. Birim tümüyle değerlendirildiği zaman yarı geçirimlidir.



Şekil 4.24. İnceleme alanının hidrojeoloji haritası

4.4.2.3 Az Geçirimli Birim (AG3)

Birim blok çakıl kumdan oluşan Bölücek yayla üyesi, çamurtaşı, sil, kumdan oluşan Küphasan üyesi, kum çakıl, çamurdan oluşan Karkın üyesi, çakıllı kumlu çamur, marn dan oluşan Sazlıpınar üyesi, karbonat ve marn dan oluşan Bataklık üyesinden oluşmaktadır. Birim içerisindeki blok ve çakıllı ve kumlu seviyeler geçirimli gözenekli olup akifer kaya özelliğindedir. Siltli, marnlı, çamurlu ve çamurtaşı seviyeleri ise geçirimsiz olup birim akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Birim yarı geçirimli olarak sınıflandırılmıştır.

4.4.2.4 Geçirimli Birim (G1)

Acıgöl çevresinde güncel traverten oluşukları gözlenmektedir. Dış görünümü beyaz, sarımsı pembemsi renklidir. Yeraltı sularının kireçtaşlarını eritmesi ve bu suların yüzeye çıkması sırasında, eriyik halde bulunan karbonatların çökmesi ile oluşmuştur. Travertenler boşluklu, gözenekli olup akifer özelliğindedir. Birim geçirimlidir.

4.4.2.5 Az Geçirimli Birim (AG4)

Genel olarak birbiri ile geçişli, tutturulmamış, kötü boylanmalı, siltli, killi, az yuvarlak, bloklu, çakıllı, kumlu moloz akması, çamur akması şeklinde gelişmiş, sığ dere yatağı çökellerinden oluşur. Kum, çakıl ve bloklar, kaynak alanın kayatürü özelliklerine göre farklılık sunmaktadır. Bloklu Çakıllı, kumlu birim geçirimli ve gözeneklidir. Akifer özelliğindedir. Kil, silt, çamurlar geçirimsiz olup akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Birim az geçirimlidir.

4.4.2.6 Geçirimli Birim (G2)

İnceleme alanındaki alüvyonlar tutturulmamış veya az tutturulmuş çakıl, kum kil ve siltlerle temsil edilmektedir

Alüvyonlar, gevşek ve tutturulmamış malzemeden oluşmaktadır. Alüvyonun çakılları iri, yuvarlak ve kötü boylanmalıdır. Geçirimli ve gözenekli olup kumlu ve çakıllı seviyeler akifer kaya olma özelliğindedir.

4.4.3 Su Kaynakları

4.4.3.1 4.2.3.1. Yüzey Suları

İnceleme alanındaki en önemli yüzey suyu İvriz kaynağı ve Akgöl dür. Yüzey sularının birçoğu yağışların azlığı ve yeraltısu seviyesinin düşmesi nedeniyle kurumuş olup yüzey suyu olarak akışa sahip olan sadece İvriz çayı bulunmaktadır (Şekil.4.26).

Akgöl Ereğli İlçesi'nin batısındadır. Çok sığ bir özelliğe ve tatlı suya sahip eski göl tabanı olup İvriz deresinden gelen sularla beslenir. İvriz çayını İvriz kaynağından boşalan sular oluşturur. İvriz kaynağı berendi kireçtaşlarından boşalan karstik bir kaynaktır. Kaynak suyu İvriz barajında toplanarak Ereğli ilçesinde sulama amaçlı kullanılmaktadır. Kaynağın ortalama debisi 11 m³/s, kaynak sıcaklığı 16 °C dır. İvriz kaynağı inceleme alanına güneyden girerek kuzey, kuzey batıya batıya doğru uzanarak Akgölü beslemektedir. Ancak sulama ve taşkın kontrolü amacıyla 1981-1984 yılları arası inşa edilen İvriz barajı nedeniyle Akgöl kurumuştur.

İnceleme alanının kuzeyinde bulunan ve batıya doğru uzanan Akgöl tarafından beslenen hendek deresi ve Sambarlıöz deresi kuru olup mevsimlik yağışlara bağlı olarak kısa süreli akışa geçmektedirler.



Şekil 4.26. İvriz çayının görünümü

4.4.3.2 Soğuk Su Kuyuları

İnceleme alanında içme ve sulama amacıyla kurumlar ve kişiler tarafından açılan açılan sondaj kuyuları ve şahıslar tarafından elle açılan su bulundurmeyen keson kuyular bulunmaktadır. Kuyuların derinlikleri 84-220 m, statik seviyeleri 8-74m, dinamik seviyeleri 26-90 m, debileri ise 16-40 l/sn arasındadır (Çizelge 4.6, Şekil 4.27). Sondaj kuyularının akiferini, inceleme alanında geniş yayılım gösteren Hotamış formasyonunun bataklık üyesine ait karbonatlı kil, kireçtaşı ve bataklık çökelleri, Alüvyon yelpazesine ve kil kum, çakıldan oluşan alüvyona ait birimler oluşturmaktadır.

Çizelge 4.6. İnceleme alanındaki sondaj kuyularına ait değerler

Özellikler Kuyular	Koordinat			Kuyu aç. Tarih	Derinlik	Statik S.	St.Sv Kotu	D.Seviye	Debi l/sn	Litoloji
	X	Y	Z							
S1	594488	4162434	1051	2020	150	31	1020	45	33	Alüvyon
S2	595809	4163491	1100	2018	220	74	1026	90	40	Alüvyon
S3	595584	4160695	1005	2020	100	11,2	993,8	26	32	Alüvyon
S4	594500	4160033	1046	2019	85	14,75	1031,25	29,75	16	Alüvyon
S5	593451	4161178	1045	2021	210	15,4	1029,6	30,40	35	Alüvyon
S6	593621	4162841	1025	2021	95	10,2	1014,8	26	28	Alüvyon
S7	594525	4162610	1018	2018	102	8	1010	32	31	Alüvyon
S8	593936	4161818	1024	2020	112	20,3	1003,7	35,7	40	Alüvyon
S9	593856	4161545	1029	2018	93	18,7	1010,3	33,75	25	Alüvyon
S10	593749	4162224	1033	2021	85	18,9	1014,1	34	21	Alüvyon
S11	594166	4162206	1050	2021	105	37,75	1012,25	52,4	31	Alüvyon
S12	593871	4161912	1042	2022	84	31,75	1010,25	46,75	24	Alüvyon
S13	594420	4161846	1087	2020	120	46,85	1040,15	62,1	31	Alüvyon

4.4.3.3 Kaynaklar

İnceleme alanında soğuk ve sıcak su kaynakları bulunmaktadır. Acıpınar soğuk su kaynakları Acıpınar yerleşim birimi çevresinde Üçgöz kaynakları ise Akhüyük kaynağının batısında olup çalışma döneminde kurumuş durumdadır. Sıcak ve mineralli su kaynakları ise Akhüyük yerleşim merkezi yakınında Kükürtlü Tepede bulunmakta olup kükürtlü kaynak Akhüyük kaynağı olarak bilinmektedir.

Akhüyük sıcak ve mineralli su kaynakları: Sıcak ve mineralli su kaynakları KB-GD yönlü eğim atımlı normal fay hattı boyunca çıkmakta ve 3 noktadan boşalmaktadır. Kaynak sıcaklıkları 16,5°C- 21 °C debileri 0,1-0,5 l/sn arasındadır. Ayrıca Akhüyük fayı boyunca ve traverten konilerinin tabanında debisi ölçülemeyecek kadar küçük debili sızıntı şeklinde su çıkışları gözlenmektedir. Kükürtlü tepede açılan jeotermal sondaj

kuyuları rezervuar basıncını düşürdüğü için bazı kaynak çıkışlarının kurumasına neden olmuştur.



Şekil 4.27. İnceleme alanındaki soğuk su sondajları



Şekil 4.28. Kükürtlü Tepede kaynak çıkışları

4.4.3.4 Sıcak Su Sondajları

Kaynak çıkışları üzerinde ve çevresinde 3 adet sıcak su sondajı bulunmaktadır. Artezyen yapan sondajın suyu havuzlarda biriktirilerek günü birlik turizm amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 4.30) Sondajların derinlikleri 800-962 m suların sıcaklığı 21-26 °C dır. İnceleme alanında çalışma döneminde Ereğli Belediyesi tarafından Maden Teknik Arama Müdürlüğüne yaptırılan 1. Sondajın derinliği 1825 m çamur sıcaklığı 50°C olup kuyudan su alınamamıştır. 1. Sondajın yaklaşık 25 m uzağına ve doğusuna yapılan 2. derin sondaj kuyusu halen tamamlanmamış borulama aşamasındadır. 2 kuyunun derinliği 2375 m çamur sıcaklığı 43 °C olup kuyu kil, kum, çakıl, konglomera ve marn ar dalanmasından oluşan birim içerisinde açılmıştır. Kuyuda test çalışmaları ve donanım işlemleri halen yapılmamış kuyuda çalışmalar devam etmektedir.



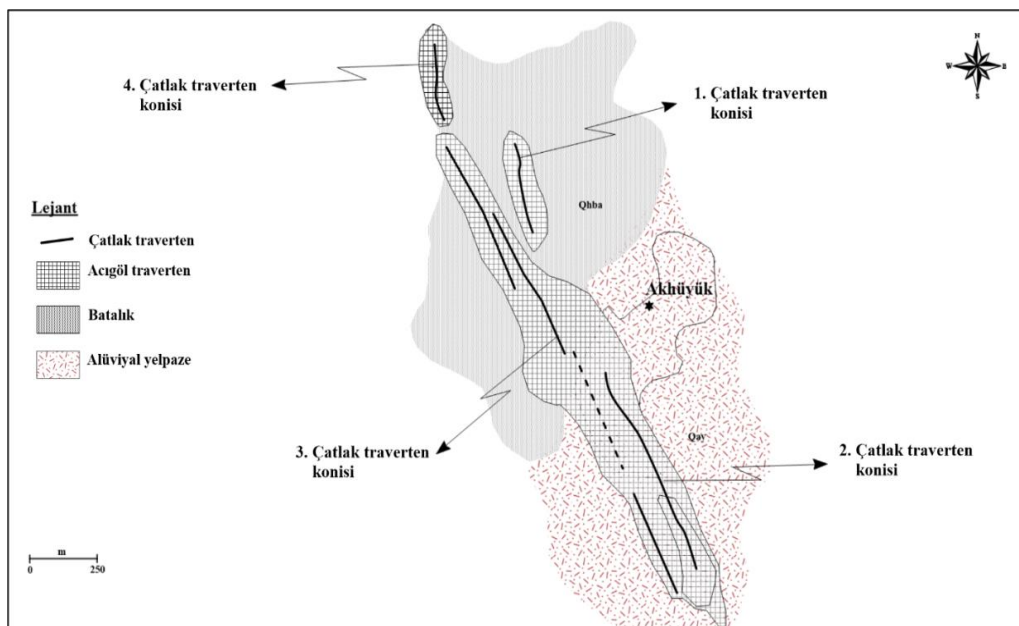
Şekil 4.29. İnceleme alanındaki sıcak su sondaj kuyuları



Şekil 4.30. İnceleme alanında yapımı devam eden sıcak su sondaj kuyuları

4.4.3.5 Traverten Konileri

İnceleme alanında Kükürtlü tepedeki traverten konilerinin tabanlarında sızıntı şeklinde boşalımalar gözlenmektedir. Kükürt tepede Akhüyük fayı boyunca yükselen CaHCO_3 'ca zengin sular yeryüzüne ulaştığında basıncın düşmesiyle bünyesindeki CO_2 gazı açığa çıkmakta ve HCO_3 çökelmektedir. Bikarbonat çökelişi fay hattının sağ ve sol yönünde eşit olduğundan oluşan traverten çökelimleri zamanla traverten konisi oluşturmaktadır. Kaynak sıcaklıkları 16-21.5 °C debileri ise 0,1- 0,5 l/s arasındadır. Kükürtlü tepede Akhüyük fayı boyunca oluşan traverten konisinin yüksekliği 22 m genişliği 300 m uzunluğu ise yaklaşık 2400 m dir. Kaynak çevresinde traverten tabakaları arasında ince bantlar halinde sarı renkli kükürt çökelleri gözlenmekte olup kaynak çevresinde kükürt kokusu duyulmaktadır. Ana faya bağlı traverten konisinin sağında ve solundaki çatlaklara bağlı 4 adet küçük traverten konisi bulunmaktadır (Şekil4.32, Şekil 4.33). 1 çatlağın oluşturduğu traverten konisi N13W yönlü, uzunluğu 460 m, genişliği 80-90 yüksekliği 12 m arasında, 2 çatlağın oluşturduğu traverten konisi N28W yönlü, uzunluğu 1121 m, genişliği 50-95m yüksekliği 15-25 m arasında, 3 çatlağın oluşturduğu traverten konisi N26W yönlü, uzunluğu 954 m, genişliği 60-73 m, yüksekliği 5 m arasında, 4 çatlağın oluşturduğu traverten konisi N10W yönlü, uzunluğu 380 m, genişliği 16-64 m, yüksekliği 5 m arasındadır (Savaş 2015)



Şekil 4.31. Kükürtlü tepedeki traverten konilerinin konumu (Savaş 2015)



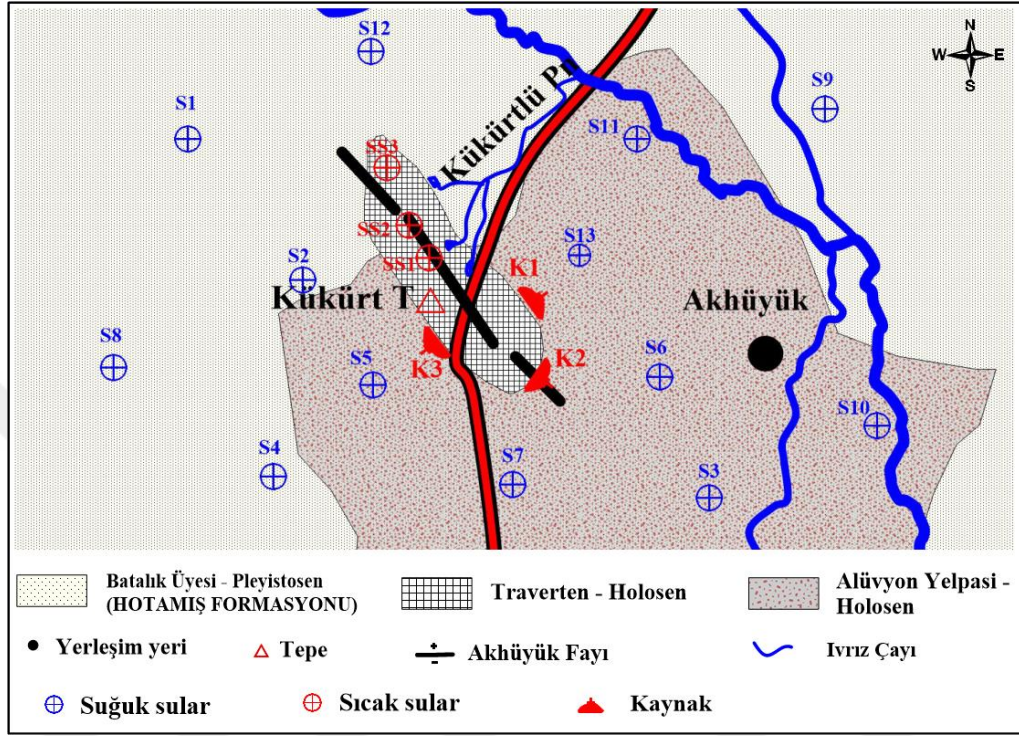
Şekil 4.32. K k rt l  tepedeki traverten konilerinin görünümü

4.5 H DROJEOK MYA

4.5.1 Suların Fiziksel  zellikleri

Hidrojeokimyasal  alışmalar da inceleme alanındaki suların fiziksel ve kimyasal özelliklerini ortaya koyabilmek için sıcak sulardan ve soğuk sulardan Yağışlı dönem

(Mayıs 2022), kurak dönemleri (Ekim 2022) temsil eden su örnekleri alınarak fiziko-kimyasal analizleri yaptırılmış çeşitli yöntem, diyagram ve bilgisayar programları kullanılarak sular fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından yorumlanmıştır (Şekil 4.34).



Şekil 4.33. İnceleme alanında örnek alınan su noktaları

İnceleme alanındaki suların sıcaklıkları yağışlı ve kurak dönem arasında çok az farklılık göstermektedir. Soğuk suların sıcaklıkları 13- 16 °C sıcak ve mineralli su kaynaklarının sıcaklıkları 19-21 °C, sıcak su sondajlarının sıcaklıkları ise 22 -26,5 °C arasındadır.

Soğuk suların pH değerleri 6,51-7,2, sıcak ve mineralli su kaynaklarının 6,68 – 7,1 sıcak su sondajlarının 6,9-7,01 arasındadır. Her iki dönemde de hem soğuk sular hem de sıcak suların pH değerleri hafif alkali bir karakterdedir. Elektriksel iletkenlik değerleri ise soğuk sularda 289-6050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında sıcak ve mineralli sularda, kaynaklarda 5600-10820 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sıcak su sondajlarından alınan örneklerde EC değerleri ise 12137-24361 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. İnceleme alanındaki sıcak suların ve sıcak- mineralli kaynak sularının EC değerleri soğuk suların EC değerlerinden yüksektir. Sıcaklık akiferdeki çözünmeyi artırdığından EC değerinin yüksekliği akiferdeki çözünmenin daha

yüksek olduğunu göstermektedir. Soğuk sulara EC değeri düşük olması yağışlı dönemde suların yağışlarla seyreltilmişinin kanıtıdır.

