

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKHÜYÜK (EREĞLİ-KONYA) SICAK ve MİNERALLİ
SULARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ve
TRAVERTEN ÇÖKELİMİNDE
ETKİLİ OLAN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

İREM GÖKTAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONYA, 2010

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKHÜYÜK (EREĞLİ-KONYA) SICAK ve MİNERALLİ
SULARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ve
TRAVERTEN ÇÖKELİMİNDE
ETKİLİ OLAN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

İREM GÖKTAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr.
Yaşar EREN
(Üye)

Yrd. Doç. Dr.
Güler GÖÇMEZ
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr.
Meral BÜYÜKYILDIZ
(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKHÜYÜK (EREĞLİ - KONYA) SICAK VE MİNERALLİ
SULARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
TRAVERTEN ÇÖKELİMİNDE
ETKİLİ OLAN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

İrem GÖKTAŞ

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güler GÖÇMEZ

OCAK 2010, 97 sayfa

İnceleme alanı Konya ili, Ereğli İlçesinin 9 km kuzeyinde olup yaklaşık 100 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Alanda temeli Oligosen yaşlı Tapır formasyonu oluşturmaktadır. Bu birimin üzerine uyumsuzlukla Kuvaterner yaşlı Alüvyon ve Traverten gelmektedir.

Akhüyük sıcak ve mineralli suları Akhüyük fayı boyunca açığa çıkmaktadırlar. İnce kırık ve çatlaklar boyunca yerin derinliklerine doğru yerçekimi etkisiyle süzülen yağış suları, jeotermal gradyanla ve Kuvaterner yaşlı Karapınar volkanizmasına bağlı olarak ısınmışlardır. Isınan sular hidrostatik basınç, kılcallık, soğuk ve sıcak su arasındaki yoğunluk farkı, sudaki gazların genişmesi vb.

nedenlerle fay boyunca yükselerek yeryüzüne çıkmaktadırlar. Suların sıcaklıkları 21-28⁰C, debileri ise 0.16 – 0.45 lt/sn arasında değişmektedir.

Akhüyük fayı boyunca yeryüzüne ulaşan sıcak ve mineralli suların basıncın düşmesi nedeniyle CO₂ gazı uçmakta, CaCO₃ çökelmektedir. Fay boyunca her iki yönde oluşan eşitli karbonat çökelişi sonucunda sivri ucu KB-GD yönünde olan traverten konisi oluşmaktadır. Traverten konisinin yüksekliği 23 m, uzunluğu 2375 m ve genişliği ise 300 m'dir.

Sıcak ve mineralli suların akiferini Tapır formasyonuna ait kireçtaşları oluşturmaktadır.

Sıcak ve mineralli sular kalsit, dolomit, aragonit, anhidrit ve jips minerallerine doygundur.

Yarı Logaritmik Schoeller diyagramına göre sıcak ve mineralli sular ile kuyu suları farklı kökenlidir. ABD Tuzluluk diyagramına göre sular **C4S1, C2S1, C3S1** sınıfındadır.

Anahtar Kelimeler: Sıcak ve mineralli su, debi, jeotermal gradyan, traverten konisi, Akhüyük fayı, Konya.

ABSTRACT

Master of Science

(HYDRO)CHEMICAL PROPERTIES OF THERMAL
AND MINERAL WATERS OF AKHÜYÜK (EREĞLİ - KONYA) AND
EVALUATION OF FACTORS INDUCED TRAVERTINE DEPOSITING

İrem GÖKTAŞ

Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Güler GÖÇMEZ

January 2010, 97 pages

The study area, which covers about 100 square kilometers (km²) region, is located on the 9 km north side of Ereğli in Konya province. The basement unit of the area is composed from the Oligocene aged Tapir formation. Quaternary aged alluvion and travertine unconformably overlies the basement of investigation.

The thermal and mineral waters of Akhüyük rise to the surface along Akhüyük fault. Rainwater, percolating through the faults and fractures, reach the amplitude of the ground under the influence of gravity and this rainwater heat depending on the geothermal gradient and Quaternary aged Karapınar volcanism. Heated water ascending through the fault outcrop resulting from hydrostatic pressure, capillarity, difference of density between hot and cold water, gas dilatation in water,

etc... Temperature of thermal and mineral water springs are 21-28⁰C, and their flow range from 0.16 lt/sn to 0.45 lt/sn.

Thermal and mineral waters outcropping through Akhüyük fault expose CO₂ gas and deposit CaCO₃ because of decreasing the pressure. As a result of the same carbonate deposition composed of both direction along the fault, the travertine cone comprise of such that the cusp of it is in the direction KB-GD. The height of the travertine cone is 23 m, the length of it is 2375 m and the width of it is 300 m.

Aquifer of thermal and mineral waters compose of the limestones that belong to the Tapir formation.

Thermal and mineral waters saturated with calcite, dolomite, aragonite, anhydrite and gypsum mineral.

The origin of thermal and mineral waters and well waters are different with respect to Schoeller diagram. According to the ABD saltines diagram, waters belong to the C₄S₁, C₂S₁ and C₃S₁ class.

Key words: Thermal and mineral water, flow, geothermal gradient, travertine cone, Akhüyük fault, Konya.

ÖNSÖZ

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında büyük emeği geçen, çalışmamı başından sonuna kadar titizlikle inceleyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Güler GÖÇMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarında haritaların hazırlanması, yorumlanması, diyagramların hazırlanmasında bana yardımcı olan Arş. Grv. Ali BOZDAĞ'a, Arş. Grv. Ayla BOZDAĞ'a, ve Arş. Grv. Mehmet Yavuz HÜSEYİNCA'ya şükranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca maddi manevi her konuda benim yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen aileme, eşim Barış GÖKTAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
EKLER LİSTESİ	xii
1.GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Amacı ve Önemi.....	1
1.2. İnceleme alanı.....	2
1.3. Yerleşim ve Ulaşım.....	2
1.4. Orografi-Hidrografi.....	2
1.5. Sıcaklık ve Yağış.....	5
1.6. Buharlaşma ve Terleme.....	10
1.7. Önceki Çalışmaları.....	14
2. GENEL JEOLojİ	17
2.1. Stratigrafi.....	17
2.1.2. Tapır formasyonu (Tt).....	17
2.1.3. Alüvyon (Qal).....	20
2.1.4. Traverten (Qtr).....	24
3. YAPISAL JEOLojİ	29
3.1. Akhüyük Fayı.....	29
3.2. Sıcak Su, Çatlaklar ve Fay Arasındaki İlişkiler.....	31
4. EKONOMİ	32
5. JEOLojİK EVRİM	34
6. HİDROJEOLojİ	35
6.1.Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri.....	35
6.2.Akiferlerin Hidrojeoloji Özellikleri.....	37
6.2.1. Elek Analizi.....	37
6.2.2. Porozite.....	39
6.2.3. Permeabilite.....	39

6.3.Yeraltı Su Tablası.....	39
6.4. Kaynaklar ve Sondajlar	40
6.4.1. Kaynaklar	40
6.4.2. Sondajlar ve Keson kuyular	41
7. SU KİMYASI.....	43
7.1.İnceleme Alanındaki Suların Kökenleri ve Dağılımları.....	43
7.1.1. Katyonlar.....	46
7.1.2. Anyonlar.....	52
7.2.Suların Uluslar arası Hidrojeologlar Birliği (IAH)'ne göre Sınıflandırılması..	56
7.3.Suların Analiz Sonuçlarının Diyagramlarla Gösterilmesi ve Yorumu	57
7.3.1. Schoeller Diyagramı.....	57
7.3.2. Piper Diyagramı	60
7.3.3. Wilcox Diyagramı.....	65
7.3.4. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	65
7.4. Doygunluk İndislerinin Hesaplanması	69
8. TRAVERTENLER	71
8.1. Traverten Tanımı ve Çökelişi	71
8.2. Travertenlerin Oluşum Modeli.....	71
8.3. Traverten Oluşumuna Etki Eden Faktörler	73
8.3.1. Fiziksel Faktörler	74
8.3.2. Karbonatlı Akiferin Hidrolik Özellikleri	77
8.3.3. Toprak ve Bitki Örtüsü	78
8.3.4. Kimyasal Faktörler.....	79
8.3.5. Biyolojik Faktörler	82
8.4. Akhüyük Kaynak Alanındaki Traverten Çökelişinin İncelenmesi.....	83
8.4.1. Sırt Tipi Traverten.....	86
8.4.2. Mikro Teras Havuzları	87
8.4.3. Travertenlerin Mikro Özellikleri.....	89
8.5. Travertenlerin İşletilmesi ve Kullanım Alanları	90
8.6. Akhüyük Sıcak ve Mineralli Suların Sağlık Açısından Değerlendirilmesi	91
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
10. KAYNAKLAR	94

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yer bulduru haritası	3
Şekil 1.2. İnceleme alanı ve çevresinin Orohidrografi haritası.....	4
Şekil 1.3. Haziran 2009 yılı yağış haritası (Meteoroloji Genel Müdürlüğü).....	5
Şekil 1.4. İnceleme alanının 2008 yılı Eş yağış haritası	7
Şekil 1.5. İnceleme alanının 20 yıllık (1989-2008) Eş yağış haritası	7
Şekil 1.6. İnceleme alanının 20 yıllık (1989-2008) klinogramı.....	8
Şekil 1.7. İnceleme alanına ait yıllık yağış dağılım histogramı (1989-2008 yılları arası).....	9
Şekil 1.8. İnceleme alanına ait eklenik sapma grafiği (1989-2008 yılları arası). ...	9
Şekil 1.9. Yağış, buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (1989-2008 yılları arası)...	11
Şekil 1.10. Yağış, buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (2008-2009).....	13
Şekil 2.1. İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz).....	18
Şekil 2.2. Tapır formasyonuna ait kireçtaşlarının Arkaç Tepe'den görünümü (resim batıdan doğuya bakışı yansıtmaktadır).....	21
Şekil 2.3. Tapır formasyonuna ait jips ve anhidritlerin görünümü	21
Şekil 2.4. Tapır formasyonuna ait kireçtaşlarının mikroskobik görüntüsü (kalsit kristalleri gözlenmektedir).	22
Şekil 2.5. Tapır formasyonuna ait kireçtaşlarının mikroskobik görüntüsü.....	22
Şekil 2.6. Kükürt Tepe'den alüvyon (Qal) ve travertenlerin (Qtr) bir görünümü (resim güneyden kuzeye bakışı yansıtmaktadır)	23
Şekil 2.7. Kükürt Tepe'den alüvyon (Qal) ve travertenlerin (Qtr) bir görünümü (resim güneyden kuzeye bakışı yansıtmaktadır)	23
Şekil 2.8. Kükürt Tepe'deki fay hattı (resim doğudan batıya bakışı yansıtmaktadır).24	
Şekil 2.9. Kükürt Tepe'deki fay çatlağı.....	25
Şekil 2.10. Kükürt Tepe'de Fay hattı boyunca su ve CO ₂ gaz çıkışı.....	25

Şekil 2.11. Kükürt Tepe’de oluşan Traverten konisi	26
Şekil 2.12. Kükürt Tepe’de Traverten yapılarının görünümü (resim kuzeyden güneye bakışı yansıtmaktadır)	27
Şekil 2.13. Kükürt Tepe’de Traverten tabakalarının görünümü (resim kuzeyden güneye bakışı yansıtmaktadır).....	27
Şekil 2.14. Kükürt Tepe’deki böbreğimsi Traverten yapıları	28
Şekil 3.1. İnceleme alanının uydu fotoğrafı (Nasa world wind’den alınmıştır)	30
Şekil 3.2. Kükürt Tepe’deki Akhüyük fayının görüntüsü (resim KB’dan GD’ya bakışı yansıtmaktadır)	31
Şekil 4.1. Akhüyük Tepe batısında işletilen traverten bloklarının bir görünümü (resim batıdan doğuya bakışı yansıtmaktadır).	32
Şekil 4.2. Akhüyük Tepe batısında işletilen traverten bloklarından bir görünüm (resim güneybatıdan kuzeybatıya bakışı yansıtmaktadır).	33
Şekil 6.1. İnceleme alanındaki birimlerin hidrojeolojik özellikleri	36
Şekil 6.2. Alüvyondan alınan örneklere ait granülometri eğrileri	38
Şekil 7.1. İnceleme alanına ait suların eş kalsiyum (mg/l) haritası (ölçeksiz).....	47
Şekil 7.2. İnceleme alanına ait suların eş magnezyum (mg/l) haritası (ölçeksiz).....	48
Şekil 7.3. İnceleme alanına ait suların eş sodyum (mg/l) haritası (ölçeksiz).....	50
Şekil 7.4. İnceleme alanına ait suların eş potasyum (mg/l) haritası (ölçeksiz).....	51
Şekil 7.5. İnceleme alanına ait suların eş klor (mg/l) haritası (ölçeksiz).....	53
Şekil 7.6. İnceleme alanına ait suların eş sülfat (mg/l) haritası (ölçeksiz)	54
Şekil 7.7. İnceleme alanına ait suların eş bikarbonat (mg/l) haritası (ölçeksiz)	55
Şekil 7.8. İnceleme alanındaki suların 2009 yılına ait Schoeller diyagramı	59
Şekil 7.9. İnceleme alanındaki sondaj sularına ait Schoeller diyagramı	59
Şekil 7.10. İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı	61
Şekil 7.11. DSİ’den alınan suların Piper diyagramı	62

Şekil 7.12. Akhüyük kaynağında yağışlı (K2* ve K3*) ve kurak (K2 ve K3) dönemlerde alınan suların Piper diyagramı.....	62
Şekil 7.13. Akhüyük K2* kaynağından yağışlı dönemde alınan su örneği (Nisan, 2009)	63
Şekil 7.14. Akhüyük K3* kaynağından yağışlı dönemde alınan su örneği (Nisan, 2009)	63
Şekil 7.15. Akhüyük K2 kaynağından kurak dönemde alınan su örneği (Ağustos, 2009)	64
Şekil 7.16. Akhüyük K3 kaynağından kurak dönemde alınan su örneği (Ağustos, 2009)	64
Şekil 7.17. İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı	66
Şekil 7.18. İnceleme alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	67
Şekil 7.19. İnceleme alanındaki suların doygunluk indislerinin grafikte gösterimi ..	70
Şekil 8.1. Traverten oluşum modeli (Ford ve Williams, 1989'dan kısmen değiştirilerek alınmıştır)	72
Şekil 8.2. Traverten oluşumunda meydana gelen konsantrik halkalar	79
Şekil 8.3. Kükürt Tepe'deki eski traverten oluşumu (resim kuzeyden güneye bakışı yansıtmaktadır).....	84
Şekil 8.4. Kükürt Tepe'deki güncel traverten oluşumları (A, B).....	85
Şekil 8.5. Kükürt Tepe'deki sırt tipi traverten	87
Şekil 8.6. Kükürt Tepe'de oluşan Mikroteras havuzları (A, B).....	88
Şekil 8.7. Travertene ait ince kesit görüntüsü (çift nikolde, kavkı yapıları, bantlaşma ve kalsit kristalleri bulunmaktadır)	89
Şekil 8.8. Travertene ait ince kesit görüntüsü (tek nikolde alg kolonisi ile lifsi kalsit kristalleri bulunmaktadır).....	90

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış istasyonlarına ait yıllık yağış değerleri (mm).....	6
Tablo 1.2. İnceleme alanına ait 20 yıllık (1989-2008) ortalama sıcaklık (°C) ve ortalama yağış (mm) değerleri	8
Tablo 1.3. İnceleme alanının 1989-2008 yılları arası denestirmeli nem bilançosu (Thorntwaite'e göre 1948)	11
Tablo 1.4. İnceleme alanının 2008-2009 yılları arası denestirmeli nem bilançosu (Thorntwaite'e göre 1948)	12
Tablo 6.1. Alınan örneklere ait elek analiz sonuçları	38
Tablo 6.2. Kaynakların fizikokimyasal özellikleri	41
Tablo 6.3. DSİ tarafından açılan sondaj kuyularında geçilen birimler.....	41
Tablo 6.4. İnceleme alanındaki keson kuyu sularının özellikleri.....	42
Tablo 7.1. İnceleme alanından alınan su örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları (Ağustos, 2009).....	44
Tablo 7.2. İnceleme alanındaki sondaj sularının fizikokimyasal analiz sonuçları (DSİ'den alınmıştır)	45
Tablo 7.3. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal özellikleri(%meq/l)(Ağustos, 2009)	56
Tablo 7.4. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramının Yorumu.....	68
Tablo 7.5. İnceleme alanındaki suların doygunluk indeksleri.....	69

EKLER LİSTESİ

EK - 1. Akhüyük (Ereğli-Konya) Çevresinin Jeoloji Haritası ve Kesitleri

EK - 2. Akhüyük (Ereğli-Konya) Çevresinin Hidrojeoloji Haritası

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada Akhüyük (Ereğli-Konya) sıcak ve mineralli su kaynakları çevresinin jeoloji ve hidrojeoloji incelemesi, kaynak sularının kimyasal özellikleri ile kaynak alanındaki traverten çökeliminde etkili olan faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada inceleme alanına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritanın Karaman M32-d1 ve M32-d4 paftaları kullanılarak kaynak alanı ve çevresinin jeoloji-hidrojeoloji haritaları hazırlanarak litostratigrafik birimler tanımlanacaktır. Kaynakların tektonik ile olan ilişkileri, akifer formasyonun tipine bağlı yeraltı su dolaşım sistemlerinin özellikleri, kayaç-su arasındaki reaksiyonların ürünü olan iyon değişimleri ve su kimyası fasiyesleri belirlenerek suların kimyasal özellikleri ortaya konarak, elde edilen sonuçlar çeşitli diyagram ve bilgisayar programları yardımıyla yorumlanmıştır.

Ayrıca sıcak ve mineralli suların boşaldığı kaynak alanındaki travertenlerin tanımı, çökelimi ve oluşumuna etki eden faktörler (fiziksel ve kimyasal parametreler) araştırılmıştır.

Ülkemizde son yıllarda jeotermal enerji ile sıcak ve mineralli su kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalara önem verilerek bu konuda büyük proje ve yatırımlar yapılmıştır. Ereğli – Akhüyük kaynak alanı ve çevresi de bu konuda çalışma yapılmayan bakir alanlardan bir tanesidir. Şu anda kaynaklar boşa akmaktadır.

Yapılacak çalışma ile sıcak ve mineralli su kaynaklarının özellikleri ortaya konulacak, kaynaklardan daha yüksek sıcaklıkta ve debide su alınabilme imkanları belirlenip kaynakların jeotermal açıdan kullanımı araştırılacaktır.

Bu çalışma sonunda kaynakların değerlendirilmesi ve yapılacak yatırımlarla kullanıma sunulması ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

1.2. İnceleme Alanı

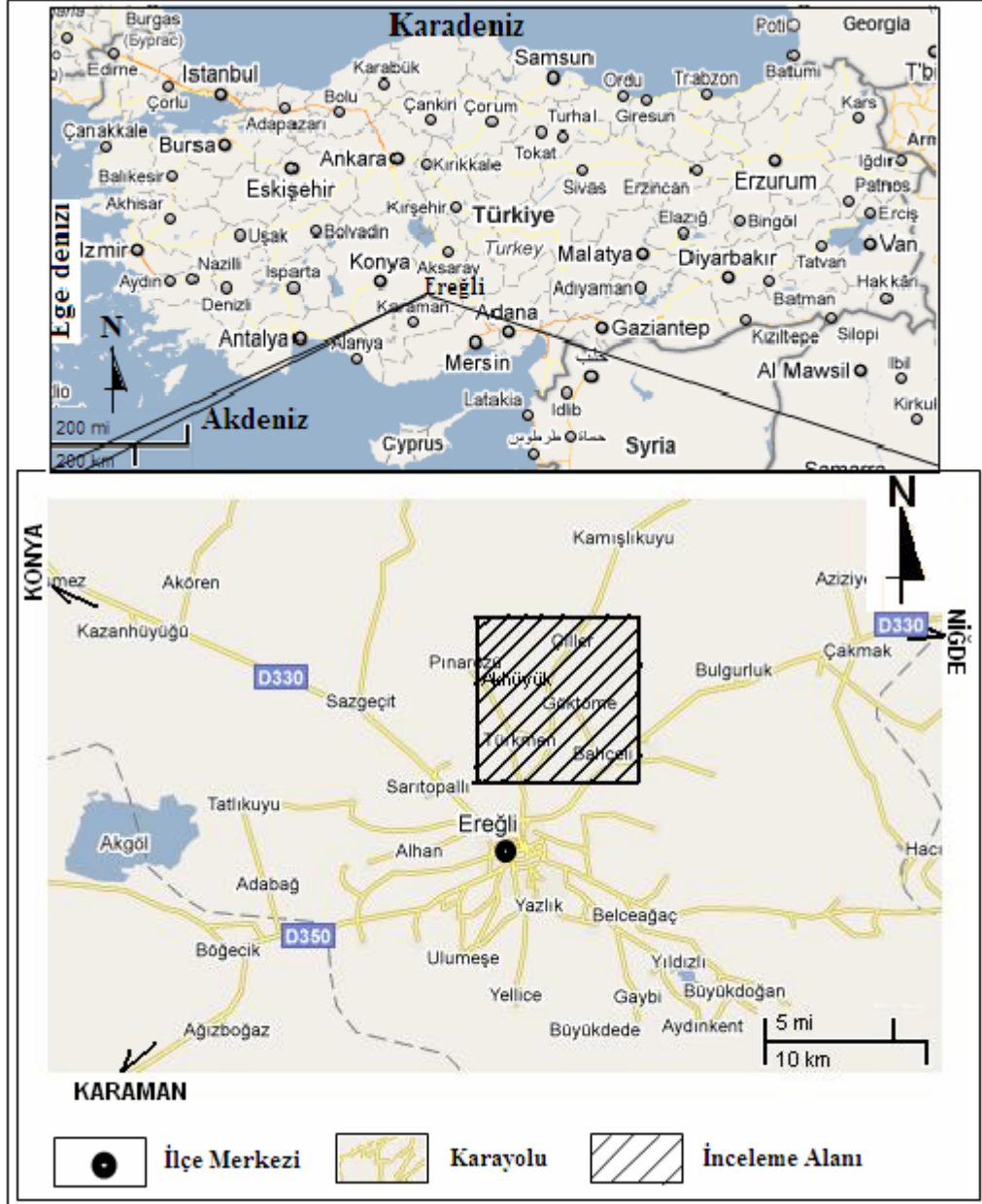
İnceleme alanı Konya ilinin 150 km güneydoğusundaki Ereğli ilçesine 9 km uzaklıkta ve ilçenin kuzeyindedir. 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritanın M 32 d1 ve M 32 d4 paftaları içerisinde yer almakta ve yaklaşık 100 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). Alanın güney batısında Akgöl bataklığı, Sarıtopallı köyü, kuzeyinde Kamışlıkuyu, doğusunda Bulgurluk köyleri, güneyinde ise Ereğli ilçesi bulunmaktadır.

1.3. Yerleşim ve Ulaşım

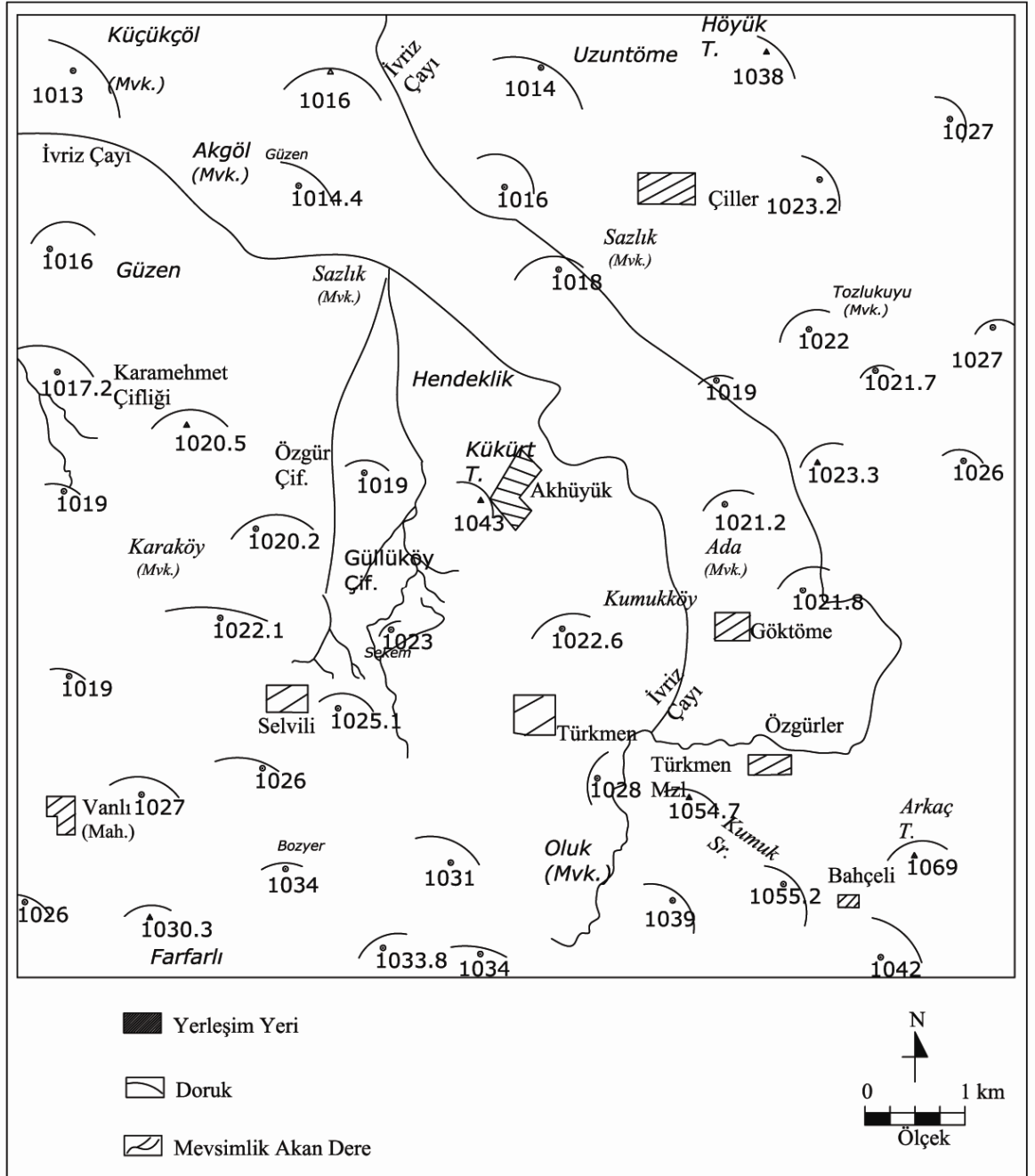
İnceleme alanı Konya ilinin güneydoğusunda 150 km uzaklıktaki Ereğli ilçesine 9 km uzaklıktadır. Alandaki yerleşim birimleri Çiller, Akhüyük, Selvili, Göktöme, Özgürler, Bahçeli ve Türkmen köyleri bulunmaktadır. Ulaşım Konya il merkezinden Ereğli ilçesine şehirler arası otobüsler ve demiryolu ile sağlanmaktadır. Ereğli ilçe merkezinden köy otobüsleri ile köylere ulaşım sağlanır. İnceleme alanı ve çevresine her mevsim kolaylıkla ulaşılabilir.

1.4. Orografi-Hidrografi

İnceleme alanı düz bir topoğrafyaya sahip olup doruk ve yağış alanlarını belirlemek amacıyla, 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita kullanılarak orohidrografi haritası hazırlanmıştır. İnceleme alanında yükseltiler 1017 m ile 1069 m arasında değişmektedir. Başlıca tepeler Kükürt tepe (1035 m), kuzeydoğuda Höyük Tepe (1038 m), güneydoğuda Arkaç Tepe (1069 m)'dir. Yükseltiler genellikle KD – GB ve KB – GD gidişlidir. Dereler mevsimlik olup kış aylarında yağmur ve kar sularını taşımakta, yaz aylarında ise akış gözlenmemektedir. Akarsu ağlarını İvriz çayının kolları oluşturmakta olup dereler kuzeybatıdan güneydoğuya doğru akmaktadır (Şekil 1.2).



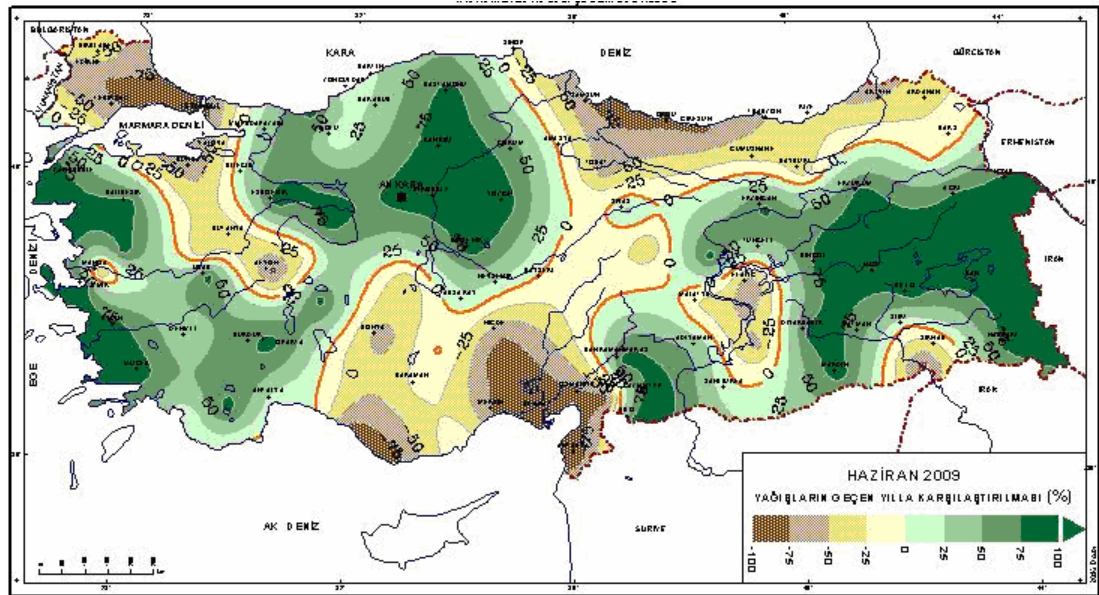
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Google.maps).



Şekil 1.2. İnceleme alanı ve çevresinin Orohidrografi haritası.

