KIRŞEHİR İLİNİN
JEOTERMAL POTANSİYELİNE DAİR
KONUMSAL BİLGİ SİSTEMİNİN
OLUŞTURULMASI PROJESİ

SONUÇ RAPORU

MART 2014
KIRŞEHİR

KIRŞEHİR İLİNİN JEOTERMAL POTANSİYELİNE DAİR KONUMSAL BİLGİ SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI PROJESİ

SONUÇ RAPORU

10.03.2014

www.kirsehir.bel.tr

Kırşehir Belediye Başkanlığı 40100 KIRŞEHİR

"Ahiler Kalkınma Ajansı 2013 Yılı Doğrudan Faaliyet Destek Programı kapsamında hazırlanan bu yayının içeriği Ahiler Kalkınma Ajansı ve Kalkınma Bakanlığı'nın görüşlerini yansıtmamakta olup, içerik ile ilgili tek sorumluluk Kırşehir Belediyesi, Kırşehir İl Özel İdaresi ve T.C. Jeotermal Kaynaklı Belediyeler Birliği'ne aittir."

ÖNSÖZ

Ahiler Kalkınma Ajansı'nın açmış olduğu 2013 yılı Doğrudan Faaliyet Desteği programı kapsamında desteklenmeye hak kazanan "Kırşehir İlinin Jeotermal Potansiyeline Dair Konumsal Bilgi Sisteminin Oluşturulması" Projesi, Kırşehir Belediyesi proje sahibi olmak üzere, Kırşehir İl Özel İdaresi ve Jeotermal Kaynaklı Belediyeler Birliği ortaklığında 2014 yılı Mart ayı itibari ile sonuçlandırılmıştır.

Bu proje ile Kırşehir ilinde bulunan jeotermal alanların tanımlanması ve böylelikle bölgede yapılacak potansiyel yatırımlara ve bölgenin gelişimine katkıda bulunulması amaçlanmıştır. Ayrıca, bölge ile ilgili gerek kamu gerekse özel sektörün elinde bulunan bilgilerin daha efektif ve güncel olarak tek çatı altında toplanması ve gelecekte yapılacak yeni çalışmalara ışık tutması temel amaçlardan biri olmuştur. Bu amaçlar gözetilerek yapılan teknik araştırma ve testlerin ışığında gerçekleştirilmesi öngörülen bilgi sistemi oluşturulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu projenin gerçekleştirilmesinde emeği geçen Kırşehir Belediyesi personellerine;

Proje ortaklarından olan Kırşehir İl Özel İdaresi'nden başta Genel Sekreter Sayın Bektaş AYDOĞAN olmak üzere Tarımsal Hizmetler Müdürü Mehmet TURGUT'a ve Jeoloji Mühendisi Nafi MAHMUTOĞLU'na;

Yine proje ortaklarından olan Jeotermal Kaynaklı Belediyeler Birliği personeli Hidrojeoloji Mühendisi Ökem ÇELEM'e proje süresince gösterdiği çalışmalardan dolayı;

Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası ve Çevresel Trityum Laboratuvarı sorumlusu Prof. Dr. Serdar BAYARI başta olmak üzere tüm laboratuvar çalışanlarına;

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Erdal ŞEN'e mineralojik ve petrografik incelemeler konusunda sağladığı katkılardan dolayı;

Projenin teknik araştırma ve raporlama sürecinde gerçekleştirdikleri çalışmalardan dolayı Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü çalışanlarından başta Prof. Dr. Galip Berkan ECEVİTOĞLU olmak üzere, Yrd. Doç. Dr. Emrah PEKKAN'a, Yrd. Doç. Dr. Uğur AVDAN'a, Araş. Gör. Dr. Muammer TÜN'e ve Araş. Gör. Resul CÖMERT'e, ayrıca Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü öğrencilerinden Serkan KAHRAMAN'a, Hasan Burak ÖZMEN'e ve Sunay MUTLU'ya;

Projenin gerçekleşmesini sağlayan, başvuru aşamasından sonuç raporunun teslimine kadar yardımlarını esirgemeyen Ahiler Kalkınma Ajansı'na;

teşekkür ederim.

Yaşar BAHÇECİ
Kırşehir Belediye Başkanı

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....iii

1. GİRİŞ.....1
1.1. Amaç ve Kapsam.....1
1.2. Materyal ve Metot.....2
1.3. Önceki Çalışmalar.....3
2. BÖLGESEL JEOLOJİ VE TEKTONİZMA.....4
2.1. Coğrafi Konum ve Bölgesel Tektonizma.....4
2.2. Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi.....6
2.2.1. Paleotektonik Birimler.....6
2.2.2. Neotektonik Birimler.....9
3. HİDROJEOKİMYASAL ÇALIŞMALAR.....11
3.1. Majör İyon Analiz Değerlendirmeleri.....12
3.2. Su Kalitesi Değerlendirmeleri.....13
3.3. Jeotermometre Hesaplamaları.....16
4. KIRŞEHİR TERMAL ALANLARI JEOLOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ....21
4.1. Terme Bölgesi.....21
4.1.1. Bölgenin Jeolojisi.....21
4.1.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri.....22
4.1.3. Terme Bölgesi Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar.....25
4.2. Karakurt Bölgesi.....26
4.2.1. Bölgenin Jeolojisi.....26
4.2.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri.....26
4.3. Mahmutlu Bölgesi.....30
4.3.1. Bölgenin Jeolojisi.....30
4.3.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri.....30
4.3.3. Mahmutlu Bölgesi Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar.....33
4.4. Bulamaçlı Bölgesi.....35
4.4.1. Bölgenin Jeolojisi.....35
4.4.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri.....35
4.4.3. Bulamaçlı ve Akpınar Bölgeleri Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar.....39
4.5. Savcılı Bölgesi.....42
4.5.1. Bölgenin Jeolojisi.....42
4.5.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri.....42
5. JEOFİZİK ÇALIŞMALARI.....44
5.1. Sismik Yansıma Çalışmaları.....44
6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....48

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Yapılan çalışmalar kapsamında Kırşehir ili ve çevresinde bulunan jeotermal kaynakların fizikokimyasal değişkenlerinin ölçümü, hidrokimyasal analizlerinin yapılması, su kayaç etkileşiminin belirlenmesi ve belirli sahalarda jeofizik çalışmalarla jeotermal sistemlerin açıklanması amaçlanmıştır. Tüm çalışmaların ardından konumsal bir veri tabanı oluşturularak sistemlere ait tüm bilgilerin tek bir çatı altında toplanarak güncellenebilir ve daha sonra bölgede yapılması muhtemel çalışmalara altlık oluşturması hedeflenmiştir.

Kırşehir'de 7 önemli jeotermal saha bulunmaktadır. Bu sahalar, Terme, Karakurt, Çiçekdağı Mahmutlu, Çiçekdağı Bulamaçlı, Kaman Savcılı, Akpınar ve Mucur jeotermal sahalarıdır. Proje kapsamında yapılan çalışmalarda Terme, Karakurt, Mahmutlu, Bulamaçlı, Savcılı ve Akpınar termal sahalarından hidrokimyasal analizler için örneklemeler yapılmıştır. Akpınar, Terme ve Bulamaçlı bölgelerinden kaya örnekleri toplanarak kayaç-su ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Son olarak işletilmeyen Akpınar sahasında sismik yansıma çalışmaları yapılarak sistemde jeotermal akışın olduğu fay modeli açıklanmaya çalışılmıştır.

Çalışmaların amacı, henüz istenilen düzeyde işletmeye açılamamış olan bu bölgelerde araştırma ve işletme kuyu noktaları belirleyebilmekle birlikte bir bütün olarak Kırşehir ve çevresinde bulunan jeotermal sahaların ortak bir veri tabanında sunularak birbirleriyle olan ilişkilerinin açıklanmasıdır. Güncellenebilir bir veri tabanı ile bölgedeki jeotermal sistem ya da sistemlere ait bilgilerin bir arada sunulması, gelecekte işletmeye yönelik yapılacak olan çalışmalar için de ön bir bilgi sistemi niteliğinde olacaktır. Bu da yapılacak çalışmalarda hem ekonomi hem de zaman bakımından kazanç sağlanmasına yardımcı olacaktır.

1.2. Materyal ve Metot

Proje kapsamında yapılan uygulamalar; arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve son olarak veri analiz ve değerlendirme çalışmalarıdır.

Uygulamalara başlamadan önce literatür taraması yapılmıştır. Bölgede önceden yapılmış jeolojik, jeofizik ve hidrojeokimyasal çalışmalar literatür taraması kısmında özellikle dikkate alınmıştır. Literatür bilgileri göz önüne alınarak elde edilen jeolojik bilgiler çalışmalar için gerekli olan ön bilgiyi sağlamıştır.

Uygulamalara hidrojeokimyasal analizler için gerekli örnekleme çalışmaları ile başlanmıştır. Örnekleme noktalarının belirlenmesi için geçmiş çalışmalarla birlikte, Kırşehir Belediyesi'nin ve Kırşehir İl Özel İdaresi'nin bilgisine başvurulmuştur. Elde edilen bilgiler doğrultusunda, 6 termal sahada toplamda 21 termal ve soğuk su kaynağından majör iyon, iz element ile SiO_2 ve bor analizleri için örnekleme yapılmıştır. Örneklemeler, majör iyon, iz element analizleri için 1 litrelik polipropilen şişelere katkısız olarak yapılırken, SiO_2 ve bor analizleri için saf su ile %10 seyreltik halde, 100 ml'lik polipropilen şişelere yapılmıştır (10 ml. örnek ile 90 ml. saf su karşımı). Örnekleme sırasında sahada sıcaklık, pH, EC (elektriksel iletkenlik), TDS (toplam çözünmüş katı madde), Sal (tuzluluk) değişkenleri kaydedilmiştir. Örnek şişeleri üzerine önceki çalışmalardan belirlenen kaynak ya da kuyu adına bağlı kalınarak kodlanmıştır. Toplamda üç gün süren örnekleme çalışmalarının ardından örnekler, hidrokimyasal analizler için Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası ve Çevresel Trityum Laboratuvarı'na teslim edilmiştir. Analiz sonuçları Schoeller, Piper ve dairesel diyagramlar üzerinde değerlendirilmiştir. Ayrıca uygun jeotermometre uygulamaları yapılarak bölgelerin jeotermal potansiyellerine dair bilgiler edinilmiştir.

Su örnekleme çalışmaları ile birlikte kaynak çıkış noktalarına yakın olan beş noktadan kayaç örneklemesi yapılmıştır. Kayaç örneklerinden, ince kesitler hazırlanarak mineralojik-petrografik incelemeler yapılmıştır. Bu sayede su – kayaç ilişkisine dair bilgiler edinilmeye çalışılmıştır.

Jeofizik çalışmalar kapsamında iki noktada sismik yansıma yöntemi uygulanmıştır. İki sismik hat da Akpınar bölgesinde uygulanmıştır. Bu çalışmada 120 kanal, 1200 m. uzunluğunda sismik hatlar üzerinde veri toplanmıştır. Çalışmanın amacı, bölgede termal

çıkış olan fayın geometrisinin belirlenmesi ve gelecekte yapılması muhtemel araştırma – üretim sondaları için noktalar önerebilmektir.

Çalışmalarda toplanan verilerin ve yapılan analizlerin tamamı coğrafi bilgi sistemleri aracı kullanılarak oluşturulan veri tabanına kaydedilmiştir. Bu sayede konumsal ilişkiler kurularak sistemler daha basit olarak açıklanmaya çalışılmıştır.

1.3. Önceki Çalışmalar

Bölgede yapılan arazi çalışmaları öncesinde literatür taraması yapılarak önceden yapılmış olan bir dizi jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik çalışmalar incelenmiştir.

Karakuş ve Çetin (2003), "Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları ve Kırşehir Örneği" başlıklı yaptıkları çalışmada bölgede jeotermal enerjinin kullanım alanlarından ve jeotermal enerjiyi sağlayan fiziksel koşullardan bahsetmişlerdir. Buna göre Kırşehir'de jeotermal enerji ile 1800 konut ısıtılmaktadır. Konut ısıtma faaliyetleri ile birlikte seracılık ve kaplıca olarak da kaynaklardan faydalanılmaktadır. Potansiyelin tam olarak değerlendirilmesi halinde ısıtma kapasitesinin 7000 konuta ulaşacağı öngörülmektedir. Kırşehir, Kızılırmak havzasının orta bölümünde ve İç Anadolu kıvrım dağlarının temelini oluşturan Orta Anadolu Platosu üzerinde yer alır. Kırşehir Masifi olarak adlandırılan dağlık alan, ana plato üzerinden kuzeye başlayıp güneybatıya ve güneydoğuya doğru uzanmaktadır. Kırşehir Platosu tektonik kökenli olduğu için, jeotermal enerji potansiyeli bakımından uygun koşullara sahiptir. Bölgede Terme, Karakurt, Mahmutlu ve Bulamaçlı'daki sıcak su kaynaklarından kaplıca olarak faydalanılır. Bölgede yapılan araştırmaların ardından Terme alanında on iki kuyu açılmıştır. Bunlardan sıcaklık değeri olarak en yüksek olan T-1 kuyusu (57 °C), en düşük olan ise T-6 kuyusudur (30.3 °C). Debi olarak bakıldığında T-4 kuyusu 88.5 l/s ile en yüksek, T-1 kuyusu da 5.2 l/s ile en düşük debiye sahiptir. Derinlik olarak ise bölgedeki en derin kuyu 600 m ile T-6, en sığ kuyu ise 110 m ile T-12 kuyusudur.

Temiz, 2004, Kırşehir, Boztepe ve Akpınar bölgesinde yaptığı çalışmada, Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı ve Tersiyer örtüsü, Geç Miyosen – Pliyosen ve sonrası oluşmuş tektonik yapılar üzerine çalışmıştır. Bölgede gelişen Holosen ve Holosen öncesi olmak üzere iki farklı tektonik faz tanımlamıştır. Holosen döneminde, Akpınar Fayı üzerinde 19.04.1938 tarihli 6.6 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Akpınar fayı ile

birlikte Seyde Fay Zonu üzerinde, Seyfe çek-ayır havzasını oluşturur. Bu havza içerisinde termal çıkış noktası bulunur.

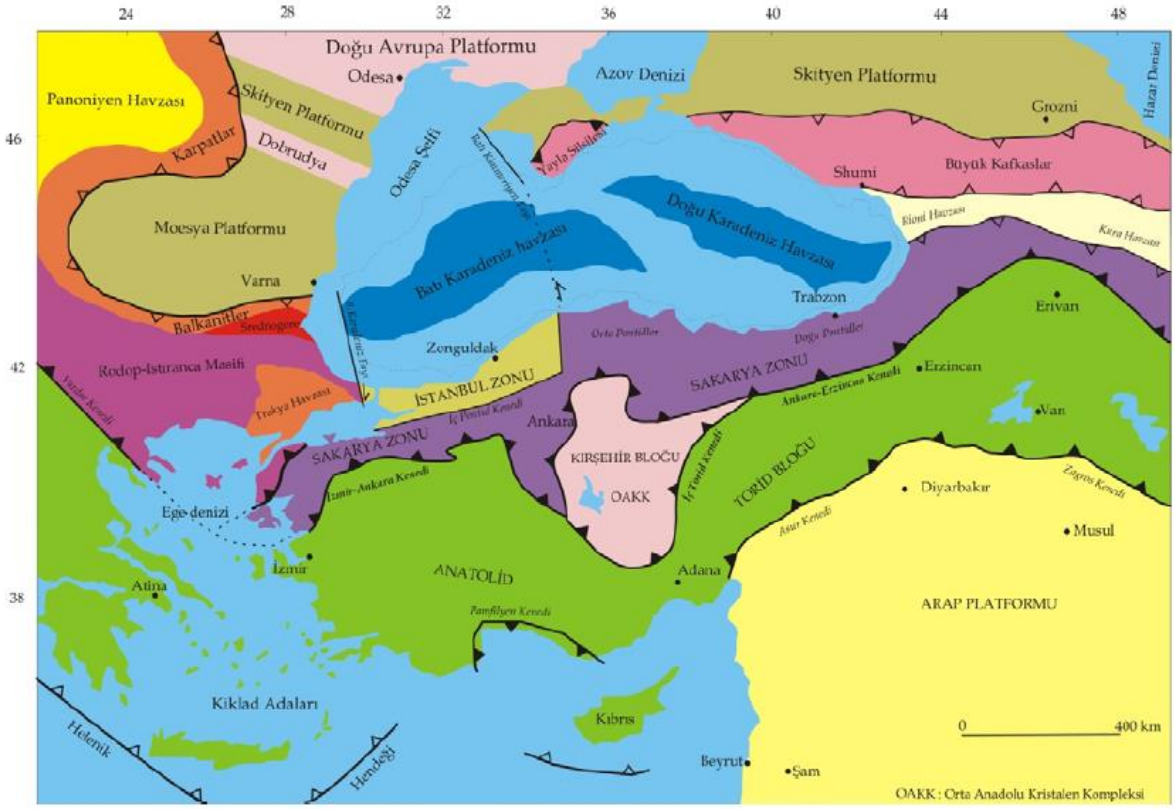
Çağlayan, 2010, Savcılı Fay Zonunda yaptığı çalışmada, faylanmanın kökenini ve kinematik analizlerini yapmıştır. Buna göre Savcılı Fay Zonu, KB-GD doğrultulu, ters fayların egemen olduğu ve GB eğimli fay düzlemlerinin olduğu bir alandır.

2. BÖLGESEL JEOLOJİ VE TEKTONİZMA

2.1. Coğrafi Konum ve Bölgesel Tektonizma

İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak Bölümü'nde yer alan Kırşehir kentinin yüzölçümü 1602 km^2 ve nüfus yoğunluğu da 72 kişidir. Kırşehir ili, doğu ve güneydoğudan Kozaklı, Hacıbektaş ve Gülşehir (Nevşehir), güneyden Ortaköy (Aksaray), güneybatı ve batıdan Şereflikoçhisar ve Bala (Ankara), kuzeybatıdan Keskin ve Delice (Kırıkkale) ile kuzey ve kuzeydoğudan Yerköy ve Şefaatli (Yozgat) ilçeleriyle komşudur (Karakuş ve Çetin, 2003).

Neotektonik dönemde Türkiye ve çevresini tektonik olarak şekillendiren yapılar, sağ yanal doğrultu atımlı olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ve Helenik ve Kıbrıs dalma batma zonlarıdır (Temiz, 2004). Bu ana tektonik yapılar dışında Anadolu Levhası'nda oluşan fay zonları mevcuttur; bu fay zonları, sol yanal atımlı Orta Anadolu Fay Zonu (OAFZ), sağ yanal atımlı Tuzgölü Fay Zonu (TGFZ), İnönü-Eskişehir ve Akşehir oblik normal fay zonlardır (Koçyiğit ve Özacar, 2003; Temiz, 2004). Genel olarak Türkiye ve çevresinin paleo-tektonik birimleri Şekil 1'de gösterilmiştir (Çağlayan, 2010).



Şekil 1. Türkiye ve yakın çevresinin paleo-tektonik birimleri (Çağlayan, 2010).

Kırşehir ve çevresinde, Akpınar ve Boztepe arasında yoğunlaşan normal fay ve sağ yanal atımlı doğrultu atımlı faylar yer almaktadır (Temiz, 2004) ve Kırşehir'in kuzeybatısında Hirfanlı Barajı'nın kuzeyinde yer alan birbirine paralel olarak uzanan birçok faydan oluşan Savcılı Fay Zonu (Oktay, 1981) yer almaktadır (Çağlayan, 2010). Bu tektonik yapılara ilaveten Kaman ve Avanos ilçeleri arasında uzanan normal bir fay olan ve 20 km genişlikte 140 km uzunluğa sahip olan normal fay özelliğindeki Salanda Fay Zonu (Koçyiğit, 2003), 120 km uzunluğunda ve birkaç km genişliğinde sağ yanal doğrultu atımlı olan Kırşehir doğusunda yer alan Seyfe Fay Zonu, Kırşehir kuzeyinde ise Yerköy fayı yer almaktadır (Koçyiğit, 2003; Temiz, 2004).

Kırşehir'in doğusunda Taşkovan Köyü'nden başlayan ve Seyfe Gölü'nü sınırlayan Seyfe Fay Zonu'nda birbirine paralel birçok fay yer almaktadır. Taşovan Köyü ile Akpınar İlçesi arasında KB-GD doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı Akpınar Fayı yer alır. Akpınar ilçesinin kuzey doğusunda Manahözü Deresi boyunca sağ yanal doğrultu atımlı Manahözü Fayı yer almaktadır. Akpınar ve İsahocalı ilçesinin doğusundan başlayan ve Tosunburnu ile Çoğun köylerine kadar uzanan Tosunburnu ve Çoğun fayları yer almaktadır. Boztepe ilçesinin batısında sağ yanal doğrultu atımlı ve normal bileşeni ile

karakterize edilen Boztepe Fayı bulunur. Boztepe ilçesinin güneybatısında eğim atımlı normal fay özelliği gösteren Gümüşkent Fayı bulunur. Kırşehir'in de içinde bulunduğu Naldöken Dağı ve doğuda Kervansaray Dağı ile sınırlanan normal fay özelliğine sahip Kırşehir Fayı yer almaktadır. Kırşehir'in batısında belirgin çizgisellikler sunan Karıncalı Köyü yakınlarında Karıncalı Fayı ve Gülütarla Köyü'nün güneybatısında Gülütarla Fayları bulunmaktadır (Temiz, 2004).

Kırşehir ve çevresi depremsellik olarak incelendiğinde bölge çok aktif bir bölge değildir, fakat geçmişte bölgede yıkımlara neden olan depremler meydana gelmiştir. Meydana gelen bu depremlerden biri de 19 Nisan 1938 tarihinde büyüklüğü M_S: 6.8 olan Akpınar Fayında meydana gelen Akpınar (Kırşehir) depremidir (Temiz, 2011).