4.5.2 Suların Kimyasal Özellikleri

İnceleme alanından yağışlı ve kurak dönemlerde örnekler alınarak DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Daire Başkanlığı, Kimya laboratuvarında fiziko-kimyasal analizleri yaptırılmıştır. Elde edilen veriler ve bilgisayar programları kullanılarak sıcak ve soğuk sular Schoeller, Piper, Wilcox diyagramı ve tuzluluk diyagramlarına göre sular sınıflandırılmıştır. Ayrıca suların Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH) sınıflaması yapılmıştır.

4.5.2.1 Schoeller Diyagramı

İnceleme alanındaki soğuk suların kurak ve yağışlı dönem, sıcak ve mineralli suların kurak döneme ait yarı logaritmik Schoeller diyagramları çizilerek sular yorumlanmıştır Schoeller diyagramına göre kurak ve yağışlı dönemlerde soğuk sulara ait iyonları birleştiren doğruların birbirine yaklaşık paraleldir bu durum suların aynı akiferden geldiğini göstermektedir.

Soğuk sulara S2, S3, S5, S6, S8, S10, S11, S12, S13 nolu örneklerde hâkim katyon Na+K iken hâkim anyon Cl olup NaCl tipi sular, 4 nolu örnekte hâkim katyon Ca hâkim anyon HCO₃ olup CaHCO₃ tipi sular, 7 nolu örnek NaHCO₃ tipi, 9 nolu örnek ise NaSO₄ tipi sulardır. İnceleme alanındaki soğuk sulara iyonların sıralanışı kurak dönem ile yağışlı dönem arasında bazı iyonlarda çok az farklılık göstermektedir (Çizelge 4.8, Çizelge 4.11 Çizelge 4.13, Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37).

Sıcak su örneklerinden elde edilen değerlere göre çizilen Schoeller diyagramında iyonların sıralanışı $r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$, $r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r\text{HCO}_3$ şeklinde olup iyonları birleştiren doğrular birbirine paraleldir. Bu durum sıcak suların benzer litolojik özelliğe sahip akiferlerden geldiğini göstermektedir (Çizelge 4.13, Şekil 4.37).

Sıcak ve mineralli suların mineralizasyonu soğuk sulara göre yüksektir. Sıcaklık çözünürlüğü artırmaktadır. Sıcak sular derinlerde dolaşırken mineraller açısından zenginleşir aynı anda ısınarak yükselir. Soğuk suları oluşturan meteorik sular ise kayaların kırık ve çatlakları boyunca hareket ederek minerallerce zenginleşmeden kısa sürede yeryüzüne dönerler.

Çizelge 4.7. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l) (Mayıs 2022)

Örnek No	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	Toplam İyon Miktarı	Çöz. CO ₂	Çöz. O ₂	EC	pH	Sıcaklık (°C)
S-1	2,59	1,14	1,11	0,81	0,42	0,26	6,52	12,85	18	5,94	804	6,91	14
S-2	2,9	4,36	22,86	0,92	13,24	3,56	3,93	51,77	26	7,6	3500	7,05	14,2
S-3	4,96	8,26	47,61	1,01	48,22	3,7	4,46	118,22	28	7,44	6050	6,86	24,5
S-4	0,96	0,47	0,66	0,62	0,23	0,05	2,33	5,32	18	7,32	289	7,2	18
S-5	2,16	1,63	3,49	1,04	1,22	0,95	4,16	14,65	20	7,43	973	6,93	14,7
S-6	4,41	4,93	23,12	0,72	5,49	6,9	3,51	49,08	22	7,48	3530	6,67	16
S-7	3,14	1,91	6,35	0,87	0,66	1,56	3,74	18,23	16	8,27	1455	6,67	15,2
S-8	3,56	3,26	19,12	0,79	7,11	3,64	2	39,48	20	6,76	2950	6,97	16,1
S-9	2,77	4,31	10,98	0,8	0,92	2,96	2,46	25,2	28	7,2	2290	7,01	15
S-10	2,87	1,58	12,28	1,19	6,58	1,05	4,49	30,04	28	7,2	1628	6,51	15
S-11	2,15	0,83	9,24	1,23	4,75	0,68	5,31	24,19	32	7,07	1384	6,94	16
S-12	2,43	1,81	11,69	0,96	6,35	0,24	9,18	32,66	78	5,8	1717	6,93	15,1
S-13	1,52	1,21	14,33	1,08	7,48	0,3	6,07	31,99	20	7,23	1557	6,88	14,5

Çizelge 4.8. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l) (Mayıs 2022)

Örnek No	rCa	rMg	rNa	rK	r(Na+K)	rCl	rSO4	rHCO ₃	SAR	%Na
S-1	0,1295	0,095	0,048	0,021	0,069	0,012	0,005	0,107	0,14	23,5
S-2	0,145	0,363	0,994	0,024	1,018	0,373	0,074	0,064	1,97	66,7
S-3	0,248	0,688	2,07	0,026	2,096	1,358	0,077	0,073	3,03	69,1
S-4	0,048	0,039	0,029	0,016	0,045	0,006	0,001	0,038	0,14	33,8
S-5	0,108	0,136	0,152	0,027	0,178	0,034	0,02	0,068	0,43	42,3
S-6	0,2205	0,411	1,005	0,018	1,024	0,155	0,144	0,058	1,79	61,9
S-7	0,157	0,159	0,276	0,022	0,298	0,019	0,033	0,061	0,69	48,6
S-8	0,178	0,272	0,831	0,02	0,852	0,2	0,076	0,033	1,75	65,4
S-9	0,1385	0,359	0,477	0,021	0,498	0,026	0,062	0,04	0,96	50
S-10	0,1435	0,132	0,534	0,031	0,564	0,185	0,022	0,074	1,44	67,2
S-11	0,1075	0,069	0,402	0,032	0,433	0,134	0,014	0,087	1,35	71
S-12	0,1215	0,151	0,508	0,025	0,533	0,179	0,005	0,15	1,38	66,2
S-13	0,076	0,101	0,623	0,028	0,651	0,211	0,006	0,1	2,1	78,6

Çizelge 4.9. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (%meq/l) (Mayıs 2022)

Örnek No	%Ca	%Mg	%Na	%K	%Cl	%SO4	%HCO3	SAR	%Na
S-1	44,12	32,37	16,35	7,16	9,68	4,03	86,29	0,14	23,52
S-2	9,50	23,79	65,14	1,57	72,99	14,48	12,52	1,97	66,68
S-3	8,18	22,69	68,27	0,86	90,05	5,11	4,84	3,03	69,12
S-4	36,36	29,55	21,97	12,12	13,33	2,22	84,44	0,14	33,84
S-5	25,53	32,15	35,93	6,38	27,87	16,39	55,74	0,43	42,25
S-6	13,33	24,84	60,74	1,09	43,42	40,34	16,25	1,79	61,85
S-7	25,57	25,90	44,95	3,58	16,81	29,20	53,98	0,69	48,55
S-8	13,68	20,91	63,87	1,54	64,72	24,60	10,68	1,75	65,44
S-9	13,91	36,06	47,92	2,11	20,31	48,44	31,25	0,96	50,01
S-10	17,07	15,70	63,53	3,69	65,84	7,83	26,33	1,44	67,23
S-11	17,61	11,30	65,85	5,24	57,02	5,96	37,02	1,35	71,04
S-12	15,08	18,75	63,07	3,10	53,59	1,50	44,91	1,38	66,18
S-13	9,18	12,20	75,24	3,38	66,56	1,89	31,55	2,1	78,63

Çizelge 4.10. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l) (Ekim 2022)

Örnek No	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	Toplam İyon Miktarı	Çöz. CO2	Çöz. O2	EC	pH	Sıcaklık (°C)
S-1	2,56	1,46	2,19	0,81	1,22	0,64	5,28	14,16	20	7,22	969	7,13	15,5
S-2	2,46	1,3	2,34	0,48	1,9	0,64	4,85	13,97	20	7,02	1047	7,03	14,2
S-3	1,47	0,86	3,49	0,82	1,22	0,29	3,28	11,43	18	7,04	608	7,04	14,5
S-4	1,8	1,85	4,63	0,68	2,31	1,56	3,38	16,21	14	7,4	1134	6,09	18
S-5	1,99	2,06	5,43	0,78	2,75	1,52	3,51	18,04	28	7,43	1161	7,12	14
S-6	4,43	7,21	40,61	1,01	47,17	3,63	4,56	108,62	24	7,18	6000	6,8	23,5
S-7	1,72	1,52	3,23	1	1,22	1	4,1	13,79	18	7,39	913	7,34	14,6
S-8	0,99	0,45	0,54	0,81	0,14	0,06	0,89	3,88	16	7,47	316	7,26	15
S-9	2,16	1,63	3,49	1,04	1,22	0,95	4,16	14,65	20	7,43	973	6,93	14,5
S-10	0,23	0,64	8,15	1	3,35	0,46	5,54	19,37	24,8	6,58	1159	6,69	15,6
S-11	0,62	1,14	9,61	1,27	5	0,02	9,18	26,84	37,6	6,81	1451	6,98	14,6
S-12	0,6	1,96	9,76	0,96	4,04	0,34	6,85	24,51	18,4	8,86	1456	7,31	14,9
S-13	2,59	1,14	1,11	0,81	0,42	0,26	6,52	12,85	18	5,94	804	6,91	15

Çizelge 4.11. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l) (Ekim 2022)

Örnek No	rCa	rMg	rNa	rK	r(Na+K)	rCl	rSO4	rHCO3	SAR	%Na
S-1	0,128	0,122	0,095	0,021	0,116	0,034	0,013	0,087	0,27	31,72
S-2	0,123	0,108	0,102	0,012	0,114	0,054	0,013	0,080	0,30	33,02
S-3	0,0735	0,072	0,152	0,021	0,173	0,034	0,006	0,054	0,56	54,34
S-4	0,09	0,154	0,201	0,017	0,219	0,065	0,033	0,055	0,58	47,25
S-5	0,0995	0,172	0,236	0,020	0,256	0,077	0,032	0,058	0,64	48,57
S-6	0,2215	0,601	1,766	0,026	1,792	1,329	0,076	0,075	2,75	68,54
S-7	0,086	0,127	0,140	0,026	0,166	0,034	0,021	0,067	0,43	43,85
S-8	0,0495	0,038	0,023	0,021	0,044	0,004	0,001	0,015	0,11	33,71
S-9	0,108	0,136	0,152	0,027	0,178	0,034	0,020	0,068	0,43	42,25
S-10	0,0115	0,053	0,354	0,026	0,380	0,094	0,010	0,091	1,97	85,42
S-11	0,031	0,095	0,418	0,033	0,450	0,141	0,000	0,150	1,66	78,14
S-12	0,03	0,163	0,424	0,025	0,449	0,114	0,007	0,112	1,36	69,90
S-13	0,1295	0,095	0,048	0,021	0,069	0,012	0,005	0,107	0,14	23,52

Çizelge 4.12. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (%meq/l) (Ekim 2022)

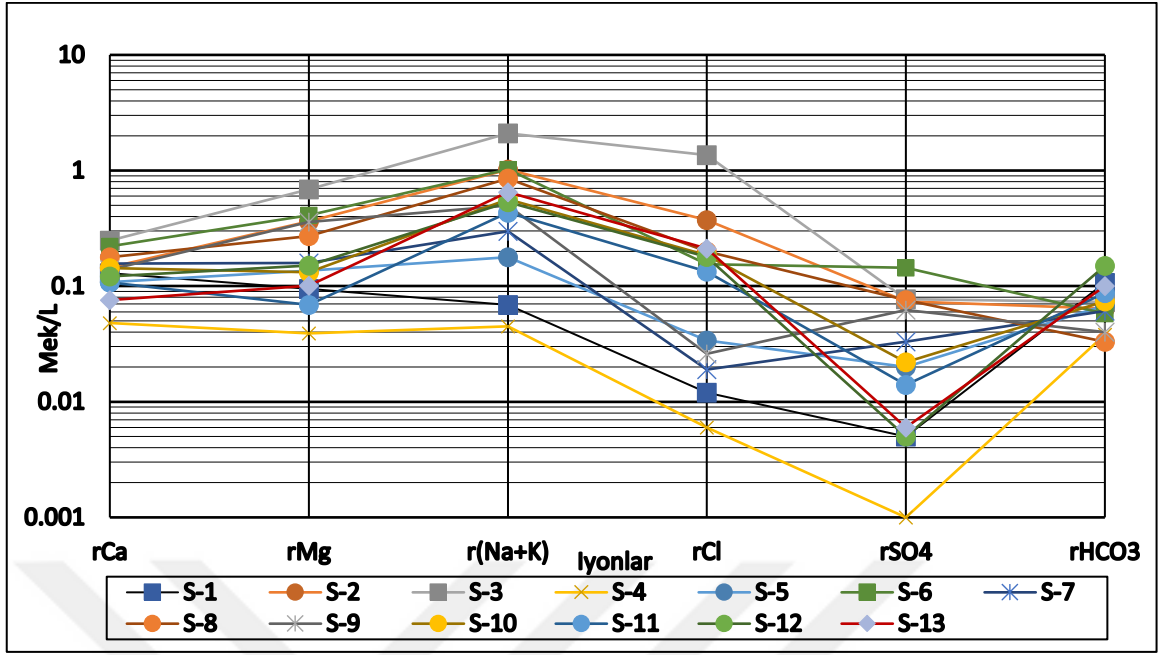
Örnek No	%Ca	%Mg	%Na	%K	%Cl	%SO4	%HCO3	Top Katyon	top Aniyon	SAR	%Na
S-1	34,97	33,33	25,96	5,74	25,37	9,70	64,93	0,37	0,13	0,27	31,72
S-2	35,65	31,30	29,57	3,48	36,73	8,84	54,42	0,35	0,15	0,3	33,02
S-3	23,08	22,61	47,72	6,59	36,17	6,38	57,45	0,32	0,09	0,56	54,34
S-4	19,48	33,33	43,51	3,68	42,48	21,57	35,95	0,46	0,15	0,58	47,25
S-5	18,86	32,61	44,74	3,79	46,11	19,16	34,73	0,53	0,17	0,64	48,57
S-6	8,47	22,99	67,55	0,99	89,80	5,14	5,07	2,61	1,48	2,75	68,54
S-7	22,69	33,51	36,94	6,86	27,87	17,21	54,92	0,38	0,12	0,43	43,85
S-8	37,64	28,90	17,49	15,97	20,00	5,00	75,00	0,13	0,02	0,11	33,71
S-9	25,53	32,15	35,93	6,38	27,87	16,39	55,74	0,42	0,12	0,43	42,25
S-10	2,59	11,92	79,64	5,85	48,21	5,13	46,67	0,44	0,20	1,97	85,42
S-11	5,37	16,46	72,44	5,72	48,45	0,00	51,55	0,58	0,29	1,66	78,14
S-12	4,67	25,39	66,04	3,89	48,93	3,00	48,07	0,64	0,23	1,36	69,9
S-13	44,12	32,37	16,35	7,16	9,68	4,03	86,29	0,29	0,12	0,14	23,52

Çizelge 4.13. İnceleme alanındaki sıcak suların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l, meq/l, %meq/l) (Ekim 2022)

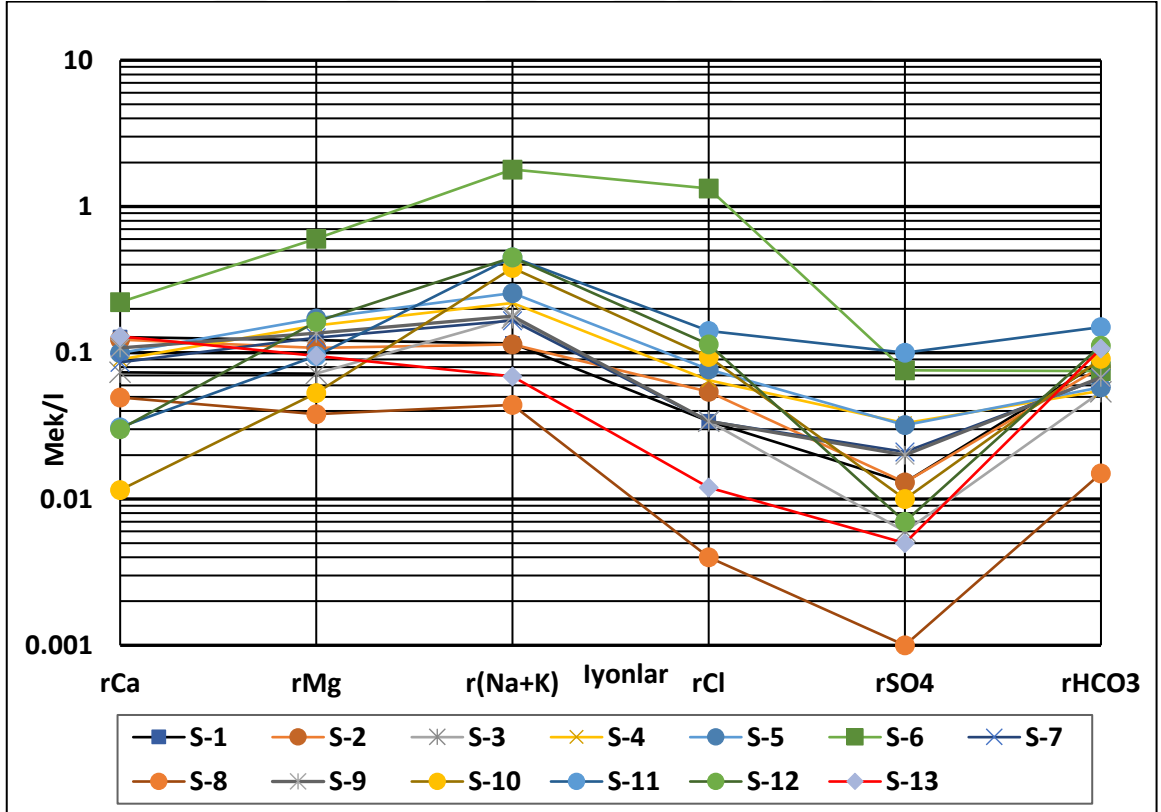
Örnek No	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₂	NO ₃	F	SiO ₂	Li	Fe	B	As	pH	Ec	sıcaklık
SS1	101,46	34,41	5940,82	564,62	8697,65	1812,88	1261,4	28,53	168,84	4,13	67,9	59,590	<7,00	324,52	0,001	7	24361	26,5
SS2	98,2	31	5910,82	548,62	6097,61	1723,2	1012,42	25,41	162,12	4,28	65,7	46,140	<7,00	275,36	0,001	7,01	12137,01	25,8
SS3	113,46	33,02	5840,12	394,62	4348,57	1321,14	953,85	29,1	171,5	4,57	66,5	54,239	<7,00	186,6	0,001	6,9	18241,23	24,1
K1	309	72	1889	223	2458	892	713	8,01	101	3,68	3,42	0,0053	<7,00	0,294	0,001	7,1	10820	19
K2	318	82	2048	232	2729	859	715	15,9	111	3,12	2,8	0,0810	<7,00	1,214	0,001	6,68	11230	20,5
K3	496	105	699	82	940	504	1425	12,01	64	2,34	3,12	0,0128	<7,00	1,601	0,001	6,91	5600	21,7