1.5. Sıcaklık ve Yağış

İnceleme alanı karasal iklim kuşağında yer alıp, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre inceleme alanının iklimsel konumu araştırılmıştır. İç Anadolu Bölgesi 2009 Haziran ayı yağış ortalaması 23,0 mm, normal 33,6 mm, 2008 Haziran ayı yağış ortalaması ise 17,7 mm'dir. Yağışlarda normale göre % 31,7 azalma, geçen yıl Haziran ayına göre ise % 30,1 artış gözlenmiştir. Akhüyük - Ereğli ve çevresi de en az yağış alan bölgeler arasındadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Yağış haritası (Haziran 2009 yılı - Meteoroloji Genel Müdürlüğü).

İnceleme alanının yağış rejimini belirlemek için Ereğli ilçesine ait Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 2008 yılı ile son 20 yıllık sıcaklık ve yağış değerleri kullanılmıştır.

İnceleme alanı ve çevresindeki yağış istasyonlarına ait 2008 yılı ve 1989-2008 yılları arası 20 yıllık yağış değerlerine göre, alanın eş yağış haritaları hazırlanmıştır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış istasyonlarına ait yıllık yağış değerleri (mm).

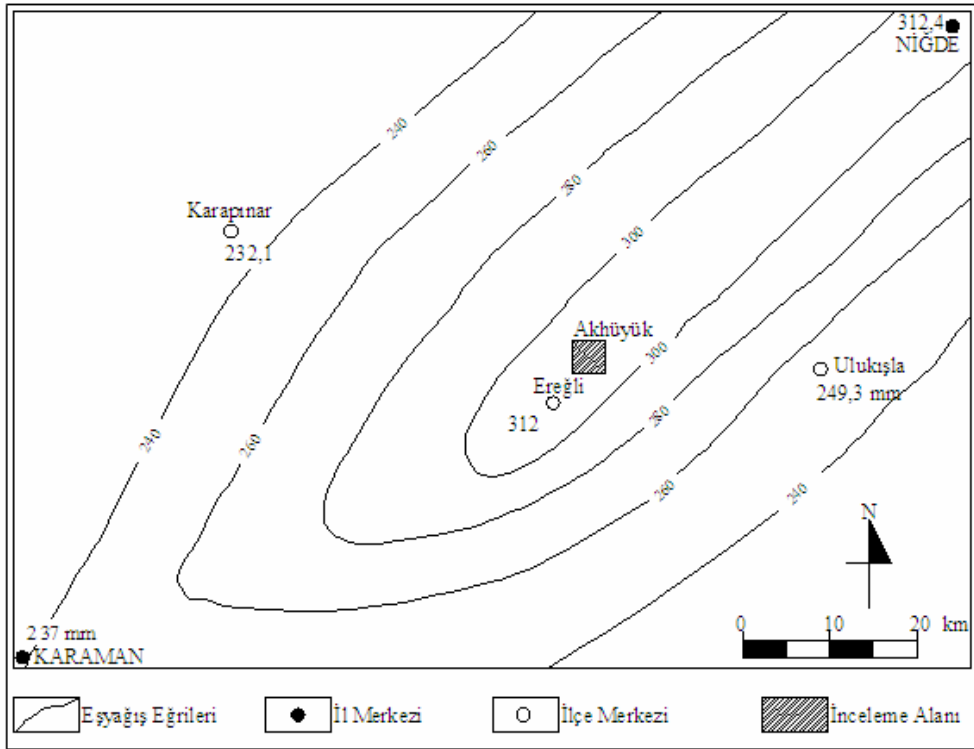
Yağış İstasyonları	Ereğli	Karapınar	Konya	Karaman	Ulukışla	Niğde
<i>2008 yılı</i>	312	232,1	293,9	237,9	249,3	312,4
<i>1989-2008 yılları</i>	280,9	264,7	288,9	304,1	309,2	318,8

2008 yılına ait eş yağış haritasına göre, yağış en fazla inceleme alanı ve çevresinde olup (Ereğli – Akhüyük) 312 mm, en az Karapınar’da 232,1 mm’dir (Şekil 1.4). İnceleme alanı dışına doğru yağış azalmaktadır. Son 20 yıla ait eş yağış haritasına göre yağış değeri en fazla Niğde’de 318,8 mm, en az Karapınar’da 264,7 mm’dir (Şekil 1.5). Son 20 yılda Ereğli-Akhüyük Karapınar’a göre daha fazla yağış almış, Niğde’ye göre daha az yağış almıştır.

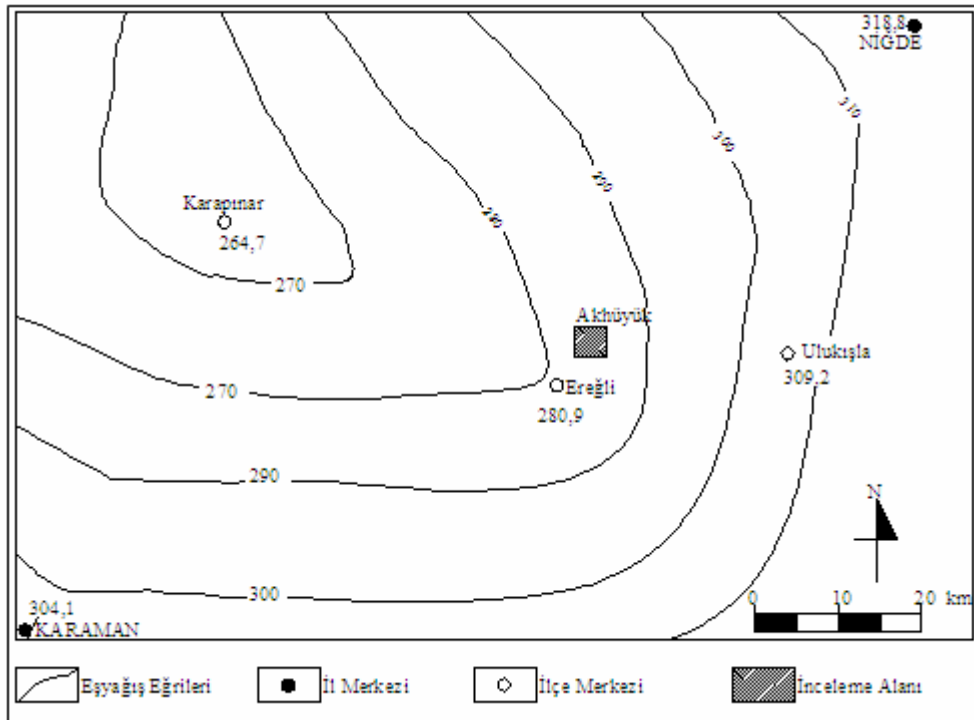
1989 - 2008 yılları arasında, son 20 yıllık ortalama sıcaklık en düşük Ocak ayında $-0,8^{\circ}\text{C}$, en yüksek aylık ortalama sıcaklık Temmuz ayında $24,3^{\circ}\text{C}$ ’dir. 2008 yılında en düşük aylık ortalama sıcaklık Aralık ayında $0,4^{\circ}\text{C}$, en yüksek aylık ortalama sıcaklık Ağustos ayında $25,4^{\circ}\text{C}$ ’dir. 2009 yılında en düşük aylık ortalama sıcaklık Ocak ayında $2,5^{\circ}\text{C}$ ’dir.

1989 – 2008 yılları arasındaki yağışlı ve kurak devreleri belirlemek amacıyla sıcaklık ve yağış değerleri kullanılarak inceleme alanına ait klimogram hazırlanmıştır (Şekil 1.6, Tablo 1.2). Buna göre Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ayları kurak ayları, Şubat, Mart, Nisan, Aralık ve Kasım ayları kurak ve yağışlı aylar arasındaki geçiş aylarını, Ocak ayı ise yağışlı ay olarak belirlenmiştir.

Konya Meteoroloji Müdürlüğü’nden alınan son 20 yıla ait yıllık yağış verilerine göre bölgenin ortalama yıllık yağış dağılım histogramı (Şekil 1.7) ile eklenik sapma grafiği (Şekil 1.8) çizilmiştir. Eklenik yağış eğrisine göre 1989-2003 yılları arası kurak dönem, 2003-2004 yağışlı dönem, 2004-2008 yılları arası kurak dönemi göstermektedir.



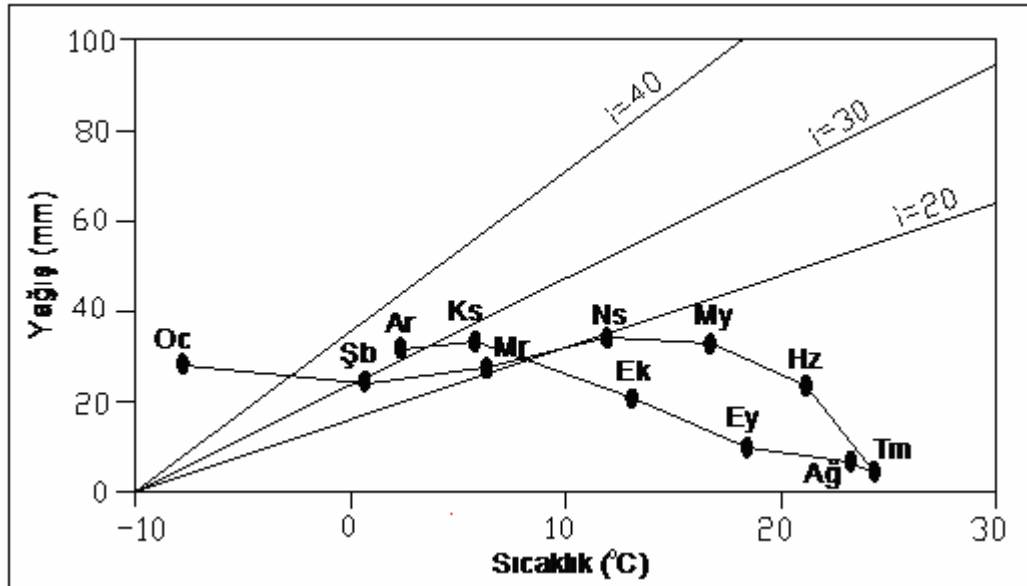
Şekil 1.4. İnceleme alanının 2008 yılı Eş Yağış Haritası.



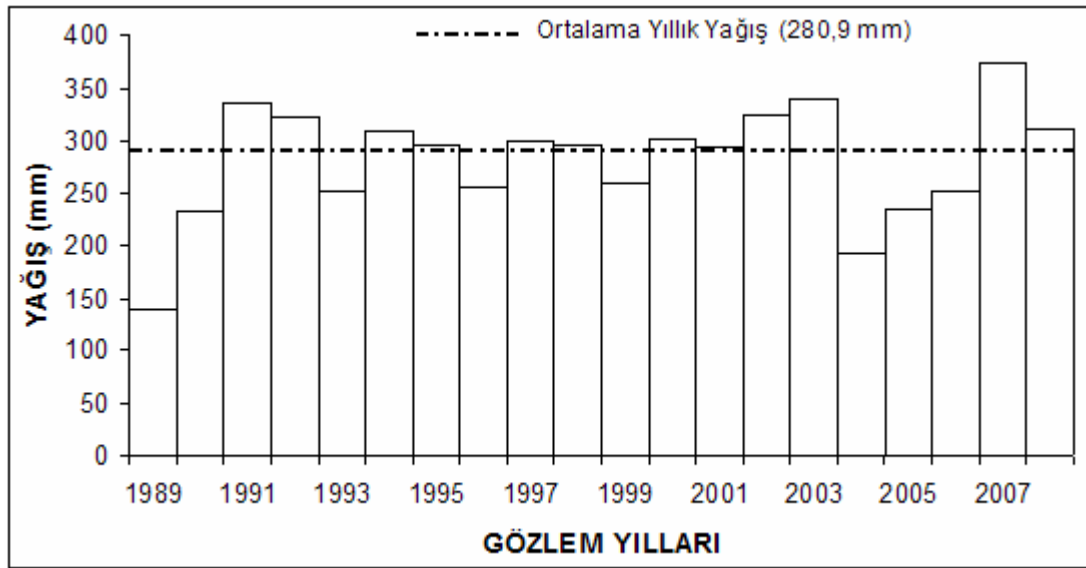
Şekil 1.5. İnceleme alanının 20 yıllık (1989-2008) Eş Yağış Haritası.

Tablo 1.2. İnceleme alanına ait 20 yıllık (1989 - 2008) ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve ortalama yağış (mm) değerleri.

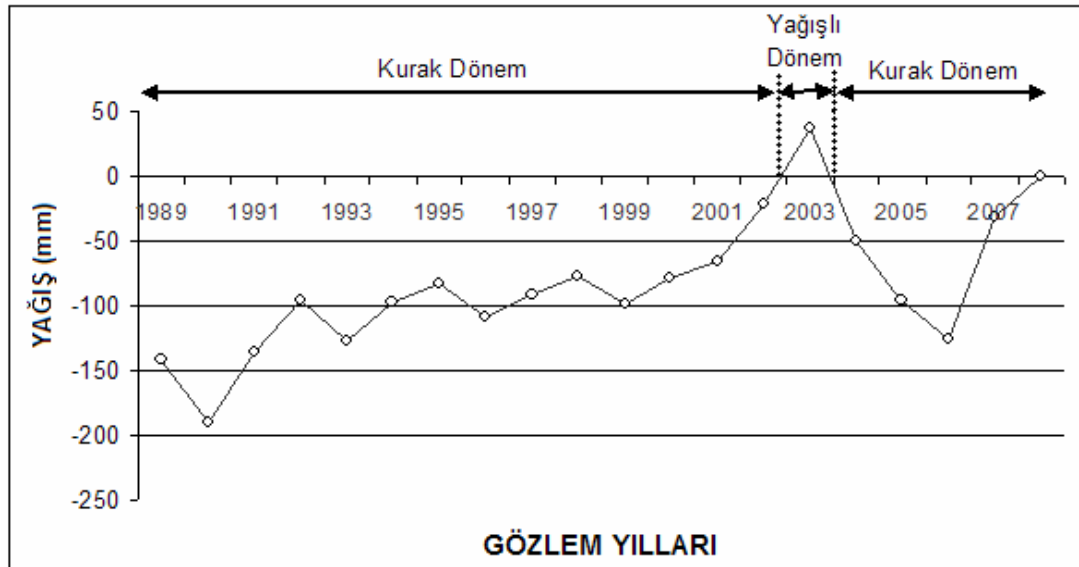
AYLAR	Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Ortalama Yağış (mm)
Ocak	-0,8	29,1
Şubat	0,7	24,4
Mart	6,6	26,7
Nisan	12,0	35,1
Mayıs	16,6	34,2
Haziran	21,0	22,3
Temmuz	24,3	6,9
Ağustos	23,8	6,4
Eylül	18,8	9,6
Ekim	13,2	20,5
Kasım	6,6	30,4
Aralık	2,0	34,8



Şekil 1.6. İnceleme alanının klimogramı [20 yıllık (1989-2008)].



Şekil 1.7. İnceleme alanına ait yıllık yağış dağılım histogramı (1989-2008 yılları arası).



Şekil 1.8. İnceleme alanına ait eklenik sapma grafiği (1989-2008 yılları arası).

1.6. Buharlaşma ve Terleme

Meteoroloji Genel M¼d¼rl¼ğ¼nden inceleme alanına ait alınan sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak; 1989 - 2008 yılları arası 20 yıllık ortalama yıllık yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak Thorntwaite (1948) yöntemine göre yağış, buharlaşma-terlemenin deneştirmeli nem bilançosu hazırlanmıştır (Tablo 1.3, Şekil 1.9).

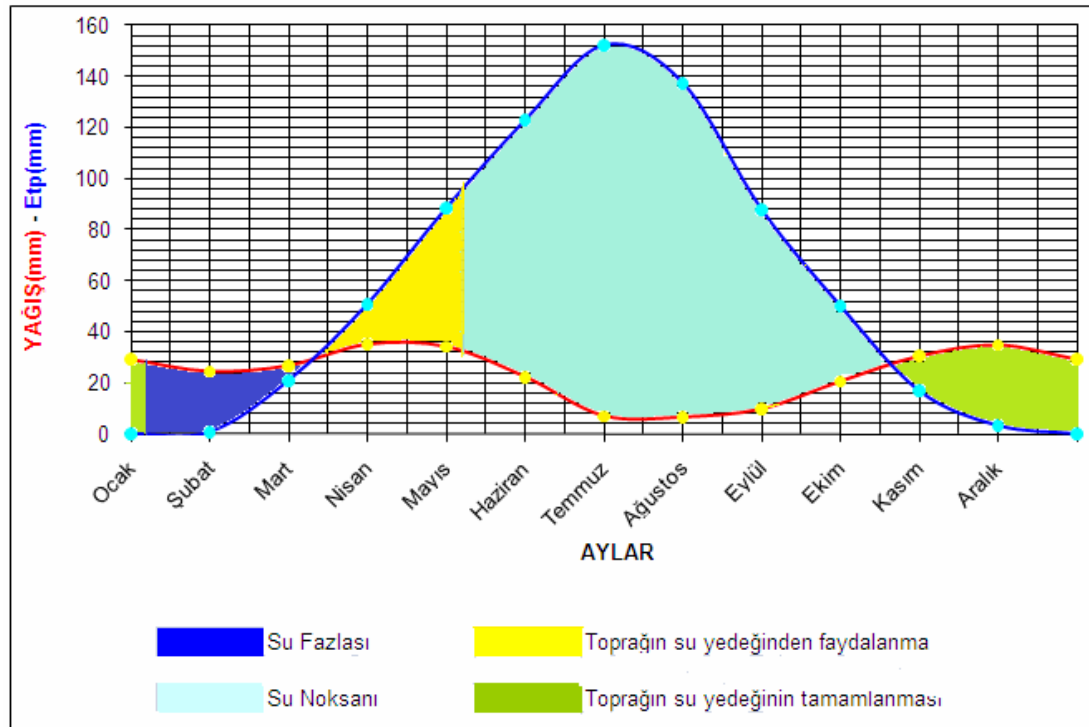
Değişim grafiğine göre; Ocak ayından Mart ayına kadar yağış, buharlaşma-terlemeden fazla olup su fazlası g¼r¼lmektedir. Nisan ve mayıs aylarında yağış, buharlaşma-terlemeden az olup, toprağın su ihtiyacı faydalı su yedeğinden giderilmektedir. Haziran ayının başından Ekim ayının sonuna kadar yağış, buharlaşma-terlemeden az olduğu g¼r¼lmektedir. Buna göre faydalı su yedeği 0 olduğundan, yağış ve geręek buharlaşma-terleme birbirine eşit olmakta ve su eksiği g¼r¼lmemektedir. Kasım ayından Ocak ayının başına kadar yağış, buharlaşma-terlemeden fazla olup, toprağın faydalı su yedeği tamamlanıp Ocak ayında su fazlası g¼r¼lmektedir.

2008-2009 yılları yağış ve sıcaklık değerlerine göre hazırlanan değişim grafiğine göre (Tablo 1.4, Şekil 1.10); 2008 yılının Ocak ayından Şubat ayının sonuna kadar yağış, buharlaşma-terlemeden fazla olup su fazlası g¼r¼lmektedir. Mart, Nisan ve Mayıs aylarında yağış, buharlaşma-terlemeden az olup, toprağın su ihtiyacı faydalı su yedeğinden giderilmektedir. Haziran ayının başından Ekim ayının başına kadar yağış, buharlaşma-terlemeden az olduğu g¼r¼lmektedir. Buna göre toprağın su ihtiyacı sıfır olduğundan, yağış ve geręek buharlaşma-terleme birbirine eşit olmakta ve su eksiği g¼r¼lmemektedir. Ekim ayından Ocak ayının başına kadar yağış, buharlaşma-terlemeden fazla olup, toprağın faydalı su yedeği tamamlanıp Ocak ayında su fazlası g¼r¼lmektedir.

2009 yılında ise, Ocak ayından Nisan ayına kadar yağış, buharlaşma-terlemeden fazla olup su fazlası g¼r¼lmektedir. Nisan ve Mayıs aylarında yağış, buharlaşma-terlemeden az olup, toprağın su ihtiyacı faydalı su yedeğinden karşılanmaktadır.

Tablo 1.3. İnceleme alanının 1989-2008 yılları arası deneşirmeli nem bilançosu (Thorntwaite'e göre 1948).

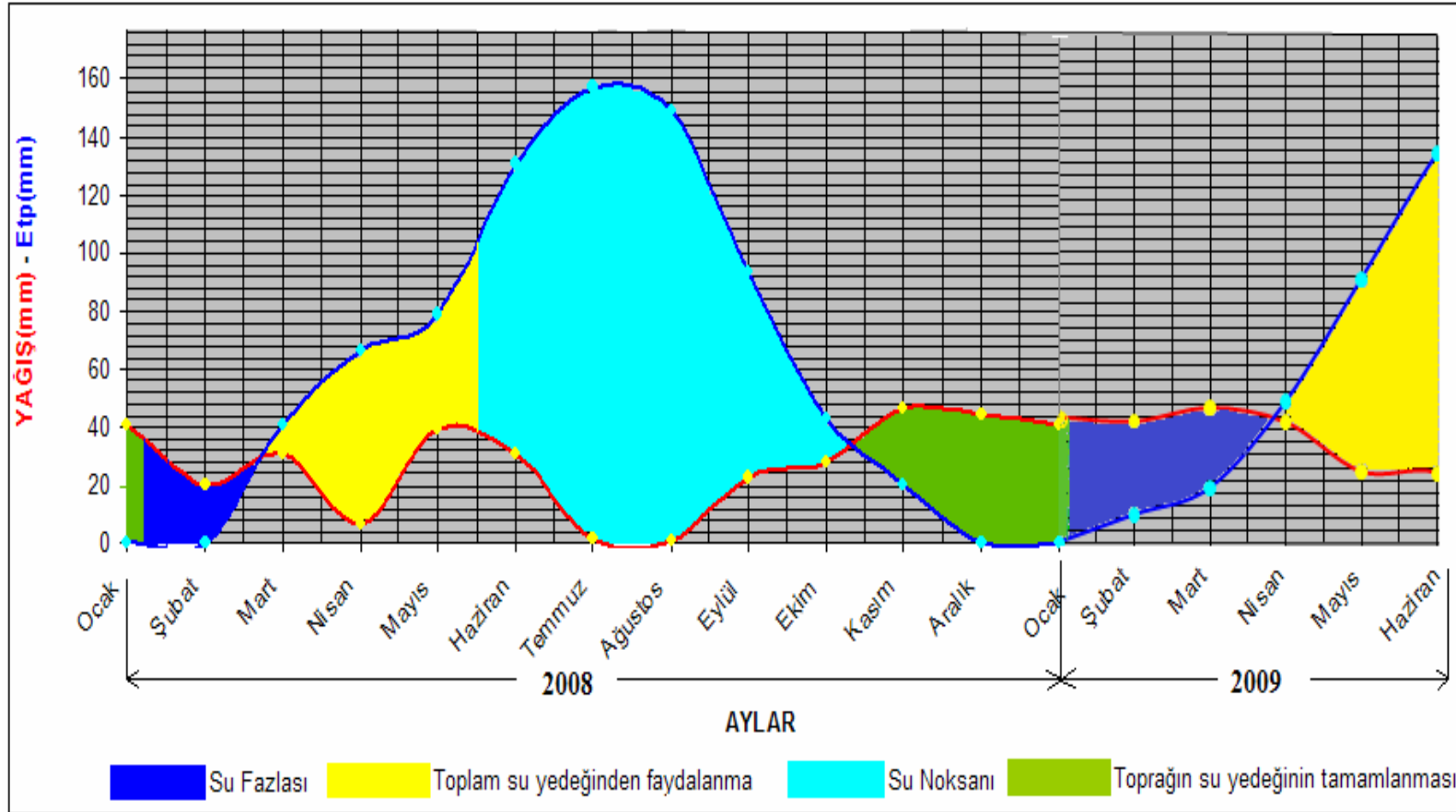
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ort (°C)	-0,8	0,7	6,6	12	16,6	21	24,3	23,8	18,8	13,2	6,6	2	
Sıcaklık indisi	0	0,05	1,52	3,76	6,15	8,78	10,95	10,61	7,43	4,35	1,52	0,25	55,39
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	0	0,96	20,31	45,85	71,32	98,23	119,82	116,48	84,49	52,20	20,31	4,00	
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	0,79	20,92	50,89	88,43	122,78	152,17	137,44	87,87	50,11	16,86	3,24	732
Yağış-mm	29,1	24,4	26,7	35,1	34,2	22,3	6,9	6,4	9,6	20,5	30,4	34,8	280,4
Faydalı su yedeği-mm	100	100	100	84,21	29,977	0	0	0	0	0	13,54	45,102	
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	0	0,79	20,92	50,89	88,43	52,28	6,90	6,40	9,60	20,50	16,86	3,24	277
Su fazlası-mm	29,10	23,61	5,78	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	58,48
Su noksanı-mm	0	0	0	0	0	70,505	145,27	131,04	78,266	29,612	0	0	454,70



Şekil 1.9. Yağış, buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (1989-2008 yılları arası).

Tablo 1.4. İnceleme alanının 2008 - 2009 yılları arası deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwaite'e göre 1948).

AYLAR	2008												2009				
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
Aylık sıcaklık ortalaması (°C)	-3,7	-3,5	11,5	15,3	15,9	22,3	25	25,4	20,2	12,6	8,4	0,4	2,5	4,2	5,8	10,9	15,9
Sıcaklık indisi	0	0,00	3,53	5,44	5,76	9,62	11,44	11,71	8,28	4,05	2,19	0,02	0	0,77	1,25	3,25	5,76
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	0	0,00	39,56	60,14	63,63	104,52	123,60	126,51	90,40	45,23	24,95	0,29	5	11,01	17,08	40,28	67,31
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	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24
Düzeltilmiş Etp-mm	0	0,00	40,75	66,76	78,90	130,65	156,97	149,28	94,02	43,43	20,71	0,23	5	9,14	17,59	44,71	83,46
Yağış-mm	40,8	20,3	31	6,4	39,3	30,6	1,4	0,8	22,5	27,5	46,8	44,6	52,8	38,6	42,9	38,4	22,7
Faydalı su yedeği-mm	100	100	90,252	29,895	0	0	0	0	0	0	26,09	70,456	70,46	100	100	93,691	32,927
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	0	0,00	40,75	66,76	69,19	30,60	1,40	0,80	22,50	27,50	20,71	0,23	5	9,14	17,59	44,71	83,46
Su fazlası-mm	40,80	20,30	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	48,23	29,46	25,31	0,00	0
Su noksanı-mm	0	0	0	0	9,7097	100,05	155,57	148,48	71,519	15,925	0	0	0	0	0	0	0



Şekil 1.10. Yağış, buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (2008-2009).

1.7. Önceki Çalışmalar

Schaffer (1903), Bolkar Dağları'nı da içine alan Toros kuşağının jeolojisini incelemiştir. Bu araştırmacı Bolkar Dağları'nın genel yapısının bir antiklinal olduğunu ve bunların ayrı bir tektonik birlik olarak düşünülmesi gerektiğini kabul etmiştir. Schaffer'e göre bu birlik Alpin Orojenezi'nin ilk kıvrımlanma fazında gelişmiştir.

Chaput (1936)'da yaptığı çalışmasında Oligosen yaşlı jipslerin Türkmen köyü ile İvriz çayı boyunca yüzeylediklerini ve jipslerin yer altı suları tarafından eritilmesi sonucu yer altı sularının sülfatça zenginleşmesine neden olduklarını belirtmiştir.

Louis (1938), Akhüyük Lityum kaynağının kısmen bataklık halindeki Akgöl altında bulunan Ereğli – Bor geniş alüvyon ovası içinde olduğunu ve bu gölün buz devrindeki Konya gölünün bir kalıntısı olduğunu belirtmiştir.

Blumenthal (1956), Bolkar Dağları'nın ayrıntılı bir incelemesini yapmıştır. Bolkar Dağları'nın ve kuzeyindeki Tersiyer Havzasının Stratigrafisini ortaya koymaya çalışmıştır. Bolkar mermerlerinin Pre-Karbonifer yaşlı olduğunu ve bunları ofiyolitlerin kestiğini kabul etmiştir.

Rondot (1956), Konya Ereğlisi civarında volkanizmanın göl kraterleri oluşumundan sonra meydana geldiğini ve volkanizmanın KD-GB yönlü derin bir çatlak olduğunu, önce volkanizmanın bazaltik, daha sonra da gittikçe asitleşerek andezitik olduğunu ve bunun da üzerine andezitik bazaltik bileşimli bir üst akıntının geldiğini belirtmiştir. Bu ürünlerin derin çatlağı kapaması sonucunda Kuvaterner'de cüruf konileri ve maar oluşumuna neden olan volkanizma ile faaliyetin son bulduğunu belirtmiştir.

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.

Demirtaşlı ve ark. (1973, 1983), Bolkar Dağları yöresinde yapmış oldukları çalışmalarında, iki farklı çökel havzasının varlığını ortaya koymuşlardır. Bolkar

sıradağları ile ayrılan çökel havzalarından birincisi kuzeyde Ereğli-Ulukışla havzası, ikincisi güneydeki Ayrancı Havzasıdır. Bunlardan Bolkar grubunun yeniden kristalleşmiş hafif metamorfik, fillit ara tabakalı karbonatları ile diğer oluşuklardan ibaret Bolkardağı birliğidir. İkincisi ise Bolkardağı birliği üzerine mekanik bir dokanakla gelen ofiyolitik bir kuşak olduğunu savunmuşlardır.

Özgül (1976), Toros kuşağını içine alan bölgede yapmış olduğu çalışmada, Toroslar'ın tamamının Kambriyen – Tersiyer zaman aralığında çökelmiş kaya birimlerinden oluştuğunu ve bu kuşakta birbirinden değişik havza şartlarını yansıtan birliklerin yeraldığını belirtmiştir. Bu birliklerin sırasıyla: Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olduğunu belirtmiştir.

Biricik (1978), Ereğli-Akhüyük Köyü travertenleri ve burada yer alan kükürtlü su çıkışları üzerinde yapmış olduğu çalışmada, yöredeki traverten sırtlarının muhtemelen derinlik fayına bağlı olarak yüzeye çıkan ve bünyesinde yüksek miktarda lityum, stronsiyum ve karbondioksit gazı içeren hidrotermal sulardan kaynaklandığını ifade etmiştir.

Çalapkulu (1980), Bolkardağları ve yakın civarında yapmış olduğu çalışmasında bölgenin jeolojik konumu ve Bolkardağları cevherleşmeleri hakkında detaylı açıklamalar yapmıştır. Horoz Granodiyoriti'ni de inceleyen araştırmacı, bu granodiyoritin bölgede doğu - batı uzanımlı olduğunu ve Bolkardağı antiklinalinin çekirdeğine Paleosen döneminde yerleştiğini ifade etmiştir.