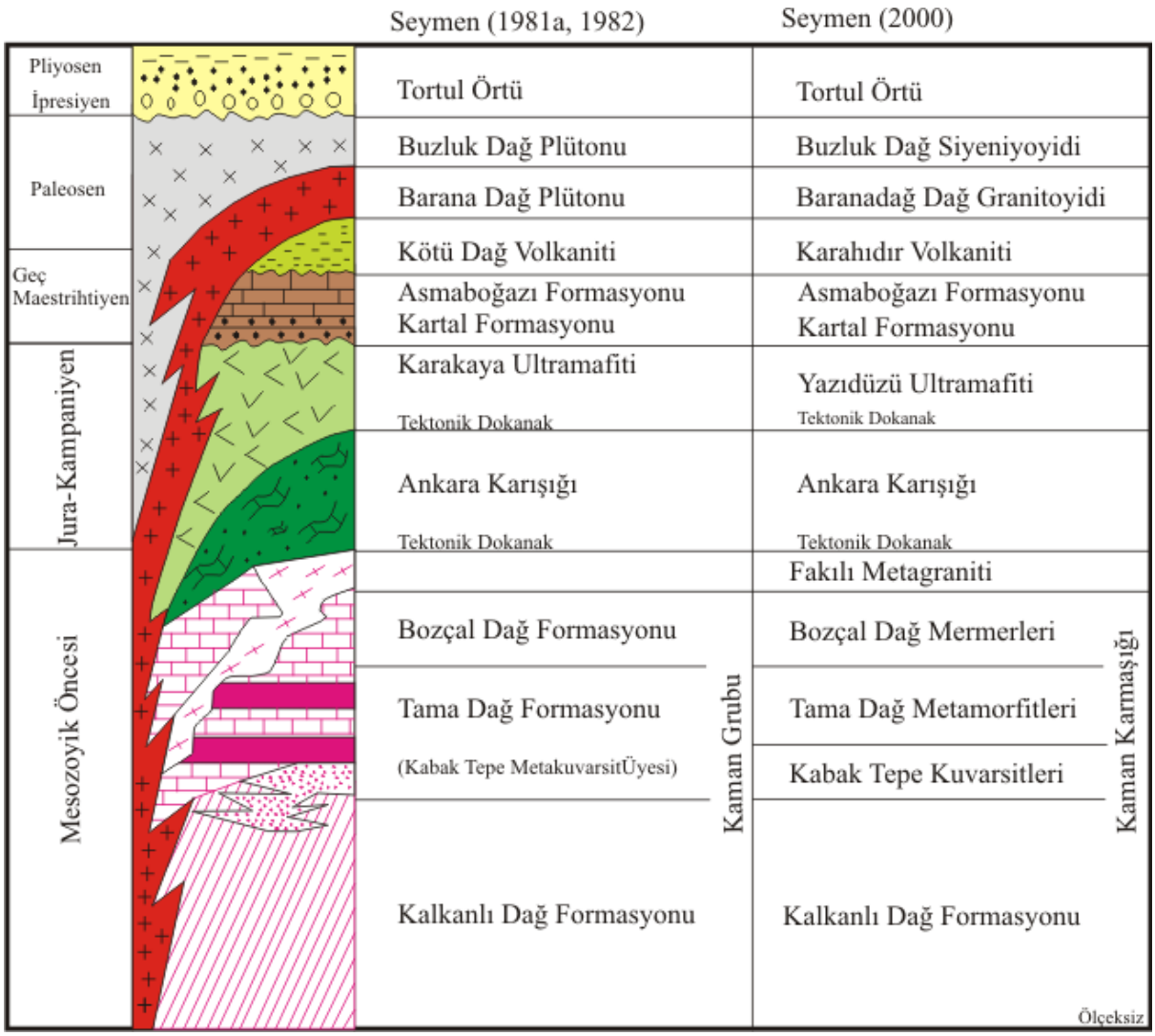
2.2. Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi

Kırşehir ve çevresi genel olarak metamorfik kayaçlar, plütonik kayaçlar, mafik kayaçlar ve örtü birimleri olarak tanımlanabilir. Bu birimler Paleotektonik Birimler ve Neotektonik Birimler olarak ikiye ayrılabilir. Bölgeye ait jeoloji haritası 16 adet 1/25000 ölçekli jeoloji haritasının birleştirilmesiyle oluşturulmuştur ve rapor sonunda EK-1 olarak sunulmuştur.

2.2.1. Paleotektonik Birimler

Kırşehir ve çevresi, Niğde ve Orta Anadolu fay zonları, güney batıda Akşehir Fay Zonu, kuzeyde ise İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı ile sınırlanan bir bölgedir. Bu bölgede Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı, metamorfik, ofiyolit ve plütonik kayaçlardan oluşmaktadır (Erler ve ark. 1991; Kuşçu ve Erler, 1998). Bu birimler farklı araştırmacılar tarafından Kırşehir Masifi (Seymen, 1981) veya Kırşehir Kristalen Masifi (Bailey ve McCallien, 1950; Egeran ve Lahn, 1951), Orta Anadolu Masifi veya Kızılırmak Masifi (Ketin, 1955, 1963; Erkan ve Ataman, 1981) gibi isimlerle adlandırılmıştır. Aynı kaya birimleri yerel olarak Akdağmadeni Masifi (Vache, 1963), Niğde Masifi (Göncüoğlu, 1977) olarak adlandırılmıştır. Bölgenin kuzeydoğusundaki Akdağmadeni Masifi ile güneyinde Niğde Masifi arasında kalan Kırşehir Masifini de içine alan bölge Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) olarak adlandırılması önerilmiştir (Göncüoğlu ve ark. 1991, 1992).

Bölgenin temel kaya birimlerini, Kaman Grubu olarak adlandırılan Kalkanlıdağ, Tamadağ ve Bozçaldağ formasyonları oluşturmaktadır (Seymen, 1981). Kalkanlıdağ Formasyonu gnays, biyotitşist, piroksenşist ve yer yer rastlanan mermer bantları ve kalşistlerden oluşur. Bu birim üzerinde ise mermer ve kalkşistlerin ardalanmasından oluşan Tamadağ Formasyonu yer alır. En üstte ise mermerlerin hakim olduğu Bozçaldağ Formasyonu yer almaktadır (Temiz, 2004). Bu birimler, Jura-Kampaniyen yaşlı ofiyolitik (Ankara Karışığı) karışık ile bunun üzerinde yer alan ultramafik (Karakaya ultramafiti) kayalar tarafından üzerlenir (Seymen, 1985). Bu birimler karasal kırıntılardan oluşan Asmaboğazı ve Kartal formasyonları tarafından uyumsuzlukla örtülür (Görür, 1981). Tüm bu birimler Paleosen yaşlı diyorit, granodiyorit ve kuvars monzonit bileşimli derinlik kayaçlarından oluşmuş Baranadağ Plütonu ve nefelinli siyenit ve lösit porfirlerden oluşan Buzlukdağ Plütonu tarafından dokanaklarla kesilmektedir (Temiz, 2004). Temel kayalar olarak tanımlanan birimler, İpresiyen-Kuvaterner yaşlı örtü birimlerince uyumsuzlukla örtülür (Seymen, 1981). Bölgede temel kayalar üzerine uyumsuz olarak gelen örtü birimleri, İncik ve Kızılırmak formasyonları ile Kuvaterner yaşlı depolanmalardan oluşur. Geç Eosen-Oligosen yaşlı İncik Formasyonu, karasal ortamda depolanan kırmızı alacalı renkli çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmalarından oluşur (Birgili ve ark. 1975; Akgün ve ark. 2002). Bölgeye ait paleotektonik birimlerin stratigrafi kesiti Şekil 2'de gösterilmektedir (Çağlayan, 2010).



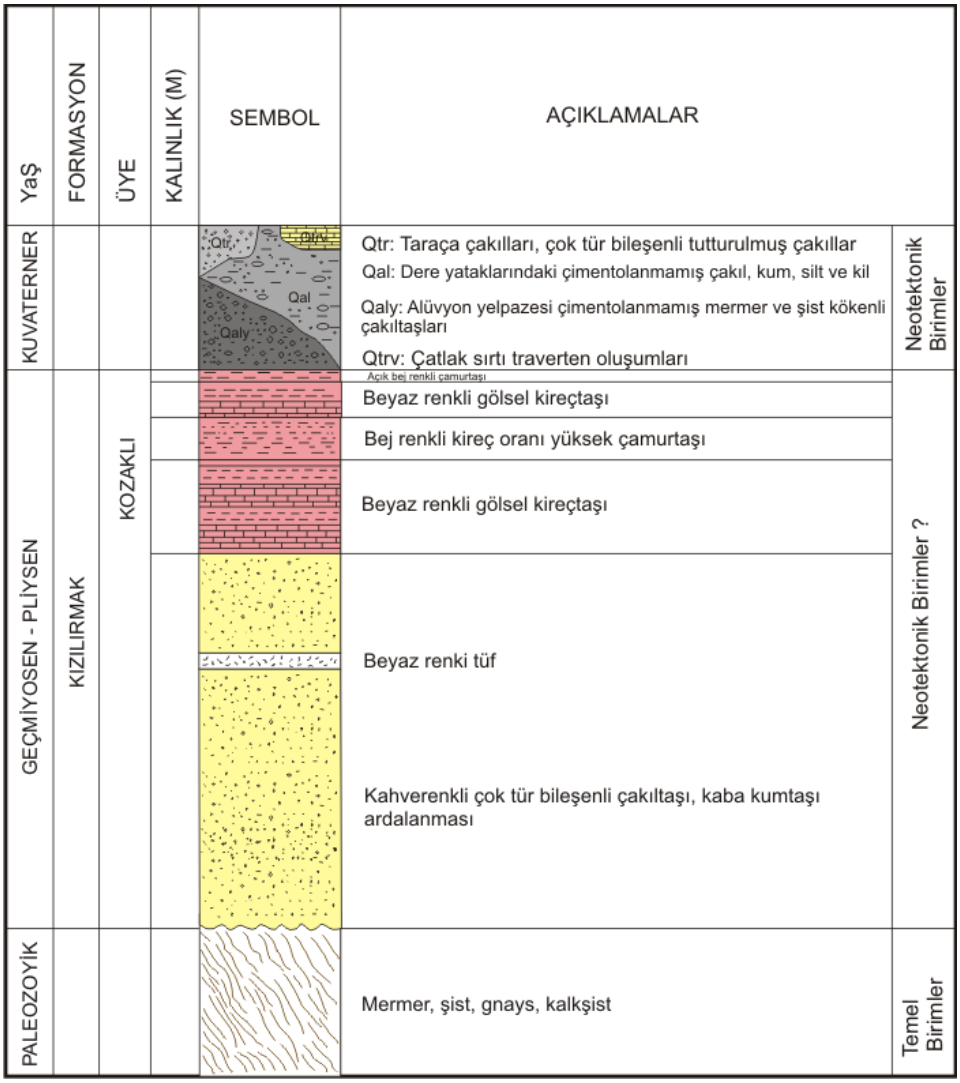
Şekil 2. Bölgeye ait paleotektonik birimlerin stratigrafik kesiti (Çağlayan, 2010).

Bu birimler üzerinde ise uyumsuz olarak çakıl, kum, kil depolanmasından oluşan Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu gelir. Kızılırmak Formasyonu üzerinde ise Kuvaterner yaşlı alüvyon, eski alüvyon taraçaları, alüvyal yelpaze ve traverten depolanmaları yer alır.

2.2.2. Neotektonik Birimler

Bölgede bulunan paleotektonik birimler, geç Miyosen-Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı sedimanter kökenli kayaçlar tarafından açısal uyumsuzlukla örtülür. Bölgede yaygın olarak yüzeylenen örtü kayaçlarını, Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu ve Kozaklı Üyesi ile Kuvaterner yaşlı depolanmalar oluşturur. Örtü kayaçları, neotektonik birimler olarak adlandırılmaktadır (Temiz, 2004).

Bölgeye ait neotektonik birimlerin stratigrafik kesiti Şekil 3'te gösterilmektedir (Çağlayan, 2010). Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu Çağlayan 2010 tarafından Akkaşdağı Formasyonu olarak düzenlenmiştir.



Şekil 3. Bölgeye ait neotektonik birimlerin stratigrafik kesiti (Temiz, 2004).

Kızılırmak Formasyonu neotektonik birimlerin en yaşlı olanıdır. Kızılırmak formasyonu Kırşehir ve batısında yer alan Karıncalı Köyü'nde ve Seyfe Gölü çevresinde kırmızı kiremit rengi ile gözlemlenmektedir. Kırşehir ve çevresinde topoğrafyanın yükseldiği bölgelerde bulunan metamorfik kayaçların fiziksel ve kimyasal ayrışması ile parçalanan malzemenin taşınarak yamaç molozu, alüvyon yelpazesi ve düzlük alanlarda depolanması ile yüzeylenir. Kızılırmak Formasyonu'nun üst seviyelerinde yatay konumlu beyaz, gri, bej renkli kırıntı içerikli ve boşluklu kireçtaşı, çamurtaşları Kozaklı kireçtaşı üyesi olarak tanımlanmıştır (Kara ve Dönmez, 1990). Kozaklı kireçtaşı üyeleri Kırşehir'in kuzeyinde Çoğun Köyü'nün güneybatısındaki Malhüyük Tepe'de, Kırşehir'in kuzeybatısında yer alan Külhüyük Köyü kuzeyinde ve kuzeydoğusunda, Akpınar'ın doğusunda yer alan Kartalkaya Köyü doğusunda gözlemlenmektedir (Temiz, 2004).

Kuvaterner yaşlı birimler ise eski alüvyon taraçaları, alüvyon, alüvyon yelpazesi ve travertenlerden oluşmaktadır.

Eski alüvyon taraçası, Kırşehir'in kuzeyinde yer alan Kızılcaköy doğusunda küçük bir alanda yüzeylenir. Kırşehir'in kuzeyinde yer alan Kızılköy doğusunda küçük bir alanda yüzeylenir ve tutturulmuş çok tür bileşenden oluşan çakıltaşlarından oluşan taraçanın ortalama kalınlığı 3.5 - 4 metre arasında değişmektedir (Temiz, 2004).

Alüvyon ise bölgede bulunan dere yataklarını kaplayan çakıllı, kumlu ve siltli depolanmalardan oluşan birimdir (Temiz, 2004).

Alüvyon yelpazesi depolanmaları ise yaşlı birimlerin üzerini kaplar ve vadi tabanında çökelmekte olan alüvyonlarla yanal geçişlidir. Alüvyal yelpazelerin oluşumları, tipik olarak Akpınar İlçesi'nin kuzeydoğusunda yer alan Manahözü Deresi'nde gözlenir. Manahözü Deresi'nin kuzey ve güneyindeki yüksek alanları sınırlayan faylara bağlı olarak gelişen alüvyal yelpazeler, gerek Manahözü Deresi'nin kuzeyinde, gerekse güneyinde yer almaktadır. Alüvyal yelpazelerin çok tür bileşenden oluşan, irili ufaklı çakıltaşlarından oluşur. Kırşehir Travertenleri bölgedeki en genç birimleri oluşturmaktadır (Temiz, 2004). Kırşehir'de Kuşdili, Kayabaşı ve Ahi Evran mahallesinde olmak üzere yedi farklı bölgede yüzeylenirler. Kuşdili mahallesinin Terme semtinde Kılıçözü deresine paralel konuma sahip çatlaklı travertenler gelişmiştir. Bu travertenlerin renkleri turuncu, kahverengi ve krem renkli olarak gözlemlenmektedir. Kayabaşı mahallesinde bulunan traverten biriminin oluşumları birbirine benzemektedir fakat

boyutları ve çatlak açıklıkları birbirinden farklıdır. Ahi Evran mahallesinde yüzeylenen aşınmış örtü travertenler ise açık gri renkte ve çok küçük alanda gözlemlenir (Temiz, 2004).

3. HİDROJEOKİMYASAL ÇALIŞMALAR

Hidrojeokimyasal çalışmalar kapsamında çalışma alanında 21 noktada örnekleme yapılmıştır (Tablo 1). Örneklemelerde kullanılan kodlama ile kaynaklara önceden verilmiş ruhsat kodları farklı olduğundan, her iki örnek kodu tipine de Tablo 1'de yer verilmiştir. Örneklerden major iyon, SiO_2 - Bor ve iz element analizleri Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası ve Çevresel Trityum Laboratuvarı'na yaptırılmıştır. Örnekleme sırasında, pH, EC, tuzluluk, TDS gibi parametreler de konum bilgisi ile birlikte kaydedilmiştir (Tablo 1). Yapılan örneklemelerin detaylı konum ve değişken tablosu EK-2 olarak sunulmuştur. Analiz sonuçları hidrokimyasal çalışmalarda geleneksel olarak kullanılan Schoeller, Piper ve dairesel diyagramlarla değerlendirilmiştir. Yapılan tüm analizlere dair detaylı veri tabloları rapor sonunda ek olarak sunulmuştur.

Koçak, 2001 tarafından yapılan sıcaklık sınıflamasına göre jeotermal sahalar düşük, orta ve yüksek sıcaklıklı sahalar olmak üzere üçe ayrılırlar. Çalışma alanındaki jeotermal sular 20 – 70 ^{0}C aralığında olduğundan Kırşehir sahaları düşük sıcaklıklı olarak tanımlanabilir. Çalışma alanında batıdan doğuya doğru gittikçe sıcaklığın arttığı görülmektedir.

Sıcak sularda ölçülen en küçük EC değeri 542 iken en büyük değer 7388'dir. Bu değerler farklı termal sahalarda farklı su-kayaç etkileşimi olduğunu gösterebilir. Ölçülen en küçük EC değeri Savcılı sahasında bulunan sıcak su kaynağı iken en yüksek değer Bulamaçlı sahasındadır. Savcılı sahası çalışma alanın güneybatı, Bulamaçlı kuzeydoğu sınırındadır. Buna göre güneybatıdan kuzeydoğuya gittikçe su-kayaç etkileşiminin daha fazla olduğu ve buna bağlı olarak EC değerinin sıcaklık ve akım yönüne bağlı olarak arttığı söylenebilir.

Ruhsat Adı	Örnek Kodu	Örnekleme Yeri	T (°C)	pH	EC (mS/cm)	TDS(g/L)	Kaynak Türü
T-3	T-3	Isı Merkezi	49.6	6.58	1757	1.14	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-9	T-9	Isı Merkezi	52.82	6.82	2087	1.356	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-4	T-4	Isı Merkezi	56.01	6.5	2070	1.147	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-12	T-12	İmam Hatip Yanı	46.29	6.39	2383	1.58	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-10	T-10	Temur Otelin Arkası	48.6	6.27	2070	1.377	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-1	T-1	Grand Terme Otel	58.6	6.5	1815	1.18	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-5	T-5	Grand Terme Otel	32	7.23	795	0.516	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-7	T-7	Grand Terme Otel Arkası	35	6.59	1090	0.708	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-11	T-11	Makissos Otel Kuyusu	50.82	6.65	1673	1.083	Sıcak Kuyu-Artezyen
K-1	KK-1	Kurutma Tesisi	50.07	6.68	1265	0.822	Sıcak Kuyu
KÇ-1	KK-2	K. Tesisi Önü Çeşme	14.54	7.89	552	0.358	Soğuk Çeşme
SB-1	SAV-1	Savcılı Eski Hamamı	34.38	9.24	542	0.352	Doğal Kaynak
SBÇ-1	SAV-2	Savcılı Mezarlık Çeşme	13.85	8.29	649	0.418	Soğuk Çeşme
ÇM-2	ÇM-2	Çiçekdağı - Yiğit Seracılık	75.37	6.77	6170	4.007	Sıcak Kuyu-Artezyen
ÇM-1	ÇM-1	Çiçekdağı - Yiğit Seracılık	68.59	6.92	6281	4.082	Sıcak Kuyu-Artezyen
ÇDÇ-1	ÇDT-1	Doğankaş Köyü Çeşmesi	13.33	8.4	810	0.525	Soğuk Çeşme
ÇB-1	ÇDK-1	Bulamaçlı - ÇB-1 Ruhsat Adlı	45.34	6.67	7388	4.801	Sıcak Kuyu-Artezyen
ÇAÇ-1	ÇDK-2	Akçakent Yolu Soğuk Su	11.64	7.63	567	0.369	Soğuk Çeşme
A-1	UH-1	Akçakent Uyuz Hamamı	29.47	8.19	1499	0.974	Doğal Kaynak
HG-1	HG-1	Hılla Gölü	19.45	7.08	711	0.462	Doğal Kaynak - Gölet
TÇ-1	TSS-1	Merkez - Terme Bölgesi	13.76	7.38	874	0.568	Soğuk Çeşme

Tablo 1. Su Örnekleme Yerleri ve Fizikokimyasal Değişkenler

3.1. Majör İyon Analiz Değerlendirmeleri

Majör iyon analiz değerlendirmeleri yarı logaritmik Schoeller, Piper ve dairesel diyagramlar aracılığı ile yapılmıştır. Öncelikle Schoeller diyagramı kullanılarak benzer ve farklı sular belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için tüm su örneklerine ait major iyon değerlendirmesi öncelikle tek bir diyagram üzerine konarak birbirine benzer eğriler gösteren sular aynı renkle işaretlenmiştir (Şekil 1). Benzer suların belirlenmesinin ardından benzer su tipi değerlendirmeleri farklı Schoeller diyagramları üzerinde açıklanmıştır.

3.2. Su Kalitesi Değerlendirmeleri

Herhangi doğal bir kaynaktan elde edilen suyun, içme ve kullanım suyu olarak değerlendirilebilmesi için sahip olması gereken fiziksel ve kimyasal özellikler vardır. Bu özelliklerin bir kısmı kaynak başında basitçe anlaşılabilirken, özellikle kimyasal özelliklerin belirlenebilmesi, ancak laboratuvar analizleri ile mümkündür. Kaynak başında suyun öncelikle, kokusuna ve rengine bakılır. İçme sularında fenoller, yağlar gibi kötü koku ve tat veren maddelerin bulunması istenmez. Suyun derinlik ya da bulunduğu kabın kalınlığı arttıkça ışık geçirimliliğin azalması ise bulanıklık olarak adlandırılır. Derinlikle birlikte yeşile bakan bir mavi rengin görülmesi söz konusu olabilir. Bunun nedeni suyun içinde çözünmemiş, asılı kalan kil, silt gibi organik maddeler, yosunlar, diatometreler, demir bakterileri ve mikroorganizmalar olabilir. Bunlarla birlikte suya karışabilecek çeşitli evsel ve endüstriyel atıklar da suyun kalitesini tehlike oluşturabilecek düzeyde bozabilir. Suyun bulanıklığı ilk bakışta bir kirliliğe ve sağlık tehlikesine işaret olarak nitelendirilir. Bu nedenle içme suyunun mutlaka berrak olması gerekir. Bulanık sularda kimyasal filtrasyon yapılarak su, kullanılır hale getirilebilir. Son olarak suyun yaratabileceği enfeksiyon riskinin tamamen ortadan kaldırılması gerekir. Gerekli tüm dezenfeksiyon işlemleri yapılmalıdır.

