

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇANAKKALE ÇAN ÇEVRESİNDEKİ
JEOTERMAL SİSTEMLERİN HİDROJEOLJİK
VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Ozan DENİZ

Haziran, 2010
İZMİR

**ÇANAKKALE ÇAN ÇEVRESİNDEKİ
JEOTERMAL SİSTEMLERİN HİDROJEOLJİK
VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı

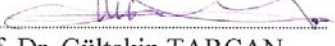
Ozan DENİZ

Haziran, 2010

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

OZAN DENİZ, tarafından PROF. DR. GÜLTEKİN TARCAN yönetiminde hazırlanan “ÇANAKKALE ÇAN ÇEVRESİNDEKİ JEOTERMAL SİSTEMLERİN HİDROJEOLJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Gültekin TARCAN

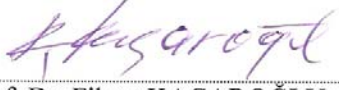
Danışman


Prof. Dr. Erdeniz ÖZEL

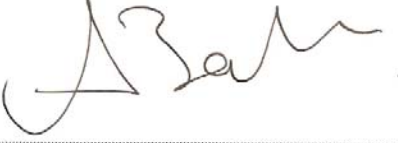
Tez İzleme Komitesi Üyesi


Doç. Dr. Ünsal GEMİCİ

Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Fikret KAÇAROĞLU

Jüri Üyesi


Doç. Dr. Alper BABA

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Emeğe dayalı her çalışmada olduğu gibi bu doktora tezinin hazırlanması sırasında da ortaya konan fikrin gerek hazırlanma süreci gerekse sunum şekli, birçok safhadan geçerek olgunlaşmış ve metinde geçen kelimelere dökülmüştür. Bu çalışmayı hazırlamamda kendilerini daima saygıyla hatırlayacak olduğum birçok kişi doğrudan yada dolaylı destek olmuştur. Bu sebeple, değerli danışmanım Prof. Dr. Gültekin TARCAN'a çalışmamı titizlikle yönettiği ve değerli görüşleri ile bu çalışmayı zenginleştirdiği için, Doç. Dr. Alper BABA'ya doktora süresince hem proje desteği sağladığı hem de her türlü sıkıntıda yanımda olarak beni bu çalışmayı tamamlamaya yönelttiği için, değerli eşim Zahide DENİZ'e iklim ile ilgili değerlendirmeleri, arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasındaki emeği ve sabırla verdiği manevi desteği için, Araştırma Görevlisi Ali BÜLBÜL'e doktora sırasında fikir alış-verişi yaparak tezimin olgunlaşmasındaki katkısı için, Yrd. Doç. Dr. Ayten Çalık'a petrografik kesitlerin mikroskopta incelemesini gerçekleştirdiği için, Sayın Erol KURTEL'e geçmiş yıllara ait jeolojik ve hidrojeolojik verilerin sağlanmasındaki desteği için, Sayın Cihan GÜNEŞ'e laboratuvar ve Phreeqc yazılımı konusundaki yardımları için, Sayın Özkan GÜLEN'e eski çalışmaların derlenmesindeki katkıları için, Sayın Deniz Can Serçe, Sayın Özlem Güner ve Sayın Ferhat Topaloğlu'na arazi çalışmaları sırasındaki yardımları için, Sergis OTEL'in sahibi Sayın Muhittin ÇÖLLÜOĞLU'na Çan'daki arazi çalışmalarımda kalacak yer sağladığı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çan, Bardakçılar ve Karalıca Kaplıcaları personeline ve Çan Belediyesi çalışanlarına teşekkür ederim. Bölgenin jeolojisi konusunda fikir alışverişinde bulunduğum Doç. Dr. Mustafa Bozcu ve Doç. Dr. Gülbin Gürdal teşekkür ederim.

Bu çalışma CAYDAG-104Y082 nolu TUBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir. Ayrıca bir döneme ait su örneklerinin kimyasal analizleri CAYDAG-106Y160 nolu TUBİTAK projesinden yaptırılmıştır. Bu katkılarından dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Ve son olarak, 3. lisansüstü çalışmam olan bu tezimin bitmesini de önceki çalışmalarında yaptığı gibi sabırla ve büyük bir fedakarlıkla destekleyen değerli ANNEM Hatice DENİZ'e TEŞEKKÜR'ü bir borç bilir, bu çalışmayı kendisine ithaf ederim.

Ozan DENİZ

ÇANAKKALE ÇAN ÇEVRESİNDEKİ JEOTERMAL SİSTEMLERİN HİDROJEOLJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

ÖZ

Çan Havzası, Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Biga Yarımadası'nın orta bölümünde yer alır. Çan çevresinde gözlenen baskın kaya tipi volkaniklerden oluşur. Bu kayalarda ayrışma zonları ve kil mineralleri oldukça yaygındır. Bunun yanında bölgede gözlenen diğer jeolojik birimler tortullar, metamorfikler, magmatikler ve alüvyondan oluşur. Jeolojik birimler bölgedeki tektonik aktivite nedeniyle yaygın şekilde kırık zonları içerir. Termal sular yüzeye bu kırık zonları yoluyla ulaşmaktadır. Çan Havzası'nda 4 jeotermal alan bulunmaktadır. Çan Sıcak Su Kaynağı muhtemelen Şahinli Formasyonu ile Çamlıca Metamorfikleri'nden beslenmektedir. Bu kaynağın ortalama sıcaklığı 44,4 derecedir. Karalıda Sıcak Su Kaynağı Ezine Volkaniti'nden çıkmaktadır ve ortalama sıcaklıkları 35,4, 40,6, 47,0 derece olan üç kaynaktan oluşur. Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı Ezine Volkaniti'ne ait istiftten beslenmektedir. Bu kaynağın ortalama sıcaklığı 23 derecedir. Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı'nda üç farklı noktadan çıkan sular Evciler Plutonu'ndan gelmektedir. Kaynakların ortalama sıcaklıkları 46,5, 48,3 ve 47,8 derecedir. Sıcak sularda kalsit ve anhidrit mineralleri, soğuma ile birlikte çökme eğilimine sahiptir. Jeolojik birimler arasında alüvyon en verimli akiferdir. Bu birimin transmissibilitesi ve geçirimsizlik katsayısı yüksektir. Yeraltı suyu derinliği 0,1-8,3 m arasında değişmektedir. IAH su sınıflandırma yöntemine göre termal sular sodyum-kalsiyum-sülfat tipinde, soğuk sular genelde kalsiyum-magnezyum-bikarbonat tipinde ve kar örnekleri karışık tipte sulardır. Bölgedeki jeotermal sistemlerin rezervuar akışkan sıcaklıklarını tahmin etmek için jeotermometre eşitlikleri kullanılmış ve en yüksek sıcaklık olarak 207 derece elde edilmiştir. Döteryum, trityum ve oksijen - 18 izotop analizleri bu termal suların meteorik kökenli ve en az 45 - 50 yıl yaşında olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, hidrojeokimya, yeraltı suyu, Çan

HYDROGEOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL STUDIES OF THE ÇANAKKALE-ÇAN GEOTHERMAL SYSTEMS

ABSTRACT

The Çan Basin is located on the central part of the Biga Peninsula in the northwest of Turkey. Volcanics are dominant rock type in this region. Alteration zones and clay minerals are very common in these rocks. Sediments, metamorphics, magmatics and alluvium are other geological units seeing in the region. These units include common fracture zones because of tectonic activity. Thermal waters have reached to the surface via these fracture zones. There are 4 geothermal fields in the Çan Basin. The probable source of Çan Hot Spring is Şahinli Formation and Çamlıca Metamorphics. Mean surface temperature of this spring is of 44.4 celcius degrees. Karalıda Hot Spring is come from Ezine Volcanics and discharges at three points whose the temperatures are 35.4, 40.6, 47.0 celcius degrees. Alibeyçiftliği Hot Spring is fed from Ezine Volcanics and temperature of this spring is 23 celcius degree. Bardakçılar Hot Spring has three discharge points whose mean temperatures are 46.5, 48.3 and 47.8 celcius degrees. Source of this spring is Evciler Pluton. Calcite and anhydrite minerals have precipitation trend with cooling in thermal water. Alluvium is the most productive aquifer in all geological units. Transmissibility and permeability coefficients are high of this unit. Groundwater depth changes between 0.1 and 8.3 m. According to water classification method given from the IAH, thermal waters are sodium - calcium - sulphate type, cold waters are generally calcium-magnesium-bicarbonate type and snow samples are mixed water type. Geothermometer equations were used for prediction of reservoir fluid temperatures of the geothermal systems in the region and temperature value was obtained as maximum 207 celcius degree. Deuterium, tritium and oxigene - 18 isotope analysis show that these thermal waters have meteoric origin and minimum age is 45- 50 years.

Keywords: Geothermal, hydrogeochemistry, groundwater, Çan

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	v
ABSTRACT.....	vi
 BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	 1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 Çalışma Alanının Yeri.....	2
1.3 Jeomorfoloji.....	3
1.4 Yöntemler.....	4
1.4.1 Büro Çalışmaları.....	4
1.4.2 Arazi Çalışmaları.....	5
1.4.3 Laboratuar Çalışmaları.....	8
1.4.4 Önceki Çalışmalar.....	9
 BÖLÜM İKİ - JEOLojİ.....	 13
2.1 Çalışma Alanı'nın Jeolojisi.....	14
2.1.1 Kazdağ Metamorfikleri.....	17
2.1.1.1 Sütüven Formasyonu.....	18
2.1.1.1.1 Mermer Üyesi	19
2.1.1.1.2 Granitik Gnays	19
2.1.2 Kalabak Birimi.....	19
2.1.2.1 Torasan Formasyonu.....	20
2.1.2.2 Sazak Formasyonu.....	20
2.1.3 Karakaya Kompleksi.....	21
2.1.3.1 Çal Formasyonu	22
2.1.4 Bayırköy Formasyonu.....	23

2.1.5 Bilecik Formasyonu	23
2.1.6 Çamlıca Metamorfitleri	24
2.1.7 Çetmi Melanjı	24
2.1.7.1 Mermer Bloğu	26
2.1.7.2 Serpantinit Bloğu	26
2.1.8 Şahinli Formasyonu	27
2.1.8.1 Bilaller Üyesi	30
2.1.9 Korudere İgnimbirit Üyesi	31
2.1.10 Evciler Plutonu	32
2.1.11 Hallaçlar Volkaniti.....	34
2.1.12 Ezine Volkaniti	36
2.1.13 Küçükkuyu Formasyonu	39
2.1.14 Çan Formasyonu	40
2.1.15 Işıklı Riyoiti	41
2.1.16 Bayramiç Formasyonu.....	42
2.1.17 Alüvyon.....	43
 BÖLÜM ÜÇ -TEKTONİK.....	 45
3.1 Biga Yarımadası'nın Tektoniği.....	47
3.1.1 Tektonik Kuşaklar.....	47
3.1.1.1 Ezine Zonu.....	47
3.1.1.2 Ayvacık-Karabiga Zonu.....	48
3.1.1.3 Sakarya Zonu.....	49
3.1.2 Fayların Genel Özellikleri ve Tektonik Evrim.....	49
3.2 Çalışma Alanı'nın Tektoniği.....	52
3.3 Biga Yarımadası'nın Depremselliği.....	54
 BÖLÜM DÖRT - HİDROLOJİ.....	 57
4.1 Yüzey Sularının Genel Özellikleri.....	57
4.2 İklim Özellikleri.....	59

4.2.1 İstasyonların Seçimi ve Kullanılan İklim Elemanları.....	61
4.2.2 Sıcaklık Özellikleri.....	62
4.2.3 Yağış Özellikleri.....	64
4.2.4 Thornthwaite İklim Sınıflandırması.....	65
4.2.4.1 Sıcaklık Etkinlik İndisi.....	66
4.2.4.2 Yağış Rejimi İndisi.....	67
BÖLÜM BEŞ - HİDROJEOLJİ.....	70
5.1 Su Noktaları	71
5.1.1 Sıcak Su Noktaları	71
5.1.1.1 Çan Sıcak Su Kaynağı.....	73
5.1.1.2 Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı.....	78
5.1.1.3 Karalıda Sıcak Su Kaynağı.....	80
5.1.1.4 Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı.....	83
5.1.2 Soğuk Su Kaynakları.....	85
5.1.3 Soğuk Su Sondajları.....	93
5.1.4 Keson Kuyular.....	96
5.1.4.1 Yeraltı Su Tablası Haritası.....	98
5.1.5 Yüzey Suları.....	104
5.1.5.1 Kocaçay.....	104
5.1.5.2 Kar Örnekleme Noktaları.....	105
5.2 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri.....	106
5.2.1 Magmatik Kayaçlar.....	107
5.2.2 Metamorfik Kayaçlar.....	108
5.2.3 Tortul Kayaçlar.....	110
5.2.4 Alüvyon.....	110
BÖLÜM ALTI - KAYAÇ JEOKİMYASI.....	111
6.1 Sıcak Su Kaynakları Çevresindeki Kayaçların Jeokimyası.....	111

6.2 Sıcak Su Kaynakları Çevresindeki Kayaçlarda Gözlenen Hidrotermal Alterasyonlar.....	117
6.3 Çalışma Alanındaki Kayaçlarda Radyoaktivite Doz Değerleri....	121
BÖLÜM YEDİ - HİDROJEOKİMYA.....	123
7.1 Kimyasal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	123
7.1.1 Giriş.....	123
7.1.2 Suda Ölçülen Bileşenlerin Değerlendirilmesi.....	127
7.1.3 Suların Hidrojeokimyasal Diyagramlara Göre Değerlendirilmesi.....	158
7.1.3.1 Piper Diyagramı.....	159
7.1.3.2 Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı	163
7.1.3.3 Cl-SO ₄ -HCO ₃ Üçgen Diyagramı.....	167
7.1.3.4 Cl-Li-B Üçgen Diyagramı.....	168
7.1.4 Minerallerin Sudaki Çözünürlüklerinin Değerlendirilmesi...	169
7.1.5 Jeotermometri.....	171
7.1.5.1 Çözünürlük Jeotermometreleri.....	172
7.1.6 Oksijen ve Hidrojen İzotop Analizleri.....	183
BÖLÜM SEKİZ - SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	191
KAYNAKÇA.....	197
EK1 Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları ve Arazide Ölçülen Özellikler	
EK2 Suların Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması	
EK3 Bazı Minerallerin Doygunluk İndeksi Hesaplamaları	
EK4 Sıcak Su Kaynakları ve Sondajlarına Ait Doygunluk İndeksi Grafikleri	

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Eski çağlardan itibaren su kaynaklarının bolluğu ile bilinen Kazdağı, kuzeyde Biga Yarımadası'na, güneyde Edremit Körfezi bölgesine hayat veren su kaynaklarını bünyesinde barındırır. Geçmişten günümüze iklimsel değişiklikler doğrultusunda zayıflamış olsalar dahi bu kaynaklar, halen bölge için önemini korurlar. En yüksek yeri 1710m olan Kazdağı, Ege ile Marmara arasında kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı büyük bir kütle oluşturur. Bu yükseltiye düşen yağış suları yüzey ve yeraltı sularını besleyerek bölgedeki içme-kullanma-sulama sularını sağlar.

1.1 Çalışmanın Amacı

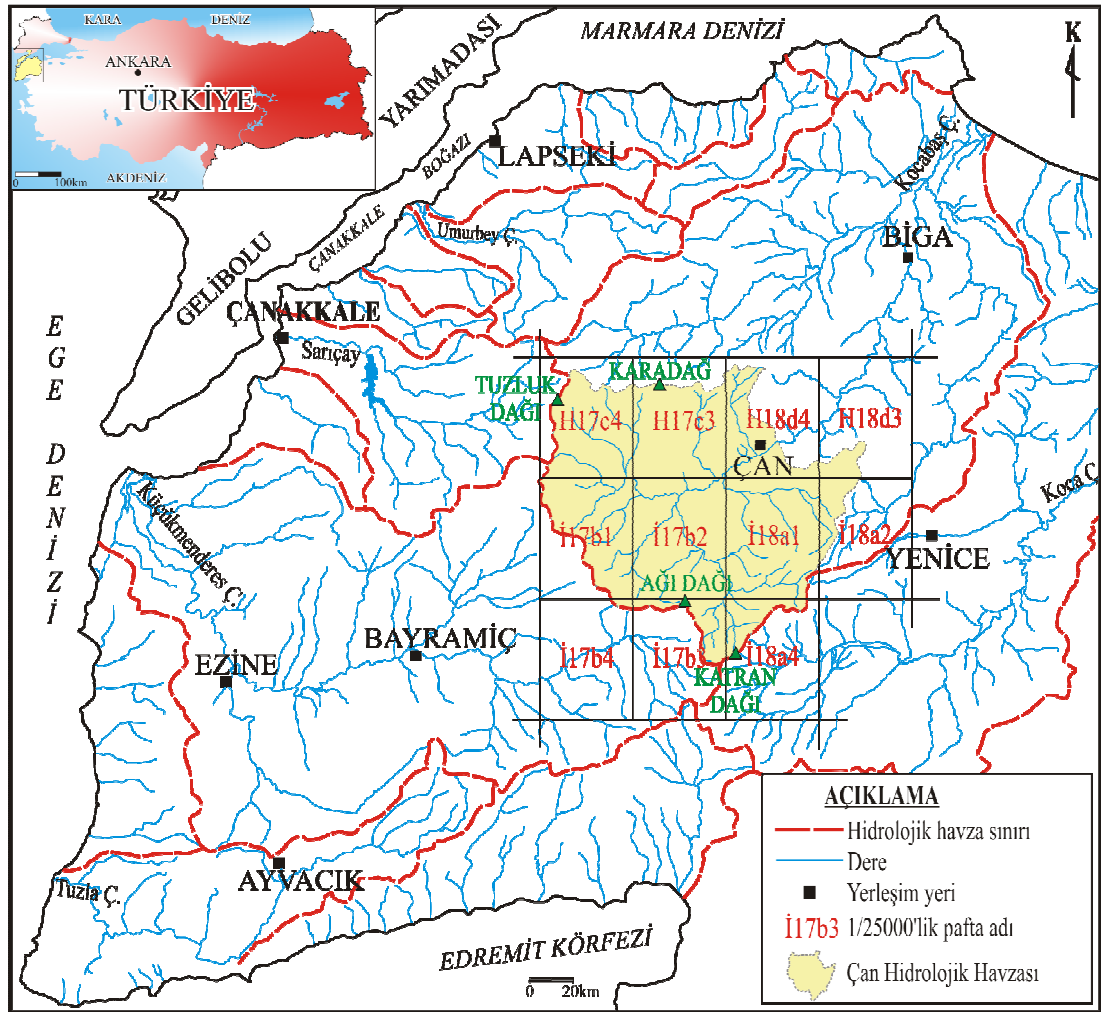
Biga Yarımadası uzun yıllardan beri yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından çalışılan bir alandır. Bölgenin jeolojisi, tektoniği ve doğal kaynakları MTA, TPAO, üniversiteler ve çeşitli araştırmacılar tarafından değişik boyut ve ayrıntılarda incelenmiştir. Bölgedeki çalışmalar, endüstriyel hammaddeler (Houssa, 1999), kurşun-çinko-bakır ve altın cevherleşmeleri (Ağdemir, Kırıkoğlu, Lehmann, ve Tietze, 1994; Erdoğan, 1966; Erler ve Larson, 1990; Jankovic, 1997; MTA, 1980; MTA, 1993; Oygür, 1997; Orgün, Gültekin, ve Onal, 2005; Pirajno, 1995; Yılmaz, 2003; Yılmaz, 2007), kömür yatakları (Gürdal, 2007) ve madencilik - çevre ilişkisi (Baba, Deniz ve Gülen, 2007) üzerinde yoğunlaşmıştır. Önceleri çok önemsenmeyen ancak teknolojinin ve ekonomik olanakların gelişimine paralel olarak önemi artan bölgedeki jeotermal kaynaklar, son yıllarda çeşitli çalışmalara (Baba, Yüce, Deniz, ve Uğurluoğlu, 2009; Baba, Deniz, Özcan, Ereeş, ve Çetiner, 2008b; Demirel, Yıldırım, ve Burçak, 2004; Deniz, Tarcan, ve Baba, 2007; Pehlivan, 2003; Yalçın, 2007) konu olmaktadır. Doğal kaynakların işletilmesine yönelik çıkan yeni kanunlar çerçevesinde özellikle madencilik faaliyetleri bölgede yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu çerçevede, Biga Yarımadası'ndaki jeotermal kaynakların çıkarılması-işletilmesi konusuna olan ilgi de giderek artmakta, gün geçtikçe yeni bir jeotermal saha işletilmeye başlanmaktadır.

Biga Yarımadası'ndaki su kaynaklarının özelliklerini ortaya koymak için yapılmış önceki çalışmalar günümüz şartlarına göre doğal olarak sayı ve analiz yapılan elementler bakımından azdır. Gelişen teknolojik olanaklar günümüzde birçok elementin analiz süresini kısaltmakta ve maliyetini azaltmaktadır. Ancak geçmiş dönemlere ait analizler, incelenen sahanın o günkü hidrojeolojik ya da hidrojeokimyasal durumu hakkında bilgi verdiği için önem taşır.

Bu çalışmanın amacı; Çan Havzası'ndaki sıcak ve soğuk su noktalarının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Bu havzanın seçilmesinin sebebi, buradaki sıcak ve soğuk su kaynaklarının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin daha önce detaylı çalışılmamış olmasıdır. Çan çevresindeki madencilik faaliyetlerinin önümüzdeki yıllarda artacağı düşünüldüğünde, bu faaliyetler başlamadan önce sudaki elementlerin doğal derişimlerinin bilinmesi, ileride yeraltı ve yüzey sularında oluşması muhtemel kirliliklerin belirlenmesi için büyük önem taşır. Ayrıca, bölgedeki gelişmeye bağlı olarak yakın gelecekte bu kaynakların bölge ekonomisine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı; Bu kaynaklardan çıkan suların kimyasal bileşenlerinin, çevre kayaçlar ile etkileşiminin, kökeninin ve hidrodinamik davranışlarının tahmin edilebilmesi için bölgedeki soğuk su kaynakları da incelenmiş ve jeotermal kaynakların bulunduğu havzanın su ayırım çizgisi çalışma alanının sınırı olarak kabul edilmiştir. Terminolojik olarak "Çan Hidrolojik Havzası" şeklinde tanımlanan bu alan metnin ilerleyen bölümlerinde kısaca "Çan Havzası" olarak verilecektir.

1.2 Çalışma Alanının Yeri

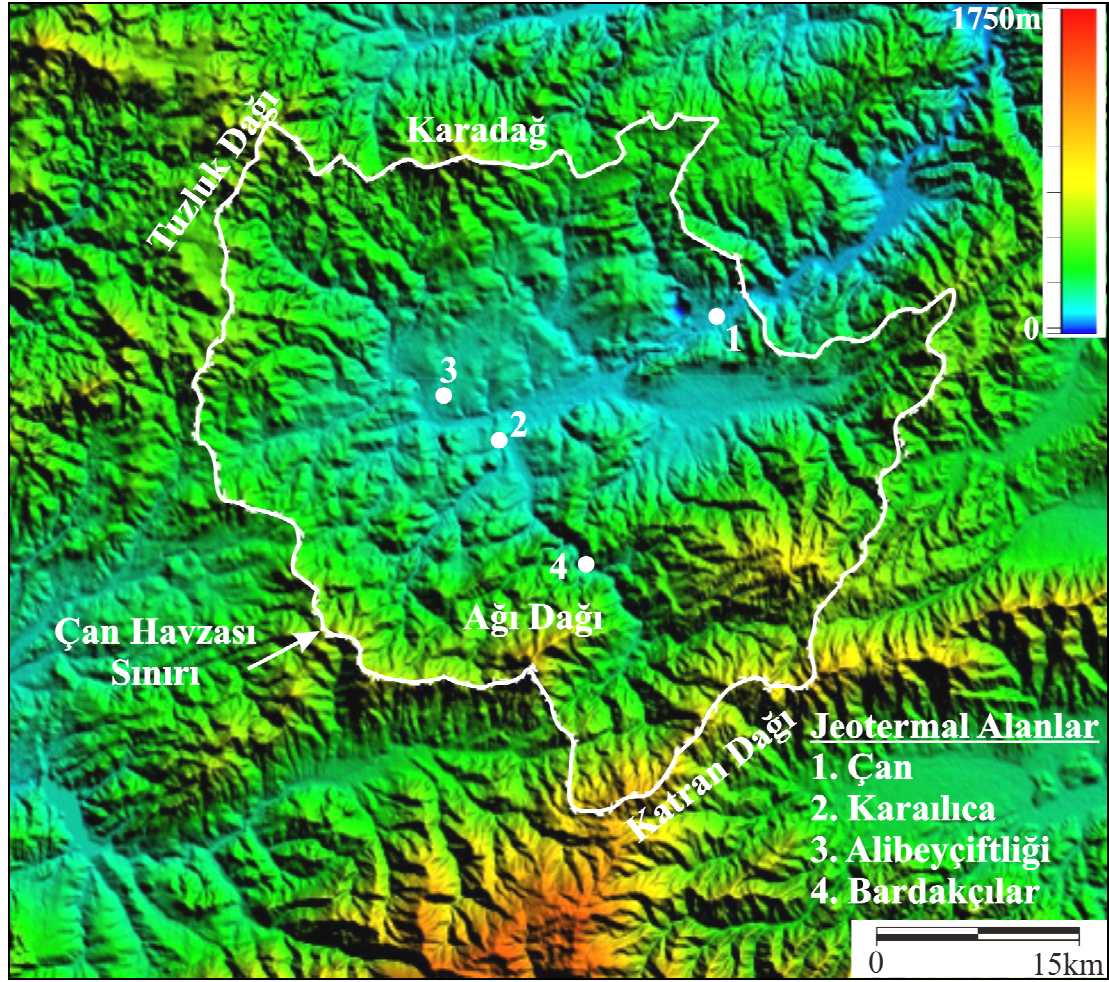
Çalışma alanı, Biga Yarımadası'nın orta bölümünde yer alan Çan Havzası'nı kapsar. 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan H17c3, H17c4, H18d3, H18d4, İ17b1, İ17b2, İ17b3, İ17b4, İ18a1, İ18a2 ve İ18a4 paftalarında 746 Km²'lik bir alana yayılmış Çan Havzası'nda 58 köy ve Çanakale'ye bağlı Çan İlçesi bulunmaktadır. Çan, Çanakale'ye 75 Km mesafede olup, Kocaçay üzerinde kurulmuş, tarihi milattan öncesine dayanan eski bir yerleşim yeridir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çalışma alanının yeri

1.3 Jeomorfoloji

Çan Havzası, güneyden Ağı (989 m) ve Katran Dağları (1111 m) ile kuzeyden Karadağ (949 m) ve Tuzluk Dağları (693 m) arasında kalan bir alandır (Şekil 1.2). Bu havzanın boşalım noktası Çan İlçesi doğu çıkışındaki Kocaçay yatağı olup ~60 m kotundadır. Havzada örgülü akarsu sistemi gelişmiştir. Havzanın en yüksek yeri 1111 m ile güney ucundaki Katran Dağı'nın doruk noktası olan Kocakatran Tepe'dir. Havzada kuzeyden güneye gidildikçe yükseklik artar. Güneydeki yüksek kesimler metamorfik kayalardan, havzadaki en düşük kotlu düzlük alanlar alüviyal birikintilerden oluşur. Volkanik çıkış merkezleri, Ağı Dağı'nda olduğu gibi havzanın morfolojisinin değişmesinde önemli role sahiptir.



Şekil 1.2 Çan havzası sınırı, jeotermal alanlar ve sayısal yükseklik modeli

Çan Havzası'nın kuzey kesimindeki yüzey şekilleri güneydekilere oranla daha az engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Havzanın güney kesimlerine doğru, büyük ölçekli doğrultu atımlı faylar derin V şekilli vadilerin oluşmasında etkili olmuştur. Havzadaki çizgisel yapılar genel olarak kuzeydoğu-güneybatı gidişlidir. Ayrıca bunlar kadar belirgin olmasa da kuzeybatı-güneydoğu gidişli çizgisellikler de görülebilmektedir.

1.4 Yöntemler

1.4.1 Büro Çalışmaları

Bu çalışma sırasında öncelikle bölgenin sıcak su kaynakları literatür taraması yapılarak belirlenmiştir. Önceki çalışmalar derlenerek bölgenin jeolojisi, tektoniği ve

su kaynakları incelenmiştir. Çalışma alanını içeren 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar MapInfo ortamında altlık olarak kullanılmıştır. Arazide ve laboratuarda üretilen tüm veriler MapInfo yazılımında coğrafik özellikleri ile birlikte incelenmiştir. Suların kimyasal analiz sonuçları Aquachem 3.7 (Calmbach, 1997) ve Watch2004 (Bjarnason, 1994) programları ile, kayaçların kimyasal analiz sonuçları Newpet (Clarke, 1993) programı ile değerlendirilmiştir. SRTM3 yükseklik verilerinin düzenlenmesinde GlobalMapper programı kullanılmıştır.

1.4.2 Arazi Çalışmaları

Çalışma alanında 2005 ve 2006 yıllarının yaz dönemlerinde jeolojik haritalama çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda Çan İlçesi ve çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, arazide Çan, Karalıca, Alibeyçiftliği ve Bardakçılar kaplıcalarından geçen jeolojik kesitler çizilmiştir. Bölgenin güney kesimlerinin büyük bölümünün sarp dağlık araziden oluşması, bu kesimlerde yapılan arazi çalışmalarını zorlaştıracı bir etken olmuştur. Jeolojik haritalama sırasında kaplıca sularının çıktığı kayaçlardan ince kesit yaptırılmak üzere kayaç örnekleri alınmıştır.

Arazide sıcak su kaynakları dışında birçok soğuk su kaynağı saptanmıştır. Bu kaynakların çevrelerinde çalışma yapılarak o bölgedeki jeolojik ve tektonik unsurlar belirlenmiş, sıcak ve soğuk su kaynaklarının birbirleri ile olan mesafeleri ile morfolojik ve tektonik ilişkileri göz önünde bulundurularak su alınması uygun noktalar tespit edilmiştir.

Havzadaki Çan, Karalıca, Alibeyçiftliği ve Bardakçılar sıcak su kaynaklarından çıkan suların kimyasal içeriklerini belirlemek ve mineral değişimlerini düzenli bir şekilde izlemek amacıyla Eylül 2005, Ocak 2006, Ağustos 2006, Mart 2007, Temmuz 2007, Şubat 2008 ve Haziran 2008 dönemlerinde su örnekleri alınmıştır (Tablo 1.1). Bazı noktalardan mevsimsel nedenlerle örnek alınamamış, bazı noktalardan da gerek duyulan sayı kadar örnek alınmıştır. Soğuk sulardan alınan örnekler genellikle bir hidrolojik yılı kapsayacak şekildedir.

Tablo 1.1 Sıcak su kaynaklarının örnekleme dönemleri

Örnek No	Yer	Türü	Örnekleme Dönemi						
			Eyl. 2005	Oca. 2006	Ağu. 2006	Mar. 2007	Tem. 2007	Şub. 2008	Haz. 2008
Js1	Çan merkez	Sıcak su sondajı	---	√	√	√	√	√	√
Js2	Karalica	Sıcak su sondajı	---	---	---	---	√	√	---
Jk1	Alibeyçiftliği	Sıcak su kaynağı		√	√	√	√	√	√
Jk2	Karalica	Sıcak su kaynağı		√	√	√	√	√	√
Jk3	Karalica	Sıcak su kaynağı	√	√	√	√	√	√	---
Jk4	Karalica	Sıcak su kaynağı	---	---	---	---	---	---	√
Jk5	Bardakçılar	Sıcak su kaynağı	---	√	√	√	√	√	√
Jk6	Bardakçılar	Sıcak su kaynağı	---	√	√	√	√	√	√
Jk7	Bardakçılar	Sıcak su kaynağı	√	---	√	√	√	√	√
Not: √ alındı, --- alınmadı									

Sudaki HCO_3 miktarı ölçümü arazide su noktası başında yapılmıştır. Titrasyon sırasında dijital büret, manyetik karıştırıcı, WTW340i ölçüm seti ve SenTix41 pH probu kullanılmıştır (Şekil 1.3a). Laboratuarda arazi çalışması öncesinde hazırlanmış 0,1 M'lık HNO_3 çözeltisi kullanılarak su örneğinin pH'ı 4,3'e düşene kadar ortama çözelti verilmiş ve harcanan asit miktarından gidilerek sudaki HCO_3 miktarı mg/l cinsinden hesaplanmıştır.

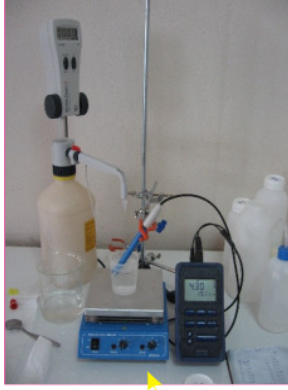
Arazide kayaçların radyoaktivite doz değerlerini belirlemek amacıyla taşınabilir bir radyoaktivite ölçüm cihazı olan Gayger-Müller radyoaktivite ölçer kullanılmıştır (Şekil 1.3b).

SO_4 ölçümleri taşınabilir Lamotte marka kolorimetre ile yapılmıştır. Ölçüm için süzme işleminden geçmiş su örneği kolorimetrenin küvetine konulduktan sonra Lamotte SO_4 kiti ile kolorimetreden okunarak belirlenmiştir (Şekil 1.3c).

Yeraltı, yüzey ve dere sularına ait örnekler polietilen şişelere süzülerek alınmıştır. Böylece suda, askıdaki katı maddelerin bertaraf edilmesi sağlanmıştır. Bu işlem kolorimetrik ölçümlerde doğruluk payını artırmaktadır. Süzme işlemi arazide 1000ml'lik nuçe erlenine takılı Sartorius marka 500ml'lik paslanmaz çelik tekli membran filtrasyon düzeneği yardımıyla vakum motoru ya da vakum pompası kullanılarak $0,45\mu$ gözeneklilikte filtre ile yapılmıştır (Şekil 1.3d). Süzme işlemini takiben metal analizleri için alınan örneklere ultra saf nitrik asit eklenerek örneğin pH'ının 2'nin altına düşmesi, dolayısıyla polietilen örnek kabı içinde sudaki

elementlerin çökmesi ya da kabın iç yüzeyinde tutulmalarının önüne geçilmesi sağlanmıştır. İzotop analizleri (^2H , ^3H ve ^{18}O) için 1L, kimyasal analizler için 50ml, SO_4 analizleri için 100ml'lik şişelere örnekler alınmıştır.

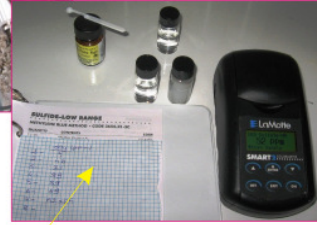
a. HCO_3 Titrasyon Seti



b. Gayger-Müller Radyoaktivite Ölçüm Cihazı



c. Lamotte fotometre ve SO_4 ölçüm kiti



d. Nuçe erleni ve filtrasyon düzeneği



e. Kuyu düdüğü (e1) ve su örneği alma seti (e2)



g. Hach Lange DR2800 spektrofotometre



f. WTW340i ve WTW330i ölçüm cihazları ile EC, pH ve ORP problemleri

Şekil 1.3 Arazide kullanılan ölçüm cihazları

Keson kuyulardan örnek alımı için pirinç alaşımlı paslanmaz örnek alma kabı kullanılmış ve bu kuyularda yeraltı suyu derinliği ölçümleri AKIM elektronik marka kuyu düdüğü ile yapılmıştır (Şekil 1.3e).

Su örneklemelerinin yapıldığı sırada, EC (elektriksel iletkenlik), pH, ORP (oksidasyon-redüksiyon potansiyeli), T (sıcaklık), S (tuzluluk), HCO_3 (bikarbonat) ve S_2 (sülfid) parametreleri arazide kuyu, kaynak, çeşme ve sondaj başında ölçülmüştür. EC ve S ölçümü WTW TetraCon®325-3 probu ile, pH ve T ölçümü WTW SenTix41 probu ile, ORP ölçümü WTW CellOx®325 probu ile WTW340i marka çok parametrelili ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 1.3f). Ölçümler sırasında kullanılan problemler her ölçüm öncesi ve sonrasında saf su ile yıkanarak korunmuş ve her arazi çalışmasından önce buffer solüsyonları ile günlük kalibrasyonları yapıldıktan sonra çalıştırılmıştır.

Sıcak sularda yapılan sülfid ölçümleri Hach-Lange marka sülfid kiti ile Hach-Lange DR2800 model spektrofotometre kullanılarak arazide yapılmıştır (Şekil 1.3g).

Arazi çalışmaları sırasında çalışma yapılan noktanın koordinatlarını belirlemek amacıyla GARMIN marka taşınabilir yer belirleme cihazı (GPS) kullanılmıştır. Ölçüm yapılan noktanın X ve Y koordinatları ile kotu (h) GPS cihazı ile belirlenerek 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaya işlenmiştir.

1.4.3 Laboratuvar Çalışmaları

Araziden alınan su örneklerinde major anyon-kasyonlar ve bazı elementler (Al, As, B, Ba, Br, Ca, Cd, Cl, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Si, Sr, Zn, Zr) ile sülfat (SO_4), bikarbonat (HCO_3) ve bazı izotopların (döteryum: $\delta^2\text{H}$; oksijen-18: $\delta^{18}\text{O}$ ve trityum: $\delta^3\text{H}$) analizleri yapılmış/yaptırılmıştır.

Su örneklerinin kimyasal içerikleri ACME Analitik Laboratuvarları'nda (Kanada), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkez Kimya Laboratuvarı'nda ve Jeoloji Mühendisliği Hidrojeoloji Laboratuvarı'nda (SO_4), izotop içerikleri DSİ Ankara

TAKK İzotop Laboratuvarı'nda (^2H ve ^{18}O) ve Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü Kütle Analiz Laboratuvarı'nda (^3H) yaptırılmıştır.

Kaplıcaların çevresindeki kayalardan alınan örneklerin ince kesitleri DEÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı'nda yaptırılmış, kesitlerin mikroskopta petrografik tanımlamaları ÇOMÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yapılmıştır.

Çalışma alanındaki jeotermal kaynakların çevresinde gözlenen altere olmuş kayaların petrografik ve mineralojik özelliklerini belirlemek için bir dizi numune alınmıştır. Kayaç örneklerindeki major oksitler (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , MnO , Cr_2O_3 , LOI, Ctot, Stot) ICP-ES ile ve belirli elementler (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cs, Cr, Cu, Ga, Mo, Mn, Pb, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Ni, Sc, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Zn, Fe, Sb, P, Mg, Ti, Na, K, Tl, S, Hg, Se, Te) ICP-MS ile ACME Analitik Laboratuvarları'nda (Kanada) analiz yaptırılmıştır. Ayrıca alınan kayalardan bazılarının mineral içerikleri TERRASPEC cihazı ile belirlenmiştir.

Bu çalışma CAYDAG-104Y082 nolu TUBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir. Ayrıca Haziran 2008 su örneklerinin kimyasal analizleri CAYDAG-106Y160 nolu TUBİTAK projesinden yaptırılmıştır.

1.4.4 Önceki Çalışmalar

Biga Yarımadası ve özellikle çalışma alanı ile ilgili olarak önceki yıllarda yapılmış çalışmalar daha çok jeoloji, tektonik ve endüstriyel hammaddeler dallarında yoğunlaşmıştır. Çan Havzası ve çevresi ile ilgili hidrojeolojik çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmalar özet olarak aşağıda verilmiştir.

Aktimur ve diğer. (1993) tarafından Çanakkale İli arazi kullanım potansiyelinin araştırıldığı çalışmada, Çanakkale İli'ndeki yerleşim alanları ve çevresinde yapılan mühendislik jeolojisi ve hidrojeoloji çalışmalarından elde edilen bilgilere göre

bölgenin arazi kullanım potansiyeli haritası ve organize sanayi bölgesi yer seçimine yönelik alternatif alanlar belirlenmiştir.

Baba, Yüce, Deniz, ve Uğurluoğlu (2009) Tuzla Jeotermal Alanı'ndaki yeraltı sularında yaptıkları kimyasal analiz ve izotop çalışmalarına göre, baskın iyonların jeotermal sularda sodyum ve klorür, soğuk sularda kalsiyum ve bikarbonat olduğunu, bölgedeki sığ yeraltı sularının ve jeotermal tuzlu suların kökeninin meteorik olduğunu vurgulamışlar, jeotermal kaynaklardan çıkan tuzlu suların kurak sezonda çevreye yayılarak soğuk yeraltı sularını kirlettiğini, ayrıca denizin Tuzla Ovası'ndaki yeraltı sularını etkilediğini belirlemişlerdir.

Bistritschan (1957) Çanakkale İli'ndeki sıcak su ve maden suyu kaynaklarına ait önceki çalışmalara ait bilgiler veren raporunda, kaplıcaların bulunduğu bölgeleri coğrafik ve jeolojik olarak tanımlamış, pH-T gibi fiziksel özelliklerini ve kimyasal analizlerini vermiştir.

Çağlar (1948)'ın Türkiye maden suları ve kaplıcaları ile ilgili 4 ciltlik yayının ikinci cildinde Çan bölgesindeki sıcak sulara ait kimyasal analizleri içeren raporunda, Çan, Karalıca ve Bardakçılar'daki sıcak su kaynaklarının o dönemdeki fiziki şartları ve suların bileşimleri tanımlanmıştır.

Doğukan, Baran, Yorulmaz, ve Yenici (2007) çalışmalarında ilin coğrafik özellikleri, doğal kaynakları, klimatolojik ve hidrolojik özellikleri, toprak ve arazi kullanımı, turizm, tarım, hayvancılık, madencilik, enerji, sanayi, altyapı, ulaşım, çevre yönetimi ve planlama gibi birçok temel sorununa değinerek çözüm önerilerinde bulunmuşlardır.