Şişman ve Şenocak (1981), Bolkardağları'nda bulunan kurşun-çinko yataklarının detaylı incelemesini yapmıştır. Çalışmasında kurşun, çinko, altın, gümüş, bakır ve daha az oranda demir minerali parajenezlerinin yeraldığı bölgede çevherleşmelerin Permo-Triyas yaşlı mermerler ile Alt Paleosen-Alt Eosen yaşlı volkanitler içerisinde yeraldığını belirtmiştir.

Oktay (1982) bölgeyi Tuz Gölü havzasının güney bölümü olarak kabul etmiş ve Üst Kretase'de okyanusal çukurluk özelliğindeki bölgeye ofiyolitik karmaşığın yerleştiğini ifade etmiştir. Tersiyer başlarında ise bölge içinde volkanik ada yayının geliştiğini ve bu evreden sonra okyanusun kuzeyden güneye ilerleyen kıta – adayı

- kıta çarpışması ile de kapandığını belirtmiştir. İnceleme alanındaki geniş yayımlı jips ve anhidritleri de detaylı haritalamıştır. Ayrıca bunları Zeyvedeği anhidritleri adı altında incelemiş, yaşlarının Oligosen olduğunu belirtmiştir.

Söğüt (1992), Ereğli (Konya) ilçesi ve güneyinin jeolojisi ile merkezinde yer alan sıkışmamış tortuların jeotektonik parametrelerinin tespitine çalışmıştır. Araştırmasında Üst Permiyen'den Kuvaterner'e kadar birimler ayırtlanmıştır.

Murat (1998) Ereğli (Konya) – Ulukışla (Niğde) yöresi sölestin oluşumları jeolojik, petrografik ve jenetik incelemesini yapmıştır. Araştırmasında sölestinli kireçtaşlarının Kayalidere sahasında % 23.10 SrSO₄, Bollucadere sahasında % 36.39 SrSO₄ ve Çatköy sahasında % 30.62 SrSO₄ içerdiğini belirtmiştir.

Kayırmazbatır (2000), İvriz (Ereğli) kaynağının jeoloji ve hidrojeoloji çalışmasını yapmıştır. İvriz kaynağından alınan numunelerin kimyasal analizleri sonucunda ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre suların C₁S₁ ve C₂S₁ sınıfında olduğunu, kaynak sularının içilebilir özellikte, çok iyi kalitede sular olduğunu belirtmiş ve İvriz kaynağı çevresinde üç koruma alanı önererek alınacak tedbirleri belirtmiştir.

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 mineralizasyonlarını 5207-35449 arasında değiştiğini, AIH sınıflamasına göre Ereğli'deki kaynakların 'iyodürlü, florürlü, sodyumlu, klorürlü sıcak ve mineralli su sınıfında olduğunu belirtmişlerdir.

2. GENEL JEOLJİ

2.1. Stratigrafi

İnceleme alanının kuzeyinde metamorfik sedimanter kayalar ile granitoidlerden oluşan Niğde masifi, doğusunda Ecemiş Fay zone, güneyinde ise Bolkadağ Birliği'ne ait sedimanter kayaçlarla sınırlanmış Ereğli-Ulukışla Tersiyer havzasında bulunup, Tersiyer ve Kuvaterner yaşı oluşuklar bu havza tabanını doldurmuştur. Tersiyer oluşuklar arasında marn, jips, kireçtaşı ve killer bulunmaktadır.

Litostratigrafik özelliklerine göre inceleme alanındaki birimler yaşıdan gence doğru Oligosen yaşı Tapır formasyonu (Tt) ve Kuvaterner yaşı çakıl, kum, kilden oluşan Alüvyon (Qal) ile Traverten (Qtr) olarak sıralanmaktadır (EK-1, Şekil 2.1).

2.1.1. Tapır Formasyonu (Tt)

Formasyon inceleme alanının G-GD'sunda yer alan Özgürler Köyü'nün güneybatısındaki Arkaç tepe ve çevresinde yüzeylemektedir. İlk olarak Blumenthall (1956) tarafından "Oligosen jipsli seri" olarak adlandırılmış. Daha sonra Murat (1998) tarafından Tapır formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da bu aynı adlandırma benimsenmiştir.

Tapır formasyonu altta dolomitik kireçtaşı ile başlar, bunun üzerine orta-kalın tabakalı mavimsi beyaz renkli ince kristalli anhidritler ve jipsler gelmektedir. Formasyona ait jipsler arasında ve bu kayaçlarla yanal-düşey geçişli sölestin içeren kireçtaşı mercekleri bulunmaktadır (Demiray, 1995). Tapır formasyonunun alt seviyelerindeki kireçtaşı mercekleri tabakalı haldedir. Üst seviyelerde bulunan mercekler ise düzensiz şekilli ve birbirinden bağımsızdır. Daha da üstte ince tabakalı kırmızı-kahve renkli çamurtaşı, beyaz, açık gri renkli killi kireçtaşları, gri renkli orta tabakalı dolomitik kireçtaşları ve açık gri renkli sölestinli kireçtaşı mercekleri gözlenmektedir (Şekil2.2).

ÜST SİSTEM		SENZOZOYİK		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGE		
TERSİYER	OLİGOSEN	Tapır Formasyonu	Alüvyon	Qal	Beyaz, gri, kahvemsi renkli, İri,yuvarlak kireçtaşı çakılları, sarımsı gri renkli kum ve killi malzeme
			Traverten	Qtr	Açık gri, beyaz, sarımsı renkli, kamyş ve bitki arakatlı $CaCO_3$ 'lı çökeller
					uyumsuzluk
				Tt	Beyaz, gri renkli kireçtaşları aralarında kil arakatlı yer yer şeffaf, beyaz renkli masif jips ve anhidrit ile Sölestinli kireçtaşı mercikleri

Şekil 2.1. İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz).

Bu bölgedeki jipsler geniş alanlarda yüzeylemekte ve daha çok anhidritlerin üzerinde beyaz renkli masif ve düzensiz şekilli kütleler halinde ortaya çıkmaktadır. Jipslerin kalın olduğu kesimlerde kırılma ve çözünmelere bağlı olarak büyük çöküntü alanları gelişmiştir (Şekil 2.3). Jipsli seviyelerin alt kısımları ince kristalli albatrlarla temsil edilirken, üst kısımları genellikle ikincil lifsi jipslerden (satinspar) oluşmaktadır (Murat, 1998).

Jips ve anhidritlerin tabaka kalınlıklarının çok sık değişmesi ve mostra şekillerinin düzensiz olması, bu birimlerin deformasyona karşı dirençlerinin az olduğunun bir göstergesidir.

Murat (1998) yaptığı çalışmasında, Tapır formasyonuna ait birimlerin Ereğli - Ulukışla havzasının Üst Eosen sonundaki regresyon sonucu oluşan sığ deniz - lagün ortamında çökelmiş olduğunu, Oligosen döneminde etkin olan aşırı buharlaşma önce jips çökelişini sağladığını ve daha sonraki dönemlerde gömülmeye bağlı olarak suyunu kaybeden jipslerin anhidrite dönüştüğünü belirtmiştir. Ayrıca anhidrit – jips dönüşümlerinin bölgedeki meteorik suyun etkisi ile halen devam ettiğini belirtmektedir.

Mikroskobik incelemelerde kil oranının çok yüksek olduğu, kalsit kristallerinin mikritik dokulu ve yarı öz şekilli olduğu ve kireçtaşlarının yüksek poroziteli, iri kalsit kristallerinden oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 2.4, 2.5).

Tapır formasyonunun ölçülebilir kalınlığı 70 m olup, Murat (1998)'e göre formasyonun kalınlığı ise 150 m'dir.

Oktay (1982), bölgede anhidrit ve jipslerin stratigrafik konumlarını göz önüne alarak formasyonun yaşını Oligosen olarak belirtmiştir. Bu çalışmada da aynı yaş benimsenmiştir. İnceleme alanında Tapır formasyonu üstte alüvyonlarla örtülüdür.

2.1.2. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanının kuzeyinde Çiller köyü, Tozlukuyu ve Akgöl mevki, doğusunda Kumukköy, Göktöme mevki, güneydoğuda Türkmen ve Özgürler köyü, güneybatısında Selvili köyü ile Vanlı Mahallesi ve çevrelerinde geniş alanlarda Kuvaterner yaşlı alüvyonlar (Qal) yüzeylemektedir. Kükürt tepedeki traverten etrafında da alüvyonlar geniş yayılım göstermektedir.

Alüvyon çökelleri inceleme alanında oldukça geniş bir alan kapsamaktadır. Alüvyon çakıl, kum, kil ve siltlerden oluşmaktadır. Bu malzemeler Tapır formasyonuna ait kireçtaşı kırıntıları ile traverten yapıları etrafından sürüklenerek gelen traverten kırıntılarından oluşmaktadır. Ereğli ovası içerisinde kalınlığı birkaç metreden yaklaşık 150-200 metreye varan bir örtü teşkil etmektedir.

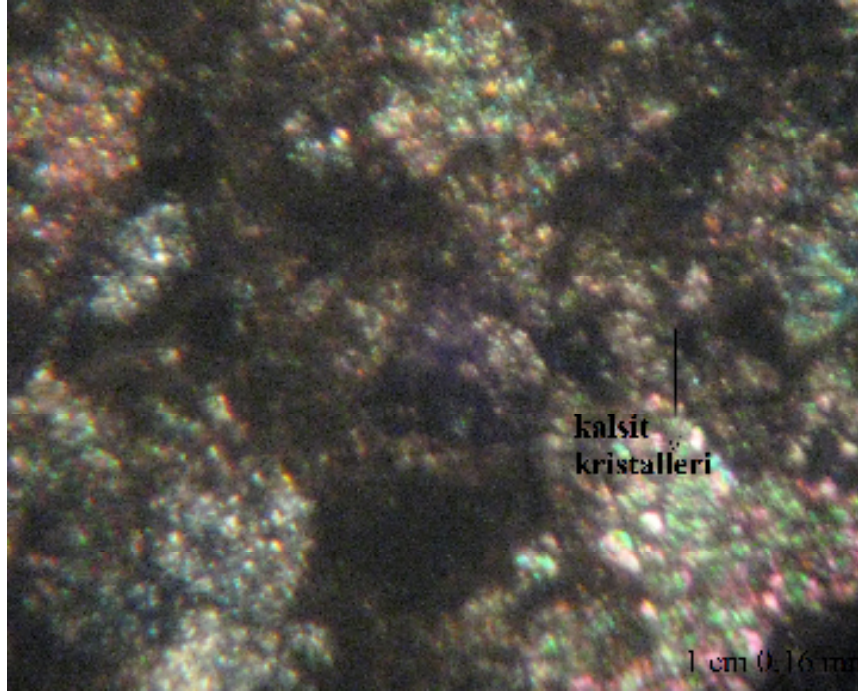
Alüvyonlar kuzeye doğru Ereğli ilçe merkezinde ve çevresinde bir alüvyon konisi oluşturmuştur. İvriz çayının aşındırarak yığıldığı çakıllı ve kumlu alüvyon malzeme, KB-GD boyunca uzanan dere yataklarında gözlenmektedir (Şekil 2.6, Şekil 2.7).



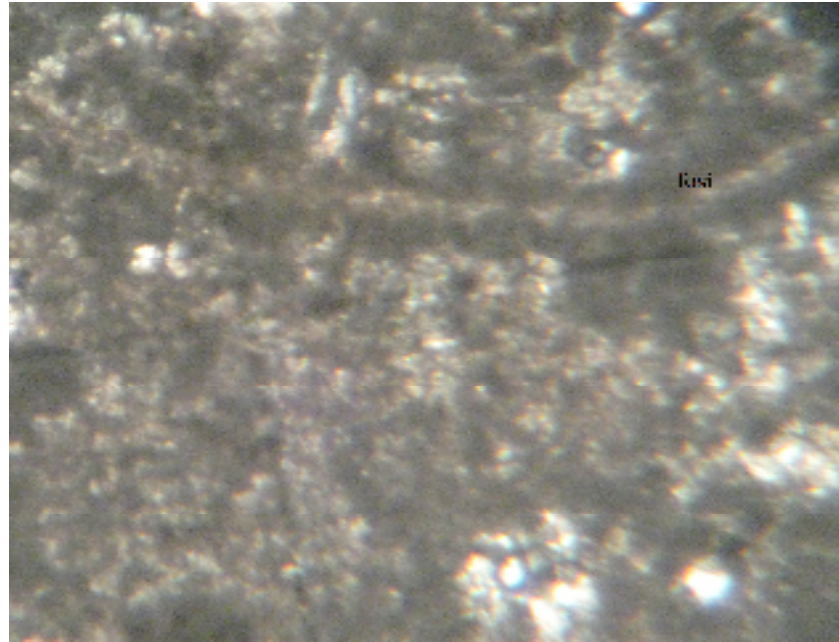
Şekil 2.2. Tapır formasyonuna ait kireçtaşlarının Arkaç Tepe'den görünümü (resim batıdan doğuya bakışı yansıtmaktadır).



Şekil 2.3. Tapır formasyonuna ait jips ve anhidritlerin görünümü.



Şekil 2.4. Tapır formasyonuna ait kireçtaşlarının mikroskobik görünümü (kalsit kristalleri gözlenmektedir).



Şekil 2.5. Tapır formasyonuna ait kireçtaşlarının mikroskobik görünümü.



Şekil 2.6. Kükürt Tepe'den alüvyon (Qal) ve travertenlerin (Qtr) görünümü (resim güneyden kuzeye bakışı yansıtmaktadır).

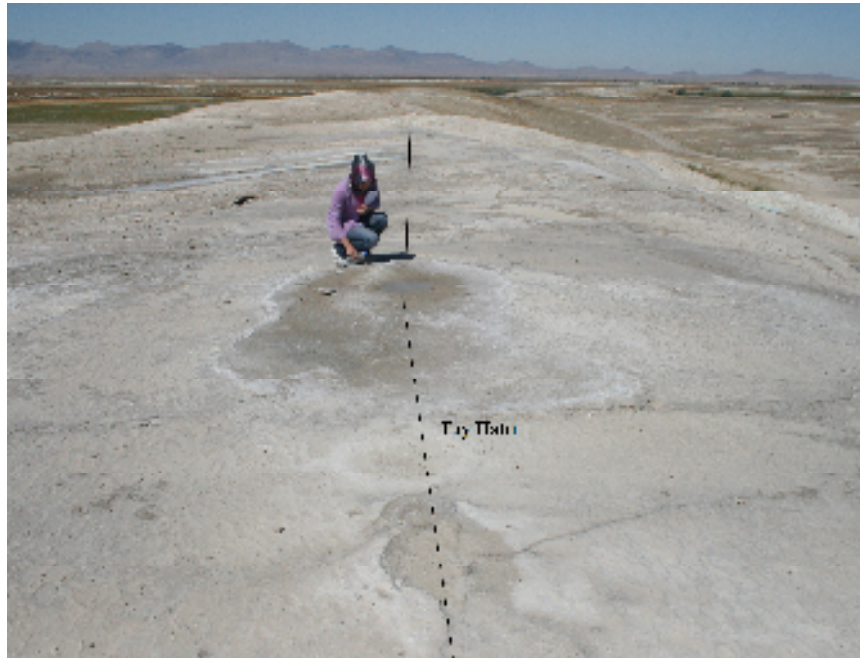


Şekil 2.7. Kükürt Tepe'den alüvyon (Qal) ve travertenlerin (Qtr) görünümü (resim güneyden kuzeye bakışı yansıtmaktadır).

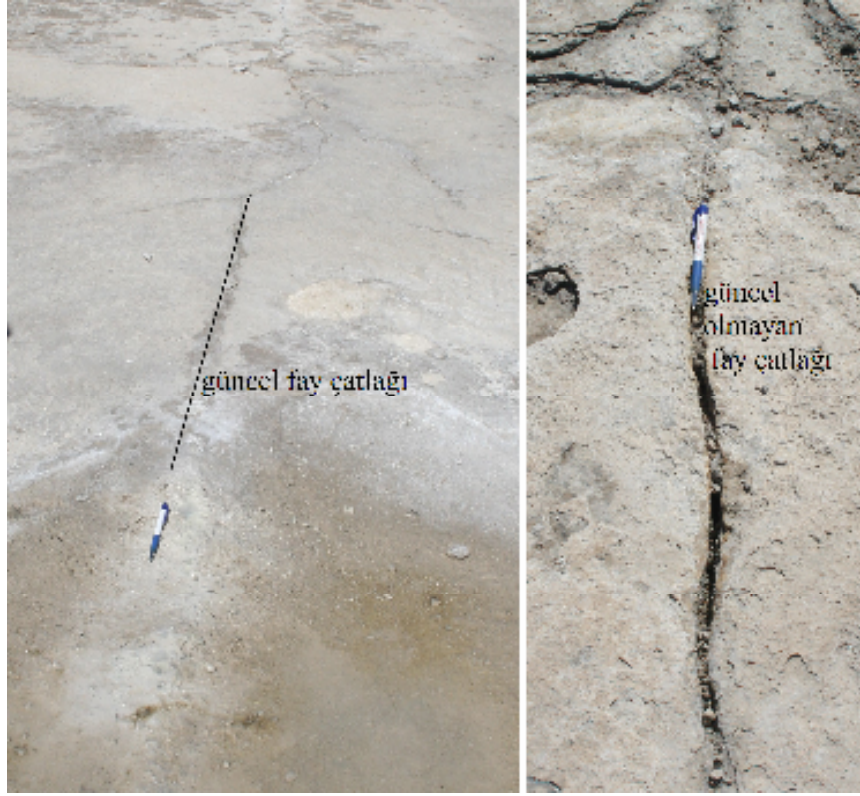
2.1.3. Travertenler (Qtr)

İnceleme alanının güney-güneybatısında Kükürt Tepe ve çevresinde yüzeylemekte ve oldukça geniş bir alanda mostra vermektedirler. KB-GD gidişli, eğim atımlı doğrultulu Akhüyük fayına bağlı olarak yüzeye çıkan kalsiyum karbonatça zengin yer altı suları, basıncın düşmesi sonucu CO₂ gazı açığa çıkararak bünyesindeki CaCO₃'ü çökeltirek travertenleri oluşturmuşlardır (Şekil 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12).

Akhüyük fayı boyunca birbirlerine yakın farklı kanallardan çıkan sular çıkış noktalarının 2 tarafında çökmesi sonucu traverten tabakalarını oluşturmuştur (Şekil 2.13, 2.14, 2.15). Böylece antiklinal görünümünde nisbi yüksekliği 23 m, uzunluğu 2375 m ve azami genişliği 300 m olan traverten konisi belirmiştir. Traverten konisinde kalınlığı 5 cm - 2 m arasında değişen homojen, yarı saydam, beyaz renkteki oluşuklar albatr olarak adlandırılır.



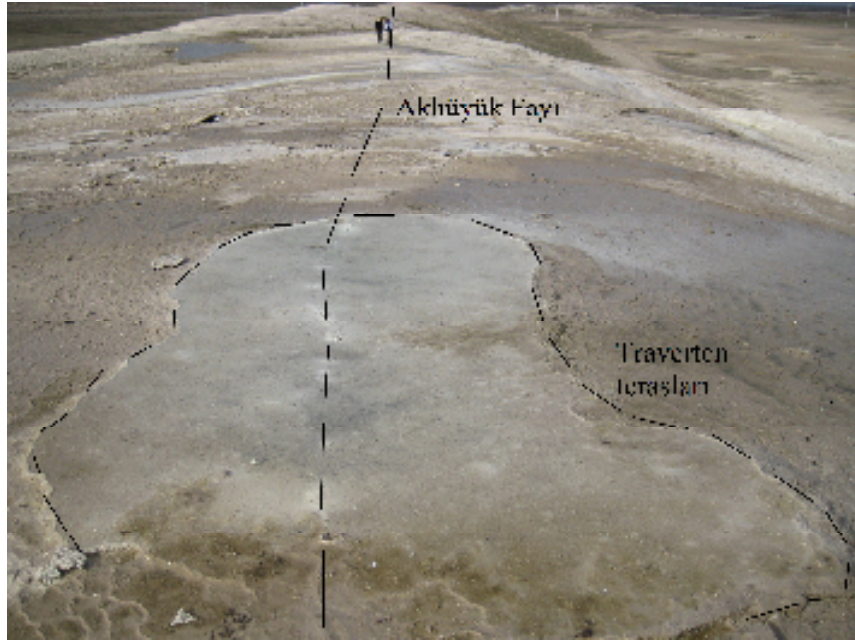
Şekil 2.8. Kükürt Tepe'deki Fay hattı (resim doğudan batıya bakışı yansıtmaktadır).



Şekil 2.9. Kükürt Tepe'deki Fay çatlığı



Şekil 2.10. Kükürt Tepe'de Fay hattı boyunca su ve CO₂ gaz çıkışı.



Şekil 2.11. Kükürt Tepe’de oluşan Traverten konisi.

Traverten tabakaları ile albatrlar aynı kaynaktan beslenerek oluşmaktadır. Bunlar litolojik karakterleriyle birbirlerinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Su içerisinde erimiş halde bulunan çeşitli unsurların farklı yoğunlukta bulunması ve suların basınç altında kalmasıyla, yoğunluğu az olanlar traverten tabakalarını, daha yoğun olanlar ise albatrları oluşturmuştur. Albatrlar gözenekliliği az, ince farklı bantlanmalı, kaymaktaşı olarak da adlandırılan yapılardır.

Basınçlı sular, çıkış deliklerinin kapanmaları nedeniyle sık sık yer değiştirmektedir. Böylece yüzeye çıkan su miktarında azalma ve çoğalmalar gözlenmektedir. Sarı renkteki kükürt çökeltileri traverten tabakaları arasında ince bantlar halinde gözlenmekte ve çevreye kükürt kokusu yaymaktadır. Bununla birlikte sular, yer altından jipsli seviyeleri de kat ederek geldiği için jips çökeltileri de yer almaktadır.

Murat (1998) tarafından Akhüyük traverteninin stronsiyum kaynağı olabirliği incelenmiştir. Akhüyük Köyü’nün kuzeydoğusunda yer alan ve KD –GB eksen doğrultulu eğim atımlı normal fay (Biricik, 1980) boyunca güncel oluşumu devam eden traverten çökellerinde Sr değerleri tespit edilmiş ve ortalama 1200 ppm Sr bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 2.12. Kükürt Tepe’de traverten yapılarının görünümü (resim kuzeyden güneye bakışı yansıtmaktadır).



Şekil 2.13. Kükürt Tepe’de Traverten tabakalarının görünümü (resim kuzeyden güneye bakışı yansıtmaktadır).



Şekil 2.14. Kükürt Tepe'deki böbreğimsi Traverten yapıları.

3. YAPISAL JEOLJİ

İnceleme alanı Konya-Ereğli Havzası içinde, kuzey ve kuzeybatıda Hasan dağı (3253 m), Melendiz Dağı (2935 m), Karacadağ (1960 m) gibi volkanik yükseklikler, doğu ve güneydoğusunda Türkiye'nin Ana Tektonik birliklerinden Toridler Tektonik Birliği (Ketin, 1966)'nin Orta Toroslar (Özgül, 1976) bölümü ile çevrilmiştir (Şekil 3.1). Yöredeki kayalar Geç Eosen öncesinde İç Toros Okyanusunun kapanmasına bağlı olarak Alpin Dağ Oluşum hareketleri ile deforme olmuş ve daha sonra Orta-Geç Alpin hareketlerinden etkilenerek bugünkü kıvrımlı ve kırıklı yapılarını kazanmışlardır (Oktay, 1982).

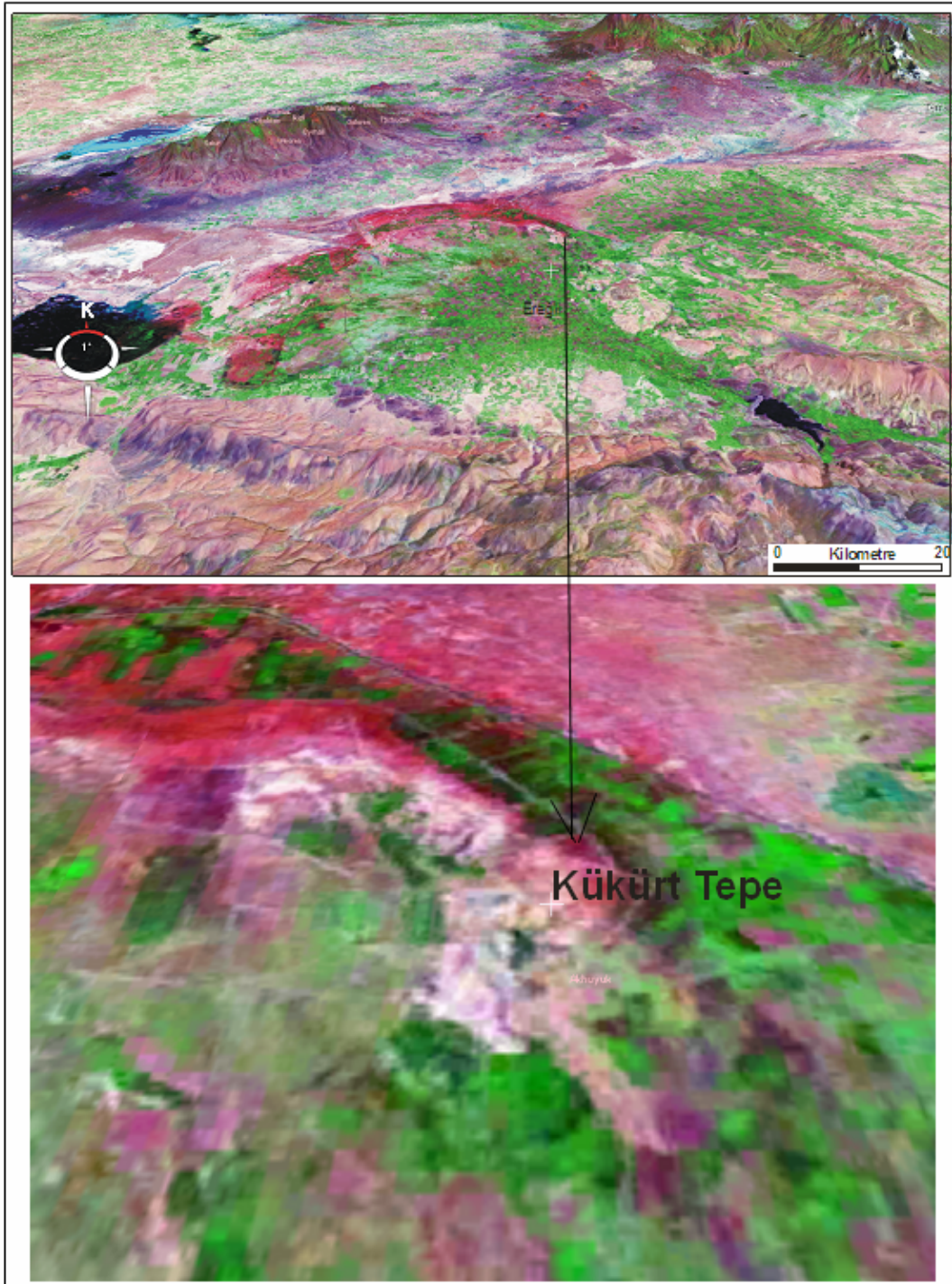
İnceleme alanındaki en önemli tektonik yapı, Neotektonik hareketlere bağlı olarak oluşan, inceleme alanındaki Kükürt Tepe'yi boydan boya kat eden Akhüyük fay hattıdır. Eğim atımlı normal fay KB-GD gidişli olup güneybatıya doğru eğimlidir. İnceleme alanındaki eğim atımlı normal faya bağlı olarak traverten yapıları oluşmaktadır. Dolomitik kireçtaşı, anhidrit ve jipslerden oluşan Tapır formasyonu ile alüvyonlar arasında açılı uyumsuzluk bulunmaktadır. Bu uyumsuzluk Neotektonik dönemdeki hareketlere bağlı olarak gelişmiştir.

3.1. Akhüyük Fayı

İnceleme alanında Kükürt tepe ve çevresini boydan boya kat eden eğim atımlı normal fay, neotektonik dönem hareketlerine bağlı olarak meydana gelmiştir.

Kuzeybatı-güneydoğu gidişli olan ve güneybatıya eğimli, eğim atımlı normal bir fay olup, faylanmayla güneybatı bloğu düşerken, kuzeydoğu bloğu yükselmiştir.

İnceleme alanındaki bu faya bağlı olarak traverten yapıları oluşmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. İnceleme alanının uydu fotoğrafı (nasa world wind'den alınmıştır).



Şekil 3.2. Kükürt Tepe'deki Akhüyük fayının görüntüsü (resim KB'dan GD'ya bakışı yansıtmaktadır).

3.2. Sıcak Su, Çatlaklar ve Fay arasındaki İlişkiler

CO₂ gazı çıkışları ile sıcak ve mineralli su çıkışları Kükürt tepe'deki KB-GD gidişli eğim atımlı fay boyunca yüzeye çıkmaktadır. Bu fay boyunca kırık ve çatlakların kesiştiği yerde traverten oluşumları meydana gelmekte ve güncel oluşumları devam etmektedir.

Sıcak ve mineralli suların depolandığı kireçtaşları mevsimsel yağışlardan beslenerek kırık, çatlak ve karstik boşluklarında suyu depolamaktadır. Yüksek basınca ve faya bağlı olarak çatlak ve kırıklardan yeryüzüne sıcak ve mineralli su çıkışı gerçekleşmektedir.

4. EKONOMİ

İnceleme alanı ve çevresinde traverten ocakları yer almaktadır. Bu ocakta 1 m³ boyutunda traverten blokları çıkarılarak işlenmektedir. Yurtdışına traverten blokları satılarak ekonomiye katkı sağlanmaktadır (Şekil 4.1, 4.2)

Kükürt tepe bölgesi ufak çapta bir Pamukkale manzarası göstermektedir. İnceleme alanındaki kükürtlü suyun varlığı travertenleri bazı yerlerde sarıya boyadığı için turistik değerini kaybetmiştir (Avşar, 1972).

Beyaz renkli traverten içinde, beyaz ve kül grisi renkli 15-35 cm arasında kalınlığı değişen oniks şeridi KD-GB istikametinde uzanmaktadır. Oniksin beyaz renkli oluşu kırtasiye sanayinde, kül tablası, biblo vb. süs eşyası yapımında kullanılmaktadır (Avşar, 1972).



Şekil 4.1. Akhüyük Tepe batısında işletilen Traverten bloklarının bir görünümü (resim batıdan doğuya bakışı yansıtmaktadır).



Şekil 4.2. Akhüyük Tepe batısında işletilen Traverten bloklarından bir görünüm (resim güneybatıdan kuzeydoğuya bakışı yansıtmaktadır).