Çalışma kapsamında yapılan iz element analizleri, Türk Standartları Enstitüsü – TS 266 numaralı, ülkemiz için kabul edilen içme ve kullanma suyu standardına göre değerlendirilmiştir. Proje kapsamında yapılan çalışmalarda toplanan 21 su örneğinden major iyon ve iz element analizleri yapılmıştır (Ek-2, Ek-3).

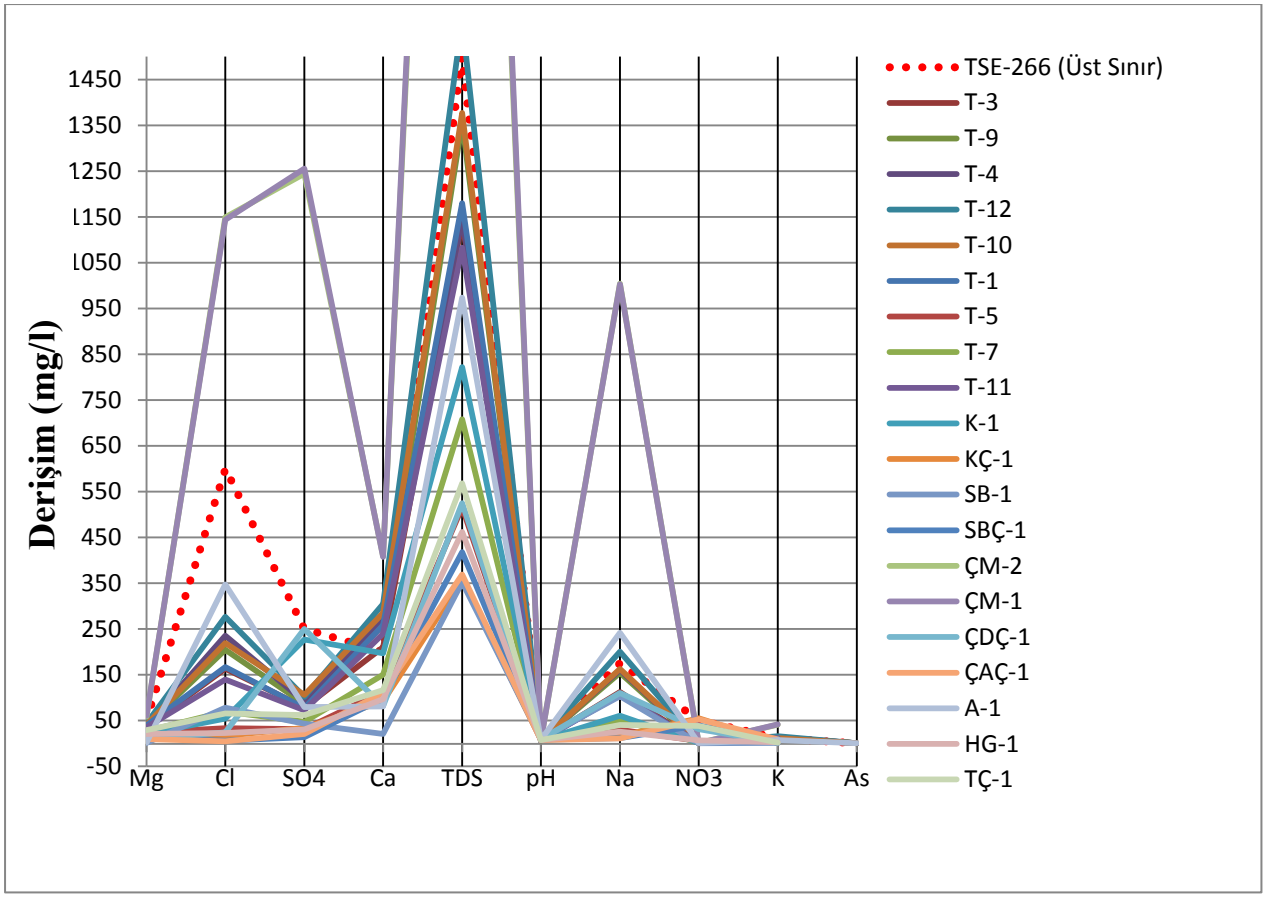
Ülkemiz için kabul edilen içme ve kullanma suyu için TS-266'da belirlenen sınır değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Bu değerler dikkate alınarak çözünmüş iz elementlere ait eğriler çizilmiştir. Her bir örnek noktasından elde edilen değerler ile birlikte, TS-266'ya ait olan değerler de aynı grafikte verilmiştir (Şekil 4).

Şekil 4'te iz elementlere ait çizilen değişkenler incelendiğinde, termal sularda alüminyum, baryum, florür, antimon, mangan ve amonyum değerlerinin izin verilen değerin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu değerlerin yüksek olması suların içilmesinin sağlığa zararlı olabileceğini gösterir. Bor ve arsenik değerleri gibi zehir niteliğindeki maddeler bu sularda eşik değerin üzerinde olmasa da alüminyum, baryum gibi metaller çeşitli mide rahatsızlıklarına yol açabilir. Amonyumun yüksek miktarlarda olması ise suların kirli olduğunun bir belirtisidir. Azotça zengin sular, oldukça tehlikeli olan mavi

bebek hastalığına neden olmaktadır. Öte yandan yüksek florürlü sular dişlerde kahverengi leke oluşması gibi bir sağlık sorununa neden olabilirler.

Tablo 2. TS-266'ya Göre İçme ve Kullanma Sularında İzin Verilen En Yüksek Değerler

Değişken	TS-266 (Üst Sınır – mg/l)
27Al (Alüminyum)	0.2
137Ba (Baryum)	0.3
111Cd (Kadmiyum)	0.01
52Cr (Krom)	0.05
19F (Flor)	1.5
207Pb (Kurşun)	0.05
200Hg (Cıva)	0
82Se (Selenyum)	0.01
108Ag (Gümüş)	0.01
121Sb (Antimon)	0.01
9Be (Berilyum)	0
65Cu (Bakır)	3
56Fe (Demir)	0.2
55Mn (Mangan)	0.05
66Zn (Çinko)	5
NH4 (Amonyum)	0.5
24Mg (Magnezyum)	50
35Cl (Klorür)	600
SO4 (Sülfat)	250
40Ca (Kalsiyum)	200
TDS (Total Dissolved Solids)	1500
pH	9.2
23Na (Sodyum)	175
NO3 (Nitrat)	50
39K (Potasyum)	12
75As (Arsenik)	0.01



Şekil 4. TS-266'da Belirlenen Standartlarla Su Örneklerindeki İz Element Derişimlerinin Karşılaştırılması

Bölgede bulunan soğuk kaynaklarının ise içme ve kullanım için oldukça uygun olduğu görülmektedir. Sadece Karakurt ve Savcılı bölgelerinden alınan soğuk su örneklerinde amonyum derişimi izin verilen değerin üzerindedir. Bu da suların kirlenmekte olduğunu gösterir. Kirleticinin kaynağı sıcak sularla ilgili olabilir. Major iyon analizlerine göre bölgedeki sıcak ve soğuk sular, benzer su özelliğindedirler.

3.3. Jeotermometre Hesaplamaları

Jeotermal akışkanlar yüzeye çıkarken enerjilerinin bir kısmını soğuk su karışımı ya da kondüktif soğuma gibi olaylar nedeniyle kaybederler. Bu nedenle akışkana ait rezervuar sıcaklığı ile yüzeyde ölçülen sıcaklık farklıdır. Rezervuarın sıcaklığını tahmin edebilmek amacıyla farklı değişkenleri esas alan jeotermometreler geliştirilmiştir. Rezervuar sıcaklığı hesaplamalarında katyon, silis, izotop ve gaz jeotermometreleri kullanılır.

Bu çalışmada, SiO_2 ve major iyon analizlerinden elde edilen derişimler kullanılarak katyon ve silis jeotermometreleri ile rezervuar sıcaklık tahminleri yapılmıştır.

Katyon jeotermometreleri iyon değişimine dayalı jeotermometrelerdir. İyon değişimine uğramış iyonların oranı sıcaklık değişimine bağlıdır. Termal akışkanların silis derişimi ise, diğer iyonların çözünmelerinden, karmaşık molekül oluşumundan ve uçucu maddelerin ayrılmasından etkilenmez. Ayrıca silikat mineralleri hemen hemen tüm kayaçlarda bulunduğundan ve termal suların kuvarsa doygun olduğu kabul edildiğinden silis jeotermometreleri en çok kullanılan jeotermometrelerdendir.

Silis ve katyon jeotermometreleri kullanılırken dikkate alınan varsayımlar vardır. Bu varsayımların ilkine göre, sıcak sularda bulunan maddelerin oluşması için gerekli kimyasal tepkimeler su ve rezervuar kayaç arasında oluşur. Oluşan tüm kimyasal tepkimeler süreklidir ve rezervuar kayaç tepkime hammaddesi yeteri kadar bulunur. Bu kabullere ek olarak rezervuar sıcaklığında kayaç – su etkileşiminin kimyasal dengede olduğu da varsayılır.

Hemen hemen tüm rezervuar kayaçlar kuvars içerirler ve 150 °C'nin üzerinde, birkaç gün veya bir hafta içerisinde rezervuardaki sıcak su, silisçe doygunluğa ulaşır. Benzer şekilde, rezervuar kayaçtaki feldispatlar, kil mineralleri ile sıcak akışkan arasında Na, K ve Ca iyonları kimyasal dengeye geçerler. CO_2 zengini sular rezervuar kayaç ile dengeye erişmeyebilir. Düşük sıcaklıklarda, silisin diğer şekilleri olan kalsedon veya amorf silis çözünebilir ve kuvars jeotermometresi ile hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıkları çok yüksek değerler verebilir.

Jeotermometre uygulamaları, arazide gözlenen sıcak su kaynaklarının özelliklerine göre yapılır. Debisi 3 l/s'den düşük kaynaklarda kondüktif soğuma varsayılabilir ve kaynayan sularda buhar kaybı olmayan veya çok az kabul edilen jeotermometreler kullanılabilir. Yine kaynayan sularda debisi 3 l/s'den yüksek olan kaynaklar ise yüksek debili kaynaklar olarak tanımlanır. Bu tür kaynaklarda adiyabatik soğuma egemendir ve buhar kaybı varsayan

jeotermometreler kullanılabilir. Kaynamayan sular için, düşük debili kaynaklarda soğuk su karışımı söz konusu olabilir. Kondüktif soğuma veya karışım modeline uygun jeotermometrelerin kullanılması uygundur. Yüksek debili kaynaklarda ise kondüktif soğuma varsayımıyla birlikte Na-K-Ca jeotermometreleri kullanılabilir.

Jeotermometre uygulamalarında kullanılan eşitlikler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Uygulamada Kullanılan Katyon ve Silis Jeotermometrelerine Ait Eşitlikler (İyon derişimleri mg/l cinsindendir.)

	No	**Jeotermometre**	**Eşitlik**
KATYON	**1**	Truesdell and Fournier (1976)	t(°C)=(856/(0.857+log(Na/K)))-273.15
	2	Tonani (1980)	t(°C)=(833/0.78+log (Na/K))-273.15
	3	Arnorsson (1983)	t(°C)=(933/(0.993+log(Na/K)))-273.15
	4	Arnorsson (1983)	t(°C)=(1379/(1.699+log(Na/K)))-273.15
	5	Fournier (1979)	t(°C)=(1217/(1.483+log(Na+K)))-273.15
	6	Nieva and Nieva (1987)	t(°C)=(1178/(1.470+log(Na/K)))-273.15
	7	Giggenbach vd.(1983)	t(°C)=1390/(1.750+log(Na/K)))-273.15
	8	Tonani (1980)	t(°C)=(1096.7/(3.08-log(Na/Ca)))-273.15
	9	Tonani (1980)	t(°C)=(1647/log(Na/K)+β[log(√(Ca/Na)+2.06]+2.47))-273.15
	10	Fournier (1991)	t(°C)=(2330/(7.35+log(K^2/Mg)))-273.15
	11	Fournier (1991)	t(°C)=(1077/(4.033+log(K^2/Mg)))-273.15
	12	Giggenbach (1988)	t(°C)=(4410/(14+log(K/√(Mg)))
	13	Tonani (1980)	t(°C)=(1930/(3.861-log(K/√(Ca))))-273.15
	14	Kharaka ve Mariner (1989)	t(°C)=(2200/5.47+log(Li/√(Mg))))-273.15
	15	Kharaka vd. (1982)	t(°C)=(1590/(0.779+log(Na/Li)))-273.15
	16	Fouillac ve Michard (1981)	t(°C)=(1000/(0.389+log(Na/Li)))-273.15
	17	Fouillac ve Michard (1981)	t(°C)=(1195/(0.130+log(Na/Li)))-273.15
SİLİS	**18**	Fournier ve Potter (1982)	t(°C)=-4.2198*10+2.8831*0.1*S-3.6686*10^{-4}*S^2+3.1665*10^{-7}*S^3+7.7034*10*log(S)
	19	Fournier (1973)	t(°C)=(1309/(5.19-log(S)))-273.15
	20	Fournier (1973)	t(°C)=(1522/(5.75-log(S)))-273.15
	21	Fournier (1977)	t(°C)=(1032/(4.69-log(S)))-273.15
	22	Fournier (1977)	t(°C)=(1182/(5.09-log(S)))-273.15
	23	Arnorsson vd. (1983)	t(°C)=(1112/(4.91-log(S)))-273.15
	24	Arnorsson vd. (1983)	t(°C)=(1264/(5.31-log(S)))-273.15

1-7 arası numaralandırılmış olanlar Na-K jeotermometreleridir ve suda fazla Ca iyonu bulunuyorsa rezervuar sıcaklığı hesaplamalarında yüksek değer verirler. Na-K jeotermometrelerinin uygulanabilmesi için, sıcak suların pH'ı nötre yakın veya hafif alkali,

log($Ca^{0.5}$/Na) değeri ise 0.5'ten küçük olmalıdır. Bu jeotermometreler, nötr, alkali, alkali klorürlü ve 180-350 °C sıcaklığa sahip rezervuardan gelen sularda iyi sonuçlar verir. 120 °C'de ve traverten oluşturan sularda bu bağıntılar geçerliliklerini yitirirler.

1 ve 5 numaralı jeotermometreler, suların rezervuar sıcaklığının 200 °C'den az olması ve kil minerallerindeki iyon değişimi olması halinde güvenilir sonuçlar vermektedirler (Henley vd., 1985).

Katyon jeotermometresinin vereceği sıcaklığı denetlemenin bir diğer yolu da Giggenbach (1991) tarafından geliştirilmiş olan Na-K-Mg üçgen diyagramını kullanmaktır. Bu diyagrama göre sular denge durumunda olan, kısmen denge durumunda olan ve denge durumunda olmayan sular olarak sınıflanır. Denge durumunda olan sular katyon jeotermometrelerinde daha doğru sonuçlar verir.

Sıcak sulara olan soğuk su karışımı özellikle potasyum metasomatizmasına neden olduğundan Na-K katyon jeotermometrelerinin doğru sonuç vermesini engellemektedir. Yaygın olarak kullanılan Na-K katyon jeotermometrelerinin esası, reaksiyonun denge sabitliğine bağlı olarak sıcaklık ile olan iyon değişimidir. Alkali feldispatlarda Na ve K iyonlarının değişimi buna bir örnektir. 300 °C altında, Na-K ile sulu çözelti arasındaki değişim oldukça yavaş olmaktadır. Na/K oranı genellikle rezervuarda uzun zaman kalmış sular ve nispeten derin bölgelerdeki yüksek rezervuar sıcaklıklarının tahmininde kullanılmaktadır (Xilai, 1993).

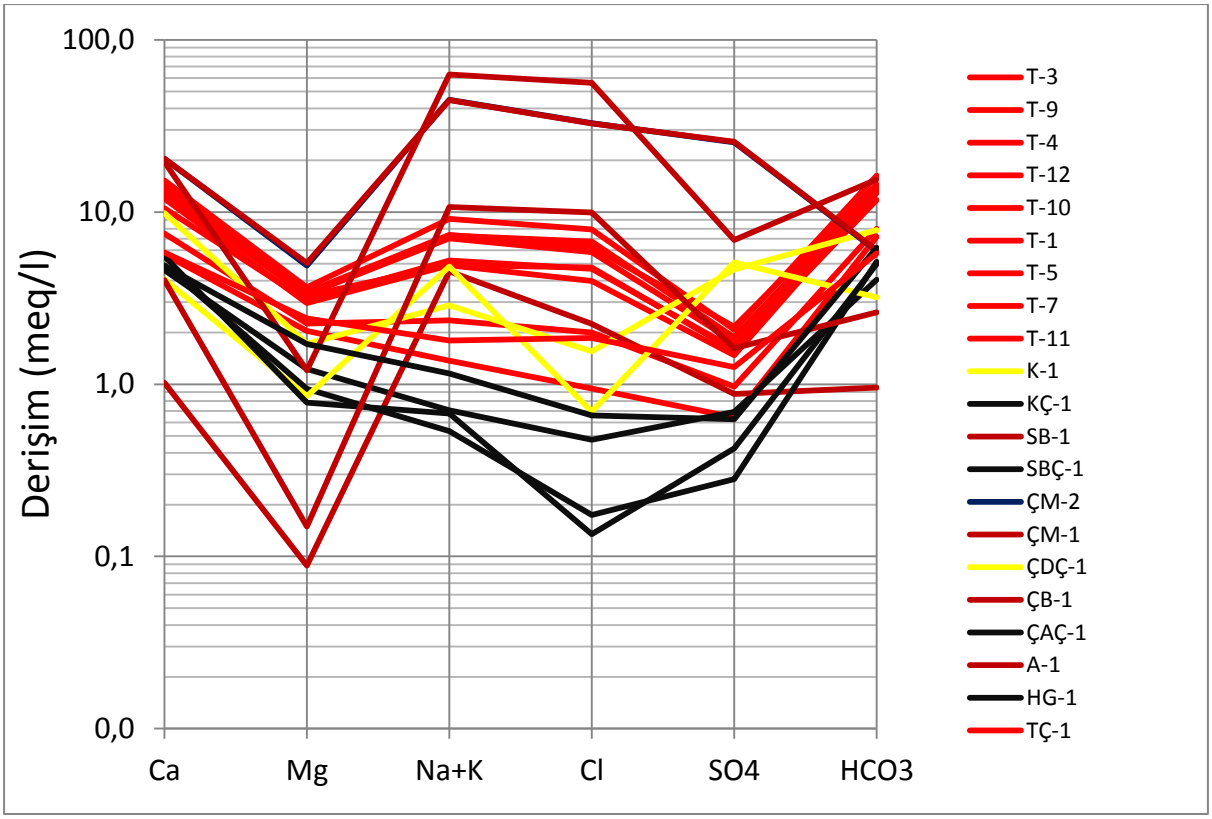
11 numaralı jeotermometre (Tablo 3) eşitliği, sodyum ve kalsiyumun suda kimyasal olarak hızlı bir şekilde dengeye gelmediği durumlarda oldukça kullanışlıdır. Düşük sıcaklıklarda, kalsiyum karbonat çözünürlüğünün nispeten yüksek olduğu durumda, CO_2 kısmi basıncı jeotermometre sonuçlarını etkiler. Özellikle, Ca/Na (mol/l) oranının birden büyük olduğu durumlarda Na-K jeotermometreleri (Tablo 3, 1-7 nolu jeotermometreler) rezervuar sıcaklığı tahminlerinde çok yüksek değerler vermektedirler. Bu olumsuzluğun olduğu durumlarda Tonani (1980) tarafından Na-K-Ca jeotermometresinin kullanımı önerilmiştir. Na-K-Ca jeotermometresi de uygulandığı örneğin Mg içeriğine bağlı olarak hatalı sonuçlar verebilir. Özellikle soğuk su karışımına uğrayan ve hızlı soğuyan sularda Mg miktarı soğuma sırasında artabilir. Mg içeriğinden kaynaklanacak bu hatayı gidermek için R= [100xMg/(Mg+Ca+K)] eşitliği kullanılarak bir düzeltme değeri hesaplanır. Daha sonra bu değer Na-K-Ca jeotermometresi ile hesaplanan sonuçtan çıkarılarak daha doğru bir sonuca ulaşılır.

18 ve 24 numaralı eşitliklerde gösterilen silis jeotermometreleri ise mineral çözünürlüğüne dayalıdırlar. 225 °C ve üzeri sıcaklıklarda hızlı silis çökelimi gözlendiğinden bu jeotermometreler rezervuar sıcaklığı 255 °C ve altında olan sular için geçerlidirler. Sıcaklığı 190 °C ve altında olan rezervuarla ise kuvarstan ziyade kalsedon ile dengededirler. Bu yüzden sıcaklığı 190 °C ve altında olan rezervuarlarda kalsedon jeotermometrelerini (Tablo 3, 21-24 nolu eşitlikler) kullanmak daha doğrudur (Henley vd., 1985).

Kırşehir ve çevresinde bulunan jeotermal sular için yapılan çalışmada 17 katyon, 7 silis jeotermometresi uygulanmıştır. Katyon jeotermometrelerini uygulamak için örneklerin $\log(Ca^{0.5}/Na)$ oranı incelenmiştir ve değerlerin 0.5'ten az olduğu belirlenmiştir. Ancak Terme ve Karakurt bölgelerinde kalsiyum iyonu fazla miktarda bulunduğundan katyon jeotermometreleri abartılı değerler vermişlerdir.