Demirel, Yıldırım, ve Burçak (2004) hazırladıkları çalışmada, Biga Yarımadası'ndaki jeotermal sistemlerin gelişiminde tektonik hareketlerin ve volkanik aktivitenin önemli rol oynadığını, Üst Miyosen'den genç bir volkanik aktivitenin gözlenmemesine karşın aktif tektonik nedeniyle sığ magma olabileceğini ve bunların yüzeyde gözlenmeyen bazı magmatik sokulumların varlığını doğurabileceğini

belirtmişlerdir. Araştırmacılar, sıkışma hareketlerine bağlı olan kırıkların ve antitetik-sintetik fayların suların derin sirkülasyonu için uygun bir ortam oluşturduğunu, ayrıca volkanizmanın uzun periyodunun, volkanik ürünlerin hacminin, volkanizmanın polijenetik karakterinin ve asidik-ortaç bileşimli ürünlerin ısı kaynağı için uygun bir duruma sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Kartal (1974) Çan çevresindeki hidrojeolojik gözlemlerine dayanarak yeraltı suları, kaplıca suları ve kayaçların akifer özelliklerine değindiği çalışmada, kaplıca suyunun kirlenmemesi ve debisinin düşmemesi için kaplıca çevresinde 4 zondan oluşan bir koruma alanı oluşturulması gerektiğini ve bu zonlarda alınması gereken tedbirleri sıralamıştır.

MTA (2005) envanter çalışmasında, Çanakkale İli sınırları içindeki tüm sıcak su kaynaklarına ait jeolojik bilgi ve suların kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Çan bölgesindeki sıcak sulardan bahsedilen bölümde Karalıda Kaplıcası yakınında 2003 yılında açılmış 450m derinlikli Çan-Etili-1 kuyusuna ait litolojik log bulunmaktadır.

Müler (1955) yaptığı çalışmada Çan, Karalıda ve Kırkeçit sıcak su kaynaklarının fiziki koşullarını ve çevresindeki jeolojik yapıları genel hatları ile irdelemiş, 1953 yılındaki Yenice Depremi sonrasında Çan ve Karalıda kaynaklarının debilerindeki düşmelere dikkat çekmiştir.

Öktü, Uzel, ve Şaroğlu (1991) yaptıkları etüt çalışması ile Çan Kaplıcası çevresine iki sondaj açmış ve bu sondajların verileri, kaplıcaya gelen sıcak suyun yeraltındaki sığ dolaşımı sırasında geçtiği yolun açıklanmasına yardımcı olmuştur.

Öktü ve Dilemre (1997) Çanakkale İli'nin termal ve mineralli sular envanterini oluşturmak amacıyla hazırlamış oldukları çalışmada Çanakkale'nin Ayvacık, Bayramiç, Biga, Çan, Ezine, Lapseki ve Yenice ilçelerindeki 19 su kaynağının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini ortaya koymuşlardır.

Yalçın (2007) Biga Yarımadası'ndaki sıcak suları ve bazı soğuk su kaynaklarını incelediği çalışmasında tüm suları, içerdikleri major iyonlara göre 4 gruba ayırmıştır. Buna göre sular, sülfat baskın (Tip1), klorür baskın (Tip2), bikarbonat baskın (Tip3) ve herhangi bir iyonun baskın olmadığı sular (Tip4) şeklinde tanımlamıştır. Araştırmacı, izotop içeriklerine göre bu sulardan 1-3-4 tipindekilerin güncel meteorik sular, 2.tipteki suların ise fosil ve meteorik kökenli suların karışımından oluştuğunu belirtmiştir.

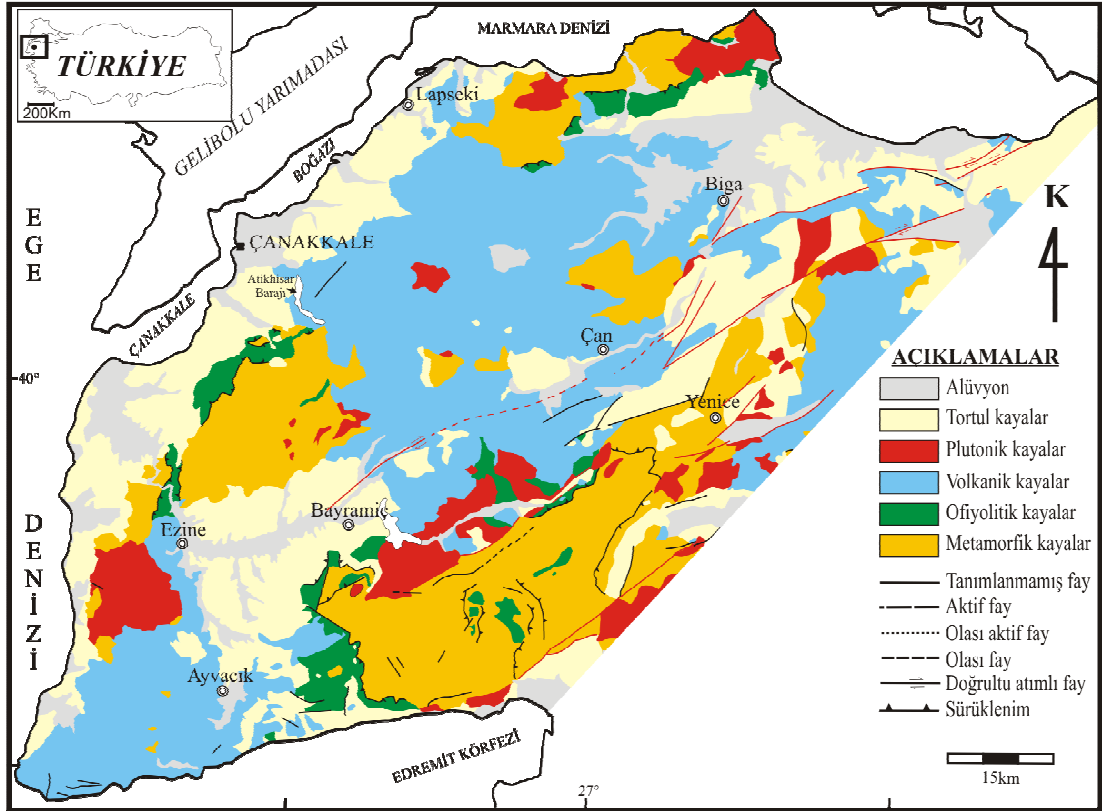
Sarp, Burçak, Yıldırım ve Yıldırım (1998) Biga Yarımadası'ndaki jeotermal alanların tektonizma ve volkanizma ile olan ilişkisini araştırarak jeotermal alanların potansiyelinin belirlenmesine yardımcı olacak veriler toplamışlardır. Ayrıca çalışma, su kaynaklarının kimyasal analizlerine göre yapılan değerlendirmeleri ve kullanım amaçlarına yönelik tavsiyeleri de içermektedir.

Pehlivan (2002) çalışmasında Bardakçılar ve Kırkgeçit kaplıcalarındaki suların kimyasal analizlerini yapmış ve insan sağlığına etkilerine değinmiştir. Her iki kaynağın da civa içermesi sebebiyle içilemeyeceğini, yüzme amaçlı kullanılabileceğini belirtmiştir. Kaplıcaların çevresinden aldığı kayaç örneklerinin analizlerine göre, silisleşmiş tüflerde As (arsenik) ve Ni (nikel) zenginleşmesi, andezitlerde Pb (kurşun) ve U (uranyum) zenginleşmesi olduğunu belirtmiştir.

BÖLÜM İKİ

JEOLJİ

Biga Yarımadası, farklı köken ve yaşta birçok kayaç tipinin bulunduğu bir bölge olup, uzun yıllardır jeolojik ve tektonik açıdan birçok çalışmaya konu olmuştur. Genelde KD-GB yönlü tektonik unsurları barındıran bir jeomorfolojiye sahip yarımada magmatik ve metamorfik kayaçlar geniş alanlara yayılmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Biga Yarımadası'nda gözlenen ana kaya grupları (MTA, 2002'den sadeleştirilmiştir)

Biga Yarımadası'nın temelini Geç Karbonifer - Erken Triyas yaşlı Kazdağ Metamorfitleri (Yaltırak ve Okay, 2004) oluşturur ve bu kayaçların üzerinde tektonik olarak yerleşmiş, Geç Permiyen - Erken - Orta Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi ve Triyas yaşlı Kalabak Birimi'ne ait kayaçlar bulunur. Jurasik'te çökelen tortulların üzerine Geç Kretase'de ofiyolitik kayaçlardan oluşan bir melanj gelmiştir. Bölgede Tersiyer, Orta Eosen neritik kireçtaşları ve bunların üzerine uyumlu olarak gelen volkanik arakatlı Geç Eosen türbiditleriyle başlar. Oligosen sonunda Biga

Yarımadası'nda bir yükselme ve aşınma evresi olmuş ve yarımada'nın güneyindeki Orta Eosen-Oligosen istifi tümüyle aşınmıştır. Bölgede Erken-Orta Miyosen'de volkanik kayalarla eş yaşlı bitümlü şeyl, silttaşı, kumtaşı, tuf ve kömürden oluşan tortullar meydana gelmiştir. Oligosen-Miyosen döneminde kalkalkalen magmatizma bölgeyi etkilemiş, ayrıca andezit, dasit, riolit ve asidik tüfler geniş alanlar kaplamıştır. Biga Yarımadası'nda volkanizmaya bağlı olarak Geç Oligosen-Erken Miyosen aralığında oluşmuş, genellikle granodiyoritik bileşimli sığ sokulumların varlığı bilinmektedir (Siyako, Bürkan, ve Okay, 1989). Plütonlar KD-GB uzun eksenli eliptik magmatik kütlelerdir ve bunlar ince taneli, benzer bileşimli volkanik kayalarla çevrelenmiştir (Karacık ve Yılmaz, 1989).

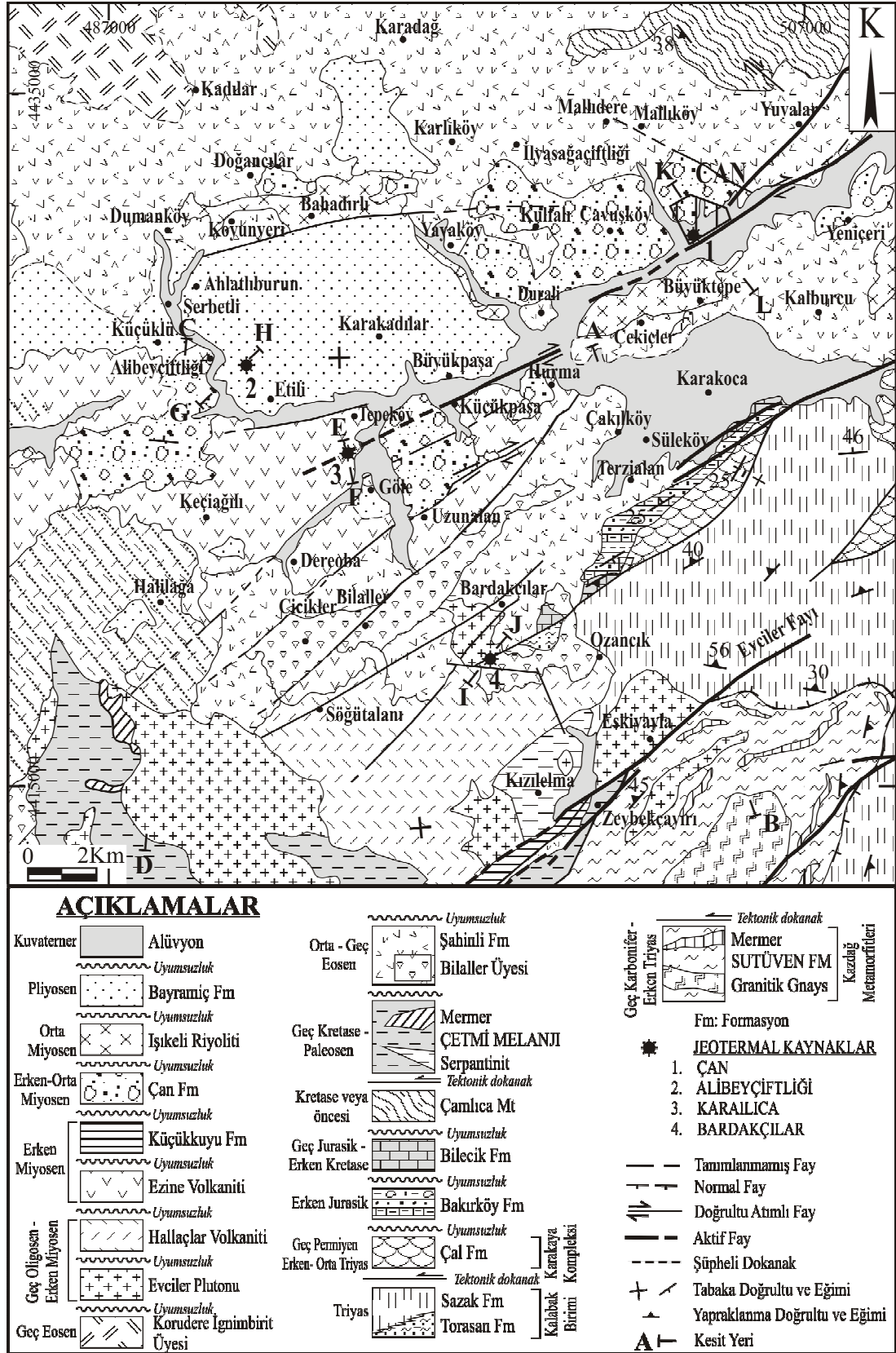
Tersiyer'de gerilme tektoniğiyle şekillenen havzalarda genellikle karasal tortullar yoğun bir volkanizma eşliğinde oluşmuştur. Geç Miyosen volkanizması sonlanırken, fluvial kırıntılılar Biga Yarımadası'nın kuzeyinde çökelmiştir (Siyako ve diğer., 1989). Pliyo-Kuvaterner'de Biga Yarımadası'nda çakıltası, kumtaşı ve şeyl bileşimli fluvial çökeller ile gölsel karbonatlar oluşmuş ve az miktarda alkali bazaltik volkanizma meydana gelmiştir (Siyako ve diğer., 1989).

2.1 Çalışma Alanı'nın Jeolojisi

Çalışma alanında alttan üste gözlenen kaya grupları; Geç Karbonifer - Erken Triyas yaşlı Sutüven Formasyonu, Triyas yaşlı Torasan ve Sazak Formasyonları, Geç Permian - Erken - Orta Triyas yaşlı Çal Formasyonu, Erken Jurasik yaşlı Bakırköy Formasyonu, Geç Jurasik - Erken Kretase yaşlı Bilecik Formasyonu, Kretase veya öncesi yaşa sahip Çamlıca Metamorfikleri, Geç Kretase - Paleosen yaşlı Çetmi Melanji, Orta - Geç Eosen yaşlı Şahinli Formasyonu ve Bilaller Üyesi, Geç Eosen yaşlı Korudere İgnimbirit Üyesi, Geç Oligosen - Erken Miyosen yaşlı Evciler Plutonu ve Hallaçlar Volkaniti, Erken Miyosen yaşlı Ezine Volkaniti ve Küçükkuyu Formasyonu, Erken - Orta Miyosen yaşlı Çan Formasyonu, Orta Miyosen yaşlı Işıklı Riyliti, Pliosen yaşlı Bayramiç Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon'dur (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3).

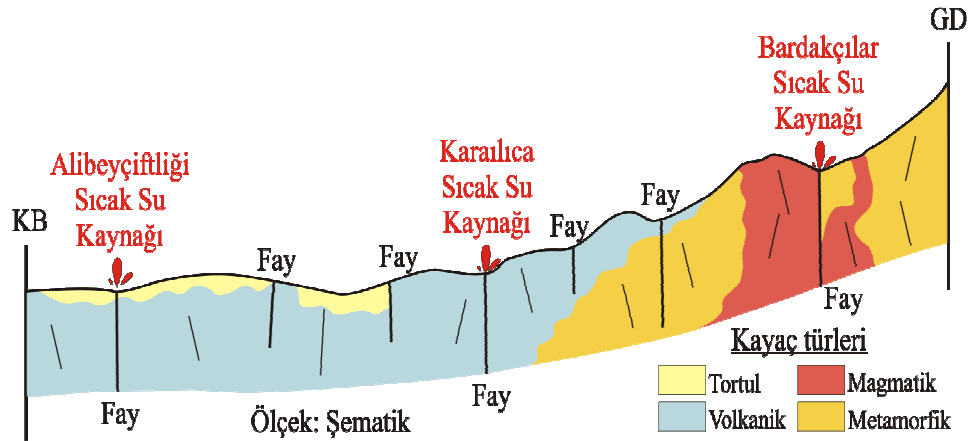
ZAMAN	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner					Alüvyon: Çakıl, kum, silt, kil
	Pliyosen-Pleyistosen		Bayramiç			Uyumsuzluk Çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı
	Miyosen	Orta	Işıkeli Riyoliti			Uyumsuzluk Riyolitik tuf, ignimbirit, perlit türü piroklastikler ve lav
			Çan			Bitümlü şeyl, silttaşı, kumtaşı, tuf ve kömür
		Alt	Küçükkuyu			Uyumsuzluk Çakıltı, bitümlü şeyl, tuf, kumtaşı
			Ezine			Andezit, trakiandezitik lav ve piroklastikler
			Hallaçlar			Uyumsuzluk Andezit, bazaltik-andezitik lav ve piroklastikler
	Oligosen		Evciler Plutonu			Uyumsuzluk Granodiyorit, monzodiyorit, kuvarsdiyorit
	Eosen	Üst	Dededağ Volkanitleri	Korudere İgnimbirit Üyesi		Uyumsuzluk İgnimbirit
		Orta	Şahinli	Bilaller		Uyumsuzluk Bazalt, bazaltik-andezitik lav, piroklastik ve volkanoklastikler
	Paleosen		Çetmi Melanjı			Türbiditik çökeller, bazalt, bazaltik-andezitik lav
						Uyumsuzluk Mermer Grovak, fillat, eklojit, spilitik bazalt, radyolarit, kireçtaşı Serpaninit
						← Tektonik Dokanak
MESOZOYİK	Kretase	Üst	Çamlıca Metamorfileri			Fillat, şist, metaserpantinit ara düzeyli, metabazik kayalar
		Alt	Bilecik			Uyumsuzluk Kireçtaşı
	Jurasik	Üst	Bakırköy			Uyumsuzluk Çakıltı, kumtaşı-kıltaşı ardalanması ve yumrulu kireçtaşı, çakıltı mercekleri
			Karakaya Kompleksi	Çal		Uyumsuzluk Spilitik bazalt, diyabaz, ardalanmalı tuf-tüfit, çamurtaşı-radyolarit ara seviyeleri, volkanojenik kireçtaşı
	Triyas		Kalabak Birimi	Sazak		← Tektonik Dokanak Bazik metatuf, metavolkanit ve mermer ardalanması
				Torasan		Geçişli
			Kazdağ Metamorfileri	Sütüven		Fillat ve mikakuvarşist
						← Tektonik Dokanak Granitik Gnays
	PALEOZOYİK	Karbonifer				Amfibolit mercekleri ve migmatit
						Mermer

Şekil 2.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti



Şekil 2.3 Çalışma alanının jeoloji haritası (Duru, Pehlivan, Ilgar, Dönmez ve Akçay, 2007; Dönmez, Akçay, Duru, Ilgar ve Pehlivan, 2008’den değiştirilerek hazırlanmıştır)

Yukarıda verilen jeolojik formasyonların büyük bölümü havzadaki sıcak su kaynakları ile ilişkilidir. Alibeyçiftliği, Karalıca ve Bardakçılar sıcak su kaynaklarından geçen şematik jeolojik kesit Şekil 2.4'te görülmektedir. Çan Sıcak Su Kaynağı bölgenin daha D'sunda bulunduğu için bu kesitte gösterilmemiştir. Kesitte jeolojik formasyonlar kayaç türlerine göre birleştirilerek verilmiştir. Havzanın en güney kesimini oluşturan metamorfik kayaçlar jeolojik istifin en altında yer almakta, bunların üzerine çeşitli yaş ve türlerde birimlerden oluşan volkanik kayaçlar gelmekte, en üstte ise havzadaki tortul birimler bulunmaktadır. İstifte birçok doğrultu atımlı fay ve bunlarla ilişkili olarak gelişmiş süreksizlik zonları mevcuttur. Sıcak su kaynakları da bu fay zonlarının olduğu kesimlerden çıkmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Çan Havzası'nın orta-güney bölümündeki sıcak su kaynaklarından geçen genelleştirilmiş şematik jeolojik kesit

2.1.1 Kazdağ Metamorfitleri

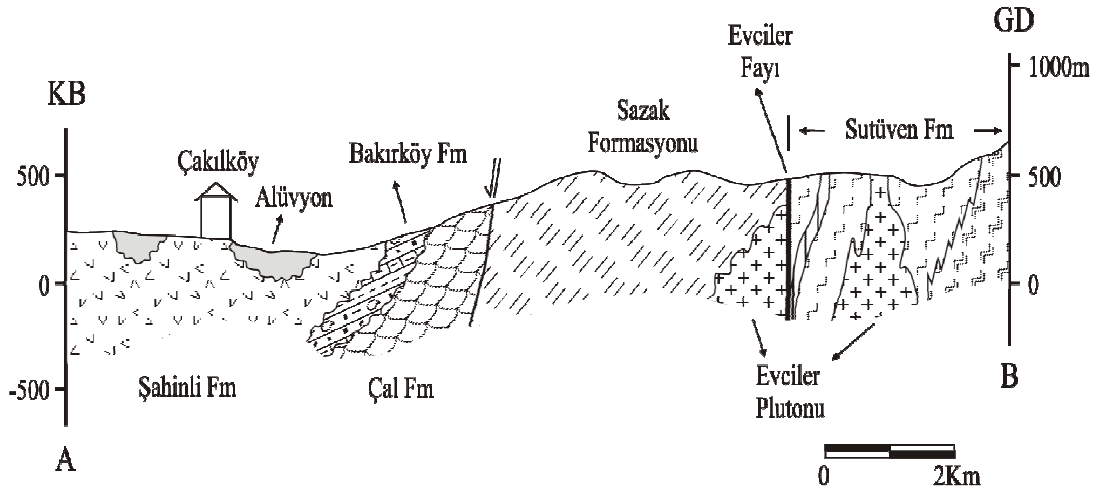
Kazdağı yükselimini oluşturan birimler, çok farklı yaşta ve özellikle magmatik sokulumlarla kesilmiş, değişik derecede metamorfizmaya uğramış, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı tortullar ve magmatik kayaçlar ile Tersiyer yaşlı volkanik ve tortul kayaçlardır (Bozcu ve Çalık, 2006). Çalışma alanında gözlenen Sutüven Formasyonu bölgedeki en yaşlı kayaçlardan oluşan Kazdağ Masifi içinde yer alır.

2.1.1.1 Sutüven Formasyonu

Kazdağ Metamorfikleri'nin en üstünde bulunan çoğunlukla gri - koyu gri ve kahve renkli, iyi foliasyonlu, yaygın bantlı yapılar ve ince mermer bantları içeren formasyonun ana litolojisini oluşturan kuvarso-feldispatik gnayslar ve bunların yanında amfibolit mercikleri, granitik gnays ve migmatit düzeyleri Sutüven Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Duru, Pehlivan, Şentürk, Yavaş ve Kar, 2004). Sutüven Formasyonu'nun alt seviyelerindeki şistlerde kuvars, plajiyoklas, alkali feldispat, muskovit, biyotit, rutil, zirkon ve $\pm$ epidot mineralleri, üst seviyelerindeki gnayslarda sillimanit, biyotit, klorit, mika, hornblend, granat ve epidot mineralleri bulunur. Formasyonun ilksel kayacı filiş tipi tortullardan oluşur. Sillimanitli gnayslar ve migmatitler bol olarak gözlenir. Formasyon, Oligo-Miyosen yaşlı granitik kayalar tarafından kesilmiştir ve üstünde yeralan diğer formasyonlarla tektonik bir dokanağa sahiptir. Ayrıca, Bingöl, Akyürek, ve Korkmazer (1975)'de bu formasyon üzerine Karakaya Formasyonu'nun tektonik bir dokanakla geldiği belirtilmiştir (Bozcu ve Çalık, 2006).

Çalışma alanında, Zeybekçayırı Köyü çevresinde, Sutüven Formasyonu üzerine normal faylı bir dokanakla Çetmi Melanjı gelir. Köyün kuzeydoğusunda Sazak Formasyonu ile arasındaki dokanak faylıdır. Eskiayla Köyü civarında Evciler Plutonu tarafından kesilmiştir ve köyün kuzeybatısında gözlenen kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu Evciler Fayı bu formasyon ile Evciler Plutonu arasında yeralır (Şekil 2.3).

Şekil 2.5'deki A - B kesitinde çalışma alanının doğu bölümündeki formasyonların birbirleri ile olan ilişkileri verilmiştir. A - B hattı boyunca Sutüven ve Sazak Formasyonları'ndaki foliasyonlar ile Çal ve Bakırköy Formasyonları'ndaki tabakaların kabaca kuzeye eğimli oldukları görülmektedir. Evciler Plutonu'nun Sutüven ve Sazak Formasyonları'nı keserek yerleştiği, A-B kesitinin güneydoğu bölümünde belirgindir. Bu çalışmada Yaltrak ve Okay (2004)'a göre Sutüven Formasyonu'nun yaşı Geç Karbonifer - Erken Triyas kabul edilmiştir.



Şekil 2.5 A - B jeolojik kesiti (Duru ve diğer., 2007’nden değiştirilerek hazırlanmıştır, kesit hattı ve açıklamaları için Şekil 2.3’e bakınız)

2.1.1.1.1. Mermer Üyesi

Sutüven Formasyonu’ndaki beyaz renkli, ince taneli, bol kıvrımlı, yanal yönde fazla yayılımı olmayan ve gnayslar arasında 5-20 m kalınlıkta arabantlar oluşturan mermer mercikleri Mermer Üyesi’ni oluşturur (Duru ve diğer., 2007). Çalışma alanında bu üye Zeybekçayırı Köyü doğusunda gözlenir.

2.1.1.1.2. Granitik Gnays

Granitik gnayslarda plajiyoklas, kuvars, K-feldispat, biyotit, klorit, apatit, epidot grubu mineralleri, muskovit, zirkon, hornblend, titanit, nadiren ojit ve opak mineraller bulunur (Duru ve diğer., 2007). Çalışma alanında bu litoloji Zeybekçayırı Köyü doğusunda gözlenir.

2.1.2 Kalabak Birimi

İlk kez Krushenski, Akçay ve Karaege (1980) tarafından Kalabak Metamorfik İstifi olarak tanımlanan, daha sonra Okay ve Göncüoğlu (2004)’nda verilen Alt Karakaya Kompleksi ile litolojik olarak denestirilebilen, Karakaya Kompleksi’ne ait kayaçlar litolojilerin kökensel yoğunluğuna göre, Torasan Formasyonu (epiklastik kökenli), Sazak Formasyonu (piroklastik kökenli), Çamlık Metamorfikleri ve

Granitik Kayaçlar şeklinde ayrılmıştır (Duru ve diğer, 2007). Bunlardan çalışma alanında gözlenen Torasan ve Sazak Formasyonları aşağıda açıklanmıştır.

2.1.2.1 Torasan Formasyonu

İlk kez Okay (1988) tarafından Karakaya Kompleksi içinde Torasan Metamorfikleri olarak adlandırılan formasyon, bu çalışmada Duru ve diğer. (2007)'nde verildiği gibi Torasan Formasyonu olarak kullanılmıştır. Düşük dereceli metamorfizmadan etkilenmiş gümüş grisi - yeşilimsi renkli, iyi foliasyonlu, fillat ve mika-kuvarşistlerden oluşan formasyonun içinde yer yer koyu gri, beyaz renkli mermer bantları yer alır ve üstte doğru yanal ve düşey yönde Sazak Formasyonu ile geçişlidir (Duru ve diğer., 2007). Çalışma alanında Ozancık - Bardakçılar köyleri arasında küçük bir alanda gözlenmekte olan bu formasyon kuzeyde normal fayla kesilmiştir ve taban bloğu üzerinde Şahinli Formasyonu'nun Bilaller Üyesi bulunur.

2.1.2.2 Sazak Formasyonu

Formasyon, genel olarak yeşil - haki renkli, ince taneli, iyi foliasyonlu, düşük dereceli metamorfizmadan etkilenmiş bazik metatüf, metavolkanit ve mermer araldanmasından oluşur. Torasan Formasyonu üzerinde tüflü seviyelerin artması ile geçişli olarak başlayan formasyon, üste doğru metatüf ve mermer araldanması şeklinde devam eder (Duru ve diğer., 2007). Yanal devamlılığı fazla olan bu mermerler, özellikle Sazak Formasyonu'nun alt kesimlerindeki aktinolit şistlerin arasında birkaç seviyede görülür. Ayrıca bölgede Sazak Formasyonu içinde haritalanamayacak boyutta ince seviyeler halinde rekristalize kireçtaşları ve mermerler yaygın olarak bulunur.

Metatüfler Çan'ın güneyinde 3 Km'yi aşan kalınlıkta kuzeye eğimli bir istif oluşturur (Duru ve diğer., 2007). Bu metatüfler Okay, Siyako ve Bürkan (1990)'a göre Sazak Metatüfleri olarak adlandırılmış olup, foliasyonlu ve gümüşümsü gri-bej renklidir (Pickett ve Robertson, 2004). Bu formasyonu Nilüfer Birimi içinde

tanımlayan Okay, Siyako ve Bürkan (1990) metatüfler içinde seyrek olarak gözlenen pembe Ti-ojit kalıntılarından, istifin en azından bir kesiminin alkali özellikte olduğunu belirtmişlerdir.

Pickett ve Robertson (2004), formasyonun kalınlığının yaygın olarak 1-2 Km ile 7 Km arasında değiştiğini ancak gerçek kalınlığının tam olarak belli olmadığını vurgulamışlardır. Metatüfler içinde karbonat olistolitleri yer almaz ancak grafitik fillat, kalkışist ve mermerlerden oluşan birkaç ince (50m) metasedimenter seviye bulunur ve muhtemelen bu seviyeler boyunca bulunan bindirmelerle metatüfler 3 Km'den fazla kalınlığa ulaşmıştır. Metabazik kayalardaki mineral topluluğu, aktinolit/hornblend+albit+epidot+klorit+lökoksit+opak, mikaşist ve fillatlardaki mineral topluluğu kuvars+muskovit+biyotit+plajiyoklas+opak'tır (Okay ve diğer., 1990).

Çalışma alanında, Kazdağ Metamorfikleri'nin genel foliasyonuna uyumlu ve kuzeye eğimli olan formasyon, alttan üste doğru azalan bir metamorfizma gösterir. Formasyonun alt sınırı Torasan Formasyonu ile yanal ve düşey yönde dereceli geçişlidir (Duru ve diğer., 2007). Bu çalışmada Sazak Formasyonu'nun yaşı Okay ve diğer. (1990)'ne göre Triyas olarak kabul edilmiştir. Bu formasyonun çalışma alanındaki yayılımı Ozancık Köyü doğusundadır. Bu alanda foliasyon açıları 40° ile 56° arasında ve doğrultuları kuzeydoğu-güneybatı ve doğu - batı'dır. Güneybatıdan bu bölgeye doğru devam eden Evciler Fayı, formasyon içinde birkaç Km devam ederek kaybolur.

2.1.3 Karakaya Kompleksi

Karakaya Kompleksi kuzey Anadolu'da batıdan doğuya, Ege Denizi'nden İran'a kadar yaklaşık 1100 Km dağılımı olan bir dalma-batma-eklenme kompleksidir (Pickett ve Robertson, 2004). Karakaya Kompleksi, ilk kez Karakaya Formasyonu olarak Bingöl ve diğer. (1975) tarafından önerilmiş ancak daha sonra Şengör, Yılmaz, ve Sungurlu (1984)'ya göre Karakaya Kompleksi olarak adlandırılmıştır.

Kompleks genellikle iki bölüme ayrılır: Yapısal ve muhtemelen stratigrafik olarak altta yeralan Alt Karakaya Kompleksi, Paleozoyik sonu veya Triyas'ta metamorfizma geçirmiş mafik lav, mafik piroklastik kaya, şeyl ve kireçtaşı araldanmasından oluşmuştur. Üst Karakaya Kompleksi ise kuvvetlice deforme olmuş Permien veya Triyas yaşta klastik, volkanoklastik ve volkanik kayalar ile çok sayıda Karbonifer ve Permien yaşta ortama yabancı kireçtaşı bloklarından oluşur (Okay ve Göncüoğlu, 2004).

2.1.3.1 Çal Formasyonu

İlk kez Blanc (1965) tarafından Çalköy Serisi olarak, Bingöl, Akyürek ve Korkmazer (1975) tarafından Karakaya Formasyonu içindeki SPO bölümünde ve Okay ve diğer. (1990)'nde Karakaya Kompleksi içinde Çal Birimi olarak tanımlanmış olan kayaçlar, bu çalışmada Çal Formasyonu (Duru ve diğer., 2007) olarak kabul edilmiştir. Formasyon, bordo - kahverengi spilitik bazalt, diyabaz, araldanmalı tüf - tüfit, çamurtaşı - radyolarit ara seviyeleri, volkanojenik kumtaşı ve yaygın olarak 30 - 40 m boyunda Permien yaşlı kireçtaşı olistolitleri ve olistostromlarından oluşur. Koyu yeşil - siyah renkli oldukça ayrılmış bazaltlarda kısmen ilksel halini korumuş yastık yapıları gözlenir. Spilitler bölgesel kıvrımlanmaya uygun olarak belirgin yönlenme göstermesine karşın metamorfizma etkileri gözlenmez. Formasyonun litolojik bileşenleri, oransal ve süreklilik bakımından yanal yönde çok sık değişim gösterir (Duru ve diğer., 2007).

Tüm Karakaya Kompleksi litolojileri içinde Triyas deformasyonu ve metamorfizmasından en az etkilenmiş olanı Çal Formasyonu'dur. Bu formasyonun kayaçlarında bölgesel metamorfizma ve foliasyon gözlenmez (Okay ve diğer., 1990). Çalışma alanında bu formasyon, Bayırköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmekte ve doğuda Sazak Formasyonu ile arasında tektonik bir dokanak bulunmaktadır. Formasyon, çalışma alanındaki stratigrafik konumuna göre, Geç Permien-Erken - Orta Triyas yaşlı kabul edilmiştir (Duru ve diğer., 2007).

2.1.4 Bayırköy Formasyonu

İlk kez Bilecik yöresinde Granit ve Tintant (1960) tarafından Bayırköy Kumtaşı olarak adlandırılmış olan formasyon, daha sonra Altınlı (1973) tarafından Bayırköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanında, Terzialan Köyü kuzeyinde yaklaşık 80 m kalınlığındaki Bayırköy Formasyonu'nun alt dokanağı Çal Formasyonu üzerinde diskordan olarak çakıltaşlarıyla başlar, üstte doğru sarımsı - kahve renkli kumtaşı-kıltaşı aralanmasıyla devam eder. İstifte çakıltaşı mercekleri ve yer yer fosilli-yumrulu kireçtaşları görülür (Duru ve diğer., 2007). Bakırköy Formasyonu'nun kalınlığı çok değişken olup kısa mesafelerde birkaç metreden 500 m'ye kadar değişebilir. Bu formasyon üzerine muhtemel bir paralel uyumsuzlukla Bilecik Formasyonu gelir (Okay ve diğer., 1990). Bilecik Formasyonu'na keskin bir dokanakla geçen formasyonun yaşı Erken Jurasik kabul edilmiştir (Duru ve diğer., 2007).

2.1.5 Bilecik Formasyonu

Bu formasyon ilk kez Bilecik yöresinde Altınlı (1973) tarafından Bilecik Kireçtaşları ve daha sonra Okay ve diğer. (1990) tarafından Bilecik Kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada Duru ve diğer. (2007)'nde verilen Bilecik Formasyonu adı kullanılmıştır. Formasyon, altta ince - orta tabakalı kireçtaşları ile başlar, üste doğru orta - kalın tabakalı kireçtaşları ile devam eder ve toplam kalınlığı 40m'dir (Duru ve diğer., 2007). Bilecik Formasyonu, derin denizel kireçtaşları ile başlayıp sığ denizel kireçtaşları ile sona erer (Yaltırak ve Okay, 2004). Çalışma alanında formasyon, Bardakçılar - Ozancık köyleri arasında faylı bir dokanakla Torasan Formasyonu üzerinde, Karakoca Köyü güneyinde ise Bakırköy Formasyonu üzerinde bulunur. Bilecik Formasyonu'nun yaşı Geç Jurasik - Erken Kretase olarak kabul edilmiştir (Duru ve diğer., 2007).

2.1.6 *Çamlıca Metamorfitleri*

Sakarya Zonu'ndan tektonik olarak Çetmi Melanjı ile ayrılan, Ezine Zonu içinde yeralan ve Ezine'nin kuzeyi ile Karabiga'nın batısında geniş alanlarda yüzeyleyen mikaşistler Okay ve diğer. (1990) tarafından Çamlıca Metamorfitleri olarak tanımlanmıştır. Çamlıca Metamorfitleri'nin çalışma alanında gözlenen bölümü bu kayaçların üst kesimlerine karşılık gelen ve Çamlıca Metamorfitleri'ne göre daha az metamorfizma geçirmiş fillat ve şistlerdir. İlk kez Okay (1988) tarafından Palamut Metamorfitleri olarak tanımlanmış olan bu kayaçlar, Duru ve diğer. (2007)'nde Palamut Fillit Üyesi olarak adlandırılmıştır. Yukarıda belirtilen kayaçlar bu çalışmada Çamlıca Metamorfitleri olarak kabul edilmiştir.

Çalışma alanında Çan'ın kuzeydoğusunda gözlenen Çamlıca Metamorfitleri yeşil - kahve renkli, ince taneli, foliasyonlu fillat ve şistlerden oluşur. Şistler arasında açık renkli kuvars ve karbonatça zengin arabantlar ile küçük boyutlu mercekler ve ara düzeyler halinde metaserpantinit ve metabazik kayaçlara sık rastlanır. İstifte yaygın olarak metakuvarsitler, kuvarsitler ve ikincil silisleşme gözlenir. Fillit, aktinolit şist, karbonat-kuvars şist, kalsit-serisit-kuvars şist, talk-serpantinit, aktinolit-talk şist, klorit-stipnomelan şist ve epidot-klorit-aktinolit şist türü düşük dereceli metamorfik kayaçlar istifte gözlenen diğer litolojilerdir. Alt dokanak ilişkisi çalışma alanında gözlenmeyen bu metamorfitlerin üzerine uyumsuzlukla Şahinli Formasyonu gelir. Bölgede çalışma alanı dışında Çetmi Melanjı tarafından tektonik olarak üzerlenen Çamlıca Metamorfitleri, Eosen yaşlı tortullar tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Geç Kretase'de metamorfizma geçirmiş birimin ilksel çökelme yaşı kesin olmamakla birlikte Kretase olarak belirtilmiştir (Duru ve diğer., 2007).

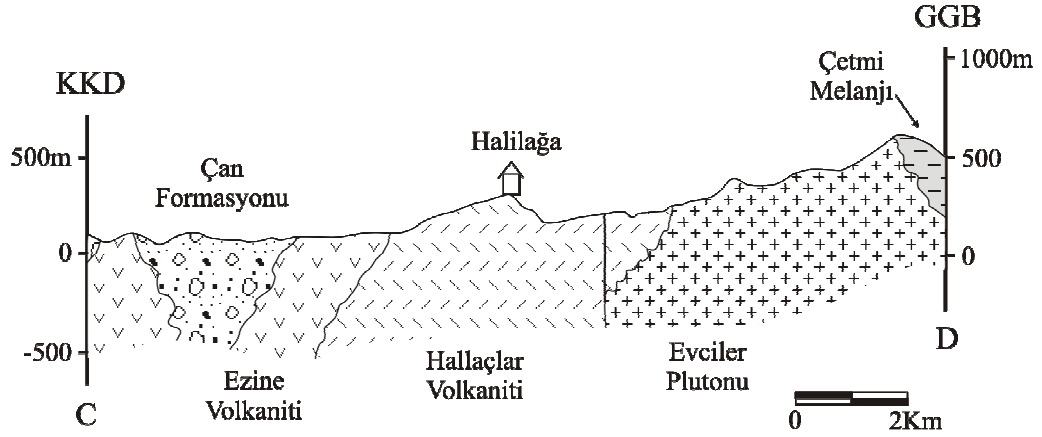
2.1.7 *Çetmi Melanjı*

Biga Yarımadası'nda gözlenen Neotetis Okyanusu'na ait ofiyolitlerden Çan-Karabiga arasında yüzeyleyenler Okay ve diğer. (1990) tarafından Çetmi Ofiyolit Melanjı olarak adlandırmıştır (Bozcu ve Çalık, 2006). Bu Melanj, Sakarya ve Ezine Zonları arasında ve her ikisinin de üzerinde yeralır. Kazdağ Metamorfitleri'nin

batısında yüzlek veren Çetmi Melanjı (Duru ve diğer., 2007), grovak, fillat, eklojit, serpentinit, spilitik bazalt, radyolarit, kireçtaşı ve mermerlerin birbiri içinde tektonik dilimler ve olistolitler halinde bulunduğu karmaşık bir kayaçlar topluluğudur. Melanj içinde çeşitli tipte ve yaşları Triyas - Kretase arasında değişen kireçtaşı blokları bulunur (Duru ve diğer., 2007). Kazdağları'nda Çetmi Melanjı'nın düşey kalınlığının 1500 m'yi aştığı belirtilmiştir (Okay ve Satır, 2000). Çetmi Melanjı içinde siyah, koyu gri grovak ve silisli şeyl ardalanması oldukça yaygındır. Bu klastiklerin spilitlerle olan dokanakları tektoniktir. Kırmızımsı ve nadiren yeşilimsi, ince tabakalı radyolaryalı çörtler, spilitler içinde birkaç on metre büyüklükte tektonik bloklar şeklinde görülür. Serpentinit, melanj içinde seyrek gözlenen bir litolojidir ve birkaç ufak tektonik dilim şeklinde bulunur (Okay ve diğer., 1990).