Örnek No	rCa	rMg	rNa	rK	r(Na+K)	rCl	rSO ₄	rHCO ₃	SAR	%Na
SS1	5,073	2,868	258,297	14,477	272,774	245,004	37,768	20,679	20,87	3,70
SS2	4,91	2,583	256,992	14,067	271,059	171,764	35,9	16,597	14,68	3,45
SS3	5,673	2,752	253,918	10,118	264,037	122,495	27,524	15,637	10,61	3,75
K1	15,45	6	82,13	5,718	87,848	69,239	18,583	11,689	10,11	6,43
K2	15,9	6,833	89,043	5,949	94,992	76,873	17,896	11,721	10,77	5,96
K3	24,8	8,75	30,391	2,103	32,494	26,479	10,5	23,361	5,83	29,86

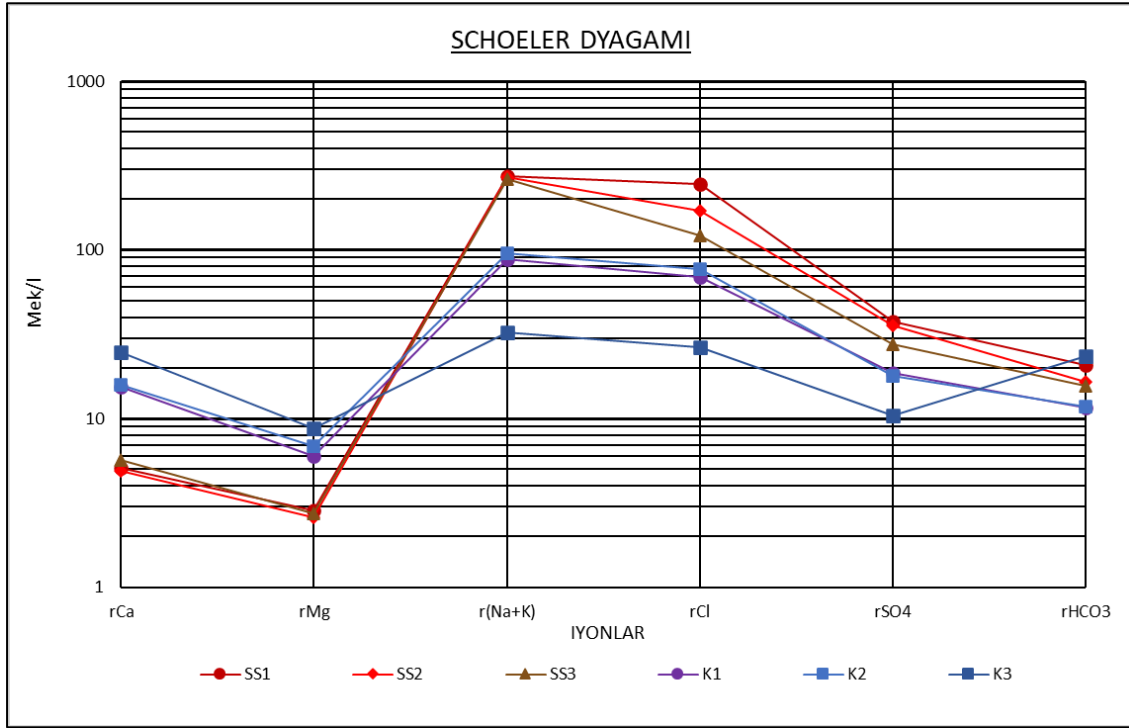
Örnek No	%Ca	%Mg	%Na	%K	%Cl	%SO ₄	%HCO ₃	SAR	%Na
SS1	1,81	1,02	92,01	5,16	80,74	12,45	6,81	20,87	3,7
SS2	1,76	0,93	92,26	5,05	76,59	16,01	7,40	14,68	3,45
SS3	2,08	1,01	93,19	3,71	73,95	16,62	9,44	10,61	3,75
K1	14,14	5,49	75,14	5,23	69,58	18,67	11,75	10,11	6,43
K2	13,51	5,80	75,64	5,05	72,19	16,81	11,01	10,77	5,96
K3	37,55	13,25	46,02	3,18	43,88	17,40	38,72	5,83	29,86



Şekil 4.34. İnceleme alanındaki soğuk suların Schoeller diyagramı (Mayıs 2022)



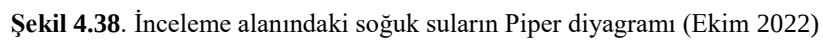
Şekil 4.35. İnceleme alanındaki soğuk suların Schoeller diyagramı (Ekim 2022)

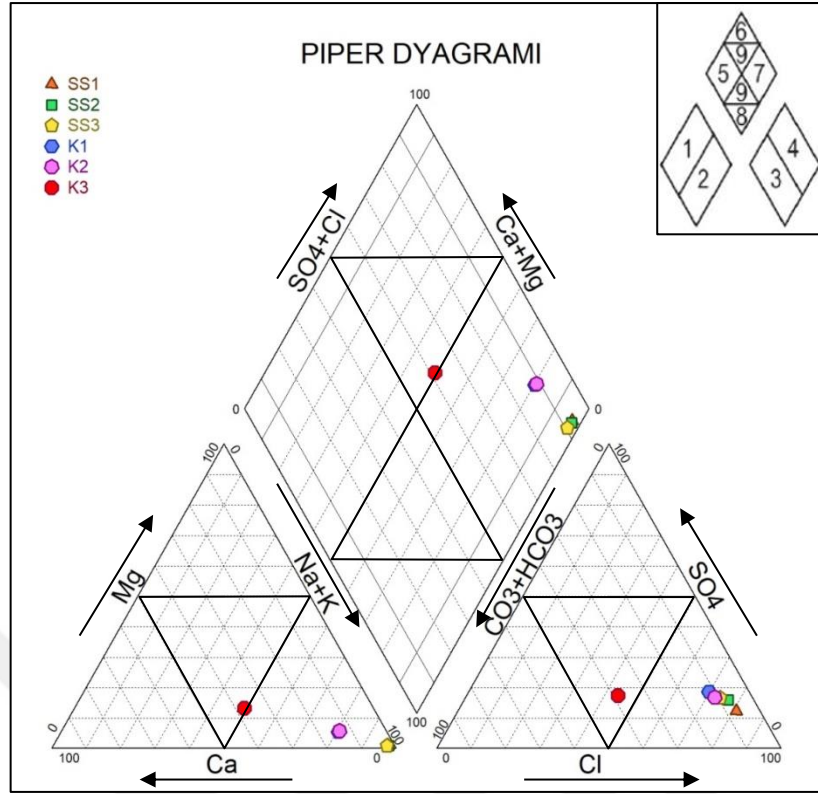


Şekil 4.36. İnceleme alanındaki sıcak suların Schoeller diyagramı (Ekim 2022)

4.5.2.2 Piper Diyagramı

Piper diyagramına göre inceleme alanındaki soğuk sular iki dönemde de ayrı gruplar halinde aynı bölgelere düşmüşlerdir. Soğuk sular 1 ve 2 bölgelerde toplanmışlardır. Buna göre $Ca + Mg > Na + K$ karbonatlı ve sülfatlı sular, $Na + K > Ca + Mg$ tuzlu ve sodalı sular dır. Ayrıca 5. bölge olarak değerlendirildiğinde Karbonat sertliği, karbonat olmayan sertlik $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ lı sulardır, 7 bölge ise karbonat olmayan alkalinite $>$ karbonat alkalinitesi $NaCl$, $NaSO_4$ ve KCl lu sulardır (Şekil 37, Şekil 38). İnceleme alanındaki sıcak sular ise 2. ve 7 bölgede gruplanmışlardır. $Na + K > Ca + Mg$ tuzlu ve sodalı ve karbonat olmayan alkalinite $>$ karbonat alkalinitesi $NaCl$, $NaSO_4$ ve KCl lu sulardır (Şekil 4.39).





Şekil 4.39. İnceleme alanındaki sıcak suların Piper diyagramı (Ekim 2022)

4.5.2.3 Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

İnceleme alanındaki soğuk sular Wilcox diyagramına göre S3, S8, S9 nolu örnekler çok iyi- iyi sular sınıfında, S10 ve S11 nolu örnekler Şüpheli kullanılabilir, diğer sular ise iyi kullanılabilir sular sınıfındadır (Şekil 4.40).

Soğuk sular ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre ise S3, S8 nolu örnek C2S1 sınıfında, S6 nolu örnek C4S1 sınıfında diğer örnekler ise C3S1 sınıfındadır (Şekil 4.40).

Tuzluluğa Göre Alt Sınıflar:

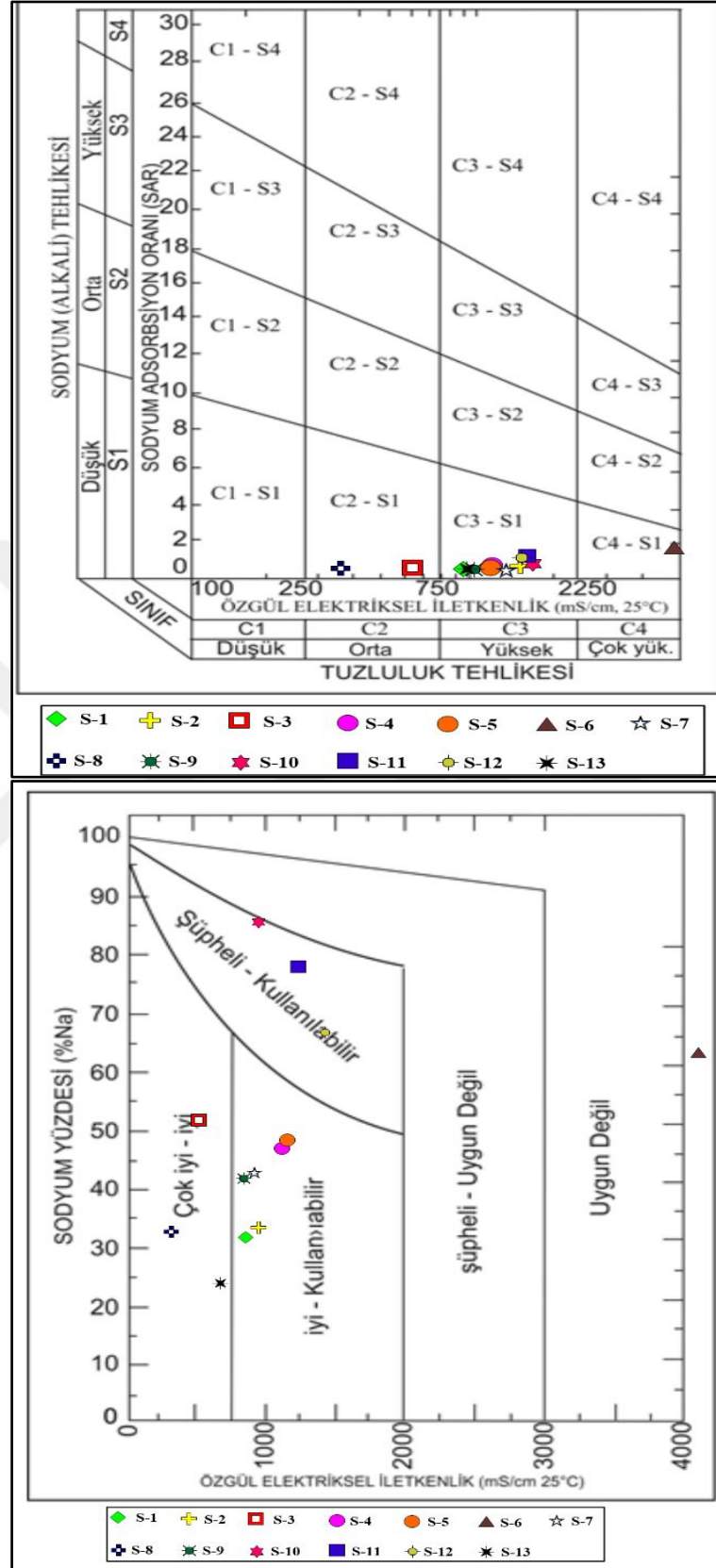
C1: Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.

C2: Orta tuzlulukta su. Orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılır.

C3: Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılmaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.

C4: Çok fazla tuzlusu. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenajı yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir

S1: Az sodyumlu su Sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarı için uygundur.



Şekil 4.40 İnceleme alanındaki soğuk suların Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı (Ekim2022)

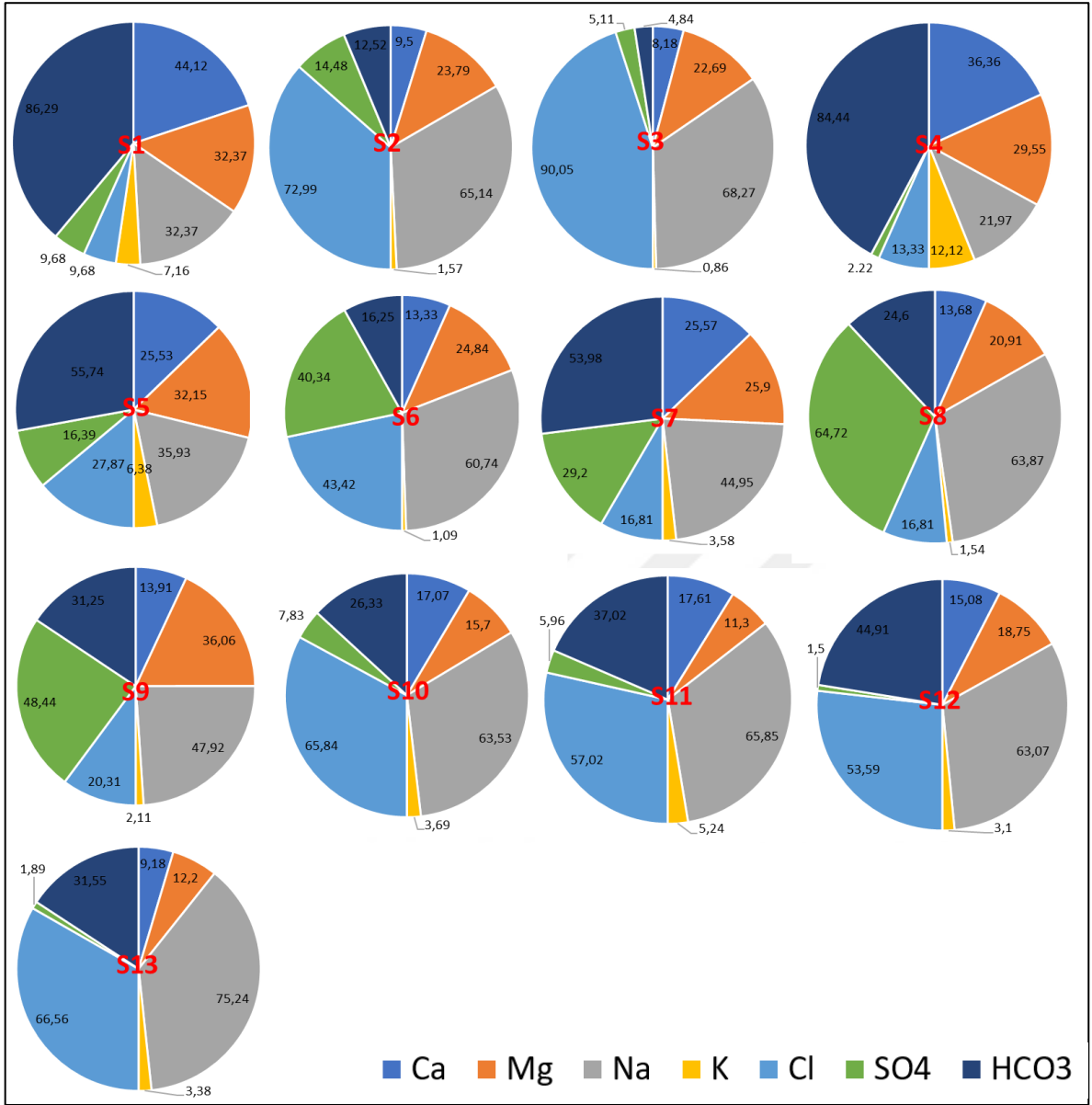
4.5.2.4 Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH) sınıflamasında iyonların (katyon-anyon) sudaki toplam konsantrasyonuna göre yüzdeleri hesaplanarak Özel elemanlardan sınır değerini aşanlar ile katyon ve anyonlardan %20 yi aşanlar büyüklük sırasına göre sıralanır. İnceleme alanındaki soğuk ve sıcak suların yağışlı ve kurak dönemlere ait (AIH) sınıflaması Çizelge 4.14 de verilmiştir.