Tablo 4. Terme ve Karakurt Bölgeleri Jeotermometre Hesaplamaları
(Değerler °C cinsindendir)

			T-3	T-9	T-4	T-12	T-10	T-1	T-5	T-7	T-11	KK-1	HG-1
1	Na-K	Truesdell and Fournier (1976)	212	164	164	161	154	186	192	170	199	241	170.4
2	Na-K	Tonani (1980)	220	170	170	167	159	193	200	176	207	250	176.5
3	Na-K	Arnorsson (1983)	218	173	172	170	163	193	199	179	205	245	178.5
4	Na-K	Arnorsson (1983)	256	220	219	217	212	237	241	224	246	277	224.4
5	Na-K	Fournier (1979)	66.5	55.3	53.9	45.7	53.7	69.3	133	104	69.4	92.5	143.4
6	Na-K	Nieva and Nieva (1987)	222	185	185	183	177	202	207	190	212	244	190.1
7	Na-K	Giggenbach vd.(1983)	250	215	214	212	207	231	236	219	240	270	219.3
8	Na-Ca	Tonani (1980)	54	58.8	57.9	63.1	56.8	43.6	26.4	36.3	46.1	32.2	26.16
9	Na-K-Ca	Tonani (1980)	1545	1229	1227	1209	1168	1367	1408	1266	1453	1766	1266
10	K-Mg	Fournier (1991)	15.7	20.8	19.7	15.1	23	25.5	62.4	50.6	20.5	18.7	74.67
11	K-Mg	Fournier (1991)	-46	-40	-41	-47	-36	-33	23.7	4.38	-40	-42	45.31
12	K-Mg	Giggenbach (1988)	307	309	308	307	309	310	320	317	309	308	322.5
13	K-Ca	Tonani (1980)	224	212	212	220	207	204	166	175	211	205	153.4
14	Li-Mg	Kharaka ve Mariner (1989)	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	126.7
15	Li-Na	Kharaka vd. (1982)	151	146	144	140	144	153	129	146	154	128	136.5
16	Li-Na	Fouillac ve Michard (1981)	24.5	20.8	19.5	15.8	18.9	26.3	7.66	20.8	26.8	7.01	13.29
17	Li-Na	Fouillac ve Michard (1981)	112	107	105	100	104	115	88.7	107	115	87.8	96.58
18	SiO2	Fournier ve Potter (1982)	222	240	245	239	243	233	167	187	226	252	166.9
19	SiO2	Fournier (1973)	221	237	241	236	240	231	167	186	224	248	166.5
20	SiO2	Fournier (1973)	201	214	217	213	216	209	157	173	203	222	157.1
21	SiO2	Fournier (1977)	207	226	232	225	230	219	143	166	211	239	143.4
22	SiO2	Fournier (1977)	190	206	210	205	209	200	138	156	193	217	137.7
23	SiO2	Arnorsson vd. (1983)	196	213	218	212	216	207	139	159	199	225	139.1
24	SiO2	Arnorsson vd. (1983)	183	197	201	196	200	192	135	152	186	207	135



Şekil 5. Tüm Örneklere Ait Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı

Şekil 5'de kırmızı çizgilerle gösterilen T-1, T-3, T-4, T-5, T-7, T-9, T-10, T-11, T-12 ve TÇ-1 kodlu sular benzer sulardır. Bu suların tamamı merkez Terme bölgesinde bulunan sulardır. Daha sıcak olan örneklerin derişim değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte T-5, T-7 sıcak su kuyuları ile TÇ-1 kodlu soğuk su kaynağının diğer çizgilerden ayrı ve daha düşük derişimlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise T-5 ve T-7 kuyularının daha sığ ve düşük sıcaklıkta olmalarıdır. TÇ-1 soğuk su kaynağının termal kaynaklar ile benzer olması, Terme bölgesinde sıcak suların soğuk sular ile benzer olduğu, yani soğuyan suların nedeninin karışımdan kaynakladığı ileri sürülebilir.

Kısmen Terme bölgesi sularına benzeyen, HG-1 ve KÇ-1 kodlu kaynaklardan HG-1, Terme bölgesinde bulunan bir termal çıkıştır. KÇ-1 ise Karakurt Termal Bölgesi'ne ait soğuk su kaynağıdır. Sıcak ve soğuk su kaynaklarının birbirine benzer olması ve diğer kaynaklara göre daha düşük Cl^- (Klorür) içermeleri suların karışması ile mümkündür. Cl^-, suyun hareketi sırasında hiçbir şekilde azalmayan bir iyondur. Suda Cl^- azalması, ancak daha az Cl^- içeren bir suyun ortama girmesiyle mümkündür. Bu durum aslında bölgede

bulunan termal suların, yeraltı suları ile karıştığını ve soğuk su girişimi arttıkça klorürün azaldığını göstermektedir.

K-1 ve ÇDÇ-1 kaynakları yine bir sıcak ve bir soğuk su kaynağından alınmış iki örnektir. Örneklerin benzerliği, benzer kökenden geldiklerine işaret eder.

ÇM-1, ÇM-2, ÇB-1, A-1, SB-1 Schoeller Diyagramı üzerinde neredeyse birbirine paralel eğrilerle görülürler. En yüksek klorür derişimine sahip ÇB-1 kodlu Bulamaçlı Bölgesi'ne ait örnek aynı zamanda en yüksek EC değerine de sahiptir. Çalışma alanının kuzeydoğu sınırında bulunan bu kaynaktan güneye ve batıya gittikçe derişim düşmekte ve karışım oranı artmaktadır. A-1 örneğinin olduğu Akpınar ise bölgenin en sıcak ve mineralli sularıyla benzer özellikler göstermesine rağmen oldukça soğuk ve alanın batısında kalan bir noktadadır. Burada Na/K oranına bakıldığında, oran 15'in çok üzerinde olduğundan, karışım değil kondüktif soğuma olduğu söylenebilir. Diğer bir deyişle, örtü kayanın inceldiği ya da faydan uzaklaşılan bir bölgede A-1 kaynağı yüzeylenmiş olabilir.

4. KIRŞEHİR TERMAL ALANLARI JEOLOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

4.1. Terme Bölgesi

4.1.1. Bölgenin Jeolojisi

Terme bölgesi Kırşehir'in merkezinde bulunmaktadır. Bölgede çok sayıda kuyu işletilmektedir. Kuyuların bir kısmı balneolojik amaçlı otellerde kullanılırken, bir kısmı da şehir ısıtmasında değerlendirilmektedir. Terme bölgesinde 9 kuyu ve bir kaynak çıkış noktası (Hılla Gölü) olmak üzere 10 noktada örnekleme yapılmıştır. Termal saha işletmesinin en yoğun olduğu bölgedir.

Orta Anadolu kristalen kompleksi ya da Kırşehir kristalen masifi, Terme bölgesine ait en yaşlı birimleri barındırır. En altta Paleozoik metamorfik şistler ve birkaç on santimetre kuvarsit ara katkılı mermerler bulunur. Metamorfik şistlerin kalınlığı 1000 metreden fazladır. Şistler, Paleosen granitler tarafından kesilmişlerdir (Canik 1982,1991, Pasvanoğlu ve Gültekin 2011). Eosen konglomera ve kumtaşları da yaşlı birimleri uyumsuzluk yüzeyi oluşturarak örterler. Bölgenin kuzey ve batı bölgelerinde Eosen birimler, yatay tabakalı Pliyosen konglomera, kumtaşı, kil ve kireçtaşı ile üzerlenir. En genç birimleri oluşturan Kuvaterner alüvyon ve travertenler de bölgede oldukça yaygındırlar (Pasvanoğlu ve Gültekin, 2011)

4.1.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri

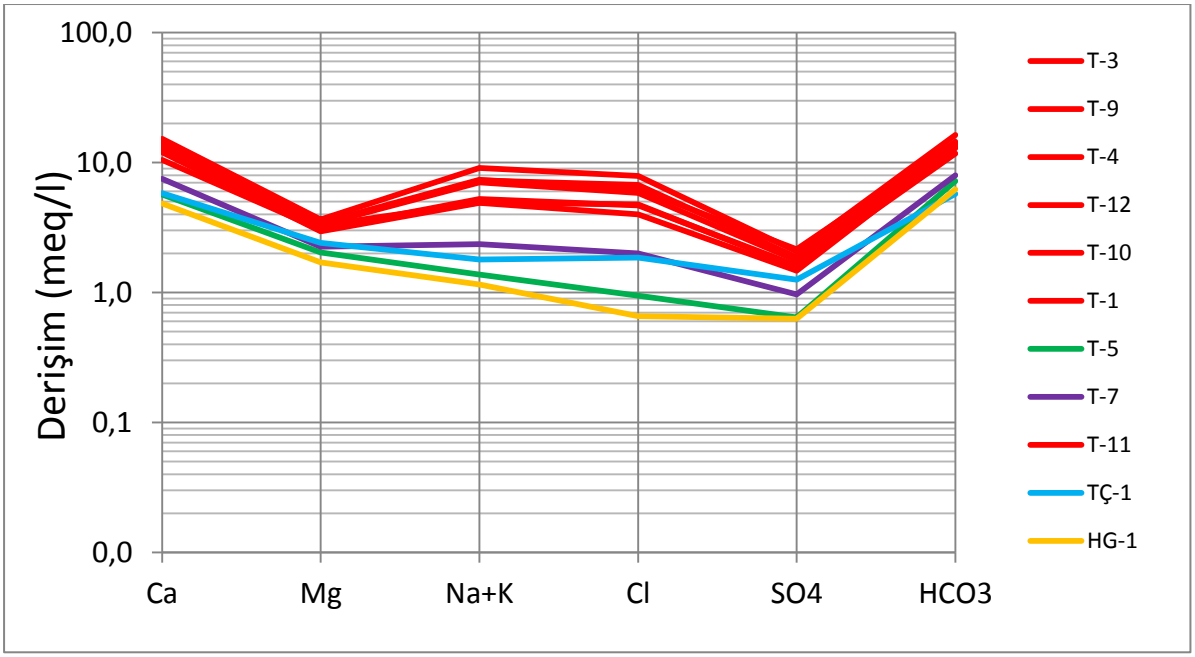
Merkez Terme Bölgesinde dokuz sıcak su kuyusu, bir termal çıkış noktası ve bir soğuk su kaynağı olmak üzere on bir noktadan örnekleme yapılmıştır. Örneklemelerin tamamı kuru, açık bir havada gerçekleştirilmiştir. Geçtiğimiz kışın kurak geçmesi sayesinde hiçbir su örneği yağıştan etkilenmemiştir.

Örneklemelere ısı merkezinden başlanmış aynı noktada bulunan üç kuyudan su örnekleri toplanmıştır (Şekil 6-7). Çalışmalar sırasında yerinde, multi-parametre ölçüm cihazı kullanılarak gerekli fiziksel ve kimyasal parametreler kaydedilmiştir.

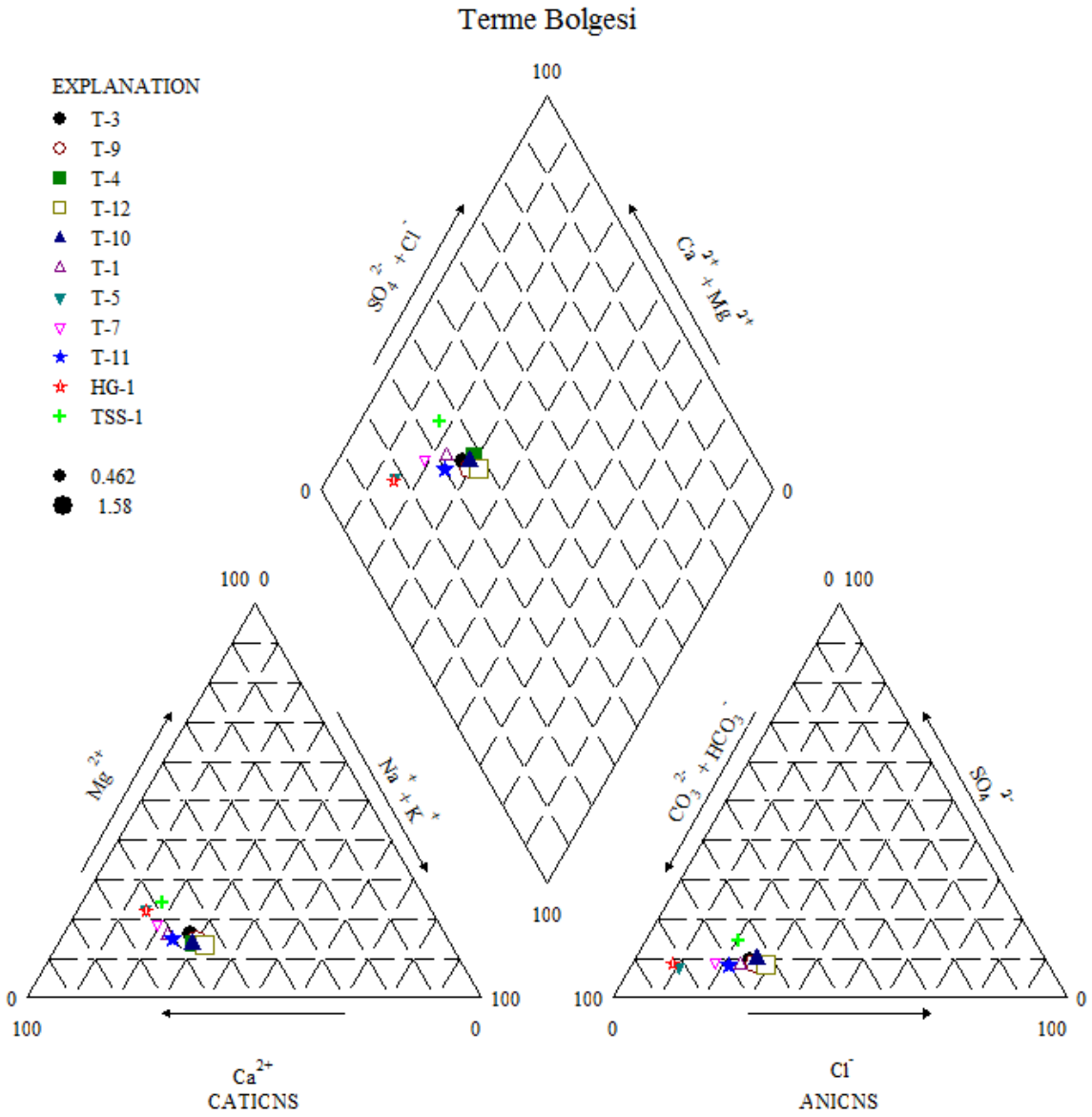
Şekil 6. Terme Bölgesi Örnekleme Çalışmaları

Şekil 7. Terme Bölgesi Örnekleme Çalışmaları

Terme bölgesi sıcak suları, soğuk sular ile benzer karakter gösterirken, soğuk su oranının artmasına bağlı olarak sıcaklık düşmesi ve klorür seyrelmesi görülmektedir. Schoeller Diyagramında bu durum net olarak görülmektedir. T-5 ve T-7 haricinde bulunan kuyu sıcaklıkları ve EC değerleri daha yüksektir. Görece sıcak olan kuyular soğuk su etkileşiminden daha az etkilenmişlerdir (Şekil 8).



Şekil 8. Terme Bölgesine Ait Suların Schoeller Diyagramı

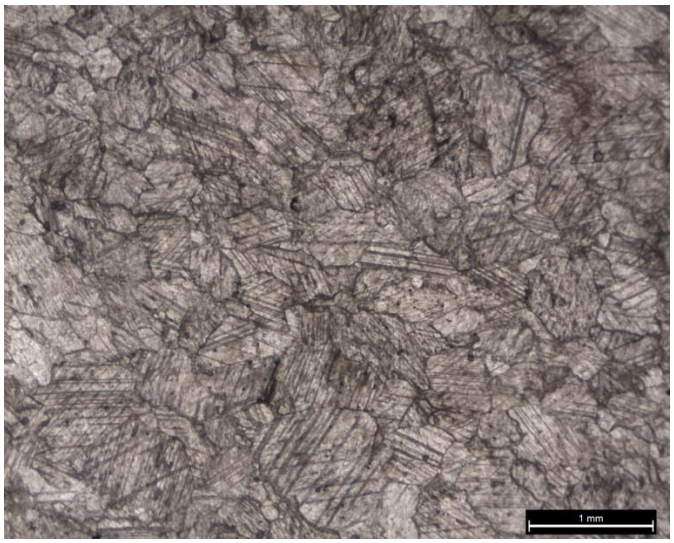


Şekil 9. Terme Bölgesine Ait Suların Piper Diyagramı

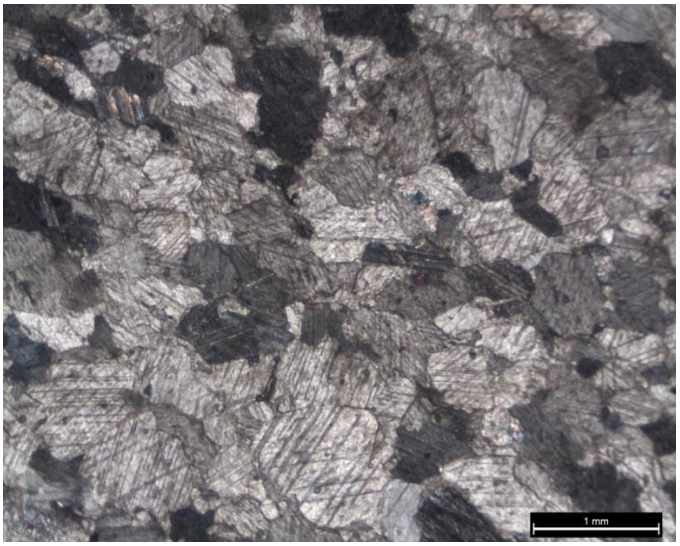
Terme Bölgesi'ne ait suların Piper Diyagramı'na bakıldığında, tüm suların Ca-HCO_3 tipi sular olduğu görülmektedir. Bu tür sular tipik sığ yeraltı suyu karakteri taşırlar. Sıcak ve soğuk sular aynı kökenden gelmektedirler. Bu kökenin de dolomitik bir kayaç olduğunu söylemek mümkündür. Yüzeylenen ve bir gölet oluşturan HG-1 kaynağı ise sığ yeraltı suyu karakterine en iyi uyan sudur. Rezervuardan doğrudan alınan sular derin yeraltı suyu (Na-Cl tipi sular) tipine yaklaşırken, rezervuardan uzaklaştıkça klorürün seyrelmesi ve bikarbonatın artması, karışım oranının, sığ yeraltı suyu yönünde arttığını gösterir.

4.1.3. Terme Bölgesi Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar

Bölgede ısı merkezi yanında görülen kayaç yüzleğinden örnekleme yapılmıştır. Bu örnekten ince kesit hazırlanarak tek nikol ve çift nikol görüntüleri kaydedilmiştir (Şekil 10-11).



Şekil 10. Terme Bölgesi Kaya Örneği Tek Nikol Görüntüsü



Şekil 11. Terme Bölgesi Kaya Örneği Çift Nikol Görüntüsü

Örnek mozaik dokulu mermer olarak tanımlanmıştır. Bölgede bulunan suların bikarbonatlı olması rezervuar özellikteki kayacın mermer olduğunu ifade edebilir.

4.2. Karakurt Bölgesi

4.2.1. Bölgenin Jeolojisi

Karakurt bölgesinde belediye tarafından işletilmekte olan bir meyve kurutma tesisi bulunmaktadır. Bölge, Terme'nin yaklaşık 15 km. kadar batısındadır. Burada bir sıcak su kuyusu, bir de soğuk su çeşmesi olmak üzere iki noktadan örnekleme yapılmıştır. Bölgede bir de eski hamam bulunmaktadır. Hamam kullanılır durumda değildir. Yapılan çalışmalar sonucunda Karakurt bölgesinde işletme kapasitesinin arttırılması amaçlanmaktadır.

Bölgenin tabanında Kırşehir Masifi'ne ait Paleozoik şist, kuvarsit ve mermerler bulunur. Masife ait olan bu metamorfikler, Üst Paleosen – Alt Eosen'e ait kırmızı renkli konglomera, kumtaşı ve çamurtaşını uyumsuzlukla örterler. Bu birimin de üzerinde yaklaşık 30 m. kalınlığında Lütesiyen yaşlı gri renkli, fosilli kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kireçtaşı bulunur. En üstte ise Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı kırmızımsı-pembe renkli, kahverengi konglomera, kumtaşı, kumlu kil ve çamurtaşı ile sarımsı-beyaz renkli gölsel kireçtaşı bulunur. Bölgede görülen en önemli tektonik unsur Çıban Tepesi'ni kesen ters faydır.

4.2.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri

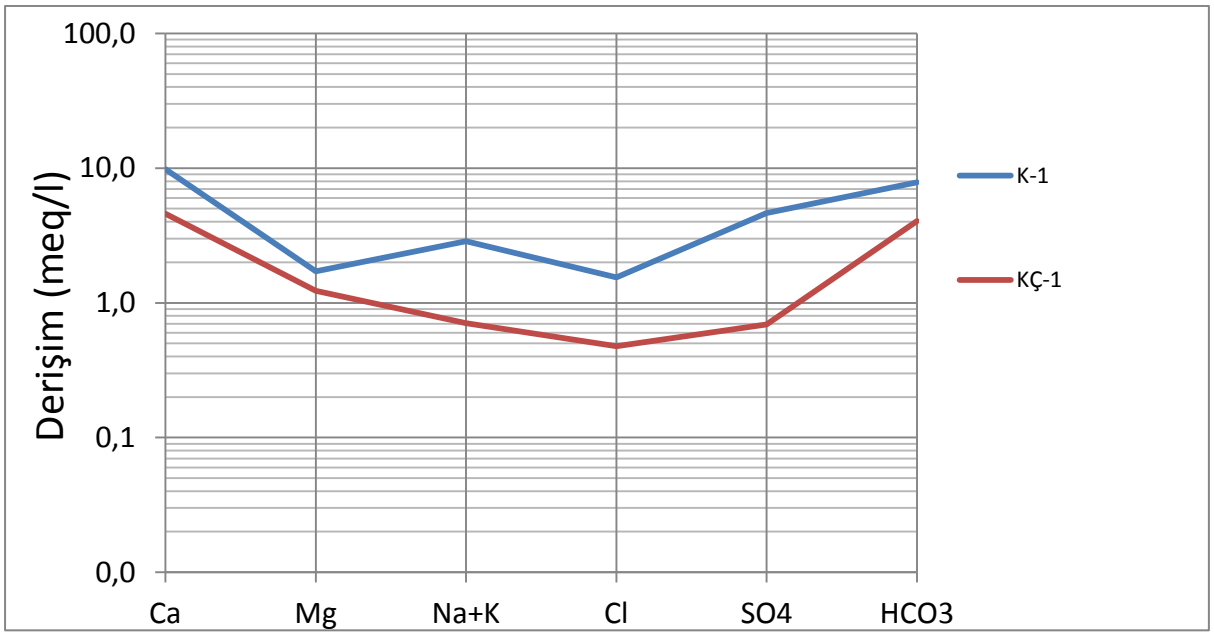
Karakurt Bölgesi'nde bir sıcak bir de soğuk su kaynağından örnekleme yapılmıştır. Sıcak su örneği bölgede Kırşehir Belediye'sine bağlı çalışan kurutma tesisinin kuyusundan alınmıştır (Şekil 12). Soğuk su ise kuyunun sadece bir kaç on metre güneybatısında, Kırşehir'i Karakurt'a bağlayan anayolun kenarında bulunan bir çeşmeden alınmıştır (Şekil 13).