Çetmi Melanjı çalışma alanının güney kesimlerinde gözlenir. Melanj, Kazdağ Metamorfikleri üzerine normal faylı bir dokanakla gelir (Duru ve diğer., 2007). Kızılelma Köyü ile batısında bu melanj Evciler Plutonu ile kesilmiş ve Hallaçlar Volkaniti tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür. Söğütalanı'nın güneybatısı ile Küçükklü arasından alınmış C - D kesitinde Çetmi Melanjı'nı kesen Evciler Plutonu ve kuzeye doğru Hallaçlar Volkaniti, Ezine Volkaniti ve Çan Formasyonu'nun birbirleri ile olan ilişkileri görülmektedir. Kesitte görülen tüm birimler birbiri ile uyumsuz olup, Halılağa Köyü güneyinden bölgedeki genel tektonik hatlar ile uyumlu KD - GB doğrultulu bir fay geçmektedir (Şekil 2.6). Çetmi Melanjı'nın yaşı Geç Kretase -Paleosen olarak kabul edilmiştir (Okay ve Satır, 2000).

Duru ve diğer. (2007), melanj içinde haritalanabilecek boyuttaki mermer ve serpentinit bloklarını ayrı ayrı tanımlamışlar ve bunlarla ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.6 C - D Jeolojik Kesiti (Duru ve diğer., 2007'nden değiştirilerek hazırlanmıştır, Kesit yeri için Şekil 2.3'e bakınız)

2.1.7.1 Mermer Bloğu

Tersiyer yaşlı plutonik kayalar ile Çetmi Melanjı dokanağında yeralan beyaz renkli, iri kristalli masif mermerlerden oluşur. İstif içindeki kireçtaşları plutonik kayalarla olan dokanakta mermerleşmiştir. Skarn zonu minerallerinin gelişmiş olması nedeniyle, Çetmi Melanjı içindeki kireçtaşlarının, granitik intrüzyonlar etkisiyle mermerleştiği düşünülmektedir (Duru ve diğer., 2007). Çalışma alanındaki mermer blokları, bölgenin güneybatısındaki Evciler Plutonu ile Çetmi Melanjı arasında yer alır.

2.1.7.2 Serpantinit Bloğu

Melanj içinde genel olarak KD - GB doğrultulu tektonik dilimler şeklinde uzanan serpantinitler Kızılelma ve Zeybekçayırı köyleri arasında genç granitik sokulumlar tarafından kesilmiştir ve içinde yer yer korunmuş halde ultramafik kayaç mercekleri vardır. Bu birim içinde ofiyolitik kökenli serpantinleşmiş peridotit, lisvenit, spilitik bazalt, diyabaz, radyolaria vb. litolojiler karışık halde bulunur ve makaslanmış ofiyolitik melanj görünümündedir (Duru ve diğer., 2007). Kızılelma Köyü'nün kuzeydoğusundaki farklı lokasyonlarda, Çetmi Melanjı'na ait Serpantinit Bloğu yüzlekleri genel olarak yeşilimsi-siyah renklidir. Bol çatlak ve kırık zonları içeren, taze yüzeyleri koyu yeşil renkli ve kaygan olan bu kayalar, sarımsı - beyaz renkli ayrışma renkleri sergiler ve ayrışma zonlarında düşük dayanımlığa sahiptir.

2.1.8 Şahinli Formasyonu

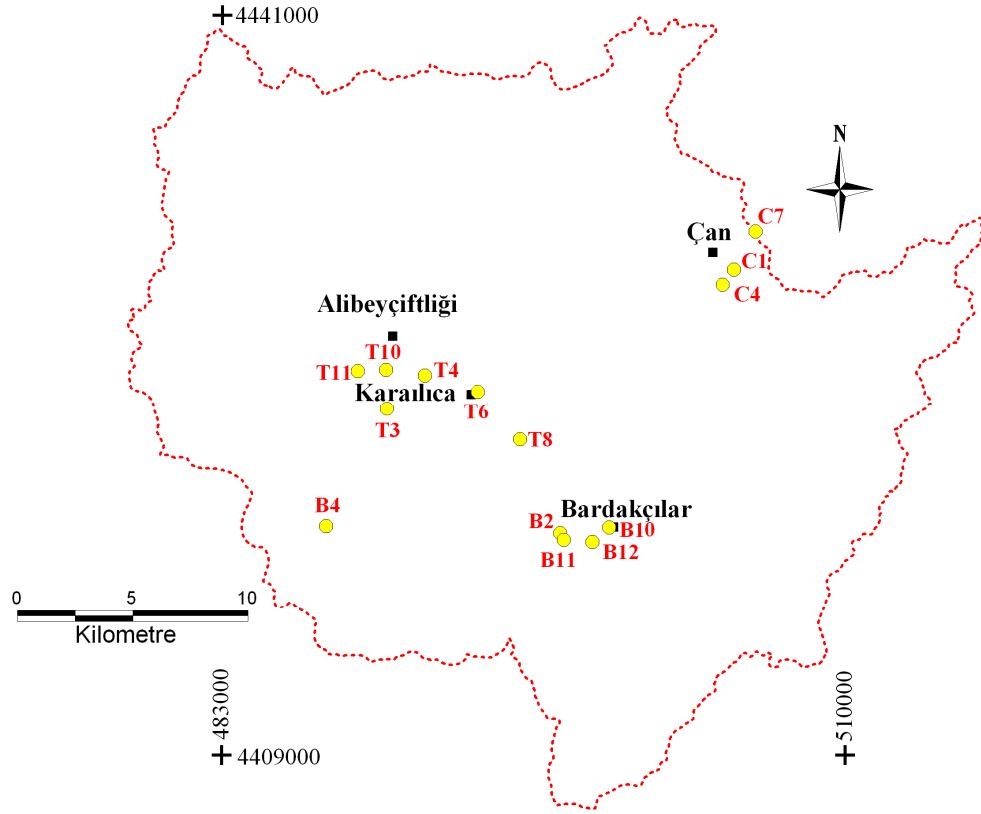
Bazalt, bazaltik-andezitik lav, piroklastikler ve yer yer volkanoklastiklerden oluşan kayaçlar Dönmez, Akçay, Genç ve Acar (2005)'da Şahinli Formasyonu olarak verilmiştir. Genellikle bazaltik bileşimli olan volkanik kayaçlar yine aynı bileşimli çok sayıda dayklarla kesilmiştir. Duru ve diğer. (2007) tarafından formasyondan alınan örnekler bazalt olarak adlandırılmıştır. Kayaçlarda başlıca fenokristalleri plajiyoklas, klinopiroksen, biyotit, titanit ve opak mineraller oluşturur. Plajiyoklaslar labrador bileşiminde olup, içinde volkan camı kapanımları vardır. Biyotitler çok az oranda gözlenir. İkincil mineral olarak kalsit, klorit, dolomit ve kuvars vardır. Plajiyoklaslarda az miktarda killeşme, klinopiroksenlerde kalsit - klorit - kuvars mineral dönüşümleri gözlenir. Kayacın genelinde karbonatlaşma ve kloritleşme vardır. Hamurda, birbirini kesen plajiyoklas mikrolitleri arasında piroksenler ve ikincil mineraller yer alır.

Çalışma alanında sıcak su kaynaklarına yakın bölgelerdeki kayaçlardan alınan petrografik amaçlı kayaç örneklerinin yerlerini gösteren harita Şekil 2.7'de verilmiştir. Şahinli Formasyonu'nun Çan Kaplıcası'na yakın kesimlerinden alınan kayaç örnekleri (C1, C4 ve C7) bazalt olarak tanımlanmıştır.

-C1 nolu bazalt örneği porfirik dokulu olup, plajiyoklas, klinopiroksen, opak mineral ve klorit'den oluşur. Klinopiroksen kristallerinde kloritleşme oldukça yoğundur. Hamurda izlenen gaz boşlukları kristobalit, kuvars, klorit ve zeolit mineralleri tarafından doldurulmuştur.

-C4 nolu bazalt örneği porfirik dokulu olup plajiyoklas, klinopiroksen ve opak minerallerden oluşur. Kesit alanında plajiyoklas ve piroksen ana bileşenleridir. Plajiyoklas fenokristallerinde zonlanma ve ayrışma lamelleri izlenir. Piroksen fenokristalleri yer yer alterasyon nedeniyle bastırılmıştır. Opak mineraller piroksen ve plajiyoklas fenokristallerinde kapantı kristal olarak veya hamurda yer alırlar.

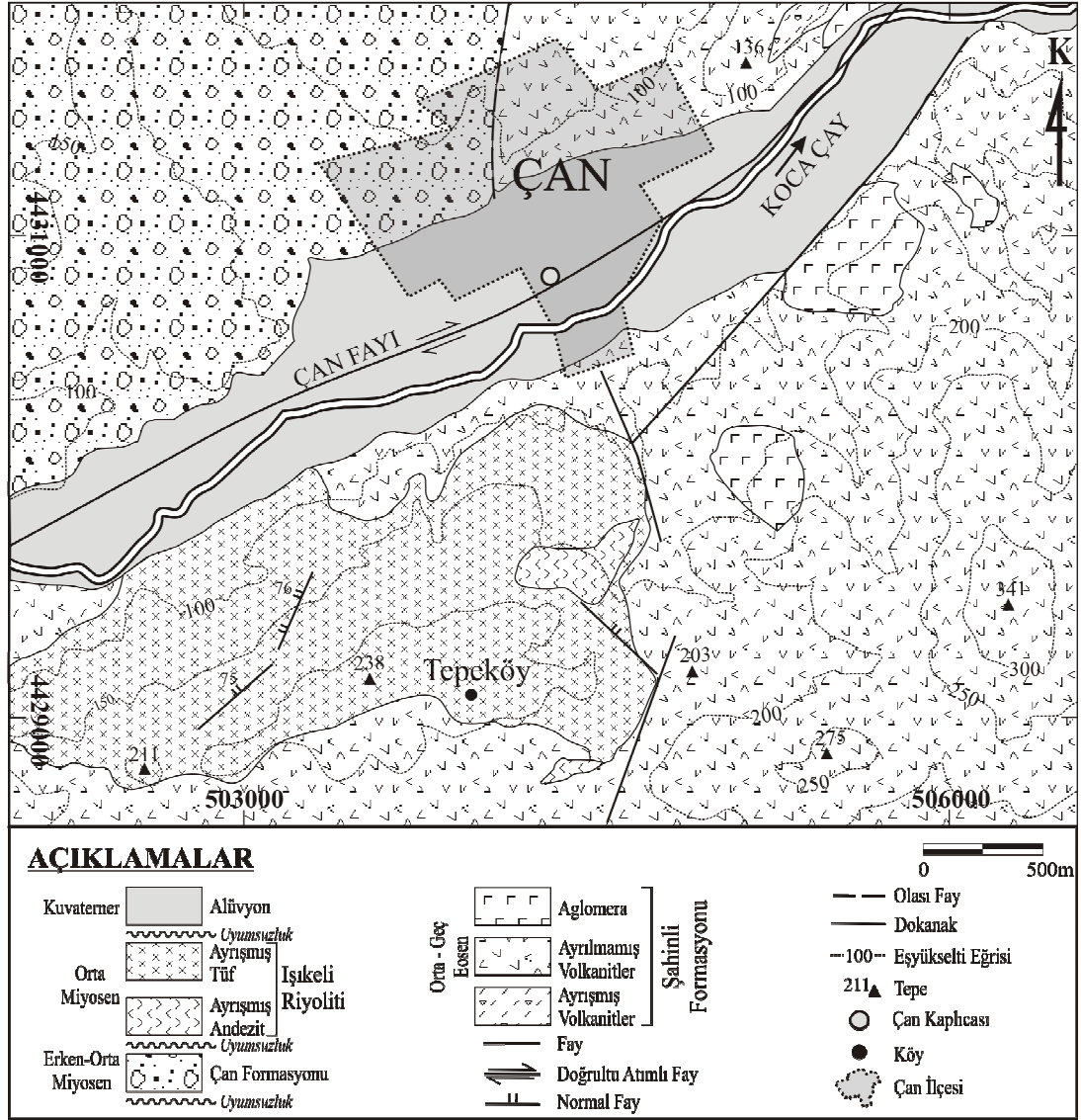
-C7 nolu bazalt örneği porfirik dokulu olup plajioklas, klinopiroksen ve opak minerallerden oluşur. Plajioklas kristalleri kesit alanı içinde fenokristaller ve daha ince dokulu hamur içinde mikrolit kristalleri şeklindedir. Yer yer opasitleşme gösteren piroksen kristallerinde opak mineraller kapantı kristaller olarak yer alırlar.



Şekil 2.7 Petrografik amaçlı alınan kayaç örneklerinin lokasyonları

Bu çalışmada Çan Kaplıcası çevresinde yapılan jeolojik haritalamada, Şahinli Formasyonu'ndaki andezit - bazalt ve tüfler, bu litolojilerin yanal ve düşey yönde çok sık değişmesi nedeniyle “ayrılmamış volkanitler” olarak gösterilmiştir (Şekil 2.8). Andezitler yeşilimsi kahverenkli ve kısmen ayrılmış, bazaltlar koyu gri renkli ve üst seviyeleri gaz boşlukludur. Bu kayaçlarda soğuma çatlakları yaygın olup tektonizmadan etkilenmiş düzeyleri yoğun süreksizlik düzlemleri içerir. Çan güneyindeki bir noktada ölçülen soğuma çatlaklarının konumları Tablo 2.1’de verilmiştir (Şekil 2.9). Aglomera yüzleklerine Çan Sanayi Sitesi’nin güneyindeki temel kazılarında rastlanmaktadır. Bu kesimde bazaltik kayaçların üzerinde yer alan aglomeranın matriksi oldukça ayrılmış açık kahverengi - bej renklidir ve içindeki 5 -

80 cm boyundaki çakıllar/bloklar matrikse göre daha az ayrışma gösteren grimsi, pembemsi ve yeşilimsi renkler sunan andezit - bazaltlardır.

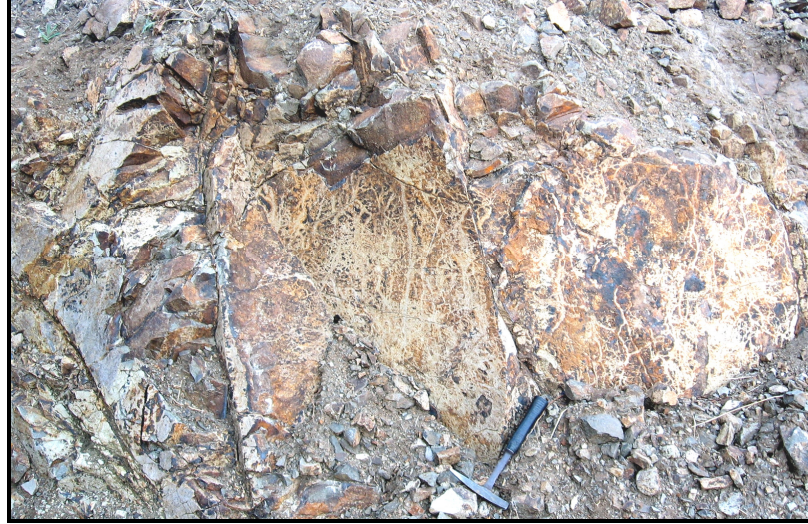


Şekil 2.8 Çan Jeotermal Alanı'nın jeolojisi

Tablo 2.1 Çan çevresindeki volkanitlerde ölçülen soğuma çatlaklarının konumları

Ölçüm No	Soğuma Çatlağının Konumu
1	K10D/87KB
2	K85B/87KD
3	K-G/70B-D
4	K10D/87GD
5	K70B/65KD
6	K50B/84KD

Önceki çalışmalara göre Şahinli Formasyonu'nun yaşı, Orta - Geç Eosen kabul edilmiştir. Çalışma alanında formasyonun alt dokanağı gözlenmez (Duru ve diğer., 2007). Bu formasyon, Çan'ın kuzeyinde ve çalışma alanının orta bölümünde yaygındır (Şekil 2.3).



Şekil 2.9 Çan'ın güneyinde Şahinli Formasyonu'na ait bazaltlardaki soğuma çatlakları (koordinat: 505504/4430530)

2.1.8.1 Bilaller Üyesi

Şahinli Formasyonu içindeki volkanoklastikler, yer yer gözlenen türbiditik tortullar ve bu tortullardan ayrılamayan bazalt ve yer yer bazaltik andezit bileşimli lavların baskın olduğu litoloji topluluğu Bilaller Üyesi (Dönmez ve diğer., 2005) olarak verilmiştir. Kayaçlarda plajiyoklas ve piroksenler başlıca fenokristalleri oluşturur. Hamur, volkan camı, plajiyoklas mikrolitleri, piroksen mineralleri ve dissemine opak minerallerden oluşur. Volkan camı yoğun olarak killeşmiş ve kloritleşmiştir. Kayaç içindeki boşluklar kloritle doldurulmuştur (Dönmez ve diğer., 2005). Bu üye, Çalışma alanında Etili güneyi ile Bilaller ve Cicikler Köyleri çevresinde gözlenir (Şekil 2.3).

Bu çalışmada Bilaller Üyesi'nin Bardakçılar Kaplıcası güneyinde gözlenen yüzleklerinden alınan kayaçlar mikroskopta petrografik olarak altere olmuş andezit

(B10) ve tuf (B11) olarak tanımlanmıştır. B12 nolu örnek ise tanınamayacak kadar altere olduğu için adlama yapılmamıştır (Şekil 2.7).

-B10 nolu altere olmuş andezit örneği porfirik dokulu olup plajioklas, amfibol, kalsit, klorit, kuvars ve opak minerallerden oluşmaktadır. Plajioklas kristalleri tamamen kalsit, klorit ve kuvars kristallerine dönüşmüştür. Plajioklas ve opasitleşmiş amfibol fenokristalleri ince dokulu hamur içinde yerel olarak porfirik dokuyu oluşturmuştur. Hamurda da kloritleşme ve kalsitleşme yaygın olarak izlenir.

-B11 nolu tuf örneği porfirik dokulu olup plajioklas, amfibol, kalsit, klorit, kuvars ve opak minerallerden oluşmaktadır. Plajioklas, amfibol fenokristalleri ve kayaç parçaları ince dokulu hamur içinde yerel olarak plajioklas mineralleri tamamen kalsit ve kil minerallerine dönüşmüştür. Ayrıca serisitleşme de yaygın olarak izlenir. Amfibol kristalleri altıgen özşekilli kristal formları sunar ve tamamen opasitleşmiştir.

-B12 nolu kayaç örneği tanınmayacak kadar altere olmuştur.

2.1.9 Korudere İgnimbirit Üyesi

Andezitik - riyolitik lav, piroklastikler ve baskın olarak ignimbiritlerden oluşan Dededağ Volkanitleri (Dönmez ve diğer., 2005)'nin denizel havza içindeki aktif volkanizma sırasında meydana gelen sıcak piroklastik akıntı kayaçları Korudere İgnimbirit Üyesi (Dönmez ve diğer., 2005) olarak verilmiştir. Bu kayaçlar sarı, beyaz, yeşil renkli, yaygın ve karakteristik olarak levhamsı ayrışmalı, bol kayaç parçası içeren, yer yer aşırı derecede ayrışmış ignimbiritik kayaçlardır ve asidik-ortaç volkanizmaya bağlı olarak oluşmuşlardır. Oluşumları sırasında aynı yaştaki kumtaşı, kilaşı ve şeylden oluşan türbiditik çökellerle ardalı olarak bulunurlar. (Dönmez ve diğer., 2005). Çan - Bayramiç - Lapseki ilçeleri arasında geniş bir alanda dağılım gösteren ignimbiritik kayaçlar, bazı kesimlerde çok kalın ignimbiritik göllenmeleri oluşturur. İgnimbiritlerde pomza ve kayaç parçalarının ayrışarak ortamdan uzaklaşması ile boşluklu bir yapı gelişmiştir. Çalışma alanında Kadılar

Köyü batısında gözlenen bu üye, Şahinli Formasyonu'nu uyumsuzlukla örter (Şekil 2.3). Korudere İgnimbirit Üyesi Geç Eosen yaşlıdır (Dönmez ve diğer., 2008).

2.1.10 Evciler Plutonu

Biga Yarımadası'ndaki önemli granitoid sokulumlarından biri olan Evciler Plutonu, Kazdağı'nın kuzeyinde yeralan oval şekilli ve kalkalkalen bir sokulumdur. Kazdağı Domu'na paralel olarak KD - GB gidişli bir yapısı vardır (Okay ve Satır, 2000). Bölgedeki plutonlarla ilişkili olduğu belirtilen (Yılmaz, Genç, Karacık, ve Altunkaynak, 2001; Genç, 1998; Karacık ve Yılmaz, 1998) volkanik çıkışlardan Oligosen yaşlı volkanizmanın kökenini oluşturanlar, genellikle Oligosen - Geç Miyosen aralığında bölgeye yerleşmiş granodiyoritik bileşimli sığ sokulumlardır.

Öngen (1978; 1994) ile Genç (1998) çalışmalarına göre, Evciler Plutonu monzodiyoritten kuvarsdiorit ve granodiyorite kadar değişen bir mineralojik bileşime sahiptir ve granodiyorit oranı % 70'den fazla olup plutonun baskın fasiyesini oluşturur (Okay ve Satır, 2000). Öngen (1978), Evciler Plutonu'nu kenar ve çekirdek tipi olarak ikiye ayırmıştır. Çekirdek tipi eş taneli dokuya sahiptir, kenar tipine göre daha ince tanelidir ve mineralojik bileşiminde piroksen vardır. Öngen (1978)'e göre Streckeisen (1976) sınıflamasında kuvars monzo - diyorit olarak isimlendirilir. Kenar tipi ise çekirdek tipine göre daha fazla kuvars ve ortoklas içerir. Öngen (1978)'e göre Streckeisen (1976) sınıflamasında monzogranit ve granodiyorit olarak isimlendirilir (Bozcu ve Çalık, 2006). Evciler Plutonu'nun mineralojik bileşiminde bulunan mineraller plajioklas % 35 - 60, K - feldispat (ortoklas, mikroklin) % 5 - 35, kuvars % 3 - 40, hornblend % 8 - 15, biyotit % 5 - 10, klinopiroksen (ojit, diopsitik ojit) % 3 - 5, sfen, apatit, turmalin ve magnetit olarak verilmiştir (Yılmaz ve diğer., 2001).

Bu çalışmada Evciler Plutonu'nun Bardakçılar Kaplıcası'ndaki yüzleklerinden 2 kayaç örneği alınarak (B2 ve B4) mikroskopta petrografik olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.7). Buna göre, B2 nolu granit örneği yarı özşekilli taneseli dokuda olup kuvars, alkali feldispat, plajioklas, biyotit, opak mineral, epidot ve zirkon'dan

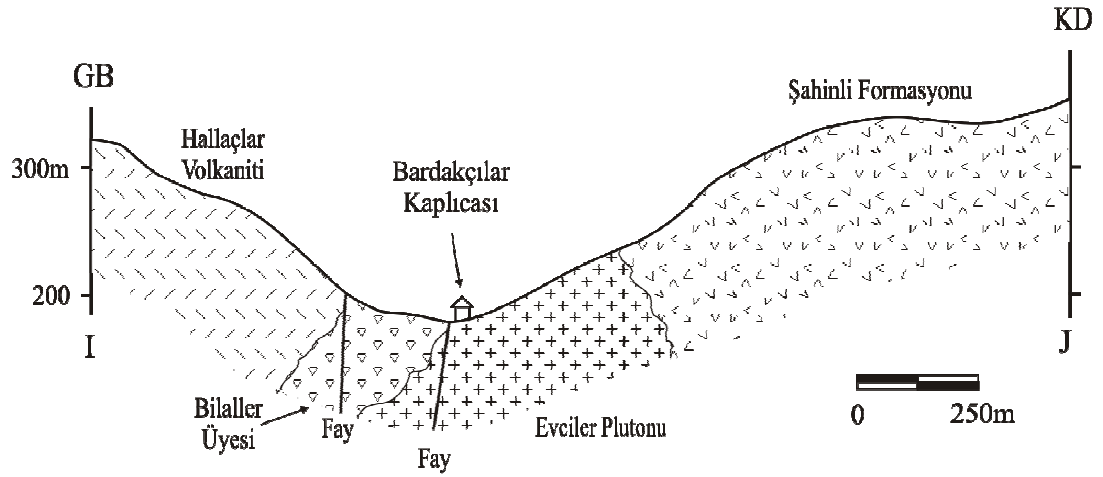
oluşmaktadır. Renksiz, dalgalı sönme gösteren, özşekilsiz kristalleri ile kesit alanı içinde yaygın kuvars ve feldispat birlikte izlenir. Feldispat, alkali feldispat ve plajioklas kristalleri ile temsil olmaktadır. Plajioklas kristallerinde epidotlaşma yaygın olarak görülür. Biotit kristallerinde kloritleşme yaygındır. Yer yer biyotit kristallerinin Fe - oksitli minerallere altere olması ile opasitleşme meydana gelmiştir. Zirkon, kesit alanı içinde az miktarda küçük kristaller halinde yüksek röliyepleri ve girişim renkleri ile kolaylıkla tanınmaktadır. Genellikle feldispat ve kuvars kristallerinde kapantı olarak bulunur.

-B4 nolu granit örneği yarı özşekilli taneseli dokulu olup kuvars, alkali feldispat, plajioklas, biyotit, opak mineral, zirkon, serisit ve kloritten oluşur. Renksiz, özşekilsiz kuvars kristalleri yarı özşekilli feldispat kristalleri çevresinde yer alır. Dalgalı sönme gösteren kuvars kristalleri çok miktarda küçük kapantı kristaller içerirler. Yarı özşekilli alkali feldispat kristallerinde pertitleşme izlenir. Kayaçta yer alan diğer bir feldispat minerali plajioklasıdır. Koyu renkli mineral olarak biyotit yer alır. Biotit kristallerinde yaygın olarak kloritleşme izlenir. Zirkon, yüksek röliyepleri ve girişim renkleri ile kolaylıkla tanınabilen küçük kristaller şeklinde az miktarda bulunur. Opak mineraller yarı özşekilli ve özşekilsiz kristaller şeklinde diğer minerallerin çevrelerinde veya kapantı kristaller şeklinde yer alır. Kalsit, feldispat minerallerinin alterasyon ürünü olarak gelişmiştir.

Evciler Plutonu, Kazdağ Masifi ve Çetmi Melanjı içine doğru sokulum yapmış ve bu kesimlerde kıvrımlanmıştır. Plutonda seyrek ve dar makaslama zonları görülmesine karşın, büyük bir bölümü deforme olmamıştır ve çevresindeki metamorfik kayaçların foliasyonlarını ve lineasyonlarını kesen yapılar vardır. Plutonun Çetmi Melanjı ile olan kuzeybatı sınırında kontak metamorfizma gözlenir ve sokulumun kuzeybatıya doğru $\sim 45^\circ$ eğimlendiğini gösteren veriler vardır (Okay ve Satır, 2000).

Bardakçılar Köyü ile Bardakçılar Kaplıcası arasındaki yol yarmasında oldukça ayrılarak granit kumu halini almış yüzlekleri bulunan Evciler Plutonu, Eskiya, Kızılelma, Bardakçılar ve Söğütalanı Köyleri çevresinde mostra verir. Eskiya

Köyü güneyinde Kazdağ Metamorfileri ile dokanağı faylı olan pluton, köyün kuzeyinde Sazak Formasyonu'nu, Zeybekçayırı doğusunda Kazdağ Metamorfileri'ni ve Söğütalanı güneydoğusunda Çetmi Melanji'ni keserek yerleşmiştir (Şekil 2.3). Bu çalışmada incelenen sıcak su kaynaklarından biri olan Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı, Şahinli Formasyonu ve Bilaller Üyesi içine doğru sokulum yapmış Evciler Plutonu'nun granitlerinden çıkmaktadır (Şekil 2.10). Sıcak su kaynağının çıkış yaptığı noktalar fay zonuna karşılık gelmektedir. Kaplıca çevresindeki tüm jeolojik birimler bölgedeki tektonizmadan etkilenmiş olduklarından çeşitli süreksizlikler içerirler. Bardakçılar Köyü güneydoğusundaki ince taneli kumtaşı, çakıltaşı, silttaşı ve kıltaşı litolojilerinden oluşan çökeller, KD'ya doğru yaklaşık 45°'lere varan eğim kazanmıştır.



Şekil 2.10 I - J jeolojik kesiti (Kesit yeri için Şekil 2.3'e bakınız)

Bölgedeki granitoidlerde ve volkanik kayalarda yapılan radyometrik yaş tayinleri (Ataman, 1974; Bingöl, Delaloye, ve Ataman, 1982; Fytikas ve diğer., 1984; Birkle ve Satır, 1995; Birkle, 1992; Yılmaz ve diğer., 2001; Ercan, 1979; Ercan ve diğer., 1998) Oligo - Miyosen aralığını vermektedir (Bozcu ve Çalık, 2006).

2.1.11 Hallaçlar Volkaniti

Bir bölümü ayrırmış andezit, bazaltik - andezitik lav ve piroklastiklerden oluşan kayalar Hallaçlar Volkaniti olarak verilmiştir (Dönmez ve diğer., 2005). Bu volkanitler, Ercan ve diğer. (1995)'nde verilen Çan ve Kırızlı Volkanitleri'nin ve

Krushensky (1976)'de verilen Hallaçlar Formasyonu'nun eşdeğeridir (Duru ve diğer., 2007). Bu volkanitlerin bir çok mostrası aşırı alterasyona uğramış olup arazide beyaz, sarı, kahverengi ve kırmızı renklerde bulunur (Duru ve diğer., 2007). Tüf ve lavların çoğu alterasyona uğramış, büyük bir bölümü de silisleşmiştir. Tüflerin bazı kesimlerinde hidrotermal kuvars damarları bulunur. Lavların büyük bir kısmı silisleşmiş, arjilitleşmiş, yer yer de piritleşmiştir. Hamur genellikle bozuşmuştur ve koyu siyah renklidir. Ayrışmamış olan lavlar çoğunlukla koyu renklerde olup, kayada kahverengi plajiyoklas, gri - siyah biyotit ve koyu gri piroksen fenokristalleri gözlenir (Ercan ve diğer., 1995).

Birimden alınmış örnekler mikroskopta andezit olarak tanımlanmıştır (Duru ve diğer., 2007). Hipokristalen porfirik dokulu kayalarda plajiyoklas, biyotit, klinopiroksen, alkali feldispat, apatit ve opak mineraller başlıca fenokristalleri oluşturur. İkincil mineral olarak kalsit, klorit ve serpantin (?) gözlenir. Plajiyoklaslar özşekillidir ve oligoklaz - andezin türündedir. Biyotitler özşekilli - yarı özşekillidir. Klinopiroksenler kenarlarından itibaren bozunmuştur. Biyotitlerde opaklaşma ve kloritleşme, klinopiroksenlerde karbonatlaşma, kloritleşme ve az miktarda serpantinleşme gözlenir. Hamur devitrifiye volkan camı ve mineral mikrolitlerinden oluşur.

Bölgedeki tüm metalik maden yatakları genellikle bu Oligosen volkanizması ile ilişkilidir. Bu volkanitlerde alterasyon son derece yoğun olup alterasyonun geliştiği yerlerde silisleşmiş zonlar içinde Au, Ag, Pb, Cu, As, Mo ve Hg yataklanmaları oluşmuş ve uzun süredir işletilmektedir. Ayrıca tüflerin ayrışması ile de zengin kaolen yatakları oluşmuştur (Ercan ve diğer., 1995). Çalışma alanında Hallaçlar Volkaniti, Ezine Volkaniti tarafından örtülmektedir.

Birimin yaşı, Krushensky (1976)'ye göre 23.6 milyon yıl ve Duru ve diğer. (2007)'ne göre 26.5 ± 1.1 milyon yıl olarak saptanmıştır. Volkanizma Geç Oligosen'de etkin olmaya başlamış ve Erken Miyosen'e kadar devam etmiştir (Duru ve diğer., 2007). Çalışma alanında bu volkanitler Söğütalanı Köyü doğusunda, tamamen altere kesimleri Halılağa Köyü ve batısında gözlenmektedir (Şekil 2.3).

2.1.12 Ezine Volkaniti

Ezine Volkaniti, gri, yeşil ve siyahımsı renkli, K - feldispatlı andezit, trakiandezitik lav ve piroklastiklerden oluşur (Dönmez ve diğer., 2005). Kayaçlar mikroskopta andezit, latit ve trakit olarak tanımlanmıştır ve başlıca fenokristalleri, plajiyoklas, alkali feldispat, biyotit, klinopiroksen, kuvars, apatit, zirkon ve opak minerallerden oluşur. İkincil mineral olarak kalsit, klorit, serisit ve kuvars yaygın olarak gözlenir. Hamur, kayaç içinde yeralan mineral mikrolitleri ve ikincil minerallerden oluşur. Kayaçta genel olarak karbonatlaşma, serisitleşme ve kloritleşme yaygındır. Plajiyoklaslarda bol miktarda karbonatlaşma, serisitleşme ve kloritleşme, alkali feldispatlarda serisitleşme gözlenir. Ayrıca biyotitlerde bol miktarda kloritleşme ve opaklaşma vardır. Bozunma sonucu klorit, kuvars ve kalsit oluşumları gözlenir (Duru ve diğer., 2007).

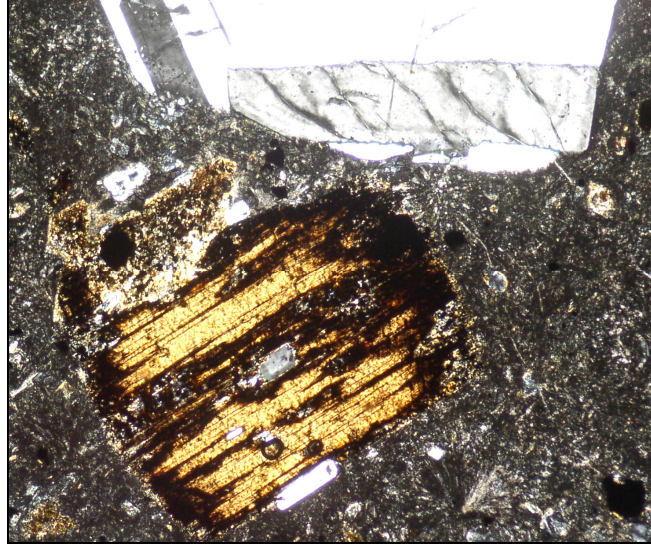
Bu çalışmada Etili - Tepeköy - Uzunalan arasındaki bölgede Ezine Volkaniti'nin gözlendiği kesimlerden alınan kayaç örnekleri mikroskopta petrografik olarak bazalt (T3), dasit (T4), riolitik tuf (T6) ve andezit (T8, T10) şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 2.7).

-T3 nolu bazalt örneği trakitik dokulu olup plajiyoklas, klinopiroksen, amfibol, biyotit ve opak minerallerden oluşur. Kesit alanında en yaygın mineral olarak bulunan plajiyoklas minerali öz şekilli ve yarıözşekilli kristaller şeklinde ve ince dokulu hamur içinde mikrolitler halindedir. Hamur, mikrolit kristallerinin yönlenmesi ile trakitik doku özelliğindedir. Alterasyon nedeniyle klinopiroksen fenokristallerinin yer yer tanınmaları zordur.

-T4 nolu dasit örneği porfirik dokulu olup plajiyoklas, kuvars, biyotit, amfibol ve opak minerallerden oluşmaktadır. Kesit alanının en yaygın minerali olan plajiyoklaslar fenokristaller şeklinde ve hamurda küçük kristaller halinde yer alır (Şekil 2.11).

-T6 nolu riolitik tuf örneği kuvars, altere olmuş koyu renkli mineraller ve opak minerallerden oluşur. Özşekilsiz kuvars kristalleri kenarları yenmiş kristaller

şeklinde çok ince bir hamur içinde yer alır. Koyu renkli mineraller tanınmayacak kadar altere olmuş, yer yer opasitleşmiştir. Opak mineraller küçük kristaller halinde hamur içinde dağınık bir şekilde bulunurlar.

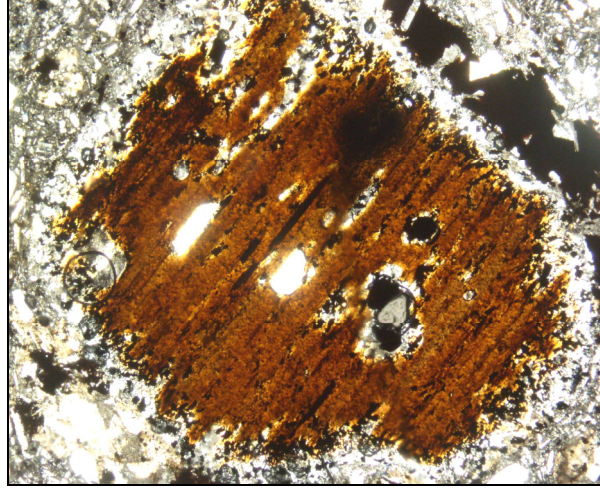


Şekil 2.11 Dilinim izleri ve kristal kenarları boyunca opasitleşmiş biyotit fenokristali ve plajioklas fenokristalleri (çift nikol, x 4)

-T8 nolu andezit örneği porfirik dokulu olup plajioklas, klinopiroksen, amfibol, alkali feldispat, biyotit ve opak minerallerden oluşmuştur.

-T10 nolu andezit örneği plajioklas, alkali feldispat, biyotit, kuvars, opak mineral ve kalsitten oluşur. Kesitin ana mineralini oluşturan plajioklas kristalleri özşekilli veya yarıözşekilli fenokristaller ve hamurda mikrolit kristalleri şeklinde gözlenir. Kesit alanı içinde izlenen alkali feldispat, mikrofenokristaller şeklinde oldukça az miktardadır. Koyu renkli mineral olarak biyotit yer alır. Kahve renkli, güçlü pleokroizma gösteren biyotit kristalleri dilinim izleri ve kristal kenarları boyunca Fe-oksit minerallerine dönüşerek opasitleşme gösterirler. Kuvars, kesit alanı içinde özşekilsiz kristaller şeklinde hamurda ve feldispatların alterasyon ürünü olarak bulunur. Opak mineraller gerek hamurda gerekse diğer fenokristallere eşlik eden fenokristaller halinde bulunurlar. Yer yer özellikle biyotit kristallerinde ve feldispat kristallerinde kapantı kristaller şeklinde de yer alırlar. Kalsit, feldispatların alterasyon

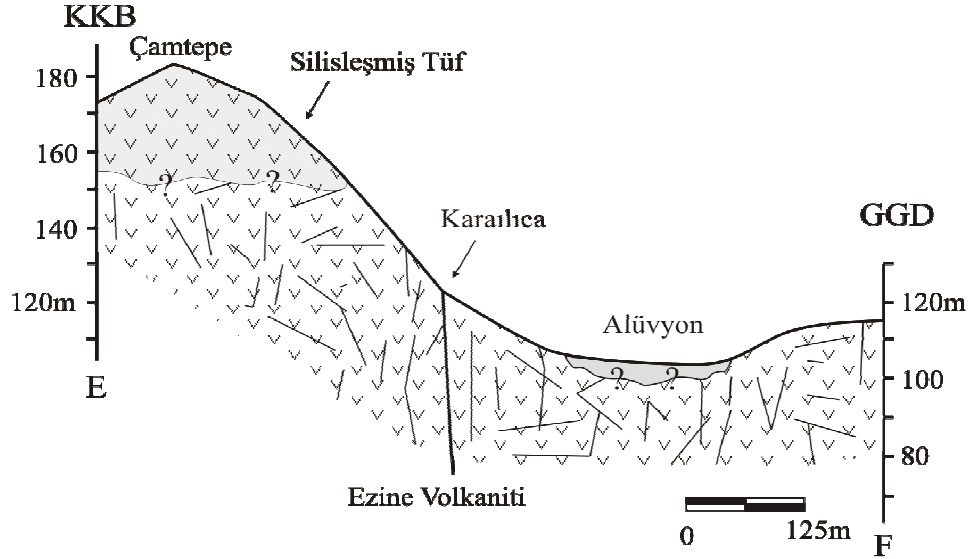
ürünü olarak ve hamurda ikincil olarak bulunurlar. Hamurda yer yer izlenen gaz boşlukları silisli çözeltiler ve opak mineraller tarafından doldurulmuştur (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Dilinim izleri boyunca opasitleşme gösteren biyotit fenokristali (çift optik eksen, x 10)

Bu volkanitlere ait tüfler Karalıda Kaplıcası çevresinde silisleşmiştir ve kaplıcanın hemen kuzeyindeki Çamtepe’de silisleşmiş volkanik kayalar “sileks ocağı” olarak işletilmektedir (Şekil 2.13).

Karalıda Kaplıcası’nın 100m güneybatısında, Karalıda’dan geçen aynı fay zone üzerinde MTA tarafından 2003 yılında açılmış 450m derinlikli Çan - Etili - 1 sıcak su sondajından Karalıda’ya göre 12°C daha fazla sıcaklığa sahip (59.4°C) sıcak ve mineralli su elde edilmiştir. Bu sondajda Kahraman ve diğer., (2004)’e göre 0 - 2 m toprak örtü, 2 - 100 m altere andezit, 100 - 125 m sileks, 125 - 385 m bol piritli andezit, tüf, 385 - 410 m sileks, 410 - 450 m ignimbirit - tüf litolojileri kesilmiştir (MTA, 2005).



Şekil 2.13 Karalıca Kaplıcası çevresinin jeolojik kesiti (kesit yeri için Şekil 2.3'e bakınız)

Ezine Volkaniti çalışma alanında Uzunalan, Tepeköy ve Keçiagılı Köyleri çevresinde gözlenir (Şekil 2.3). Birim, Hallaçlar Volkaniti üzerinde ya da Tersiyer öncesi temel kayalar üzerinde bulunur ve Küçükkuşu Formasyonu ile ara düzeyli bir yapısı vardır. Birimin ilişkili olduğu Küçükkuşu Formasyonu dikkate alındığında formasyona Erken Miyosen yaşı verilmiştir (Duru ve diğer., 2007).