5. JEOLJİK EVRİM

İnceleme alanı Ereğli-Bor havzası içinde doğu ve güneydoğuda Toroslarla, kuzeydoğudan Melendiz Dağı (2935 m) ve kuzeybatıdan Karacadağ (1960 m), Hasan dağı (3253 m) gibi volkanik yüksekliklerle çevrilmiş Konya Ereğli havzası içinde yer almaktadır.

İnceleme alanında Oligosen döneminde kalın evaporitlerden oluşan Tapır formasyonu çökelmiştir. Tapır formasyonu ile alüvyonlar arasında açılı uyumsuzluk, Neotektonik dönemdeki hareketlere bağlı olarak meydana gelmiştir.

Üst Eosen dönemi sonunda bölge yükselmeye başlamış ve uzun süre erozyona maruz kalmıştır. Oligosen döneminde denizel regresyonla oluşan sığ denizel ve/veya lagünel ortamda evaporitlerden oluşan Tapır formasyonu çökelmiştir. Evaporitlerle eş zamanlı olarak kireçtaşı çökeli de gerçekleşmiştir (Murat, 1998).

Üst Miyosen-Pliyosen döneminde ise Ereğli-Ulukışla havzası kuzeyinde Tuz Gölü havzası sedimanlarını keserek üzerleyen kalk-alkalen karakterli volkanizma faaliyet kazanmıştır. Volkanizmaya bağlı gelişen hidrotermal çözeltiler Ereğli-Bor havzasına tuz iyonları sağlamış (Ca, SO₄, Sr) ve genç faylarla Ereğli-Ulukışla havzası kayaçlarını da etkilemiştir (Söğüt,1992).

Oligosen sonunda ve Pliyosen de Geç tektonik hareketlerin etkili olmasıyla rölyef şekillenmiştir. Torosların kuzey yamaçlarında metamorfizma çok şiddetli olmuş ve kıvrım eksen yönü D-B yönündedir. Güneyde bulunan dağlar Alpin orojenez hareketleriyle deformasyona uğramış ve kıvrımlanma meydana gelmiştir (Oktay, 1982).

6. HİDROJEOLOJİ

6.1. Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri

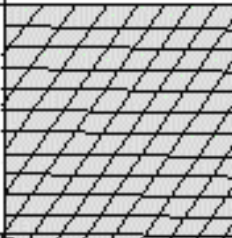
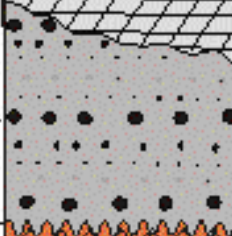
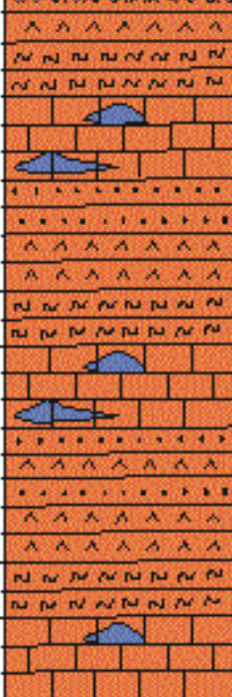
İnceleme alanında su taşıyan birimler yaşlıdan gence doğru Oligosen yaşlı Tapır formasyonuna ait kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ile Kuvaterner yaşlı alüvyon içerisindeki kum, çakıllar ile yine aynı yaşlı travertenlerdir.

Birimlerin hidrojeolojik özellikleri, su bulundurma ve geçirimsizlik özellikleri incelendiğinde; Tapır formasyonuna ait kireçtaşları kırıklı çatlaklı olmaları nedeniyle gözenekli ve geçirimsizdir. Tektonik olaylar ile kireçtaşlarındaki çatlaklar boyunca gelişen karstlaşma kireçtaşlarındaki ikincil gözenekliliği artırmaktadır. Yağmur suları kireçtaşlarının karstik yüzeylerinden süzülerek kireçtaşlarının boşluklarında depolanmaktadır.

Çakıllar ve kumlar Tapır formasyonuna ait kireçtaşı parçaları ile traverten yapılarından koparak ve sürünerek gelen karbonatlı parçalardan oluşmaktadır. Kireçtaşı çakılları iri ve kötü boylanmalıdır.

Akhüyük sıcak ve mineralli sular, CaCO_3 'lü birim üzerindeki süreksizlikler boyunca süzülen yağış sularından beslenmektedir. Travertenler de ikincil gözeneklilik ve erime yapılarının bulunması porozite ile permeabilitesini artırmıştır.

Elek analizi, porozite ve permeabilite deneyleri ile alüvyon içerisindeki çakılların su bulundurma özelliği ile geçirimsizliğinin oldukça iyi olduğu belirlenmiştir. Çakıllar iri, yuvarlak ve kötü boylanmalıdır. Alüvyon oluşturan çakıllı seviyelerin geçirimsizliği yüksek, killi seviyelerde ise geçirimsizlik düşüktür (Şekil 6.1).

SERİ	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	HİDROJEOLOJİ BİRİMLERİ
OLİGOSEN	KUVATERNER	Traverten		Açık gri, beyaz, sarımsı renkli, CaCO ₃ 'lü bitki fosilli çökeltiler	Geçirimli birim
		Alüvyon		Beyaz, gri, kahvemsı renkli, İri, yuvarlak kireçtaşı çakılları, sarımsı gri renkli kum ve killi malzeme	Yarı geçirimli birim
	Tapır Formasyonu	Tt		Beyaz, gri renkli kireçtaşları aralarında kil arakatlı yer yer şeffaf, beyaz renkli masif jips ve anhidrit ile Sölestinli kireçtaşı mercekleri	Geçirimli Birim

Şekil 6.1. İnceleme alanındaki birimlerin hidrojeolojik özellikleri

6.2. Akiferlerin Hidrojeoloji Özellikleri

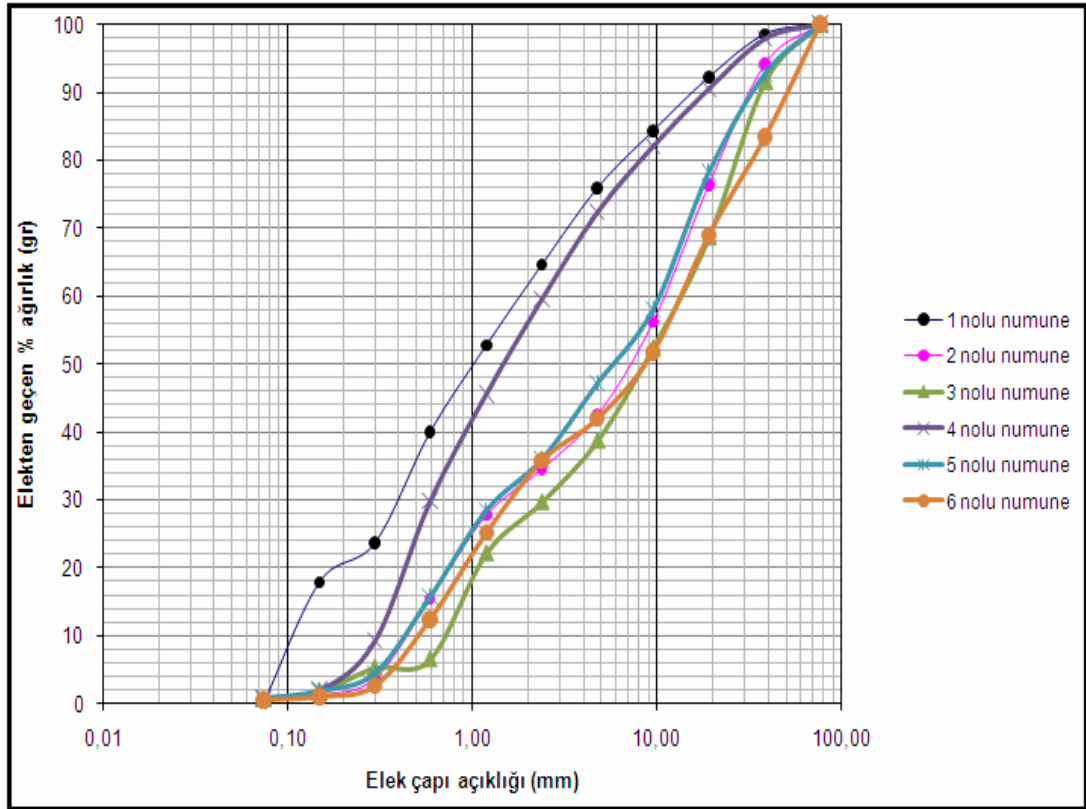
İnceleme alanındaki sıkılaştırılmamış alüvyon malzemedan alınan örneklerde elek analizi yapılarak tane dağılımı, boylanma sabiti (S_0) ve düzen katsayısı (C_u), ortalama tane çapı iriliği belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre eklenik eğrileri çizilmiştir. Ayrıca Tapır fomasyonuna ait kireçtaşlarının geçirimsizlik, porozite ve permeabiliteleri değerleri hesaplanmıştır.

6.2.1. Elek Analizi

Kuvaterner yaşlı alüvyona ait örneklerin elek analizleri, anfor serisi elek takımına ait 10 adet elek kullanılmıştır. Elek analiz sonuçlarına göre örneklerin granülometri eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilere göre; etkili tane çapı (d_{10}), ortalama tane çapı (d_{50}) değerleri ile boylanma sabiti (S_0) ve düzen katsayısı (C_u) değerleri belirlenmiştir (Şekil 6.2, Tablo 6.1).

Çizilen eklenik eğrilerine göre eğrilerin eğimleri yaklaşık birbirlerine paraleldir. Elek analiz sonuçlarına göre örneklerin etkili çapları (d_{10}) 0,11 – 0,7 mm, ortalama tane çapları (d_{50}) 1 - 9 mm, boylanma sabitleri (S_0) 3,32 – 4,47 ve düzen katsayıları ise (C_u) 7 – 27 arasında değişmektedir (Tablo 6.1).

Granülometri eğrilerine göre 1. ve 4. numune eğrilerinin eğimleri birbirine yakın, 2, 3, 5 ve 6. örnek eğrilerinin eğimleri birbirine yakındır. Tane boyu dağılımları da birbirinden farklıdır. Düzen katsayısının 0,1 ile 0,7 mm arasında olması gözenekliliğin arttığını ve buna göre tane çaplarının birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Boylanma sabiti değerlerine göre alınan örneklerin boylanması çok kötüdür.



Şekil 6.2. Alüvyondan alınan örneklere ait granülometri eğrileri

Tablo 6.1. Alınan örneklere ait elek analizi sonuçları

No	Litoloji	d ₍₁₀₎	d ₍₂₅₎	d ₍₅₀₎	d ₍₆₀₎	d ₍₇₅₎	Cu	So
1	Alüvyon	0,11	0,32	1,00	1,10	4,00	10,00	3,54
2	Alüvyon	0,40	1,00	7,00	11,00	20,00	27,50	4,47
3	Alüvyon	0,70	1,45	9,00	14,00	23,00	20,00	3,98
4	Alüvyon	0,30	0,50	1,50	2,50	5,50	8,30	3,32
5	Alüvyon	0,40	1,00	6,00	10,00	18,00	25,00	4,24
6	Alüvyon	0,50	1,20	9,00	14,00	27,00	7,00	4,74

6.2.2. Porozite

İnceleme alanındaki gevşek tutturulmamış alüvyondan alınan örneklerin sıkılama yöntemi ile porozitesi hesaplanmıştır.

$$n = (V_v / V_t) \times 100 \text{ (Castany, 1963).}$$

n (%): Toplam porozite, V_v (cm³): Kayaç içindeki boşlukların toplam hacmi, V_t (cm³): Kayacın tüm hacmi.

Buna göre gevşek tutturulmamış malzemenin porozitesi % 40-45'dir.

6.2.3. Permeabilite

Permeabilite deneyleri Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su kimyası laboratuvarındaki sabit basınçlı permeametre ile yapılmıştır.

$$K = Q / S \times l / h.$$

K (m/s): Geçirgenlik, Q (m³/s): Suyun debisi, l (m): Numune kalınlığı, h (m): Su seviyesi.

Sabit basınçlı permeabilite deneyine göre Kuvaterner yaşlı alüvyon malzemeden alınan örneklerin permeabilite değeri 1.10×10^{-5} ile 8×10^{-5} olarak bulunmuştur. Kayaçların geçirimsizliği ince taneli birimlerden iri taneli birimlere doğru artmaktadır. Buna göre su taşıyan akifer ince kum ve çakıldan oluşmaktadır.

6.3. Yeraltı Su Tablası Haritası

İnceleme alanı ve çevresindeki yerleşim birimlerinde bulunan keson kuyu, sondaj kuyuları haritaya işaretlenmiştir. Yeraltı sularının en düşük olduğu Ağustos ayı döneminde sondaj kuyularının GPS yardımıyla kuyu koordinatları alınmıştır. Aynı anda bu kuyulardan elektrik seviye ölçüm aletiyle su seviye ölçümleri

yapılmıştır. Kuyu koordinatlarından ölçülen su seviyeleri çıkarılarak su kotları belirlenmiştir ve 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita kullanılarak üçgen yöntemiyle yer altı su tablası hazırlanmıştır (EK - 2).

Yer altı su tablasına haritasına göre eğriler 20 metrede bir geçirilmiştir. Buna göre yer altı suyu akım yönü inceleme alanının batısından doğusuna doğrudur. Eş su yükselti eğrileri incelendiğinde eğriler arasındaki mesafe yaklaşık aynıdır. Bu da geçirimsizlik değerinin çok fazla değişmediğini göstermektedir.

Yer altı suyu akım yönü batıdan doğuya doğru akmaktadır. Hidrolik eğim ise

$$I = (h_2 - h_1) / l$$

I : Hidrolik eğim, h_1 : düşük su seviyesi, h_2 : yüksek su seviyesi, l : kesit alanı uzunluğu

Buna göre $i = (980-960) / 750 = 0.03$ olarak bulunmuştur. Hidrolik eğim her yerde yaklaşık aynıdır.

6.4. Kaynaklar

İnceleme alanındaki Akhüyük kaynağı kuzeybatı güneydoğu gidişli Akhüyük boyunca 3 noktadan çıkmaktadır. K1, K2 ve K3 olarak isimlendirilen fay kaynaklarının sıcaklıkları 16,5-21 °C, debileri 0,1-0,5 lt/s arasındadır. Bunun dışında Akhüyük fayı boyunca debisi ölçülemeyecek kadar küçük olan sızıntı şeklinde birçok su çıkışı gözlenmektedir (Tablo 6.2).

Akhüyük sıcak ve minerali su kaynaklarında toplam mineralizasyon, K1 kaynağından alınan suda 630.4 meq/l, K2 kaynağından alınan suda 975 meq/l, K3 kaynağından alınan suda 950 meq/l'dir. Elektriksel iletkenlikleri 30800 ile 45000 μ S/cm arasında değişmektedir. Kaynak suları CaHCO_3 'ça zengin olup yeryüzüne ulaştıkları zaman kaynak suyundaki CO_2 gazı uçmakta ve CaCO_3 çökelmektedir. Bu çökelişin Akhüyük fayı boyunca GB-KD yönünde fayın iki tarafında eşitli olması nedeniyle Traverten konisi oluşturmaktadır.

Tablo 6.2. Kaynakların fizikokimyasal özellikleri

	Sıcaklık (°C)	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	pH	Sertlik (Fr)	Debi (lt/s)	Σ mineralizasyon (meq/l)
K1	16.5	30800	6.9	300.16	0.1	630.4
K2	21	46500	6.8	847.56	0.5	975
K3	19	45000	6.7	732.8	0.1	950

6.5. Sondajlar ve Keson Kuyular

İnceleme alanında DSİ tarafından açılmış tarımda sulama amaçlı kuyular ile özel şahıs kuyuları bulunmaktadır. Sondaj kuyuların derinlikleri 30 m – 196 m, keson kuyuların derinlikleri ise 27-60 m arasında değişmektedir. DSİ tarafından açılan su sondaj kuyularında geçilen birimler ile keson kuyuların özellikleri aşağıda verilmiştir (Tablo 6.3, 6.4).

Sondaj kuyu sularında toplam mineralizasyon 11,24-14,65 meq/l arasında Akhüyük kaynak sularında toplam mineralizasyon, 8,3-37 meq/l arasındadır. Elektriksel iletkenlikleri ise 390 – 1790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir.

Tablo 6.3. DSİ tarafından açılan sondaj kuyularında geçilen birimler

S4 nolu kuyu	S5 nolu kuyu	S6 nolu kuyu
Açıldığı yer: Göktöme	Açıldığı yer: Bahçeli	Açıldığı yer: Türkmen
Statik seviye : 7 m	Statik seviye : 3.5 m	Statik seviye : 2.5m
Dinamik seviye : 9 m	Dinamik seviye : 4.6 m	Dinamik seviye: 48m
Debi : 31 lt/sn	Debi : 54.54 lt/sn	Debi : 0.66 lt/s
Kuyu derinliği 60 m	Kuyu derinliği 130 m	Kuyu derinliği 143 m
0–5 m Alüvyon	0–19 m Alüvyon	0–1m Alüvyon
5–56 m Kum – çakıl	19–39 m Kil	1–100 m Kumlu kil
56–60 m Kil	39–55 m Kireçtaşı	100–143 m Kil
	55–150m Konglomera	

S7 nolu kuyu (34646)	S8 nolu kuyu (266)	S9 nolu kuyu (34656)
Statik seviye : 5 m	Statik seviye : 2.20m	Statik seviye :5m
Dinamik seviye : 11 m	Dinamik seviye : 3.48 m	Dinamik seviye :7m
Debi : 58 lt/sn	Debi : 33.5 lt/s	Debi : 63 lt/s
Kuyu derinliği 45 m	Kuyu derinliği 196 m	Kuyu derinliği 45 m
0-1 m Nebati toprak	0-8 m Silt	0-m Nebati toprak
1-30 m Alüvyon	8-37 m Çakıl	1-30 m Alüvyon
30 - 45 m Kil (az kumlu)	91-100 m Kum	30-45 m Kil(az kumlu)
	114-196m Killi kum	
S10 nolu kuyu (34657)	S11 nolu kuyu (34661)	S12nolukuyu (34666)
Statik seviye : 8 m	Statik seviye : 7 m	Statik seviye : 2.5m
Dinamik seviye : 11 m	Dinamik seviye : 12 m	Dinamik seviye:48m
Debi : 60 lt/s	Debi : 55 lt/s	Debi :0.66lt/s
Kuyu derinliği 50 m	Kuyu derinliği 45 m	Kuyu derinliği 61 m
0-1 m Nebati toprak	0-1 m Nebati toprak	0-1 m Nebati toprak
1-50 m Kumlu çakıl	1-45 m Alüvyon	1- 61 m Alüvyon
S13 nolu kuyu (34681)		
Statik seviye : 6.5 m		
Dinamik seviye : 9 m		
Debi : 60 lt/sn		
Kuyu derinliği 45 m		
0-1 m Nebati toprak		
1- 45 m Alüvyon		

Tablo 6.4. İnceleme alanındaki keson kuyu sularının özellikleri.

S1 nolu kuyu	S2 nolu kuyu	S3 nolu kuyu
Kuyu derinliği : 60 m	Kuyu derinliği : 36 m	Kuyu derinliği : 27 m
Debi : 3.37 lt/s	Debi : 1.3 lt/s	Debi : 0.5 lt/s
Dinamik seviye : 45 m	Dinamik seviye : 22 m	Dinamik seviye : 9 m
Su sıcaklığı : 16 °C	Su sıcaklığı : 14.6 °C	Su sıcaklığı : 14.6 °C
İletkenlik : 294 mmhom/cm	İletkenlik : 815 mmhom/cm	İletkenlik: 1706 mmhom/cm

7. SU KİMYASI

İnceleme alanında bulunan Akhüyük sıcak ve mineralli su kaynaklarından ve sondaj kuyularından su örnekleri alınarak suların fizikokimyasal analizleri DSİ IV. Bölge Müdürlüğü su kimyası laboratuvarı ve Konya Büyükşehir Belediyesi (KOSKİ)'i su laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sulardaki iyon değişimleri araştırılarak, sular çeşitli diyagramlar yardımıyla yorumlanmaya çalışılmıştır (Tablo 7.1, 7.2). Ayrıca suların fizikokimyasal özellikleri, kökenleri, kayaçlarla olan ilişkileri, suların bikarbonat, sülfat ve kalsite doygunlukları belirlenmiştir.

7.1. İnceleme Alanındaki Suların Kökenleri ve Dağılımları

İnceleme alanındaki kaynak, sondaj ve keson kuyulardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal özelliklerini ve suların kökenlerini belirlemek amacıyla alınan su örneklerinin Konya Büyükşehir Belediyesi (KOSKİ) su laboratuvarı, Köy Hizmetleri (İl Özel İdare) laboratuvarında analizleri yaptırılmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak katyon ve anyon dağılım haritaları Surfer bilgisayar programı yardımıyla hazırlanmıştır (Şekil 7.1-7.7).

Tablo 7.1. İnceleme alanından alınan su örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları (Ağustos, 2009).

	<i>EC</i>	<i>pH</i>	<i>T</i>	<i>Ca</i>		<i>Mg</i>		<i>Na</i>		<i>K</i>		<i>Cl</i>		<i>HCO₃</i>		<i>SO₄</i>		<i>Sertlik</i>	Σ <i>minerali- zasyon</i>	
	$\mu\text{s/cm}$		($^{\circ}\text{C}$)	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>	<i>Fr</i>	<i>mg/l</i>	<i>meq/l</i>
K1	30800	6,9	6	1112	55,6	619,2	51,6	4738	206	70,2	1,8	9940	280	1086	17,8	844,8	17,6	300,16	18410	630,4
K2	46500	6,8	20	3400	170	1592	132,7	4151,5	180,5	70,2	1,8	12091,3	340,6	573,4	9,4	6720	140	847,56	28598,8	975
K3	45000	6,7	21	2800	140	1422	118,5	4839,2	210,4	42,9	1,1	10976,6	309,2	658,8	10,8	7680	160	723,8	28419,5	950
S1	390	7,5	16	40	2	23,4	1,95	4,6	0,2	1,95	0,05	28,4	0,8	195,2	3,2	4,8	0,1	11,06	298,35	8,3
S2	1015	7,5	14,6	76	3,8	38,4	3,2	78,2	3,4	3,9	0,1	78,1	2,2	390,4	6,4	96	2	19,6	761	21,1
S3	1790	7,3	14,6	142	7,1	69,6	5,8	124,2	5,4	7,8	0,2	280,45	7,9	427	7	172,8	3,6	36,12	1223,85	37
S4	1060	8	11,2	72	3,6	60	5	55,2	2,4	0,39	0,01	88,75	2,5	231,8	3,8	225,6	4,7	24,08	447,84	22,01
S5	1080	8,1	13	146	7,3	312	26	87,4	3,8	1,17	0,03	568	1,6	225,7	3,7	278,4	5,8	93,24	1618,67	48,23
S6	940	7,4	11,4	520	26	312	26	6440	280	390	10	1689,8	47,6	3172	52	11520	240	145,6	24043,8	681,6
K2*	47500	6,4	21,2	1960	98	927,6	77,3	5060	220	46,8	1,2	11999	338	1366	22,4	1732,8	36,1	876,5	23092,6	793
K3*	48500	6,4	21,3	4100	205	1714	142,8	4644,6	201,9	68,64	1,76	13230,9	372,7	1076	17,64	7735,7	161,16	1739	32569,43	1103

*: Yağışlı dönemde (Aralık ayı) K2 ve K3 kaynaklarından alınan örnekler

K: Kaynak, S: Sondaj kuyusu

Tablo 7.2. İnceleme alanındaki sondaj sularının fizikokimyasal analiz sonuçları (DSİ'den alınmıştır).

	EC	pH	Ca		Mg		Na		K		Cl		HCO ₃		SO ₄		Sertlik	∑ minerali- zasyon	
	μS/cm		meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	Fr	meq/l	mg/l
S7	940	7,4	5,7	114	4,6	55,2	1,17	26,91	0,01	0,39	1,2	42,6	7,5	457,5	2,82	135,36	52	23	831,96
S8	600	8	2,34	46,8	2,12	25,44	1,2	27,6	0,04	1,56	0	0	3,6	219,6	1,94	93,12	22,3	11,24	414,12
S9	615	7,7	3,9	78	2,4	28,8	0,26	5,98	0,01	0,39	0,59	20,945	5,5	335,5	0,5	24	32	13,16	493,615
S10	535	7	3,4	68	2	24	0,3	6,9	0,02	0,78	0,36	12,78	5	305	0,39	18,72	30	11,47	436,18
S11	595	7	3,2	64	2,6	31,2	0,65	14,95	0,32	12,48	0,51	18,105	4,7	286,7	1,54	73,92	29	13,52	501,355
S12	645	7,4	4,2	84	2,3	27,6	0,4	9,2	0,01	0,39	0,57	20,235	4,8	292,8	1,52	72,96	33	13,8	507,185
S13	660	7,8	3,9	78	3	36	0,42	9,66	0,02	0,78	0,57	20,235	5,5	335,5	1,24	59,52	39	14,65	539,695

7.1.1. Katyonlar

Kalsiyum (Ca⁺²):

İnceleme alanındaki sıcak sularda kalsiyum yüzdeleri 17,65 – 45,28, soğuk sularda ise kalsiyum yüzdeleri 36,19 – 47,62 arasında değişmektedir.

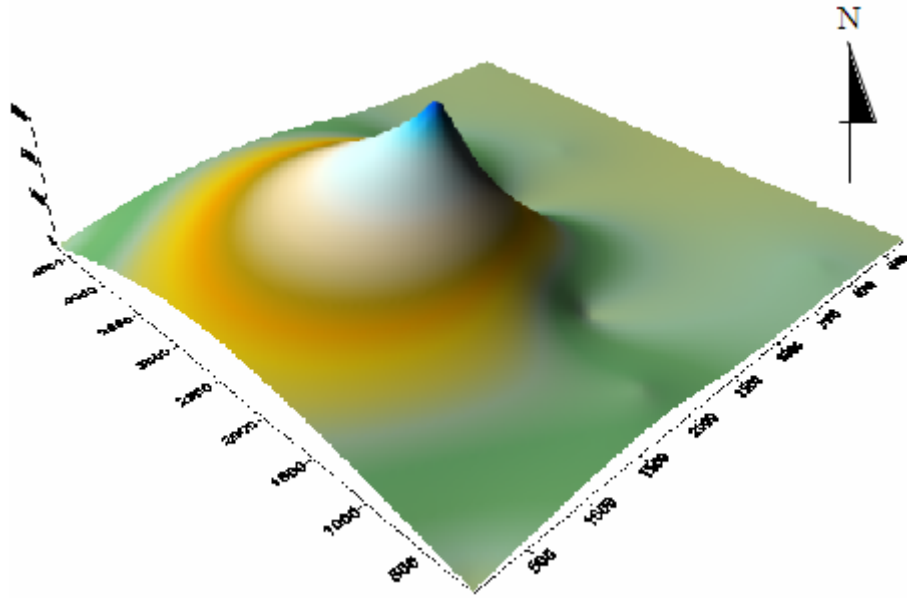
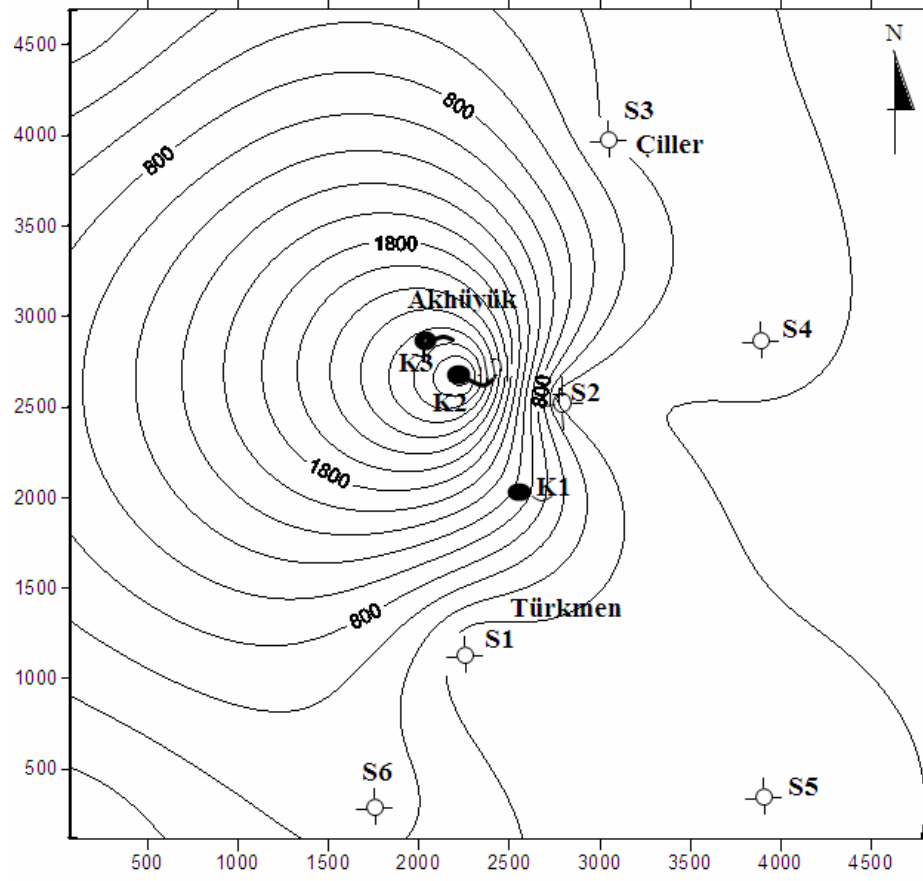
Sulardaki kalsiyum, karbonik asitçe zengin yağmur sularının inceleme alanındaki Akhüyük kaynak yerlerindeki kireçtaşları içinde dolaşarak CaCO₃'ü çözerek yer altı sularına geçirmesiyle oluşmaktadır.