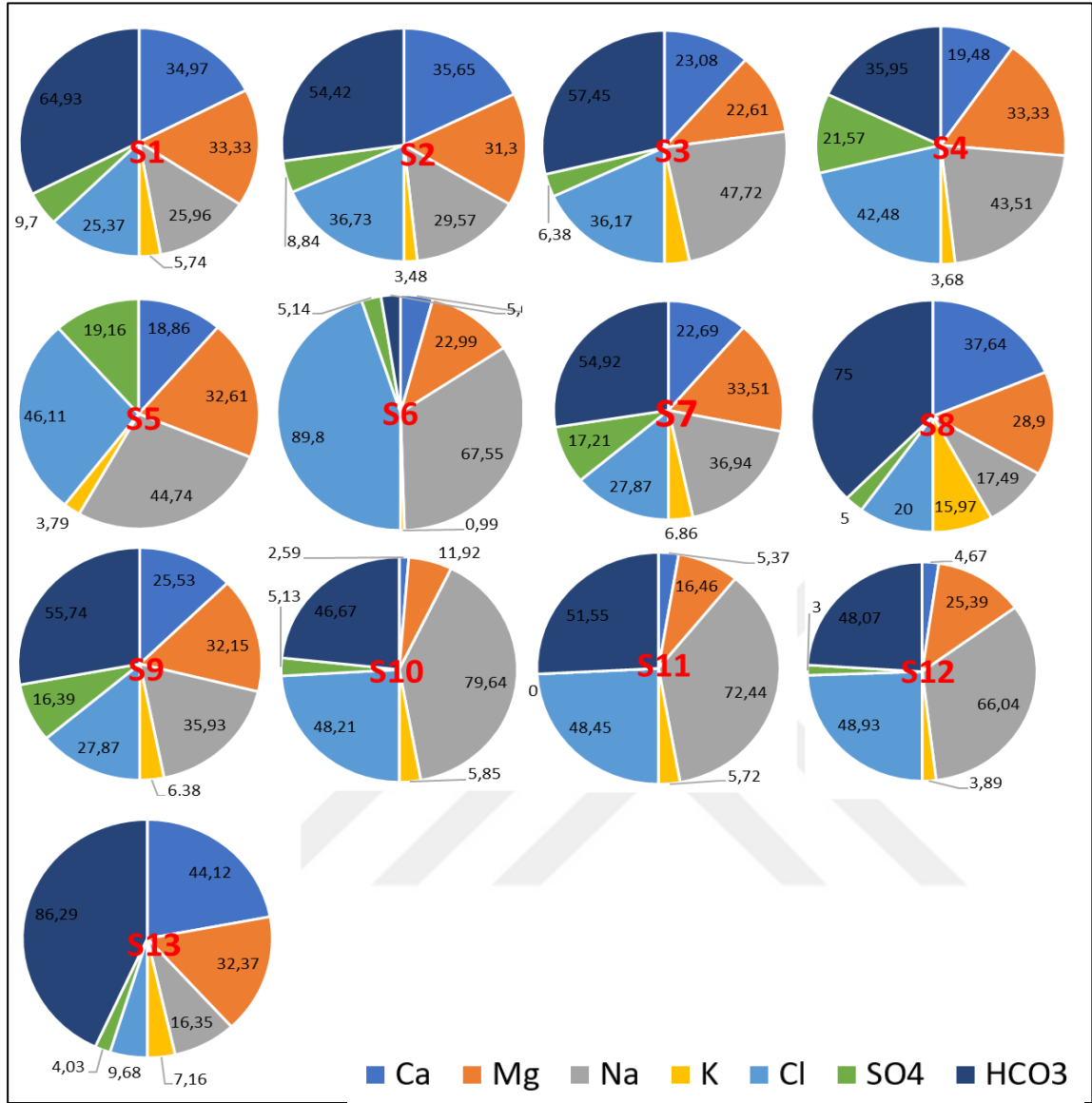
Ayrıca soğuk suların yağışlı ve kurak dönemlerdeki iyon dağılım yüzdeleri kullanılarak dairesel Pie diyagramlar çizilmiştir (Şekil 4.42, şekil 4.43).

Çizelge 4.14. İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların AIH (1979) sınıflaması

Örnekler	Yağış dönem	Yağış dönem
S1	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl
S2	Na-Mg-Cl	Ca-Mg-Na-HCO ₃
S3	Na-Mg-Cl	Na-Ca-Mg-HCO ₃
S4	Ca-Mg-Na-HCO ₃	Na-Mg-Cl-HCO ₃
S5	Na-Mg-Ca-HCO ₃ -Cl	Na-Mg-Cl-HCO ₃
S6	Na-Mg-Cl-SO ₄	Na-Mg-Cl
S7	Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Na-Mg-Ca-HCO ₃ -Cl
S8	Na-Mg-SO ₄ -Cl	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl
S9	Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃ -Cl	Na-Mg-Ca-HCO ₃ -Cl
S10	Na-Cl-HCO ₃	Na-Cl-HCO ₃
S11	Na-Cl-HCO ₃	Na-HCO ₃ -Cl
S12	Na-Cl-HCO ₃	Na-Mg-Cl-HCO ₃
S13	Na-Cl-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
SICAK SULAR	Bor'lu, Sodem'lu, Klorü'lü Sıcak ve minerali su	



Şekil 4.41. İnceleme alanındaki soğuk suların Pie diyagramı



Şekil 4.42. İnceleme alanındaki soğuk suların Pie diyagramı

4.5.3 Doygunluk İndislerinin hesaplanması

Sularının içerdiği minerallere olan doygunluk miktarı, suların geçirdiği hidrojeokimyasal süreçler açısından oldukça önemlidir. Suların doygunluk miktarlarını hesaplayabilmek için su içindeki iyonların iyon etkinlik miktarının ile Gibbs serbest enerjileri ilişkisinin bilinmesi gerekir.

Doygunluk indisi; $SI \log(Q/K)$ şeklinde gösterilen logaritmik bir kavramdır. Doygunluk indisi sonuçları aşağıda verildiği şekilde yorumlanır (Tarcan, 2003).

$SI \log(Q/K) = 0$ durumunda ilgili mineral ile yeraltı suyu dengededir.

SI $\log(Q/K) > 0$ durumunda ilgili mineral ile yeraltı suyu aşırı doygunudur.

SI $\log(Q/K) < 0$ durumunda ilgili mineral ile yeraltı suyu doygun değildir.

İnceleme alanındaki yeraltı sularının Aragonit, Anhidrit, Kalsit, Dolomit, Jips, Halit minerallerine doygunluk miktarları PHREEQC v3.0 programı ile hesaplanmıştır (Parkhurst ve Appelo, 2013). Soğuk ve sıcak sulara ait tablolar oluşturulup grafikleri çizilerek sular yorumlanmıştır.

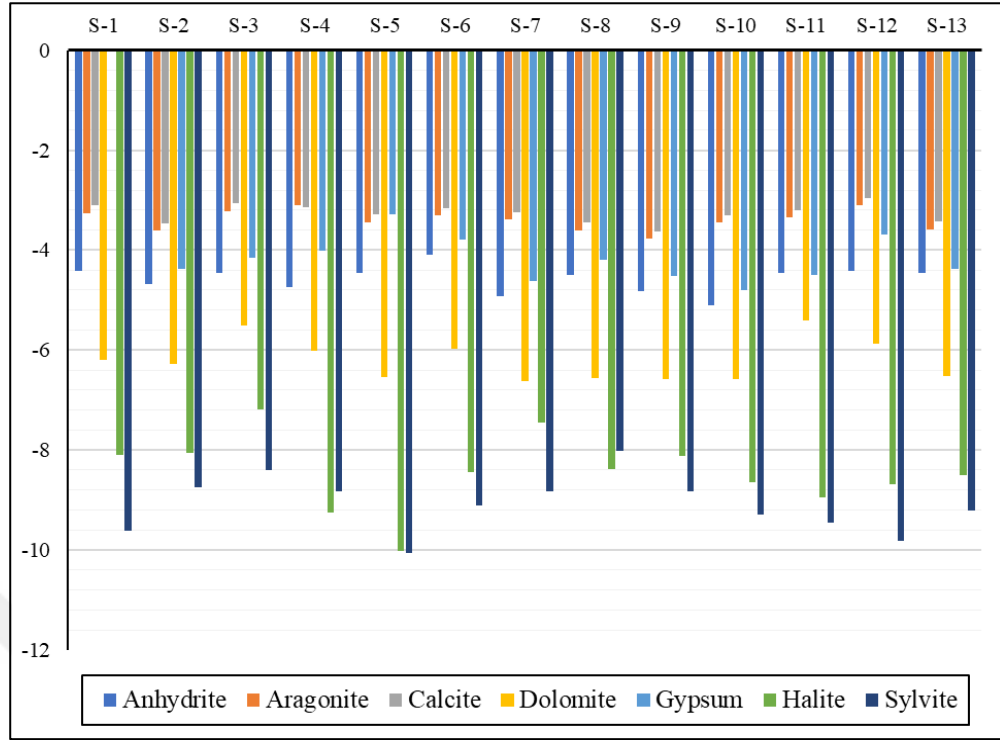
Minerallerin doygunluk indislerinin hesaplanması ve yorumlanması, suların kullanım ve iletim aşamasında oluşabilecek çökelimin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir.

İnceleme alanında yağışlı ve kurak dönemde örnekleme yapılan soğuk sularda Anhidrit, Aragonit, Kalsit dolomit, Jips, Halit minerallerine doygunluk miktarının düşük olduğu ve yeraltı sularının bu mineralleri çözme özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15, Çizelge 4.16, Şekil 4.44, Şekil 4.45)

Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16 görüleceği gibi örnekleme yapılan dönemlerde yeraltı suyu kullanımına bağlı olarak yeraltı su seviyelerindeki değişim ve su kayaç etkileşimindeki temas süreleri göz önüne alındığında dönemsel olarak doygunluk indislerinde çok azda olsa farklılıklar meydana gelmiştir. Yeraltı sularının süzülme ve dolaşım esnasında değişen zamansal ve mekânsal değişimler minerallerin doygunluk miktarında farklılaşmaya neden olmuş olabilir (Dursun 2022).

Çizelge 4.15. İnceleme alanındaki soğuk sulara ait ana minerallerin doygunluk indeksleri (Mayıs 2022).

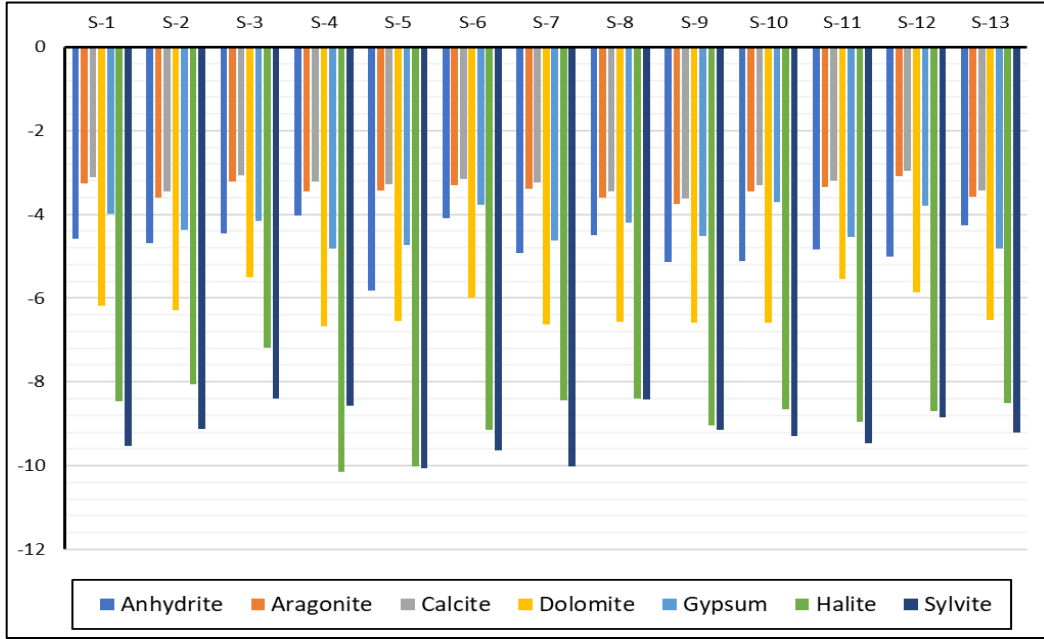
Kuyular	Anhydrite	Aragonite	Calcite	Dolomite	Gypsum	Halite	Sylvite
S-1	-4,41	-3,26	-3,11	-6,19	-3,,85	-8,1	-9,62
S-2	-4,68	-3,6	-3,46	-6,28	-4,38	-8,06	-8,75
S-3	-4,45	-3,22	-3,07	-5,5	-4,15	-7,18	-8,41
S-4	-4,75	-3,1	-3,15	-6,01	-4,01	-9,25	-8,82
S-5	-4,45	-3,44	-3,29	-6,55	-3,28	-10,02	-10,06
S-6	-4,09	-3,31	-3,16	-5,98	-3,78	-8,45	-9,12
S-7	-4,92	-3,39	-3,25	-6,63	-4,62	-7,45	-8,82
S-8	-4,49	-3,6	-3,45	-6,56	-4,19	-8,39	-8,01
S-9	-4,83	-3,76	-3,62	-6,59	-4,52	-8,12	-8,82
S-10	-5,11	-3,45	-3,31	-6,58	-4,81	-8,65	-9,29
S-11	-4,45	-3,35	-3,2	-5,41	-4,5	-8,95	-9,46
S-12	-4,42	-3,1	-2,96	-5,87	-3,68	-8,69	-9,82
S-13	-4,45	-3,58	-3,43	-6,53	-4,38	-8,51	-9,22



Şekil 4.43. İnceleme alanındaki soğuk suların doygunluk grafiği (Mayıs 2022)

Çizelge 4.16. İnceleme alanındaki soğuk sulara ait minerallerin doygunluk indeksleri (Ekim 2022).

Kuyular	Anhydrite	Aragonite	Calcite	Dolomite	Gypsum	Halite	Sylvite
S-1	-4,58	-3,26	-3,11	-6,19	-3,99	-8,47	-9,52
S-2	-4,68	-3,6	-3,46	-6,28	-4,38	-8,06	-9,12
S-3	-4,45	-3,22	-3,07	-5,5	-4,15	-7,18	-8,41
S-4	-4,03	-3,45	-3,22	-6,68	-4,81	-10,15	-8,58
S-5	-5,82	-3,44	-3,29	-6,55	-4,74	-10,02	-10,06
S-6	-4,09	-3,31	-3,16	-5,98	-3,78	-9,15	-9,64
S-7	-4,92	-3,39	-3,25	-6,63	-4,62	-8,45	-10,01
S-8	-4,49	-3,6	-3,45	-6,56	-4,19	-8,39	-8,42
S-9	-5,13	-3,76	-3,62	-6,59	-4,52	-9,05	-9,15
S-10	-5,11	-3,45	-3,31	-6,58	-3,71	-8,65	-9,29
S-11	-4,83	-3,35	-3,2	-5,55	-4,55	-8,95	-9,46
S-12	-5,02	-3,1	-2,96	-5,87	-3,79	-8,69	-8,85
S-13	-4,26	-3,58	-3,43	-6,53	-4,81	-8,51	-9,22



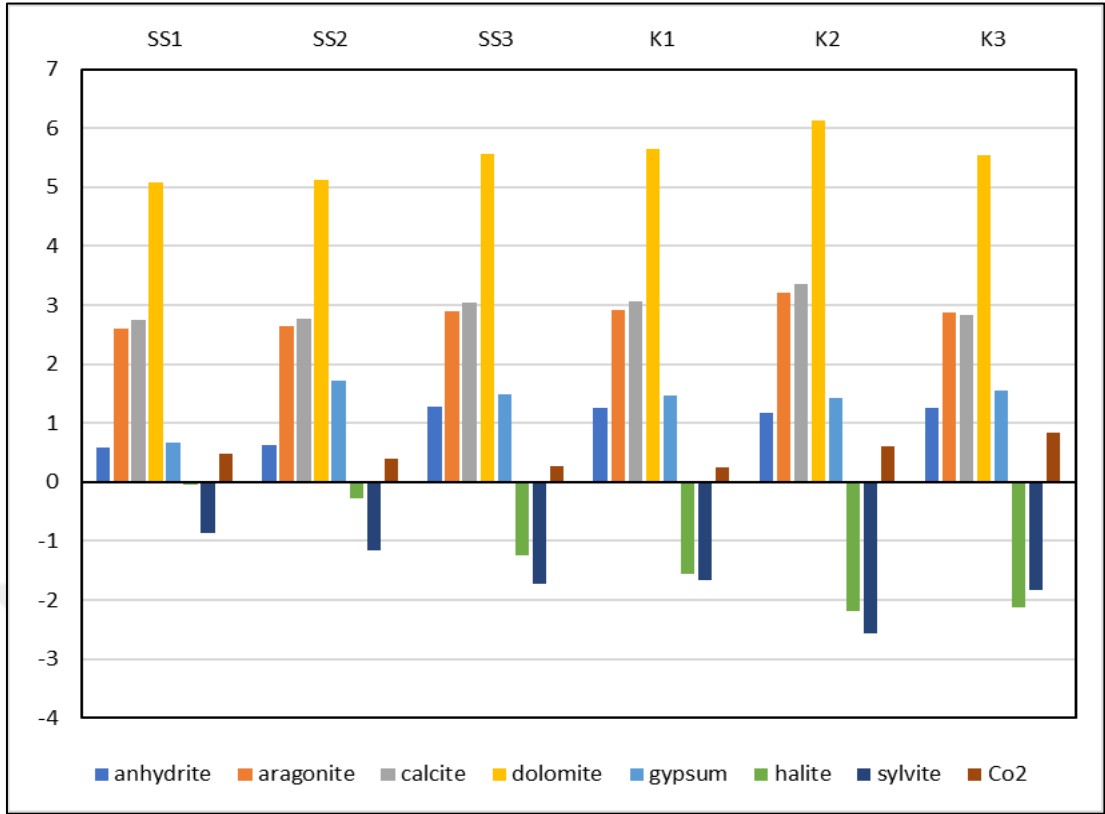
Şekil 4.44. İnceleme alanındaki soğuk suların doygunluk grafiği (Ekim 2022)

Sıcak Suların Doygunluk İncelemesi

İnceleme alanında Mayıs 2022, Eylül 2022 dönemlerinde iyon içeriklerinde çok değişiklik olmadığından doygunluk hesaplamaları Eylül (kurak) dönem için yapılmıştır. İnceleme alanına ait sıcak- mineralli kaynak ve sondaj suları aragonit, anhidrit, kalsit, dolomit, jips, minerallerince doymun olup çökeltici özelliktedir. Silvit ve halit minerallerince doymun olmayıp çözündürücü özelliktedir (Çizelge 4.17 Şekil 4.46). Bu suların halit ve silvit mineraline doymun olmaması, su ve kayaç arasındaki temas süresinin kısalığı veya temas yüzeyinin daha az olmasından kaynaklanmaktadır (Şimşek 1995, Canik ve ark. 2000).