2.1.13 Küçükkuşu Formasyonu

Küçükkuşu Formasyonu (Saka, 1979), Çan Formasyonu gibi volkanizma ile eşyaşlı fakat litolojik olarak farklı şekilde gelişmiş gölsel türbidit çökelleri ile temsil edilir. Edremit Körfezi çevresinde tipik olarak gözlenen bu tortullar Hallaçlar Volkaniti üzerinde temel bir çakıltaşı seviyesi ile başlar. Bunun üzerine koyu renkli bitümlü şeyl, tüf ve kumtaşları gelir. Çökeller içinde Bouma dizilimine ait sedimanter yapıların yaygın olduğu Küçükkuşu Formasyonu, gölsel bir çökeltme alanında türbidit akıntılarına bağlı olarak gelişmiştir (Duru ve diğer., 2007). İnci (1984)'ye göre formasyonun yaşı Erken Miyosen olarak verilmiştir (Siyako ve diğer., 1989). Küçükkuşu Formasyonu, çalışma alanında Zeybekçayırı Köyü ile Kızılelma Köyü arasında küçük bir alanda gözlenir. Bu bölgede formasyon, Şahinli

Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelmiştir ve hem Evciler Plutonu hem de Çetmi Melanjı ile arasındaki dokanak faylıdır (Şekil 2.3).

2.1.14 Çan Formasyonu

Çan ve Etili çevresinde gözlenen bitümlü şeyl, silttaşı, kumtaşı, tuf ve kömür seviyeleri içeren karasal istifeye Siyako ve diğer. (1989) Çan Formasyonu adını vermişlerdir. 250m kalınlığa sahip bu formasyon, Miyosen'in andezitik volkanitleri üzerinde bulunur ve Biga Yarımadası'nın iç kesimlerinde Erken - Orta Miyosen'deki volkanizma ile eş zamanlı olarak çökelmiştir. Çan Formasyonu'nun benzeri olan ancak yayılımı ve kalınlığı çok olmayan birçok kırıntılı seviye Miyosen volkanitleri arasında yer alır. Bu seviyeler faylarla sınırlanmış birbirinden izole ufak görsel havza tortullarını temsil eder ve bu tortullar ekonomik miktarda kömürlü seviyeler içerir (Siyako ve diğer., 1989). Çan ilçe merkezinde bulunan Türkiye Kömür İşletmeleri'ne ait Linyit Ocağı bu tortullardaki kömürlü seviyelerde çalışmaktadır. Çan Havzası'ndaki kömür rezervi Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu [TKİ] (2002) raporunda 74Mt olarak belirtilmiştir (Gürdal, 2007). Gürdal (2007)'a göre bu kömürlerdeki kükürt içeriği nispeten yüksektir ve bölgedeki volkanik aktivite ve turba depolanma ortamı bunun muhtemel sebebidir. Literatürde kömürdeki yüksek kükürt içeriği farklı olgularla açıklanmaktadır. Bunlardan ilki (Stach ve diğer., 1982), yüksek su tabakasının olduğu, yüksek pH ve düşük Eh koşullarını yansıtan turba depolanma ortamı ve şartlarıdır, ikincisi (Cohen, Spackman ve Deben, 1984; Given ve Miller, 1985) ise turbanın çökeltim ortamına yakın olan deniz suyu nedeniyle deniz suyundaki sülfat iyonlarının turbanın kükürt içeriğinin artmasına kaynak oluşturmasıdır. Ayrıca, kükürt yüksekliğinin, volkanik kaynaklı olabileceği Whateley ve Tuncalı (1995) tarafından belirtilmiştir (Gürdal, 2007).

Çan Formasyonu çalışma alanında, Küçükpaşa Köyü'nde Ezine Volkaniti üzerinde ve Çan'ın batısında Şahinli Formasyonu üzerinde bulunmaktadır (Şekil 2.3). Bu Formasyonu, Bayramiç Formasyonu ve Alüvyon örter. Bu çalışmada Alibeyçiftliği Köyü güneyindeki Çan Formasyonu yüzleklerinden alınan kayaç

örneği (T11) mikroskoptaki petrografik incelemesine göre, kumtaşı olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.7).

Çan Formasyonu'ndaki kömür seviyelerinden alınan örneklerle göre (Ediger, 1988) formasyonun yaşı Erken - Orta Miyosen olarak belirlenmiştir (Siyako ve diğer., 1989).

2.1.15 Işıklı Riyoleti

Işıklı Riyoleti (Dönmez ve diğer., 2005), beyazımsı - gri renkli, riyoletik tüf, ignimbirit, perlit türü piroklastikler ve lavlardan oluşur. Birim, Ercan ve diğer. (1985) tarafından tanımlanan Oligosen Volkanitleri'nin ve Siyako ve diğer. (1989) tarafından tanımlanan Doyran Volkanitleri'nin bir kısmına karşılık gelir. Asidik piroklastiklerin hakim olduğu kayalarda, kuvars, plajiyoklas, alkali feldispat, biyotit, $\pm$ rutil, $\pm$ zirkon ve opak mineraller başlıca fenokristallerdir. İkincil olarak, palagonit (?), zeolit grubu (?), klorit ve serisit mineralleri gözlenir. Feldispatlarda killeşme ve serisitleşme, biyotitlerde opasitleşme vardır. Hamur, devitrifiye (killeşmiş) volkan camı ve ikincil zeolit grubu (?) minerallerden oluşmuştur (Dönmez ve diğer., 2008). Birim, Çan Formasyonu'na ait Orta Miyosen yaşlı gölssel çökeller ile ara düzeyli olarak gözlenir. Eosen ve Oligosen kayaları üzerinde uyumsuz olarak bulunan volkanitler, özellikle Çan civarındaki kömür içerikli gölssel havzaların dolarak kurumasına sebep olmuşlardır. Işıklı Riyoleti, çalışma alanında Kalburcu, Büyüktepe, Durali ve Bahadırlı Köyleri çevresinde yayılım gösterir ve Şahinli Formasyonu üzerinde bulunur (Dönmez ve diğer., 2008). Çan'ın Çanakkale karayolu girişinde batı kesiminde gözlenen Işıklı Riyoleti'ne ait tüfler açık bej renklidir. Bu kayalar boşluklu yapıda olup, bazalt ve andezite göre nispeten daha az yoğunluğa sahiptir. Bu kayaların Tepeköy'e doğru rengi koyulaşır ve dayanımlılığı artar (Şekil 2.3).

Gölssel çökellerle olan ilişkisinden bu birimin Orta Miyosen yaşlı olduğu belirtilmiştir (Dönmez ve diğer., 2008).

2.1.16 Bayramiç Formasyonu

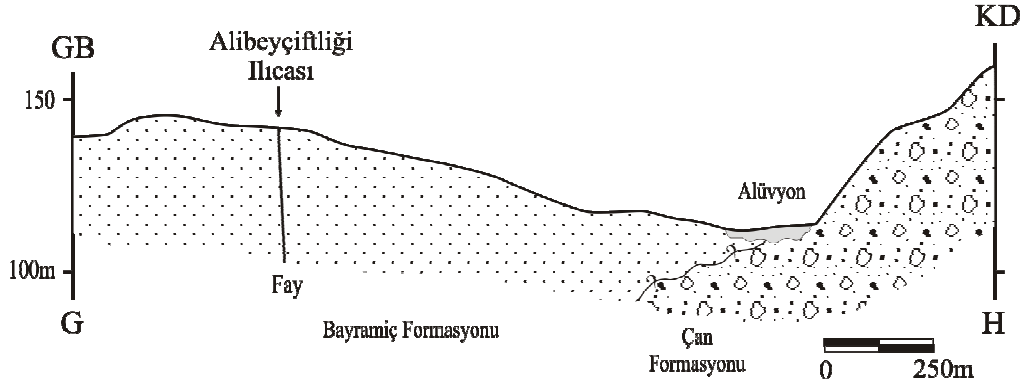
Biga Yarımadası'nda Pliyo - Kuvaterner döneminde çökelmiş çakıltası, kumtaşı ve şeylden oluşan fluvial çökeller ve gölsel karbonatlar Siyako ve diğer. (1989) tarafından Bayramiç Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon, kızıl - kahverengi çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşları'ndan oluşan alüvyon yelpazesi ile örgülü ve menderesli akarsu çökellerinden oluşur. Çakıltaları ve kumtaşları masif ya da kabaca katmanlı, düzlemsel paralel katmanlı ve tekne türü çapraz katmanlı, çamurtaşları, genelde masif ya da kabaca paralel katmanlıdır. Formasyon içinde çeşitli tortul yapılar gözlenir (Şekil 2.14). Bayramiç Formasyonu'nda erozyonel taban yüzeyli çakıltaları ile başlayıp, kumtaşlarına ve çamurtaşlarına geçen yukarı doğru incelen istifler bulunur (Duru ve diğer., 2007). Genellikle kendinden yaşı birimlerle uyumsuz olan bu formasyonun kalınlığı, karada 200 - 300 m iken Edremit Körfezi'nde 1500 m civarındadır (Siyako ve diğer., 1989).



Şekil 2.14 Bayramiç Formasyonu'ndaki tortul yapılar (UTM koordinat: 488890/4425627)

Bayramiç Formasyonu, çalışma alanında Etili ve çevresinde gözlenir. Etili - Hacıkasım Köyü arasında K10D/45GD (Koordinat: 488890/4425627) konumlu tabakalar formasyon içindeki faylar nedeniyle GD'ya doğru oldukça eğim kazanmıştır. Alibeyçiftliği Köyü'nün güneybatısında bulunan Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı, Bayramiç Formasyonu içindeki bir kırık zonundan çıkmaktadır. Bu

formasyonun altında Ezine Volkaniti bulunmaktadır (Şekil 2.15). Alibeyçiftliği Köyü'nün güneybatısında K80B/65GB konumlu bir fay, volkanitler ile tortulların arasında yer alır. Fay yüzeyi boyunca arjilik alterasyon gözlenir.



Şekil 2.15 Alibeyçiftliği çevresinin jeolojik kesiti (kesit yeri için Şekil 2.3'e bakınız)

2.1.17 Alüvyon

Çalışma alanında, Kocaçay deresi ve kollarının çevresinde gözlenen Kuvaterner yaşlı pekleşmemiş güncel istif, çakıl, kum, kil, silt ve blok boyutundaki litolojilerden oluşur. Tüm jeolojik birimleri uyumsuzlukla örter. Genellikle akarsu yatakları ve yakın çevresinde gözlenir. Çan, Karakoca, Durali ve Büyükpaşa arasında yaygındır. Karakoca Köyü'nün 500 m kuzeybatısında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından 2005 yılında alüvyonda açılmış sulama suyu sondajında, nebati toprak (0-2 m), alüvyon (2-22 m) ve Şahinli Formasyonu'na ait dasitik tüf (22-100 m) litolojileri geçilmiştir.

Çan İlçesi'ndeki kaplıcaya su sağlayan sıcak su sondajları alüvyonda açılmış olup geçilen litolojiler şöyledir (Öktü, Uzel ve Şaroğlu, 1991):

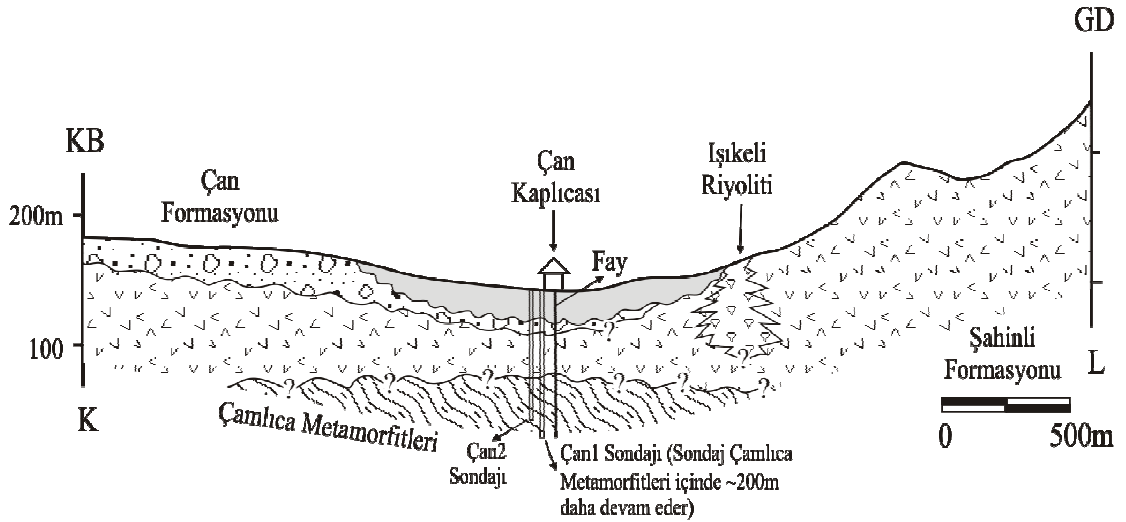
Çan 1 Sondajı;

- 0 - 22 m, Alüvyon,
- 22 - 35 m, Çan Formasyonu,
- 35 - 88 m, Şahinli Formasyonu,
- 88 - 300 m, Çamlıca Metamorfikleri,

Çan 2 Sondajı;

- 0 - 25 m, Alüvyon,
- 25 - 30 m, Çan Formasyonu,
- 30 - 73 m, Şahinli Formasyonu,
- 73 - 100 m, Çamlıca Metamorfikleri,

Çan Kaplıcası'nın yakın çevresinde açılmış Çan 1 ve Çan 2 sondajlarının verilerinden yararlanılarak çizilen Çan Jeotermal Alanı'ndaki birimlerin jeolojik durumunu gösteren K-L kesiti Şekil 2.16'da verilmiştir. Kesit hattında alüvyon ve Çan Formasyonu'nun kalınlıkları oldukça azdır. Daha altta bulunan Şahinli Formasyonu'na ait litolojiler riyolet, altere riyolet, andezit ve aglomeradan oluşur. Bu kayaların altında 88 m'den sonra Çamlıca Metamorfikleri'ne ait kayalar yer alır. Sondaj verilerine göre volkaniklerdeki ayrışma zonları ve litolojiler çok kısa mesafelerde değişmekte olup farklı seviyelerde ezik zonlar bulunmaktadır.



Şekil 2.16 Çan Jeotermal Alanı'nın KB-GD doğrultulu jeolojik kesiti (Kesit yeri için Şekil 2.3'e bakınız)

BÖLÜM ÜÇ

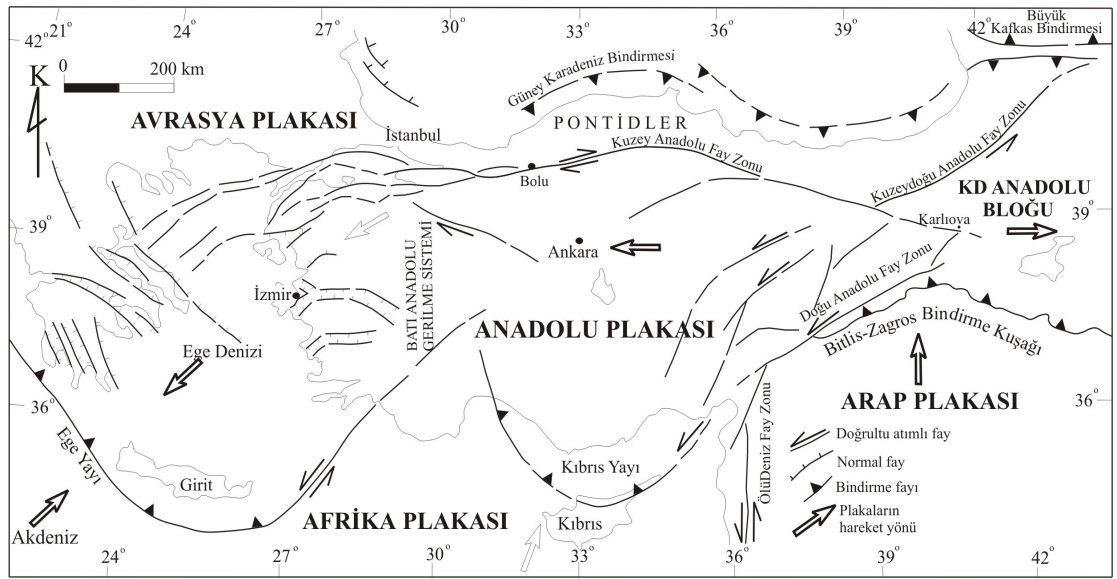
TEKTONİK

Ülkemiz, Alp - Himalaya Tektonik Kuşağı üzerinde, tektonik aktivitenin etkin olduğu bir bölgededir. Anadolu Plakası (Anadolu Bloğu) olarak bilinen (Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981) bu bölgenin hareketini anlamak için Afrika, Avrasya ve Arap Plakaları'nın, Anadolu Plakası ile olan hareketi ve oluşturdukları deformasyonlar birlikte düşünülmelidir. Anadolu'nun içinde bulunduğu bu kuşakta, Afrika - Arap Plakaları kuzeye doğru hareket etmekte ve Avrasya Plakası ile çarpışmaktadır. Bu çarpışma geniş bir deformasyon zonu oluşturmuştur. Bu karmaşık deformasyonun Doğu Akdeniz bölümünde, Anadolu Plakası saatin tersi yönde dönme hareketi ile güneybatıya Ege Yayı'na doğru hareket etmekte (Şengör, 1979) ya da çekilmektedir (Mercier, Sorel ve Vergely, 1989), (Şekil 3.1).

Bölgede, Orta Miyosen'de Bitlis - Zagros Bindirme Kuşağı boyunca Anadolu ve Arap Plakaları çarpışmıştır. Anadolu Plakası'ndaki kalınlaşma bu çarpışma ile başlar (Şengör, 1980). Bu deformasyon sürekli olarak Anadolu Plakası tarafından karşılanamadığından, çarpışma rejimi bu bölgede çarpışma ve açılma tektoniğine dönüşmüştür. Rejim değişikliği, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) olarak bilinen kıta içi transform faylarının (Şekil 3.1) gelişmesine sebep olmuştur. Bu fay zonları ile Anadolu Plakası, Afrika Plakası'nın okyanusal kabuğu üzerinde hareket etmektedir. Ancak Saros Körfezi'nin hemen batısında KAFZ, güneybatı - kuzeydoğu doğrultulu Yunan Makaslama Zonu'na dönüştüğünden, Anadolu Plakası'nın batıya hareketi engellenmektedir. Batı Anadolu bu nedenle doğu - batı yönünde sıkışmakta ve bu sıkışma kuzey - güney yönlü açılma ile karşılanmaktadır (Şengör, 1980; Bozkurt, 2001).

Şekil 3.1'de KAFZ ile Türkiye'nin güney kıyıları boyunca uzanan Toros Dağları arasındaki bölge, Orta Anadolu ova rejimi Şengör (1980) veya Bozkurt (2001)'un yaptığı derleme çalışmasında geçen "Orta Anadolu Kaması" terimi ile karşılanmaktadır. Batı Anadolu, gerilme sisteminin doğuya doğru kademeli geçen bir bölgesi olarak tanımlanabilir (Şengör, 1980). Bu bölgenin tipik morfolojisi Konya ve

Tuz Gölü gibi büyük havzalar. Yapısal unsurları ise kuzeydoğu - güneybatı ve kuzeybatı - güneydoğu doğrultulu faylardır (Şengör, 1980). Basitçe kuzey - güney gerilme ve doğu - batı sıkışma geometrisi altında gelişmiş ovalar (Şengör, 1980) oblik doğrultu atımlı faylar ile sınırlıdır. Anadolu'nun batı kısmı ise Batı Anadolu gerilme sistemi ile tanımlanan doğu - batı uzanımlı grabenleri içermektedir. McKenzie (1972)'nin derlediği fay çözümlerine göre bölgede yaygın kuzey - güney yönlü bir gerilme mevcuttur ve gerilme nedeniyle sismik açıdan Dünya'daki en aktif bölgelerden birisidir (Bozkurt, 2001).



Şekil 3.1 Doğu Akdeniz Bölgesi'nin tektonik haritası (Yiğitbaş, Elmas, Sefunc ve Ozer, 2004'den değiştirilmiştir)

Yoğun tektonik aktivite, beraberinde birçok jeotermal su kaynağının oluşmasını sağlamıştır. Jeotermal kaynakların sıcaklıkları bulunduğu bölgeye göre çeşitlilik gösterir. Bu kaynakların özelliklerinin belirlenmesine yönelik ilk çalışmalar 1960'lı yıllarda MTA tarafından başlatılan envanter çalışmalarıdır. Bu çalışmalarda kaynakların rezervuar sıcaklıklarının çok farklı değerler gösterdiği bulunmuştur (Akkuş, 2002). Yapılan hesaplamalara göre, Ege Bölgesi'nde maksimum rezervuar sıcaklığı 251°C, Doğu Anadolu'da 136°C, Orta Anadolu'da 125°C, ve Kuzey Anadolu'da 110°C'dir (Mutlu ve Güleç, 1998). Bu farklılık, Türkiye'nin genel tektonik çerçevesi içinde incelenirse, en yüksek sıcaklığa sahip alanların Batı Anadolu Gerilme Sistemi içinde geliştiği görülür. Buna karşılık Orta Anadolu'nun

doğusundan batısına sıkışma rejiminin genişlemeye kademeli geçişi ve kalın tortul istifin kabuk kalınlığını arttırması (Görür, Tüysüz ve Şengör, 1998), buna ilaveten Doğu Anadolu’da sıkışma rejimi (Şengör, 1980) ile başlayan Batı ve Orta Anadolu’ya göre nispeten daha kalın olan kabuktan dolayı (Aydın, Karlı, Şen, Sadıklar, ve Uysal, 2005) düşük sıcaklıklı jeotermal alanlar gelişmiştir (Akkuş, 2002). KAFZ’nda bulunan düşük sıcaklıklı alanlar ise Mutlu ve Güleç (1998)’e göre, olasılıklı olarak çek - ayır havzaları ile ilgili yerel magmatik aktiviteden kaynaklanmaktadır. Batı Anadolu’daki jeotermal sistemlerin rezervuar sıcaklıkları elektrik enerjisine dönüştürülebilecek niteliktedir. Diğer bölgelerde ise daha çok doğrudan kullanıma yönelik sahaların varlığı keşfedilmiştir (Akkuş, 2002).

Biga Yarımadası’ndaki yaygın jeotermal aktivitenin sebeplerini anlamak için bölgenin tektoniği aşağıda kısaca verilmiştir.

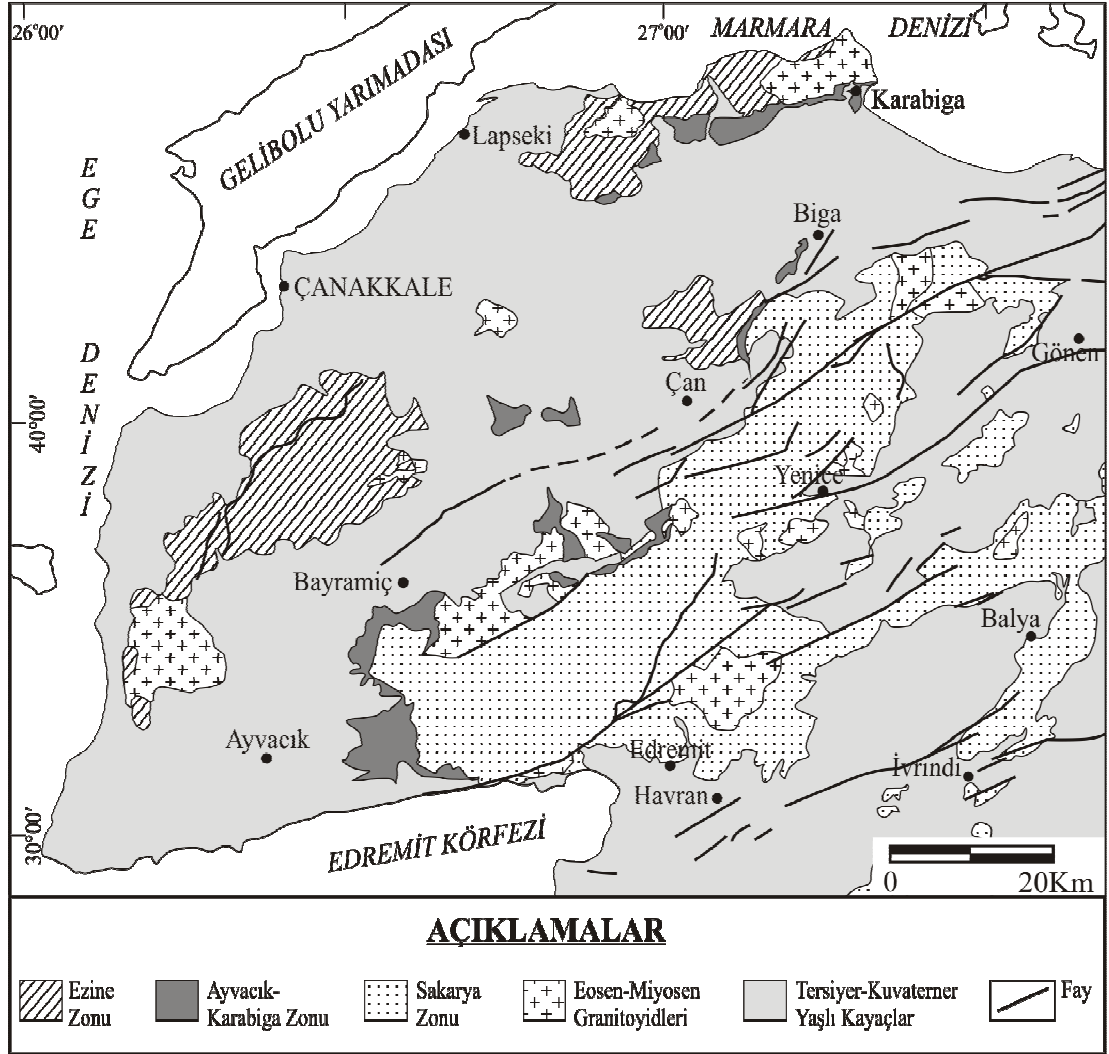
3.1 Biga Yarımadası’nın Tektoniği

3.1.1 Tektonik Kuşaklar

Biga Yarımadası, Yunanistan’daki Rodop ve Serbo - Makedonya Masifleri ile Trakya Tersiyer Havzası’nın güneyinde yer alır ve KD - GB doğrultusunda üç büyük tektonik kuşaktan oluşur (Şekil 3.2). Bunlar Ezine, Ayvacık - Karabiga ve Sakarya Zonları’dır (Okay ve diğer., 1990).

3.1.1.1 Ezine Zonu

Ezine Zonu’nun büyük bölümü kıtasal kökenli kayalardan oluşur ve kendi içinde KD - GB yönünde uzanan farklı birimleri kapsar. Bu birimler Karadağ Birimi, Çamlıca Metamorfikleri ve bu iki birim üzerinde tektonik bir dokanakla bulunan Denizgören Ofiyoliti’dir. Bu zon Sakarya Zonu’ndan tektonik olarak Çetmi Melanji ile ayrılır (Okay ve diğer., 1990; Duru ve diğer., 2007). Ezine Zonu, Karabiga - Lapseki arasında, Çan’ın kuzeyinde ve Ezine çevresinde gözlenir.



Şekil 3.2 Biga Yarımadası'ndaki önemli tektonik zonlar ve ana kaya grupları (Duru ve diğer., 2007)

3.1.1.2 Ayvacık - Karabiga Zonu

Ayvacık - Karabiga Zonu Geç Kretase - Paleosen yaşlı ofiyolitik bir melanjdan oluşur. Çetmi Melanjı adı verilen bu kayaç topluluğu, konum olarak Ezine Zonu ile Sakarya Zonu arasında yer alır. Küçükkuyu - Bayramiç arasında Kazdağ Metamorfikleri ile Çetmi Melanjı arasında 2 Km kalınlıkta Alakeçi Milonit Zonu bulunur. Diğer kesimlerde bu melanj Kazdağ Metamorfikleri üzerinde eğim atımlı normal faylı bir dokanakla yer alır (Okay ve diğer., 1990). Bu zona ait kayaçlar Ayvacık doğusunda, Bayramiç güneyinde, Çan batısında, Biga güneyinde ve Karabiga batısında gözlenir.

3.1.1.3 Sakarya Zonu

Sakarya Zonu'nda gözlenen kayaç toplulukları, karmaşık bir şekilde deformasyon geçirmiş ve metamorfizmadan etkilenmiş Jurasik öncesi temel kayaçlar ve deformasyondan çok daha az etkilenmiş, hiç metamorfizma gözlenmeyen bir Jurasik - Tersiyer örtü şeklinde ayrılabilir. Bu şekilde ele alındığında Biga Yarımadası'nın doğu kesiminde Sakarya Zonu'nun Jurasik öncesi temeli Kazdağ Metamorfitleri'nden, bu metamorfitleri tektonik olarak üzerleyen Karakaya öncesi birimlerden, Karakaya Kompleksi birimlerinden ve bunları uyumsuzlukla örten Triyas sonrası çökellerden oluşur (Okay ve diğer., 1990; Duru ve diğer., 2007).

Bölgesel ölçekte düşünüldüğünde Biga Yarımadası'nın merkezi kısmında Karakaya Kompleksi'nin melanj türü bir yapısı vardır. Bu durum Karakaya Kompleksi birimlerinin birbirilerine göre ilksel konumlarını anlamayı güçleştirir. Ancak Kazdağ Metamorfitleri ve Sazak Formasyonu'nun yapısal olarak istifin en altında olduğu söylenebilir (Okay ve diğer., 1990).

3.1.2 Fayların Genel Özellikleri ve Tektonik Evrim

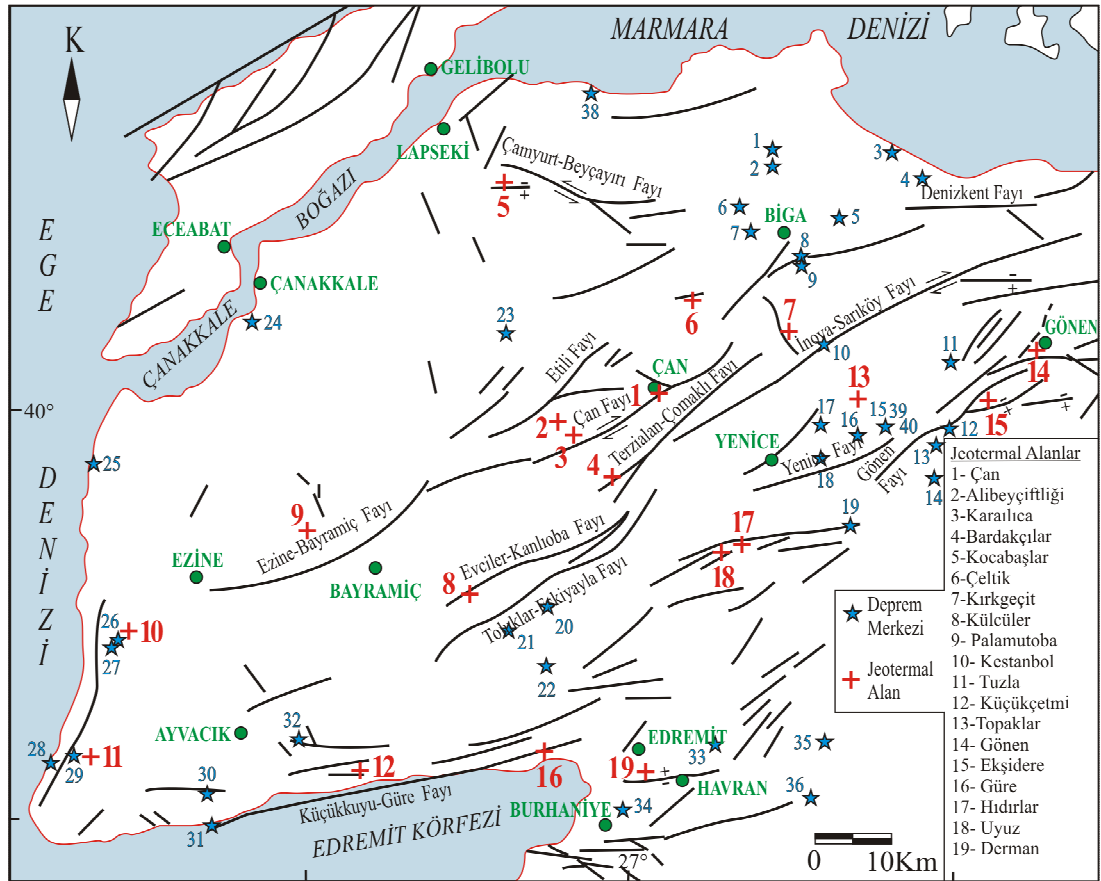
Biga Yarımadası'ndaki yapılar birbirini takip eden üç tektonik dönemde meydana gelmişlerdir. Bunlar; Triyas Karakaya Orojenezi, Tersiyer Alpin Orojenezi ve Geç Tersiyer Doğrultu Atımlı Faylanma'dır. Ezine Zonu'nda Karakaya Orojenezi yapıları düşük - orta eğimli, devamlılığı yüksek ve içsel bütünlüğü olan napları birbirinden ayıran bindirmelerdir. Karakaya Kompleksi birimlerinde ise bu orojeneze özgü yapılar genellikle dik eğimli fayların sınırladığı, birimlerin stratigrafik düzenini oldukça bozan yaygın makaslama zonu yapılarıyla temsil edilir. Bu tip kilometrelerce büyüklükte megabloklardan oluşan yapılara güzel örnekler Çan'ın güneydoğusunda yer alır. Bu megablokların içyapısı oldukça karmaşık olup çok sayıda makaslama zonu içermektedir ve etrafını yerel serpantin dilimleri sarar. Karakaya Kompleksi birimlerinden en az deformasyon geçirmiş olanı Çal Formasyonu'dur ve yapısal istifin en üstünde yer alır. Karakaya Kompleksi yapıları iki temel deformasyon evresinde ele alındığında ilk evrede farklı birimlerin üst üste

gelmesi, bunlardan derine gömülenlerin metamorfizma geçirmesi ve kıvrımlanması, ikinci evrede yapısal istifin muhtemelen doğrultu atımlı faylanma ile dik eğimli, çatallanan makaslama zonları ile kesilerek parçalanması şeklinde verilebilir (Okay ve diğer., 1990).

Erken Tersiyer Alpin Yapılar'ın Biga Yarımadası'ndaki en önemli unsuru ofiyolitik melanaj birimlerinin kıtasal kökenli kayalar üzerine yerleşmesidir. Bu iki farklı kökenli kayaç topluluğu arasındaki fayların büyük bir bölümü Neojen yaşlı kayalar tarafından örtülmüş veya Geç Tersiyer dik eğimli faylanması ile yeniden canlanmıştır. Erken Tersiyer bindirmelerine korunmuş bir örnek olarak Alakeçi Milonit Zonu verilebilir. Sakarya Zonu'nda Erken Tersiyer Alpin Yapıları düşük eğimlerle kıvrımlanmışlardır (Okay ve diğer., 1990).

Şengör (1979)'e göre Oligosen sonunda Trakya, Biga ve Gelibolu Yarımada'larının olduğu bölge yükselerek aşınmış ve Erken - Orta Miyosen'de yoğun bir kalkalkalen volkanizma ile yeni bir tektonik rejim başlamıştır. Geç Tersiyer'deki Doğrultu Atımlı Faylanma'nın başlangıcı Erken Miyosen'e karşılık gelir. Bu evre Kuzey Anadolu Fayı'nın etkinlik kazanması ile karakterize edilir. Biga Yarımadası'ndaki birçok KD - GB gidişli fay büyük olasılıkla Miyosen başlarında oluşmuş ve faaliyetini günümüze kadar sürdürmüştür. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Biga Yarımadası içlerine doğru devam eden kollarının önemlilerinden biri İnova - Sarıköy Fayı'dır. Bu fayda Triyas yaşlı detritiklerde 8 Km kadar sağ yanal atım saptanmıştır. Bu kadar belirgin olmamakla birlikte Çan Fayı'nda Çan Formasyonu 1.5 Km kadar, Biga Fayı'nda Miyosen volkanitleri 4 Km kadar sağa atılmıştır. Bu faylarda değişik noktalarda morfolojik olarak belirgin düşey atımlar da gözlenmektedir. Miyosen'de Çan ve Kalkın havzaları gibi küçük gölsel havzalar doğrultu atımlı fayların denetiminde şekillenmiştir. Çan Formasyonu ve bu tipteki karasal birimler doğrultu atımlı fayların denetlediği küçük gölsel havzalarda oluşmuştur. Bölgede geniş yayılım sunan volkanitler de bu fay düzlemleri boyunca çıkarak yayılmışlardır. Geç Miyosen ve Pliyosen'de kalk - alkali volkanizma etkisini yitirmiş fakat KAF bölgedeki etkinliğini devam ettirmiştir. Küçükuyu - Bandırma arasında kuzeydoğu - güneybatı gidişli bir zonda yoğunlaşan doğrultu

atımlı faylanma yanal atımları en az 8 Km'yi bulan çok sayıda fayı içerir. Bunlardan Toluklar - Eskiayla Fayı ile Küçükkuşu - Güre Fayı arasındaki alan bir basınç sırtı şeklinde yükselerek Kazdağı yükselimini meydana getirmiştir (Şekil 3.3). Bu dönemde Çanakkale Boğazı çevresinde sığ denizel birimler çökelmiştir. Bu tektonik ve sedimanter rejim büyük ölçüde bugün de devam etmektedir (Siyako ve diğer., 1989).



Şekil 3.3 Biga Yarımadası'ndaki neotektonik dönem fayları, jeotermal alanlar ve 1900-2008 yılları arasında meydana gelmiş ($M_s > 3$) depremler (Siyako ve diğer., 1989; Sarp, Burçak, Yıldırım, ve Yıldırım, 1998'den değiştirilmiştir, deprem lokasyonlarına ait bilgiler Tablo 3.1'de verilmiştir)

Biga Yarımadası'nın güney kesimindeki jeomorfolojiyi kontrol eden ana unsurlar Kazdağı yükselimi ve bununla ilişkili faylardır. Kazdağ Masifi, Miyosen sonrası gelişen sıyrılma ve doğrultu atımlı faylarla, metamorfik bir çekirdek karmaşık olarak dom şeklinde yükselmiş ve bugünkü konumunu kazanmıştır. Kazdağı'nı oluşturan yüksek dereceli metamorfik kayalar kuzeybatı Anadolu'da Karakaya Kompleksi altından bir tektonik pencere olarak yüzeyler. Kazdağ Masifi'nin yapısı, kıvrım

ekseni KD - GB doğrultulu ve her iki yöne dalımlı bir antiklinoryum şeklindedir. Bu metamorfik kayaç topluluğu, çevresinde yüzlek veren Permien - Miyosen yaşlı kayaçlarla tektonik dokanaklar oluşturmakta ve Oligo - Miyosen yaşlı granitler tarafından kesilmektedir (Duru ve diğer., 2004). Kazdağ Masifi'nin geçirdiği yapısal deformasyon nedeniyle 3 ana kıvrım eksenine bulunur. Bunlardan en genç olanı D - B doğrultulu gerilmeden oluşan dom yapısıdır. Bu yapının tavanı Kazdağ Sıyırılma Fayı'dır. Genç tektonik dönem yükselme hareketinden dolayı bugün derin kanyonlar ile parçalanmış şekilde gözlenir. Bu domun sınırları Kazdağ Sıyırılma Fayı ile tanımlanır. Bunun altındaki diğer kıvrım eksenine Geç Kretase Erken Paleosen dönemine ait KD - GB doğrultuludur. Kazdağ'ın merkezi kesimlerinde ortaya çıkan en yaşlı kıvrım yapısı K - G doğrultusundaki kıvrımlardır (Yaltırak ve Okay, 2004).

Biga Yarımadası'ndaki Neotektonik dönem fayları (Siyako ve diğer., 1989), jeotermal alanlar (Siyako ve diğer., 1989; Sarp ve diğer., 1998) ve 1.1.1900 - 31.12.2008 tarihleri arasında 39.5° - 40.5° K enlemleri ile 26.0° - 27.5° D boylamları arasındaki bölgede meydana gelmiş 3'den büyük depremlerin Türkiye ve Çevresi Deprem Kataloğu'ndan (Kalafat ve diğer., 2008) alınan yerleri Şekil 3.3'de verilmiştir. Jeotermal ve deprem aktivitesinin fay zonları ile olan ilişkisini göstermek için hazırlanan bu haritada bölgenin batı kesiminde gerek jeotermal gerekse deprem aktivitesi açısından bir seyreklik göze çarpmakla birlikte Edremit Körfezi ile Gönen arasında kalan hat boyunca haritadaki üç veri türü birbiri ile oldukça örtüşmektedir. Biga Yarımadası'nın orta kesiminde yoğun kırık hatları ve birçok jeotermal kaynağın bulunmasına karşın söz konusu tarihler arasında deprem aktivitesinin düşük olması dikkat çekicidir. Yarımada'nın güneybatı ucundaki fay zonunda gözlenen deprem aktivitesi ile örtüşen jeotermal alanlardan Tuzla Jeotermal Alanı 174°C kuyu dibi sıcaklığı (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü [MTA], 2005) ile Biga Yarımadası'nın en yüksek sıcaklığına sahip alanıdır.

3.2 Çalışma Alanı'nın Tektoniği

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı bölümünde yer aldığından aktif tektonik hatlar ile yakından ilişkilidir. Etili Fayı, Çan Fayı,

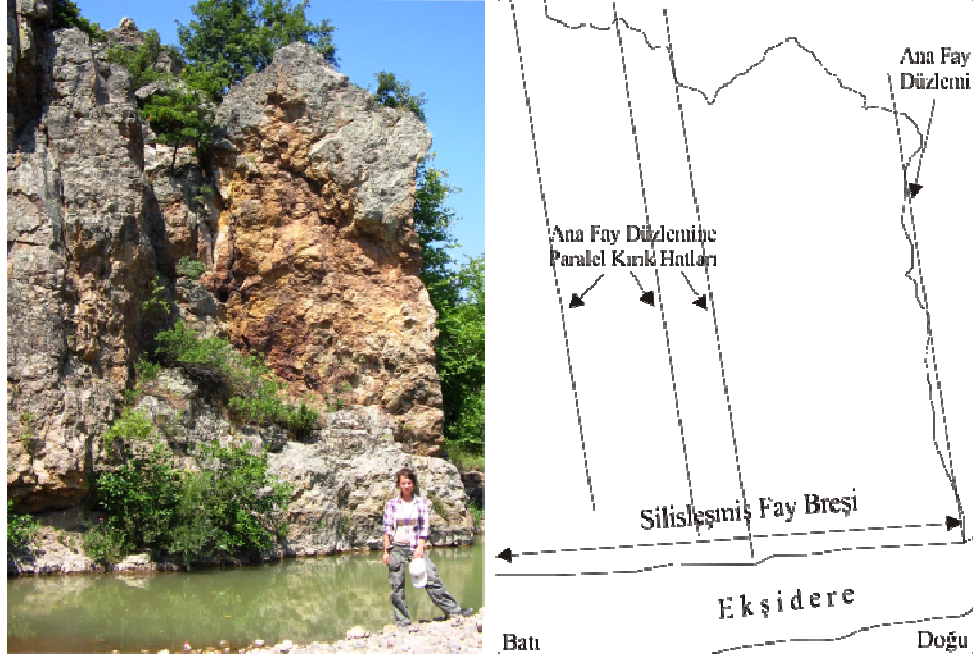
Terzialan - Çomaklı Fayı ve Evciler - Kanlıoba Fayı çalışma alanındaki ana tektonik hatları oluşturur ve bu faylar KD - GB uzanımları ile dikkat çekerler. Bölgedeki sıcak su kaynakları bu tektonik zonlar ile ilişkilidir (Şekil 3.3).