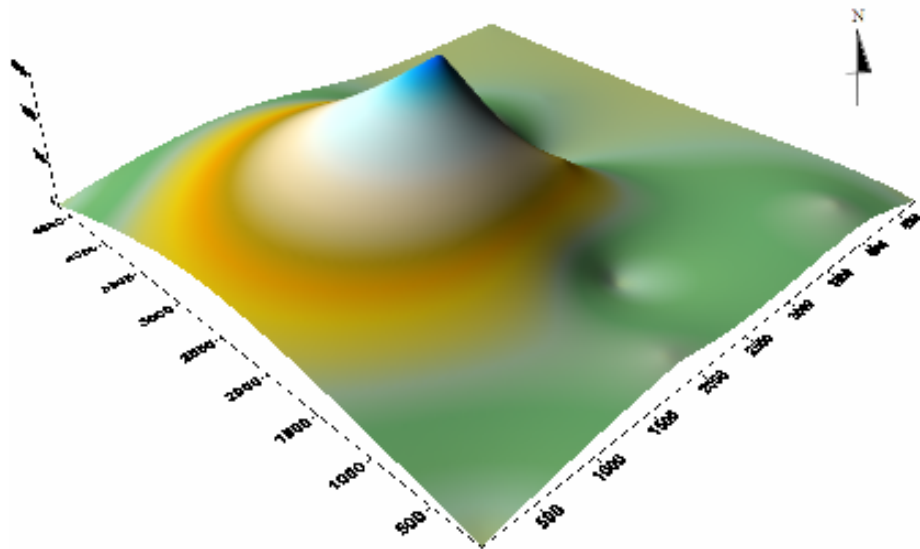
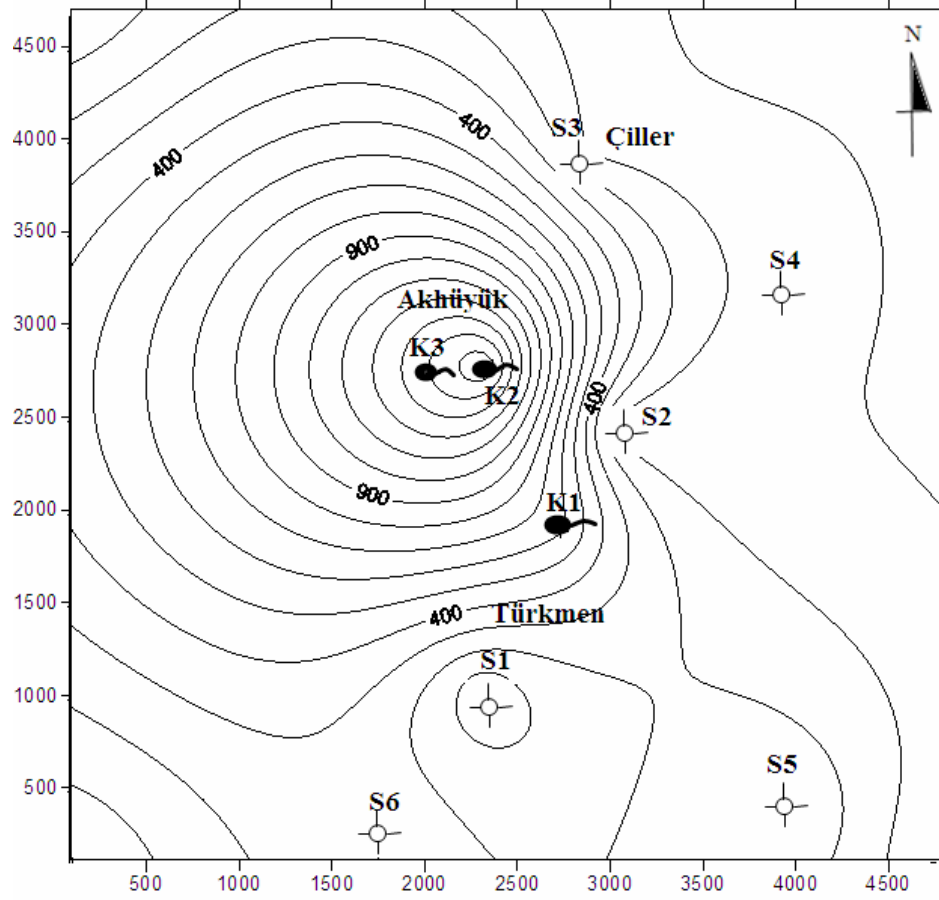
Sulardaki kalsiyum miktarları kullanılarak Surfer Programı kullanılarak eş kalsiyum eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilere göre kalsiyum miktarı Akhüyük kaynak ve çevresinde artmakta ve eğriler sıklaşmaktadır (Şekil 7.1).

Magnezyum (Mg⁺²):

İnceleme alanında bulunan sıcak sularda magnezyum yüzdeleri 16,38 - 27.36 soğuk sularda ise magnezyum yüzdeleri 30,47 – 46,43 arasında değişmektedir. İnceleme alanında bulunan Tapır Formasyonuna ait marn ve dolomitli kireçtaşlarından yer altı suyuna geçmektedir. Eş magnezyum eğrilerine göre Akhüyük ve çevre kaynaklar etrafında magnezyum değerinde artış gözlenmektedir (Şekil 7.2).



Şekil 7.1. İnceleme alanına ait suların eş kalsiyum (mg/l) haritası (ölçeksiz).



Şekil 7.2. İnceleme alanına ait suların eş magnezyum (mg/l) haritası (ölçeksiz).

Sodyum (Na⁺):

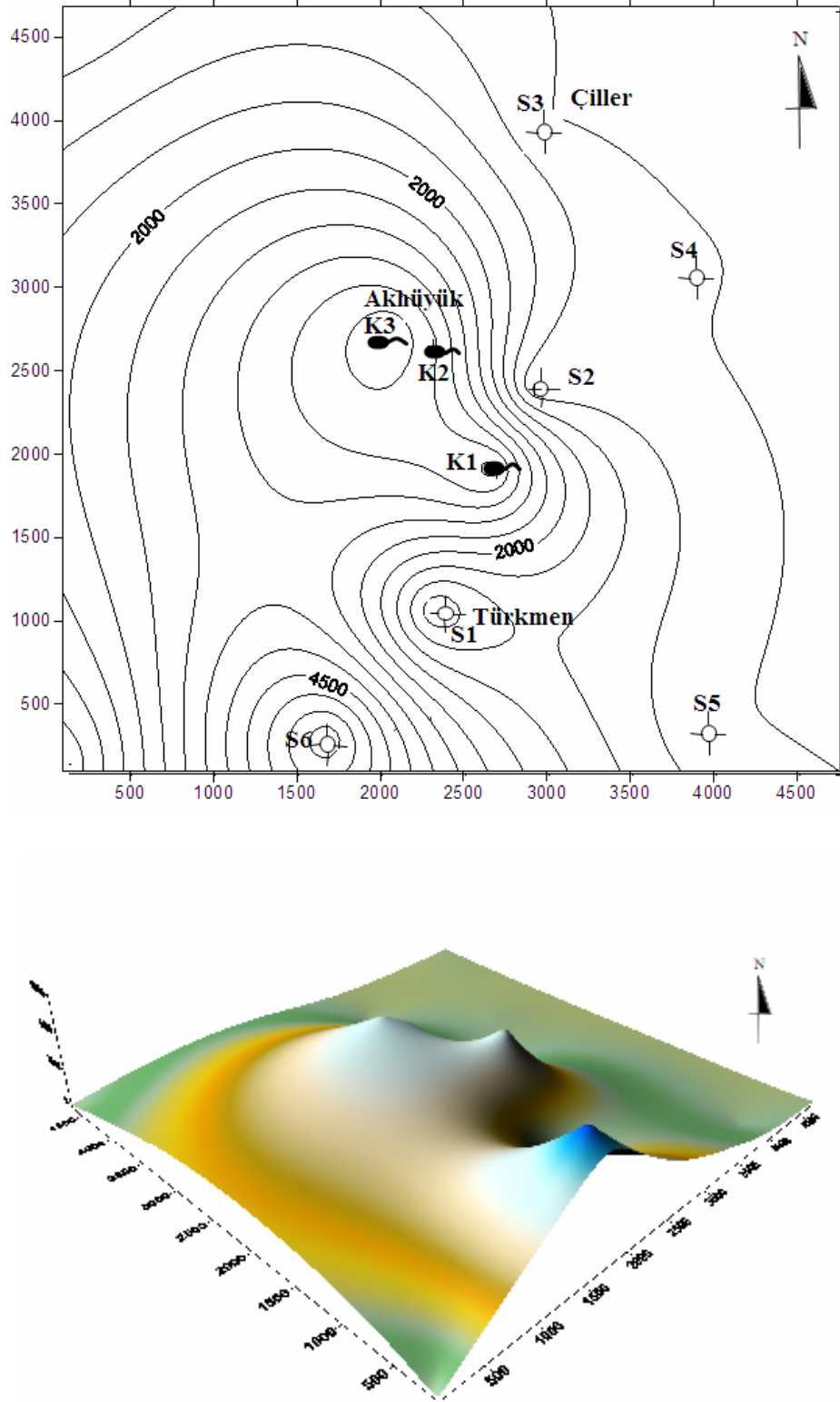
İnceleme alanında bulunan sıcak sularda sodyum yüzdeleri 37,22 – 65,39 soğuk sularda ise sodyum yüzdeleri 4,76 – 32,38 arasında değişmektedir. Sulardaki sodyum, sodyumlu plajioklasların suda çürümesi sonucu oluşmuştur.

Eş sodyum eğrilerine göre Akhüyük, Türkmen ve S6 kuyusu çevresinde sodyum değerinde artış gözlenmektedir (Şekil 7.3).

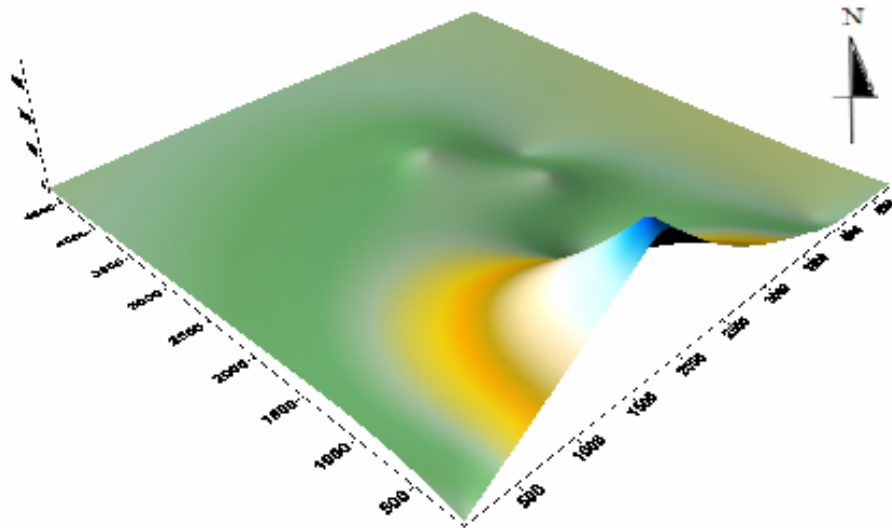
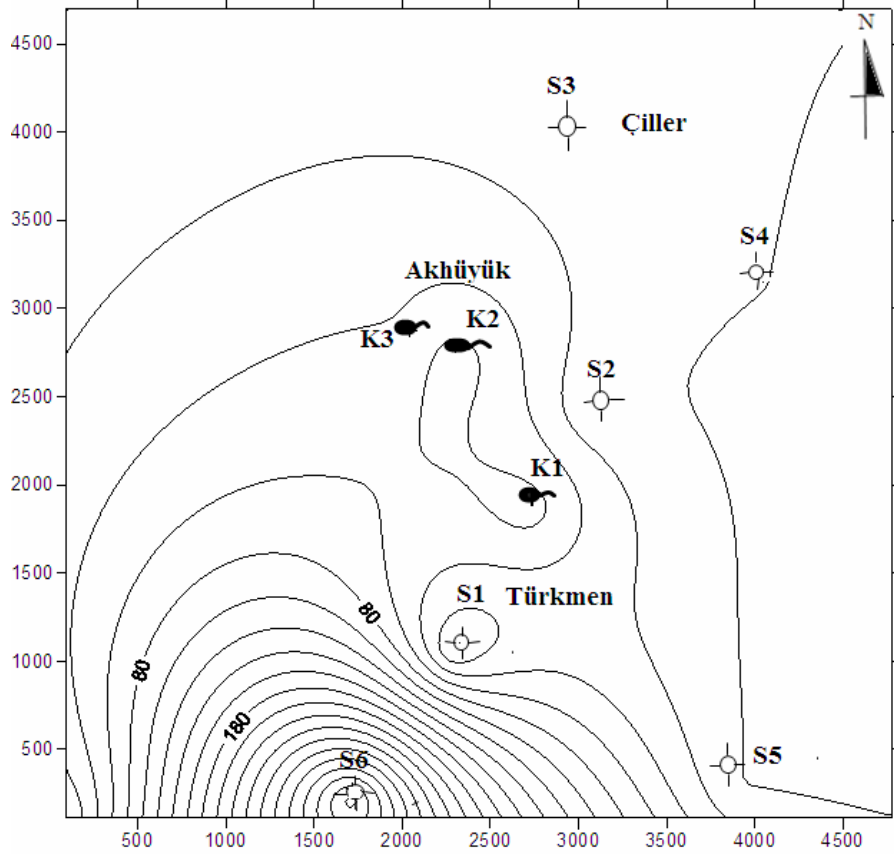
Potasyum (K⁺):

İnceleme alanındaki sıcak sularda potasyum yüzdeleri 0,23 – 0,57 soğuk sularda ise potasyum yüzdeleri 0,9 – 1,19 arasında değişmektedir. Sulardaki potasyum, potasyumlu feldispatların bozuşması ile suya geçmektedir. Potasyum iyonunun sulardaki miktarının az olması bu iyonun killi ortamlarda kil mineralleri tarafından tutulmasından dolayıdır.

Eş potasyum eğrilerine göre Türkmen köyünün güneybatısında (S6 kuyusu) eğriler sıklaşmakta olup potasyum miktarı artmaktadır (Şekil 7.4).



Şekil 7.3. İnceleme alanına ait suların eş sodyum (mg/l) haritası (ölçeksiz).



Şekil 7.4. İnceleme alanı ve çevresinin eş potasyum (mg/l) haritası (ölçeksiz).

7.1.2. Anyonlar

Klorür (Cl⁻): İnceleme alanındaki klor iyonunun miliekivelen yüzdeleri sıcak sularda 64,41 – 88,77 soğuk sularda ise klor iyon yüzdeleri 19,51 – 42,7 arasında değişmektedir. Klorürün kaynağı inceleme alanına düşen yağmur sularıdır.

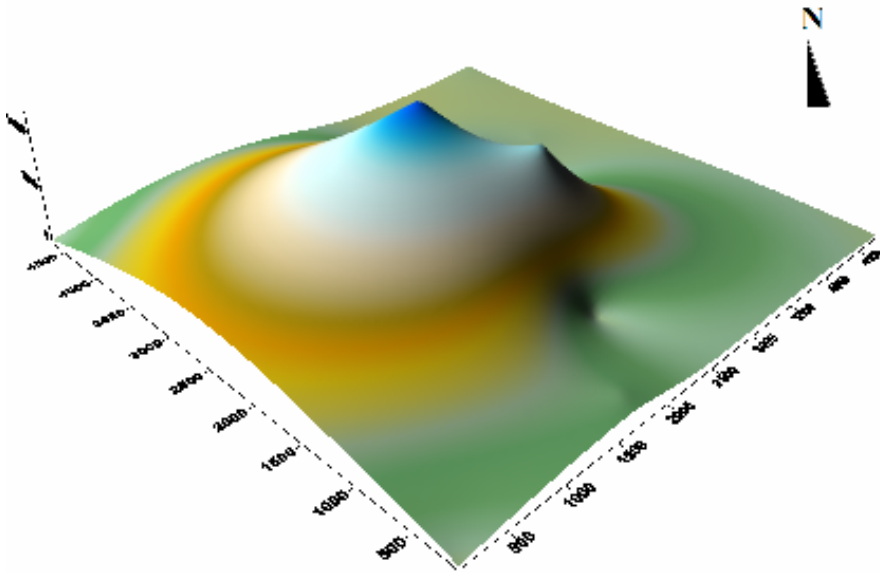
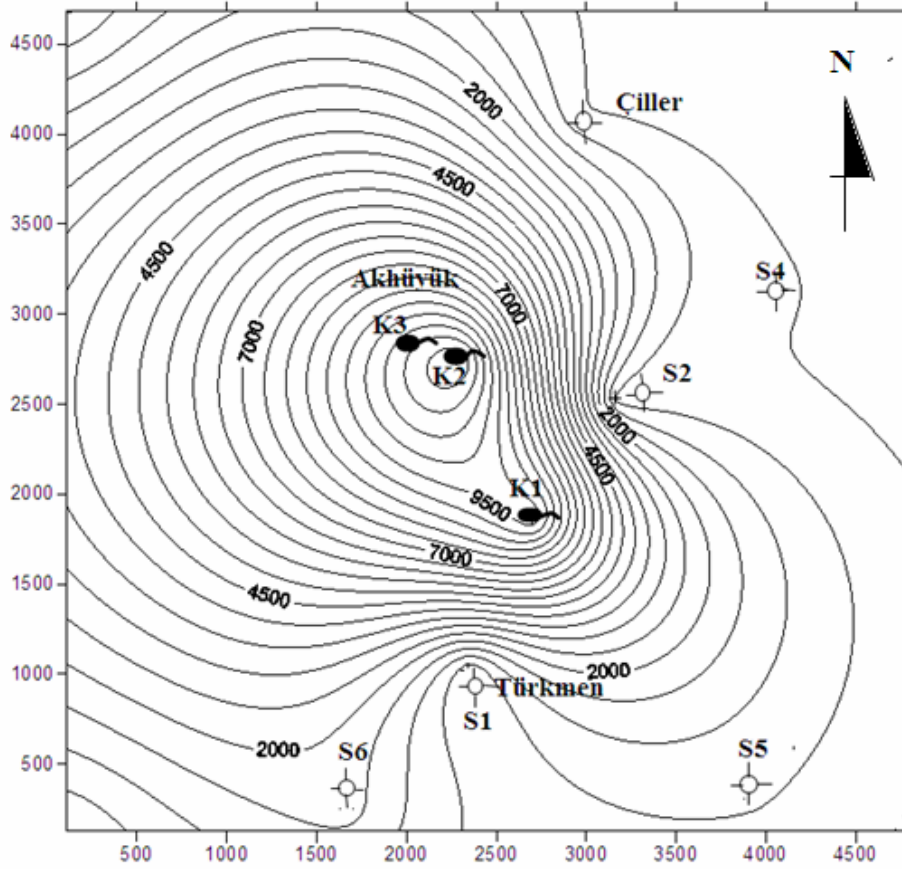
Eş klor eğrilerine göre Akhüyük kaynağı ve çevresinde iyon konsantrasyonu artmıştır (Şekil 7.5).

Sülfat (SO₄⁻²): İnceleme alanındaki sülfat iyonunun miliekivelen yüzdeleri sıcak sularda 5,58 – 33,33 soğuk sularda ise sülfat yüzdeleri 2,44 – 19,46 arasında değişmektedir. Sularda bulunan sülfat, inceleme alanında bulunan Tapır Formasyonuna ait jipsli seviyelerden yer altı suyuna geçmektedir (Chaput, 1936).

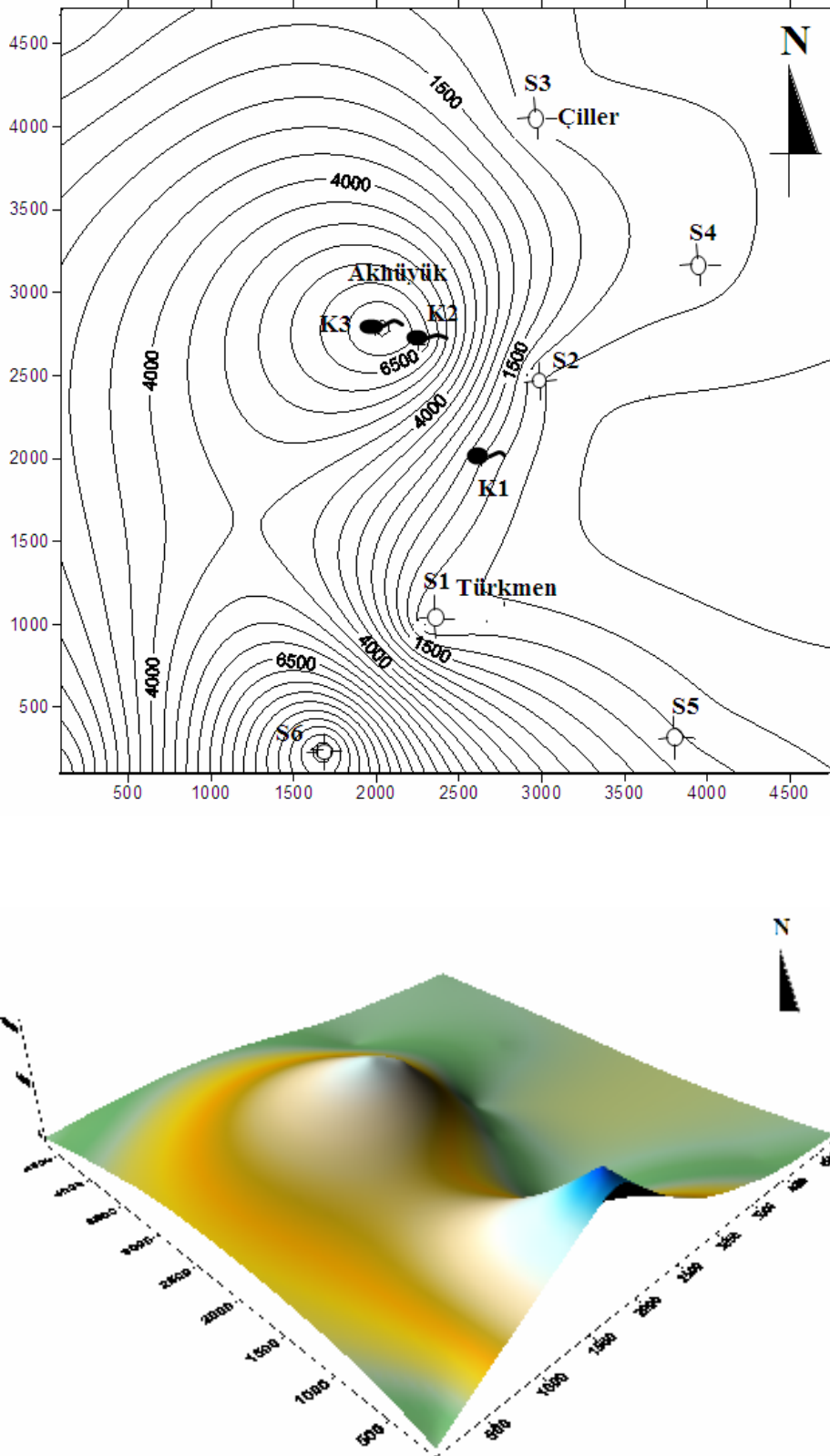
Eş sülfat eğrilerine göre sülfat miktarı Akhüyük kaynağı ve çevresinde, S6 kuyusu etrafında artış göstermektedir (Şekil 7.6).

Bikarbonat (HCO₃⁻²): İnceleme alanındaki bikarbonat iyonunun miliekivelen yüzdeleri sıcak sularda 1,92 – 5,64 soğuk sularda ise 37,84 – 78 arasında değişmektedir. Sulardaki bikarbonatın kökeni inceleme alanındaki Tapır Formasyonuna ait kireçtaşlarıdır. Yağmur suları beslenme bölgesinde karbonatlı kayaları çözerek, yer altı suyunun bikarbonat bakımından zenginleşmesini sağlar.

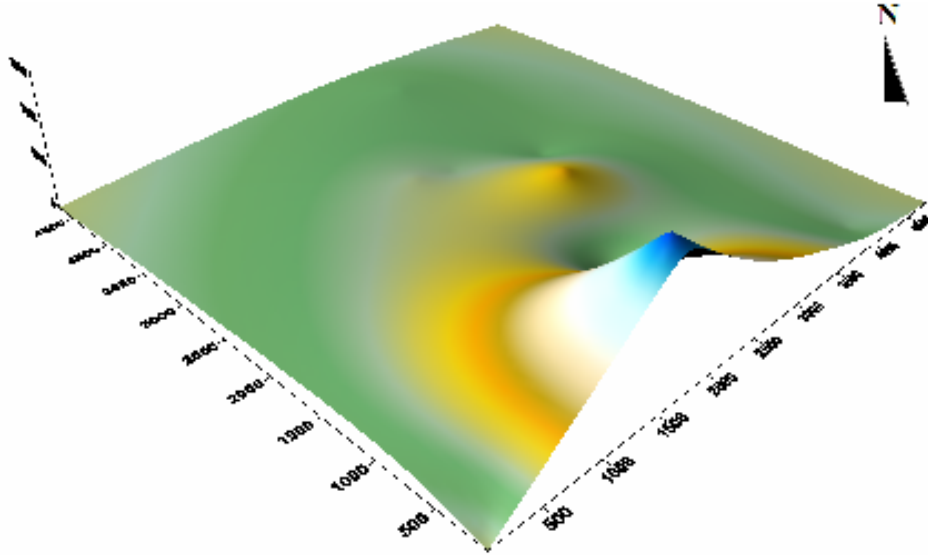
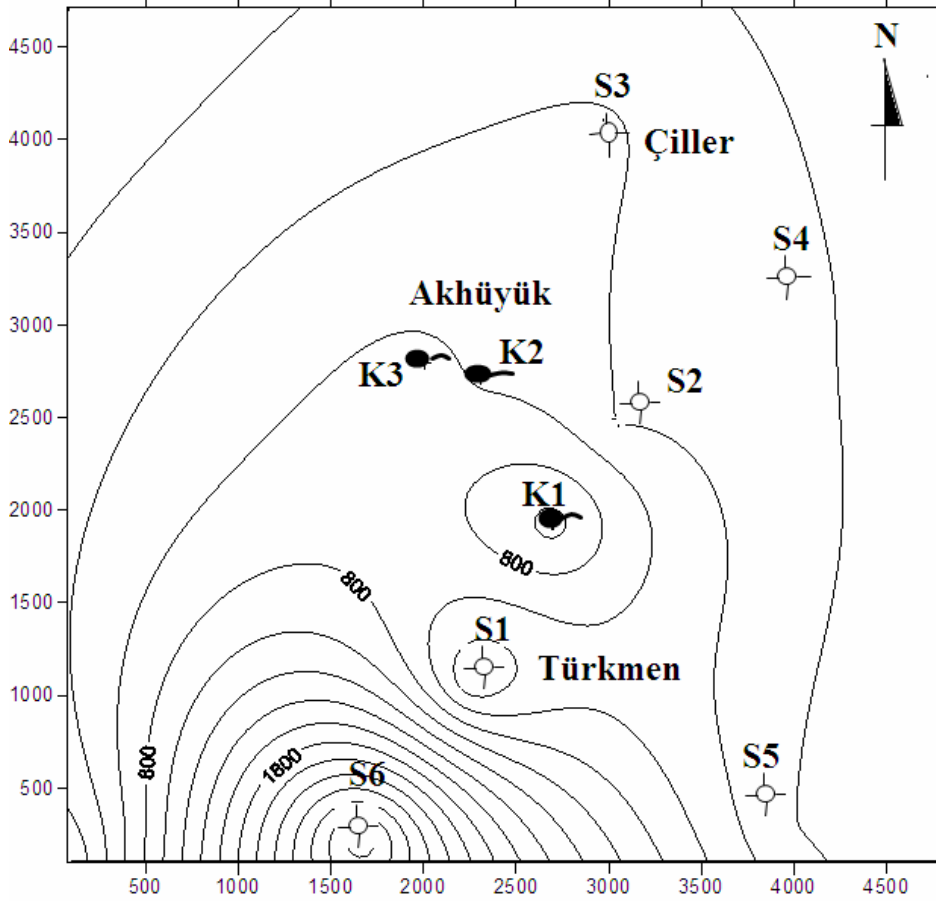
Eş bikarbonat eğrilerine göre bikarbonat miktarı S6 kuyusu etrafında yoğunluk göstermektedir (Şekil 7.7).



Şekil 7.5. İnceleme alanına ait suların eş klor (mg/l) haritası (ölçeksiz).



Şekil 7.6. İnceleme alanına ait suların eş sülfat (mg/l) haritası (ölçeksiz).



Şekil 7.7. İnceleme alanındaki suların eş bikarbonat (mg/l) haritası (ölçeksiz).

7.2. Suların Uluslararası Hidrojeologlar Birliği'ne (IAH) göre sınıflandırılması

İnceleme alanında bulunan sıcak ve mineralli sular Uluslararası Hidrojeologlar Birliği'ne (IAH) göre sınıflandırılmıştır (Canik, 1980). Bu sınıflamaya göre kaynakların katyon ve anyon toplamları %100 olarak alınmıştır. Katyon ve anyonların % miliekivelen yüzdeleri hesaplanmıştır (Tablo 7.3). Sınıflamada %20'yi aşan katyon ve anyon iyonları büyüklük sırasına göre yazılarak belirtilmiştir.

Tablo 7.3. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (% meq/l) (Ağustos, 2009).

İyonlar	Akhüyük K1	Akhüyük K2	Akhüyük K3	Akhüyük (Göçmez, 2005)	Akhüyük S2
Ca^{+2} (%meq/l)	17,65	35,05	45,28	57	36,19
Mg^{+2} (%meq/l)	16,38	27,36	25,27	26	30,47
Na^{+} (%meq/l)	65,39	37,22	44,87	16	32,38
K^{+} (%meq/l)	0,57	0,37	0,23	1	0,9
Cl^{-} (%meq/l)	88,77	69,5	64,41	16	20,75
HCO_3^{-2} (%meq/l)	5,64	1,92	2,25	47	60,38
SO_4^{-2} (%meq/l)	5,58	28,57	33,33	37	18,88

K1: Sodyum klorürlü sıcak ve mineralli su

K2: Sodyumlu, kalsiyumlu, magnezyumlu, klorürlü, sülfatlı sıcak ve mineralli su

K3: Kalsiyumlu, sodyumlu, magnezyumlu, klorurlü, sülfatlı sıcak ve mineralli su

Akhüyük(2005): Kalsiyumlu,magnezyumlu,bikarbonatlı,sülfatlı sıcak ve mineralli su

S1: Kalsiyumlu, sodyumlu, magnezyumlu,bikarbonatlı,klorurlü sıcak ve mineralli su

7.3. Suların Analiz Sonuçlarının Diyagramlarla Gösterilmesi ve Yorumu

İnceleme alanındaki suların fiziko-kimyasal analiz sonuçlarına göre sular çeşitli diyagramlarla yorumlanmıştır. Meteorik sular derinlerde dolaşarak mineral yönünden zengin duruma geçer ve Kuvaterner volkanizmasına bağlı olarak ısınarak yüzeye çıkar. Sıcak su derinlerde dolaşarak mineral yönünden zengin duruma geçer. Soğuk sular ise çok derinlere inmeden çatlaklar boyunca hareket ederek içinde dolaştığı kayaçlarla kimyasal tepkimeye girerek süreksizlikler boyunca yeryüzüne çıkarlar. Sıcak ve mineralli suların mineralizasyonu soğuk sulara göre daha fazladır.