Bölgeden alınan iki örneğe ait majör iyon analiz sonuçları, ortak birer Schoeller ve Piper diyagramlarında incelenmiştir (Şekil 14 - 15).

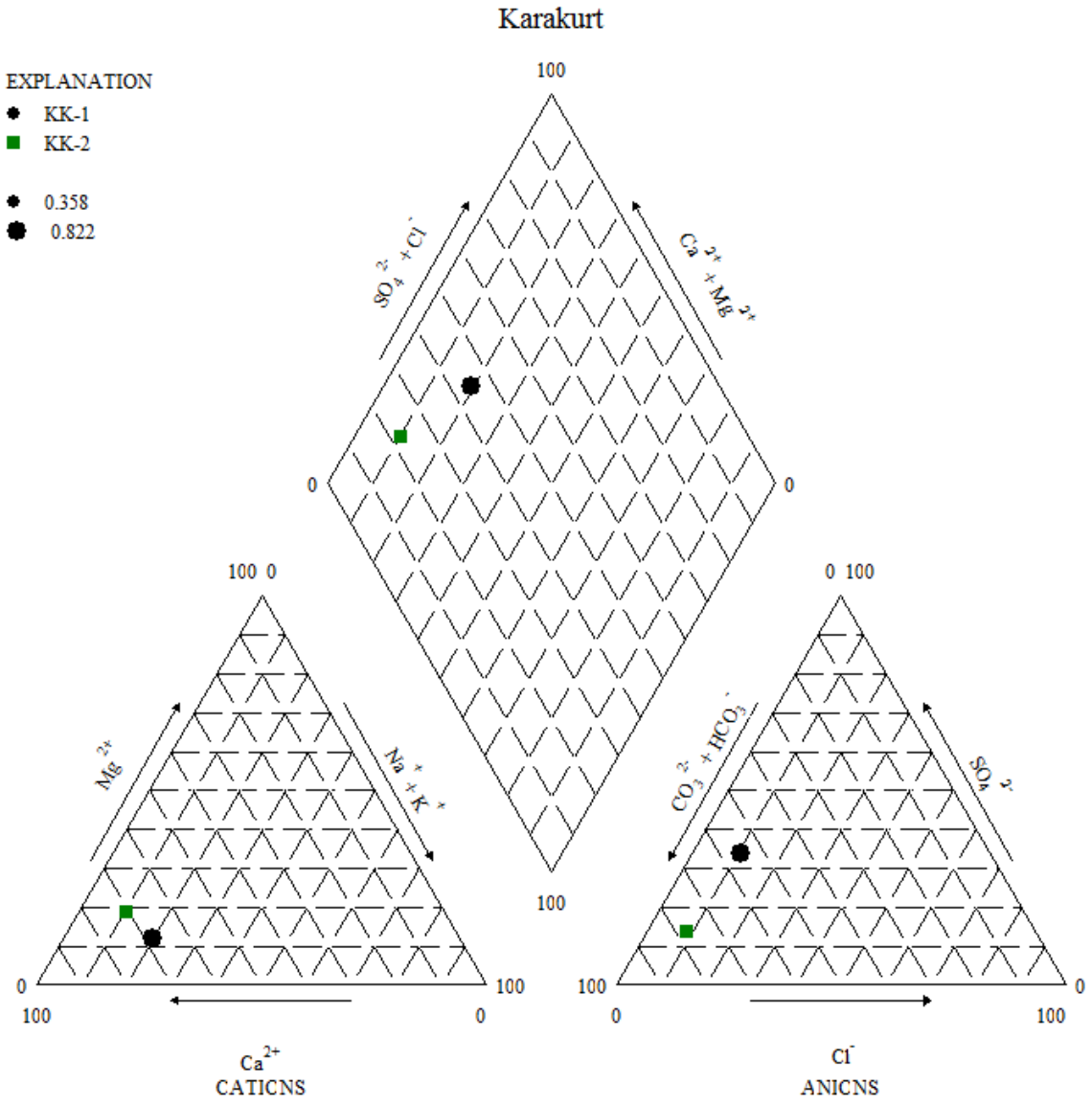
Şekil 12. Karakurt Bölgesi Kurutma Tesisi Sıcak Su Kuyusu Örnekleme Çalışmaları

Şekil 13. Karakurt Bölgesi Soğuk Su Örnekleme Çalışmaları

Karakurt Bölgesi'nden örneklenen soğuk ve sıcak sular benzer sulardır. Her iki su da sığ yeraltı suyu karakteristiğine sahip Ca-HCO_3 tipi su özelliği gösterir. Terme Bölgesi'ne yakın olmasına rağmen bu bölgede klorür belirgin derecede azalırken sülfat oranı artmıştır. Bunun nedeni de bölgenin güneyinde, Aksaray yönünde bulunan evaporitik kayaçlar olabilir. Bununla birlikte rezervuarın yine dolomitik olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 14. Karakurt Bölgesine Ait Suların Schoeller Diyagramı



Şekil 15. Karakurt Bölgesine Ait Suların Piper Diyagramı

Piper diyagramında görüldüğü üzere sıcak su kaynağı K-1 derin yeraltı suyu karakterine yakın görünse de, Ca-HCO_3 tipi sular sınıfında kalmaktadır. Karışım miktarının bölgenin güneybatısına gittikçe arttığı görülmektedir.

4.3. Mahmutlu Bölgesi

4.3.1. Bölgenin Jeolojisi

Bölgede Yiğit Seracılık adlı firma biri reenjeksiyon olmak üzere toplam dört kuyu işletmektedir. Kuyuların sıcaklıkları ve EC değerleri Kırşehir'de Bulamaçlı'dan sonra en yüksek değerlere sahiptirler. Serada işletilen iki kuyudan ve yakınlarda bulunan bir soğuk su kaynağından örnekleme yapılmıştır.

Bölgenin tabanında Senozoyik'e ait üç formasyon bulunur. Bu formasyonların da üzerini Kuvaterner birimler örterler. Senozoyik formasyonları Çevirme, Deliceırmak ve Kızılırmak adları ile anılırlar.

Çevirme formasyonu, kiltaşı ve killi kireçtaşından (nummulitli) oluşur. Deliceırmak, evaporitli, kırmızı kahve-gri renkli karasal çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Kızılırmak ise, kırmızı-kahve renkli, gevşek çakıllı, kumlu, yer yer tüf, kireçtaşı, kumtaşı mercekleri içeren, çamurtaşlarından oluşmaktadır. Bu üç formasyonu örten Kuvaterner ise alüvyon ve travertenlerden oluşmaktadır.

4.3.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri

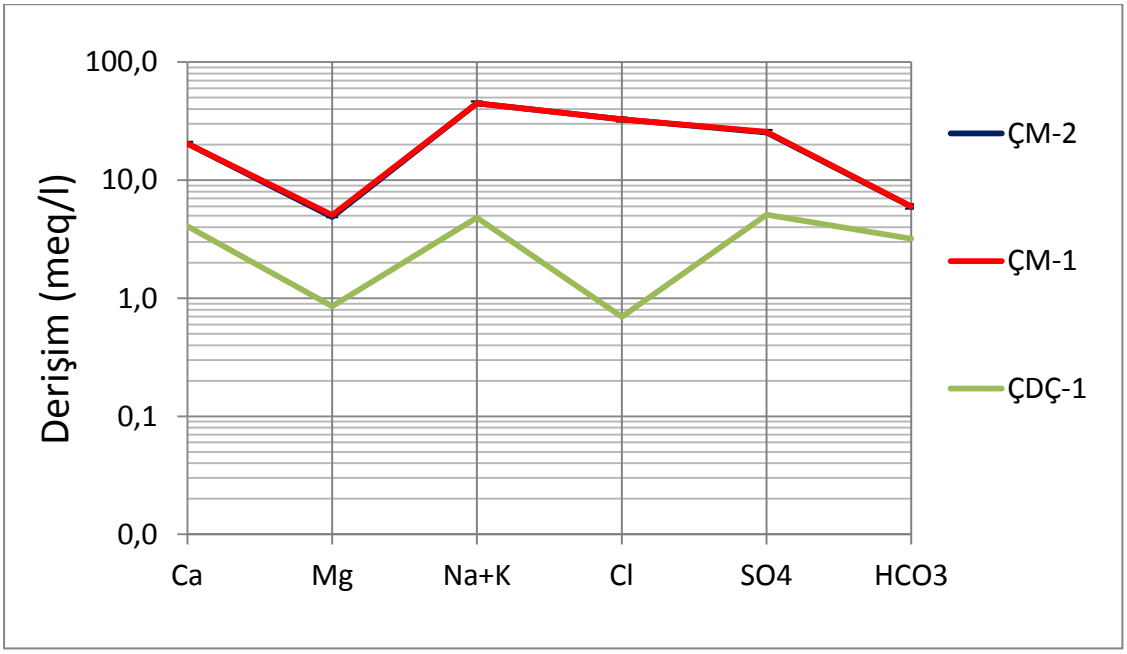
Bölgede seracılık faaliyetlerinde kullanılan iki sıcak su kuyusundan da örnekleme yapılmıştır (Şekil 16). Bununla birlikte sıcak su kuyularının bir kaç km. kuzeyinde bulunan Doğankaş Köyü Çeşmesi'nden de soğuk su örneği alınmıştır (Şekil 17).

Bölgenin doğu sınırında bulunan bu örnekler, en sıcak ve yüksek mineralli sulara aittir. Yapılan analiz sonuçlarına göre Terme ve Karakurt Bölgelerinde olduğu gibi soğuk su girişiminin bu bölgede daha az olduğu, sıcak suların, sığ yeraltı suyu karakteristiğinden uzaklaştığı, ilgili diyagramlarda görülmüştür (Şekil 18 - 19).

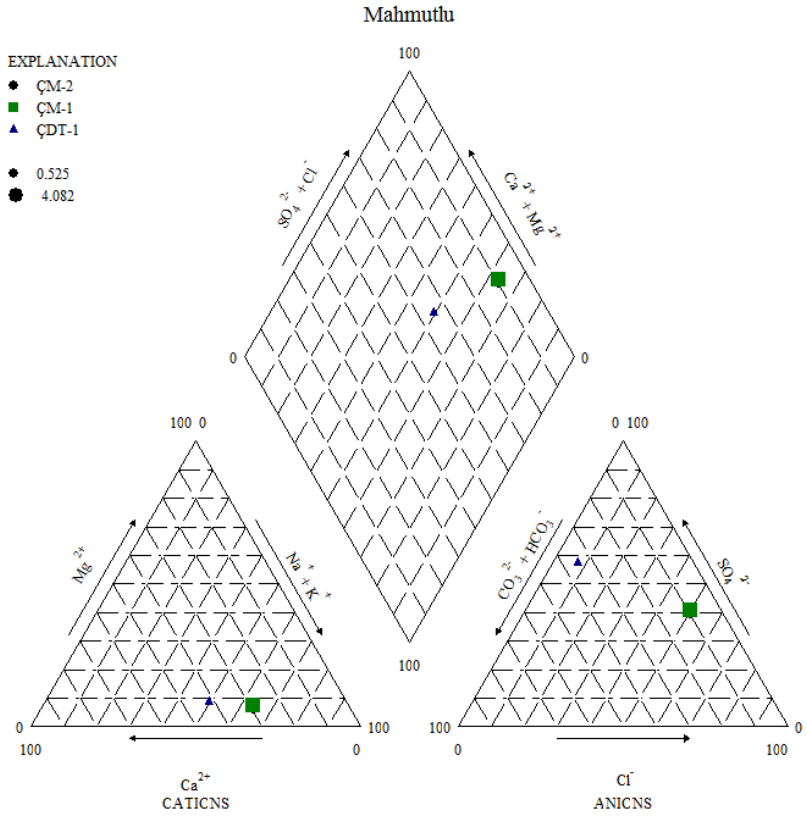
Şekil 16. ÇM-2 Kuyusu Örnekleme Çalışmaları

Şekil 17. Doğankaş Köyü Çeşmesi Örnekleme Çalışmaları

ÇM-1 ve ÇM-2 kodlu sıcak su kuyuları yan yana, aynı rezervuara sahip sulardır. Schoeller diyagramına göre gösterdikleri eğriler çakışıktır (Şekil 18).



Şekil 18. Mahmutlu Bölgesine Ait Suların Schoeller Diyagramı



Şekil 19. Mahmutlu Bölgesine Ait Suların Piper Diyagramı

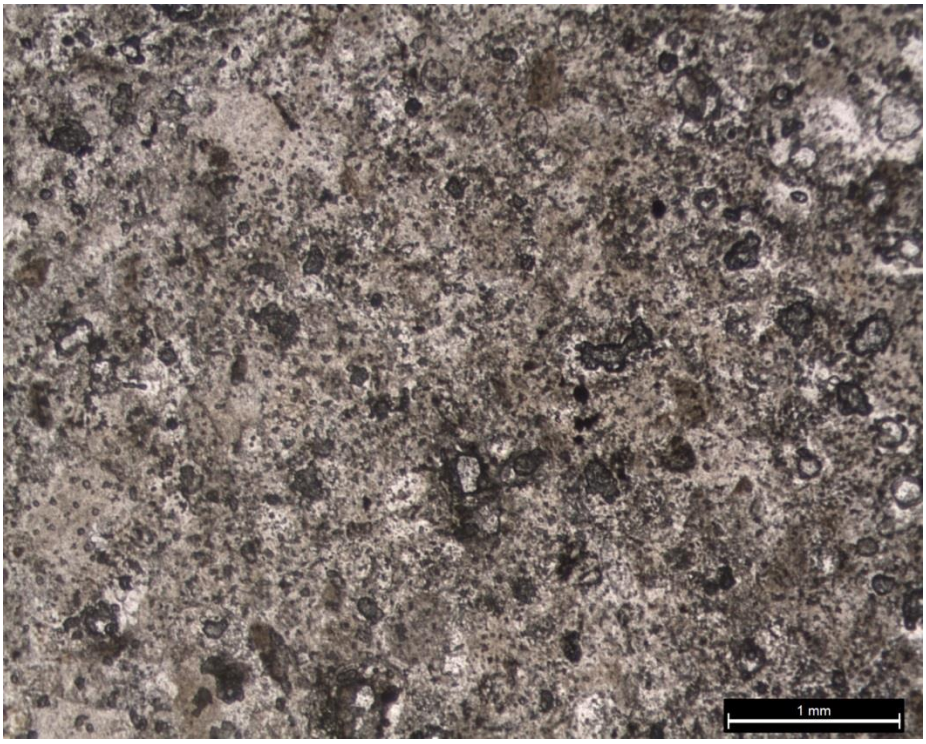
Bölgeye ait Piper Diyagramına göre sular Na-Cl tipi, derin yeraltı suyu özelliği göstermektedirler. Soğuk su kaynağı bikarbonatlı su sınıfına yakın olabilir. Yüzey suları ile ilişki bu bölgede çok daha azdır. Bölgede rezervuardan alınan karışım etkisinden en az etkilenmiş suların olduğu söylenebilir. Rezervuar özelliği gösteren kayacın da sedimanter – evaporitik olma ihtimali vardır.

4.3.3. Mahmutlu Bölgesi Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar

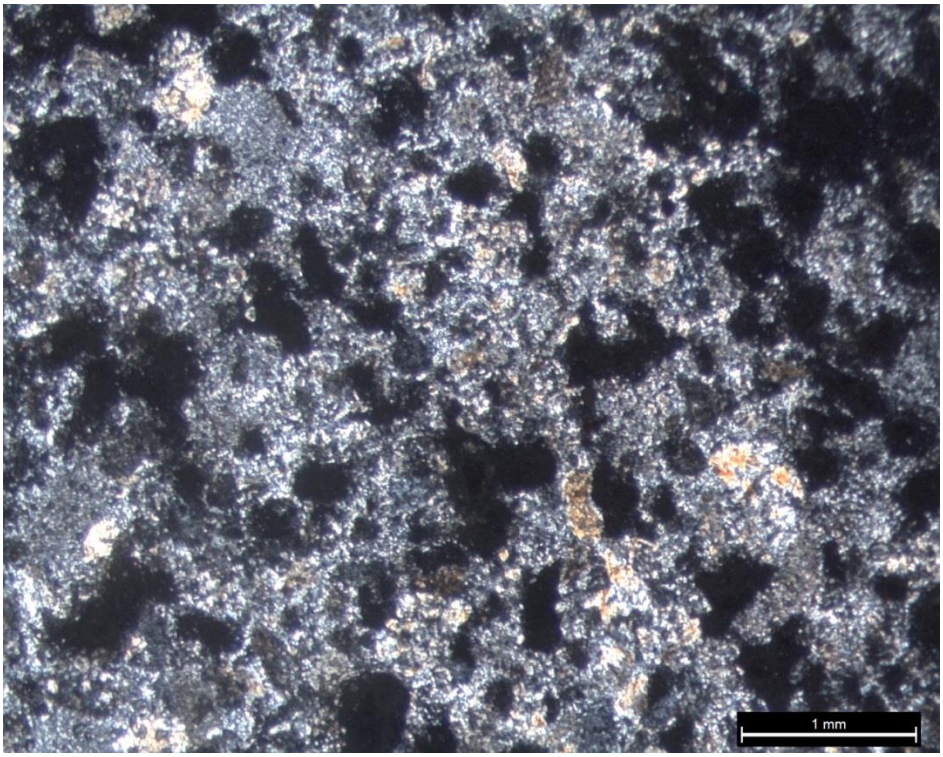
Bölgede örnekleme yapılan kuyuların yakınında varlığı bilinen bir kaynak çıkış noktasından kayaç örneklemesi yapılmıştır. Örnekleme noktasında bulunan kaynağın, zaman içerisinde kuyulardan yapılan çekim nedeniyle kuruduğu tahmin edilmektedir.

Alınan örneğin sedimanter kökenli, hidrotermal alterasyon izleri taşıyan bir kayaç olduğu öngörülmüştür ve örnekten ince kesitler hazırlanarak tek ve çift nikol görüntüleri incelenmiştir (Şekil 20-21-22).

Şekil 20. Mahmutlu Bölgesinde Bulunan Kaynak Çıkış Noktasına Ait Kaya Yüzlekleri



Şekil 21. Mahmutlu Bölgesi Kaya Örneği İnce Kesit Tek Nikol Görüntüsü



Şekil 22. Mahmutlu Bölgesi Kaya Örneği İnce Kesit Çift Nikol Görüntüsü

Şekil 21 ve 22'de verilen görüntülerden yararlanılarak örnek, kiltaşı olarak tanımlanmıştır. İkinci nikolde görülen siyah bölgeler örneğin boşluklu olduğunu

göstermektedir. Yine ikinci nikolde görülen renkli yapılar ikincil bozunma ürünleri olarak tanımlanmıştır. İkinci bozunmanın da kaynağı, sıcak suyun zaman içerisinde kayacı alterasyona uğratmasıdır.

4.4. Bulamaçlı Bölgesi

4.4.1. Bölgenin Jeolojisi

Temelde Üst Kretase-Paleosen granitoyidler yer alır. Granitoyidlerin üzerinde, Paleosen riyolit-andezit-trakit-dasit volkanikleri yer alır. Bu birimlerin üzerine yine volkanik kökenli oluşmuş, kötü boylanmalı, akarsu ortamında çökelmiş çakıltaşlarından oluşan Baraklı Formasyonu gelir. Bu formasyonu kireçtaşları üzerler ve ardından da Kuvaterner traverten ve alüvyon bölgenin en genç birimlerini oluşturur.

4.4.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri

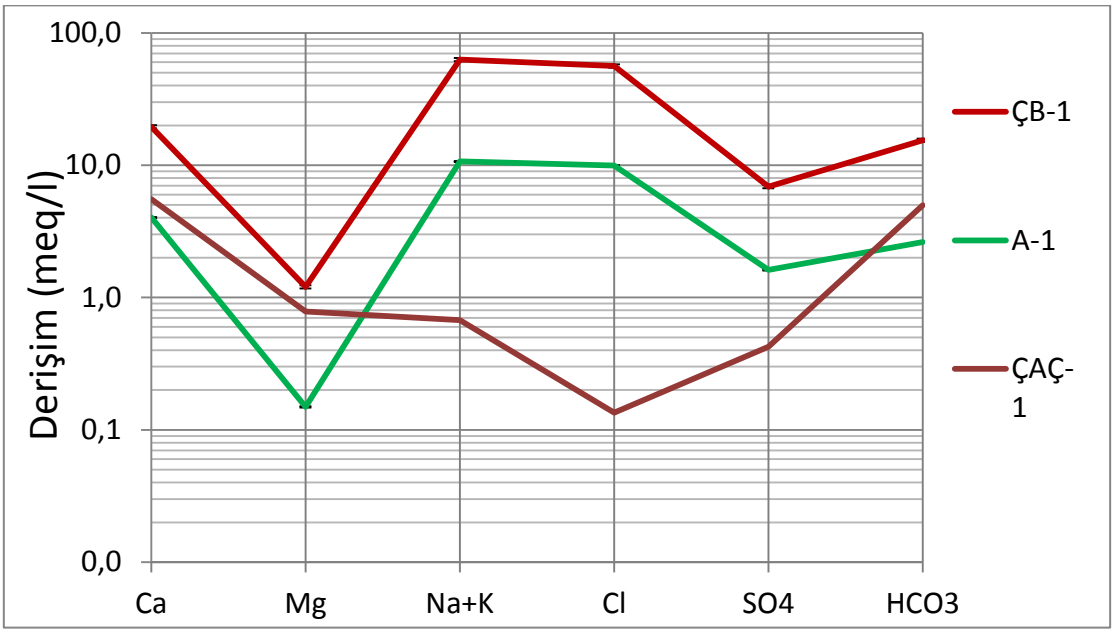
Bulamaçlı bölgesinde bulunan kaplıcaya ait kuyudan ve Akpınar yolu üzerinde bir soğuk su kaynağından örnekleme yapılmıştır. Bu bölgede bulunan suların, bölgenin batısında bulunan Akpınar ile benzer özellikler taşıdığından birlikte değerlendirme yapılmıştır.