Çan, Karailıca, Alibeyçiftliği ve Bardakçılar sıcak su kaynakları doğrultu atımlı faylara bağlı açılma çatlaklarından çıkmaktadır. Çan civarında sağ yönlü doğrultu atımlı fayların etkili olduğu tektonik bir sistem vardır. Çan Fayı olarak verilen bu fay hattı söz konusu alanda Kocaçay'ın dere yatağını takip eder. Mallıdere Köyü ile Çan ilçe merkezi arasında ise sol yönlü doğrultu atımlı bir fay vardır (Sarp ve diğer., 1998). Bu çalışmada, Çan çevresinde arazi çalışmaları yapılırken bölgedeki tektonik aktivitenin yoğunluğunun fazla olmasından dolayı kayaçlarda birçok çatlak ve süreksizlik düzlemleri gözlenmiştir. Arazi gözlemlerine göre bölgedeki faylar genellikle KD - GB doğrultulu, doğrultu atımlı faylar ya da eğim yönü KB olan yüksek eğimli normal faylardır. Çan ilçe merkezindeki kaplıcanın bulunduğu alandan geçen KB - GD yönlü fay Şekil 2.6 verilmiştir. Bölgedeki Çan ve Bayramiç Formasyonları, bazı kesimlerde yataya yakın konumda iken Etili civarında oldukça eğim kazanmıştır. Tabakaların yüksek eğim kazanmalarının nedeni formasyon içinde tektonizma nedeniyle gelişmiş değişik ölçekte faylardır.

Çan Kaplıcası çevresinde tektonik aktivite nedeniyle jeolojik birimlerde kırık - çatlak oranı oldukça yüksektir. Doğrultu atımlı sağ ve sol yönlü fayların kaplıca alanında kesişmesi ile kayaçların ikincil porozite kazanması sağlanmıştır. Böylece metamorfik kayaçlar ile volkanik kayaçlar rezervuar kaya özelliği kazanmıştır. Bu kayaçların üzerinde bulunan ve doğrultu atımlı fayların etkisi ile şekillenmiş Neojen havzasındaki tortullar ise rezervuarın örtü kayacı niteliğindedir (Sarp ve diğer., 1998).

Etili Havzası'nı sınırlayan ova kenar fayı yaklaşık K60D doğrultuludur, fayın türü tam net olmamakla birlikte sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olabileceği belirtilmiştir. Tepeköy güneyinde ova kenar fayını kesen yaklaşık K45D uzanımlı, oblik özellikli sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay yer almaktadır ve bu fayın atımı 1 Km kadardır. Karailıca Sıcak Su Kaynağı, bu faya dar açı ile birleşen aynı türde bir fay zonundan

çıkar (Sarp ve diğer., 1998). Fay breşi büyük ölçüde silisleşmiştir, hematitleşme ve limonitleşme de gözlenir. Fayın farklı lokasyonlardaki konumu K80D/44GD ve K15D/69GD olarak ölçülmüştür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Karailıca'dan geçen fay zone (koordinat: 493910/4424500)

Bardakçılar Kaplıcası'nın bulunduğu alanda yaklaşık D - B uzanımlı bir ters fay yer alır. Bu fayı dar açıyla kesen bir fay ve birçok kırık mevcuttur. Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı bu dar açılı fay zonundan çıkar (Sarp ve diğer., 1998).

3.3 Biga Yarımadası'nın Depremselliği

Biga Yarımadası'nı kapsayan Marmara'nın KD kesiminde, KAFZ'nun büyük etkisi görülür. Ana tektonik hatlar Adapazarı'ndan itibaren iki kola ayrılır. Daha güneyde Bursa - Karacabey - Gönen ve Biga - Çan'dan geçen önemli bir hat vardır (Barka ve Kandinsky - Cade, 1988). Bunun dışında bölge birçok tektonik unsuru içermektedir. Mekanizma çözümlerine göre Marmara Denizi'nin güneyinde, Biga Yarımadası'nda tektonik rejim Gönen - Bursa - İnegöl civarında doğrultu atımlı, az da olsa ters faylarla denetlenmektedir. Edremit'in güneyinde açılma, Biga

Yarımadası ve Marmara Denizi'nin kuzeybatı sınırında sıkışma hakim olmaktadır (Kalafat ve Pınar, 1997).

Kalafat ve diğer. (2008)'nden alınan verilere göre Biga Yarımadası'nda 1.1.1900 - 31.12.2008 tarihleri arasında 39,5° - 40,5° K enlemleri ile 26,0° - 27,5° D boylamları arasındaki bölgede meydana gelmiş 3'den büyük depremlere ait veriler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Biga Yarımadası'nda 1900-2008 yılları arasında olmuş Ms>3 depremler

Sıra No	Tarih	Zaman	Enlem°	Boylam°	Derinlik (Km)	Ms	Mb	Md	Ml	Mw
1	05.07.1983	12:01:27.0	40.33	27.21	7	5.8	5.5	5.4	5.9	5.8
2	22.10.1935	07:29:42.8	40.31	27.21	10	5.2	5.1	5.1	5.1	5.4
3	21.08.1966	01:30:43.5	40.33	27.40	12	4.9	4.8	4.9	4.9	5.1
4	04.01.1935	16:20:04.6	40.30	27.45	20	6.3	5.9	6	6	6.2
5	12.09.1986	10:34:50.5	40.25	27.32	5	3.8	4.1	4	4.1	4.2
6	05.07.1983	17:30:43.1	40.26	27.16	4	3.7	4.1	4.2	4.4	4.2
7	08.07.1983	02:55:01.1	40.23	27.18	17	3.6	4	4.1	4.2	4.1
8	19.12.1985	14:34:56.5	40.20	27.26	10	3.8	4.1	4	4.1	4.2
9	02.09.1993	21:03:41.1	40.19	27.26	9	3.8	4.1	4	4.1	4.2
10	19.03.1953	12:53:04.2	40.10	27.30	48	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9
11	03.03.1969	00:59:10.5	40.08	27.50	6	5.8	5.6	5.4	4.7	5.8
12	24.03.1953	20:20:01.3	40.00	27.50	12	4.7	4.8	4.7	4.7	4.9
13	24.05.1990	05:49:06.4	39.98	27.48	28	3.9	4.2	4.2	4.3	4.3
14	26.03.1953	15:10:30.4	39.94	27.48	10	4.7	4.8	4.7	4.7	4.9
15	18.03.1953	23:28:55.0	40.00	27.40	30	4.5	4.6	4.6	4.6	4.7
16	18.03.1953	19:06:16.1	39.99	27.36	10	7.2	6.6	6.7	6.7	6.8
17	22.03.1953	13:17:01.2	40.00	27.30	26	4.2	4.4	4.3	4.3	4.5
18	18.07.1956	09:46:52.5	39.96	27.30	60	4.5	4.6	4.6	4.6	4.7
19	19.03.1953	21:13:58.1	39.88	27.35	10	5	5	5	4.9	5.3
20	28.12.1997	20:46:37.9	39.77	26.88	10	3.7	4.1	4	4.2	4.2
21	03.01.1974	07:39:47.9	39.74	26.82	29	3.9	4.2	4.1	4.3	4.3
22	07.02.1974	08:46:52.0	39.70	26.88	37	3.9	4.2	4.1	4.3	4.3
23	16.09.1912	21:04:01.8	40.10	26.80	30	4.9	4.9	4.9	4.9	5.2
24	09.11.1948	22:45	40.10	26.40	90	4.7	4.8	4.7	4.7	4.9
25	31.10.1970	04:36:11.4	39.92	26.16	10	3.6	4	3.9	4	4.1
26	14.05.1985	04:52:18.5	39.71	26.21	26	3.8	4.1	4	4	4.2
27	02.09.1965	05:29:02.7	39.70	26.20	10	4	4.3	4.2	4.2	4.4
28	25.08.1996	04:48:19.9	39.56	26.11	25	3.6	4	4.1	4	4.1
29	24.01.2001	05:19:43.6	39.57	26.15	10	3.6	4	4.1	4	4.1
30	01.12.1974	11:20:12.6	39.53	26.36	10	3.9	4.2	4.1	4.5	4.3
31	04.06.1972	16:29:35.7	39.49	26.37	28	3.6	4	3.9	4.1	4.1
32	04.10.1965	12:54:05.5	39.60	26.50	10	4.1	4.4	4.3	4.1	4.4
33	09.05.1967	04:05:13.0	39.61	27.15	37	4.4	4.6	4.5	4.5	4.7
34	07.02.1974	08:49:40.6	39.53	27.01	10	3.8	4.1	4	4	4.2
35	23.02.1971	19:41:23.0	39.62	27.32	10	5.1	5	5.3	5.3	5.3
36	05.03.1998	01:45:10.4	39.55	27.30	23	4.4	4.5	4.4	4.4	4.6
37	05.03.1998	01:55:31.2	39.59	27.45	5	4.3	4.4	4.3	4.4	4.5
38	06.07.2003	22:05:49.1	40.39	26.92	10	3.9	4.2	4	4.1	4.3
39	18.03.1953	22:28:00.0	40.00	27.40	30	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9
40	18.03.1953	20:20:03.0	40.00	27.40	30	5	5	5	4.9	5.3

Bu tabloda depremlerin tarih, zaman dış merkez (episantr) koordinatları (derece olarak), Ms (yüzey dalgası büyüklüğü), Mb (cisim dalgası büyüklüğü), Md (süreyc

bağlı büyüklük), M_l (yerel büyüklük) ve M_w (moment büyüklüğü) değerleri verilmiştir. Depremlerin lokasyonları Şekil 3.3’de gösterilmiştir.

Yukarıdaki şartlar için bölgede 40 deprem kaydı bulunmuş ve bunların iç merkez (hiposantr) ortalama derinliği 20,35 Km olarak hesaplanmıştır. Bu depremlerden 24 nolu olan hariç, tamamı sığ derinlikli depremlerdir. 1900 - 2008 yılları arasında bölgede meydana gelmiş en büyük deprem Tablo 3.1’de 16 sıra no ile verilmiş olan 18.03.1953 tarihli 7,2 büyüklüğündeki Yenice Depremi’dir. Ketin ve Roesli, (1954)’de verildiği gibi, 1953’deki Yenice Depremi’nde Gönen - Yenice arasında 50 Km’lik bir fay oluşmuş ve bu fay boyunca 1,5 - 4,3 m arasında değişen sağ yanal atım belirlenmiştir (Siyako ve diğer., 1989). 9 şiddetindeki bu depremde 265 can kaybı olmuş ve 6750 bina zarar görmüştür. Herece (1985)’ye göre 1953 Yenice - Gönen deprem kırığının güney sınırını boydan boya geçtiği Yenice Ovası ve İnova Köyü’ndeki çöküntü alanları birer çek - ayır havzalarıdır (Herece, 1990).

BÖLÜM DÖRT

HİDROLOJİ

4.1 Yüzey Sularının Genel Özellikleri

Biga Yarımadası'ndaki akarsuların debileri mevsimlik yağışlara bağlı olarak değişen bir rejime sahiptir. Bu akarsuların debileri yaz aylarındaki kurak dönemlerde oldukça düşmekte, yağışlı dönem ve dağlık bölgelerdeki karın erimesi ile önemli bir artış göstermektedir. Bunların başlıcaları Menderes, Tuzla, Sarıçay, Kocabaş ve Mıhlı çaylarıdır (Tablo 4.1, Şekil 4.1).

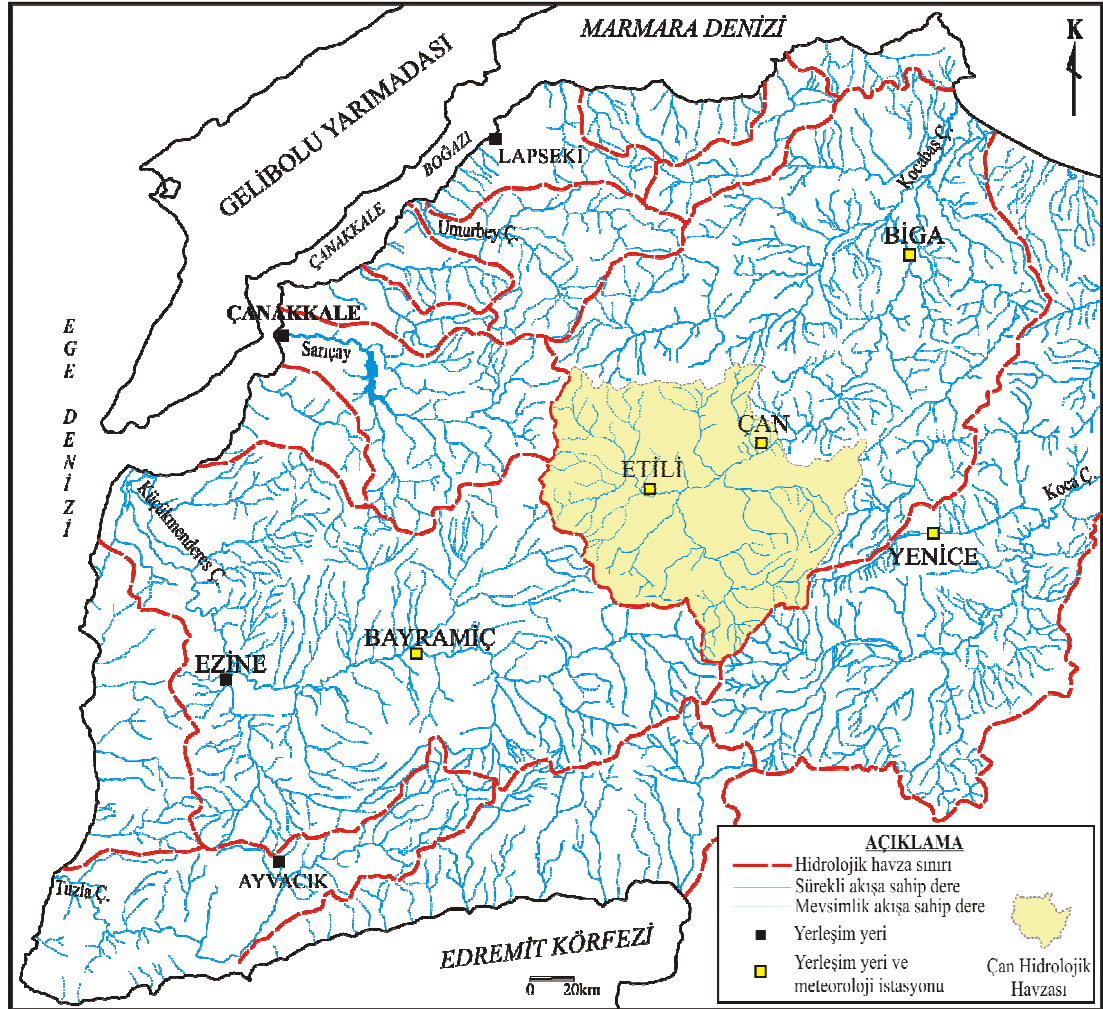
Tablo 4.1 Biga Yarımadası'ndaki başlıca akarsuların özellikleri (Doğukan, Baran, Yorulmaz, ve Yenici, 2007)

Adı	Uzunluğu (Km)	Menşei	Mansabı
Menderes Çayı	110	Kazdağı	Çanakkale Boğazı
Kocabaş Çayı	80	Kazdağı	Marmara Denizi
Tuzla Çayı	52	Kazdağı	Ege Denizi
Sarıçay	40	Kazdağı	Çanakkale Boğazı
Mıhlı Çayı	12	Kazdağı	Ege Denizi

Kocabaş Çayı, Müteferrik Marmara Suları Havzası'nda yer alır. Bu akarsu, uzunluğu bakımından Menderes Çayı'ndan sonra bölgedeki ikinci büyük akarsudur. Kazdağı silsilesinin kuzeydoğudaki uzantısı olan Ağrı Dağı (989m) ve Katran Dağı (1111m) eteklerindeki derelerin birleşmesi ile oluşan bu akarsu, ortalama kuzeydoğuya doğru akışlı bir düzende önce Çan İlçesi ve sonra Biga İlçesi'nden geçerek Marmara Denizi'ne dökülür. Bu akarsu, Çan civarında Kocaçay, Çan - Biga arasında Çan Çayı, Biga'dan sonra Biga Çayı ve daha sonra Kocabaş Çayı adını alarak Karabiga güneyindeki Biga Ovası'ndan Marmara Denizi'ne dökülür.

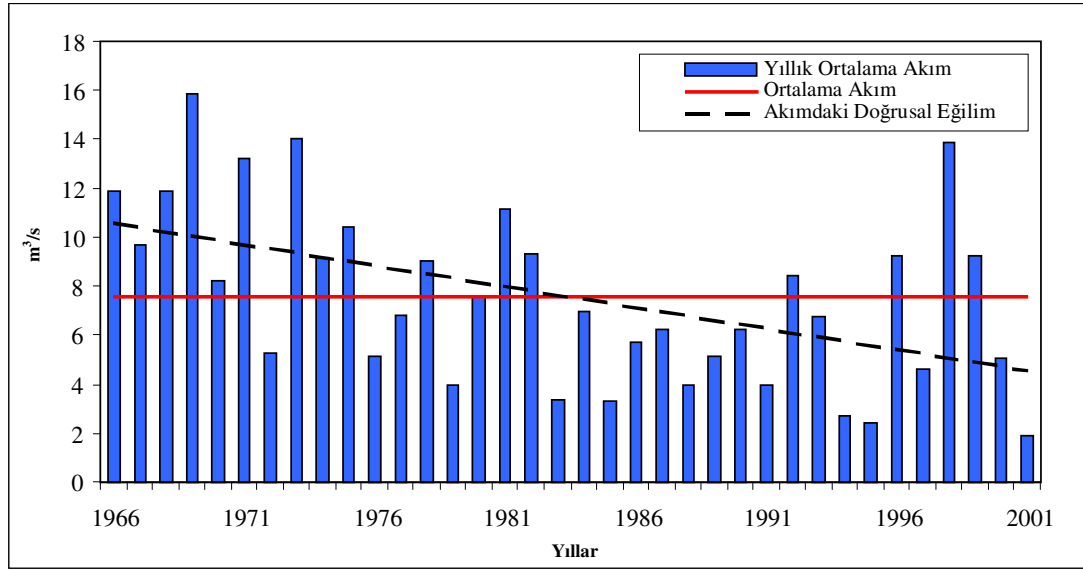
Akarsu debilerinde gözlenen azalma eğilimi, akarsuların beslenmesinde en önemli kaynak olan kış yağışlarındaki azalmayla ilişkilidir. Akdeniz ikliminin görüldüğü bölgelerde, yağışlardan başka beslenme kaynağı olmayan akarsularda, akarsuyun sürekliliği için özellikle kış yağışlarının hayati önemi vardır. Kış mevsimi dışında diğer mevsimlerin, yıllık toplam yağışlara katkısı daha az olduğundan ve akarsular

yazın şiddetli buharlaşmaya maruz kaldığı için, kışın yeterli ölçüde beslenemeyenler yazın kurumayla karşı karşıya kalır (Acar, 2008).



Şekil 4.1 Biga Yarımadası'ndaki akarsular ve hidrolojik havzalar

Kocabaş Çayı'na ait Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden sağlanan verilerin gözlem süresi 1966-2001 (36 yıl) tarihlerini kapsar. Bu akarsu üzerinde 02-10 nolu gözlem istasyonu yer alır. Akarsuyun bu tarihler arasındaki ortalama akım miktarı $7,56 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Gözlem süresi boyunca en yüksek ortalama akım $15,88 \text{ m}^3/\text{s}$ ile 1963 tarihinde gerçekleşirken, en az ortalama akım $1,92 \text{ m}^3/\text{s}$ ile 2001 tarihinde ölçülmüştür (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kocabaş Çayı uzun yıllık ortalama akımları ve akımlardaki yıllararası değişim

Bu çalışmada incelenen Çan bölgesindeki su kaynakları Kocabaş Çayı Hidrolojik Havzası'nın bir alt havzası konumundaki Çan Havzası sınırları içinde yer alır. Bu alt havzanın toplam drenaj alanı 746 Km²'dir (Şekil 4.1). Havza içinde iki adet sulama amaçlı gölet bulunur. Bunlar Küçükü Göleti (Depolama Hacmi: 4.480.000m³) ve Koyunyeri Göleti (Depolama Hacmi: 2.693.380m³)'dir.

Kocabaş Çayı'nda, 1969 - 1971 dönemi, ortalamanın üzerinde akımın olduğu dönemdir. 1970'li yılların sonlarından itibaren, akarsu akımlarında azalma yönünde bir eğilim egemendir (Şekil 4.2). Özellikle, akarsu akımlarındaki azalma eğilimi 1990'lardan itibaren artmıştır. Yağışlardaki azalmayla birlikte, 1995 yılından itibaren akarsuların birçoğu üzerinde sulama, taşkın önleme vb. amaçlı su tutma projeleri gibi akarsu akım miktarlarındaki doğal olmayan değişiklikler bu azalma eğilimini arttırmıştır (Acar, 2008; DSİ, 2005). Bu alandaki akarsuların, yaz kuraklığına maruz kalması yaz aylarında ciddi ölçüde kurumayla karşı karşıya kalmalarına yol açar.

4.2 İklim Özellikleri

Akdeniz'de iklim koşullarının alansal dağılışını kontrol eden fiziki coğrafik faktörler; atmosferik dolaşım, enlem, yükselti ve genel olarak orografi, kara - deniz

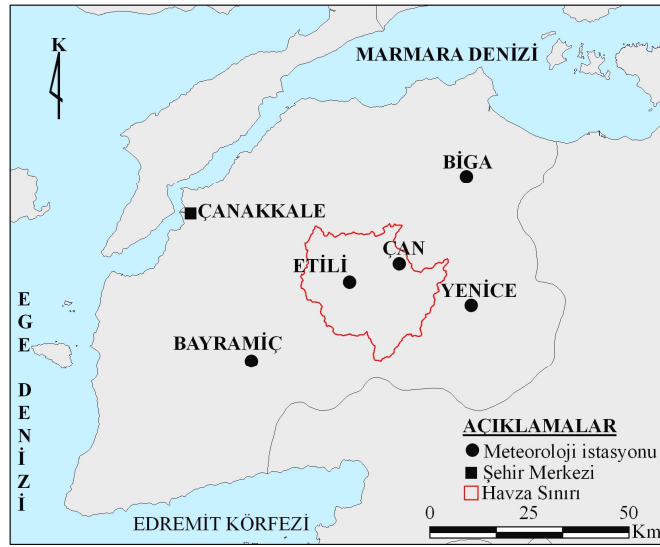
etkileşimi ve daha küçük ölçekli süreçlerdir (Xoplaki, Luterbacher, Burkard, Patrikas, Maheras, 2000; Xoplaki, 2002; Xoplaki, Gonzalez-Rouco, Luterbacher, Wanner, 2003).

Türkiye, subtropikal karalarının batı kıyılarında oluşan Akdeniz makroklima alanı içindedir. Genel olarak yazın tropikal kökenli hava akımlarının, kışın polar kökenli hava akımlarının etkisi altındadır. Türkiye üzerinde oluşan yere yakın hava akımları, kış mevsiminde Sibirya antisiklonu, polar cephe depresyonları ve Akdeniz depresyonlarıdır. Yaz mevsiminde ise Azor antisiklonunun etki alanının ekvatora doğru kaymasıyla beraber tropikler arası yaklaşım kuşağının (ITCZ) kuzey yarımküreye kayarak güneybatı Asya üzerine yerleşmesiyle gelişen Muson alçak basıncının etkisi altına girer. Muson alçak basıncındaki doğulu akımlar genel hava akımının güneydoğulu ve doğulu olmasına neden olur. Polar cephenin daha kuzey enlemlere çekilmesiyle Karadeniz bölgesi dışında cephesel yağışların oluşma olasılığı azalır (Erinç, 1996; Erol, 2004; Türkeş, 1990; Acar, 2008). Yağış, alan ve zaman ölçeğinde iklimin en fazla değişkenlik gösteren elemanlarından biridir ve bu değişkenlik kurak/yarıkurak ve karasal iklimlerin en belirgin özelliğidir (Türkeş, 1990). Genel olarak, yağışlarda son yıllarda iyice belirginleşen azalma eğilimleri ve yağışlarda yüksek değişkenliğe sahip Akdeniz yağış rejim bölgesinde, özellikle yaz mevsimlerindeki belirgin kurak koşullar ile diğer mevsimlerdeki yağış oranlarının da azalmasına bağlı olarak kurak dönemlerin ve kuraklık sürelerinin artma olasılığını kuvvetlendirir.

Türkiye'nin kuzeybatısı, sıcak ve soğuk dönemlerde farklı basınç sistemlerinin etkisi altındadır. Biga Yarımadası sınırları içinde yer alan Çan Havzası'nın iklim özelliklerini belirleyen temel etmenler topoğrafya, etkili olan basınç sistemleri ve hava dolaşımı özellikleridir. Çalışma alanının genel iklim koşullarını belirlemek için, 5 meteoroloji istasyonunun sıcaklık ve yağış verilerinden ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından hazırlanan Klima Atlası'ndan (DMİ, 1989) yararlanılarak topoğrafyanın yağış ve sıcaklık üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

4.2.1 İstasyonların Seçimi ve Kullanılan İklim Elemanları

Çan Havzası'nın sıcaklık ve yağış dağılışını homojen bir şekilde gösterebilmek için havza içinde yeralan Çan ve Etili istasyonları ile ve yakın çevredeki Biga, Yenice ve Bayramiç istasyonlarının verilerinden de yararlanılarak genel iklim özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 4.3).



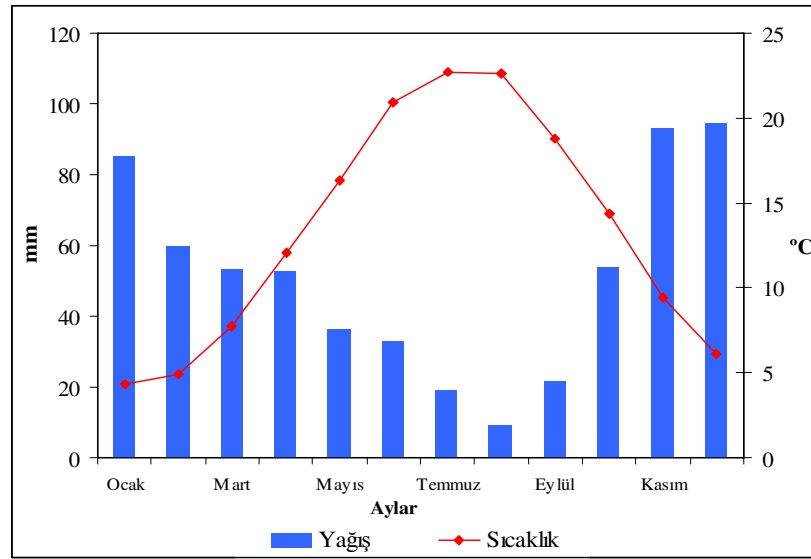
Şekil 4.3 Uzun süreli ortalama sıcaklık ve yağış dağılışını göstermek için kullanılan meteoroloji istasyonlarının coğrafi dağılışı

Tablo 4.2 Kullanılan istasyonların ve meteorolojik verilerin özellikleri

İstasyon adı	Gözlem Süresi (yıl)		Enlem	Boylam	Yükseklik (metre)
	Sıcaklık	Yağış			
Bayramiç	26	34	39° 48' K	26° 37' D	70 m
Biga	24	56	40° 13' K	27° 15' D	25 m
Çan	18	18	40° 02' K	27° 03' D	100 m
Etili	8	8	39° 59' K	26° 54' D	100 m
Yenice	4	28	39° 55' K	27° 15' D	275 m

DMİ'den alınan aylık sıcaklık ve yağış verileri, istasyonların kuruluşlarından, kapatılış (1995) yılına kadar olan dönemi içerir (Tablo 4.2). Çalışmada, aylık toplam yağış (mm); aylık ortalama (günlük ortalama sıcaklıkların ortalaması), aylık ortalama maksimum ve aylık ortalama minimum sıcaklık (°C) verileri kullanılmıştır.

Çan istasyonu, 40°02'K - 27°03'D enlem ve boylamlarında yer alır. İstasyonun ortalama yüksekliği 100 m'dir. İstasyon kapatıldığı için sıcaklık ve yağış verileri 1976 - 1994 yıllarını kapsamaktadır. Çan yağışlarının aylara göre dağılışında, yıllık toplam yağışların önemli bir kısmı kış ve sonbahar yağışlarıyla karşılanır. Ortalama sıcaklıkların aylara göre dağılışında, yaz ve kış sıcaklıkları arasındaki fark belirgindir (Şekil 4.4).



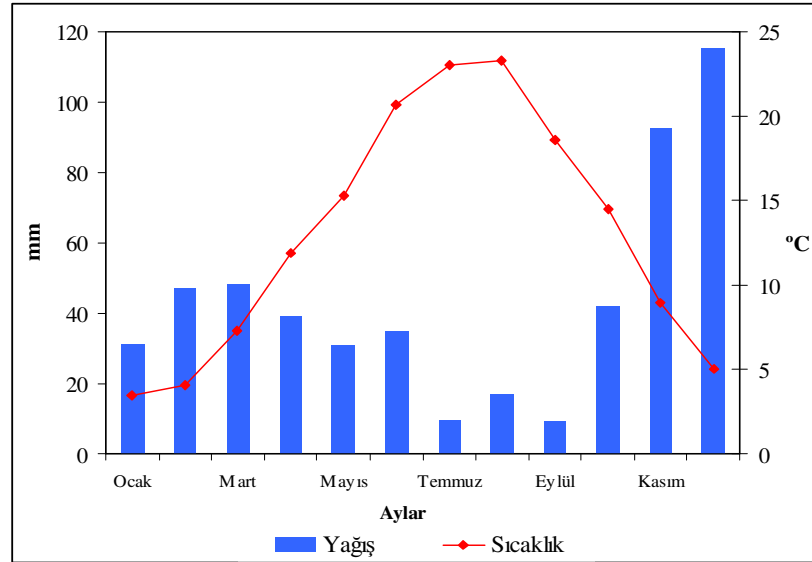
Şekil 4.4 Çan istasyonu uzun süreli ortalama yağış ve sıcaklıklarının aylara göre dağılışı

Etili istasyonu, 39°59'K - 26°54'D enlem ve boylamlarında yer alır. Bu istasyonun iklim verileri 1987 - 1994 (8 yıl) yıllarını kapsar. Etili istasyonunun, ortalama sıcaklık ve yağışın aylara göre dağılışı Çan istasyonu ile benzerlik gösterir. Çan istasyonundan farklı olarak, Aralık (115,4 mm) ayı tek başına kış yağışlarının önemli bir kısmını karşılar (Şekil 4.5).

4.2.2 Sıcaklık Özellikleri

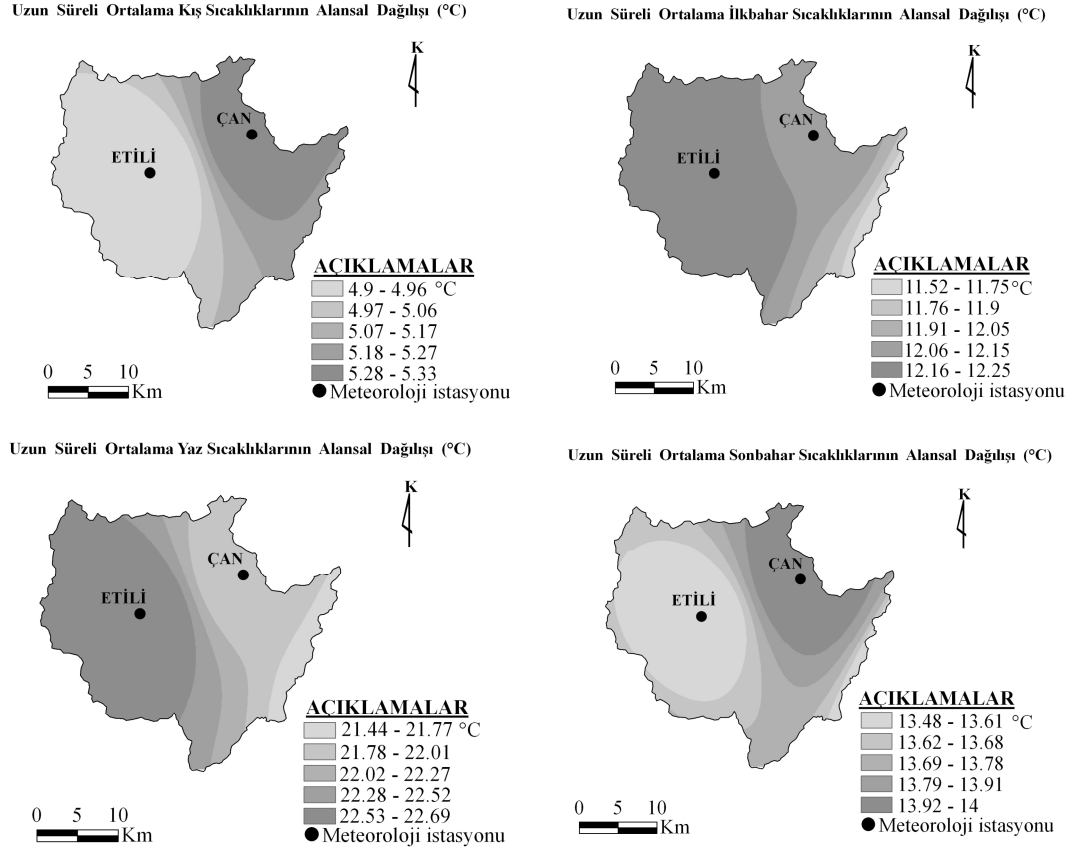
Çalışma alanının sıcaklık özelliklerini belirlemek için 5 istasyonun uzun yıllık ortalama sıcaklık, ortalama minimum ve ortalama maksimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. Havza içinde yer alan Çan ve Etili istasyonları ile sıcaklığın alansal dağılışını ayrıntılı olarak belirlemek için Biga, Bayramiç ve Yenice meteoroloji

istasyonlarının verileri birlikte değerlendirilmiştir. Ortalama sıcaklıklar, topoğrafya özellikleri nedeniyle farklılık gösterir. Ortalama sıcaklıklar Çan - Etili istasyonlarında, yükseltinin yerel ölçekte azalmasına bağlı olarak 13°C 'nin üzerindedir. Çan istasyonunun yıllık ortalama sıcaklığı 13°C ve Etili'nin ise $13,4^{\circ}\text{C}$ 'dir.



Şekil 4.5 Etili istasyonu uzun süreli ortalama yağış ve sıcaklıklarının aylara göre dağılışı

Çan Havzası'nın kış mevsimi ortalama sıcaklıkları havzanın doğu ve güneydoğu kesimlerinde yükseltinin etkisiyle daha düşüktür. Havzanın büyük bir bölümünde ortalama kış sıcaklıkları 5°C civarındadır. İlkbahar ortalama sıcaklıkları, havzanın doğu ve batısı arasında yükseltiye bağlı olarak değişiklik gösterir. Yaz ortalama sıcaklıklarında, çalışma alanının doğusu ve batısı arasında belirgin farklılıklar gözlenir. Yaz mevsiminde, en düşük sıcaklık değeri Yenice istasyonda ölçülmüştür. Sonbaharda ortalama sıcaklıklar, Etili ve Yenice istasyonu çevresinde daha düşüktür. Çan istasyonu ve çevresinde ortalama sıcaklıklar 13°C 'nin üzerindedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Ortalama sıcaklıkların mevsimlere göre uzun süreli ortalamalarının coğrafi dağılışı

4.2.3 Yağış Özellikleri

Yıllık ortalama yağış miktarlarının alansal dağılışı ile kış ve sonbahar yağışlarının dağılışı desenleri arasında belirgin bir benzerlik bulunur. Bu durum, yağışın mevsimlere göre dağılımında en büyük orana sahip olan mevsimlerin kış ve sonbahar olmasıyla ilgilidir.

Çalışma alanı Akdeniz yağış rejiminde yer alır. Bu rejimde, kış mevsimi yıllık toplam yağış miktarında en önemli paya sahipken, yaz mevsiminde ciddi bir kuraklık yaşanır. Çan Havzası'nın doğusundaki Yenice ve kuzeydoğusundaki Biga çevresinde yıllık ortalama yağış miktarları, 700-750 mm ile en yağışlı istasyonlardır. Çan istasyonunda uzun yıllık ortalama yağış toplamı 612,3 mm ve Etili istasyonunda ise 517,1 mm'dir. Çan Havzası'nın güneybatı kesimindeki dağlık alan tüm mevsimlerde

en yüksek yağışa sahip alandır. Burası havzanın diğer bölümlerine oranla nispeten daha nemli bir iklime sahiptir.

4.2.4 Thornthwaite İklim Sınıflandırması

Çan Havzası ve çevresinin genel iklim özellikleri, Thornthwaite iklim sınıflandırma sistemi kullanılarak ayrıntılı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, Willmott (1977)'un iklimsel su bilançosu için geliştirmiş olduğu WATBUG programında kullanılan yaklaşım dikkate alınmıştır. WATBUG'un ürettiği bazı çıktılar şunlardır: Potansiyel evapotranspirasyon (ETp), (mm); düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon (ETd), (mm); toprakta biriken su, (mm); gerçekleşen evapotranspirasyon (ETa), (mm); toprak nem açığı (eksik su), (mm); toprak nem fazlası (fazla su), (mm). Aylık ya da günlük ET'ler Thornthwaite (1948) yöntemine göre hesaplanır.

Thornthwaite'in iklim sınıflandırması, yağış, sıcaklık ve buharlaşma miktarları arasındaki ilişkiye dayanır. Thornthwaite'in nemlilik indisi (1948), aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$L_m = \frac{100S - 60D}{PE}$$

Burada S, yıllık su fazlası (mm); D, yıllık su açığı (mm); PE, yıllık düzenlenmiş potansiyel evapotranspirasyona karşılık gelir. Nemlilik indisinin negatif değerleri, kurak iklimlerde bulunurken; pozitif değerler, nemli iklimlerde bulunur (Türkeş, 2007).

Bayramiç, Biga, Çan, Etili ve Yenice istasyonlarına ait veriler kullanılarak, Thornthwaite'in nemlilik indisleri hesaplanmıştır. Buna göre; Bayramiç, Biga, Çan ve Etili istasyonları yarınemli, Yenice istasyonu ise nemli bir iklime sahiptir (Tablo 4.3 ve 4.4).

Tablo 4.3 Nemlilik indisine (L_m) karşılık gelen Thornthwaite iklim tipleri. Carter ve Mather (1966)'e göre Essenwanger (2001)'e dayandırılarak yeniden düzenlenmiştir (Türkeş, 2007)

Nemlilik İndisi (L_m)	İklim tipi
100 ve üzeri	A Çok nemli
800-100	B₄ Nemli
60-80	B₃ Nemli
40-60	B₂ Nemli
20-40	B₁ Nemli
0-20	C₂ Yarınemli
-20-0	C₁ Kurak-yarınemli
-40-(-20)	A Çok nemli
-60-(-40)	B₄ Nemli

Tablo 4.4 Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Biga Yarımadası'nın ayrıntılı iklim tipleri

İstasyon Adı	Nemlilik indisini (L_m)	Sıcaklık etkinliği	Nemlilik İndisi (I_h)	Yaz konsantrasyonu (%)	İklim tipi sembolleri
Bayramiç	0,69	77,5	49,8	52,5	C_2, B'_2, s_2, b'_3
Biga	15,3	75,2	42,5	50,3	C_2, B'_2, s_2, b'_4
Çan	4,1	74,1	30,9	51,8	C_2, B'_2, s_2, b'_4
Etili	4,94	74,9	32,8	53,5	C_2, B'_2, s_2, b'_3
Yenice	32,5	72,3	56	51,6	B_1, B'_2, s_2, b'_4

4.2.4.1 Sıcaklık Etkinlik İndisi

Thornthwaite'in sıcaklık (termal) etkinlik indisi, bir bölgedeki iklim tiplerinin termal sınıflandırmasını yapmak amacıyla kullanılır. Megatermal (yüksek sıcaklık) iklimleri, mesotermal (orta sıcaklık) iklimlerden ayırmak amacıyla, teorik olarak ortalama sıcaklığı her ay 23°C olan gün ve uzunluğu değişmediği kabul edilen bir istasyondaki 114 cm'lik bir PE değeri temel alınır (Türkeş, 2007). İklim sınıflandırmasına göre; sıcaklık bakımından çalışma alanındaki istasyonlar ikinci mesotermal iklim sınıfında yer alır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Thornthwaite sıcaklık etkinlik indisi için kabul edilen sınıflandırma

Yıllık PE (cm)	İfade ettiği harf	İklim özelliği
14,2 ve daha az	E'	Donlu
14,3 – 28,5	D'	Tundra
28,6 – 42,7	C' ₁	Birinci Mikrotermal
42,8 – 57,0	C' ₂	İkinci Mikrotermal
57,1 – 71,2	B' ₁	Birinci Mesotermal
71,3 – 85,5	B' ₂	İkinci Mesotermal
85,6 – 99,7	B' ₃	Üçüncü Mesotermal
99,8 – 114	B' ₄	Dördüncü Mesotermal
114,0 ve fazlası	A'	Megatermal

Thornthwaite'nin sıcaklık rejim indisi ise üç yaz ayında alınan termal enerjinin ne kadar olduğunu açıklayan bir indis olarak kullanılır. Bu değer, en sıcak üç yaz ayının toplam potansiyel evapotranspirasyon (PE) miktarının yıllık *PE*'ye oranıdır. Bu oran büyüdükçe denizel iklim koşullarından karasal iklim koşullarına doğru bir gidiş söz konusudur (Türkeş, 2007). Biga, Çan ve Yenice istasyonları yaz konsantrasyonuna göre dördüncü mesotermal, Bayramiç ve Etili istasyonları ise üçüncü mesotermal iklim sınıfındadır.