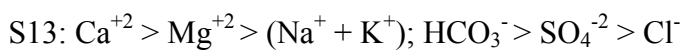
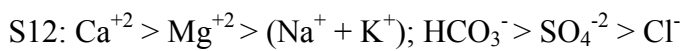
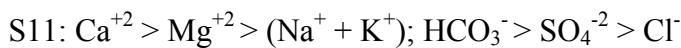
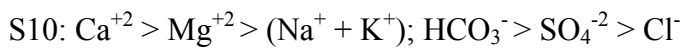
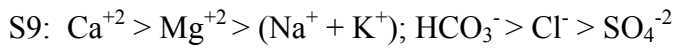
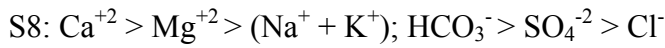
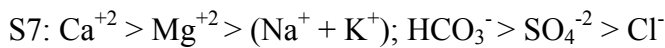
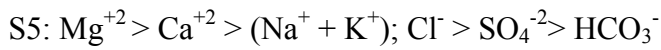
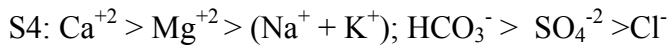
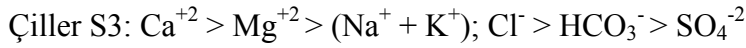
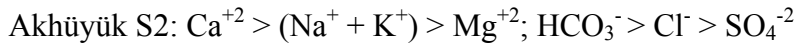
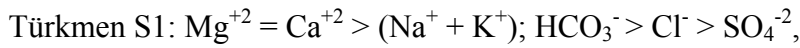
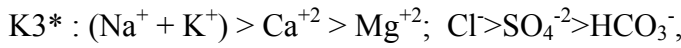
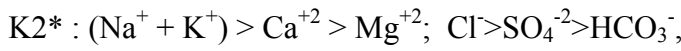
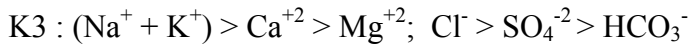
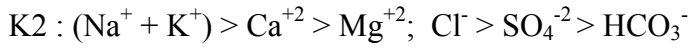
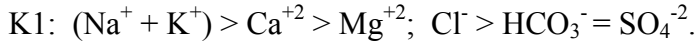
7.3.1 Schoeller Diyagramı

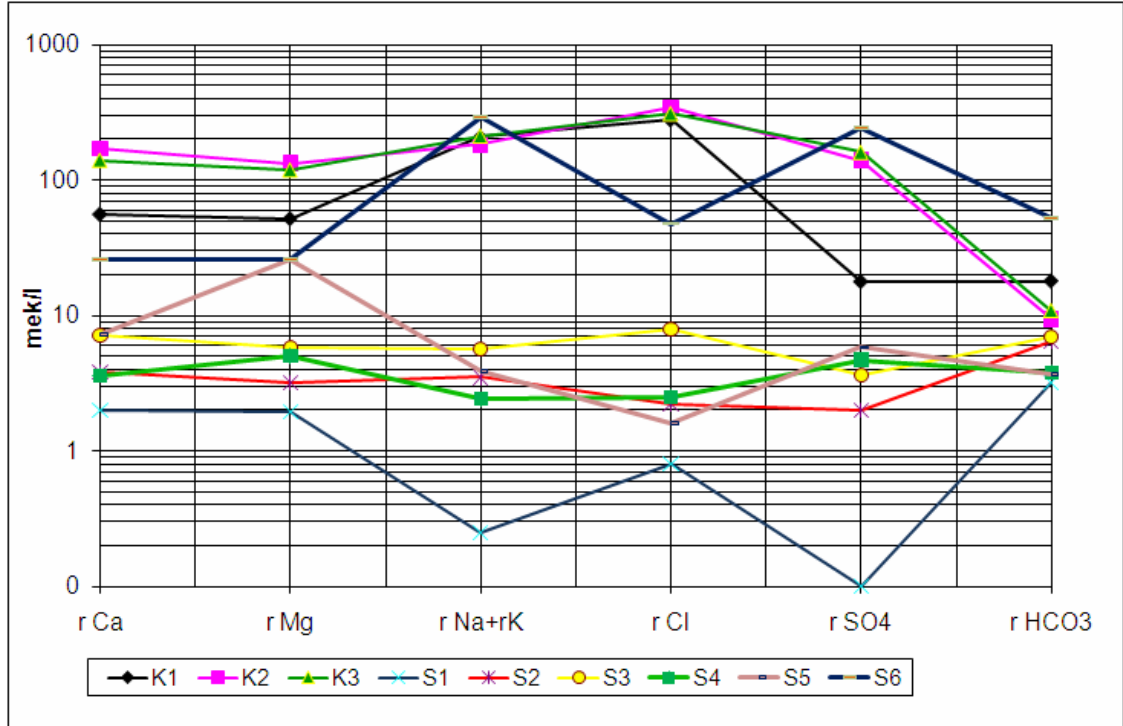
Akhüyük kaynağı ve çevresinden alınan su örneklerinin kökenlerinin belirlenmesi amacıyla yarı logaritmik Schoeller diyagramı çizilmiştir. Diyagramda aritmetik eksende iyonlar, logaritmik eksende bu iyonların miliekivelan değerleri işaretlenmiştir (Şekil 7.8). Ayrıca DSİ (1972)'den alınan sondaj sularının analiz sonuçlarına göre suların kökenlerini belirlemek amacıyla yarı logaritmik Schoeller diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 7.9).

Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre sıcak ve mineralli suların kendi aralarındaki iyon meq/l değerlerini birleştiren doğrular ile Sondaj sularının iyon meq/l değerlerini birleştiren doğrular paralel olmayıp farklıdır. Buna göre kaynak suları ile sondaj kuyu suları farklı kökenli sulardır.

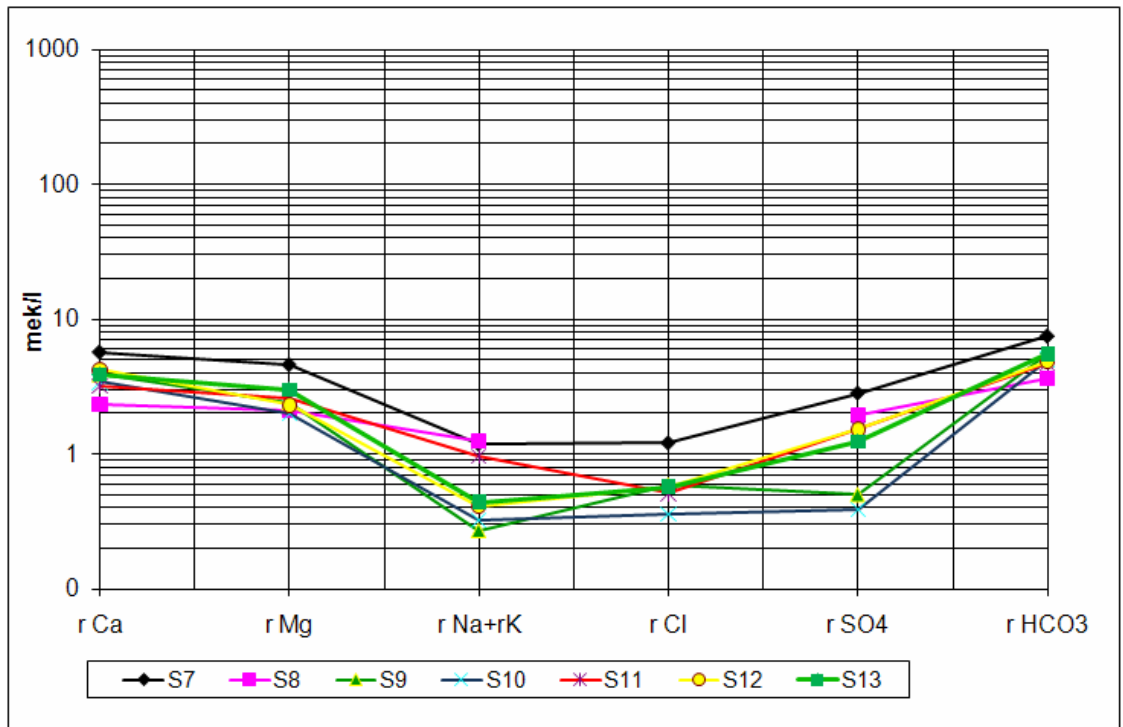
Sıcak ve mineralli sular içerisindeki CO₂'i kaybederek çözücü özelliği azalarak içerisindeki CaCO₃'ü çökeltmiş ve Ca⁺² ve HCO₃⁻ içeriği azalmıştır.

Soğuk sular içerisindeki mineraller sıcak sularda bulunan iyonlara göre daha azdır. Soğuk sulardaki minerallerin az olması aynı akiferde dolaşan suyun iyonlarca zenginleşemediğinin bir sonucudur. Schoeller diyagramına göre iyonların sıralanışı;





Şekil 7.8. İnceleme alanındaki suların 2009 yılına ait Schoeller diyagramı



Şekil 7.9. İnceleme alanındaki sondaj sularına ait Schoeller diyagramı

7.3.2 Piper Diyagramı

İnceleme alanındaki suların analiz sonuçlarına göre Piper diyagramı çizilmiştir (Şekil 7.10, Şekil 7.11). Suların anyon ve katyon değerleri anyon ve katyon üçgenine ayrı ayrı işaretlenerek bulunan noktalar eşkenar dörtgene taşınmıştır.

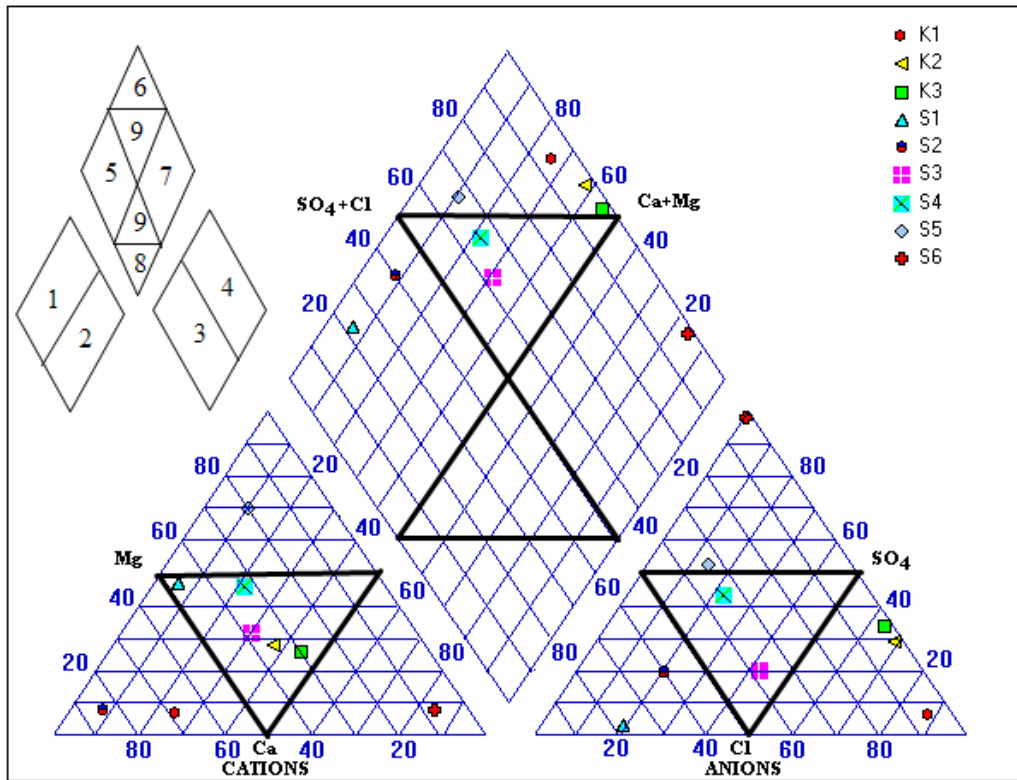
- 1.Bölgede, $Ca + Mg > Na + K$ Karbonatlı ve sülfatlı sular,
- 2.Bölgede, $Na + K > Ca + Mg$ Tuzlu ve sodalı sular,
- 3.Bölgede, $HCO_3 + CO_3 > Cl + SO_4$ (Zayıf asit kökleri > Güçlü asit kökleri)
- 4.Bölgede, $Cl + SO_4 > HCO_3 + CO_3$ lı sular,
- 5.Bölgede, Karbonat sertliği > Karbonat olmayan sertlik. Böyle sular $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lı sulardır. Karbonat sertliği % 50'den fazla olan sular,
- 6.Bölgede, Karbonat olmayan sertlik > Karbonat sertliği. Böyle sular $CaSO_4$ ve $MgSO_4$ 'lı sulardır. Karbonat olmayan sertliği % 50'den fazla olan sular
- 7.Bölgede, Karbonat olmayan alkalinite > karbonat alkalinitesi. $NaCl$, $NaSO_4$ ve KCl 'lü sular. Karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sular. Alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz suyu ve çok acı sular.
- 8.Bölgede, Karbonat alkaliliği > Karbonat olmayan alkalilik. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sulardır.
9. Bölgede, İyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen karışık bileşimli sular bulunur.

Şekil 7.10'daki Piper diyagramına göre, inceleme alanındaki S5, K1, K2 ve K3 suları 6. Bölgede olup, $MgSO_4$ ve $CaSO_4$ 'lı sulardır. S1 ve S2 suları 5. Bölgede olup karbonat sertliği %50'den fazla olan $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lı sulardır. S3 ve S4 suları 9. bölgededir. Buna göre sularda iyonlar %50'yi geçmeyen ve karışık bileşimli sulardır. S6 suyu 7.bölgeye düşüp alkali ve güçlü asitler bulunduran $NaCl$, $NaSO_4$ ve KCl 'lü çok acı sulardır.

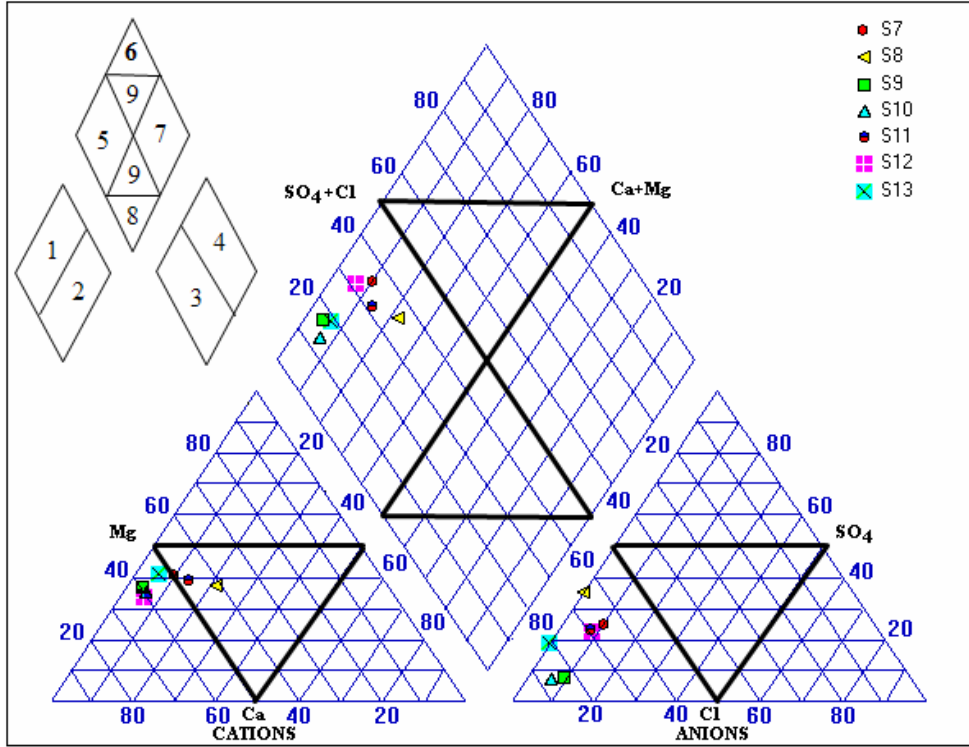
Şekil 7.11'deki DSİ sondaj kuyu suları ise, 5. Bölgeye düşüp karbonat sertliği %50'den fazla olan $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lı ve sülfatlı sulardır.

Ayrıca yağışlı ve kurak dönemlerde de Akhüyük sıcak ve mineralli su kaynaklarından alınan örneklerin analiz sonuçları değerlendirilmiştir (Şekil 7.12). K2 ve K3 suları 6. Bölgede olup, $MgSO_4$ ve $CaSO_4$ 'lı sulardır.

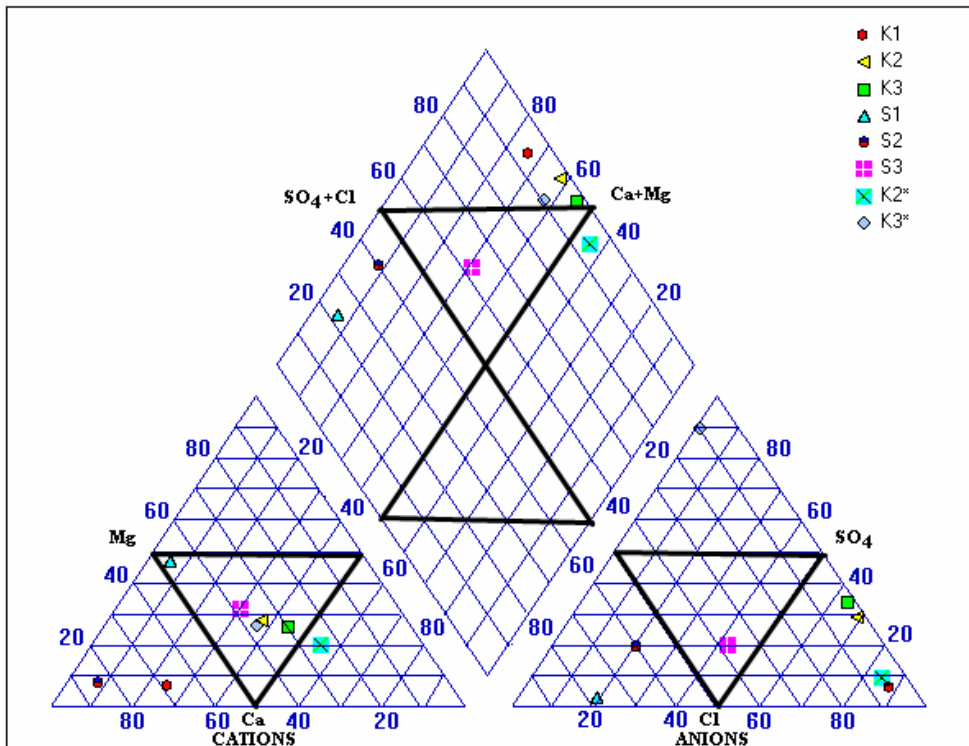
Yağışlı dönemde K2* suyunda Cl iyonu K3 suyunda SO_4 iyonları artmıştır. Kaynak suları $CaCO_3$ 'lü olup kurak dönemde SO_4 iyon değeri azalmış, yağışlı dönemde SO_4 iyon değerleri artmıştır. Bu iyon değerindeki artışın nedeni yağış sularının çevresel faktörlere bağlı kirletici unsurların yağmurlarla akifere kadar taşınmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 7.13, 7.14, 7.15, 7.16).



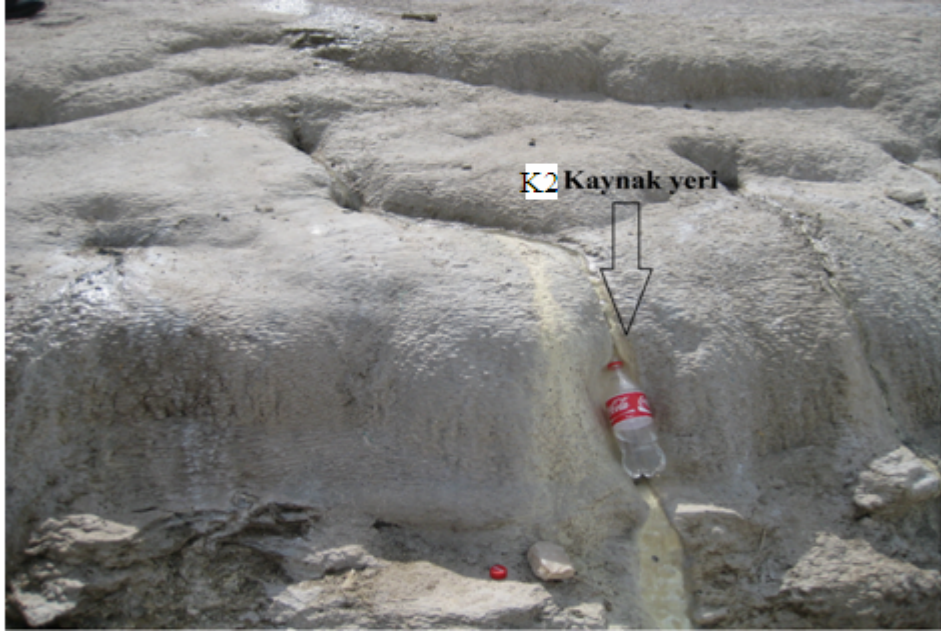
Şekil 7.10. İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı



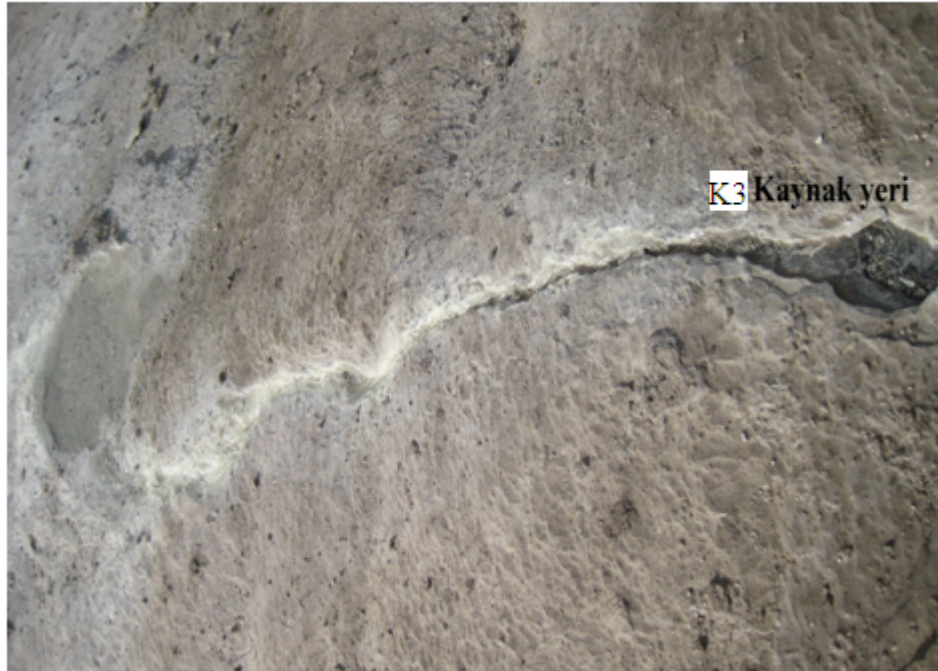
Şekil 7.11. DSİ’ den alınan sondaj sularının Piper diyagramı



Şekil 7.12. Akhüyük kaynağında yağışlı (K2* ve K3*) ve kurak (K2 ve K3) dönemde alınan suların Piper diyagramı



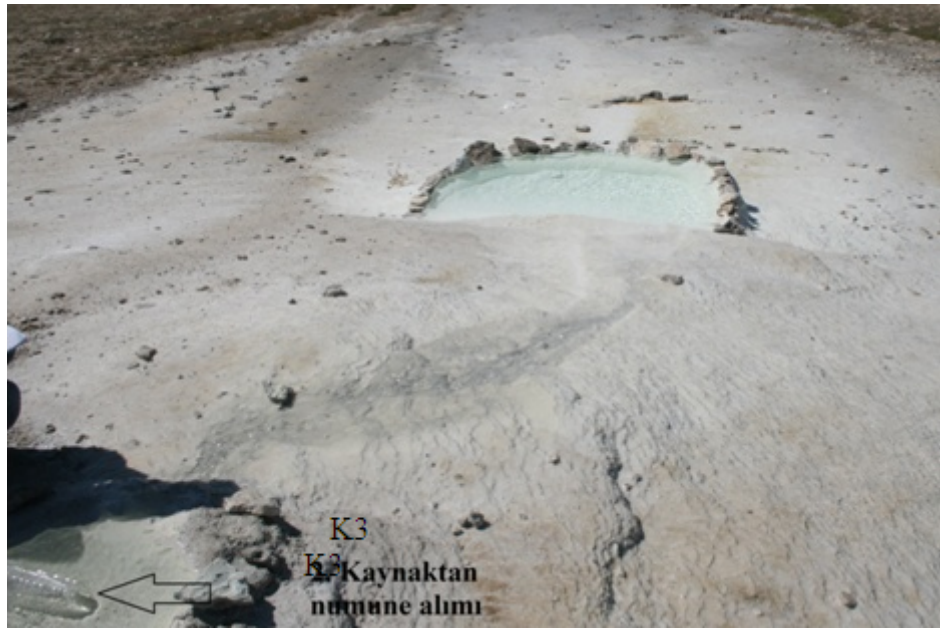
Şekil 7.13. Akhüyük K2* kaynağından yağışlı dönemde alınan su örneği
(Aralık, 2009)



Şekil 7.14. Akhüyük K3* kaynağından yağışlı dönemde alınan su örneği
(Aralık, 2009)



Şekil 7.15. Akhüyük K2 kaynağından kurak dönemde alınan su örneği
(Ağustos, 2009)



Şekil 7.16. Akhüyük K3 kaynağından kurak dönemde alınan su örneği
(Ağustos, 2009)

7.3.3. Wilcox Diyagramı

Sulama suyunda kullanılacak suyun sulamaya uygunluğu için, Wilcox diyagramı kullanılır. Suların kimyasal analiz sonuçları $\% r Na = \frac{(rNa+rK) \times 100}{rCa+rMg+rNa+rK}$ formülü kullanılarak Wilcox diyagramında yorumu yapılmıştır (Şekil 7.17). Diyagrama göre Akhüyük kaynak suları (K1, K2 ve K3) içmeye uygun olmayan sular olup S2, S3, S4 ve S5 suları iyi, kullanılabilir özelliktedir. S1, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13 çok iyi kullanılabilirlikte sular olup, S6 suyunun kullanımı şüphelidir.

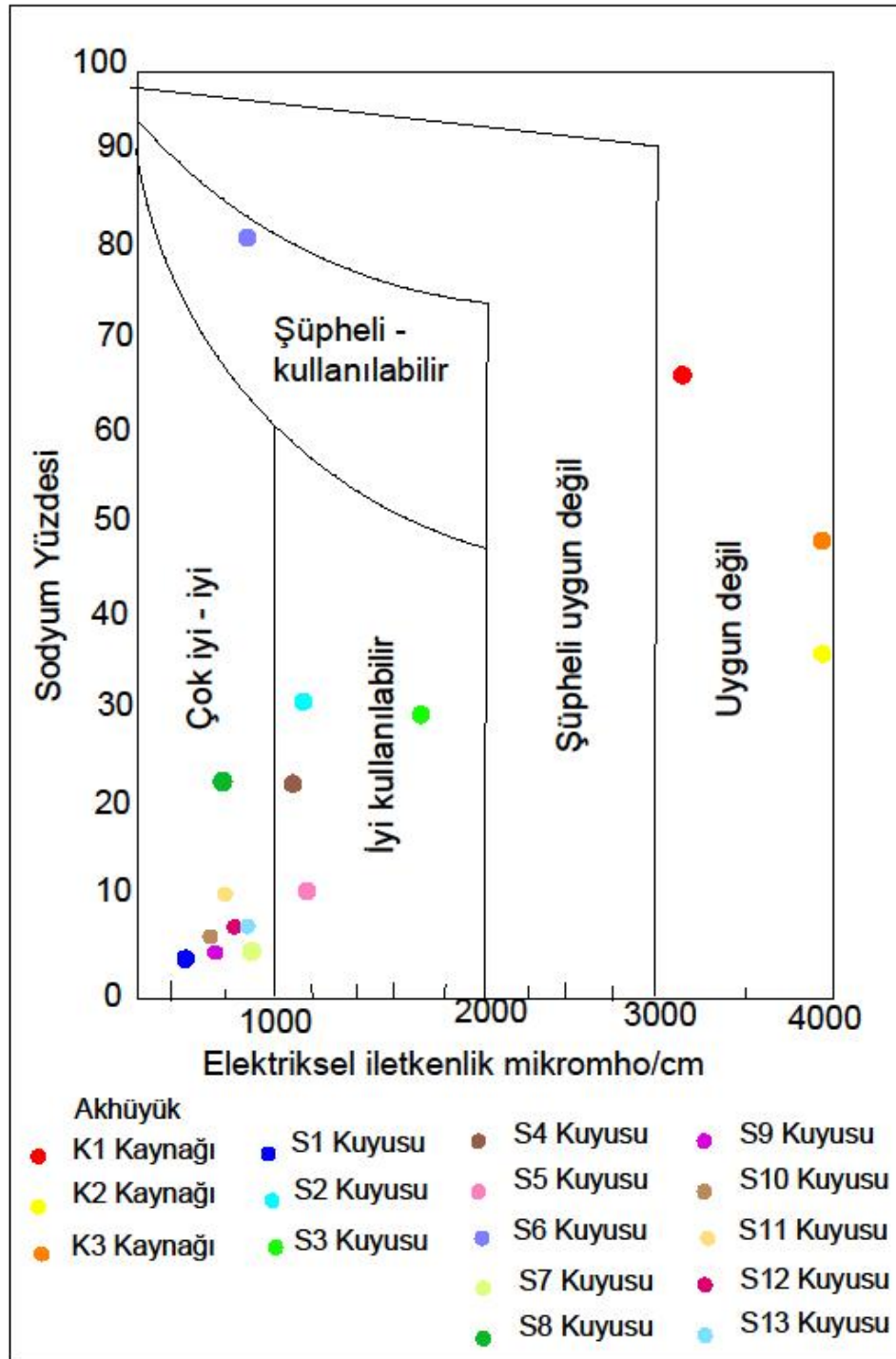
7.3.4. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Suların sulama amaçlı kullanımı ABD Tuzluluk diyagramı ile de tespit edilir. $SAR = rNa / \sqrt{(rCa + rMg) / 2}$ formülü kullanılarak SAR değerleri hesaplanmıştır (Tablo 7.4, Şekil 7.18).