Çizelge 4.17. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulara ait minerallerin doygunluk indeksleri (Ekim 2022).

Örnek	Anhydrite	Aragonite	Calcite	Dolomite	Gypsum	Halite	Sylvite	CO ₂
SS1	0.59	2.60	2.75	5.09	0.66	-0.05	-0.86	0.47
SS2	0.62	2.64	2.78	5.13	1.73	-0.28	-1.16	0.40
SS3	1.27	2.90	3.04	5.566	1.48	-1.25	-1.73	0.26
K1	1.26	2.92	3.06	5.65	1.47	-1.55	-1.66	0.24
K2	1.18	3.21	3.35	6.13	1.43	-2.19	-2.57	0.61
K3	1.25	2.87	2.84	5.54	1.56	-2.12	-1.84	0.84



Şekil 4.45 İnceleme alanındaki sıcak suların doygunluk grafiği (Ekim 2022)

4.5.4 Suların İzotopik Özellikleri

İzotoplar suların kökeni, akiferde kalma süreleri, yeraltısularının dolaşım süreçleri, suların kalitesi, buharlaşma süreçleri, beslenimi ve suların jeokimyası hakkında bilgi vermektedir (Clark ve Fritz, 1997; Edmunds, 2005).

Kararlı izotoplardan Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$), Döteryum (δD) yeraltı sularının kökenini ve beslenme yüksekliğini belirlemek için, Radyoaktif izotoplardan ^3H (Tritiyum-TU) ise suların akiferde dolaşım süresinin ve yaşının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

4.5.4.1 $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi

Oksijen yerkabuğunda en çok bulunan elementlerden olup kayalarda da yüksek orandadır. $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ izotopları hidrojeolojik şartların belirlenmesi ve akışkanın değerlendirilmesinde kullanılır. Döteryum kayaç ve minerallerden çok sulara bulunur. Döteryum ve Oksijen-18, jeotermal akışkanın izotopik özelliklerinin değerlendirilmesinde önemlidir (Tonkul ve ark., 2019). $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi akışkanın

izotopik özelliklerinin belirlenmesinde önemlidir. Suların izotopik bileşimi Uluslararası standart olarak kabul edilen Ortalama Okyanus suyu (SMOW) meteorik su çizgisi esas alınarak yorumlanır (Craig, 1961; Deines ve ark., 1980). İnceleme alanındaki soğuk ve sıcak suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ve ^3H (TU) analiz sonuçları Çizelge 4.18, Çizelge 4.19 da verilmiştir.

Soğuk su örneklerinin yağışlı dönemde oksijen ^{18}O değerleri -10,43 ile 4,37 ‰ arasında döteryum değerleri -26,68 ile 67,44‰ arasında, sıcak ve mineralli sularda oksijen ^{18}O değerleri 8,41 ile 10,1 ‰ arasında döteryum değerleri -11,25 ile -16,45‰ arasında, değişmektedir (Çizelge 4.18). Kurak dönemde Oksijen ^{18}O değerleri -9,42 ile -10,18 ‰ arasında döteryum değerleri -69,11 ile -73,06 ‰ arasında, sıcak ve mineralli sularda oksijen ^{18}O değerleri 9,35 ile -9,92 ‰ arasında döteryum değerleri -9,73 ile -12,21‰ arasında, değişmektedir (Çizelge 4.18, Çizelge 4.19).

Çizelge 4.18. İnceleme alanındaki soğuk ve sıcak suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ve ^3H (TU) analiz sonuçları (Mayıs 2022)

Örneğin adı	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) Ölçülen	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) Belirsizlik	$\delta^2\text{H}$ (‰) ölçülen	$\delta^2\text{H}$ (‰) Belirsizlik	$\delta^3\text{H}$ (TU) ölçülen	$\delta^3\text{H}$ (TU) Belirsizlik
SS1	8,41	0,17	-16,45	0,5	1,32	0,72
SS2	10,1	0,18	-11,25	0,5	2,13	0,85
S1	4,37	0,15	-26,68	0,42	1,8	0,9
S2	-9,83	0,14	-65,35	-0,45	2,14	0,8
S3	-10,43	0,16	-67,44	0,42	1,63	0,85

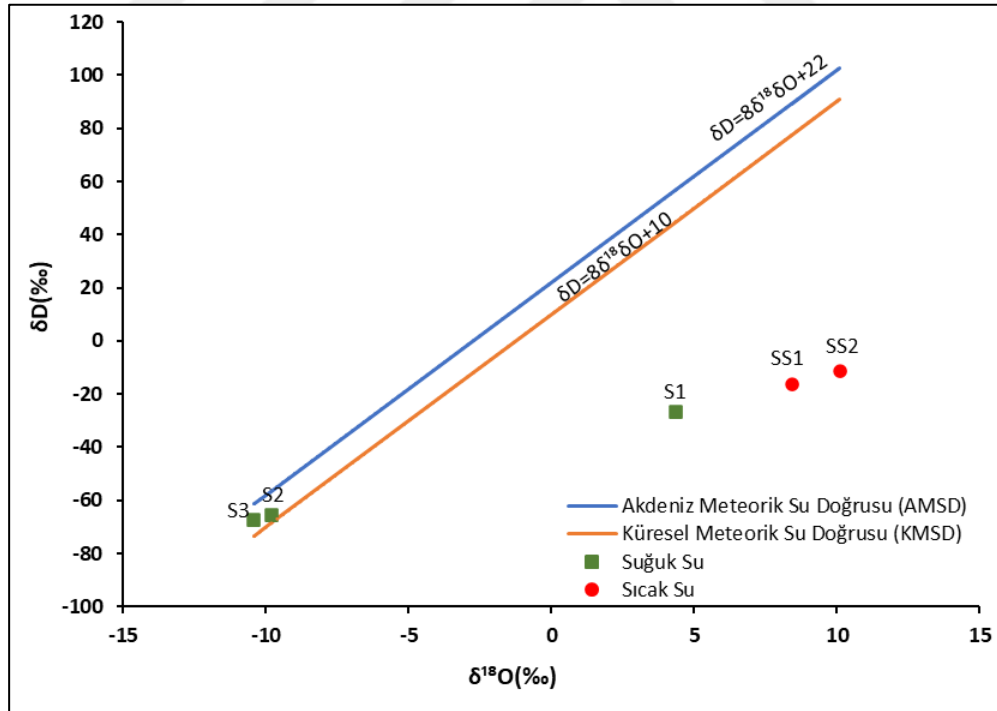
Çizelge 4.19. İnceleme alanındaki soğuk ve sıcak suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ve ^3H (TU) analiz sonuçları (Ekim 2022)

Örneğin adı	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) Ölçülen	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) Belirsizlik	$\delta^2\text{H}$ (‰) ölçülen	$\delta^2\text{H}$ (‰) Belirsizlik	$\delta^3\text{H}$ (TU) ölçülen	$\delta^3\text{H}$ (TU) Belirsizlik
SS1	9,35	0,05	-12,21	1,01	1,13	0,82
SS2	9,92	0,19	-9,73	1,21	1,77	0,8
S1	-10,18	0,09	-73,06	1,04	1,89	0,8
S2	-9,18	0,08	-69,11	1,06	2,24	0,8
S3	-9,42	0,13	-71,01	1,14	2,01	0,75

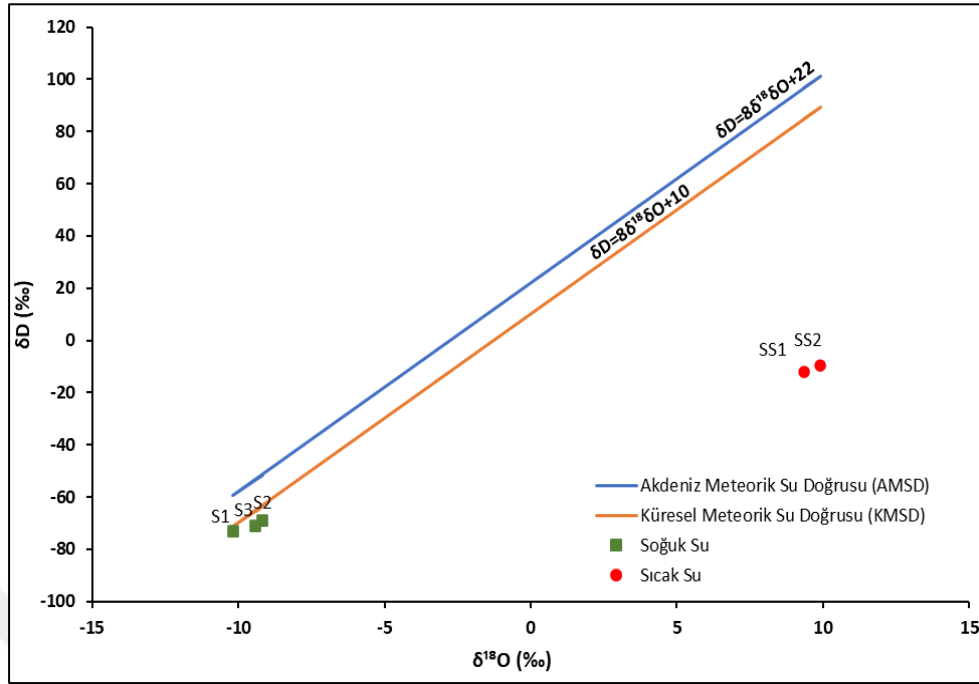
İnceleme alanındaki sulara ait $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ izotopları arasındaki ilişki diyagramda

Küresel Meteorik Su Doğrusu (KMSD: $\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ (SMOW)) (Carig 1961); ve Akdeniz Meteorik Su Doğrusu (AMSD: $\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 22$ (SMOW)); (Gat and Carmi, 1970) doğruları ile temsil edilmektedir (Şekil 4.47, Şekil 4,48).

İnceleme alanındaki soğuk sular yağışlı döneme ait $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiğinde küresel meteorik su doğrusu (KMSD) doğrusu ve Akdeniz meteorik su doğrusunun (AMSD) arasına düşmüştür. Bu durum alandaki yeraltı sularının ana beslenme kaynağının meteorik kökene sahip kıtasal yağışlar olduğunu göstermektedir. Kurak dönemde sıcak sular ise KMSD ve AMSD nun sağına düşmüş olup buharlaşma etkisi altında olduğunu göstermekte Yağışlı dönemde buharlaşma etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca sıcak sulardaki döteryum içeriği soğuk sulardaki döteryum içeriğinden düşük olup suların daha yüksek kotlardan kıtasal yağışlarla beslendiğinin kanıtıdır. Sıcak sularda yüksek sıcaklıklarda su kayaç etkileşiminden dolayı oksijen izotopu daha yüksek değerdedir (Çizelge 4.18, 4.19)



Şekil 4.46. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların kurak dönemde (Ekim 2022 $\delta^{18}\text{O} - \delta^2\text{H}$)



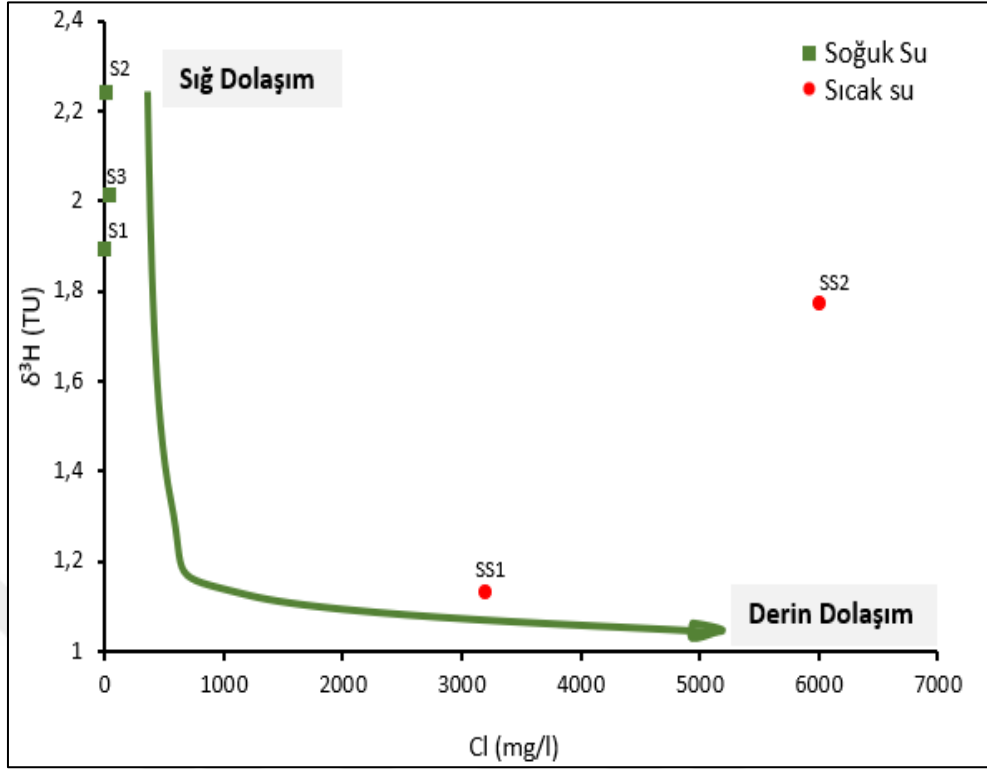
Şekil 4.47. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların yağışlı

4.5.4.2 ³H (Trityum) İlişkisi

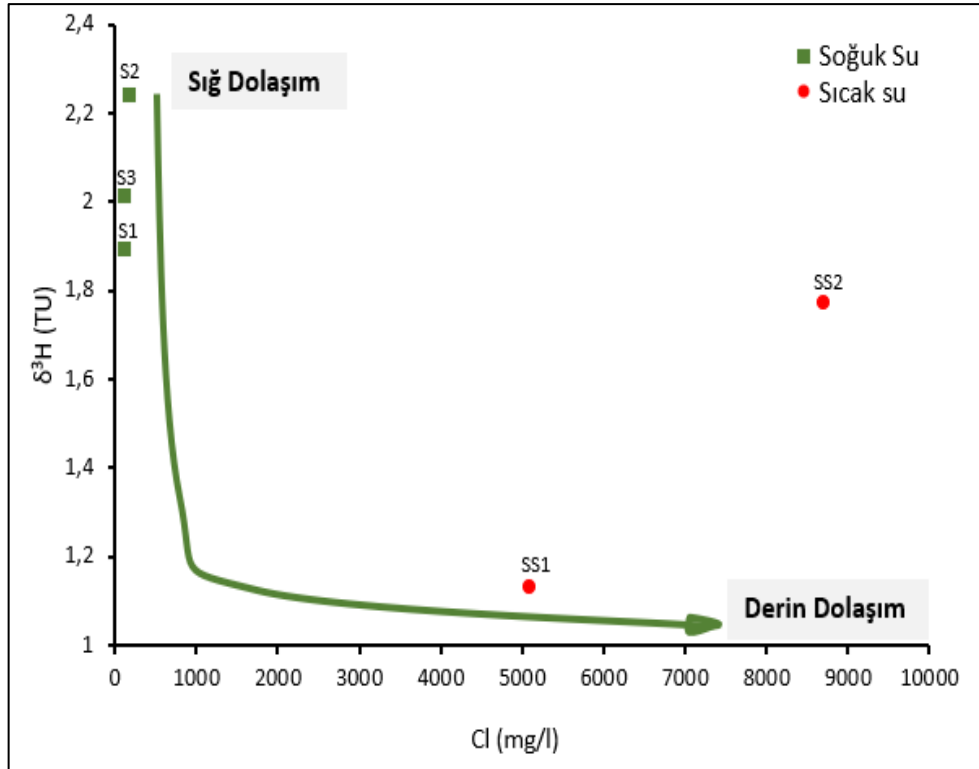
Radyoaktif izotop olan Trityum (³H) hidrojenin kısa ömürlü izotopudur. Radyoaktif olmasından dolayı yeraltı sularının akiferde dolaşım ve sürelerinin belirlenmesinde bağıl yaşının tayininde hidrojeolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Mazor 2004). İnceleme alanındaki soğuk sularda trityum değeri yağışlı dönemde (Mayıs 2022) 1,63- 2,14 TU arasında, sıcak sularda ise 1,32-2,13 TU arasındadır. Kurak dönemde (Ekim 2022) soğuk sularda 1,89-2,24 TU arasında, sıcak sularda ise 1,13- 1,77 TU arasındadır.