4.2.4.2 Yağış Rejimi İndisi

Thornthwaite nemlilik indisi ve kuraklık indisi, yağış rejimini, başka bir deyişle etkili nemin, mevsimlik değişimini belirlemek için kullanılır (Türkeş, 2007). Nemlilik indisi (I_h);

$$I_h = \left(\frac{S}{PE} \right) \times 100$$

Burada;

S: Yıllık toplam su fazlası

PE: Potansiyel evapotranspirasyon'dur.

Kuraklık indisi (I_a) ise;

$$I_a = \left(\frac{D}{PE} \right) \times 100$$

Burada;

D: Yıllık toplam su açığı

PE: Potansiyel evapotranspirasyon'a karşılık gelir.

Nemlilik ve kuraklık indislerine göre; Bayramiç, Biga, Çan, Etili ve Yenice istasyonlarında yazın yüksek (şiddetli) su açığı vardır.

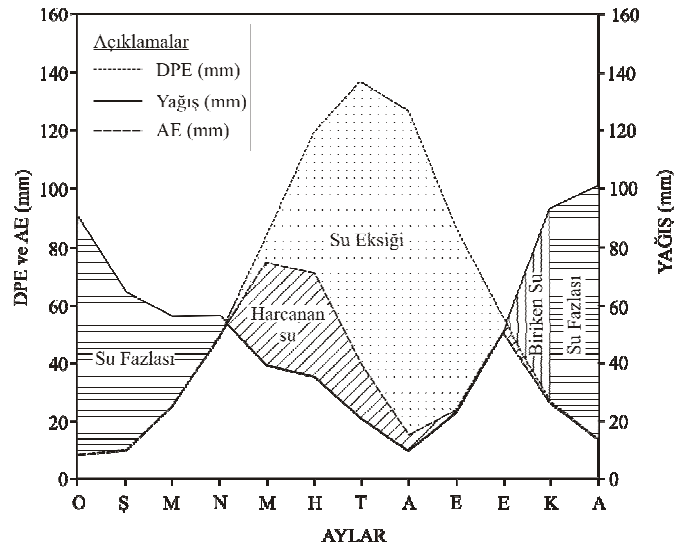
Thornthwaite yöntemiyle, Çan istasyonu için hazırlanan iklimsel su bilançosuna göre, Çan istasyonunda yıllık toplam potansiyel evapotranspirasyon (buharlaşma - terleme) 661,9 mm'dir. Toprakta biriken su (zemin rezervi), Nisan ayından sonra azalır ve yaz döneminde sadece yağışlar kadar buharlaşma gerçekleşir. Toprağın

Mayıs ayından Kasım ayına kadar kaybedilen nemi, Aralık ayındaki yağışlarla karşılanır. Haziran ayından Ekim ayına kadar, Çan istasyonunda önemli bir su sıkıntısı yaşanır. Aralık ve Nisan ayları arasında yağışlarla beraber nem içeriği artan istasyonda, yüzeysel akışlar gerçekleşir. Çan istasyonunda, Haziran - Ekim ayları kurak döneme, Aralık - Nisan ayları nemli döneme karşılık gelir. Çan, yarınemli, ikinci mesotermal, kış mevsiminde orta derecede su fazlası ve yazın şiddetli su açığı olan sıcaklık etkinliği, yaz konsantrasyonu için kabul edilen sınıflandırmaya göre dördüncü mesotermal bir iklime sahiptir ((Tablo 4.6, Şekil 4.7).

Tablo 4.6 Thornthwaite, 1948'e göre Çan istasyonunun su bütçesi tablosu

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Sıcaklık °C	4,3	4,9	7,7	12,1	16,3	20,9	22,7	22,6	18,8	14,4	9,4	6,1	13,4
Sıcaklık indisi	0,8	1,0	1,9	3,8	6,0	8,7	9,9	9,8	7,4	5,0	2,6	1,4	58,2
ETp (mm)	10,4	12,6	23,7	44,8	68,1	96,7	108,6	108,0	83,3	57,2	31,4	17,1	661,9
E.D.K. (40° 02')	0,8	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	
ETd (mm)	8,8	10,4	24,4	49,7	84,5	120,9	138,0	127,4	86,6	54,9	26,1	13,8	745,5
Yağış (mm)	85,4	59,9	53,3	52,6	36,5	32,9	19,3	9,3	21,7	53,8	93,0	94,6	612,3
Biriken su (mm)	100,0	100,0	100,0	100,0	52,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,0	100,0	
ETa (mm)	8,8	10,4	24,4	49,7	84,5	84,9	19,3	9,3	21,7	53,8	26,1	13,8	406,7
Eksik su (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	118,7	118,1	64,9	1,1	0,0	0,0	338,8
Fazla su (mm)	76,6	49,5	28,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,7	205,6
Akış (mm)	62,2	63,1	39,2	15,9	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,9	205,6

ETp: Potansiyel evapotranspirasyon, E.D.K: Enlem düzeltme katsayısı, ETd: Düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon, ETa: Gerçekleşen evapotranspirasyon



Şekil 4.7 Çan İstasyonu'nun Thornthwaite Yöntemi'ne göre hesaplanmış iklimsel su bilançosu

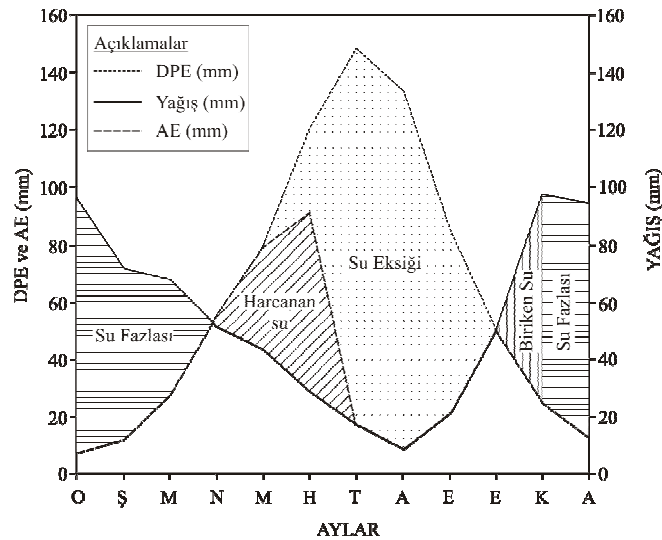
Etili istasyonu, yıllık potansiyel buharlaşma - terleme miktarı 652,7 mm'dir. Aralık - Mart aylarında, zemin rezervi (biriken su) doluyken, Nisan ayıyla birlikte

toprakta biriken su miktarı azalır. Haziran - Ekim arasındaki sıcak ve az yağışlı dönemle, zemin rezervi tükenir. Aralık ayındaki yağışlarla, kurak dönemde kaybedilen toprak nemi tekrar kazanılır. Temmuz - Ekim aylarında gerçekleşen buharlaşma - terleme, yağışlar kadardır. Bu dönemde, şiddetli bir su sıkıntısı yaşanır. Etili istasyonunda, Haziran - Ekim ayları kurak dönem, Aralık - Mart nemli döneme karşılık gelir. Etili istasyonu, yarınemli, ikinci mesotermal, kışın orta derecede su fazlası ve yazın şiddetli su açığı olan sıcaklık etkinliği, yaz konsantrasyonu için kabul edilen sınıflandırmaya göre üçüncü mesotermal bir iklime sahiptir (Tablo 4.7, Şekil 4.7).

Tablo 4.7 Thornthwaite, 1948'e göre Etili istasyonunun su bütçesi tablosu

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Sıcaklık °C	3,5	4,1	7,3	11,9	15,3	20,7	23,0	23,3	18,6	14,5	8,9	5,0	13,0
Sıcaklık indisi	0,6	0,7	1,8	3,7	5,4	8,6	10,1	10,3	7,3	5,0	2,4	1,0	56,9
ETp (mm)	8,2	10,2	22,6	44,5	63,1	95,9	111,0	113,0	82,7	58,5	29,8	13,4	652,7
E.D.K. (39° 59')	0,8	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	
ETd (mm)	6,9	8,4	23,3	49,4	78,2	119,9	141,0	133,4	86,0	56,2	24,7	10,8	738,0
Yağış (mm)	31,1	46,9	48,4	39,1	30,8	35,2	9,7	17,1	9,0	42,1	92,3	115,4	517,1
Biriken su (mm)	100,0	100,0	100,0	89,7	42,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,6	100,0	
ETa (mm)	6,9	8,4	23,3	49,4	78,2	77,5	9,7	17,1	9,0	42,1	24,7	10,8	357,1
Eksik su (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,4	131,3	116,3	77,0	14,1	0,0	0,0	381,0
Fazla su (mm)	24,3	38,5	25,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,2	160,0
Akış (mm)	48,2	31,4	31,8	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	160,0

ETp: Potansiyel evapotranspirasyon, E.D.K: Enlem düzeltme katsayısı, ETd: Düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon, ETa: Gerçekleşen evapotranspirasyon



Şekil 4.8 Etili İstasyonu'nun Thornthwaite Yöntemi'ne göre hesaplanmış iklimsel su bilançosu

BÖLÜM BEŞ

HİDROJEOLOJİ

Su, yağış olarak yeryüzüne düştükten sonra yüzeyden buharlaşma, yeraltına süzülme ve yüzeysel akış şeklinde hareket eder. Yeraltına giren suyun akım yolu boyunca davranışı genelde çok karmaşıktır. Suyun bu karmaşık davranışının özelliklerinin belirlenmesi için su ve elementlerin yeraltı sistemindeki hareketinin ortaya konulması büyük önem taşır ve titiz bir çalışma gerektirir. Bu bölümde Çan Havzası'ndaki yeraltı suyu sisteminin ve havzadaki yüzey sularının drenajını sağlayan Kocaçay'ın fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan arazi ölçümleri ve kayaçların hidrojeolojik özellikleri verilmiştir.

Çalışma alanının büyüklüğü, bölgede çok çeşitli kayaç türlerinin bulunması, Biga Yarımadası'ndaki karmaşık tektonik yapının bazı unsurlarının halen araştırmacılar tarafından net olarak tanımlanmamış olması, su noktalarının çokluğu ve çeşitliliği nedeniyle bu çalışmada Çan Havzası'nın hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerine dair yorum yapabilmek için yaklaşık 400 farklı su noktasında arazi gözlemi yapılmıştır. Arazi ölçümleri sırasında gözlem noktalarının bir bölümünden kimyasal analiz için örnekler alınmıştır. Su noktalarında ölçülen fizikokimyasal parametrelerden (EC, pH, T, Eh, S, O₂) bu bölümde sadece sıcaklık verilmiş, diğer özellikleri ve kimyasal analiz sonuçları 7. Bölümde ele alınmıştır. Arazi çalışmalarında, her ne kadar çok ölçüm yapılmış olsa da, bazı bölgelerdeki veri eksiklerinin giderilerek değerlendirmelerin daha güvenilir olmasını sağlamak amacıyla bölgede bu çalışma ile aynı dönemde yürütülen diğer bir araştırma olan Baba ve diğer. (2008a)'den de az sayıda veri Proje yürütücüsünün izni ile kullanılmıştır. Bu veriler ilgili tablolarda belirtilmiştir.

Bölgede incelenen su noktalarının fazlalığı ve üretilen verinin çokluğu bakımından bir ilk olan bu çalışma ile suların hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin ortaya konması ve jeolojik birimlerle olan ilişkilerine yorum getirilmesi amaçlanmıştır.

5.1 Su Noktaları

Çalışma alanında hidrojeolojik gözlemlerin yapıldığı su noktası türleri 6 grupta toplanarak incelenmiştir. Bunlar;

- Sıcak su noktaları (sıcak su kaynakları ve sondajları),
- Soğuk su kaynakları,
- Soğuk su sondajları,
- Keson kuyular,
- Yüzey suları (Kocaçay deresi ve kolları),
- Kar örnekleri'dir.

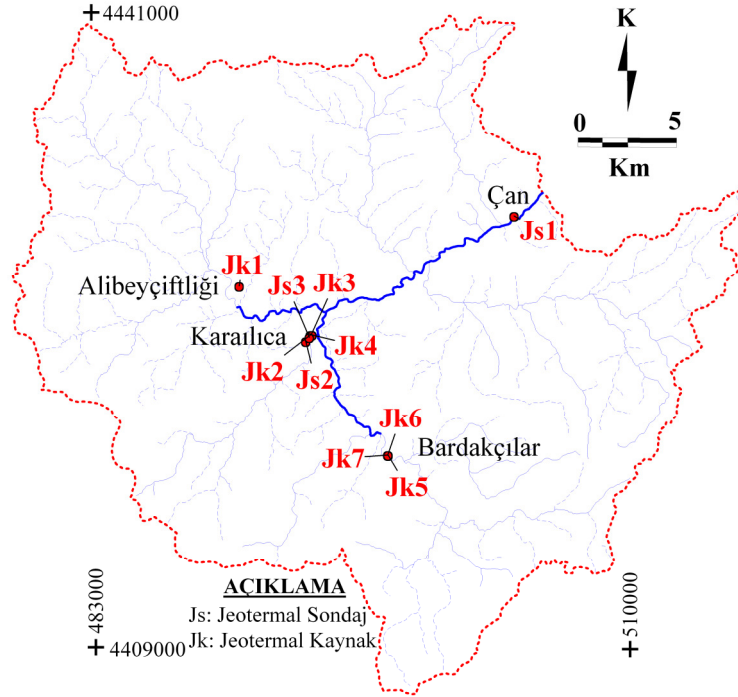
Ölçüm yapılan su noktası sayısının çokluğu ve her türün diğerlerinden farklı fizikokimyasal özellikleri olmasından dolayı yukarıda belirtilen su noktalarına ait arazi çalışmaları ve temel fiziksel parametreler aşağıda ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Bu noktaların bir bölümünden alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve yorumları Bölüm 6'da verilmiştir.

5.1.1 Sıcak Su Noktaları

Çan Havzası'nda 4 farklı bölgede yoğunlaşmış olan sıcak su kaynakları ve sıcak su sondajları bu grup altında incelenmiştir. Havzanın orta kesimindeki Karalıda'da 3 sıcak su kaynağı ve iki sıcak su sondajı, batı kesimindeki Alibeyçiftliği Ilıcası'nda 1 sıcak su kaynağı, güney kesimindeki Bardakçılar'da 3 sıcak su kaynağı ve kuzeydoğusundaki Çan İlçesi'nde kaynağı kurumuş durumdaki Çan Kaplıcası çevresinde çeşitli sıcak su sondajları bulunmaktadır (Şekil 5.1).

Bu çalışma sırasında Çan Havzası'ndaki sıcak su kaynaklarından, kaynakların çıkış yaptığı noktada ölçülmüş yüzey sıcaklıklarının en yüksek ve en düşük değerleri ile ölçüm yapılabilen dönemlerin ortalamaları Tablo 5.1'de verilmiştir. Karalıda'da MTA'nın açmış olduğu Js3 (Çan - Etili - 1) sondajının kuyu başı kapalı olduğundan ölçüm yapılamamış, buna ait bilgiler Kahraman, Demirel, Demirci ve Beker,

(2004)'den alınmıştır. Çalışma alanındaki en yüksek sıcaklığa sahip nokta Çan - Etili - 1 sondajdır. 450 m derinlikli bu sondaj Ezine Volkaniti'nden beslenmektedir.



Şekil 5.1 Çan Havzası'ndaki jeotermal alanlar ve sıcak su noktaları

Havzadaki tüm kaynaklar geçmişten günümüze balneolojik amaçlı olarak kullanılmış ve halen aynı şekilde kullanılmaktadır. Çan Havzası'nda jeotermal kaynaklardaki kaplıcalar içinde Çan İlçe merkezi dışındakiler ulaşım bakımından dezavantaja sahiptir. Ulaşımı en zor olanı yer Bardakçılar Kaplıcası'dır. Karalıca ve Alibeyçiftliği Ilcası nispeten daha kolay bir lokasyona sahipken, Çan Kaplıcası Çanakkale ve Biga'dan rahatça ulaşılabilen bir konumdadır.

Çan Havzası'ndaki sıcak su kaynakları ile Biga Yarımadası'ndaki diğer sıcak su kaynakları, kaynak başında ölçülen en yüksek sıcaklıklar bakımından karşılaştırıldığında Çan Havzası'ndakilerin sıcaklıkları bölgenin genel ortalamasının (53°C) altında olduğu görülür (Tablo 5.2). En yüksek yüzey sıcaklığı Tuzla Jeotermal Alanı'nda (87°C), en düşük yüzey sıcaklığı Alibeyçiftliği Ilcası'nda (28.4°C) ölçülmüştür.

Tablo 5.1 Sıcak su noktalarının sıcaklık (T) değerleri

No	Yer	Türü	En düşük T (°C)	En yüksek T (°C)	T _{ort} (°C)	Z (m)	Debi (L/s)	Litoloji
Js1	Çan merkez	Sondaj	40,2	48,0	44,4	70		Alüvyon
Js2	Karailıca özel sondaj*	Sondaj	34,8	42,3	39,8	90	1 (artezyen)	Ezine Volkaniti
Js3	Karailıca Çan-Etili-1*	Sondaj	-	-	61,0	121	2,1 (artezyen)	Ezine Volkaniti
Jk1	Alibeyçiftliği Ilıcası	Kaynak	16,3	31,0	23,0	131	1	Bayramiç Formasyonu
Jk2	Karailıca	1. Kaynak	43,4	49,0	47,0	120	3	Ezine Volkaniti
Jk3		2. Kaynak	40,0	41,9	40,6	120		
Jk4		3. Kaynak	-	-	35,4	114		
Jk5	Bardakçılar	1. Kaynak	41,2	52,9	46,5	168	0,50	Evciler Plutonu
Jk6		2. Kaynak	41,1	56,5	48,3	166	0,22	
Jk7		3. Kaynak	44,7	52,2	47,8	175	2,00	

*:Kahraman ve diğer. (2004)'den alınmıştır

Tablo 5.2 Biga Yarımadası'ndaki sıcak su noktalarının bazı temel özellikleri

Sıra No	Sıcak Su Kaynağı	Ölçüm Tarihi	Türü	Q (L/s)	T (°C)
1	Çan ² (merkez)	25.07.2007	Sondaj		48,0
2	Alibeyçiftliği ² (Çan)	25.07.2007	Kaynak	~1,5	28,4
3	Karailıca ² (Çan)	28.03.2007	Kaynak	~3	49,0
4	Bardakçılar ² (Çan)	28.03.2007	Kaynak	~3	52,9
5	Kocabaşlar ² (Lapseki)	27.03.2007	Kaynak		33,1
6	Çeltik ³ (Biga)	01.10.1995	Kaynak	3	29,6
7	Kırkgeçit ² (Biga)	01.08.2006	Kaynak	1	52,0
8	Külcüler ² (Bayramiç)	15.08.2007	Kaynak	~2	34,8
9	Palamutoba ² (Bayramiç)	01.08.2006	Kaynak	~1	34,0
10	Kestanbol ² (Ezine)	29.03.2007	Kaynak		74,0
11	Tuzla ¹ (Ayvacık)	Mart 2004	Kaynak13		87,0
12	Küçükçetmi ⁴ (Ayvacık)	Aralık 1988	Kaynak 1	3,9	42,0
13	Topaklar ³ (Yenice)	01.10.1995	Kaynak	15	68,3
14	Gönen ³ (merkez)	01.10.1995	G-2 sondajı	15	82,0
15	Eksidere ³ (Gönen)	01.10.1995	Kaynak	8	42,0
16	Güre ³ (Edremit)	1981	Kaynak1	1,3	58,2
17	Hıdırlar ² (Yenice)	29.03.2007	Kaynak	1<	79,0
18	Uyuz ² (Yenice)	01.08.2006	Kaynak	1<	53,6
19	Derman ³ (Havran)	19.06.1996	Sondaj		64,4
				En düşük	28,4
				En yüksek	87,0
				Ortalama	53,3

1: Baba ve diğer. (2009); 2: Baba ve diğer. (2008a); 3: Sarp ve diğer. (1998); 4: Öktü ve Dilemre (1997); 5: MTA (2005). Sıcak su kaynaklarının yerleri için Şekil 3.3'e bakınız.

5.1.1.1 Çan Sıcak Su Kaynağı

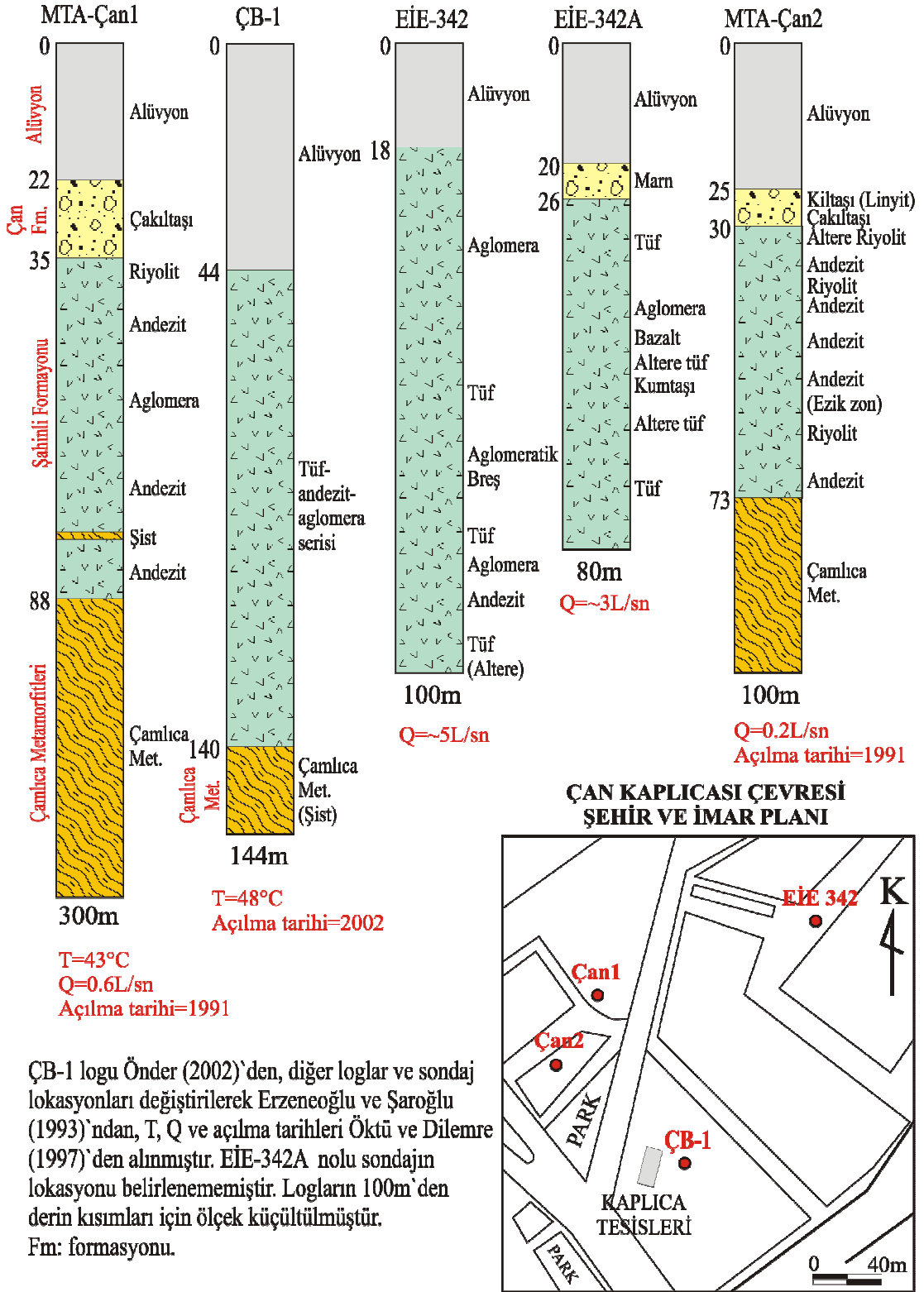
Çanakale'ye 73 Km uzaklıktaki Çan ilçe merkezinde bulunan Çan Sıcak Su Kaynağı deniz seviyesinden 80 m yükseklikte ve Kocaçay dere yatağı yanındaki alüvyonel düzlükte bulunmaktadır. Bu sıcak su kaynağında kullanılan tek sondajda

kuyu başında yapılan ölçümlere göre en yüksek sıcaklık 48,0°C, en düşük sıcaklık 40,2°C ve ortalama sıcaklık 44,4°C'dir. Sıcak suyun kaynağı kurumuş olduğundan debi ölçülememiştir.

Bu kaynağın hidrojeokimyasal analizlerine ait literatürdeki ilk bilgiler 52 yıl öncesine (Çağlar, 1948) dayanmaktadır. Bistritschan (1957)'da belirtildiğine göre 1953 yılına kadar yüzeyde bulunan ve debisi 1 - 1,3 L/s olan sıcak su kaynağı, 1953'de meydana gelen Yenice Depremi'nden sonra kesilmiştir. Kaynak, daha sonra tekrar çıkmaya başlamış olsa da debi yetersiz geldiğinden ilk kaptaj çalışmaları yapılmıştır. İlk sondajlar ise 1990'lı yıllarda MTA ve EİE tarafından sıcak su ya da linyit arama amacıyla kaplıcanın yakın çevresinde açılmıştır. Bu sondajlardan 6'sı zaman içinde kullanım dışı kalmış ya da kuyu verimleri çok düşük olduğundan kullanıma açılmamıştır. Zaman içinde terk edilmiş sondajların üzerine yol vb. yapıların inşa edilmiş olması sebebiyle günümüzde yerleri kaybolmuş durumdadır. Kaplıca için hâlihazırda üretimde olan tek sondaj kuyusu kaplıcanın arka bahçesinde bulunmaktadır. Debisi 2 L/s civarında olan bu sondaj kaplıcanın ihtiyacını fazlasıyla karşılamaktadır. Kuyunun açıldığı tarihten itibaren üretim için kuyu başı pompa kullanılırken Ocak 2008'de kuyudaki arızadan sonra dalgıç pompa ile üretime geçilmiştir. Kaplıcanın fiziki koşullarının yetersizliği nedeniyle fazla talep görmediğinden debisi düşük tek sondaj ihtiyacı karşılamaya yetmiştir.

Önceki yıllarda Çan Sıcak Su Kaynağı çevresinde yapılan sondajların logları, litolojilerine göre yeniden yorumlanıp formasyon adlanması yapılarak Şekil 5.2'de verilmiştir. Sıcak su sondajlarının yerleri Çan Sıcak Su Kaynağı'nın yakın çevresinde olup, en uzak sondaj olan EİE342, kaplıcaya 180 m mesafededir. Kuyu loglarına göre yüzeyden derine doğru geçilen litolojiler genel olarak alüvyon, Çan Formasyonu, Şahinli Formasyonu ve Çamlıca Metamorfikleri'nden oluşur. Alüvyon çakıl, kum, silt ve kil türü malzemelerden yapılıdır. Çan Formasyonu, bazı düzeylerinde kömür içeren kilitaşları ve az tutturulmuş çakiltaşlarından meydana gelmiştir. Şahinli Formasyonu'nun üst seviyelerinde ince tabakalar halinde gözlenen beyaz renkli riolitler altere olmuştur. Orta düzeydekiler beyaz ve gri renklidir. Alt düzeydeki riolitler ise kırmızı renkli andezit çakılları içerir. Formasyonun çeşitli

düzeylerinde gözlenen andezit seviyeleri beyaz, gri, boz, mavi, mor ve kahverengi renkler sunar. Ayrıca bu formasyonda, aglomera ve tüflü düzeyler de gözlenir.



ÇB-1 logu Önder (2002)'den, diğer loglar ve sondaj lokasyonları değiştirilerek Erzeneoğlu ve Şaroğlu (1993)'ndan, T, Q ve açılma tarihleri Öktü ve Dilemre (1997)'den alınmıştır. EİE-342A nolu sondajın lokasyonu belirlenememiştir. Logların 100m'den derin kısımları için ölçek küçültülmüştür. Fm: formasyonu.

Şekil 5.2 Çan Sıcak Su Kaynağı çevresinde açılmış sıcak su sondajları

İstifin en altında bulunan Çamlıca Metamorfitleri'ne ait koyu gri renkli şistler, alt seviyelere doğru artan şistozite ve feldispat bantları ile karakterize edilir. Bölgedeki kayalar tektonik aktivitenin yoğunluğu nedeniyle çok sayıda süreksizlik zonları içerir. Çan Sıcak Su Kaynağı'nın Kocaçay'daki sağ yönlü doğrultu atımlı faya bağlı bir açılma çatlağından çıktığı, kaynak alanı çevresinde başka açılma çatlaklarının da olduğu, Erzeneoğlu ve Şaroğlu (1993)'nda verilmiştir. Aynı çalışmada EİE tarafından linyit arama amaçlı olarak kaplıcanın 180 m kuzeydoğusunda açılmış EİE342 nolu sondajdan tesadüfen sıcak su bulunduğu da belirtilmiştir.

450 m derinlikli Çan - 1 sıcak su sondajı, filtre seviyelerine göre Çamlıca Metamorfitleri'nden beslenmektedir. Bu sondajın kuyu raporunda yüzeyde ölçülen en yüksek sıcaklık 44°C ve debi 0,6 L/s (kesikli) verilmiştir. Dolayısıyla kuyu verimi oldukça düşüktür. Çan - 2 sondajı 100 m derinlikli ve 0,2 L/s'den az kuyu verimine sahiptir. Çan - 2 sondajının veriminin çok düşük olması sebebiyle filtreleme yapılmadan terk edilmiştir (Öktü, Uzel ve Şaroğlu, 1991). Çan Belediyesi için açılan 144 m derinlikli ÇB - 1 sıcak su sondajının filtre seviyeleri 72 - 140 m arasındadır (Önder, 2002). Bu seviyeler sondajın, Şahinli Formasyonu'nun çatlaklı kesimlerindeki andezit, geçirimli tuf ve aglomera düzeylerinden beslendiği göstermektedir.

Sıcak su kaynağının çıktığı bölgedeki kayalar sondaj loglarına ve arazi gözlemlerine göre jeotermal sistemin unsurları olarak ele alındığında Çan Formasyonu'na ait tortulların özellikle ince taneli ve killi düzeyleri sistemin örtü kayacı olarak kabul edilebilir. Şahinli Formasyonu'nun aglomera, tuf ve andezitleri ile Çamlıca Metamorfitleri'nin şistlerinde tektonizma ile ikincil gözeneklilik kazanmış düzeyleri ve ayrışma zonlarında oluşmuş boşluklar jeotermal sistemin hazne kayacını oluşturur. Çan Sıcak Su Kaynağı'ndan çıkan suların yeraltında izlediği yolu basitleştirerek gösteren şematik model Şekil 5.3'te verilmiştir. 7.Bölüm'de izotop analizleri kısmında verilen bilgilere göre Çan Sıcak Su Kaynağı'nın kökenini meteorik sular oluşturur. Çan Havzası'na yüzey yağışı olarak düşen su topoğrafyaya bağlı olarak yeraltına süzildükten sonra derinlere doğru hareket etmekte ve bu sırada jeotermal gradyana bağlı olarak ısınmaktadır. Hareketi

Şekil 5.3’de görüldüğü gibi Çan Sıcak Su Kaynağı çevresindeki jeotermal sistemin üzerinde yeraltı suyu bakımından zengin olan alüvyon bulunmaktadır. Sıcak su, düşey yükselimi sırasında alüvyon akiferdeki soğuk su ile karşılaştığında sıcaklığında düşme meydana gelmektedir. Sıcak su sondajlarında bu durumdan etkilenmemek için, sondajların alüvyonu kesen seviyeleri kapalı boru ile geçilmekte ve betonlanmaktadır.

Sıcak suyun çıktığı yerde Çan Belediyesi’nce yaptırılmış Çan Kaplıcası’na ait tesisler uzun yıllar ziyaretçilere hizmet vermiştir. Kısa bir süre önce özel sektöre devredilmiş olan kaplıcada yapılar yenilenmekte ve yeni sondajlar planlanmaktadır. Kaplıcaya tedavi amacıyla genelde romatizmal rahatsızlıkları ve cilt hastalıkları olan hastalar gelmektedir.

5.1.1.2 Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı

Çan İlçesi’ne 14 Km uzaklıktaki Alibeyçiftliği Köyü’nün 600 m güneydoğusunda yeralan bu sıcak su kaynağı Etili’ye 1 Km mesafededir. Nispeten düz bir arazide bulunan bu kaynak önceki yıllarda açılmış basit bir havuzdan çıkmaktadır (Şekil 5.4).

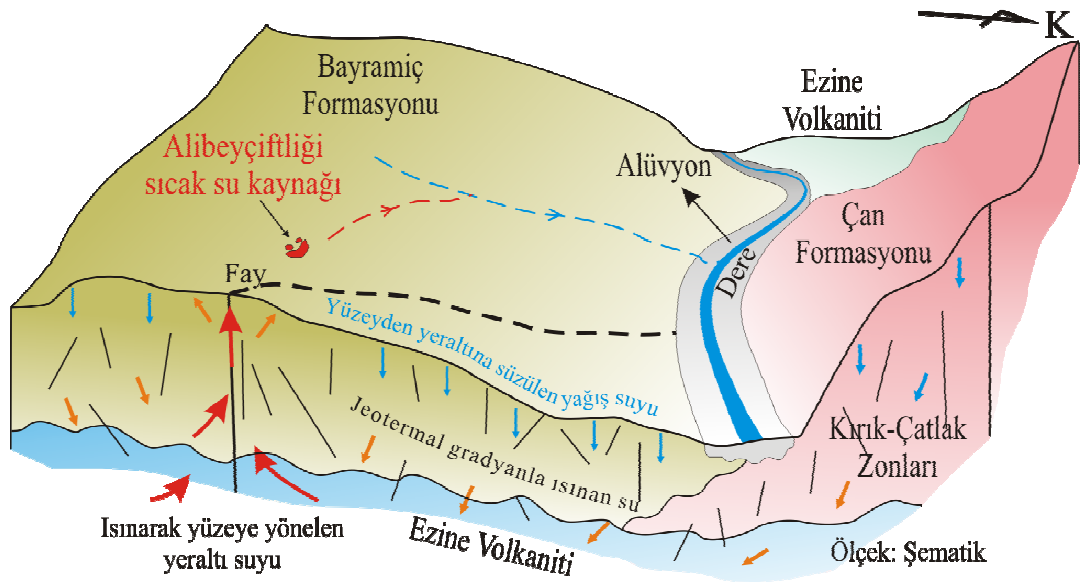


Şekil 5.4 Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı’nın genel görünümü

Havuzun birkaç metre yanındaki çalılıkların arasında kaybolmuş durumda olan iki çıkış noktası daha bulunmaktadır. Bu üç noktanın arazide yapılan ölçümlerinde

fizikokimyasal özelliklerinin aynı olduğu görülmüştür. Bugüne kadar Alibeyçiftliği sıcak su kaynağı yakınında açılmış herhangi bir sıcak su sondajı bulunmamaktadır.

Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı, Çan Havzası'ndaki en düşük sıcaklıklı kaynaktır. Ölçülen en yüksek sıcaklık 31°C, en düşük sıcaklık 16,3°C ve ortalama sıcaklık 23°C'dir (Tablo 5.1). Debisi yaklaşık 1 L/s'dir. Kaynağın çevresinde herhangi bir tesis bulunmamakla birlikte fiziki şartlarının kötülüğü nedeniyle ılıcaı sadece çevre köylerde yaşayanlar kullanmaktadır. Kaynak çevresinde Bayramiç Formasyonu'na ait tortullar, Ezine Volkaniti'ne ait bazalt yüzlekleri ve çevredeki tepelerde Çan Formasyonu'na ait kayalar gözlenir. Ilıca çevresinin jeolojisini ve jeotermal sistemi basitçe ifade edebilmek için kaynak bölgesinin şematik modeli hazırlanmıştır (Şekil 5.5). Bu modelde yeraltına giren yüzey suyu kayaların gözeneklerinde derine doğru hareket etmekte, jeotermal gradyan ile ısındıktan sonra tektonik aktivite ve ayrışma nedeniyle oluşan boşluklardan yükselerek yüzeye ulaşmaktadır. Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı'nın çevresindeki olası fayların yanal devamlılığı fazla değildir. Bu bölge, güneydeki Çan Fayı'na 2 Km mesafededir. Sistemin örtü kayacını Bayramiç ve Çan Formasyonu'na ait tortullar, hazne kayacını ise Ezine Volkaniti'ne ait kayalar oluşturur.



Şekil 5.5 Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı'nın şematik modeli

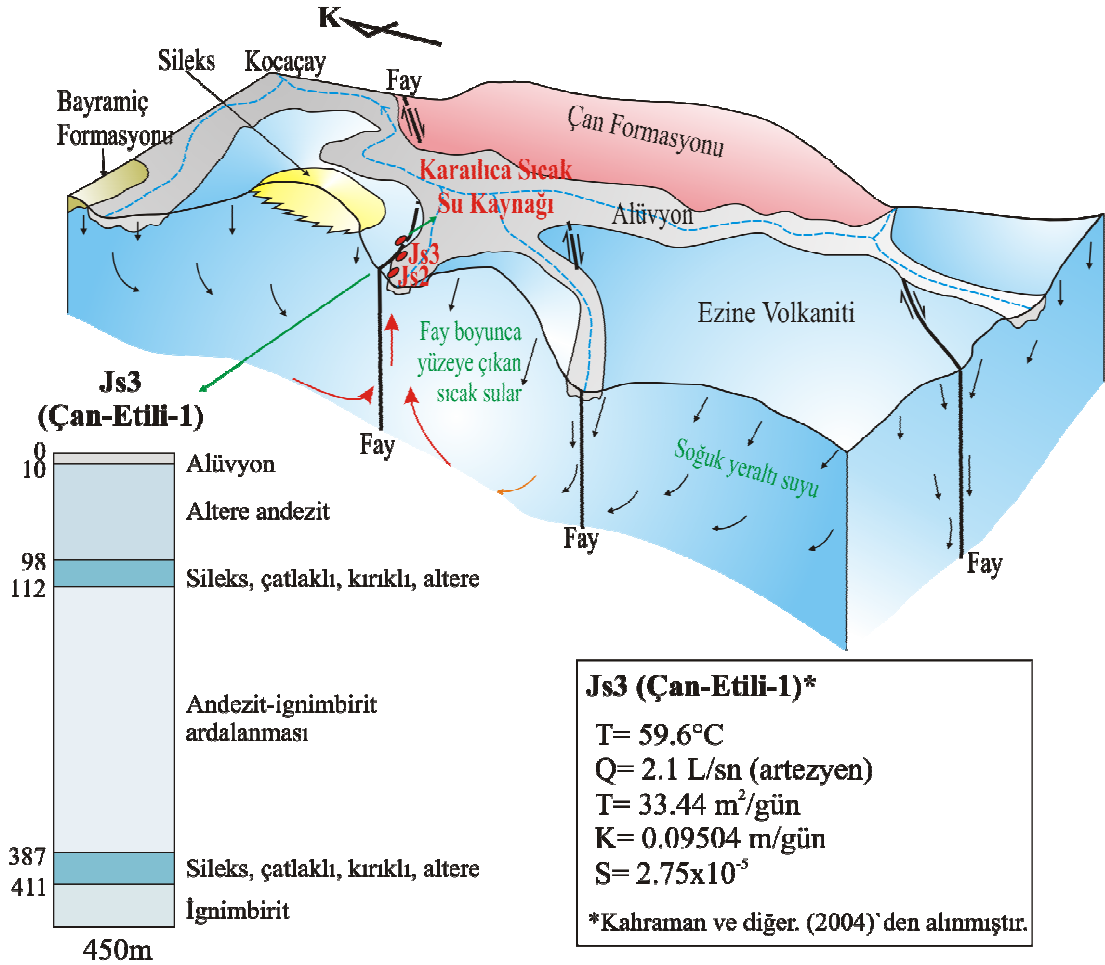
5.1.1.3 Karalıda Sıcak Su Kaynağı

Karalıda sıcak su kaynağı, Çan İlçesi'ne yaklaşık 13 Km mesafedeki Tepeköy'ün 1 Km güneyinde yer alır. Çamtepe'nin güney yamacından çıkan sıcak suların olduğu yere kurulu olan Karalıda Kaplıcası, geniş bir perspektiften Ağı Dağı'nın kuzey eteklerine bakan güzel bir orman manzarasına sahiptir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Karalıda Kaplıcası'nın güneydoğudan görünümü

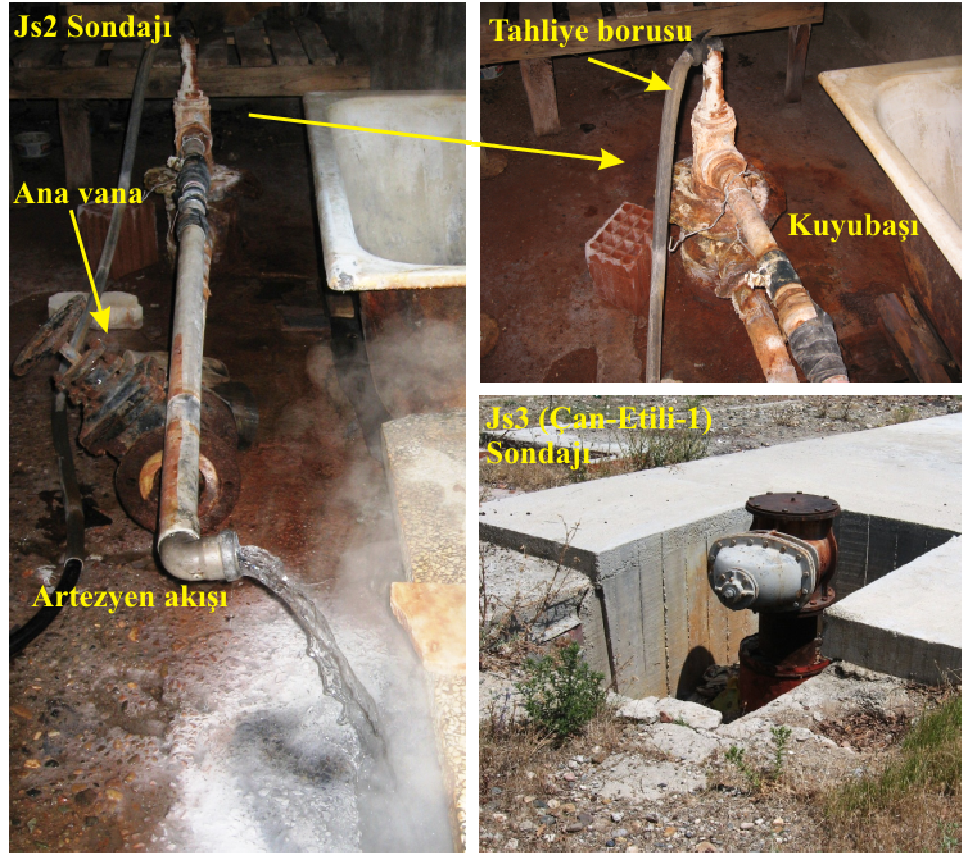
Belirlenen üç sıcak su kaynağında, kaynak başında ölçülen en yüksek sıcaklık değerleri sırasıyla Jk2 için 49,0°C, Jk3 için 41,9°C ve Jk4 için 35,4°C'dir (Tablo 5.1). Karalıda'daki kaynakların toplam debisi 3 L/s'dir. Bu kaynağa yönelik ilk hidrojeokimyasal değerlendirmelerin verildiği Çağlar (1948)'de Karalıda'daki kaynakların toplam debisinin 8-10 L/s civarında olduğu belirtilmiştir. Buna göre bugün kaynakların veriminin 1948 yılına göre 3 kat azaldığı söylenebilir. Kaplıca civarındaki kaynaklarda hafif kükürt kokusu vardır. Bölgedeki jeotermal sistemi genel özellikleriyle belirtmek için hazırlanan Şekil 5.7'deki şematik modelde ve Js3 sondajının logunda da görüldüğü gibi sıcak su kaynakları Ezine Volkaniti'nin silisifiye andezitik tüflerinden çıkmaktadır. Havzadaki diğer sıcak su kaynaklarında olduğu gibi bu kaynakta da fay denetimli bir sistemin varlığı söz konusudur. Kaplıcanın bulunduğu bölgedeki doğrultu atımlı fayların sıcak suyun yüzeye çıkışını sağladığı düşünülmektedir.