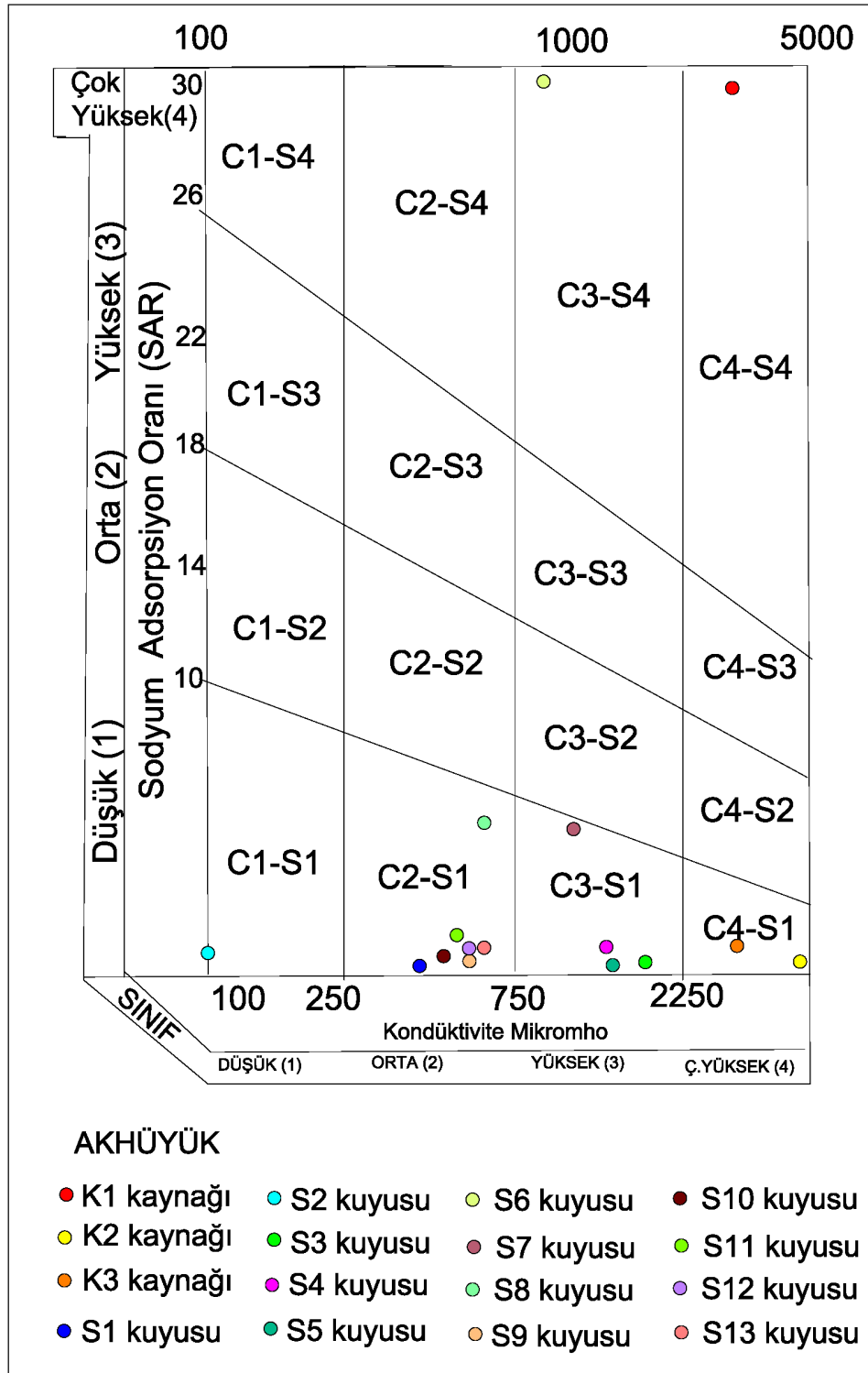
K1, K2, K3 ve S6 suları C4S1 olup, çok fazla tuzlu, az sodyumlu su olup çok iyi drenajı yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir ve Sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için kullanıma uygundur.

S1, S2, S8, S9, S10, S11, S12 ve S13 suları C2S1 olup, orta tuzlulukta az sodyumlu su olup sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir. Her türlü tarım için uygundur.

S3, S4, S5 ve S7 suları C3S1 olup, fazla tuzlu ve az sodyumlu su olup sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun olup, drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz.



Şekil 7.17. İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı



Şekil 7. 18. İnceleme alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Tablo 7.4. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramının yorumu

Tuzluluğa Göre Alt Sınıflar	C ₁	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.
	C ₂	Orta tuzlulukta su. Orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.
	C ₃	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
	C ₄	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenajı yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir.
Sodyum Miktarına Göre Alt Sınıflar	S ₁	Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun.
	S ₂	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun.
	S ₃	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.
	S ₄	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılmaz.

7.4. Doymunluk İndislerinin Hesaplanması

Yer altı suyu akifer sisteminde dolaşırken kimyasal tepkimeler oluşmaktadır. Bu durumda yer altı suyunda çeşitli minerallerin doymunluk durumları belirlenerek hidrojeokimyasal ortam hakkında yorumları yapılmaktadır.

Akhüyük sıcak ve mineralli sular ile soğuk suların doymunluk indisleri Phreeqc (Parkhurst ve Appelo, 1999) bilgisayar programında hesaplanmıştır. Sularda anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips, Halit gibi minerallerin çökelme ortamında bulunabilecek doymunluk durumları grafiksel olarak değerlendirilmiştir (Tablo 7.5, Şekil 7.19).

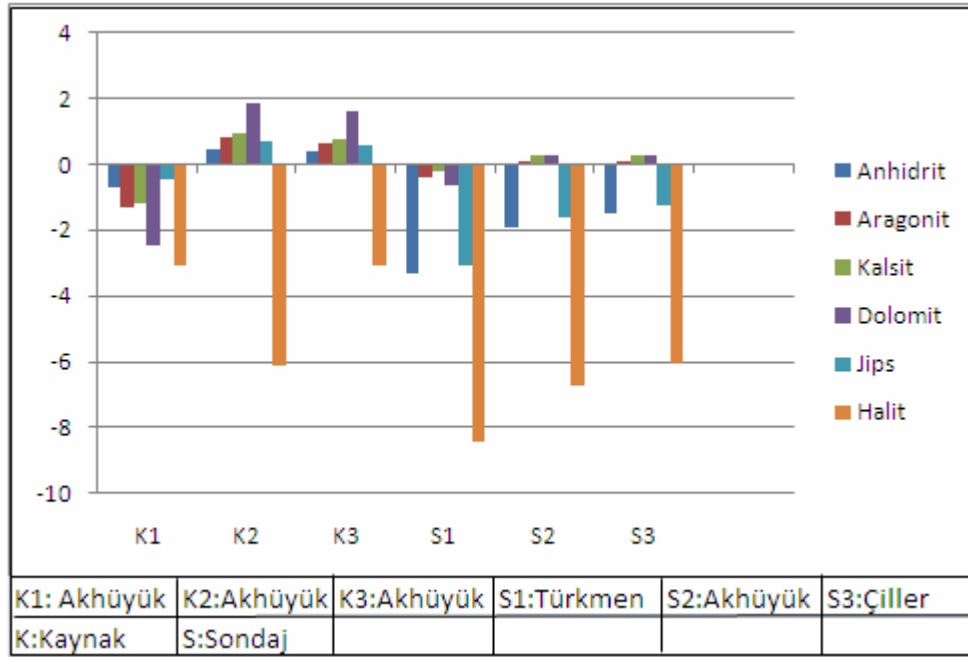
Tablo 7.5. İnceleme alanındaki suların doymunluk indeksleri

Mineraller	Akhüyük K1 Kaynağı	Akhüyük K2 Kaynağı	Akhüyük K3 Kaynağı	Türkmen S1 kuyusu	Akhüyük S2 kuyusu	Çiller S3 kuyusu
Anhidrit (CaSO ₄)	-0.68	0.45	0.37	-3.31	-1.89	-1.50
Aragonit (CaCO ₃)	-1.32	0.80	0.64	-0.39	0.11	0.11
Kalsit (CaCO ₃)	-1.16	0.95	0.78	-0.23	0.27	0.27
Dolomit (CaMg(CO ₃) ₂)	-2.49	1.87	1.60	-0.64	0.26	0.25
Jips (CaSO ₄ :2H ₂ O)	-0.43	0.69	0.60	-3.05	-1.64	-1.24
Halit (NaCl)	-3.07	-6.13	-3.09	-8.41	-6.76	-6.03
logCO ₂	-3.15	-1.26	-1.08	-2.23	-2.02	-1.77

Akhüyük sıcak ve mineralli su kaynaklarından K2 dolomit, aragonit, kalsit, anhidrit, jips minerallerine doygundur. K3 dolomit, kalsit, aragonit, jips ve anhidrit minerallerine doygundur.

Soğuk sulardan S2 kuyu suyu kalsit, dolomit ve aragonit minerallerine doygundur. S3 kuyu suyu kalsit, dolomit ve aragonit minerallerine doygundur.

Sıcak suların doygunluk indisleri, soğuk sulara göre daha fazladır.



Şekil 7.19. İnceleme alanındaki suların doygunluk indislerinin grafikte gösterimi

8. TRAVERTENLER

8.1 Traverten Tanımı ve Çökelişi

Traverten sözcüğü, İtalya'da geniş traverten çökellerinin bulunduğu Tivoli'nin, Roma zamanındaki adı olan "Tivertino"dan gelmektedir. Travertenler açık renkli, yer altı veya yerüstü suyundan eriyik halinden başlayarak çökeltilmiş kalsiyum karbonattır (Altınlı, 1986). Kalsiyum çökellerinden en yaygın görüleni travertenlerdir. Travertene sutaşı, Kalktuf, sinter ve yollu mermer de denmektedir (Bögli, 1980).

Traverten terimi 1863'de Lyell, 1864'te Cohn, 1889'da Weod ve 1932'de Howe tarafından kullanılarak literatüre girmiştir (Julia, 1983).

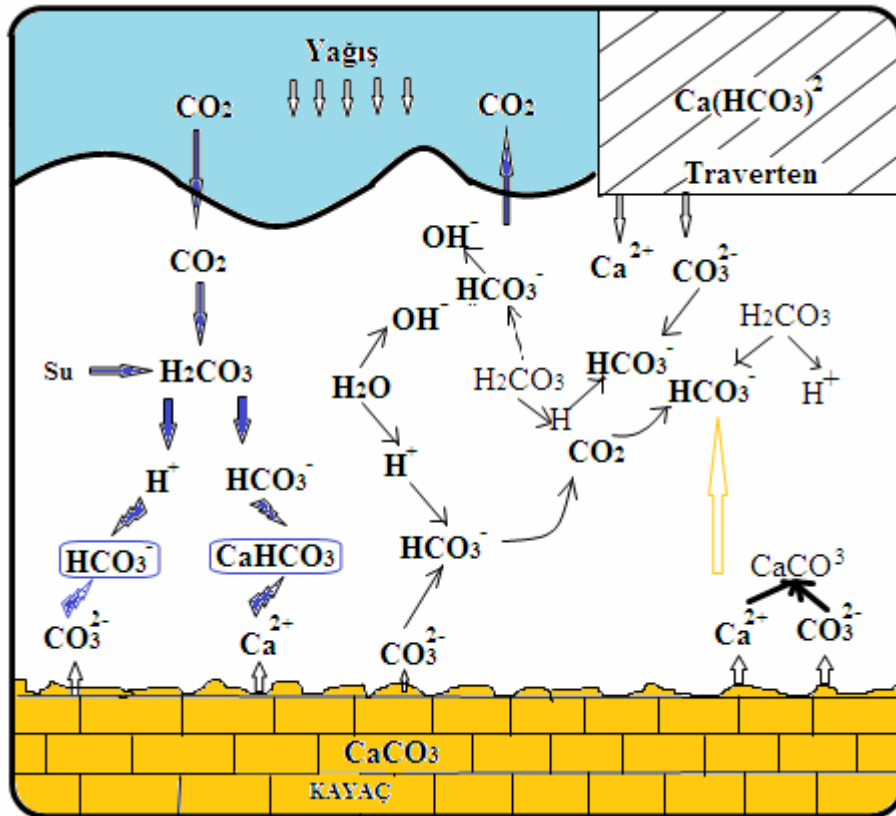
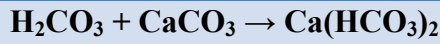
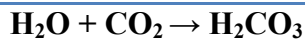
Travertenler, yüksek karbondioksit kısmi basıncına sahip çözünmüş kalsit içeren kalsiyum bikarbonatlı $[Ca(HCO_3)_2]$ yeraltı suları, kaynaklardan çıkarken, sıcaklık artışına bağlı olarak bünyesindeki CO_2 'i kaybeder. Kalsite doymun suyun buharlaşması sonucu kalsitin çökmesi ile oluşmuştur. Genellikle iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapıli kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bileşimli çökellerdir.

8.2. Travertenlerin Oluşum Modeli

Travertenler; kalsiyum (Ca^{+2}) ve karbonat (CO_3^{-2}) ya da kalsiyum bikarbonat ($Ca(HCO_3)_2$) içerikli kaynak suları tarafından, kırık/çatlaklar boyunca yükselerek yer yüzeyinde, CO_2 basıncının azalmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde çökeltilerek oluşmuş, genellikle iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapıli kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bileşimli çökellerdir. Kireçtaşını eriten karbonikasitli sular, kalsiyum bikarbonat olarak yüzeye çıkarlar. Bu durumda basıncın azalmasıyla CO_2 uçar, H_2O akıp giderse geriye kalan $CaCO_3$, olduğu yerde birikmeye başlar. Bu birikmeler travertenleri meydana getirir (Şekil 8.1).

Oluşum sürecinde, biyokimyasal faktörler çok önemlidir. Sıcaklık artışı, buharlaşma, bitkiler, bakteriler CaCO_3 çökelimini artırıcı etkenlerdir.

Yağışın etkisiyle atmosferden gelen CO_2 , su ile birleşerek karbonik asit oluşturur. Böylece suyun eritici özelliği artar. Karbonik asitli sular karbonatlı kayaç ile temas ettiğinde kalsiyum karbonatı eriterek bünyesine alır. Sular kalsiyum bikarbonatça zengin hale gelir. Bu sular yüzeye çıkarken CO_2 i atmosfere bırakır ve ikincil kalsiyum karbonat çökelişi ile traverten oluşumu meydana gelir (Duru, 2006).



Şekil 8.1. Traverten oluşum modeli (Ford ve Williams, 1989'dan kısmen değiştirilerek alınmıştır).

8.3. Traverten Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Travertenlerin Oluşum Modeli kireçtaşlarındaki bünye sularına yağışların etkisiyle atmosferden yada akifer kaynaklardan gelen karbondioksit, karbonikasit oluşturarak suyun eritici özelliğini artırır. Bu sular, kireçtaşlarını katederken, onlardan bol oranda kalsiyum karbonatı eriterek bünyesine alır ve kalsiyum bikarbonatça yoğun hale gelir. İkincil çökeliimin ürünü olan bu oluşum travertenleri meydana getirir.

Atmosferde CO₂ ile karşılaşan su kısmi basınçla doğru orantılı olarak CO₂'i çözer. Buradaki CO₂ zayıf asit olan H₂CO₃ oluşturacak şekilde H₂O ile reaksiyona girer. Karbonatlı kayaçları çözererek yeryüzüne çıkan suların taşıdıkları CO₂ gazının atmosfere karışmasıyla, traverten çökeliimi başlar. Traverten çökeliimi hızlı ve değişkendir. Yanal ve düşey fasiyes farklılıkları bu tatlı su karbonatlarının belirgin bir özelliğidir. Kaynak ağzlarının yer değiştirmesi, su miktarının azalıp çoğalması, suyun akış hızı ve yönünde meydana gelen değişiklikler, su üstüne çıkan yüzeylerin yeniden işlenmesi ya da aşındırılması, topraklaşma etkileri, traverten sahalarında sıkça rastlanan durumlardır.

İklim faktörleri, suyun soğuması ve yağmur sularının karışması kaynak sularının kimyasını hızla değiştirir. Topoğrafya, fasiyes ve istif gelişimi üzerinde belirleyici bir rol oynar. Özellikle termal kaynakların tepe ve yamaçlar üzerinde bulunduğu durumlarda topoğrafya faktörü daha da önem kazanır.

Traverten çökeliiminde etkili olan faktörler şu şekilde açıklanabilir:

- Fiziksel Faktörler
- Karbonatlı Akiferin Özellikleri
- Toprak ve Bitki Örtüsü
- Kimyasal Faktörler
- Biyolojik Faktörler

8.3.1 Fiziksel faktörler

- **Sıcaklık:**

Suyun sıcaklığında meydana gelen değişim CO₂ basıncını da değiştirir. Sıcak kaynaklarda suyun içerisindeki CO₂ daha çabuk uçacağından traverten oluşumu daha fazla olur.

Drake ve Wigley (1975) karbonat çökeliminde etkili olan sıcaklık ve kısmi karbondioksit basıncını incelemiştir.

$\log P_{CO_2} = -2 + 0.004 T$ dir.

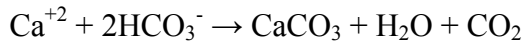
T: Sıcaklık (°C)

P_{CO₂}: Kısmi CO₂ basıncı

Buna göre sıcaklık artışına bağlı olarak kısmi karbondioksit basıncı artmaktadır. Karbonatlı kayaca gelen suyun kısmi basıncı (% 0.03, T = 25 °C) atmosfer kısmi basıncına eşittir.

Kış aylarında soğuk olan su yüzeyden kayacın derinliklerine doğru daha sıcak bölgeye süzülür. Burada sıcaklığın artmasıyla kısmi CO₂ basıncı da artar. Bu basıncın artışıyla da yer altı suyu daha fazla CaCO₃ çözer ve böylece suyun kalsite doygunluğu artar. Bu su tekrar yüzeye çıktığında CO₂ basıncı aniden düşer ve traverten çökeli mi meydana gelir.

İnceleme alanında Akhüyük kaynağının sıcaklığı 2009 Nisan ayında 16.5 °C, 2009 Aralık ayında 21.5 °C'dir. Nisan ayında kaynak sıcaklığının düşmesinin nedeni, Nisan yağışlarının derinlere doğru ilerlerken kaynak suyuna karışmasından dolayı olabileceği düşünülebilir.



- **Yağış:**

Yağış ile kısmi CO₂ basıncı arasındaki ilişki Drake ve Wigley (1975) tarafından şöyle açıklanmıştır;

$$\log P_{CO_2} = 2.55 + 0.0004 \times \text{Yağış}$$

Yağış, kısmi CO₂ basıncının artmasına neden olur. Basıncın artmasıyla suyun CaCO₃ çözünürlüğü ile doygunluk derecesi artar. Bunun sonucunda traverten çökeliminin artması gerekir. Ancak yağmur suyu karbonatlı kayaca girdiğinde su hacmi artar ve yer altı suyu seyrelirse suyun doygunluğu azalır. Bu da traverten çökelimini azaltır.

İnceleme alanında Akhüyük kaynağındaki HCO₃ miktarı, 2009 yılı yağışlı dönemde 17.64 - 22.4 meq/l arasındayken, kurak dönemde 9.4-10.8 meq/l arasındadır. Ca miktarı yağışlı dönemde 98-205 meq/l, kurak dönemde 170-140 meq/l arasındadır (Bkz. Tablo 7.1). Buna göre yağışlı dönemde HCO₃ ve Ca miktarının fazla olması nedeniyle kısmi karbondioksit basıncı artmış ve suyun CaCO₃ çözünürlüğü ile traverten çökelimi de artmıştır.

- **Buharlaşma:**

Yüksek sıcaklığa sahip bölgelerde kaynaktan çıkan suların buharlaşmasıyla, su içerisindeki karbonat konsantrasyonu artar. Su, karbonat açısından aşırı doygun hale gelir ve traverten çökelimi gerçekleşir. Toprak yüzeyinden süzülen suların buharlaşmayla kısmi CO₂ basıncı artar. Bu nedenle yer altı suyu daha fazla CaCO₃ çözer ve suyun doygunluğu artar. Böylece traverten çökelimi de artmaktadır.

İnceleme alanındaki Akhüyük kaynağında 2008 yılı toplam yağış miktarı 312 mm, toplam düzeltilmiş buharlaşma değeri ise 781.7 mm'dir (Bkz. Tablo 1.4). Gerçek buharlaşma (P) = % 250 oranında artış gözlenmiştir. Buna göre 2008 yılında buharlaşmanın fazla olması nedeniyle kaynaktan çıkan suların buharlaşması fazla olup, karbonat konsantrasyonu artmış ve traverten çökelimi meydana gelmiştir.

- **Atmosfer Basıncı**

Atmosfer basıncı, deniz seviyesinden daha yüksek yerlere doğru çıktıkça düşer. Yüksek rakımlı yerlerde basıncın düşmesiyle yer altı suyunun karbonat çözebilme özelliği azalır. Yer altı suyundaki doygunluk azaldığında traverten oluşumu gerçekleşmez.

Basıncın düşmesi, buharlaşma ve CO₂'in atmosfere geçiş hızları, çökme hızı ile doğru orantılıdır. Bu durum daha çok sıcak bölgelerde gerçekleştiğinden bu bölgelerdeki travertenler kaynak ve çevresinde yaygın olarak gelişebilmektedirler. Travertenlerin şekil ve fiziksel özellikleri ile çökme hızı ilişkilidir. Çökme hızlı olduğunda traverten gözenekli ve dayanıksız olmakta, çökme yavaş olduğunda ise oluşan traverten depoları meydana gelmektedir.

- **Topoğrafya**

Çökmenin meydana geldiği zeminin topoğrafik özellikleri travertenlerin oluşumunda çok önemli rol oynar. Eğer kaynak suları düz bir zemin üzerinde ince bir tabaka halinde geniş alanlara yayılıyorsa; basıncın düşmesi, soğuma, buharlaşma ve CO₂ çıkışı bunlara bağlı olarak da çökme daha hızlı gerçekleşir.

Topoğrafya düzensiz ve eğimli olduğu takdirde su kütsel ve hızlı akacağından bu durumda çökme daha yavaş ve daha uzaklarda devam eder. Çökme hızlarında farklılıklar travertenlerin görünüm ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Böylelikle zeminin topoğrafik özellikleri dolaylı olarak çökme şartlarını ve traverten oluşumunu kontrol eden önemli bir dış etkidir.

Topoğrafik özelliklerin travertenlerin morfolojisinde diğer bir etkisi traverten oluşumu sırasında farklı kademelerde havuz ve saçaklarının oluşumu şeklindedir (Erinç, 1971). İnceleme alanındaki travertenlerin farklı kademelerdeki havuz ve saçakları bunun mükemmel örneklerini oluşturmaktadır.

İnceleme alanındaki Kükürt Tepe ve çevresinde topoğrafya eğimi fazla olmadığı için yüzeye çıkan su geniş alanlara yayılarak, basıncın düşmesi ve CO₂ çıkışına bağlı olarak çökme hızlı gerçekleşmiştir.

8.3.2 Karbonatlı Akiferin Hidrolik Özellikleri

➤ Akım

Akiferlerdeki yer altı suyu akımı kırık, çatlak ve gözenekler boyunca gerçekleştiğinde akım hızı yavaş olur. Suyun yavaş akımı CO₂'in dereceli kaybını ve suyun kayaç ile uzun süre temas ettiğini gösterir. Bu durumda da yer altı suyunun doygunluk derecesi 1'den büyük olur. Kalsite doygun sular yüzeye çıktıklarında masif traverten oluşumu gerçekleşir.

Beslenme bölgesinden düden ve dolinlerle kaynağın boşaldığı akifere giren su erime boşlukları ve mağaralardan hızlı bir şekilde çıkışa ulaşır. Bu nedenle kayaç içerisinde suyun dolaşımı çok kısa sürer. Bunun sonucunda sular kalsite doymadan yüzeye çıkar ve traverten oluşturamazlar.

İnceleme alanında yer altı suyu akım yönü kuzeybatıdan güneydoğuya doğrudur.

➤ Depolama Kapasitesi

Karbonatlı akifer içerisinde dolaşan suyun doygunluğu, akiferin hacmine bağlı olarak değişir. Akiferde depolanan suyun dolaştığı kesim ne kadar büyük olursa, suyun karbonatlı kayaçlarla etkileşimi de bir o kadar uzun olur. Böylece suyun kalsite doygunluk derecesi artar. Kalsite doygun sular kaynak çıkışından yüzeye çıktıklarında traverten oluşumları meydana gelir.

İnceleme alanında Akhüyük kaynak sularının doygunluk indisleri hesaplanmıştır. Buna göre kaynak sularının kalsit, dolomit, aragonit, jips ve anhidrite doygun olduğu belirtilmiştir (Bkz.Şekil 7.17). Temelde Tapır formasyonuna ait kireçtaşları içinde dolaşan suyun karbonatlı kayaçla etkileşimi fazla olduğu için suyun doygunluk derecesi artmıştır ve traverten çökelişi meydana gelmiştir.

➤ Beslenme Koşulları

Yüzeyden yeraltına sızan yağmur veya kaynak suları akiferin beslenmesini sağlar. Yüzeyden akifere giren karbonik asitçe zengin sular kırık ve çatlaklar boyunca derinlere inerken bitki kökleri ve organik maddelerle etkileşerek CO_3 ve HCO_3 'çe zengin hale gelir. Bu sular tekrar atmosfere çıktıklarında hızlı CO_2 kaybıyla beraber traverten oluşumu meydana gelir.

8.3.3 Toprak ve Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü ve çözünmüş organik maddelerle örtülü kireçtaşları fazla miktarda çözünmüş CO_2 içeren sulardan etkilenir. Bitki örtüsü, altındaki kireçtaşlarının hem serbest atmosfer etkisi, hem de bitki örtüsü altında çözünmeye uğradığını gösterir.

Özellikle nemli tropikal iklimlerde bitki ve humusla kaplı kireçtaşlarında bitki köklerinin çatlak ve kırıklar içinde kireçtaşlarını çözüdürerek yuvarlak çukurlar oluştururlar. Kaynak suyunun hızlı akımı CO_2 'in ani kaybını ve süngerimsi yada bitki boşluklu travertenin oluşumunu sağlar (Erinç, 1971). Kalsiyum bikarbonatlı sular, eski topografya üzerinde bulunan bitkileri katederken, suyun CO_2 içeriğinin bir kısmı atmosfere karışır. Bir kısmı da fotosentez amacıyla bitki tarafından çökelererek onu sarar. Çökelmenin devamıyla konsantrik halkalar halinde kalınlaşır, içeride kalan bitki kök yada gövdesi çürüyerek yerinde bir boşluk bırakır. Koşullar devam ettiğinde, CaCO_3 çökeli mi bu boşluğu içe doğru konsantrik halkalar halinde doldurur (Şekil 8.2).



Şekil 8.2. Kükürt Tepe’de traverten oluşumunda meydana gelen Konsantrik halkalar

8.3.4 Kimyasal Faktörler

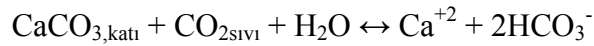
- **CO₂ Miktarı ve Kısmi CO₂ Basıncı**

Suyun içinde çözülmüş olarak bulunan gaz miktarı, suyun akiferden yüzeye çıkışına, basınçta meydana gelen değişime ve sudaki çözünen bileşenlere bağlı olarak değişir. Sudaki CO₂ gazlarının kısmi basınçlarındaki artış sudaki kalsiyum ve diğer bileşenlerin hareketliliğinde artış meydana getirebilir. Doğal su kaynaklarında bulunan çözülmüş CO₂ gazı, derin kuyulardaki basınç altında karbonik asit’e dönüşür. Bu da suyun pH derecesini düşürür.

CO₂ atmosferden toprağa sürekli döngü halinde dolaşan bir bileşendir. Atmosferde CO₂ miktarı yani kısmi CO₂ basıncı çok yüksektir. Kalsit doygunluğu için gereken, yeterli yüksek CO₂ kısmi basıncını muhafaza etmek için belli miktarda CO₂ teminine ihtiyaç vardır. Yağmur sularıyla karbonatlı kayalara doğru CO₂ aktarımı olur. Böylece yer altı suyunda CO₂ miktarı artarak suyun kalsit çözebilme özelliği artar.

Toprak hacmindeki %10'luk CO₂, kalsit çözünürlüğünü 500 mg/l'ye kadar artırabilir (Picknett, Bray ve Stenner, 1976).

Herhangi bir sıcaklıkta sıvı çözelti içindeki CaCO₃ minerallerinin çözünürlüğü CO₂'nin artan kısmi basıncı ile artar. CO₂ gazındaki azalma pH değeri ve CO₃⁻² iyon konsantrasyonunda artışa neden olur. Özellikle CO₃⁻² konsantrasyonundaki artış, başlangıçta kalsitle doymuş sıcak suyu, kaynama vasıtasıyla, aşırı doymun hale getirir.



$$\text{Henry Yasası } \text{CO}_{2(\text{sivi})} = \text{Cab} \times \text{P}_{\text{CO}_2} \times 1.963$$

CO_{2(sivi)} (g/l): Karbondioksit Çözünürlüğü, Cab: Sıcaklığa bağlı bir katsayı, P_{CO2}: Kısmi CO₂ Basıncı, 1.963: 20°C'de 1 litre CO₂'in gram ağırlığı

CO₂'in çözünürlüğü Henry yasasına göre Kısmi CO₂ basıncıyla doğru orantılı, sıcaklık ile ters orantılıdır.

İnceleme alanına yağmur sularından gelen CO₂, yeraltında karbonatlı kayalara geçerek yer altı suyunda CO₂ miktarını artırarak suyun kalsit çözebilme özelliğini artırmıştır.

- **pH Etkisi:**

pH'ın artmasıyla karbonat (CO₃⁻²) ve bikarbonat (HCO₃⁻) değerleri artmaktadır. pH = -log [H⁺]

Karbonat (CO₃⁻²) ve bikarbonat (HCO₃⁻) değerlerinin artması sonucunda traverten çökeli mi de artmaktadır. Akhüyük kaynağı ve çevresinden alınan suların analiz sonuçlarına göre pH değerleri 6,4 ile 8,1 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre pH'ın 7 den fazla olduğu için karbonat ve bikarbonat değerleri artarak traverten çökeli minde pH etkili olmuştur.

- **Renk:**

Traverten bileşiminde CaO ve Fe₂O₃ bileşenleri rengin değişmesine neden olur. Fe₂O₃ bileşeninin fazla olması rengin açık sarıdan kahverengi ve kırmızıya kadar değiştiğini göstermektedir.