Trityum (TU) ve EC ilişkisi suların köken açısından ayrımını Trityum (TU) ve klorür ilişkisi ise suların derin veya sığ dolaşımli olup olmadığını ortaya koymaktadır (Çelmen ve Çelik 2009).

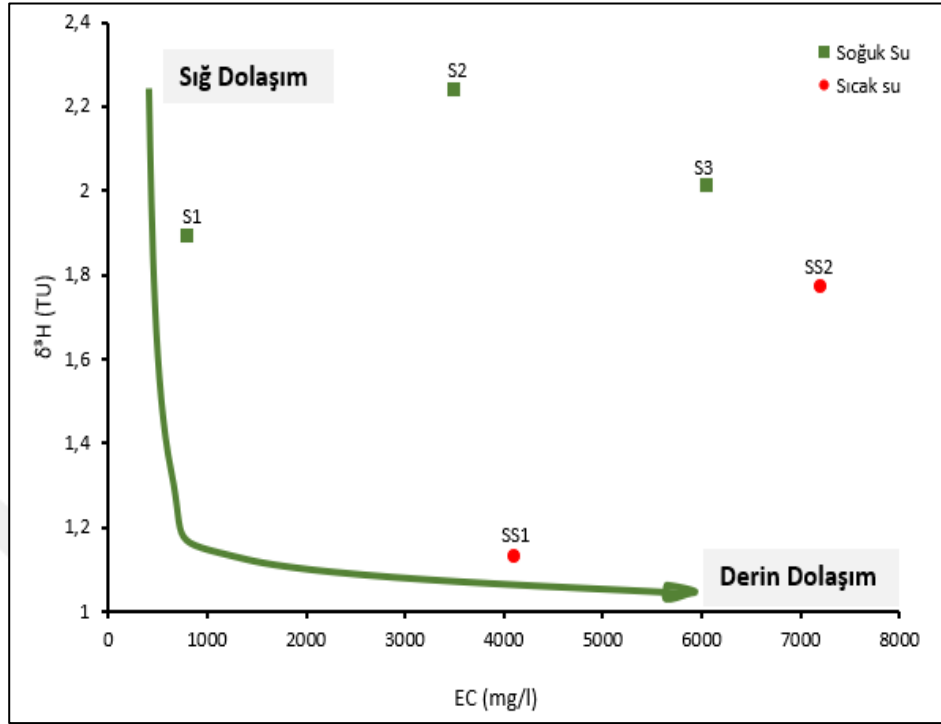
İnceleme alanındaki sıcak sularda trityum değeri düşük olması, Cl ve EC değerinin yüksek olması sıcak suların derin dolaşımli olduğunu göstermektedir. Ayrıca trityum değerinin düşük olması güncel yağışlardan az etkilendiğini ve soğuk sulara göre akifer içerisinde daha uzun süre kaldığını göstermektedir. Soğuk sularda ise bunun tam tersi yüksek trityum, düşük Cl ve EC değeri suların sığ dolaşımli olduklarını göstermekte ve trityum değerinin yüksek olması da güncel yağışların etkisinin olduğunu kanıtlar (Şekil 4.48, Şekil 4.49, Şekil 4.50, Şekil 4.51).



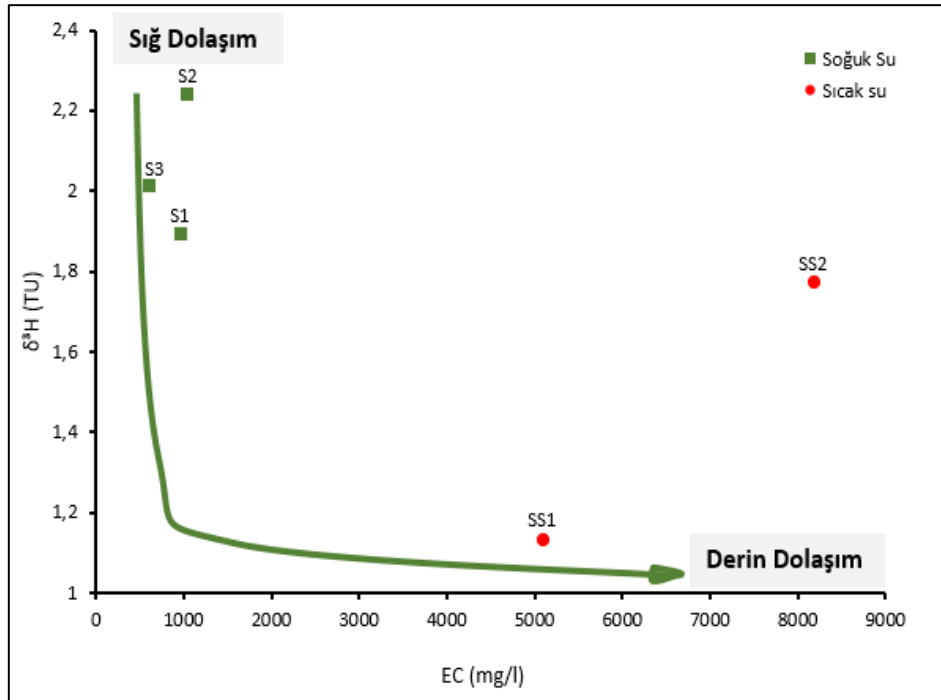
Şekil 4.48. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların yağışlı dönemde (Mayıs 2022) Cl- $\delta^3\text{H}$ ilişkisi.



Şekil 4.49. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların Kurak dönemde (Ekim 2022) Cl- $\delta^3\text{H}$ ilişkisi.



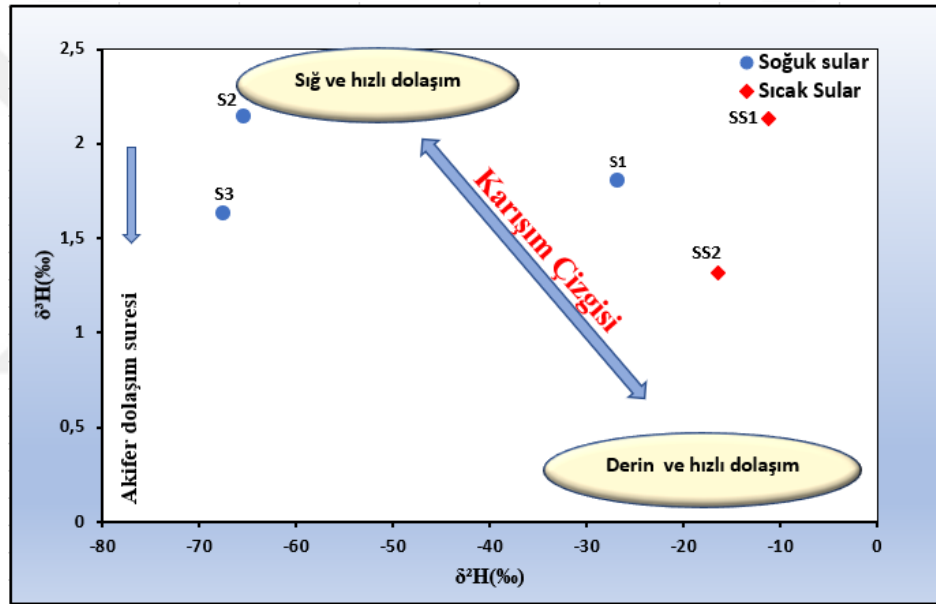
Şekil 4.50. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların yağışlı dönemde (Mayıs 2022) EC- $\delta^3\text{H}$ ilişkisi.



Şekil 4.51. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların Kurak dönemde (Ekim 2022) EC- $\delta^3\text{H}$ ilişkisi.

4.5.4.3 $\delta^2\text{H}$ - $\delta^3\text{H}$ İlişkisi

Yeraltısularının bağıl yaşının belirlenmesinde trityum önemli bir parametredir. $\delta^2\text{H}$ - $\delta^3\text{H}$ ilişkisi suların akiferde kalma süreleri ile beslenme yükseklikleri arasındaki ilişkiyi de ortaya koymaktadır. Grafikte yatay eksen boyunca $\delta^2\text{H}$ başlangıca yaklaştıkça beslenme alanı yüksekliği azalmakta, $\delta^3\text{H}$ dikey eksen boyunca başlangıca yaklaştıkça akiferde kalış süresi artmaktadır. İnceleme alanındaki soğuk sular sığ ve hızlı dolaşım, sıcak ve mineralli sular ise derin dolaşım ve akiferde kalış süresi uzundur (Şekil 4.52).



Şekil 4.52 İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların kurak dönemde (Ekim 2022) $\delta^2\text{H}$ - $\delta^3\text{H}$ ilişkisi.

4.5.5 Jeotermometre Uygulamaları

Jeotermometre uygulamaları ile jeotermal akışkanın özellikleri kullanılarak akiferin ve sıcak su rezervuarının sıcaklığı belirlenir. Jeotermal akışkan rezervuardan yüzeye doğru hareket ederken soğuk sularla karışarak rezervuar sıcaklığı düşer yeryüzüne ulaştıklarında da rezervuar sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa sahip olurlar. Bu nedenle derinlerdeki jeotermal akışkanın sıcaklığı yüzey sıcaklığından daha yüksektir. Jeotermal alanlarda yapılan çalışmalarda jeotermal akışkanın kullanım alanlarının belirlenmesinde hazne kaya sıcaklıkları oldukça önemlidir. İnceleme alanında yer alan

sıcak ve mineralli suların hazne kaya sıcaklıkları uygun jeotermometreler kullanılarak hesaplanmıştır. Sıcak sularda kullanılan jeotermometre bağıntıları Çizelge 4.20 de, sıcak suların bu kimyasal jeotermometre hesaplamalarından elde edilen sonuçlar Çizelge 4.21 verilmiştir.

Çizelge 4.20. Sıcak sularda kullanılan Kimyasal jeotermometreler (Konsantrasyon Mg/l)

Jeotermometreler	Eşitlik	Referans
SiO ₂ (Kuars)	$t = 1309 / (5.19 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, 1977
SiO ₂ (kuars buhar kaybı)	$t = 1522 / (5.75 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, 1977
SiO ₂ (kuars buhar kaybı)	$t = 1498 / (5.7 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd., 1983
12. Na/K (25-250 °C)	$t = 933 / (0.933 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Arnorsson vd., 1983
Na/K (25-250 °C)	$t = 1319 / (1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Arnorsson vd., 1983
Na/K (100-275 °C)	$t = 777 / (0.70 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Arnorsson vd., 1983
Na/K (100-275 °C)	$t = 856 / (0.857 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Truesdell, 1976
Na/K (100-300 °C)	$t = 1217 / (1.483 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Fournier, 1979b
Na/K	$t = 1178 / (1.470 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Nieva ve Nieva, 1987
Na/K	$t = 1390 / (1.750 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Giggenbach vd., 1983
SiO ₂ (kalsedon) (mmol)	$T = 1101 / (0.11 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd, 1983
Li/Mg	$T = 2200 / (5.470 - \log (\text{Li/Mg}^{0.5})) - 273.15$	Kharaka ve Mariner, 1989
Na/Ca	$T = 1096.7 / 3.08 - \log (\text{Na/Ca}^{0.5}) - 273.15$	Tonani, 1980
K/Ca	$T = 1930 / 3.861 - \log (\text{K/Ca}^{0.5}) - 273.15$	Tonani, 1980

4.5.5.1 Silis Jeotermometreleri

Silis jeotermometreleri mineral çözünürlüğüne bağlı bir jeotermometredir. Silisin çözünürlüğü sıcaklık ve basınca bağlı olup silis jeotermometreleri rezervuar sıcaklığının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılır. Silis jeotermometresine ait bağıntılar hazne kayanın sıcaklığına, sıcak suyun yeryüzüne doğru yükselirken soğumasına bağlı olarak oluşturulmuştur.

Kuars çözünürlüğüne dayalı jeotermometreler, rezervuar sıcaklığının belirlenmesinde çok yüksek sıcaklığa sahip sularda daha doğru sonuçlar vermektedir. Rezervuar sıcaklığı 225°C den düşük ise daha doğru sonuçlar vermektedir. Bunun nedeni yüksek

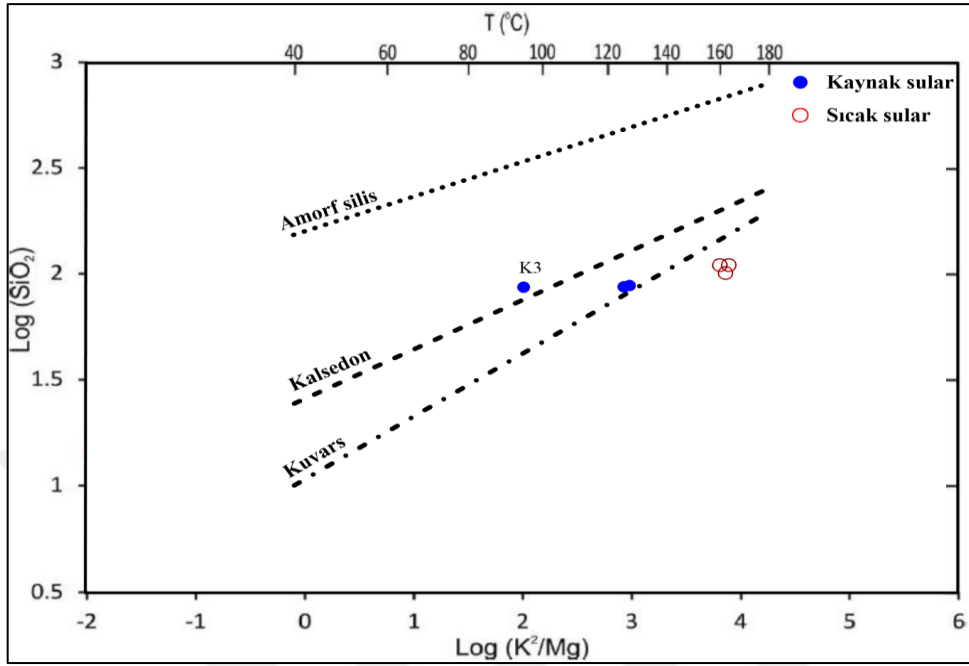
sıcaklıklarda akışkan rezervuardan yeryüzüne doğru çıkarken jeotermal akışkanda hızlı silis çökeliminin olmasıdır (Şahinci 1991, Arnorsson,2000).

Çizelge 4.21. Kimyasal jeotermometre hesaplamalarından elde edilen rezervuar sıcaklıkları (°C)

Jeotermometrele	SS1	SS2	SS3	K1	K2	K3
SiO (Kuars)	116,65	115,00	115,60	100,49	98,46	101,9
SiO ₂ (kuvars buhar kaybı)	115,30	113,89	114,41	101,42	99,66	102,64
SiO ₂ (kuvars buhar kaybı)	114,12	112,69	113,21	100,1	98,33	101,33
12. Na/K (25-250 °C)	153,96	151,96	126,84	173,21	169,41	172,62
Na/K (25-250 °C)	213,82	207,98	239,89	391,50	404,92	678,40
Na/K (100-275 °C)	125,02	122,93	96,92	145,21	141,21	144,59
Na/K (100-275 °C)	132,84	130,87	106,19	151,82	148,07	151,24
Na/K (100-300 °C)	171,92	170,25	149,04	187,79	184,68	187,31
Na/K	159,71	158,08	137,36	175,23	172,19	174,76
Na/K	189,96	188,38	168,18	204,96	202,03	204,51
Na/K (mmol)	194,07	191,61	160,97	217,86	213,15	217,13
K/Mg	25,23	25,64	19,43	4,08	3,70	-12,82
Na-K-Ca	0,52	0,47	0,51	3,26	3,43	11,74
Li/Mg	433,84	414,30	426,66	27,27	83,59	40,15
Na/Ca	189,59	190,55	183,49	79,55	82,85	27,81
K/Ca	165,24	164,71	148,04	109,20	110,03	72,42

Kuars jeotermometrelerinde sıcak ve mineralli suların rezervuar sıcaklığı 112-115 °C arasında değişmektedir. Sıcak suların SiO₂, K ve Mg değerleri ile hesaplanan kalsedon, amorf silis ve kuvars için çözünürlük eğrilerinin birlikte kullanıldığı log (SiO₂)- log (K²/Mg) grafiği (Şekil 4.53) Bu diyagram sıcak ve mineralli suların silis değerini kullanarak rezervuar sıcaklığını belirlemek için kullanılır (Henley ve Ellis,1983, Giggenbach ve Glover 1992, Giggenbach ve ark., 1994). Diyagramda sıcak ve mineralli sular kalsedon ve kuvars eğrileri üzerine düşmekte olup sıcak ve mineralli sular kuvars ve kalsedonla dengeyi göstermektedir. Sıcak ve mineralli sular için silis jeotermometre

lerinden uygun silisin kuvars ve kalsedon olduğu hazne kaya sıcaklığının ise 95- 130 °C arasında olduğu belirlenmiştir (şekil 4.53).