Şekil 5.7 Karalica Sıcak Su Kaynağı'nın şematik modeli ve akifer parametreleri

Kaplıcanın kuzeyindeki tepenin üst kesiminde Ezine Volkaniti üzerinde şapka gibi duran ve hidrotermal akışkanın kayaçların boşluklu kesimlerinde dolaşması ile oluşmuş sileks yatağı, endüstriyel hammadde olarak işletilmektedir.

Kaplıca yakınında sığ derinlikli 2 sıcak su sondajı bulunmaktadır. Bunlardan ilki Çobantepe mevkiinde bir bahçe içinde özel şahıs tarafından yaptırılmış 200 m derinlikli Js2 sondajıdır. Bu sondaj, asıl kaynağın çıktığı noktaya 382 m mesafede olup Js3 sondajına göre 30 m daha düşük kottadır. Js2 sondajının artezyen çıkışından ölçülen en yüksek sıcaklık değerleri 42,3°C ve artezyen debisi 1 L/s'dir (Şekil 5.8). Js2 sondajının kuyu başına takılan tahliye borusundan artezyen suyu dereye drene olmaktadır. Dereye boşalım noktasında, derenin akış yönünde 50 m devam eden ve giderek azalan kırmızı - turuncu renkli demir tortuları gözlenmektedir.



Şekil 5.8 Js2 ve Js3 nolu sıcak su sondajlarının kuyu başı görünümü

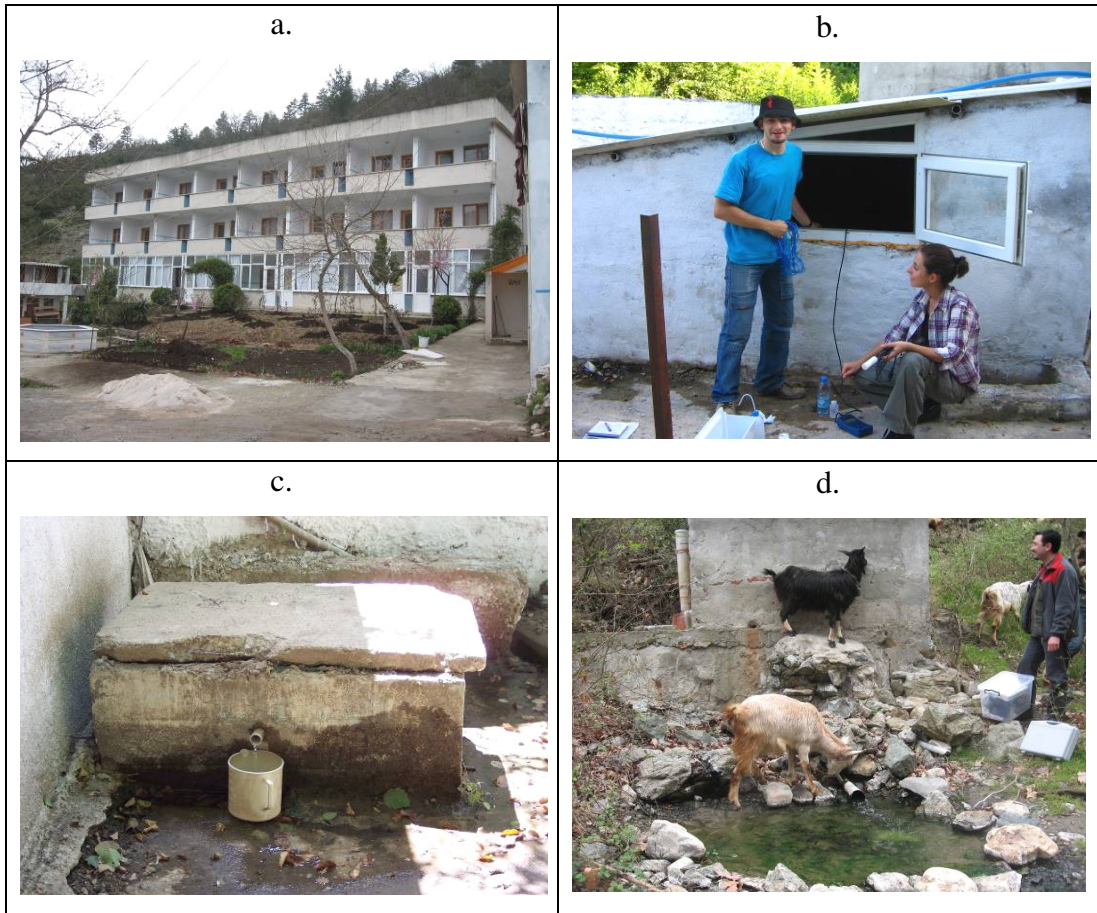
MTA tarafından açılmış 450m derinlikli Js3 (Çan - Etili - 1) sondajı, sıcak suyun kaynağına 50 m mesafede ve Karailıca Kaplıcası girişinin karşısındadır. Sondajın kuyu başı kapalı olduğundan bu sondaja ait veriler Kahraman ve diğer., (2004)'nden alınmıştır. Buna göre Js3'de ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 61°C ve sondajın artezyen debisi 2,1 L/s'dir. Sondajın kuyu logu ve pompaj testi sonuçlarından Kahraman ve diğer. (2004) tarafından Theis yöntemi ile hesaplanmış akifer parametreleri Şekil 5.7'de verilmiştir. Buna göre akiferin transmissibilitesi (T) 33,44 m²/gün, geçirimliliği (K) 0,09504 m/gün ve depolama katsayısı (S) 2,75x10⁻⁵'dir.

Güncel olarak Js2 ve Js3 sondajlarında üretim yapılmamakta olup özel bir arazi içinde bulunan Js2 sondajı, artezyen şeklinde kullanılmaktadır. Bu iki sondaj ve kaynaklar aynı fay hattı üzerindedir ve hidrojeokimya bölümünde tartışıldığı gibi kimyasal analiz sonuçlarına göre aynı akiferden geldikleri düşünülmektedir. Henüz bu sondajlardan çekim yapılmadığı için herhangi bir etkileşim sorunu yaşanmamakla birlikte, ileride sondajlar aktif olarak kullanılmaya başladığında aşırı çekim yapılırsa

akiferin basınç seviyesinin (piyezometrik yüzey) düşmesi ve Karalıda Kaplıcası'nı besleyen kaynakların kuruması söz konusu olabilir.

5.1.1.4 Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı

Çan ilçesine 17 Km mesafede olan ve Bardakçılar Köyü'nün yaklaşık 2 Km güneyinde yeralan bu sıcak su kaynağı Kocaçay'ın bir kolu olan Bıçkı deresinin yatağından çıkan 3 sıcak su kaynağı ile temsil edilmektedir (Şekil 5.9).

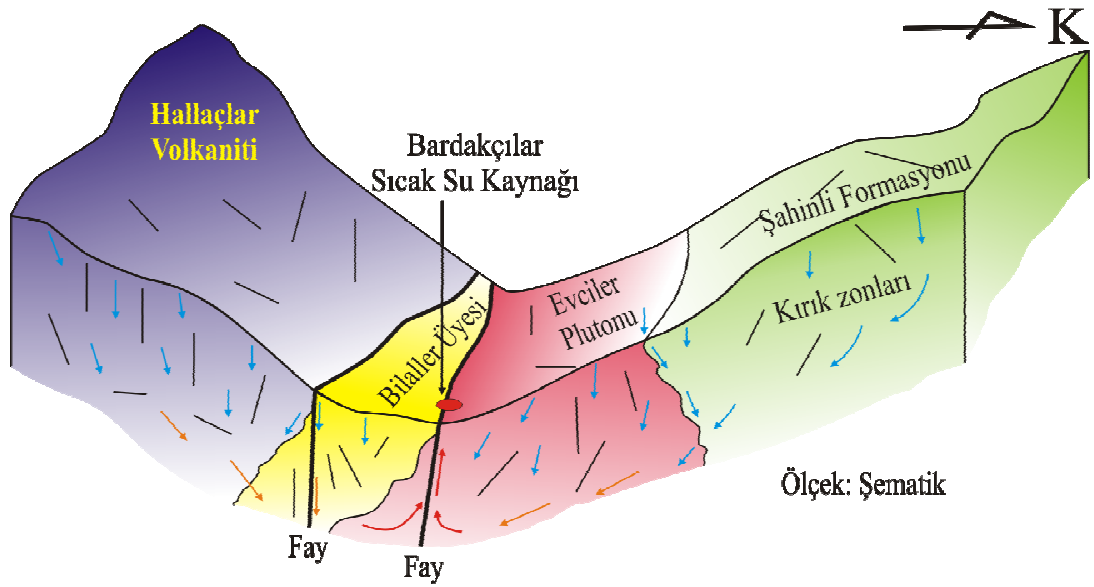


Şekil 5.9 Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı; a. genel görünüm, b. Jk5 kaynağı c. Jk6 kaynağı, d. Jk7 kaynağı

Bu kaynakla ilgili hidrojeokimyasal bilgilere ilk olarak Çağlar, (1948)'da rastlanmaktadır. Kaynakların ikisi (Jk5 ve Jk6) Bardakçılar Kaplıcası'nda bulunmakla birlikte bir tanesi (Jk7) kaplıcanın 400 m batısından çıkmakta olup, boru ile taşınarak kaplıcanın ortak havuzuna verilmektedir. Bu çalışma sırasında kaynak

başında ölçülen en yüksek sıcaklıklar Jk5 için 52,9°C, Jk6 için 56,5°C, Jk7 için 52,2°C'dir. Kaynakların toplam debisi 2,7 L/s civarındadır. Kaplıca çevresinde açılmış herhangi bir jeotermal sondaj bulunmamaktadır.

Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı havzadaki diğer kaynaklara göre beslenme alanının üst kesimlerine en yakın kaynaktır. Kaynak çevresindeki jeoloji ve yeraltı suyu hareketini genel olarak temsil etmesi açısından bölgenin basitleştirilmiş şematik modeli hazırlanmıştır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı ve çevresinin basitleştirilmiş şematik modeli

Bu sıcak su kaynağından çıkan sular Evciler Plutonu'na ait granitik kayalardan gelmektedir. Kaynakların yakın çevresinde gözlenen diğer litolojiler Şahinli Formasyonu, Bilaller Üyesi ve Hallaçlar Formasyonu'dur. Kaynaklar bölgedeki genel tektonik yapı ile uyumlu kuzeydoğu - güneybatı gidişli fay hattından çıkmaktadır. Dere yatağını takip eden fay boyunca tektonizmadan etkilenmiş kayalar birçok süreksizlik düzlemi içerir. Gerek fay hattının sebep olduğu süreksizlikler, gerekse granit kütesinin yerleşimi sırasında çevre kayalarda oluşması muhtemel kırık zonları jeotermal akışkanın jeolojik katmanlarda yükselmesi için gerekli olan sistemin oluşmasını sağlamıştır. Bu bölgede daha önce yapılmış jeofizik etüt ve sondaj gibi çalışmaların eksikliği en çok bu kaynakta

etkisini göstermektedir. Bu sebeplerden dolayı bölgedeki litolojiler derine doğru çok fazla takip edilememekte, yapılan yorumlar daha sınırlı kalmaktadır.

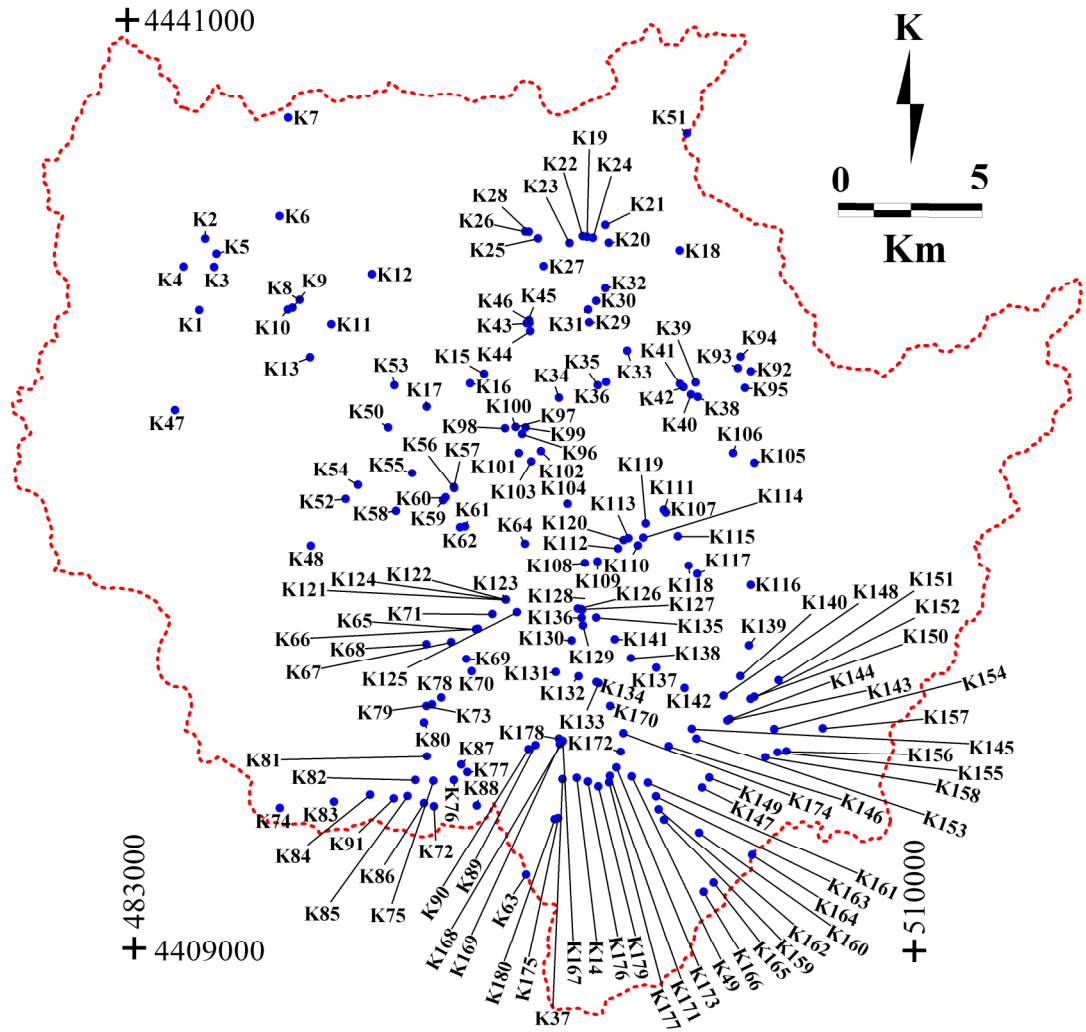
Havzadaki kaplıcaların bulunduğu yer bakımından doğası en güzel olanı bu kaynaktır. Ormanlık bir alan içinde kurulu olan kaplıcanın önünden yazın kurak dönem dışında sürekli akışa sahip Bıçkı dere geçmektedir. Bu dere üzerine kurulmuş küçük bir gölette küçük çapta alabalık yetiştirilmektedir. Kaplıca, Bardakçılar Köyü muhtarlığı tarafından işletilmekte olup çalışma alanındaki en bakımlı kaplıca olsa da koşulları yine de yetersizdir. Yılın her dönemi açık olan kaplıca, kışları bölgenin iklimi sert olduğundan pek talep görmemekle birlikte, bahar ve yaz aylarında havasının serinliği ve çevresinin doğal bir orman örtüsüyle kaplı olması nedeniyle tercih edilmektedir. Kaplıca ziyaretçileri termal sudan romatizmal ağrıları ve cilt hastalıklarını tedavi amaçlı olarak yararlanmaktadır.

5.1.2 Soğuk Su Kaynakları

Soğuk su kaynakları Çan Havzası'ndaki yüksek kesimlerde yaygın olarak gözlenir. Yöredeki halk arasında debisi yüksek kaynaklara genelde “binar” (örn: Kızılelma Binar Çeşmesi), ya da “patlak” (örn: Eskiyaıyla Küp Patlağı) adı verilmektedir. Genelde kaynaklar kapte edilerek kısa isale hatları ile yol kenarlarına getirilmiş kaynak çeşmeleri şeklindedir. Özellikle havzanın güney kesimine doğru yükseklikle doğru orantılı olarak sayısı artan soğuk su kaynaklarında, kaynak başında, temel fizikokimyasal özellikler ölçülmüştür. Kaynak çeşmesi ölçümleri kaynağa ulaşamadığımız durumlarda yapılmıştır. Soğuk su kaynaklarında bu çalışma sırasında 155 farklı noktada 211 arazi ölçümü yapılmış, 25 noktaya ait 45 ölçüm ise Baba ve diğer. (2008a)'den alınarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.11, Tablo 5.3).

Çan Havzası'nın özellikle güneyindeki yüksek kesimlerde soğuk su kaynakları bol olmasına karşın, bu kaynakların debileri 0,1 - 0,2 L/s civarındadır, az bir bölümü 1,0 L/s'nin üzerinde debiye sahiptir. Bölgedeki soğuk su kaynakları kışları yağış ve kar suları ile beslendiği için debileri artar. Yazları çok az akan veya çoğu kuruyan soğuk su kaynakları tekil olarak ya da 2 - 3 kaynaktan oluşan kaynak grubu şeklinde

gözlenir. Kaynakların haznelerini kayaçların süreksizlik zonları ve gözenekli - geçirimli kesimleri oluşturur ve bu kaynakların hepsi yağışlı mevsimde yüzeyden yeraltına inen sızıntı suları ile beslenir. Yüzeyden süzülerek yeraltına giren su, birimlerin geçirimli düzeylerinde ilerlerken karşılaştığı nispeten daha az geçirimli ya da geçirimsiz tabaka sınırları boyunca eğim yönünde hareket eder ve eğer topoğrafyayı keserse kaynak şeklinde yüzeye çıkar. Çalışma alanında jeolojik birimlerin arasındaki sınırlardan gelen dokanak kaynakları da tespit edilmiştir.



Şekil 5.11 İncelenen soğuk su kaynaklarının havzadaki konumları

Çan Havzası'ndaki soğuk su kaynaklarında 2005 - 2008 yılları arasında çeşitli dönemlerde yapılan ölçümlerde sıcaklık, yükseklik ve kaynak noktasının litolojisini belirten bilgiler Tablo 5.3'de verilmiştir. Jeolojik formasyonlarda, kaynakların en düşük ve en yüksek debilerine göre verimleri (Q) L/s olarak şöyledir;

Şahinli Formasyonu.....	0,01 - 1,00,	Evciler Plutonu.....	0,01 - 3,00,
Bayramiç Formasyonu.....	0,01 - 0,45,	Çan Formasyonu.....	0,00 - 0,04,
Hallaçlar Volkaniti.....	0,00 - 2,00,	Alüvyon.....	0,10 - 0,11,
Ezine Volkaniti.....	0,00 - 0,20,	Bilaller Üyesi.....	0,00 - 0,20,
Sazak Formasyonu.....	0,03 - 1,10,	Çetmi Melanjı.....	0,03 - 0,60,
Sutüven Formasyonu	0,01 - 5,00,	Çal Formasyonu.....	0,01 - 0,03.

Buradan maksimum debileri 1,00L/s ve üzerinde olan kaynakların Şahinli Formasyonu, Hallaçlar Volkaniti, Sazak Formasyonu, Sutüven Formasyonu ve Evciler Plutonu'na ait yüzleklerden çıktığı görülmektedir. Diğer formasyonlardan beslenen kaynaklar ise daha düşük debilidir.

Çan Havzası'ndaki 60'a yakın köyün yaklaşık yarısının içme suyu ihtiyacı önceki yıllarda yapılmış "Çan - Etili Grubu İçme Suyu Şebekesi" (kısaca: Grup suyu) adlı sistemden sağlanmaktadır. Grup suyu şebekesine verilen suyun büyük bölümü bu çalışmada K90 no ile verilen ve Hallaçlar Volkaniti'nden çıkan kaynak grubundan beslenmektedir. Havzada debisi 1 L/s ve üzerindeki diğer önemli kaynaklar Tablo 5.4'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi bu kaynakların büyük bölümü Sutüven Formasyonu'ndan çıkmaktadır. Önceki yıllarda bölgedeki köylerde yaşanan içme suyu problemine çözüm olarak yapılmış grup suyu şebekesi günümüzde yetersiz gelmekte, havzadaki birçok köy su sıkıntısı yaşamaktadır. Grup suyu şebekesini yenileme ve yeni kaynakları sisteme dahil etme amacıyla İl Özel İdare Müdürlüğü bünyesinde çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca havzadaki köylerin su ihtiyacını karşılamak üzere kullandıkları diğer kaynaklardan bazıları şöyledir (Tablo 5.3'den):

K7: Kadılar Köyü kaynağı,

K30: Kulfa Köyü kaynağı,

K39: Çekiçler Köyü kaynağı,

K51: Mallıköy kaynağı,

K72, K77: Söğütalan Köyü kaynakları,

K147: Zeybekçayırı Köyü kaynağı,

K148: Eskiya Köyü kaynağı,

K167, K168, K169, K178: Kızılelma Köyü kaynakları.

Tablo 5.3 Soğuk su kaynaklarının özellikleri (1/4)

No	Açıklama	Dönemi	Z (m)	T (°C)	Debi (L/s)	Formasyon
K1	Kumarlar	Şub.08	290	9,2	0,06	Şahinli Formasyonu
		Haz.08		22,0	0,01	
K2		Şub.08	284	9,1	0,02	
		Haz.08		20,0	0,02	
K3		Haz.08	205	21,9	0,03	
K4		Haz.08	222	23,5	çok az	
K5		Şub.08	231	15,2		
K6	Üvezdere	Haz.08	275	19,7	0,03	
K7	Kadılar	Şub.08	331	8,4	0,17	
		Haz.08		21,3	0,03	
K8	Dumanköy	Şub.08	170	6,8		
Haz.08		23,4		0,01		
K9		Şub.08	150	11,2	0,01	
		Haz.08		20,1	0,01	
K10		Tem.07	168	25,7		
K11	Koyunyeri	Nis.07*	175	12,8		
		Ağu.07*		27,8		
K12	Doğancılar	Nis.07*	213	13,5	0,04	
		Ağu.07*		28,5		
K13	Ahlatlıburun	Tem.07	164	28,0		
K14	Kızılelma	Şub.07		10,0	0,30	
K15	Karakadılar	Nis.07	124	12,7	0,45	
		Tem.07		21,1		
Şub.08		9,1				
K16		Nis.07		12,3	0,08	
		Nis.07		14,2	0,02	
K18	Çan	Nis.07*	141	16,2	0,08	
		Ağu.07*		22,5		
K19	İlyasağaçıftlığı	Nis.07	220	15,0	0,10	
		Şub.08		12,7	0,20	
K20		Nis.07*	265	13,2		
K21		Nis.07	254	15,6	0,04	
K22		Nis.07	205	14,0		
K23		Nis.07	177	13,4	0,14	
K24		Şub.08	227	11,8		
K25	Karlıköy	Nis.07*	146	15,5	0,05	
		Ağu.07*		24,8		
Şub.08		10,1		0,17		
K26		Nis.07	169	15,3		
K27		Nis.07	138	13,7	0,05	
		Nis.07*		13,1		
K28		Ağu.07*	155	24,9		
K29	Kulfa	Nis.07*	165	13,2	0,05	
		Ağu.07*		19,0		
K30		Nis.07*	235	14,0		
		Ağu.07*		21,0		
K31		Nis.07	209	15,5	0,22	
K32	Nis.07	260	14,6			
K33	Durali	Nis.07*	130	17,8		
		Ağu.07*		29,0		
K34		Nis.07		14,7	0,01	
K35		Nis.07	98	15,4	0,04	
K36	Nis.07	113	15,0			
K37	Kızılelma	Şub.07		9,8	0,20	
K38	Cekiçler	Nis.07	135	13,2	0,09	
		Şub.08		11,7	0,50	
K39		Nis.07*	168	15,4	0,01	
		Ağu.07*		28,0		
K40		Nis.07	154	14,1		
K41		Nis.07	204	16,2	0,04	
K42		Nis.07*	195	16,9	0,03	
		Ağu.07*		25,1		

Tablo 5.3'ün devamı (2/4)

No	Açıklama	Dönemi	Z (m)	T (°C)	Debi(L/s)	Formasyon	
K43	Yayaköy	Nis.07*	213	14,6	0,70	Şahinli Formasyonu	
		Ağu.07*		22,5			
K44		Nis.07	102	15,3	0,05	Alüvyon	
K45		Nis.07	113	16,9	0,03	Şahinli Formasyonu	
K46	Çamköy	Nis.07	122	14,6	0,11	Alüvyon	
K47		Haz.08	243	21,4		Ezine Volkaniti	
K48	Keçiğalı	Nis.07*	173	14,9		Ezine Volkaniti	
		Ağu.07*		23,4			
K49	Zeybakçayırı	Şub.07		9,9		Alüvyon	
K50	Etili	Nis.07		17,9	0,01	Bayramiç Formasyonu	
K51	Kocayayla	Nis.07*	332	14,5	0,04	Çamlıca Metamorfitleri	
K52	Etili	Tem.07		17,0		Ezine Volkaniti	
K53		Tem.07	148	20,9		Bayramiç Formasyonu	
K54		Tem.07		25,0	0,01		
K55	Tepeköy	Tem.07	103	19,5	0,13	Ezine Volkaniti	
		Şub.08		13,2			
K56		Tem.07	95	20,7	0,04		
		Şub.08		12,7	0,06		
		Haz.08		19,2	0,03		
K57		Tem.07	112	22,0	0,00		
K58		Şub.07		13,3	0,20		
		Tem.05		17,6	0,03		
		Tem.07	104	18,9	0,02		
		Haz.08		16,7	0,02		
K60		Tem.07	131	22,0			
K61	Göle	Tem.07	100	24,8	0,08	Alüvyon	
K62		Tem.07	132	25,1		Bayramiç Formasyonu	
K63	Kızılelma	Nis.07*	463	13,6	0,07	Çetmi Melanjı	
		Ağu.07*		27,6			
K64	Uzunalan	Tem.07	144	24,6	0,08	Ezine Volkaniti	
K65	Bilaller	Şub.07	196	8,1		Bilaller Üyesi	
		Haz.08		29,0	0,00		
K66		Nis.07*	195	14,8	0,08		
		Haz.08		17,6	0,17		
		Ağu.07*		19,0			
K67		Şub.07		7,3	0,20		
K68		Şub.07		12,0			
K69		Şub.07		7,2			
K70		Şub.07		7,1	0,05		
K71	Haz.08	154	30,2	0,00	Şahinli Formasyonu		
K72	Söğütalan	Nis.07*	589	12,7		Hallaçlar Volkaniti	
		Ağu.07*		17,0			
K73		Nis.07*	339	14,8		Hallaçlar Volkaniti	
		Ağu.07*		21,6			
K74		Şub.07		5,9	3,00	Evciler Plutonu	
K75		Şub.07		9,7	0,70	Hallaçlar Volkaniti	
K76		Şub.07		10,0	2,00		
		Nis.07*	645	10,3	0,01		
Ağu.07*		18,5					
Şub.07		11,0		0,09			
K77		Şub.07		7,0			Evciler Plutonu
K78		Şub.07		9,0			
K79		Şub.07		8,0			
K80		Şub.07		9,0			
K81		Şub.07		8,0			
K82		Şub.07		9,0			
K83		Şub.07		9,1			
K84		Şub.07		5,7			
K85		Şub.07		12,0			
K86	Şub.07		8,8	0,05	Hallaçlar Volkaniti		
K87	Şub.07		6,9	1,50			
K88	Şub.07		9,1	0,07			
	Ağu.06	181	7,0				
	Mar.07		8,9				
	Tem.07		30,8				
K89	Şub.08			9,4			
K90	Kızılelma	Ağu.07*		12,6			

Tablo 5.3'ün devamı (3/4)

No	Açıklama	Dönemi	Z(m)	T (°C)	Debi (L/s)	Formasyon	
K91	Söğütalan	Şub.07		9,1		Evciler Plutonu	
K92	Büyüktepeköy	Şub.08	195	6,9		Şahinli Formasyonu	
K93		Şub.08	199	13,7		Işıkeli Riyoliti	
K94		Şub.08	179	11,0			
K95		Tem.07		19,8	0,01	Alüvyon	
K96	Büyükpaşa	Tem.07		24,6		Bayramiç Formasyonu	
K97		Tem.07	96	21,4		Bayramiç Formasyonu	
K98		Tem.07	98	23,0			
K99		Nis.07		14,0	0,04		
K100		Nis.07	96	15,4	0,02		
		Tem.07		21,4			
K101	Küçükpaşa	Tem.07	90	14,6		Alüvyon	
K102		Tem.07		24,0	0,02	Ezine Volkaniti	
K103		Tem.07	102	24,5			
K104		Tem.07	143	21,5	0,03		
K105	Karakoca	Tem.07		25,0		Alüvyon	
K106		Tem.07	113	21,0			
K107	Terzialan	Nis.07	136	14,1	0,03		Alüvyon
		Tem.07		22,4	0,02		
		Şub.08		9,5	0,03		
		Haz.08		20,0	0,03		
K108	Bardakçılar	Nis.07	210	14,2	0,06	Şahinli Formasyonu	
		Tem.07		16,8	0,06		
		Şub.08		10,9	0,05		
K109		Nis.07	187	14,7	0,02		
				Şub.08	10,1		0,20
				Haz.08	24,1		0,01
K110	Terzialan	Nis.07	158	15,0			Şahinli Formasyonu
		Tem.07		26,5	0,05		
		Şub.08		10,2	0,20		
		Haz.08		25,8	0,10		
K111		Tem.07	129	23,1	0,01		
				Haz.08	22,2		
K112		Nis.07	165	16,2	0,01		
				Haz.08	25,1		
K113		Nis.07		14,0	0,03		
K114		Tem.07	173	26,5			
K115		Tem.07	153	21,8			
K116		Tem.07	326	14,9		Sazak Formasyonu	
K117		Tem.07		22,6	0,01	Çal Formasyonu	
K118		Tem.07	181	23,0	0,03		
K119		Şub.08	136	10,8		Şahinli Formasyonu	
K120		Haz.08	159	23,1	0,01		
K121	Bardakçılar	Tem.07	145	26,0	0,02	Bilaller Üyesi	
K122		Şub.07		8,0			
K123		Haz.08	142	25,7	0,02		
K124		Tem.07		27,4	0,02		
		Tem.07	210	25,8	0,02		
		Şub.08		9,3			
		Haz.08		20,1	0,02		
K126		Nis.07	262	19,2	0,04	Şahinli Formasyonu	
		Tem.07		18,5	0,05		
		Şub.08		12,7	0,04		
K127		Nis.07	301	14,1	0,02		
		Şub.08		8,9	0,02		
		Nis.07		270	12,3		0,08
Şub.08		7,4					
K129		Nis.07	296	24,4	0,03		
		Şub.08		8,9			
K130		Şub.08	338	10,0			
		Haz.08		19,3	0,01		
		K131	Nis.07*	203	12,7		
Ağu.07*			23,0				
Tem.07			23,0				
Haz.08			24,9				

Tablo 5.3'ün devamı (4/4)

No	Açıklama	Dönemi	Z (m)	T (°C)	Debi (L/s)	Formasyon
K132	Bardakçılar	Tem.07	198	29,3	0,03	Bilaller Üyesi
		Haz.08		33,1	0,04	
K133	Ozancık	Tem.07	207	18,7	0,04	
Haz.08		16,2				
K134		Şub.07	209	8,1		
	Tem.07	19,2		0,02		
K135	Bardakçılar	Tem.07		20,0	0,04	Şahinli Formasyonu
K136		Tem.07	321	22,8	0,05	
K137	Ozancık	Şub.07		8,8	0,20	Hallaçlar Volkaniti
K138		Tem.07	225	22,0	0,05	Bilaller Üyesi
K139		Şub.07		10,0	0,20	
K140	Eskiyayla	Şub.07		9,0	0,10	Sazak Formasyonu
K141	Ozancık	Tem.07	351	19,3		Bilecik Formasyonu
K142	Eskiyayla	Şub.07		12,1	0,10	Evciler Plutonu
K143		Tem.07	511	14,2	1,50	
K144		Şub.07	512	10,0	3,30	Sütüven Formasyonu
		Tem.07		12,3		
K145		Şub.07	466	6,5		Evciler Plutonu
		Tem.07		26,7	0,03	
K146		Şub.07	347	7,9	0,20	
	Tem.07	24,5		0,01		
K147	Zeybakçayırı	Şub.07	366	9,1	1,00	Sütüven Formasyonu-Mermer
		Tem.07		11,0	1,00	
K148	Eskiyayla	Şub.07		10,1	1,10	Sazak Formasyonu
K149		Tem.07	344	19,5	0,40	Evciler Plutonu
K150		Tem.07	545	16,1	0,14	
K151		Tem.07	597	17,0	0,11	Sazak Formasyonu
K152		Tem.07	532	16,7	0,03	
K153		Tem.07	464	24,8		Evciler Plutonu
K154		Tem.07	518	12,2	0,02	
K155		Tem.07	465	24,5	0,02	
K156		Tem.07		14,1	3,00	Sütüven Fm.-Mermer
K157		Tem.07	515	14,6	5,00	Sütüven Formasyonu
K158	Zeybakçayırı	Tem.07	423	17,8	0,05	Sütüven Fm-Mermer d.
K159		Şub.07	380	6,7	0,80	Sütüven Formasyonu
				Tem.07	15,5	
K160		Tem.07	453	15,4	3,00	
K161		Şub.07		7,1	0,60	Çetmi Melanjı
K162		Tem.07	328	19,6	0,01	Sütüven Formasyonu
K163		Tem.07	302	24,1	0,02	
K164		Tem.07	719	25,4		Sütüven Formasyonu-Granitik Gnays
K165		Tem.07	678	16,7		
K166		Tem.07	675	11,5	3,00	
K167	Kızılelma	Şub.07		9,1	0,30	Hallaçlar Volkaniti
K168		Şub.07		9,6	0,30	
K169		Şub.07		9,9	0,50	
K170	Ozancık	Şub.07	213	7,1		
		Haz.08		21,2	0,00	
K171	Kızılelma	Nis.07*	318	14,1	0,03	Çetmi Melanjı-Serpantinit
		Ağu.07*		26,6		
		Haz.08		24,0		
K172	Zeybakçayırı	Şub.07	289	12,4	0,30	Evciler Plutonu
		Haz.08		18,1	0,05	
K173	Kızılelma	Şub.07	320	11,1	0,09	Çetmi Melanjı-Serpantinit
		Haz.08		21,9	0,05	
K174	Zeybakçayırı	Şub.07	253	9,7		
		Nis.07*		12,4	0,03	
K175	Kızılelma	Şub.07		11,0		Evciler Plutonu
K176		Şub.07		12,1	0,40	Çetmi Melanjı-Serpantinit
K177		Şub.07		12,5		
K178		Şub.07		11,6	0,01	Hallaçlar Volkaniti
K179		Nis.07*	309	12,8	0,07	Çetmi Melanjı-Serpantinit
K180		Nis.07*	397	13,9	0,06	Evciler Plutonu
		Ağu.07*		28,2		
*Baba ve diğer. (2008a)'den alınmıştır, Fm: Formasyonu, D: Dokanağı						

*Baba ve diğer. (2008a)'den alınmıştır, Fm: Formasyonu, D: Dokanağı

Tablo 5.4 Çan Havzası'nda debisi ≥ 1 L/s olan önemli kaynaklar

No	Debi (L/s)	Formasyon	Bilgi
K74	3	Evciler Plutonu	Cicikler Köyü kaynağı
K76	2	Hallaçlar Volkaniti	Söğütalan Köyü kaynağı
K87	1,5		Grup suyu kaynakları
K90	~10		
K143	1,5	Sütüven Formasyonu	Eskiayla patlak pınarı
K144	3,3	Sütüven Formasyonu - Mermer	Zeybekçayırı Köyü kaynağı
K147	1		Sellidere
K156	3	Sütüven Formasyonu	
K157	5		Sütüven Formasyonu - granitik gnays
K160	3		
K166	3		

Tablo 5.5'de soğuk su kaynaklarının jeolojik formasyonlardaki dağılımları kaynakların çıktığı noktaların yüksekliği ve kaynak sıcaklığı parametrelerinin birbirleri ile olan karşılaştırmaları verilmiştir. Formasyonlardan çıkan kaynakların yükseklik ve sıcaklık değerlerinin en düşüğü, en yükseği ve o formasyondaki kaynak sayısına bölünmesi ile elde edilen ortalama değerleri görülmektedir. Buna göre çalışma alanındaki en düşük kotlu kesimlerde alüvyon, en yüksek kotlu kesimlerde Sazak Formasyonu'na ait litolojiler gözlenir. Sıcaklık, litoloji ve yükseklik arasında yükseklikle ters orantılı bir korelasyon vardır. Alüvyonda soğuk su kaynaklarının ortalama sıcaklığı $17,6^{\circ}\text{C}$ iken, en yüksek kotlu kesimlerde gözlenen Sazak Formasyonu'ndan gelen soğuk su kaynaklarında ortalama sıcaklık değeri $13,4^{\circ}\text{C}$ 'dir.