Bulamaçlı kaplıcası, ÇB-1, soğuk su kaynağı, ÇAÇ-1, Akpınar kaynağı ise A-1 kodları ile belirlenerek örnekleme yapılmıştır (Şekil 23-24-25).

Şekil 23. Bulamaçlı Sahası Örnekleme Çalışmaları

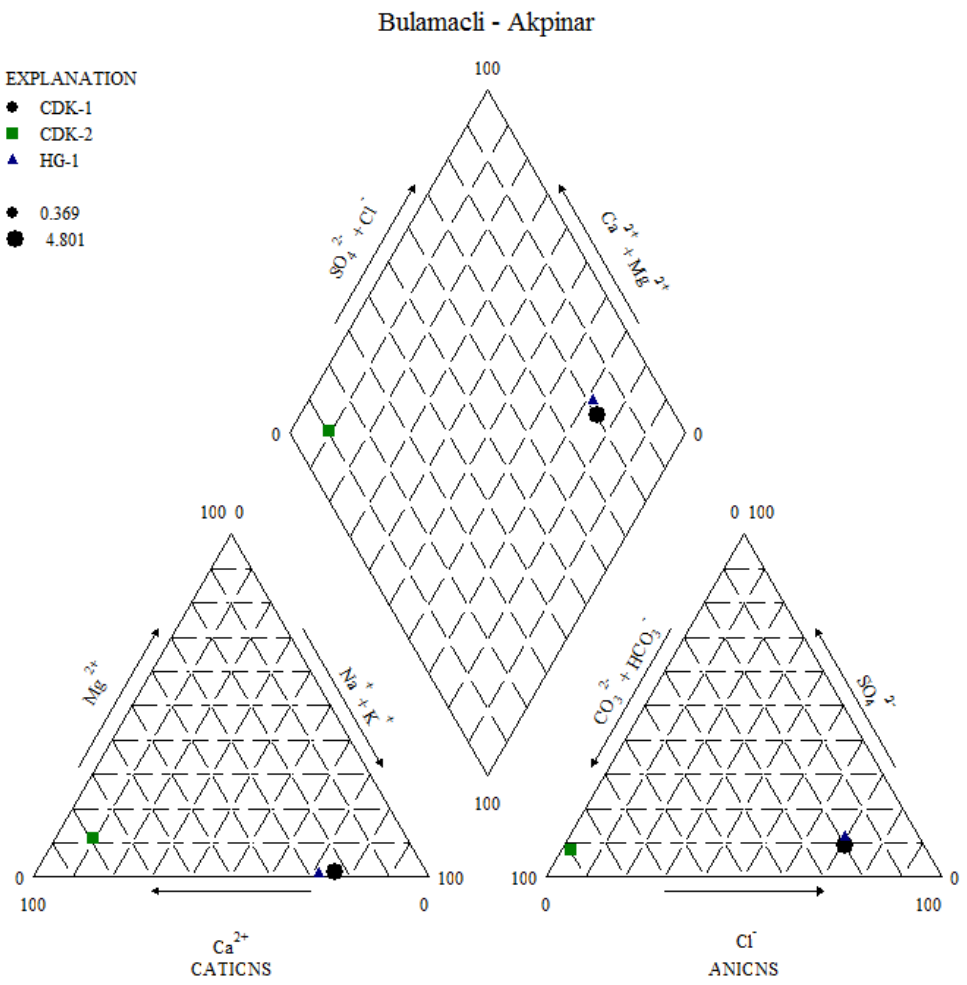
Şekil 24. Çiçekdağı - Akçakent Yolu Üzeri Soğuk Su Örnekleme Çalışmaları

Şekil 25. Akpınar Uyuz Hamamı Örnekleme Çalışmaları



Şekil 26. Bulamaçlı ve Akpınar Bölgelerine Ait Suların Schoeller Diyagramı

ÇB-1 ve A-1 kodlu örnekler birbirinden farklı tanımlanan alanlarda olmalarına rağmen benzer sulardır. Aralarında yüksek sıcaklık ve EC farkı bulunmaktadır (Tablo 1). Schoeller diyagramında oluşturdukları eğrilerin de birbirlerine tamamen paralel olduklarını söylemek yanlış olmaz. Bu durum iki çıkışın da ortak bir rezervuardan geldiğini gösterse de enerji kaybının A-1 kaynağında çok fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni soğuk su karışımı değildir. Klorür miktarında bir seyrelme söz konusu olmamıştır. Bu gibi durumlarda Na/K oranı 15'ten büyük ise kondüktif soğuma olduğu ileri sürülebilir. A-1 kaynağı için bu oran 36 civarındadır. ÇB-1 kaynağında ise bu değerin 12 civarında olduğu görülmektedir. Bu durum da kondüktif soğuma öngörüsünü destekler niteliktedir. Aynı zamanda litolojik değişime bağlı olarak örtü kayanın incelmesi ya da faylarla ötelenmesi de bu soğumanın kaynağı olabilir.



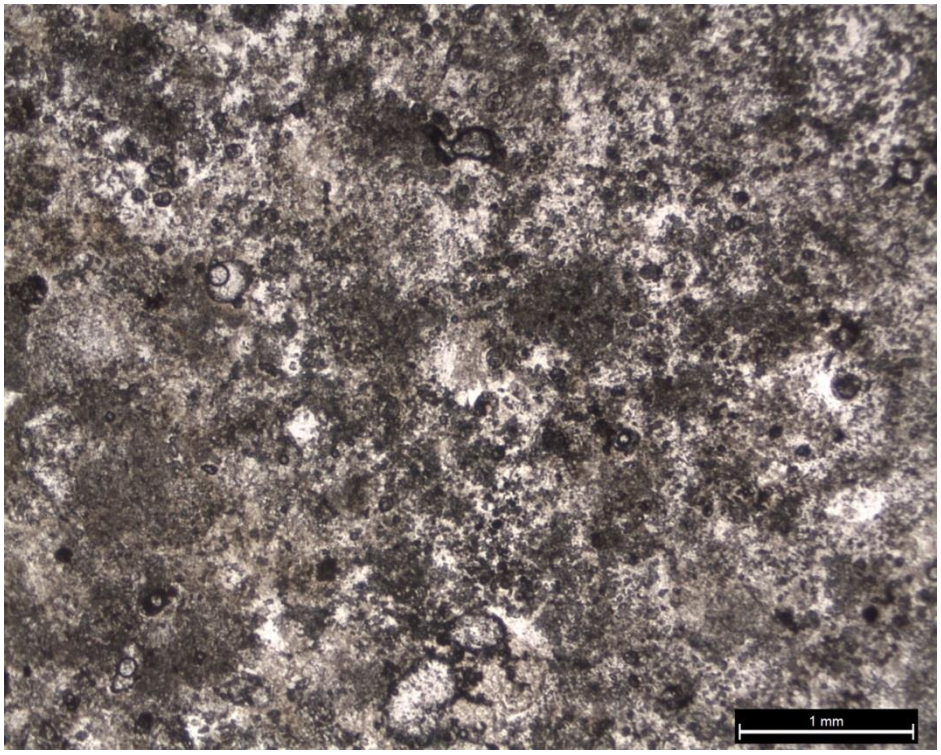
Şekil 27. Bulamaçlı ve Akpınar Bölgelerine Ait Su Örneklerinin Piper Diyagramı

Piper diyagramına göre bölgelerdeki sıcak suların Na-Cl tipi, soğuk suların ise Ca-HCO_3 tipi olduğu görülmektedir. Bir diğer deyişle, soğuk su kaynağı, sığ yeraltı suyu özelliği gösterirken, sıcak sular, derin dolaşımlı eski su özelliğindedirler. Suların farklı bölgelerden beslendiği ve farklı rezervuarlara ait olduğu da söylenebilir.

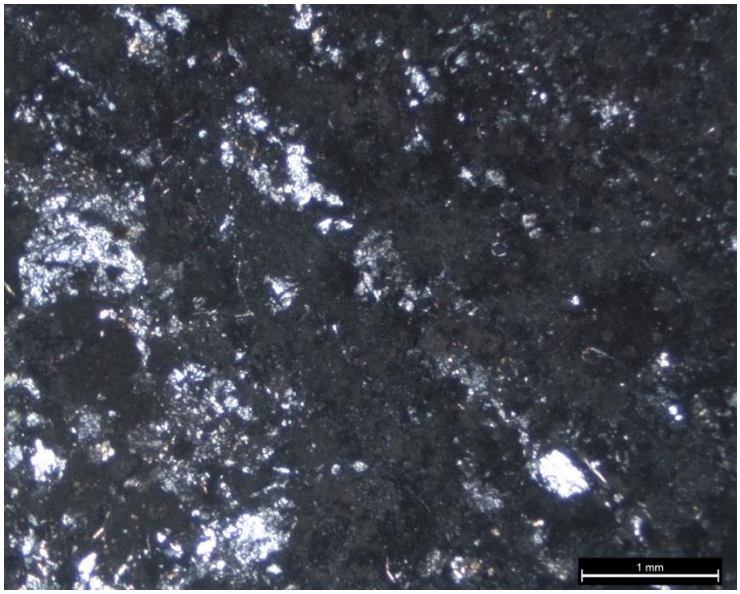
4.4.3. Bulamaçlı ve Akpınar Bölgeleri Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar

Bulamaçlı ve Akpınar bölgelerinden toplamda üç noktada kayaç örneklemesi yapılmıştır. Örnekleme konumları jeoloji haritasında işaretlenmişlerdir (EK-1).

İlk örnek A-1 örnekleme noktasına yakın bir kumtaşıdır (Şekil 28-29). Örnekte görülen kayaç parçası içeriği fazla plajiyoklaz ve diğer alkali feldspatlarca zengin bir örnektir.

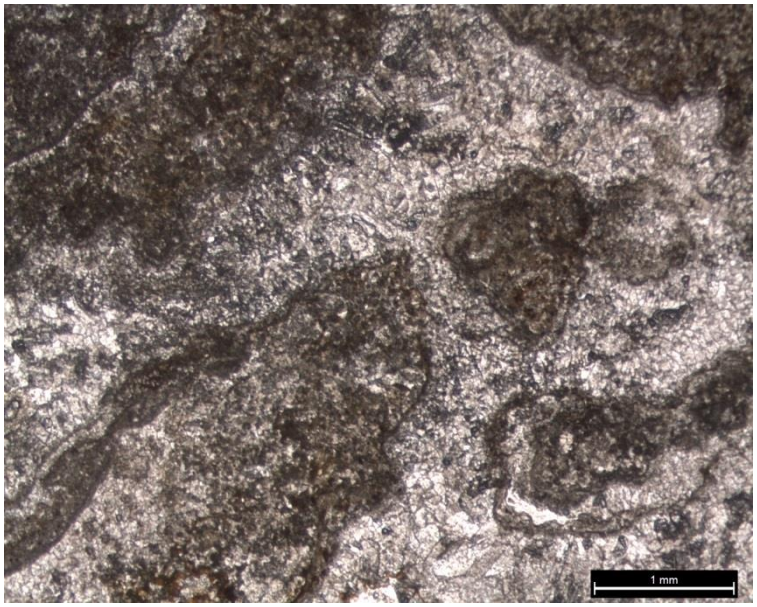


Şekil 28. A-1 Civarından Alınan Kumtaşı Örneğinin Tek Nikol Görüntüsü

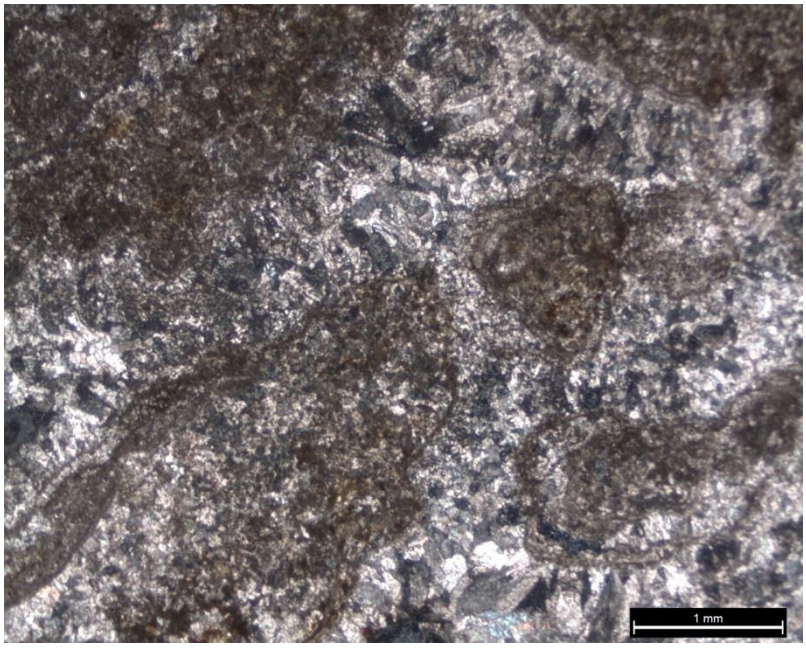


Şekil 29. A-1 Civarından Alınan Kumtaşı Örneğinin Tek Nikol Görüntüsü

Diğer bir örnek Bulamaçlı kaplıcası civarından alınmıştır. Bu örneğin rekristalize kireçtaşı olduğu anlaşılmıştır. Alınan kesitlerde örneğin tamamen karbonattan oluştuğu ve farklı minerallerin kesitte bulunmadığı belirlenmiştir (Şekil 30 - 31).

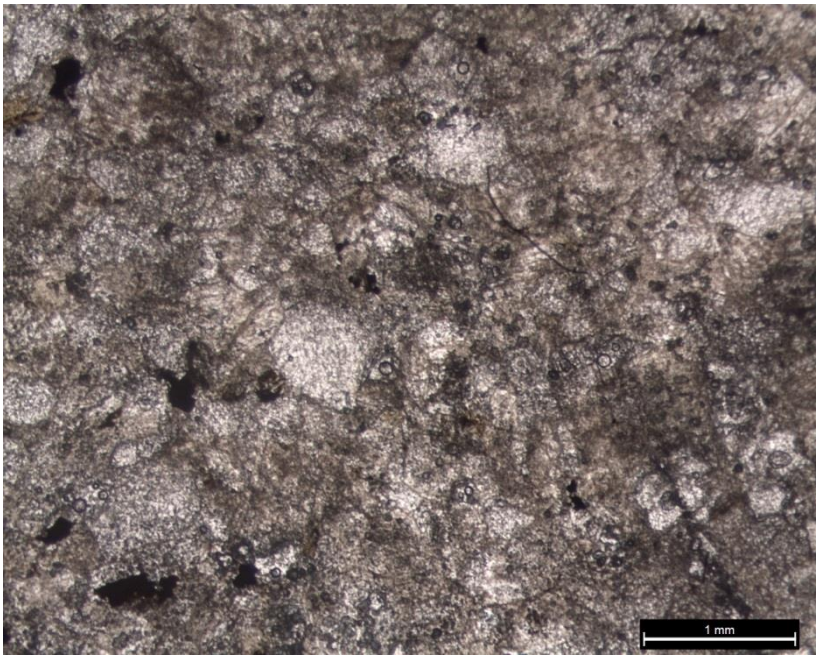


Şekil 30. Bulamaçlı Civarından Alınan Rekristalize Kireçtaşı Örneği Tek Nikol Görüntüsü

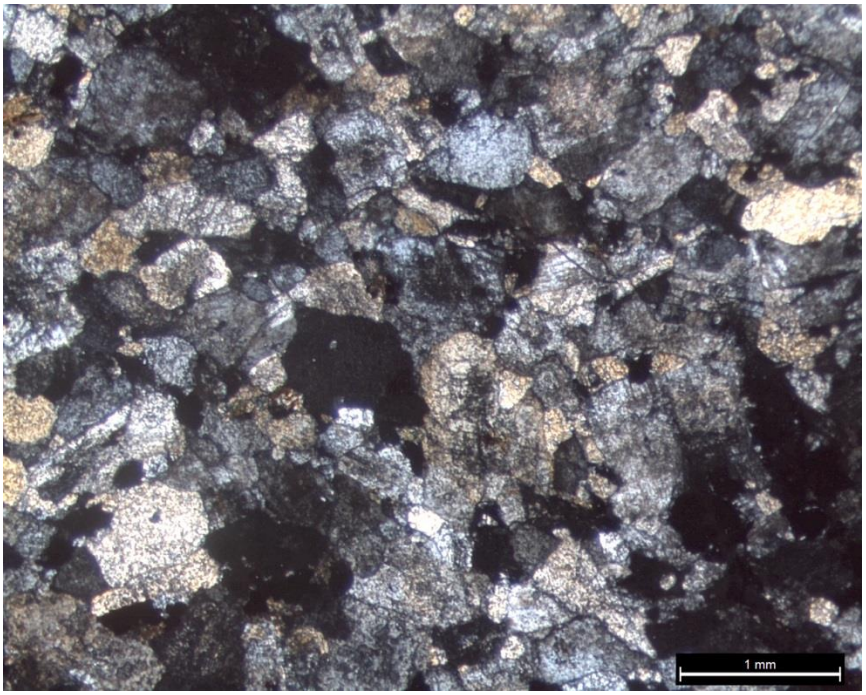


Şekil 31. Bulamaçlı Civarından Alınan Rekristalize Kireçtaşı Örneği Çift Nikol Görüntüsü

Bölgeden üçüncü ve son örnek ise yine uyuz hamamı civarından alınmıştır. Örnek, ortoklaz, kuvars ve feldspatça oldukça zengin bir derinlik kayacıdır. Nihai yorumda örnek granit kayacı olarak belirlenmiştir (Şekil 32-33).



Şekil 32. A-1 Civarı Granit Örneği Tek Nikol Görüntüsü



Şekil 33. A-1 Civarı Granit Örneği Çift Nikol Görüntüsü

4.5. Savcılı Bölgesi

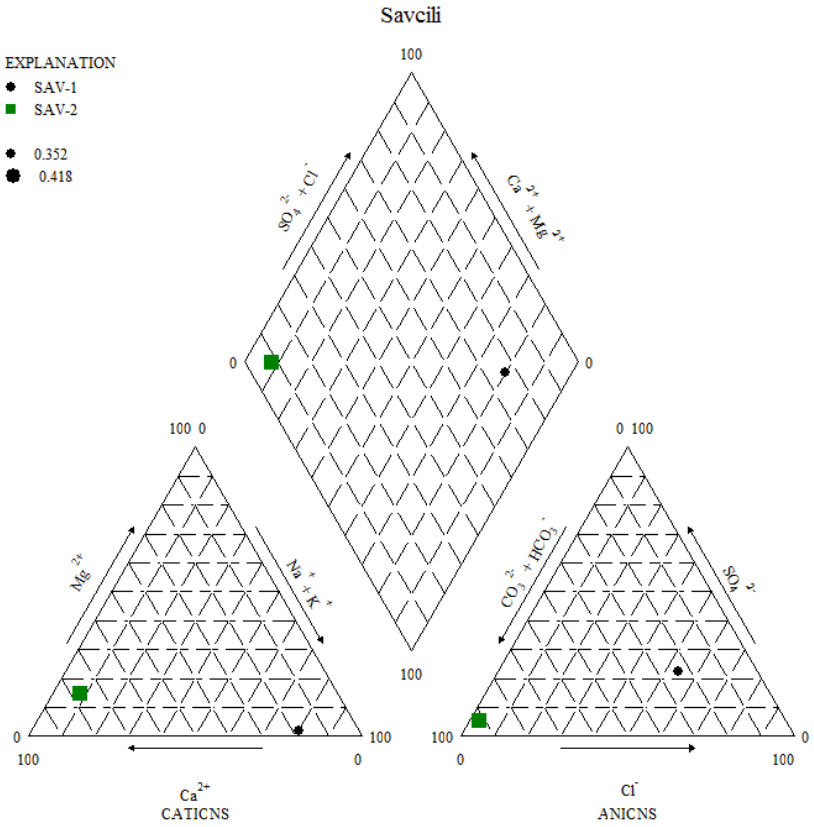
4.5.1. Bölgenin Jeolojisi

Temel kaya Mesozoyik'e ait kristalize kireçtaşları ve mermerlerdir. Üstte, taban konglomerası ile başlayıp, kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşı ile devam eden Lütesiyen birimler bulunur. Mesozoyik monzonitli granit ve granitler magmatizma ile gelişmiştir.

4.5.2. Bölgenin Hidrokimyasal Özellikleri

Bölgede bir soğuk bir sıcak olmak üzere iki noktadan örnekleme yapılmıştır. Soğuk su karakteristiği yine diğer bölgelerle benzer olup karbonatlıdır. Sıcak su kaynağının ise Bulamaçlı Bölgesi ile benzer olduğu görülmektedir. Ancak bölgede bulunan sıcak ve soğuk su arasında ciddi bir benzerlik yoktur. Suların farklı rezervuardan geldiği ve kökenlerinin farklı olduğu söylenebilir (Şekil 34).