şekil 4.53. Sıcak suların log K²/Mg-log SiO₂ diyagramı (Giggenbach ve ark., 1994)

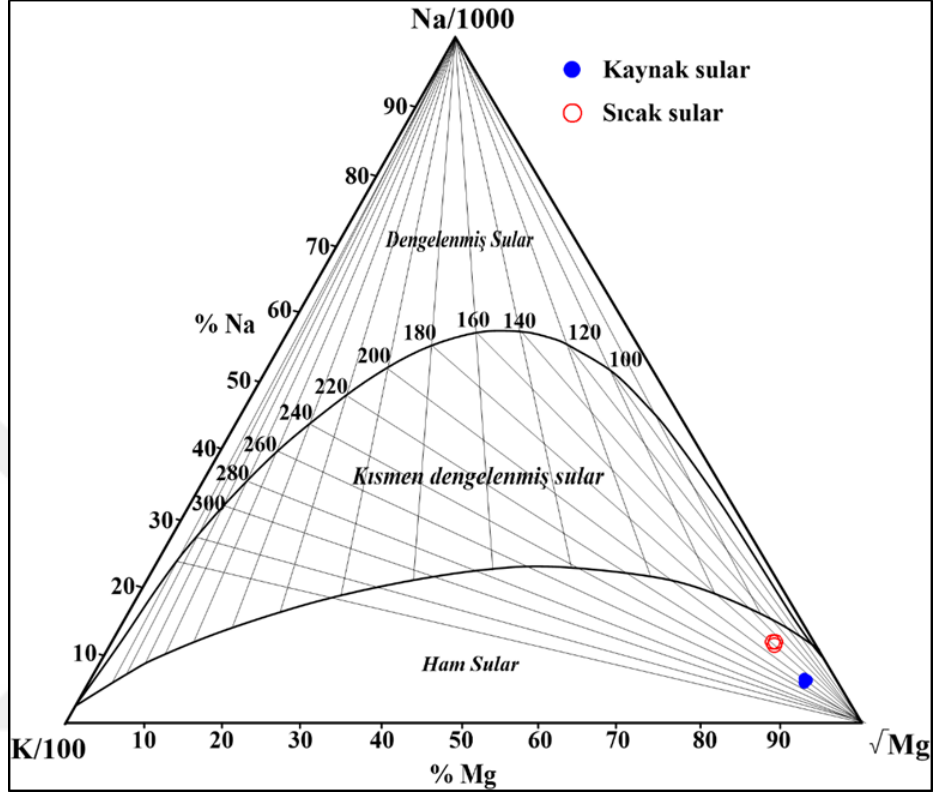
4.5.5.2 Katyon Jeotermometreleri

Katyon jeotermometreleri iyon değişimine dayalı jeotermometrelerdir. Suda iyon değişimine uğrayan birçok mineral vardır. İyon değişim denge sabitleri sıcaklığın etkisindedir. Bunlardan yararlanılarak ampirik jeotermometreler geliştirilmiştir.

Na/K jeotermometreleri yüksek değerler vermektedir. Ancak 180°C- 350°C arasında rezervuar sıcaklığına sahip sularda daha doğru sonuçlar vermektedir. Ayrıca Na/K jeotermometresi traverten oluşturan sularda kullanılamaz. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sular traverten konisi oluşturmuşlardır. Bu nedenle inceleme alanındaki sıcak ve mineralli sularda Na/K jeotermometreleri geçerli değildir. Na/Ca jeotermometresi 82-189 °C, K/Ca jeotermometresi ise 72-165 °C arasında değerler vermiştir.

İnceleme alanındaki soğuk ve sıcak- mineralli sular için Giggenbach (1988)' ın Na-K-Mg birleşik üçgen diyagramı kullanılmıştır. Diyagram 3 bölümden oluşmaktadır. Bunlar rezervuar kayaçları ile dengeye ulaşan olgun sular (dengede olan), su-kayaç etkileşiminin kısmen dengelendiği sular ve su-kayaç etkileşimin dengede olmadığı ham sular dır. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sular ham denge çizgisinden aşağıda olgun

olmayan ham sular bölgesinde kalmaktadır. Bu durum sıcak ve mineralli suların yeryüzüne doğru çıkarken soğuk sularla karıştığını ve soğuduğunu göstermektedir (Şekil 4.53).



Şekil 4.54 İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların Na-K-Mg üçgen

4.5.5.3 Silis-Entalpi Karışım Modeli

İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların rezervuar sıcaklığını belirlemek için SiO_2 –Entalpi karışım modeli uygulanmıştır. Sıcak ve mineralli su örnekleri ile 1 tane soğuk su örneğine ait SiO_2 ve entalpi değerleri ve SiO_2 –entalpi karışım grafiği kullanılarak rezervuar sıcaklığı belirlenmeye çalışılmıştır (Truesdell ve Fournier, 1977).

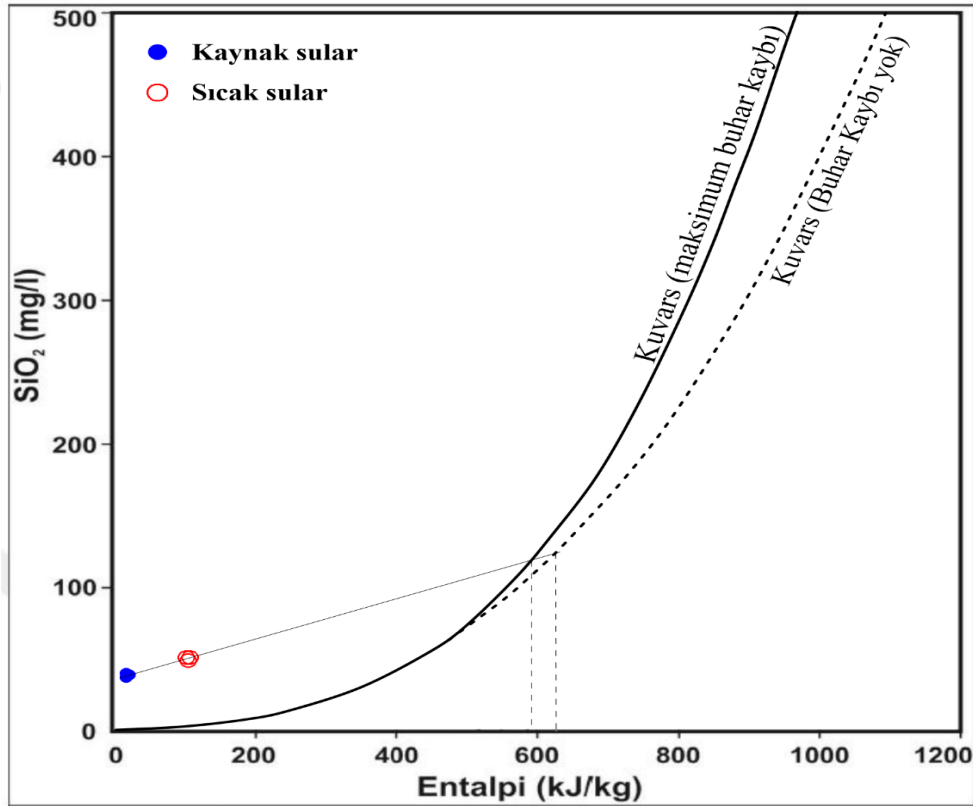
Silis-entalpi karışım jeotermometresinden inceleme alanındaki sıcak suların minimum ve maksimum sıcaklık değerleri 139 °C ile 149 °C olarak bulunmuştur (Şekil 4.55)

4.5.5.4 Buhar Kaybı Varsayımına Dayalı Karışım Modeli

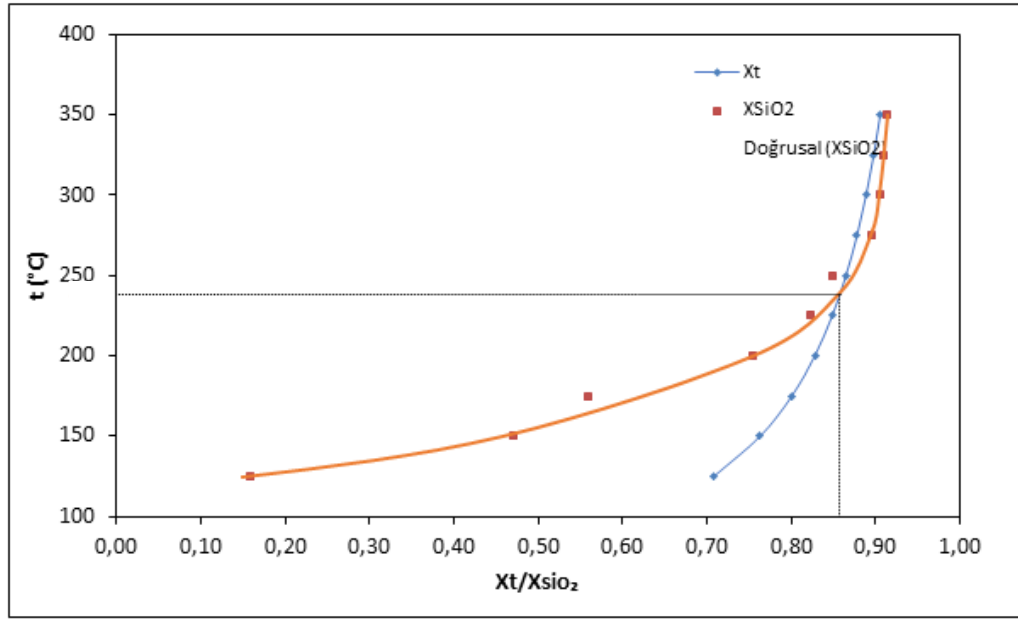
Buhar kaybı modelinde sıcak akışkandan buhar ayrıldıktan sonra geri kalan sıcak suyun soğuk yeraltı suları ile karıştığı varsayılır. Buhar kaybı nedeniyle sıcak su soğuk su karışım bölgesinde sıcak suyun entalpi değeri hazne kayanın entalpi değerinden azdır. Kuramsal entalpiler karşılık gelen karışım oranları bulunur. Kuramsal hazne kaya entalpi değerleri (H_h) düşey, kuramsal soğuk su karışım oranları (X_t) yatay eksen üzerinde işaretlenir. X_t - H_h eğrisi çizilir. Daha sonra kuramsal silis miktarları (X_{si} miktarları (mg/l) olarak $X_{si} = (S_{ih} - S_{is}) / (S_{ih} - S_{ic})$, kuramsal soğuk su karışım oranları

$X_t = (H_h - H_s) / (H_h - H_c)$ formüllerine göre X_t ve X_{si} değerleri hesaplanır X_{ti} - X_{si} ve X_t - H_h eğrileri çizilir. Eğrilerin kesiştiği noktanın yatay eksen üzerindeki iz düşümü bulunur ve değer okunarak sıcak -soğuk su karışım oranı belirlenir (Şahinci 1991), (Şekil 4.56).

Bu grafiğe göre inceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulara %83 oranında soğuk su karışımı olmaktadır. Sıcak ve mineralli suların rezervuar sıcaklığı da 248 °C olarak belirlenmiştir (Şekil 4.56).



Şekil 4.55. İnceleme alanındaki sıcak suların entalpi-silis diyagramı



Şekil 4.56. İnceleme alanındaki sıcak suların silis karışım modeline göre hazne kaya sıcaklıkları ve karışım oranı entalpi-silis diyagramı

5. SONUÇLAR

İnceleme alanında temelde Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Aktoprak formasyonu bulunmaktadır. Aktoprak formasyonu altta gri renkli kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Kabak tepe üyesi, Gri renkli gölsel kireçtaşı, marndan oluşan Kurtulmuştepe üyesi ve kırmızı renkli konglomera kumtaşı, çamurtaşlarından oluşan Kızıllöz üyesi olmak üzere üç üyeden oluşmaktadır. Aktoprak Formasyonu üzerine çoğunlukla gölsel ve yer yer akarsu ortamlarında oluşan kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, çakıltaşı, kumtaşı ve kilttaşlarından oluşan Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı İnsuyu formasyonu aşıl uyumsuzlukla örtmektedir. İnsuyu formasyonu üzerine gelen Hotamış formasyonu ismil ve bataklık üyesi olmak üzere iki üyeden oluşur. İsmil üyesi gri renkli çapraz tabakalı kum ve çakıldan, bataklık üyesi ise açık renkli onkolitli karbonatlar ve marndan oluşur. İnsuyu formasyonu oldukça geniş alanlarda yayılım gösteren Pleyistosen-Kuvaterner ve Holosen döneminde ise neotektonik olaylar ve paleo-iklim koşullarına göre karakteri değişen havzada çoğu zaman kırıntılı, yer yer karbonatlı gölsel ve akarsu çökelleri yer almaktadır. Kuvaterner yaşlı Hotamış formasyonuna ait gölsel ve karasal çökellerle uyumsuz olarak örtülmektedir. Hotamış formasyonu üzerine Acıgöl travertenleri, alüvyal yelpaze ve alüvyon'a ait çökeller uyumsuz olarak gelmektedir.

İnceleme alanında yıllık ortalama sıcaklık 12,1-14 °C arasında, yıllık ortalama yağış miktarı 250 ile 300 mm, ortalama nisbi nem %60-65 arasındadır. İnceleme alanında Aktoprak, İnsuyu, Hotamış formasyonları, Acıgöl traverteni, Alüvyal yelpaze az geçirimli birimler alüvyon ise geçirimli birimdir.

Soğuk suların sıcaklıkları 13- 16 °C, pH değerleri 6.51-7.2, EC değerleri 289-6050 $\mu\text{S}/\text{cm}$, kuyuların derinlikleri 84-220, statik seviyeleri 8-74 m, dinamik seviyeleri 26-90 m, debileri ise 16-40 l/sn arasındadır. Sıcak ve mineralli su kaynakları Kükürtlü tepede KB-GD yönlü eğim atımlı normal fay hattı boyunca çıkarak traverten konisi oluşturmuştur. Kaynak sıcaklıkları 19°C- 21 °C debileri 0.1-0.5 l/sn, pH 'ları 6.68 – 7.1, EC değerleri 5600-10820 $\mu\text{S}/\text{cm}$, arasındadır. Kaynak yakınına açılan jeotermal sondaj kuyuları rezervuar basıncını düşürdüğü için bazı kaynak çıkışlarının kurumasına neden olmuştur. Sıcak su sondajların derinlikleri 800-962 m suların sıcaklığı ise 21-26.5 °C, pH'ı 6.9-7.01, EC değerleri ise 12137-24361 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasındadır.

Schoeller diyagramına göre tüm sıcak su örneklerine ait iyonları birleştiren doğrular yaklaşık paralel olup sular aynı akiferden gelmektedir. Soğuk sular Na-Cl, Ca-HCO₃, Na-

HCO₃ ve NaSO₄, sıcak ve mineralli sular ile sıcak su sondaj suları Na-Cl tipli sulardır. Piper diyagramına göre soğuk sular iki dönemde de ayrı gruplar halinde aynı bölgelere düşmüşlerdir. Soğuk sular 1 ve 2 bölgelerde toplanmışlardır. Buna göre Ca+ Mg > Na+K karbonatlı ve sülfatlı sular, Na+ K > Ca+Mg tuzlu ve sodalı sular dır. Ayrıca 5. bölge olarak değerlendirildiğinde Karbonat sertliği, karbonat olmayan sertlik CaCO₃ ve MgCO₃ lı sulardır, 7 bölge ise karbonat olmayan alkalinite > karbonat alkalinitesi NaCl, NaSO₄ ve KCl lu sulardır. Sıcak sular ise 2. ve 7 bölgede gruplanmışlardır. Na+ K > Ca+Mg tuzlu ve sodalı ve karbonat olmayan alkalinite > karbonat alkalinitesi NaCl, NaSO₄ ve KCl lu sulardır.

İnceleme alanındaki Soğuk sular anhidrit, aragonit, kalsit dolomit, jips, halit minerallerine doymun olmayıp bu mineralleri çözme özelliğine sahiptir. Sıcak- mineralli kaynak ve sondaj suları aragonit, anhidrit, kalsit, dolomit, jips, minerallerince doymun olup çökeltici özelliktedir.

İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sular ile soğuk su örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri, suların meteorik bir kökenli olduğunu göstermektedir. Trityum ($\delta^3\text{H}$) ve EC ilişkisi suların köken açısından ayrımını Trityum ($\delta^3\text{H}$) ve klorür ilişkisi ise suların derin veya sığ dolaşımli olup olmadığını ortaya koymaktadır. Sıcak sularda trityum ($\delta^3\text{H}$) değeri düşük olması, Cl ve EC değerinin yüksek olması sıcak suların derin dolaşımli olduğunu göstermektedir. Ayrıca Trityum değerinin düşük olması güncel yağışlardan az etkilendiğini ve soğuk sulara göre akifer içerisinde daha uzun süre kaldığını göstermektedir. Soğuk sularda ise bunun tam tersi yüksek trityum ($\delta^3\text{H}$) düşük Cl ve EC değeri suların sığ dolaşımli olduklarını göstermekte ve $\delta^3\text{H}$ değerinin yüksek olması da güncel yağışların etkisinin olduğunu kanıttır. Yeraltısularının bağlı yaşının belirlenmesinde trityum önemli bir parametredir. $\delta^2\text{H} - ^3\text{H}$ ilişkisine göre İnceleme alanındaki soğuk sular sığ ve hızlı dolaşımli, sıcak ve mineralli sular ise derin dolaşımli ve akiferde kalış süresi uzundur

Kuvars jeotermometrelerinde sıcak ve mineralli suların rezervuar sıcaklığı 112-115 °C arasında değişmektedir. Sıcak ve mineralli sular için silis jeotermometrelerinden uygun silisin kuvars ve kalsedon olduğu hazne kaya sıcaklığının ise 95- 130 °C arasında olduğu belirlenmiştir. Sıcak ve mineralli sularda Na/K jeotermometreleri geçerli değildir. Na/Ca jeotermometresi 82-189 °C, K/Ca jeotermometresi ise 72-165 °C arasında değerler vermiştir.

Giggenbach (1988)' ın Na-K-Mg birleşik üçgen diyagramına göre inceleme alanındaki sıcak ve mineralli sular ham denge çizgisinden aşağıda olgun olmayan ham sular bölgesinde kalmaktadır. Bu durum sıcak ve mineralli suların yeryüzüne doğru çıkarken soğuk sularla karıştığını ve soğuduğunu göstermektedir. Silis-entalpi karışım jeotermometresine göre inceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların sıcaklık değerleri 139 °C ile 149 °C arasındadır. Buhar Kaybı Varsayımına Dayalı Karışım Modeline göre inceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulara %83 oranında soğuk su karışımı olmaktadır. Sıcak ve mineralli suların rezervuar sıcaklığı 248 °C olarak belirlenmiştir.



6. KAYNAKLAR

- Afşin, M., Kuşcu, Ğ., Elhatip, H. and Dirik, K., 2006, Hydrogeochemical properties of CO₂-rich thermal–mineral waters in Kayseri (Central Anatolia), Turkey. *Environmental Geology*, 50 (1), 24-36.
- Akarsu, İ., 1971. II. Bölge AR/TPO/747 nolu sahanın terk raporu: Petrol İşl. Gn. Md. (Yayınlanmamış).
- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E. and Svavarsson, H., 1983, The chemistry of geothermal waters in Iceland-II. Mineral Equilibria and Independent Variables Controlling Water Compositions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, 547-566.
- Atabey, E., 1989, 1:100 000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Aksaray-H 17 paftası, MTA, Ankara.
- Biricik, A.S., 1978, Konya Ereğlisi Akhöyük Travertenleri ve Kükürtlü Suları, *Jeomorfoloji Dergisi*, sayı 2/7, 55-61
- Blumenthal (1956, Gottini (1968, 1969), Brunn ve ark. (1971), Özgöl (1971, 1976), Demirtaşlı ve ark. (1975), Koçyigit (1976), Hakyemez ve ark. (1992) ve Ulu ve ark. (1994)'nın yapmış olduğu araştırmalardan yararlanmışlardır.
- Çalapkulu, F., 1978, Bol-kardağı bölgesinin jeolojik evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu, 32. Bilimsel ve Teknik Kurulu Bildiri Özleri, 7-8, Ankara.
- Canik, B., Çelik, M., Arıgöl, Z., 2000, Jeotermal Enerji. A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, No:59, 60s, Ankara.
- Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. and Dirik, K., 1999, Structural evolution of the Tuzgölü basin in Central Anatolia. Turkey. *Journal of Geology*, 107 (6), 693-706.
- CHAPUT, Ernest. Voyages d'études géologiques et géomorphogéniques en Turquie. E. de Boccard., 1936,
- Clark, I.D. ve Fritz, P., 1997, Environmental isotopes in hydrogeology, Lewis Publishers, New York, 328.
- Craig, H., 1961, Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133 (3465), 1702-1703.

- Çelmen, O. and Çelik, M., 2009, Hydrochemistry and environmental isotope study of the geothermal water around Beypazarı granitoids, Ankara, Turkey, *Environ. Geol.* 58:8, 1689-1701.
- Deines, P., Fritz, P. and Fontes, J. C., 1980, Handbook of environmental isotope geochemistry. The Terrestrial Environment, 1, 329-406.
- Demirtaşlı, E., Bilgin, A. Z., Erenler, F., Işıklar, S., Sardi, D., Selim, M. ve Turhan, N., 1973, Geology of Bolkar Mountains. Congress of Earth Sciences, 50 th Anniversary of Turkish Republic, Maden Tetkik ve Arama Special Publication, 42-57, Ankara.
- Dirik K. and Göncüoğlu, M.C., 1996, Neotectonic characteristics of Central Anatolia. *International Geology Review*, 38, 807–817. doi:10.1080/00206819709465363.
- Dirik, K. ve Erol, O., 2003. Tectonomorphologic evolution of Tuzgölü and surrounding area, central Anatolia-Turkey. *Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication*, 5, 27-46.
- Dönmez, M. ve Akçay, A. E., 2005a, 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No: 50, Aksaray L30 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 11s.
- Dönmez, M. ve Akçay, A. E., 2005b, 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No: 51, Aksaray L31 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 9s.
- Duru, G., 2006, Ziga-yaprakhisar (Aksaray) sıcak ve minerally kaynak alanlarındaki traverten Çökenliminde Etkili Olan Faktörlerin su kimyası ve izotopik yöntemlerle belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, N.Ü. Fen Bil. Enst. 117 s. Niğde.
- Edmunds WM., 2005, Contribution of isotopic and nuclear tracers to study of groundwaters. Editors: Aggarwal PK, Gat JR, Froehlich KF. *Isotopes in the Water Cycle*, 171-192, Oxford, United Kingdom, Springer, Dordrecht.
- Eren, Y., 1993, Eldeş – Derbent – Tepeköy - Söğütözü (Konya) arasının jeolojisi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 224 s.

- Erol, O., 1969, Tuzgölü havzasının jeolojisi ve jeomorfolojisi, MTA Rap. No:4220 (yayınlanmamış), Ankara.
- Fournier, R. O., 1977, A Review of chemical and isotopic geothermometers for geothermal systems. In: Proceedings of the Symp. On Geoth. Energy, Cento Scientific Programme, Ankara, 133-143.
- Giggenbach, W. F., 1988, Geothermal solute equilibria. derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. *Geochimica et cosmochimica acta*, 52 (12), 2749-2765.
- Giggenbach, W. F. and Glover, R. B., 1992, Tectonic regime and major processes governing the chemistry of water and gas discharges from the Rotorua geothermal field, New Zealand. *Geothermics*, 21 (1-2), 121-140.
- Giggenbach, W.F., Sheppard, D. S., Robinson, B.W., Stewart, M.K. and Lyon, G.L., 1994, Geochemical structure and position of the Waiotapu geothermal field, New Zealand. *Geothermics*, 23 (5-6), 599-644.
- Göçmez ve ark., 2005, Konya'daki Sıcak ve Mineralli suların Hidrokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Karapınar -Ereğli çevresindeki termal kaynakların sıcaklıkları 18- 28 °C, debileri 0,45 -2 lt/sn ve toplam mineralizasyonlarının 5207- 35449 arasında değiştiğini, AIH Sınıflamasına göre Ereğli'deki kaynakların iyodürlü, florürlü, sodyumlu, klorürlü sıcak ve mineralli su sınıfında olduğunu belirtmişlerdir
- Göktaş., 2010, Akhüyük kaynağı çevresindeki çalışmada kaynak sularının Akhüyük fayı boyunca çıktığını ve suların yeryüzüne ulaştığında basıncın düşmesi nedeniyle CO₂ gazının uçtuğunu ve CaCO₃ ların çökelediğini belirtmiştir.
- Göğür, E, Kırıl, K., 1969, Kızılören Dolayının Jeolojisi. M.T.A Rapor No: 5204 (Yayınlanmamış).
- Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L., Çemen, İ. 1996, Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları. TPAO Rapor No: 3753 (Yayınlanmamış).
- Görür, N., 1981, Tuzgölü-Haymana havzasının stratigrafik analizi. İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, T.J.K. 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiriler Kitabı, 60-65.

- Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, İ., Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey Sedimentary Record of a Neo- Tethyan closure, The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geology Society Special Publication, 17, In J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds.) Oxford, 467-482.
- Hakyemez, Y., Elibol, E., Umut, M., Bakırhan, B., Kara, İ., Dağıstanlı, H., Metin, T. ve Erdoğan, N. 1991. Konya-Çumra-Akören dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:9449 (yayımlanmamış), Ankara.
- Hakyemez, Y., Elibol, E., Umut, M., Bakırhan, B., Kara, İ., Dağıstan, H., Metin, T. ve Erdoğan, N. 1992. Konya-Çumra-Akören dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:9449 (yayımlanmamış), Ankara.
- IAH., 1979. Map of Mineral and Thermal Water of Europe, Scale: 1:500.000, IAH International Association of Hydrogeologists), United Kingdom.
- Louis, H., 1938, Eiszeitliche seen in Anatolien. Zeitschr. D. Ges. F. Erdk. Zu Berlin yg 7/8 S.
- Karaman N31 paftasını derleyen Bilgiç (2009) ise Tchihatcheff (1869) ve Schaffer (1903), Blumenthal (1956), Demirtaşlı ve ark. (1973, 1984 ve 1986) Gill ve ark. (1984), Pampal (1989), Koçyigit (1978), Çalapkulu (1978), Oktay (1982), Pampal (1986, 1987, 1988), Pampal
- Henley, R. W. and Ellis, A. J., 1983, Geothermal systems ancient and modern: a geochemical review. *Earth-science reviews*, 19 (1), 1-50.
- Keen, M. C. 1972. The Sannoisian and some other Upper Palaeogene Ostracodes from northvvest Europe. Reprinted from Paleontology, Volume: 15, Part 2, London.
- Ketin, İ. ve Akarsu, I. 1965. Ulukışla Tersiyer Havzasının jeolojik etüdü hakkında rapor. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, No: 339.
- Koçyiğit, A. 2003, Orta Anadolu'nun genel neotektonik özellikleri, Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı çalışma, Aksaray, TPJD, Özel sayı: 5, 1-26.
- Mazor, E., 2004, Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology, third edition: New York, Marcel Dekker, Inc., 453 p.

- Murat (1998) Ereğli (Konya)- Ulukışla (Niğde) yöresi sölestin oluşumları Jeolojik, petrografik ve jenetik incelemesini yapmıştır. Araştırmasında sölestinli kireçtaşların Kayalı dere sahasında % 23.10 SrSO₄, Bolluca dere sahasında % 36.39 SrSO₄ ve Çat köy sahasında % 30.62 SrSO₄, içerdiğini belirtmiştir.
- Nazik, A. ve Gökşen, N., 1989., Uluk1 la Tersiyer istifinin foraminifer ve ostrakod faunasma göre stratigrafik yorumu. Türkiye Jeoloji Bülteni, 32, 1-2, 89-95, Ankara.
- Okta, F. Y., 1982, Ulukışla ve çevresinin stratigrafisi ve jeolojik evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 25, 15-23, Ankara.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M. C. Turhan N., Şentürk, K., Uysal., Ş. ve Işık., A., 1990, Konya- Kadınhanı-İlgın dolayının temel jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No :9535 (yayımlanmamış). 139 s.
- Özgöl, N., 1976, Toroslann bazı temel jeolojik özellikleri: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19,65-78.
- Özsayın, E., 2007, İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin Yeniceoba-Cihanbeyli (Konya-Türkiye) Arasındaki Bölümünün Neojen-Kuvaterner Yapısal Evrimi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 119 s.
- Parkhurst, D. L. and Appelo, C.A.J., 1999, User's guide to PHREEQC (Version 2): A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water-resources investigations report, 99 (4259), 312.
- Roberts, N., Erol O., de Meester, T. ve Uerpmann, H.P., 1979, Radiocarbon chronology of Late Pleistocene Konya Lake, Turkey. Nature, 281, 662-664.
- Rondot, J., 195, 1/100000 lik 39/2 (güney kısmı) ve 35/4 paftalarının jeolojisi, seben-Nallihan-beyparzan; MTA Enstitüsü, Derleme Rap No:2517
- Şişman, N., ve Senocak, H., 1981, Bolcardağı Yöresinin Jeolojisi ve Maden Yatakları. MTA Rapor no: 7202 (yayımlanmamış).
- Sögüt., 1992, Ereğli (Konya) ilçesi ve güneyinin jeolojisi ile merkezinde yer alan sıkılaşmamış tortuların jeotektonik parametrelerinin tespitine çalışmıştır.

Araştırmasında Üst Permian'den Kuvaterner'e kadar olan birimleri ayrırtlanmıştır.

Şahinci, A., 1991a, Dogal Sularin Jeokimyası. Reform Matbaası, Beyler-İzmir, 548s.

Şener, M., 2018, Türkiye Jeoloji Bülteni / Geological Bulletin of Turkey 193-206

Şimşek, Ş., 1995, Sıcak ve Mineralli sular. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ders Teksirleri No:16, 83s, Ankara.

Tarcan G., 2003., “*Jeotermal Su Kimyası. Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar 11-21 Haziran 2002 Yaz Okulu Ders Kitabı*” (Eds) Savaşçın, M.Y., Güleç N., Şimşek Ş., Parlaktuna M., Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, No:306, 198.

Temel, A., 1992, Kapadokya eksploziv volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri, Hacettepe Üniv. Doktora Tezi.

Thorntwaite, W.C., 1948, An approach toward a rational classification of climate. Geogr Rev. 38: 55-94.

Temiz & Savaş., 2015, Arabian Journal of Geosciences 8(4) 2383-2392

Temiz & Savaş., 2018, Arabian Journal for Science and Engineering 43(7) 3739-3749

Tonkul, S., Şimşek, C. ve Baba, A., 2019, Gzotop özelliklerinin kullanılarak su-kayaç etkileşiminin incelenmesi: Alaşehir alt havzası örneği. *DSİ Teknik Bülteni*.

Toprak, V. and Göncüoğlu, M.C., 1993, Tectonic control on the development of the Neogene-Quaternary Central Anatolian volcanic province, Turkey. Geological Journal, 28:357–369. doi:10.1002/ gj.3350280314.

Törk, K., Erduran, B., Yılmaz, N.P., Sülükçü, S., Güner, İ.N., Ateş, Ş., Mutlu, G., Keleş, S., Çınar, A., Demirbaş, Ş., Özerk, O.C., Bulut, A., Sertel, N., Yeleser, L., Avcı, K., Ayva, A., Toksoy, A.T., 2013, Konya Havzası'nda Karstik Çöküntü Alanlarının Belirlenmesi ve Tehlike Değerlendirmesi. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Rapor No.11250, Ankara, 334s.

Törk, K., Yılmaz, N.P., Sülükçü, S., Keleş, S., Köklü, Ş., Yeleser, L., S., Aykaç, Özerk, Z.R., Acar, C., Savaş, F., Çakır, K., Avcı, K., 2019, Konya Ovası Projesi (KOP)

bölgesinde (Konya, Karaman, Aksaray, Niğde) karstik çöküntü alanlarının belirlenmesi ve tehlike değerlendirmesi projesi (Final Raporu), MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 263 s., Ankara

Truesdell, A.H. and Fournier, R.O., 1977, Procedure for estimating the temperature of a hot water component in a mixed water by using a plot of dissolved silica versus enthalpy, *Journal of Research of the US Geological Survey*, 58 (1), 49-52.

Türkunal., 1972, Ereğli ve yakın çevresinde yapmış olduğu çalışmada, bölgenin petrol kapanımı için herhangi bir jeolojik yapıya sahip olmadığını, gerek fosil gerekse aktif petrol göstergelerine rastlamadığını belirtmiştir.

Ulu, Ü., Bulduk, A. K., Ekmekçi, E., Karakaş, M., Öcal, H., Arbas, A., Saçlı, L., Taşkiran, M. A., Adır, M., Sözeri, Ş. ve Karabıyıkoglu, M., 1994a. İnlice-Akkise ve Cihanbeyli- Karapınar alanının jeolojisi, MTA Der. Rap. No: 9720 (yayımlanmamış), Ankara. 219 s.

Ulu, Ü. ve Balcı, V., 2009, 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Karaman N30 paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Ulu, Ü., 2009a, 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:125, Karaman M 30 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 31s.

Ulu, Ü., 2009b, 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:126, Karaman M 31 paftası., Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 17s.

Uygun, A., Yaşar, M., Çelik, E., Baş, H., Kayakıran, S., Erkan, M.C., Aygün, M., Ayak, F., Bilgiç, T., 1982a, Tuzgölü havzası projesi jeoloji raporu (Cilt 2), Maden Tetkik ve Arama Rapor No: 7188 (yayımlanmamış), Ankara.

Uygun, A., Yaşar, M., Çelik, E., Kayakıran, S., Erkan, C., Aygün, M., Ayak, F., Baş, H., ve Bilgiç, T., 1982b, Tuzgölü Havzası Projesi. MTA. Der. Rap. No: 1200, Ankara (yayımlanmamış).

Yalçınlar, I., 1954, Les gisements de Mammiferes et d'autres vertebres fossiles de la Turquie. Cong. Geol. Inter. Alger, sec. XIII, 3e part., fasc. XV, pp. 139-147.