CaO bileşeninin yüksek olması traverten renginin beyaz olmasına neden olmaktadır (Ayaz, 2002).

- **Sertlik ve Alkalinite**

Bileşimde CaO değerinin yüksek olması travertenlerin renginin beyaz olmasına ve sertliğinin fazla değişkenlik göstermediğine işaret eder. Travertenlerde Ca⁺² ve Mg⁺² bileşenlerinin toplamının yüksek olması sertliği artırmaktadır.

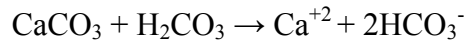
Akhüyük kaynağından alınan suların Ca + Mg değeri 175.3 – 347.8 meq/l'dir. Bu değer çok yüksek olması kaynak suyunun sertliğinin fazla olduğunu göstermektedir.

Çözünmüş karbonat ve [Ca⁺²] iyonlarının varlığı CO₂ miktarına büyük ölçüde bağlıdır. Bir çözeltinin alkalitesi, Alkalinite = mHCO₃ + 2mCO₃ şeklinde çözünmüş zayıf asitlerin eşdeğer toplamıdır.

Suların sertliği (rCa + rMg) * 5 formülünden Fransız sertlik derecesi, [(rCa + rMg)] * 0,56 formülü ile Alman sertlik derecesi bulunmuştur. Kaynak sularının Fr sertliği 300 – 847,5 arasında, Alman sertliği ise 168 - 474,6 arasında değişmektedir. Sondaj kuyu sularının Fr sertliği 22,3-145,6, Alman sertliği ise 12,48-81,54 arasındadır. (Bkz. Tablo 7.1).

- **Asit Etkisi**

Asitler kalsit çözünürlüğünü artırır. Kalsitin çözünmesi sırasında da karbonik asit tüketimi söz konusudur. P_{CO_2} basıncı ne kadar büyükse kullanılacak H_2CO_3 miktarı da o kadar fazladır (Şener ve ark, 2005).



Karbonik asit (H_2CO_3) CO_2 'in yer altı suyu ile karışmasıyla çözünürlüğü artırır ve Ca^{+2} iyonu ile birleşerek yüzeyde traverten oluşumu gerçekleştirir. Bitkilerin çürümelemleri ile meydana gelen organik asitler de kalsit çözünürlüğünü artırır.

8.3.5. Biyolojik Faktörler

Bitkilerin fotosentez ve solunumları sudaki CO_2 konsantrasyonunda etkilidir. Traverten sahasında set ve havuzcularda bitki kolonizasyonları suyun seviyesi, miktarı ve derinliği ile ilgili olarak dağılım gösterir. Sürekli su içinde kalan yerlerde algler (Cyanophyceae, Chlorophyceae), su seviyesinin hareketli ve değişken olduğu sahalarda ciğer otları (Hepaticae), setlerin yüksek kısımlarında zaman zaman su çarpmalarının olduğu kesimlerde ise karayosunları (Musci) dominant bitki topluluklarını oluştururlar (Çetin, 1991).

Travertenler erimenin bol olduğu, tropik iklim bölgelerinde daha çok görülür. Suyu daha az olan kaynakların bulunduğu yerlerde ise oluşan şekiller daha küçüktür. Üst üste yığılan travertenler boşluklu veya toz halinde ise bunlara kireçtaşı tüfü denir. Kireçtaşı tüfleri süngerimsi yapıda delikli ve hafiftir. Tüfler kireçli su kaynaklarının bulunduğu yerlerde ve bitkiler etrafında birikirler. Çünkü buralarda yaşayan bitkiler suda erimiş olarak bulunan CO_2 'i özümleme olayı için alçalarda kalsiyum karbonat bu bitkiler üzerinde üst üste birikirler. Bundan dolayı içlerinde

bitki fosili bulundururlar. Meydana gelen boşluklar ise çürüyen bitkilerin bıraktıkları boşluklardır.

Çökelim sırasında yumuşak olan erken diyajenez evresi sonunda genellikle iyi pekişen travertenler ileri dönemlerde ortamda bulunan bazı mikroorganizmaların (mavi-yeşil algler) etkisiyle yer yer zayıf ve dağınık ve toprağımsı yapılara dönüşebilir. Traverten yataklarının kenar ve taban kesimlerinde bitki yapılı, böbreğımsi yapılara rastlanmaktadır.

8.4. Akhüyük Kaynak Alanındaki Traverten Çökelinin İncelenmesi

Akhüyük sıcak ve mineralli sular, Akhüyük fayı boyunca açığa çıkarak traverten oluşturmaktadır (Şekil 8.3, 8.4). Akhüyük sıcak ve mineralli suların oluşturduğu traverten konisinin sarımsı beyaz renkli, yaklaşık yüksekliği 23 m, uzunluğu 2375 m ve azami genişliği 300 m olarak belirlenmiştir.

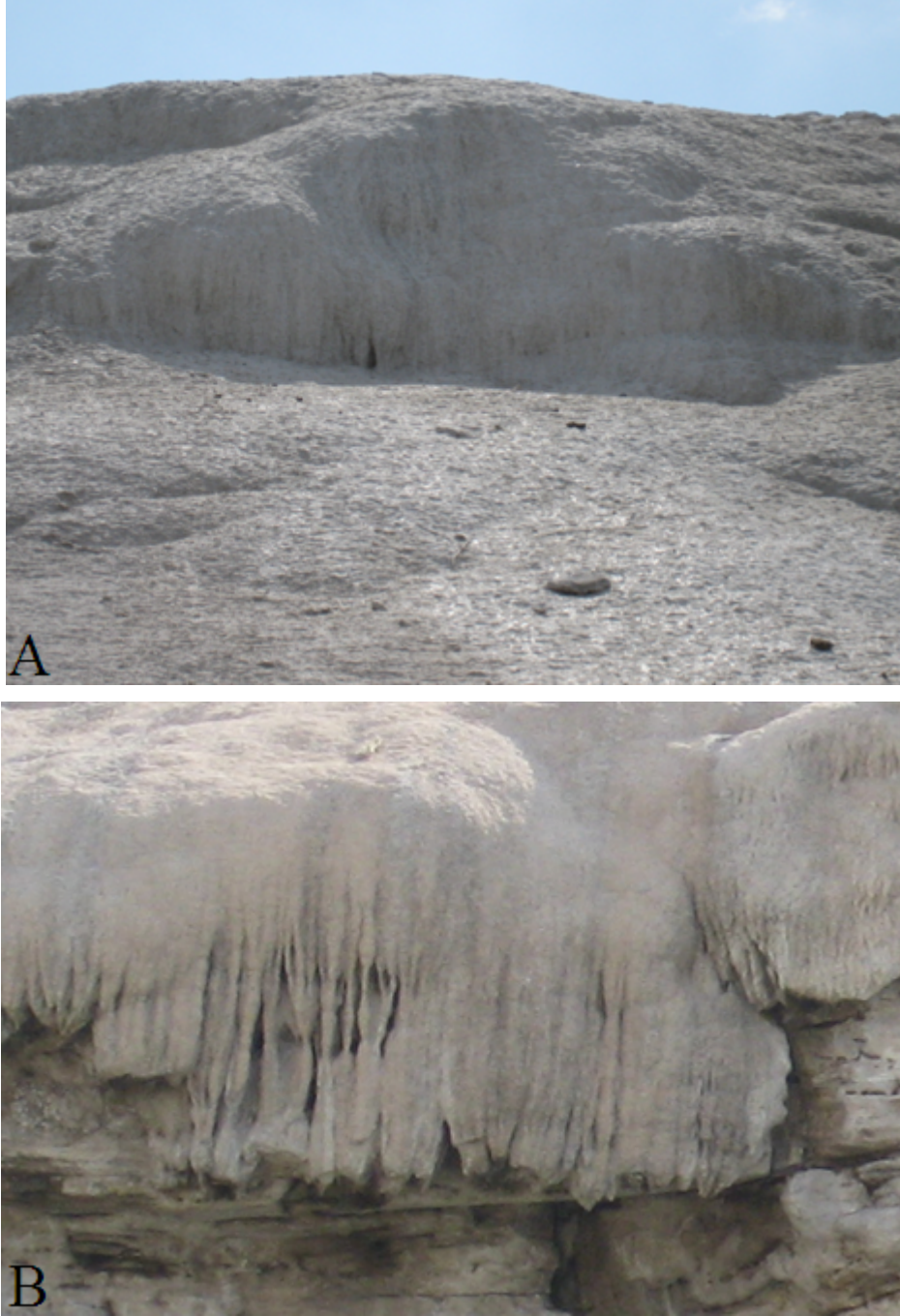
Kaynak alanında fay önü sırt tipi traverten konisi oluşmuştur. Birbirlerine yakın farklı kanallardan çıkan sular çıkış noktalarının 2 tarafında eşitli çökmesi sonucu traverten tabakalarını oluşturmuştur. Sıcak su çıkışlarının devam ettiği yerlerde güncel olarak oluşan travertenler mikroteras havuz adı verilen yapıları oluşturmaktadır.

Akhüyük sıcak ve mineralli suyun kimyasal analiz sonucuna göre sülfür (S) iyonu ile silisyum dioksit (SiO_2) iyonları tesbit edilmiştir. Bu sülfür iyon değeri $< 0,1$ mg/l, SiO_2 ise 46 mg/l çıkmıştır.

Hamilton (1842) çalışmasında, kaynağın sıcaklığının yaklaşık 38°C olduğunu M.T.A. Lab. tarafından kireçtaşında tesbit edilen % 0.0026 Lityum içeriğine dikkati çekmiştir. Ba ve Sr varlığı da spektral tahlil sonucunda tesbit edilmiştir (Hamilton, 1842).



Şekil 8.3. Kükürt tepe'deki eski traverten oluşumu (resim kuzeyden güneye bakışı yansıtmaktadır).



Şekil 8.4. Kükürt tepe'deki güncel traverten oluşumları (A,B)

8.4.1 Sırt Tipi Traverten

Akhüyük sıcak ve mineralli suların oluşturduğu sırt tipi traverteni KB-GD yönlü eğim atımlı normal fay boyunca depolanarak sırt şeklini almıştır. Sırt tipi travertenler kırıktan yüzeye ulaşan bikarbonatça zengin yer altı sularının kırık doğrultusu boyunca çökelttiği travertenlerdir. Kırıktan yüzeye ulaşan sıcak ve mineralli suların bünyesindeki CO₂'in uçması, CaCO₃ çökeltirek zamanla kırık doğrultusu boyunca sırt oluşturmuşlardır. Traverten fayın hareketine bağlı olarak traverten konisinin daha da yüksekliği artmaktadır (Şekil 8.5).

Traverten sırtının ortasından geçen faya paralel olarak laminalı ve ince tabakalı sert ve sık dokulu kristalin kabuklar oluşmuştur. Bu kabuklar hidrostatik basıncın düşmesi, yer altı su akımının yavaş olması ve CO₂ kaybının yavaş olmasıyla gerçekleşmektedir. Su miktarının azalmasıyla çökme yavaş olmuş ve su şiddetini kaybetmesiyle travertenin ortasındaki fay karbonat çökeliyle tıkanmıştır (Atabey, 2002).

Akhüyük su kaynağına yakın kesimlerde travertenin kalsiyum miktarının arttığı, buna karşılık diğer elementlerin miktarlarının azaldığı belirlenmiştir. Bu durum kaynak suyunun karbondioksit kısmi basıncı ile ilgilidir. Su yüzeye ulaştığında atmosfer CO₂ basıncı karşısında, sıcaklığı ve karbondioksit kısmi basıncı düşer. Sıcaklığın düşmesi CaCO₃'ün çözünürlüğünü artırır. Ancak basıncın düşmesi su içindeki CO₂'in ortamdaki ayrılması ile sonuçlanır. Dolayısıyla kaynama ve buharlaşma başlar. Su içerisindeki Ca⁺² ve HCO₃⁻² iyonları serbest duruma düşer ve böylece çökme başlar. Basıncın en düşük olduğu yer kaynak suyunun yüzeye ulaştığı yerdir. En fazla çökme burada gerçekleşmektedir.



Şekil 8.5. Kükürt Tepe'deki Sırt tipi traverten

8.4.2. Mikro Teras Havuzları

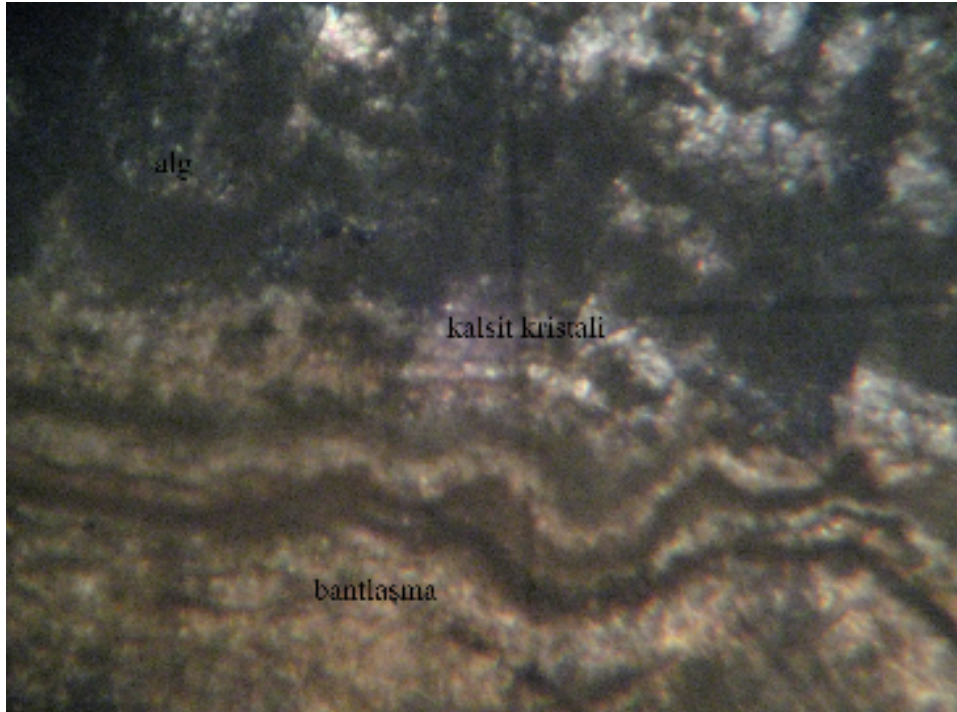
Sıcak su çıkışlarının olduğu yerlerde güncel olarak oluşumları devam etmekte olup mikroteras havuz yapıları oluşmuştur (Şekil 8.6). Mikroteras havuzlarda mikroorganizmalar yaşarlar (Duru, 2006). Mikroorganizmaların yaşaması için az eğimli yüzeyler olması gerekir. Bu havuzlarda suda erimiş CO_2 'in yavaşça uzaklaşması alglerin CO_2 'i kullanmalarına ve sonrasında karbonat çökelmelerine neden olur (Atabey, 2002).



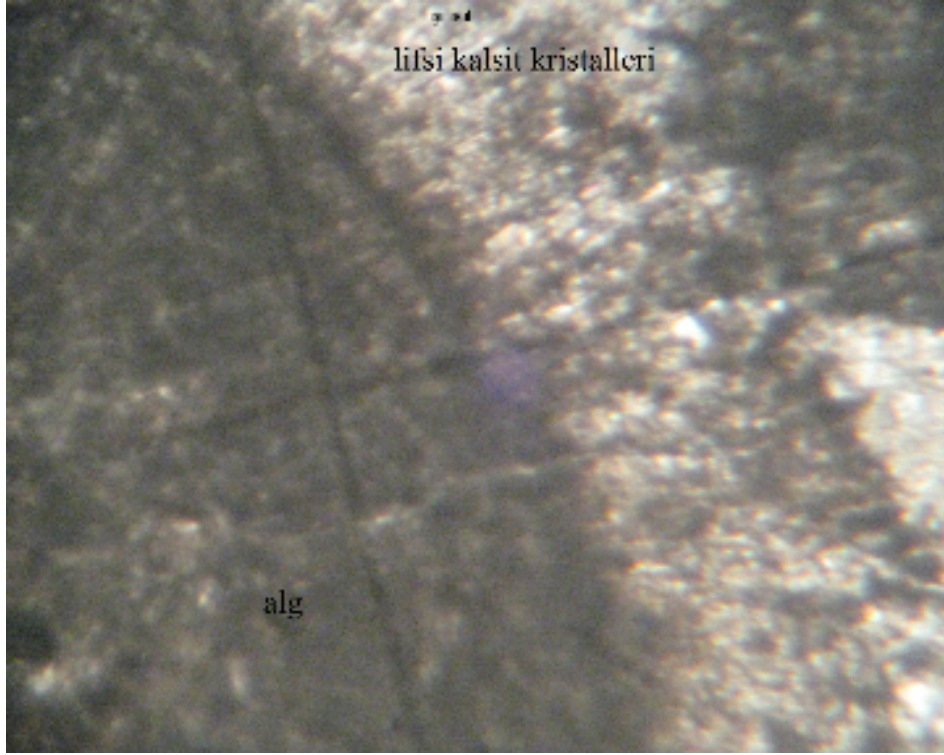
Şekil 8.6. Kükürt Tepe oluşan Mikroteras havuzları (A, B).

8.4.3. Travertenlerin Mikro Özellikleri

Travertenlerden alınan numunelerden ince kesitler yaptırılarak elektron mikroskopta incelenmiştir. Bol kavkılı, lifsi, tek nikolde açık renkli iri taneli kalsit kristalleri içermektedir. Alglerin bol olduğu traverten, akıntının fazla olmadığını işaret etmektedir. Şekil 8.7’de çift nikolde, iri kalsit kristalleri, bantlaşma yapıları, kavkılar bulunmaktadır. Şekil 8.8’de ışınal görünümlü, lifsi kalsit kristalleri ile alg kolonisi gözlenmektedir.



Şekil 8.7. Travertene ait ince kesit görüntüsü (çift nikolde, kavkı yapıları, bantlaşma, kalsit kristalleri bulunmaktadır).



Şekil 8.8. Travertene ait ince kesit görüntüsü (tek nikolde alg kolonisi ile lifsi kalsit kristalleri bulunmaktadır. 1cm=0,16 mm)

8.5. Travertenlerin İşletilmesi ve Kullanım Alanları

Travertenlerin kullanım yerlerinin seçimi için, öncelikle morfolojik olarak estetik, blok verebilme özelliğindeki travertenler koruma altına alınmalıdır. Endüstriyel özellikleri incelenerek uygun kullanım yerleri belirlenmelidir (Ayaz, 2002).

İnceleme alanındaki traverten tipi Sırt şeklinde olup, blok verebilme özelliği vardır. Bu bölgede albatr yapılı travertenler makro gözenek içermemeleri, beyaz, temiz düz yüzeylere sahip olması nedeniyle süs eşyası olarak kullanıma uygundur. Kabuksu süngerimsi travertenlerin gözenekliliği azalması ve küçülmesine bağlı olarak dayanım özellikleri artmaktadır. Bu az gözenekli travertenler ise yüzey kaplaması şeklinde kullanılacağından tercih edilir.

8.6. Akhüyük Sıcak ve Mineralli Suların Sağlık Açısından Değerlendirilmesi

Akhüyük sıcak ve mineralli sularla ilgili bilimsel bir araştırma 1842 yılında Hamilton tarafından yapılmıştır. Lityum içerikli bu sular idrar asidindeki taş ve kum sancılarını gidermek için kullanılmış. Suni olarak nötronlu lityumlu sular hazırlanarak romatizma ağrıları tedavi edilmiştir. Bu sularda 0,2 ile 0,6 gr lityum ve karbonat bulunmaktadır. Bu tedavilerde lityum içeriği hastalığın tedavisinde etkili olan esas maddedir.

Günümüzde bu kükürtlü sular ciltte kullanılmaktadır. Ereğli ilçesinde kuaförler cilt maskesi olarak bu kükürtlü suyu tercih etmektedirler.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. İnceleme alanında temeli Tapır formasyonu oluşturmaktadır. Bunun üzerine açılacak uyumsuzlukla Kuvaterner yaşlı alüvyon ve traverten gelmektedir.

2. İnceleme alanında yükseltiler genellikle KD – GB ve KB – GD gidişlidir.

3. Elek analiz sonuçlarına göre alüvyon malzemedan alınan örneklerin etkili çapları (d_{10}) 0,11 – 0,7 mm, ortalama tane çapları (d_{50}) 1 - 9 mm, boylanma sabitleri (S_o) 3,32 – 4,47 ve düzen katsayıları ise (C_u) 7 – 27 arasındadır.

4. Sıkılama yöntemiyle alüvyon malzemedan alınan örneklerin porozitesi % 40-45 arası olarak belirlenmiştir.

5. Sabit basınçlı permeabilite deneyine göre alüvyon malzemedan alınan örneklerin permeabilite değeri 1.10×10^{-5} ile 8×10^{-5} olarak bulunmuştur.

6. İnceleme alanında yer altı suyu akım yönü batıdan doğuya doğrudur.

7. AIH'a göre kaynak suları Kalsiyum klorürlü, sodyumlu, magnezyumlu, sülfatlı sıcak sular olup, sondaj suları Bikarbonatlı, kalsiyumlu, magnezyumlu soğuk sulardır.

8. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre kaynak suları ile sondaj suları farklı kökenlidir. Kaynak suları yağmur suyuyla, sondaj suları yer altı suyundan beslenmektedir. Kaynak suları $CaCO_3$ 'lü olup kurak dönemde SO_4 iyon değeri azalmış, yağışlı dönemde çevresel kirlilikten dolayı SO_4 iyon değerleri artmıştır.

9. Piper diyagramına göre, kaynak suları 6. bölgeye düşüp, $MgSO_4$ ve $CaSO_4$ 'lü sulardır. Sondaj suları ise S1 ve S2 suları 5. Bölgeye düşüp karbonat sertliği %50'den fazla olan $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lü sulardır. S3 ve S4 suları 9. bölgeye düşmektedir. Buna göre sularda iyonlar %50'yi geçmez ve karışık bileşimli sulardır. S6 suyu 7.bölgeye düşüp alkali ve güçlü asitler bulunduran NaCl, $NaSO_4$ ve KCl'lü çok acı sulardır.

10. Wilcox diyagramına göre Akhüyük kaynak suları içmeye uygun olmayan sulardır. Sondaj suları ise iyi, kullanılabilir özelliktedir.

11. İnceleme alanındaki sulara bulunan minerallerin doygunluk indisleri Phreeqc programıyla belirlenmiştir. Akhüyük sıcak ve mineralli su kaynaklarından K2 dolomit, aragonit, kalsit, anhidrit, jips minerallerine doygundur. K3 dolomit, kalsit, aragonit, jips ve anhidrit minerallerine doygundur. Soğuk sulardan S2 suyu kalsit, dolomit ve aragonit minerallerine doygundur. S3 suyu kalsit, dolomit ve aragonit minerallerine doygundur.

12. Traverten çökeliminde fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkilidir. Sıcaklık, yağış, buharlaşma, pH, CO₂ miktarı, kısmi CO₂ basıncının etkileri çok büyüktür.

10. KAYNAKLAR

Altınlı, İ.,E., 1986, Yer Bilimleri Sözlüğü Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları No. 195, 1175p, Ankara.

Atabey, E., 2002, Çatlak Sırt Tipi Laminallı Traverten-Tufa Çökelleri Oluşumu, Mikroskobik Özellikleri ve Diyajenezi, Kırşehir, İç Anadolu, MTA Dergisi, 123-124, 59-65.

Avşar, İ., 1972, Konya İli Mermer Süsleme Taşları Genel Prospeksiyon Raporu. MTA Derleme No: 42041 s. 28. Konya.

Ayaz, M.E., 2002, Travertenlerin Değerlendirilmesinde Yapılması Gerekli İncelemeler ve Kullanım Yeri Seçimi. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.19, S.1, s.11-20. Sivas.

Biricik, A.S., 1978, Konya Ereğlisi Akhüyük Travertenleri ve Kükürtlü Suları, Jeomorfoloji Dergisi, sayı 2/7, 55-61.

Bögli, A.,1980, Karst Hydrology and Physical Speleogy Verlag, Berlin, 284 p.

Blumenthal, M., 1956, Yüksek Boklar Dağlarının Kuzey Kenarı Bölgelerinin ve Batı Uzantılarının Jeolojisi, MTA yayını No:7, Seri D.

Canik, B., 1980, Bolu sıcak su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi. Doçentlik tezi, Selçuk Üniversitesi Yayınları no:9,73 s. Konya.

Castany, G. 1963, Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris, 657 p.

Chaput, E., 1936, Voyages d'etudes geologiques et geomorphogeniques en Turquie. Mim, Inst. Français d'Archeol, de Stamboul,II, Paris. Çeviren Ali Tanoğlu (Türkiye'de jeolojik ve jeomorfojenik tetkik seyahatleri T9). t. Ü. Yay. 324, Edeb. Fak. Congr. Enst. Neş., II, İstanbul, 1947.

Çalapkulu, F., 1980, Horoz Granodiyoritinin Jeolojik İncelenmesi, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 59-68.

Çetin, B., 1991, Pamukkale Ölüyor mu? Çevre ve İnsan Der. S.13, sy. 38-40.

Demiray, Ü., 1995, Gökçeyazı - Kuşaklı Tepe (Ereğli - Konya) Civarının Jeolojisi ve Sölestin Yatakları, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji ABD, 62 s. Konya.

Demirtaşlı, E., Bilgin, A.Z, Erenler, F., Işıklar, S., Şanlı, D., Selim, M., ve Turhan, N., 1973, Bolkar Dağları'nın jeolojisi: Cumhuriyetin 50. yılı Yer Bilimleri Kongresi MTA Der., 12, 42-67.

Demirtaşlı, E., 1975, Stratigraphic Correlation of the Lower Paleozoic Rocks of Iran, Pakistan and Turkey: Congress of Earth Sciences 50 th year of the Turkish Republic, Alpan S. (editor), 204-222, Ankara.

Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A.Z.,ve Selim, M, 1983, Geology of the Bolkar Mountains: Geology of the Taurus Belt International Symposium, 123-143, Ankara.

Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A. Z., 1986, Bolkardağları ile Ereğli-Ulukışla Havzasının Genel Jeolojisi, MTA rapor no: 8097, 131s.

Drake, J.J., Wigley, T.M.L., 1975, The Effect of Climate on the Chemistry of Carbonate Groundwater, Water Resources Research, vol 11, no: 6, USA, P. 958-62.

D.S.İ., 1972, Ereğli-Bor ovasının hidrojeolojik etüd raporu DSİ Derleme Rapor n:39/8.

Duru, G., 2006, Ziga-Yaprakhisar (Aksaray) Sıcak ve Mineralli Kaynak Alanlarındaki Traverten Çökeliminde Etkili Olan Faktörlerin Su Kimyası Ve İzotopik Yöntemlerle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, N.Ü. Fen Bil. Enst. 117 s. Niğde.

Erinç, S., 1971, Jeomorfoloji II. İ.Ü.Yay. No: 1628.

Ford, T.C.D., Williams, P.W., 1989, Karst Geomorphology and Hydrology, London, Unwin Hyman Ltd., 601.

Göçmez, G., Kara İ., Nalbantçılar, M.T., ve Güzel, A., 2005, Konyada'ki Sıcak ve Mineralli Suların Hidrokimyasal Özellikleri II. Ulusal Hidrojeolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, 1, 1, s. 121 - 132, 2005.

Hamilton, 1842, Researches in Asia Minör, Vol 2. S. 307 London.

Julia, R., 1983, Travertines In Carbonates Depositional Environments (eds)

Scholle, P.A., Bebout, D.G. & Moore, C.H., AAPE, Tulsa Oklahama, USA.

Ketin, İ., 1966, tectonic Units of Anatolia (Asia Minor) MTA Bült. 66, 23-35. s.

Kayıtmazbatır, A., 2000, İvriz (Ereğli) Kaynağının Jeoloji ve Hidrojeoloji İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 94 s, Konya.

Louis, H., 1938, Eiszeitliche Seen in Anatolien. Zeitschr. D. Ges. F. Erdk. zu Berlin yg. 7/8 S.

Murat, A., 1998, Ereğli (Konya) – Ulukışla (Niğde) yöresi Sölestin Oluşumları Jeolojik, Petrografik ve Jenetik İncelemesi, Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Oktay, F.Y., 1982, Ulukışla ve çevresinin stratigrafisi ve jeolojik evrimi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 25, 1, 15-23.

Özgül, N., 1976, Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 1, 65-78.

Parkhurst, D. L., Appelo, C. A. J., 1999, Phreeqc (version 2), Acomputer program for speciation, batch-reaction, one dimensional transport and inverse geochemical calculation. U.S. Geological Survey Water Resources Investigation.

Picknett, R.G., Bray, L.G., Stenner, R.D., 1976, The Chemistry of Cave Waters, in Science of Speology, T.D. Ford, C.D., Cullingford (Eds.) Academic Press, London.

Reed, M., Spycher, N., 1984, Calculation of pH and Mineral Equilibria in Hydrothermal Waters With Application to Geothermometry and Studies of Boiling and Dilution. Geochim. Cosmochim. Acta 48, 1479-1492.

Rondot, J., 1956, 1/100 000 lik 39/2 (güney kısmı) ve 35/4 paftalarının jeolojisi, Seben-Nallıhan-Beypazarı; MTA Enstitüsü, Derleme Rap.No:2517.

Schaffers, F. X., 1903, Cilicia: Peterm. Mitteilg Grganzgsh. 15,1 s.

Söğüt, A.R., 1992, Ereğli (Konya) İlçesi ve Güneyinin Jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 138 s., Konya.

Şener, E., İsmailov, T., Özçelik, M., 2005, Evsel Sıvı Atıkların Antalya Yerleşim Alanındaki Travertenlerin Geoteknik Özelliklerine Etkisi. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, 22-24 Eylül 2005 Antalya, Türkiye.

Şimşek, Ş., 1993, Ihlara (Kapadokya) Özel Koruma Bölgesinin ve Bölgede Yer Alan Termal Kaynakların Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Araştırması ve Korumaya İlişkin Öneriler. Özel Çevre Koruma Kurumu Teknik Raporu 6, 116 s. Ankara.

Şişman, N., ve Şenocak, H., 1981 Bolkardağı Yöresinin Jeolojisi ve Maden Yatakları. MTA Rapor no:7202 (yayınlanmamış).

Thornthwaite, C., 1948, An approach a rationail classfication of climate the geographical review vol, 38, Newyork.

Türkunal, S., 1972, Doğuda Karaisalı, Batıda Konya Ereğlisi ilçeleri boylamları, Güneyde Akdeniz sahili Kuzeyde Ovacık Köyü sınırlı bölgenin Jeolojisi, MTA Raporu, Derleme no: 5552.