Şekil 34. Savcılı Bölgesine Ait Schoeller Diyagramı



Şekil 35. Savcılı Bölgesine Ait Piper Diyagramı

Savcılı bölgesine ait sıcak ve soğuk suların farklı karakterde olduğu Piper Diyagramı'nda da görülmektedir. Buna göre sıcak su kaynağı, soğuk su karışımından uzak, derin dolaşımlı Na-Cl tipindedir. Bu su Akpınar, Bulamaçlı ve Mahmutlu ile benzer özelliktedir ve aynı rezervuar kayaya ait olabilir. Soğuk su ise yine bölgenin tamamında Ca-HCO_3 tipindedir. Tipik sığ yeraltı suyu özelliği gösterir.

5. JEOFİZİK ÇALIŞMALARI

5.1. Sismik Yansıma Çalışmaları

Çalışmalar kapsamında Akpınar Bölgesi'nde iki noktada sismik yansıma çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, henüz işletmeye açılmamış olan Akpınar termal alanında, termal suların yüzeye çıkmalarını sağlayan fayların geometrisini araştırmaktır. Kesitlerin detaylı halleri rapor sonunda ayrıca EK-4 olarak sunulmuştur.

Sismik veri toplama işleminde kullanılan sistem ve kaynak özellikleri ile veri kayıt parametreleri aşağıdaki gibidir:

Sismik Ekipman*: 5 Geode'li (120 kanal) Geometrics Sistem. 14 Hz Düşey Jeofonlar*

Sismik Kaynak*: 36 Fişekli P-Gun ve 32 Fişekli Elektrik-Ateşlemeli PS-Gun*

Atış-Alıcı Düzeni: *Kablo-Boyunca-Yürüme (Walk-Away) Tekniği*

Atış Sayısı*: Akpınar-1 Hattı: 17 Atış, Akpınar-2 Hattı: 24 Atış*

Alıcı Sayısı*: 120 Jeofon*

Atış Aralığı*: 10 m*

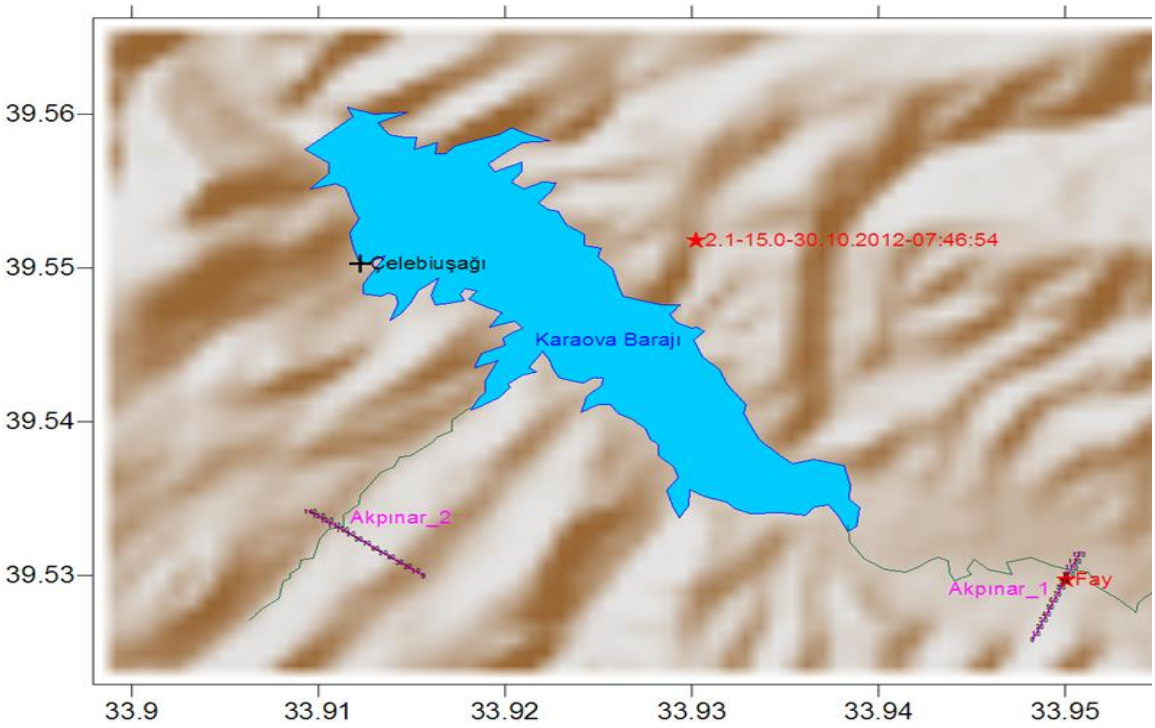
Alıcı Aralığı*: 10 m*

İlk Atışın Hat Başına Uzaklığı*: 475 m*

Örnekleme Aralığı*: 0.5 ms*

Kayıt Süresi*: 3 s*

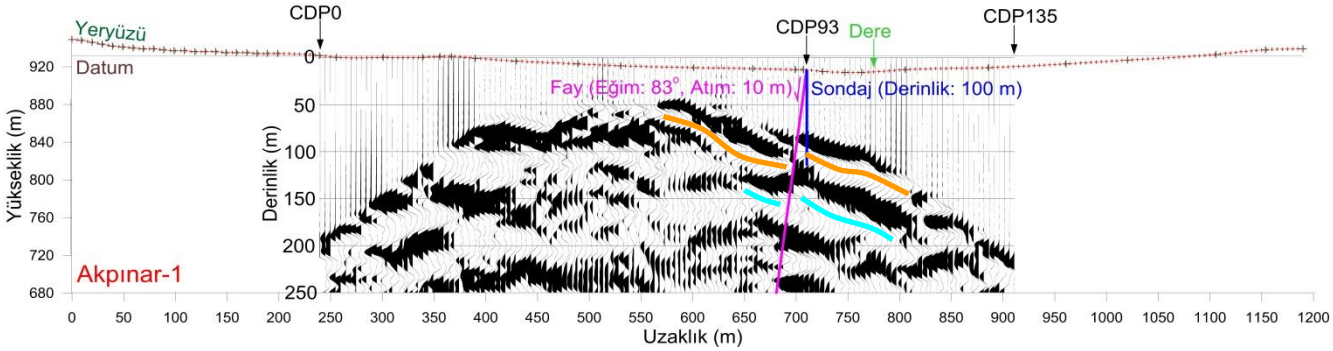
İki farklı alanda uygulanan sismik hatlardan ilki A-1 kodlu örneğin olduğu uyuz hamamının hemen doğusunda, akarsuya dik, KD-GB doğrultulu olarak çalışılmıştır. İkinci hat ise alanın güneybatısında, KB-GD doğrultulu çalışılmıştır (Şekil 36).



Şekil 36. Akpınar Bölgesinde Uygulanan Sismik Hat Konumları

Akpınar-1 Sismik Yansıma Kesitinde, CDP93 istasyonunda, GB'ya 83° eğimli, 10 m atımlı bir normal fay görülmektedir (Şekil 37). CDP93 istasyonunda, sondajla 100 m delindiğinde, soldan fayla sınırlanmış (fay tipi kapan) küçük boyutlu bir antiklinale girilmektedir (Şekil 38 - 39). Bu durum, sıcak suyu barındıracak bir jeolojik yapının var olabileceği anlamına gelmektedir. Sıcak suyun varlığını ispat etmenin yolu, bir deneme sondajı açmaktır.

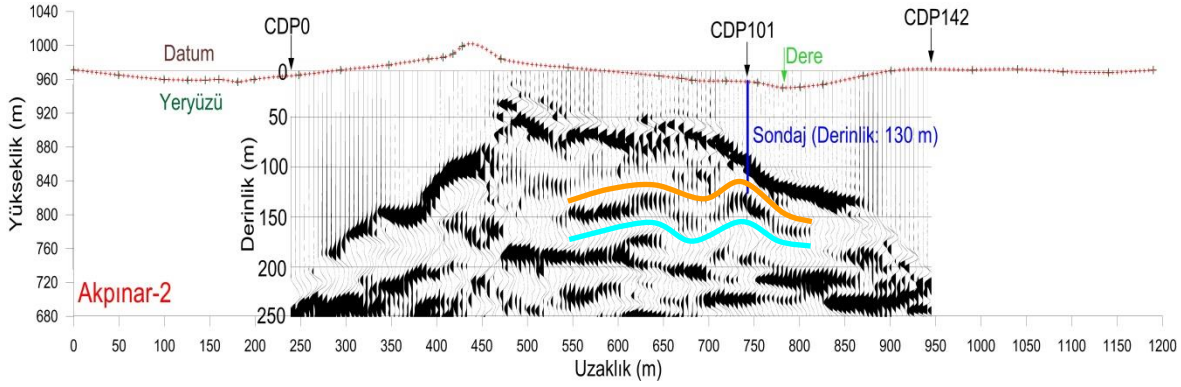
Şekil 37. Akpınar – 1 Hattında Görülen Fay Konumu



Şekil 38. Akpınar – 1 Sismik Kesit Yorumu

Akpınar-2 Sismik Yansıma Kesitinde herhangi bir fay görülmemektedir (Şekil 39). CDP101 istasyonunda, sondajla 130 m delindiğinde, küçük boyutlu bir antiklinale girilmektedir (Şekil

39 - 40). Bu durum, sıcak suyu barındıracak bir jeolojik yapının var olabileceği anlamına gelmektedir. Sıcak suyun varlığını ispat etmenin yolu, bir deneme sondajı açmaktır.



Şekil 39. Akpınar – 2 Sismik Yansıma Kesiti Yorumu

Şekil 40. Akpınar - 2 Hattı Antiklinal Kıvrım Ekseni Konumu

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kırşehir ili ve çevresinde yapılan jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik çalışmalar sonucunda bölgede bulunan jeotermal sistemlerin ortak bir rezervuara sahip oldukları kanısına varılabilir. Bölgedeki sular kuzeyden güneye ve batıya gittikçe soğuk su girişimlerinden ve kondüktüf soğumadan etkilenerek kimyasal değişime uğramaktadırlar. Bu durum, sistemlerin barındırdığı örtü kaya kalınlığı değişimi üzerine bir çalışma yapılmasını gerektirebilir. Bununla birlikte suların karışım sürecine uğrasalar dahi, yüksek çözünmüş madde içerdiklerinden sulama ve içme suyu olarak kullanılmaları istenmeyen sonuçlar meydana getirebilir. Bulamaçlı, Mahmutlu gibi 6000 – 7000 EC ve üzeri değere sahip sularla yapılacak sulamalar toprak veriminin düşmesine neden olabilir.

Sismik yansıma uygulamaları yapılan Akpınar'da bulunan termal çıkışa (A-1) ait fay geometrisi belirlenmiştir. Bu fay üzerinde yapılacak sondaj çalışmaları ile debi ve sıcaklığın arttırılması mümkün olabilir. Kondüktif soğuma etkisinin azaltılabilmesi için örtü kaya kalınlığının belirlenerek bu seviyenin altına inen kuyuların açılabilmesi için gravite etüdü yapılabilir.

Çalışmaların sonucunda bir dizi jeolojik, jeokimya, jeofizik bilgisi elde edilmiştir. Bu bilgiler coğrafi bilgi sistemleri aracı kullanılarak ortak bir konumsal veri tabanına aktarılmış ve haritalanmıştır. Haritalar rapor sonunda ek olarak sunulmuştur. Bu sayede oluşturulan veri tabanı ileride yapılacak çalışmaların ardından da güncellenebilir. Yeni bir jeofizik etüt yapıldığında ya da kuyu açıldığında yapılan iş veri tabanına eklenerek gerekli ilişkilerin kurulması, sistemlere ait modelleme çalışmalarının yapılması kolaylaşabilir.

KAYNAKÇA

- Karakuş, U., Çetin, T. "Jeotermal Kullanım Alanları ve Kırşehir Örneği" TSA, Cilt 7. Ağustos, 2003
- Temiz, U., "Kırşehir Dolayının Neotektoniği ve Depremselliği" Ankara Üni. Fen Bil. Ens. Jeo. Müh. ABD. 2004, doktora tezi.
- Çağlayan, A., 2010, Savcılı Fay Zonunun Yapısal Analizi, Ankara Üni. Fen Bil. Ens. Jeo. Müh. ABD.
- Akgün, F., Akay., E. and Erdoğan, B. 2002. Tertiary Terrestrial to Shallow Marine Deposition in Central Anatolia: A Palynological Approach. Turkish J. Earth Sci., Vol. 11, 2002, pp. 127-160.
- Bailey, E. B. and McCallien, W. J. 1950. Ankara Melanjı ve Anadolu Şariajı. MTA Enst. Mec., 40, 12-22.
- Birgili, Ş., Yoldaş, R. ve Ünalan, G. 1975. Çankırı–Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Rap. No: 5621 (yayımlanmamış), Ankara.
- Çağlayan, A, 2010. Savcılı Fay Zonunun (Kırşehir) Yapısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi Ankara.
- Egeran, E. N. ve Lahn, E. 1951. Kuzey ve Orta Anadolu'nun tektonik durumu hakkında not. MTA Enst. Mec., 41, 23-34.
- Erkan, Y., ve Ataman, G. 1981. Orta Anadolu masifi (Kırşehir yöresi) metamorfizma yaşı üzerine K-Ar yöntemi ile bir inceleme. Yerbilimleri, 8, 27-30.
- Erler, A., Akıman, O., Unan, C., Dalkılıç, F., Dalkılıç, B., Geven, A. ve Önen, P. 1991. Kaman (Kırşehir) ve Yozgat yörelerinde Kırşehir Masifi magmatik kayaçlarının petrolojisi ve jeokimyası. Doğa-Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences, 15, 76-100.
- Göncüoğlu, M. C. 1977. Geologie des westlichen Niğde Massivs. Ph. D. Thesis, Bonn University, 167 s.
- Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, I., Erler, A. ve Olgun, E. 1991. Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rap. No. 2909, 140 s.
- Göncüoğlu, M. C., Erler, A., Toprak, V., Yalınız, K., Olgun, E. ve Rojay, B. 1992. Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 2: Orta Kesim. TPAO Rap. No. 3155, 76 s.

- Görür, N. 1981. Tuz Gölü-Haymana havzasının stratigrafik analizi. Türkiye Jeol. Kur. 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu.
- Kara, H. ve Dönmez, M. 1990. 1:100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji Haritaları serisi, Kırşehir–G 17 paftası. MTA yayınları.
- Ketin, İ. 1955. Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin tektonik konumu. Türk. Jeol. Kur. Bull., S.6, 1-40.
- Ketin, İ. 1963. 1/500000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası "Kayseri" paftası. MTA Enst. Yay., Ankara, 83 s.
- Koçyiğit, A. 2003. Orta Anadolu'nun genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel sayı:5, s.1-26.
- Koçyiğit, A. and Özacar, A. (2003). Extensional Neotectonic Regime through the NE Edge of the Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field and Seismic Data. Turkish J. Earth Sci., Vol. 12, 2003, pp. 67-90.
- Kuşcu, İ. and Erler, A. 1998. Mineralization Events in a Collision-Related Setting: the central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. International Geology Review, Vol.40, p.532-565.
- Oktay, F.Y. 1981. Savcılıbüyükoba (Kaman) çevresinde Orta Anadolu Masifi tortul örtüsünün jeolojisi ve sedimantolojisi. Doçentlik Tezi, İTÜ. Maden Fakültesi, İstanbul, 175.
- Seymen, İ. 1981a. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. TJK Bült., 24, 2, 101-108.
- Seymen, İ. 1981b. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin metamorfizması. TJK 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı "İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu", 12-15.
- Seymen, İ. 1985. Kırşehir masifi metamorfitlerinin jeoloji evrimi. Türkiye Jeol. Kur., Ketin Sempozyumu, 133-148.
- Seymen, I. 2000. Geology of the Kırşehir massif between Savcılıbeyit (Kaman) and Yeşilli (Kırşehir) villages. Congress of Geosciences and Mining for the 75th Anniversary of the Turkish Republic, Proceedings, 67–91.
- Temiz, U. (2004). Kırşehir dolayının neotektoniği ve depremselliği (Doctoral dissertation, Doctoral thesis, Department of Geological Engineering, Ankara University).

- Temiz, U. ve Gökten, Y. E., 2011. Ms 6.8 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) Depreminin Coulum Gerilme Analizi. Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt No: 54, Sayı 3.
- Vache, R. 1963. Akdağmadeni kontakt yatakları ve bunların Orta Anadolu Kristaline karşı olan jeolojik çerçevesi. MTA Bült.,19, 22 – 36.

EK - 1

EK-2 SU ÖRNEĞİ KONUMLARI VE FİZİKOKİMYASAL DEĞİŞKENLER

Örnek Kodu	X (East)	Y (North)	Örnekleme Tarihi	Örnekleme Yeri	T (°C)	pH	EC (mS/cm)	TDS(g/L)	Sal	DO(%)	DO(mg/l)	Kaynak Türü
T-3	599685.6	4332622.6	29.11.2013	Isı Merkezi	49.6	6.58	1757	1.14	0.85	50.3	2.86	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-9	599706	4332657	29.11.2013	Isı Merkezi	52.82	6.82	2087	1.356	1.02	55.1	2.9	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-4	599625	4332543	29.11.2013	Isı Merkezi	56.01	6.5	2070	1.147	0.9	50	0.44	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-12	599910	4332144	29.11.2013	İmam Hatip Yanı	46.29	6.39	2383	1.58	1.21	18.1	1.12	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-10	599384.3	4332103.3	29.11.2013	Temur Otelin Arkası	48.6	6.27	2070	1.377	1.04	0.4	0.02	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-1	599490	4332487	29.11.2013	Grand Terme Otel	58.6	6.5	1815	1.18	0.87	4.1	0.18	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-5	599490	4332487	29.11.2013	Grand Terme Otel	32	7.23	795	0.516	0.38	65.4	4.77	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-7	599490	4332487	29.11.2013	Grand Terme Otel Arkası	35	6.59	1090	0.708	0.53	8.4	0.57	Sıcak Kuyu-Artezyen
T-11	599347.4	4332456.1	29.11.2013	Makissos Otel Kuyusu	50.82	6.65	1673	1.083	0.8	46.3	2.52	Sıcak Kuyu-Artezyen
K-1	585380	4330486	29.11.2013	Kurutma Tesisi	50.07	6.68	1265	0.822	0.6	20	1.08	Sıcak Kuyu
KÇ-1	585195.6	4330453.5	29.11.2013	K. Tesisi Önü Çeşme	14.54	7.89	552	0.358	0.27	81	8.2	Soğuk Çeşme

EK-2 (Devam)

Örnek Kodu	X (East)	Y (North)	Örnekleme Tarihi	Örnekleme Yeri	T (°C)	pH	EC (mS/cm)	TDS(g/L)	Sal	DO(%)	DO(mg/l)	Kaynak Türü
SB-1	558006.1	4340948.1	29.11.2013	Savcılı Eski Hamamı	34.38	9.24	542	0.352	0.26	1.5	0.1	Doğal Kaynak
SBÇ-1	558645	4342232	29.11.2013	Savcılı Mezarlık Çeşme	13.85	8.29	649	0.418	0.31	104	10.45	Soğuk Çeşme
ÇM-2	628702	4368648	30.11.2013	Çiçekdağı - Yiğit Seracılık	75.37	6.77	6170	4.007	3.12	1.8	0.06	Sıcak Kuyu-Artezyen
ÇM-1	628702	4368648	30.11.2013	Çiçekdağı - Yiğit Seracılık	68.59	6.92	6281	4.082	3.2	25.4	1.01	Sıcak Kuyu-Artezyen
ÇDÇ-1	627395.8	4372949.5	30.11.2013	Doğankaş Köyü Çeşmesi	13.33	8.4	810	0.525	0.4	92.6	9.59	Soğuk Çeşme
ÇB-1	626419.3	4385474.3	30.11.2013	Bulamaçlı - ÇB-1 Ruhsat Adlı	45.34	6.67	7388	4.801	3.94	30.1	1.74	Sıcak Kuyu-Artezyen
ÇAÇ-1	614451	4381569	30.11.2013	Akçakent Yolu Soğuk Su	11.64	7.63	567	0.369	0.28	90.3	9.77	Soğuk Çeşme
A-1	581365.3	4375872.1	30.11.2013	Akçakent Uyuz Hamamı	29.47	8.19	1499	0.974	0.62	61.7	4.67	Doğal Kaynak
HG-1	598770.1	4334496.1	01.12.2013	Hılla Gölü	19.45	7.08	711	0.462	0.3	71.7	6.57	Doğal Kaynak - Gölet
TÇ-1	599292	4332404	01.12.2013	Merkez - Terme Bölgesi	13.76	7.38	874	0.568	0.43	85.1	8.72	Soğuk Çeşme

EK-3 ICP-MS Analiz Sonuçları

ICP-MS Analizleri	9Be	11B	27Al	47Ti	52Cr	55Mn	56Fe	57Fe	59Co	60Ni	65Cu	66Zn
Örnek Kodu	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**
T-3	-1.327	1215	582.1	-19.22	-5.304	45.55	119.2	269	-0.21	-47.46	-13.18	60.02
T-9	-1.257	1230	550.5	-18.75	-5.656	59.48	145.1	348.5	-0.215	-47.24	-10.66	66.67
T-4	-1.194	1145	564.8	-18.46	-4.743	63.75	160.2	383.3	-0.184	-48.06	-12.89	63.7
T-12	-1.193	1271	557.8	-18.76	-4.924	96.52	185	456.7	-0.122	-49.12	-14.22	45.42
T-10	-1.204	1132	566.9	-18.73	-3.77	103.1	176	416.2	0.093	-47.68	-13.92	562.4
T-1	-1.369	1074	559.8	-18.44	-5.61	53.04	134.7	316.3	0.259	-50.11	0.941	96.88
T-5	-0.335	82.73	35.15	-5.658	-0.69	4.065	27.63	88.53	0.046	-10.58	-3.181	29.99
T-7	-1.649	856.7	550.3	-19.43	3.096	21.2	136	281.3	-0.161	-48.79	-8.358	51.79
T-11	-1.436	1045	567.8	-18.83	-3.603	77.93	152.8	342.1	-0.015	-49.47	-14.43	38.78
K-1	-1.731	762.6	538.4	-18.91	-4.753	57.57	119.8	218.4	-0.192	-50.21	-12.31	45.21
KÇ-1	-0.367	150.8	21.58	-5.809	-0.99	0.504	18.62	49.1	-0.052	-11.62	-3.785	30.74
SB-1	-0.221	243.2	28.06	-5.329	-0.16	3.952	36.28	58.4	0.292	-11.26	19	40.91
SBÇ-1	-0.374	30.89	23.91	-5.883	-0.781	1.318	22.62	56.6	-0.04	-11.46	-2.575	34.61
ÇM-2	-1.472	1338	547.6	-18.18	-4.549	21.14	185.3	443	-0.221	-52.03	-13.73	48.16
ÇM-1	-1.469	1374	541.9	-18.33	-5.278	20.13	115	288.5	0.486	-48.09	-12.49	111.3
ÇDÇ-1	-0.38	357.4	23.33	-5.871	2.604	0.656	19.62	42.54	-0.049	-11.8	-3.303	11.03
ÇB-1	2.353	2962	549	-17.3	-1.198	848.3	113.7	256.6	-0.196	-52.48	-14.68	192.3
ÇAÇ-1	-0.355	53.4	20.41	-5.765	-1.172	1.078	19.87	56.02	0.059	-11.69	-0.787	18.1
A-1	-1.749	1082	541.1	-18.55	-5.285	15.12	110.1	123.5	-0.429	-53.78	-16.13	66.35
HG-1	-0.368	64.63	22.62	-5.907	-1.06	2.069	21.7	61.87	-0.008	-11.99	8.392	28.85
TÇ-1	-0.377	243.3	22.05	-5.745	-0.841	1.198	19.33	62.16	-0.01	-12	-3.562	6.228

EK-3 (Devam)

ICP-MS Analizleri	69Ga	72Ge	82Se	85Rb	88Sr	90Zr	93Nb	95Mo	101Ru	105Pd	107Ag	111Cd	115In	118Sn
Örnek Kodu	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**
T-3	18.71	-0.537	-12.51	23.18	935.3	5	-0.277	6.04	-0.018	0.934	-0.281	-0.336	-0.672	-2.069
T-9	19.96	-0.181	-11.76	30.01	1180	1.897	-0.291	6.016	-0.003	1.628	-0.263	-0.738	-0.668	-2.445
T-4	21.38	-0.103	-12.56	32.62	1271	0.975	-0.313	5.439	-0.01	1.61	-0.323	-0.751	-0.678	-2.686
T-12	20.19	-0.071	-11.43	35.58	1472	0.755	-0.296	5.946	-0.002	1.887	-0.311	-0.448	-0.69	-2.723
T-10	20.72	-0.192	-11.35	32.23	1514	0.824	-0.3	6.78	-0.002	2.346	-0.318	-0.851	-0.688	-2.778
T-1	22.28	-0.34	-12.55	27.64	1065	0.856	-0.33	6.337	-0.018	1.125	-0.351	2.479	-0.685	-2.819
T-5	8.69	-0.074	-2.101	6.33	347.4	-0.323	-0.086	3.924	-0.004	0.376	-0.091	-0.159	-0.145	-0.502
T-7	18.36	-0.68	-9.889	11.48	670.4	0.689	-0.351	7.13	-0.015	0.053	-0.389	-0.783	-0.697	-2.296
T-11	19.83	-0.34	-12.99	26.49	1020	0.7	-0.357	6.109	-0.015	0.647	-0.374	-0.812	-0.696	-2.763
K-1	17.28	-0.283	-13.42	29.86	831.1	0.769	-0.358	5.501	-0.008	0.318	-0.382	-0.429	-0.7	-2.757
KÇ-1	3.545	-0.112	-2.097	0.369	350.4	-0.358	-0.092	2.452	-0.002	0.38	-0.091	-0.194	-0.148	-0.668
SB-1	0.682	1.664	-2.422	4.391	85.93	-0.296	-0.088	12.46	-0.003	-0.079	0.519	0.792	-0.143	-0.514
SBÇ-1	1.215	-0.171	-2.491	0.184	233.2	-0.36	-0.09	1.828	-0.002	0.146	-0.094	-0.184	-0.148	-0.678
ÇM-2	16.92	2.023	-7.956	103.6	3444	1.06	-0.353	7.858	0.015	4.699	-0.255	-0.844	-0.7	-2.832
ÇM-1	16.79	1.77	-8.773	102	3470	0.128	-0.356	11.88	0.025	4.709	-0.289	-0.657	-0.703	-2.896
ÇDÇ-1	0.292	-0.072	-0.766	0.226	3069	-0.35	-0.092	3.273	0.011	4.895	-0.09	-0.179	-0.148	-0.659
ÇB-1	17.55	8.838	-8.207	428.6	2297	0.915	-0.315	6.935	-0.015	3.044	-0.28	-0.478	-0.684	-2.781
ÇAÇ-1	1.676	-0.145	-2.31	1.302	293.7	-0.365	-0.091	2.336	-0.002	0.31	-0.059	0.272	-0.147	-0.541
A-1	17.33	0.915	-12.4	45.77	1111	0.895	-0.357	24.61	-0.014	0.715	-0.309	-0.832	-0.703	-2.951
HG-1	1.701	-0.072	-2.202	4.629	278.1	-0.354	-0.091	4.63	-0.001	0.277	-0.079	-0.109	-0.145	-0.649
TÇ-1	2.262	-0.129	-2.319	0.421	671.3	-0.349	-0.092	2.583	-0.002	0.891	-0.085	-0.111	-0.149	-0.667

EK-3 (Devam)

ICP-MS Analizleri	121Sb	125Te	127I	133Cs	137Ba	139La	140Ce	141Pr	146Nd	147Sm	153Eu	157Gd	159Tb	163Dy
Örnek Kodu	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**
T-3	14.31	0.05	7.318	6.75	614	-2.11	-1.331	-0.083	-0.223	0.032	0.078	-0.009	0	0.024
T-9	15.31	-0.071	5.209	8.908	653.6	-2.143	-1.365	-0.078	-0.197	0.035	0.081	-0.011	0.001	0.021
T-4	16.47	-0.029	8.773	10.43	693.9	-2.107	-1.305	-0.076	-0.159	0.017	0.087	-0.016	0.001	0.038
T-12	16.06	-0.069	11.65	10.63	665.7	-2.101	-1.327	-0.082	-0.19	0.03	0.08	-0.028	-0.001	0.024
T-10	14.4	-0.09	7.672	8.767	673.6	-1.994	-0.937	-0.044	-0.072	0.07	0.083	-0.002	0.003	0.026
T-1	15.16	-0.07	6.701	8.646	702.4	-2.108	-1.373	-0.084	-0.207	0.022	0.088	-0.014	0	0.018
T-5	0.016	0.007	4.474	1.881	325.5	-0.458	-0.309	-0.015	-0.03	0.005	0.04	-0.001	0.001	0.013
T-7	13.93	-0.037	3.173	2.883	644.5	-2.139	-1.386	-0.075	-0.202	0.023	0.058	-0.037	-0.002	0.013
T-11	14.75	-0.132	4.73	7.655	680.2	-2.141	-1.362	-0.077	-0.177	0.027	0.071	-0.032	-0.002	0.029
K-1	13.41	-0.102	4.972	8.437	608.9	-2.138	-1.363	-0.075	-0.18	0.039	0.052	-0.032	0.001	0.035
KÇ-1	-0.048	-0.028	29.83	0.122	131.3	-0.441	-0.396	-0.013	-0.028	0.015	0.015	0.002	0	0.011
SB-1	0.859	-0.015	7.877	3.577	2.638	-0.491	-0.356	-0.024	-0.071	-0.001	-0.008	-0.013	-0.001	-0.002
SBÇ-1	-0.037	-0.015	4.654	-0.017	44.14	-0.508	-0.394	-0.026	-0.073	-0.001	-0.003	-0.011	-0.001	0.001
ÇM-2	29.58	-0.067	45.55	48.47	612.9	-1.967	-1.064	-0.072	-0.159	0.026	0.043	-0.015	0	0.013
ÇM-1	63.44	-0.132	58.69	46.65	608.7	-2.115	-1.335	-0.076	-0.218	0.049	0.049	-0.017	-0.002	0.004
ÇDÇ-1	-0.137	-0.001	11.93	0.01	12.55	-0.512	-0.401	-0.027	-0.076	-0.002	-0.007	-0.014	-0.001	-0.004
ÇB-1	13.75	-0.132	80.72	310.8	624.8	-2.099	-1.265	-0.071	-0.181	0.035	0.066	-0.007	0.002	0.027
ÇAÇ-1	0.023	-0.028	2.863	0.033	58.5	-0.504	-0.396	-0.025	-0.07	-0.002	0	-0.012	-0.001	0.001
A-1	12.98	-0.132	12.44	71.51	581.9	-2.151	-1.351	-0.085	-0.188	0.028	0.051	-0.017	-0.001	0.023
HG-1	0.059	-0.015	5.065	1.413	60.36	-0.497	-0.38	-0.025	-0.074	0	0.01	-0.009	-0.001	-0.002
TÇ-1	-0.08	-0.021	29.03	0.005	81.05	-0.479	-0.376	-0.022	-0.064	0.002	0.002	-0.008	0	0.001

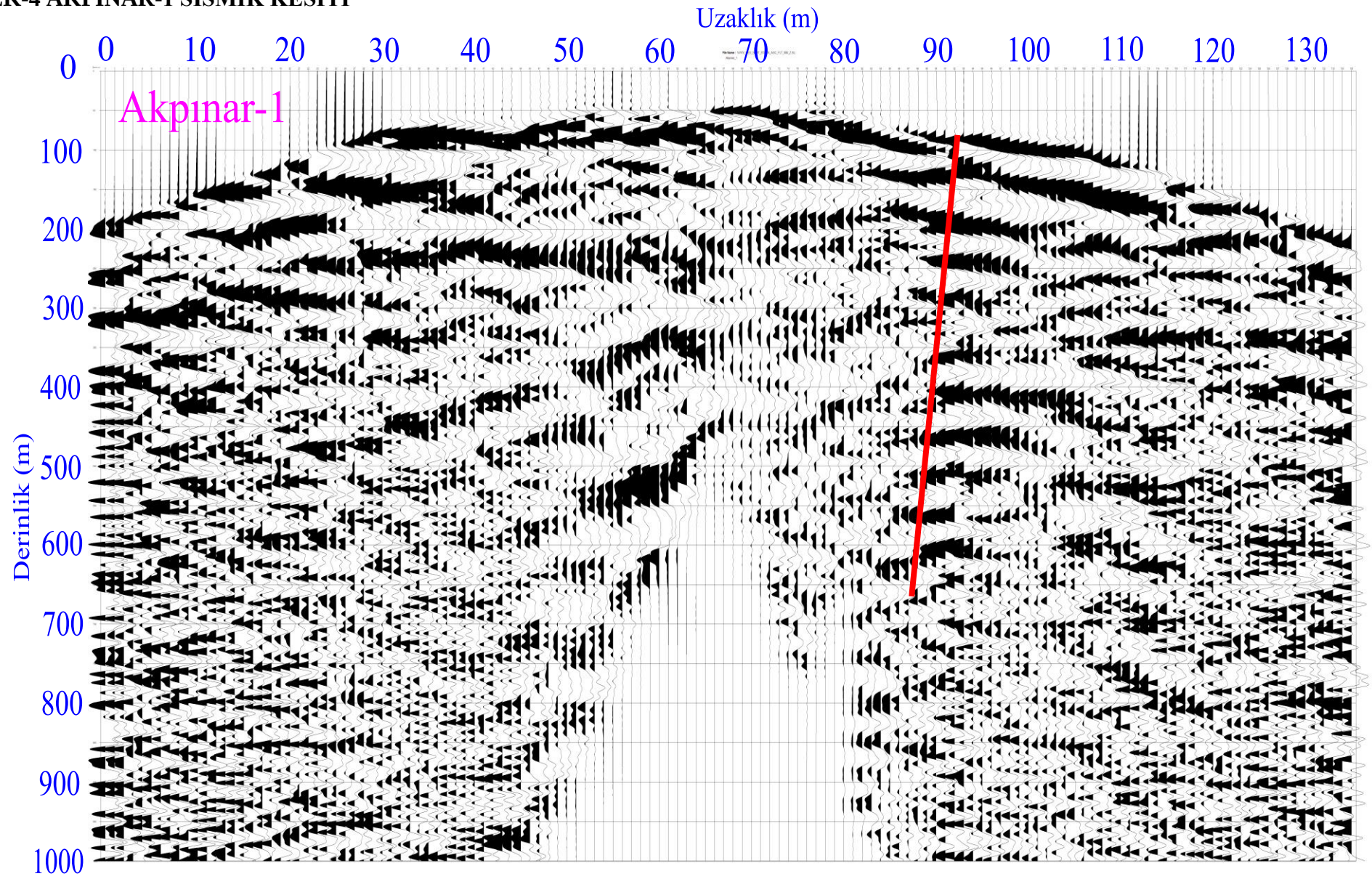
EK-3 (Devam)

ICP-MS Analizleri	165Ho	166Er	169Tm	172Yb	175Lu	178Hf	181Ta	182W	185Re	189Os	193Ir	195Pt	197Au	205Tl
Örnek Kodu	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**	**ppb**
T-3	-0.09	0.01	0.003	0.009	0.001	1.272	0.478	-4.517	-0.058	-0.006	0.006	-0.051	-0.431	-1.089
T-9	-0.088	0.01	0.001	0.015	0	0.581	0.038	-4.622	-0.056	-0.006	-0.001	-0.057	-0.51	-1.311
T-4	-0.082	0.018	0.003	0.017	0	0.002	0.141	-4.936	-0.059	-0.006	-0.007	-0.054	-0.617	-1.282
T-12	-0.082	0.019	0.001	0.03	0.001	-0.003	0.311	-5.277	-0.061	-0.009	-0.007	-0.065	-0.615	-1.486
T-10	-0.087	0.007	0.001	0.013	0	0.002	0.423	-5.468	-0.057	-0.003	-0.008	-0.061	-0.565	-1.484
T-1	-0.092	0.016	0.002	0.015	-0.001	-0.002	0.319	-5.35	-0.062	-0.009	-0.008	-0.071	-0.742	-1.401
T-5	-0.017	0.009	0.001	0.007	0.001	-0.012	0.032	-1.339	0.004	-0.002	-0.001	-0.013	-0.081	-0.312
T-7	-0.092	0.008	0	0.007	0.002	-0.01	0.245	-5.362	-0.038	-0.009	-0.006	-0.072	-0.481	-1.589
T-11	-0.09	0.022	0.003	0.024	0.001	-0.015	0.169	-6.117	-0.054	-0.009	-0.009	-0.056	-0.652	-1.471
K-1	-0.093	0.014	0	0.019	-0.001	-0.019	0.177	-6.069	-0.057	-0.009	-0.003	-0.075	-0.596	6.62
KÇ-1	-0.018	0.005	0.001	0.005	0	-0.012	0.067	-1.382	-0.011	-0.002	-0.002	-0.015	-0.1	-0.327
SB-1	-0.02	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.01	0.076	129.1	-0.011	-0.002	-0.002	-0.017	-0.221	-0.36
SBÇ-1	-0.02	0	0	-0.001	0	-0.012	0.058	-0.95	-0.011	-0.002	-0.002	-0.009	-0.118	-0.382
ÇM-2	-0.095	0.01	0.001	-0.003	-0.001	0.007	0.324	-1.929	-0.055	-0.009	-0.004	-0.078	-0.367	1.434
ÇM-1	-0.094	0.018	0.001	0.003	-0.001	-0.032	0.015	-2.408	0.007	-0.009	-0.005	-0.062	-0.558	7.334
ÇDÇ-1	-0.021	-0.001	0	-0.001	-0.001	-0.012	0.053	-1.248	0.001	-0.002	0	-0.011	-0.098	-0.346
ÇB-1	-0.082	0.009	0	0.004	0	-0.005	0.236	9.466	-0.048	-0.009	-0.008	-0.065	-0.321	-1.753
ÇAÇ-1	-0.02	-0.002	0	-0.001	0	-0.012	0.058	-1.262	-0.005	-0.002	-0.002	-0.016	-0.153	-0.393
A-1	-0.092	0.011	-0.001	-0.004	-0.002	-0.006	0.253	286.3	-0.048	-0.009	-0.008	-0.069	-0.638	-1.78
HG-1	-0.02	0	0	0	-0.001	-0.013	0.039	-1.095	-0.004	0	-0.001	-0.013	-0.145	-0.356
TÇ-1	-0.02	0.001	0	0.001	0	-0.012	0.053	-1.307	0.007	-0.002	-0.001	-0.012	-0.097	-0.389

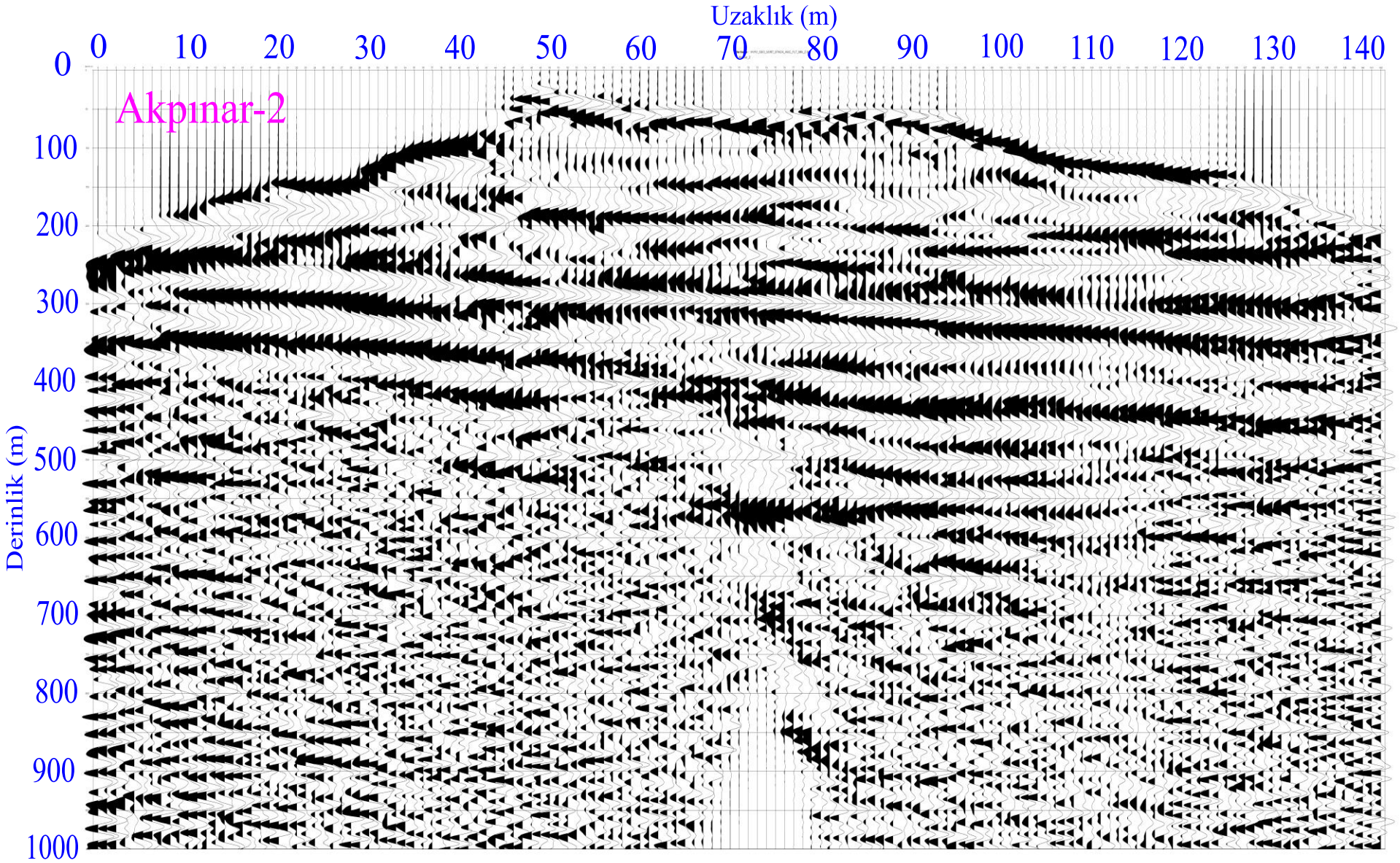
EK-3 (Devam)

ICP-MS Analizleri	207Pb	232Th	238U
Örnek Kodu	**ppb**	**ppb**	**ppb**
T-3	21.66	0.058	0.695
T-9	26.82	0.062	0.402
T-4	27.62	0.068	0.38
T-12	26.02	0.06	0.282
T-10	26.02	0.178	1.025
T-1	25.77	0.064	0.554
T-5	-19.04	0.02	2.42
T-7	27.19	0.059	1.979
T-11	26.65	0.059	0.727
K-1	26.05	0.064	0.302
KÇ-1	-20.16	-0.005	2.216
SB-1	-8.83	-0.005	0.013
SBÇ-1	-19.93	-0.004	4.579
ÇM-2	27.48	0.06	0.404
ÇM-1	31.09	0.062	0.576
ÇDÇ-1	-20.17	-0.005	16.09
ÇB-1	29.83	0.072	5.545
ÇAÇ-1	-20.08	-0.005	2.367
A-1	26.18	0.058	9.343
HG-1	-18.84	-0.004	2.747
TÇ-1	-20.15	-0.005	10.83

EK-4 AKPINAR-1 SİSMİK KESİTİ



EK-4 (DEVAM) AKPINAR-2 SİSMİK KESİTİ



EK-5 KAYAÇ ÖRNEKLEME KONUM BİLGİLERİ

Kaya-1	627756.5	4366622.9	30.11.2013	Çiçekdağı - Kurumuş Kaynak
Kaya-2	580860.6	4376007.7	30.11.2013	Uyuz Hamam
Kaya-3	582233.8	4374980	30.11.2013	Akpınar Köyü Yakını
Kaya-4	582993	43729994	30.11.2013	Akpınar Köyü Yakını
Kaya-5	599658.5	4332511.3	01.12.2013	Merkez - Terme Bölgesi