Tablo 5.5 Soğuk su kaynaklarında ölçülen sıcaklık değerlerinin jeoloji ve yükseklik (Z) ile ilişkisi

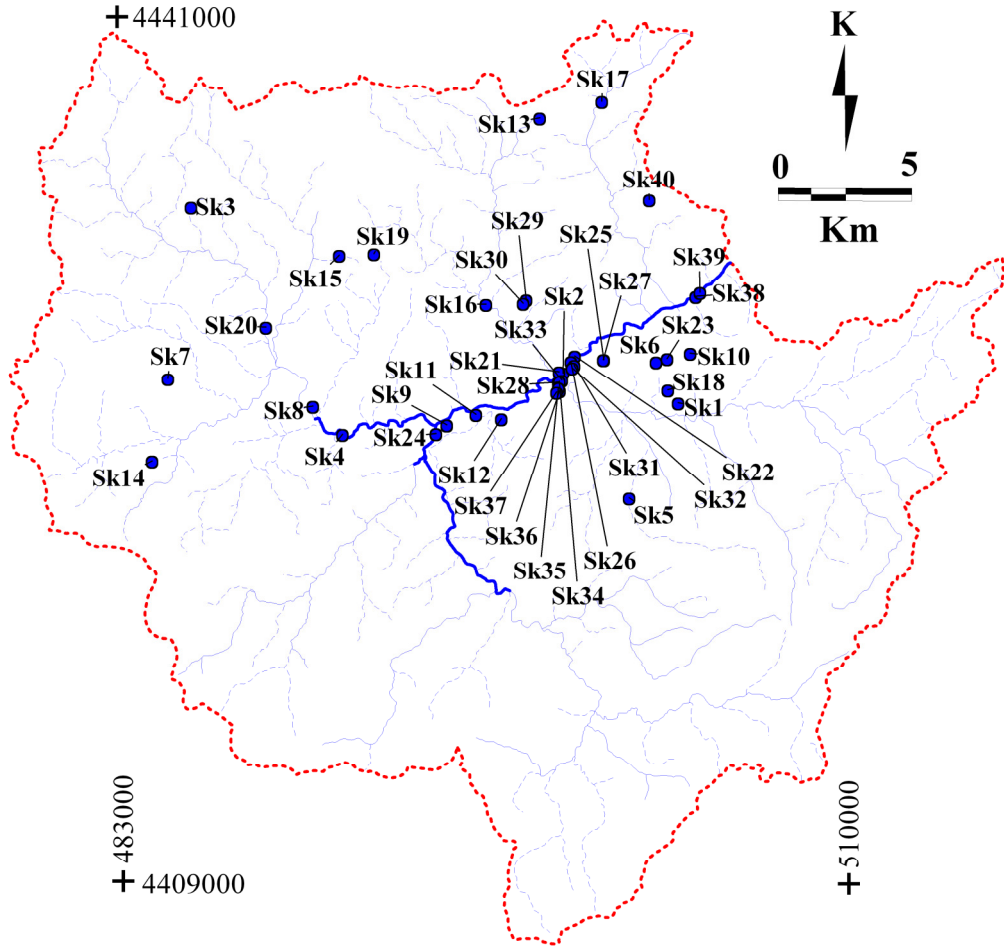
Formasyon	Kullanılan Nokta sayısı	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	Z_{ort}	$T_{\min}$	$T_{\max}$	T_{ort}
Alüvyon	12	90	136	119	9,5	25,0	17,6
Bayramiç Formasyonu	16	96	164	120	9,1	28,0	18,5
Ezine Volkaniti	20	95	243	127	12,7	25,0	19,6
Çan Formasyonu	4	130	213	172	13,5	29,0	22,2
Işıkeli Riyoliti	5	168	204	184	11,0	28,0	16,9
Bilaller Üyesi	27	142	225	196	7,2	33,1	19,2
Şahinli Formasyonu	83	98	338	205	6,8	27,8	16,5
Çetmi Melanjı	15	253	463	326	7,1	27,6	15,7
Hallaçlar Volkaniti	27	181	645	358	6,9	30,8	11,9
Evciler Plutonu	20	344	518	421	5,7	28,2	14,1
Sütüven Formasyonu	16	302	719	475	6,7	25,4	14,9
Sazak Formasyonu	7	326	597	500	9,0	17,0	13,4

Havzadaki soğuk su kaynaklarında yapılan 268 ölçüme göre genel sıcaklık ortalaması 16,4°C, kış ortalaması (Kasım-Mayıs ayları arası) 11,8°C, yaz ortalaması (Haziran-Ekim ayları arası) 21,6°C'dir. Soğuk su kaynaklarında ortalama yaz - kış sıcaklıkları arasındaki fark 9,8°C olup ortalamadan sapma miktarı yaz için 4,6°C, kış için 5,2°C'dir. Sıcak su çıkışlarının olduğu bölgelerde bazı durumlarda, yeraltında sıcak ve soğuk su karışarak ortalama yeraltı suyu sıcaklığını bir miktar artırabilir. Böyle kaynaklar yaz - kış normalin üstünde sıcaklık değerine sahiptir. Ayrıca yeraltında, kayalarda meydana gelen kimyasal süreçler sırasında ortama ısıveren reaksiyonlar (ekzotermik) gelişebilir ve bu da kayalar içerisinde dolaşan suyun sıcaklığını artırır. Arazi çalışmaları sırasında sıcak su kaynakları dışında soğuk yeraltı sularında herhangi bir yüksek ısı anomalisi tespit edilemediğinden litoloji ile soğuk su kaynaklarının sıcaklıkları arasında bir korelasyon saptanamamıştır. Bu değerlendirmeler ortalama değerler üzerinden yapılmış olup amacı soğuk su kaynaklarının temel özellikleri için ilk bakışta genel bir yaklaşım sağlamaktır. Nokta bazında ele alındığında genel değerlendirmeye seyrek olarak çelişen sonuçlar gözlenebilir.

5.1.3 Soğuk Su Sondajları

Bölgedeki su ihtiyacının karşılanmasında büyük oranda yeraltı suları kullanılmakta olup bunun için çeşitli derinliklerde açılmış sığ sondajlardan yararlanılmaktadır. İçme - kullanma ve sulamaya yönelik açılmış olan bu sondajlar Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KH) ve özel firmalar tarafından yapılmıştır (Şekil 5.12, Tablo 5.6). Havzada en çok su tüketiminin olduğu Çan İlçesi, Termik santral, seramik fabrikaları ve bazı köylerin su ihtiyaçları Durali, Hurma, Küçükpaşa ve Tepeköy civarındaki alüvyon akiferden karşılanmaktadır. Kocaçay ve kollarının oluşturduğu dere yatağı çevresinde gözlenen alüvyon, geçmişten günümüze işletilmekte olan verimli bir akiferdir. Alüvyonda açılmış birçok kuyu bulunmaktadır. Yapılan yeni sondajlar da bu alan ve çevresinde yer almaktadır. Ayrıca Çan ilçe merkezi çevresindeki alüvyonda açılmış çeşitli sondajlardan da gerekli durumlarda takviye yapılmaktadır. Tablo 5.6'ya göre bölgede bulunan sondajlardan alüvyondakiler 5-30 L/s arasında, Şahinli

Formasyonu'ndakiler 0(kuru) - 7.8 L/s arasında, Çan Formasyonu'ndakiler 0 (kuru) - 3 L/s arasında verime sahiptir.



Şekil 5.12 Çan Havzası'ndaki sondajların lokasyonları

Alüvyon, diğer litolojilere göre oldukça verimli bir akifer özelliğindedir. Alüvyonun kalınlığı değişken olup çalışma alanında maksimum 50 m olarak Sk27'de kesilmiştir. Sondaj derinlikleri 20 - 180 m arasında olup en sık sondajlar Hurmaköy civarındaki alüvyonda 20 m derinlikli açılmıştır. Sondajların bir bölümünün kuyu raporlarında yer alan pompaj testlerinden yararlanılarak akiferin transmissibilite (T) ve geçirgenlik katsayısı (K) hesaplanmıştır (Tablo 5.7). Pompaj testleri sabit debi altında pompaj kuyusundaki dinamik su seviyesinin zamana karşı değişimine ait verilerden oluşmaktadır. T ve K'nın hesaplamasında Theis yöntemi kullanılmıştır. Verilerin pompaj kuyusuna ait olması ve gözlem kuyusu verisi bulunmaması nedeniyle S (depolama katsayısı) hesaplanmamıştır. T'nin hesaplanması için gereken

W(u) fonksiyonu ve kuyudaki düşüm miktarı (s), Thies standart eğrisi ile kuyu verilerinden çizilmiş düşüm - zaman grafiği karşılaştırıldıktan sonra grafikten okunmuştur.

Tablo 5.6 Çan Havzası'ndaki sondajların özellikleri

No	Yer	Açılış yılı	Q (L/s)	SS (m)	DS (m)	D (m)	Akifer	Açılış Amacı
Sk1	Karakoca, çiftlik	2006	0,8	18	34	100	Şahinli Formasyonu	Sulama
Sk2	Durali Köyü sondajı			2,8			Alüvyon	İçme+kullanma
Sk3	Kumarlar bazalt ocağı			0,0			Şahinli Formasyonu	Kullanma
Sk4	Etili sondajı		5,0			35	Alüvyon	İçme+kullanma
Sk5	Terzialan sondajı			1,0			Şahinli Formasyonu	Kullanma
Sk6	Durali, Petrol istasyonu							
Sk7	Çamköy			1,8		180	Bayramiç Formasyonu	İçme+kullanma
Sk8	Etili salça fabrikası						Alüvyon	
Sk9	Karakadılar sondajı					60	Alüvyon+Çan Formasyonu	
Sk10	Çan beton santrali						Şahinli Formasyonu	Kullanma
Sk11	Küçükpaşa						Alüvyon	
Sk12							Ezine Volkaniti	
Sk13	Kocayayla	2001	0,3			96		
Sk14	Çamköy	2002	Kuru			146	Çan Formasyonu	İçme+kullanma
Sk15	Doğancılar	2002	Kuru			98		
Sk16	Yayaköy	2002	Kuru			72	Şahinli Formasyonu	
Sk17	Kocayayla	2003	Kuru			157	Çamlıca Metamorfileri-Şahinli Formasyonu	
Sk18	Büyüktepe	1992	20,0	14,0	50	84	Alüvyon	
Sk19	Bahadırılı	2003	3,0	18,0	54	100	Çan Formasyonu	
Sk20	Şerbetli	2002	Yetersiz				Alüvyon+Bayramiç Formasyonu	
Sk21	Durali	1997	11,0	3,0	10	30	Alüvyon	
Sk22		2001	23,0	0,6	3	30		
Sk23	Büyüktepe	2004	2,0	12	32	100	Çan Formasyonu+Şahinli Formasyonu	Sulama
Sk24	Küçüktepe	2001	7,0	6	12	56	Alüvyon	Kullanma
Sk25	Durali -Termik Santral	2001	20,0	0,6	3	30		İçme
Sk26		2001	20,0	0,8	4	30		Sulama
Sk27		2001	15,0	1	5	30		Kullanma
Sk28		Hurmaköy	2003	15,0	16	32		
Sk29*	Durali -Termik Santral	2000	1,5	21	73	150	Çan Formasyonu	İçme+kullanma
Sk30*		2000	1,0	16	32	100		
Sk31*		2001	20,0	3	5	32	Alüvyon	
Sk32*	Hurmaköy	2001	17,0	3	5	31		
Sk33*	Çan Belediyesi	1978	30,0	6	8	30		
Sk34*		2001	25,0	7	12	36		
Sk35*	Hurmaköy-Çanakkale Seramik	1980	20,0	4	8	32		
Sk36*		1980	24,0	5	8	30		
Sk37*		1980	22,0	4	7	36		
Sk38*		1988	15,0	3,5	7	20		
Sk39*		1988	16,0	3,2	7	20		
Sk40*		Mallıköy	2000	7,8	3,5	47	120	
*: Gülen (2005)'den alınmıştır, Q : Debi, SS : Statik yeraltı su seviyesi, DS : Dinamik yeraltı su seviyesi, D : Derinlik								

*: Gülen (2005)'den alınmıştır, Q: Debi, SS: Statik yeraltı su seviyesi, DS: Dinamik yeraltı su seviyesi, D: Derinlik

Hesaplamalarda kullanılan formüller ve açıklamaları şöyledir:

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u) \quad \text{ve} \quad K = \frac{T}{b}$$

T: Transmissibilite (m²/gün)

Q: Debi (m³/gün)

$W(u)$: Kuyu fonksiyonu (boyutsuz)

s : Kuyudaki düşüm miktarı (m)

K : Geçirgenlik katsayısı (m/gün)

b : Akiferin kalınlığı (m)

Tablo 5.7 Sondaj verilerinden Theis yöntemine göre hesaplanmış T ve K değerleri

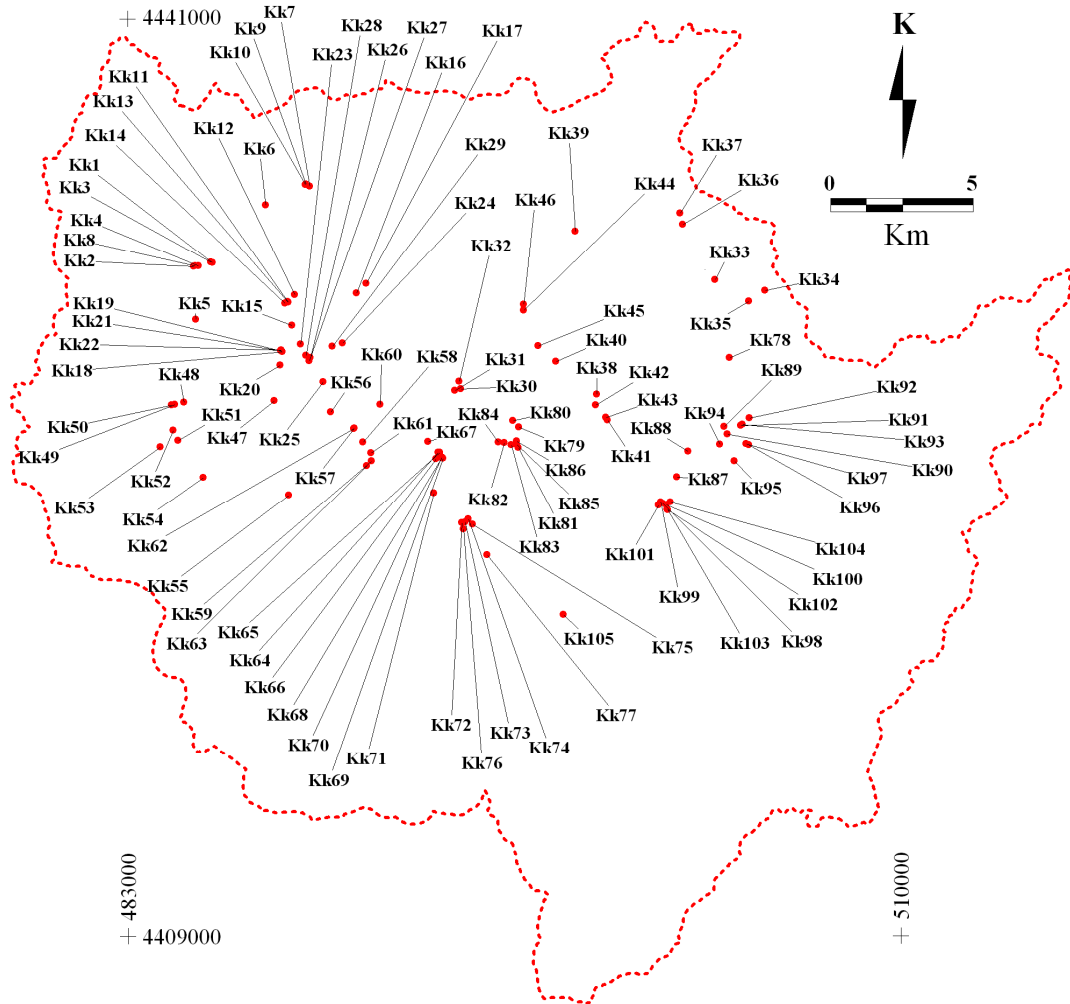
Sondaj no	T (m ² /gün)	K (m/gün)	Litoloji
Sk1	2,5	0,031	Şahinli Formasyonu (Dasitik tüf)
Sk22	421,0	16,8	Alüvyon (kumlu çakıl)
Sk24	50,7	1,01	Alüvyon
Sk25	275,0	----	Alüvyon
Sk26	178,8	7,5	Alüvyon (kumlu çakıl)
Sk27	137,0	5,50	Alüvyon (kumlu çakıl)
Sk28	257,8	10,74	Alüvyon

Çalışma alanındaki alüvyonun değişik noktalarındaki sondajlara ait T değerleri 50,7 - 421 m²/gün arasında değişmektedir. Şahinli Formasyonu'nun dasitik tüflerinden beslenen Sk1'de T değeri alüvyonda açılmış sondajların T değerlerine göre oldukça düşüktür. En yüksek T değeri kumlu çakıldan oluşan alüvyon tabakasında açılmış olan Sk22 sondajına aittir. Bu sondajda T değeri 421 m²/gün hesaplanmıştır. Bu değer alüvyonun bu bölgede T değerinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. K (geçirgenlik katsayısı) değerleri alüvyonda 1,01 -10,74 m/gün arasındadır. Şahinli Formasyonu'ndaki Sk1 sondajına ait K değeri 0,031 m/gün'dür. Alüvyon'un litolojik özelliklerinden dolayı geçirgenlik katsayısının Şahinli Formasyonu'na göre çok yüksek olduğu görülmektedir.

5.1.4 Keson Kuyular

Çan Havzası'nın orta kesiminde keson kuyular oldukça yaygındır. Tarlalarda, evlerin bahçelerinde ve yol kenarlarında gözlenen keson kuyulardan, genellikle hayvan ve bitki sulama amacıyla yararlanılmakta, su sıkıntısının olduğu durumlarda bazen içme için de kullanılmaktadır. Pek çoğunun fiziki koşulları kötü olan bu kuyuların çapları genelde 1 m ve derinlikleri ortalama 7 - 8 m'dir. Maksimum 11 m derinliğe kadar açılmış olanları da mevcuttur. Keson kuyular, çalışma alanında

yeraltı su seviyesinin yüzeyden görülebildiği yegane yapılardır. Bu çalışmada 87 farklı keson kuyuda 122 ölçüm yapılmış, 13 noktaya ait 21 ölçüm Baba ve diğer. (2008a)'den alınarak, toplam 105 noktadaki 143 ölçüm değerlendirilmiştir (Şekil 5.13, Tablo 5.8). Havzanın en düşük kotlu kesimlerdeki vadi tabanlarında ve genelde alüvyonda açılmış olan keson kuyular havzanın güneyine doğru belirli bir yükseklikten sonra oldukça seyrekleşir. En yüksek noktası 1111 m olan Çan Havzası'nda Bardakçılar Köyü içinde bulunan Kk105 nolu keson kuyu 335 m kotunda olup bu kuyudan daha yüksek kesimlerde pek kuyu gözlenmez. Bunun nedenleri havzada yüksek kesimlere doğru gidildikçe su kaynaklarının çoğalması, kayalarla kuyu açmanın alüvyona göre daha zor olmasıdır.



Şekil 5.13 Keson kuyu ölçüm noktaları

Bu çalışmada yeraltı suyunun fizikokimyasal özelliklerini belirlemek için 105 farklı keson kuyuda yapılan ölçümlerden ölçüm yerleri, dönemi, ölçüm noktası kotu ve sıcaklık değerleri Tablo 5.8’de verilmiştir. Tabloya göre havzadaki keson kuyularda yeraltı suyu sıcaklıkları en düşük 7,6°C (Kk10) en yüksek 28,4°C (Kk23) olarak ölçülmüştür.

Çan Havzası’ndaki keson kuyularda yapılan 143 arazi ölçümüne göre genel sıcaklık ortalaması 16,6°C, kış ortalaması (Kasım - Mayıs ayları arası) 12,7°C, yaz ortalaması (Haziran - Ekim ayları arası) 22,2°C’dir. Soğuk su kaynaklarında ortalama yaz - kış sıcaklıkları arasındaki fark 9,5°C olup ortalamadan sapma miktarı yaz için 3,9°C, kış için 5,6°C’dir. Sıcaklıkların ortalamadan sapma miktarları, kaynaklarda kış için, keson kuyularda ise yaz için daha fazladır. Bunun sebebi, kaynaklar genelde yüksek kesimlerde yer aldığından kış koşullarındaki sıcaklık düşüşü daha yüksektir. Keson kuyular ise çoğunlukla havzanın ortasındaki nispeten düz ve güneş ışığının daha rahat ulaştığı bölgede olduğundan yaz aylarındaki sıcaklık değişimi daha fazladır.

5.1.4.1 Yeraltı Su Tablası Haritası

Çan Havzası’ndaki keson kuyularda 2008 yılının kış ve yaz döneminde statik yeraltı su seviyeleri ölçülerek yeraltı su tablası haritası hazırlanmıştır (Şekil 5.14). Havzada ilk olarak bu çalışma ile literatüre kazandırılan haritanın yapılmasının amacı, havzadaki yeraltı suyu akış çizgilerinin yönünün genel olarak belirlenmesi, varsa yeraltı su seviyesindeki değişimlerin ortaya konması ve Kocaçay’ın yeraltı suyu ile olan ilişkisinin belirlenmesidir. Yükseklik (Z) ölçümleri mevcut olanaklar çerçevesinde ± 5 m hata payı olan Garmin 12XL GPS ile yapılmıştır. Ufuk çizgisinin geniş açılı ile görülemediği, ya da ölçüm yapılan nokta üzerinden o anda geçen uydu sayısının yetersiz olduğu noktalarda GPS’in bağlantı kurduğu uydu sayısı azalmakta ve barometrik yükseklik okuması olmayan bu tür GPS’lerin yükseklik değerlerindeki hata payları birkaç kat artmaktadır. O nedenle, bu çalışmada vadi içlerindeki ölçüm noktalarına ait su kotlarının hesaplanması sırasında bazı yanlışlıkların olmuş olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 5.8 Çalışma alanında ölçüm yapılan keson kuyular (1/3)

No	Yer	Dönemi	Z (m)	T(°C)	Litoloji
Kk1	Kumarlar	Şub.08	203	12,7	Şahinli Formasyonu
		Haz.08		19,7	
Kk2		Şub.08	202	10,7	
Kk3		Haz.08	207	19,7	
Kk4		Haz.08	210	18,5	
Kk5		Şub.08	322		
Kk6	Üvezdere	Haz.08	286	18,6	Şahinli Formasyonu-Korudere İ. Ü. d.
Kk7	Kadılar	Şub.08	330	12,1	Şahinli Formasyonu
		Haz.08		24,3	
Kk8	Kumarlar	Haz.08	205	18,4	
Kk9	Kadılar	Şub.08	337	8,3	Şahinli Formasyonu-Korudere İgnimbirit Üyesi dokanağı
		Haz.08		18,3	
Kk10		Şub.08	333	7,6	
		Haz.08		18,3	
Kk11	Dumanköy	Şub.08	162	11,2	Şahinli Formasyonu
		Haz.08		21,2	
Kk12		Şub.08	166	12,5	
		Haz.08		18,0	
Kk13		Haz.08	163	25,0	
Kk14		Şub.08	170	13,3	
Kk15	Şerbetli	Tem.07	177	18,1	Bayramiç Formasyonu.
Kk16	Koyunyeri	Nis.07*	214	13,2	Şahinli Formasyonu
Kk17		Nis.07*	232	13,0	Işıkeli Riyoliti
Kk18	Şerbetli	Tem.07	132	17,6	Bayramiç Formasyonu-Alüvyon d.
		Şub.08		13,2	
Kk19		Tem.07	137	19,7	Bayramiç Formasyonu
Kk20		Şub.08	133	10,7	
		Haz.08		19,7	Bayramiç Formasyonu-Alüvyon d.
Kk21		Tem.07	137	21,0	
		Şub.08		9,9	
Kk22		Tem.07	132		
Kk23	Ahlatlıburun	Nis.07*	144	15,4	Alüvyon
		Ağu.07*	144	28,4	Bayramiç Formasyonu
Kk24		Şub.08	178		
		Haz.08	178	19,6	
Kk25		Şub.08	146	10,6	
		Haz.08	146	18,8	
Kk26		Haz.08	152	19,4	
Kk27		Haz.08	142	19,1	
Kk28		Haz.08	146	18,9	
Kk29		Şub.08	182	9,2	
Kk30	Karakadılar	Nis.07	165	16,1	Bayramiç Formasyonu
		Şub.08		13,7	
Kk31		Nis.07	167	15,6	
Kk32		Şub.08	140	13,2	
Kk33	Çan	Nis.07*	111	15,0	Çan Formasyonu
		Ağu.07*		24,0	Alüvyon
Kk34		Nis.07*	91	17,1	
		Ağu.07*		21,3	
Kk35		Nis.07*	75	17,6	
		Ağu.07*		24,4	
Kk36	Mallıköy	Şub.08	220	12,4	Şahinli Formasyonu
Kk37		Şub.08	265	12,0	
Kk38	Durali	Nis.07	93	17,7	Alüvyon
Kk39	İlyasağaçiftliği	Nis.07	209	13,2	Şahinli Formasyonu
Kk40	Durali	Nis.07*	84	14,6	Alüvyon
		Ağu.07*		22,4	
Kk41	Hurmaköy	Nis.07*	93	13,0	
		Tem.07		18,8	
Kk42		Nis.07*	81	16,3	
Kk43		Tem.07		18,4	

Tablo 5.8'in devamı (2/3)

No	Yer	Dönemi	Z (m)	T(°C)	Litoloji
Kk44	Yayaköy	Nis.07*	132	14,7	Şahinli Formasyonu
		Ağu.07*		25,1	
Kk45		Nis.07*	97	13,1	Alüvyon
		Ağu.07*		18,5	
Kk46	Küçüközü	Şub.08	125	10,4	Bayramiç Formasyonu
Kk47		Şub.08	161	14,1	
Kk48	Çamköy	Şub.08	227	11,4	Bayramiç Formasyonu
		Haz.08		21,0	
Kk49		Şub.08	237	12,3	Bayramiç Formasyonu- Ezine Volkaniti d.
		Haz.08		17,4	
Kk50	Çaltıkara	Haz.08	243	18,5	Ezine Volkaniti
Kk51		Şub.08	225	11,5	
Kk52		Şub.08	238	10,4	
		Haz.08		16,8	
Kk53		Şub.08	237	17,5	Ezine Volkaniti ayrışma zonu
		Şub.08		16,1	
Kk54	Hacıkasım	Şub.08	198	10,8	Çan Formasyonu
		Haz.08		18,0	
Kk55	Keçiğalı	Nis.07*	138	12,4	Alüvyon
Kk56	Alibeyçiftliği	Haz.08	127	19,6	
Kk57	Etili	Tem.07	128	20,1	Bayramiç Formasyonu
		Şub.08		9,7	
Kk58		Tem.07	127	18,8	
		Şub.08		11,7	
Kk59		Tem.07	96	16,4	Alüvyon
		Şub.08		14,1	
Kk60		Nis.07	156	12,7	Bayramiç Formasyonu
		Tem.07		17,6	
Kk61		Tem.07	105	19,4	
Kk62		Şub.08	133	8,1	
Kk63	Tepeköy	Şub.08	100	13,5	Ezine Volkaniti
Kk64		Tem.07	119	17,5	
		Nis.07		14,9	
Kk65		Nis.07*	125	13,5	
		Ağu.07*		20,0	
Kk66		Tem.07	137	16,7	Alüvyon
Kk67		Tem.07	103	16,7	
Kk68		Haz.08	121	21,4	Ezine Volkaniti
Kk69		Haz.08	124	21,8	
Kk70		Haz.08	122	20,9	
Kk71		Tem.07	109	20,7	
Kk72	Göle	Tem.07	92	18,6	Alüvyon
Kk73		Tem.07	104	15,9	
Kk74		Tem.07	104	18,9	
Kk75		Tem.07	105	15,7	Ezine Volkaniti
Kk76		Tem.07	125	18,8	
Kk77		Tem.07	127	20,5	
Kk78	Büyükpaşa	Şub.08	215		İşikeli Riyoliti
Kk79		Şub.08	91	11,4	Bayramiç Formasyonu- Alüvyon d.
Kk80		Tem.07	90	15,8	Bayramiç Formasyonu
Kk81	Küçükpaşa	Şub.08	75	12,1	Alüvyon
Kk82	Büyükpaşa	Tem.07	89	16,0	
Kk83	Küçükpaşa	Tem.07	81	15,4	Bayramiç Formasyonu
Kk84		Tem.07	90	17,2	
Kk85		Tem.07	91	18,0	
Kk86	Süleköy	Tem.07	93	18,3	Alüvyon
Kk87		Şub.08	130	10,9	
		Haz.08		22,6	
Kk88	Karakoca	Tem.07	105	18,0	Alüvyon
Kk89		Şub.08	108	19,9	

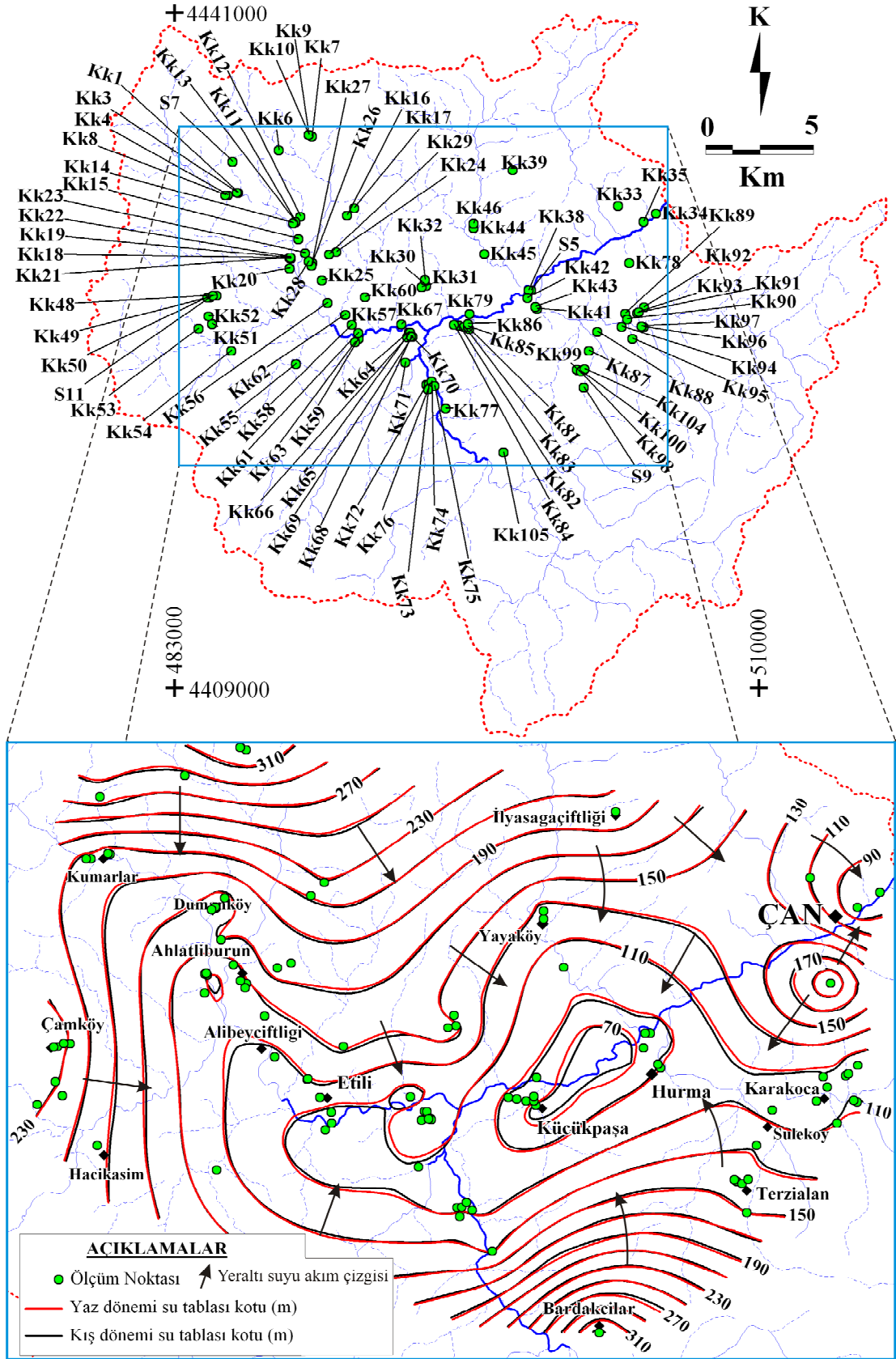
Tablo 5.8'in devamı (3/3)

No	Yer	Dönemi	Z (m)	T(°C)	Litoloji
Kk90	Karakoca	Tem.07	110	19,0	Alüvyon
Kk91		Tem.07	107	20,4	
Kk92		Tem.07	96	16,9	
Kk93		Tem.07	111	17,0	
Kk94		Tem.07	94	19,2	
Kk95		Tem.07	114	17,0	
Kk96		Tem.07	113	14,7	
Kk97		Tem.07	115	14,6	
Kk98	Terzialan	Tem.07	144	15,6	Şahinli Formasyonu
		Şub.08		12,8	
Kk99		Şub.08	144		
		Haz.08		21,5	
Kk100		Tem.07	146	19,3	
Kk101		Tem.07	145	17,7	
Kk102		Tem.07	154	19,5	
Kk103		Tem.07	151	20,2	
Kk104	Bardakçılar	Tem.07	335	17,0	
		Şub.08		11,5	
		Haz.08		22,2	
Kk105					

*:Baba ve diğer. (2008a)'den alınmıştır. **İ.Ü.d.:** ignimbirit üyesi dokanağı, **d:** dokanak.

Kış ölçümleri Şubat ve Nisan aylarında, yaz ölçümleri Temmuz ve Ağustos aylarında yapılmış ve haritanın hazırlanması için toplam 99 farklı su noktası kullanılmıştır. İki dönemde yapılan ölçümlere göre, en düşük su tablası kotu kış döneminde 72,7 m, yaz döneminde 71,7 m ve en yüksek su tablası kotu kış döneminde 335,2 m, yaz döneminde 334,5 m'dir. Kış döneminden yaz dönemine geçildiğinde ölçüm kuyularındaki en yüksek düşüm miktarı 3,8 m (Kk12, Kk21, Kk39) ve en az düşüm miktarı 0,1 m (Kk25)'dir (Şekil 5.14, Tablo 5.9).

Hazırlanan yeraltı su tablası haritası genel olarak bölgedeki yeraltı suyunun gidiş yönü ve kotu hakkında bilgi vermektedir. Şekil 5.14'deki harita bütünüyle incelendiğinde kış ve yaz dönemlerine ait yeraltı su kotları arasında çok fark olmayan hafif bir dalgalanma eğilimi gözlenir. Bu dalgalanma, yüksek kotlu kesimlerde daha az iken bölgenin düşük kotlu kesimlerine doğru artmakta ve alüvyonla kaplı ovalarda maksimuma ulaşmaktadır. Alibeyçiftliği, Etili GD'su ve Küçükpaşa ile Hurma arasındaki bölgede kış ve yaz dönemi yeraltı su kotları arasındaki fark diğer bölgelere göre daha belirgindir. Çan çevresindeki fabrikaların ve Çan'ın su ihtiyacının büyük bölümünü sağlayan sondajların Küçükpaşa ve Hurma arasındaki bölgede bulunması yeraltı suyu akım çizgilerinin bu bölgeye doğru yönelmesinin sebebini oluşturur.



Şekil 5.14 2008 yaz ve kış dönemlerine ait yeraltı su tablası haritaları ve yeraltı su seviyesi ölçüm noktaları

Tablo 5.9'daki veriler Surfer8 (Golden Software, 2002) ortamına aktarılmıştır. Kriging metodu kullanılarak Şekil 5.14'deki yeraltı su tablası haritaları oluşturulmuştur.

Tablo 5.9 Yeraltı suyu seviyesi ölçüm noktalarına ait veriler

No	Z (m)	Su derinliği (m)		Su tablası kotu (m)		Dönemi		No	Z (m)	Su derinliği (m)		Su tablası kotu (m)		Dönemi	
		Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz			Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
Kk1	203	0,5	1,4	202,5	201,6	Şub.08	Tem.07	Kk57	128	0,2	2,0	127,8	126,0	Şub.08	Tem.07
Kk3	207	4,3	6,0	202,7	201,0	Şub.08	Tem.07	Kk58	127	1,2	3,5	125,8	123,5	Şub.08	Tem.07
Kk4	210	1,4	2,3	208,6	207,7	Şub.08	Tem.07	Kk59	96	1,5	3,0	94,5	93,0	Şub.08	Tem.07
Kk6	286	0,2	1,3	285,8	284,7	Şub.08	Tem.07	Kk60	156	0,5	1,6	155,5	154,4	Nis.07	Tem.07
Kk7	330	0,0	0,8	330,0	329,2	Şub.08	Tem.07	Kk61	105	0,9	2,0	104,1	103,0	Şub.08	Tem.07
Kk8	205	2,1	3,9	202,9	201,1	Şub.08	Tem.07	Kk62	133	0,5	1,7	132,5	131,3	Şub.08	Tem.07
Kk9	337	0,7	1,3	336,3	335,7	Şub.08	Tem.07	Kk63	100	6,0	7,5	94,0	92,5	Şub.08	Tem.07
Kk10	333	0,0	1,3	333,0	331,7	Şub.08	Tem.07	Kk64	119	2,5	4,5	116,5	114,5	Nis.07	Tem.07
Kk11	162	0,3	0,9	161,7	161,1	Şub.08	Tem.07	Kk65	125	4,2	4,9	120,8	120,1	Nis.07*	Ağu.07*
Kk12	166	1,8	1,9	164,2	164,1	Şub.08	Tem.07	Kk66	137	2,7	4,0	134,3	133,0	Şub.08	Tem.07
Kk13	163	0,2	0,7	162,8	162,3	Şub.08	Tem.07	Kk67	103	3,1	4,9	99,9	98,1	Şub.08	Tem.07
Kk14	170	4,0	6,0	166,0	164,0	Şub.08	Tem.07	Kk68	121	0,2	0,5	120,8	120,5	Şub.08	Tem.07
Kk15	177	3,0	3,8	174,0	173,2	Şub.08	Tem.07	Kk69	124	0,1	0,4	123,9	123,6	Şub.08	Tem.07
Kk16	214	1,6	3,0	212,4	211,0	Nis.07*	Tem.07	Kk70	122	0,2	0,9	121,8	121,1	Şub.08	Tem.07
Kk17	232	1,1	1,7	230,9	230,3	Nis.07*	Tem.07	Kk71	109	0,4	1,5	108,6	107,5	Şub.08	Tem.07
Kk18	132	5,5	6,0	126,5	126,3	Şub.08	Tem.07	Kk72	92	1,1	2,1	90,9	89,9	Şub.08	Tem.07
Kk19	137	4,6	6,0	132,4	131,0	Şub.08	Tem.07	Kk73	104	3,2	5,6	100,8	98,4	Şub.08	Tem.07
Kk20	133	1,3	2,0	131,7	131,0	Şub.08	Tem.07	Kk74	104	2,7	3,5	101,3	100,5	Şub.08	Tem.07
Kk21	137	1,0	1,5	136,0	135,9	Şub.08	Tem.07	Kk75	105	1,8	3,0	103,2	102,0	Şub.08	Tem.07
Kk22	132	1,8	2,8	130,2	129,2	Şub.08	Tem.07	Kk76	125	0,2	1,0	124,8	124,0	Şub.08	Tem.07
Kk23	144	1,3	2,2	142,7	141,8	Nis.07*	Ağu.07*	Kk77	127	0,1	0,8	126,9	126,2	Şub.08	Tem.07
Kk24	178	0,5	1,6	177,5	176,4	Şub.08	Tem.07	Kk78	215	1,7	3,0	213,4	212,0	Şub.08	Tem.07
Kk25	146	1,1	4,9	144,9	141,1	Şub.08	Tem.07	Kk79	91	3,5	5,0	87,5	86,0	Şub.08	Tem.07
Kk26	152	1,6	2,0	150,4	150,0	Şub.08	Tem.07	Kk81	75	3,8	5,1	71,2	69,9	Şub.08	Tem.07
Kk27	142	2,7	3,2	139,3	138,8	Şub.08	Tem.07	Kk82	89	2,4	3,8	86,6	85,2	Şub.08	Tem.07
Kk28	146	1,6	1,8	144,4	144,2	Şub.08	Tem.07	Kk83	81	2,1	3,8	78,9	77,2	Şub.08	Tem.07
Kk29	182	0,5	1,6	181,5	180,4	Şub.08	Tem.07	Kk84	90	2,2	3,5	87,8	86,5	Şub.08	Tem.07
Kk30	165	7,0	8,3	158,0	156,7	Nis.07	Tem.07	Kk85	91	2,7	5,0	88,3	86,0	Şub.08	Tem.07
Kk31	167	3,8	4,1	163,2	162,9	Şub.08	Tem.07	Kk86	93	2,9	4,8	90,1	88,3	Şub.08	Tem.07
Kk32	140	0,2	0,9	139,8	139,1	Şub.08	Tem.07	Kk87	130	0,1	0,5	129,9	129,5	Şub.08	Tem.07
Kk33	111	1,0	1,5	110,0	109,5	Nis.07*	Ağu.07*	Kk88	105	2,5	3,8	102,5	101,2	Şub.08	Tem.07
Kk34	91	7,5	8,3	83,6	82,7	Nis.07*	Ağu.07*	Kk89	108	0,1	2,2	107,9	105,8	Şub.08	Tem.07
Kk35	75	6,1	7,1	68,9	67,9	Nis.07*	Ağu.07*	Kk90	110	1,2	2,3	108,8	107,7	Şub.08	Tem.07
Kk38	93	2,8	3,1	90,2	89,9	Nis.07	Tem.07	Kk91	107	1,2	2,1	105,8	104,9	Şub.08	Tem.07
Kk39	209	2,1	2,2	206,9	206,8	Nis.07	Tem.07	Kk92	96	2,0	2,5	94,0	93,5	Şub.08	Tem.07
Kk41	93	3,3	4,3	89,7	88,7	Nis.07*	Tem.07	Kk93	111	1,1	2,5	109,9	108,6	Şub.08	Tem.07
Kk42	81	5,3	6,0	75,7	75,0	Nis.07*	Tem.07	Kk94	94	2,5	3,3	91,5	90,7	Şub.08	Tem.07
Kk43	94	1,1	2,0	92,9	92,0	Şub.08	Tem.07	Kk95	114	2,3	3,3	111,7	110,7	Şub.08	Tem.07
Kk44	132	4,1	4,9	127,9	127,1	Nis.07*	Tem.07*	Kk96	113	3,1	5,7	109,9	107,4	Şub.08	Tem.07
Kk45	97	1,9	3,0	95,1	94,0	Nis.07*	Ağu.07*	Kk97	115	2,9	4,6	112,1	110,4	Şub.08	Tem.07
Kk46	125	1,8	3,1	123,2	121,9	Şub.08	Tem.07	Kk98	144	4,3	7,0	139,7	137,0	Şub.08	Tem.07
Kk48	227	0,2	0,6	226,8	226,4	Şub.08	Tem.07	Kk99	144	1,0	1,3	143,0	142,7	Şub.08	Tem.07
Kk49	237	3,5	3,8	233,5	233,2	Şub.08	Tem.07	Kk100	146	1,7	3,5	144,3	142,5	Şub.08	Tem.07
Kk50	243	1,1	2,0	241,9	241,0	Şub.08	Tem.07	Kk104	134	1,1	2,6	132,9	131,4	Şub.08	Tem.07
Kk51	225	1,1	1,6	223,9	223,4	Şub.08	Tem.07	Kk105	335	0,5	4,0	334,5	331,0	Şub.08	Tem.07
Kk52	238	4,5	5,0	233,5	233,0	Şub.08	Tem.07	Sk2	83	2,8	4,5	80,2	78,5	Nis.07	Tem.07
Kk53	237	3,7	4,0	233,3	233,0	Şub.08	Tem.07	Sk3	285	0,1	1,3	284,9	283,7	Şub.08	Tem.07
Kk54	198	1,0	2,3	197,0	195,7	Şub.08	Tem.07	Sk5	149	0,2	1,0	148,8	148,0	Şub.08	Tem.07
Kk55	138	1,8	2,4	136,2	135,6	Nis.07	Tem.07	Sk7	245	1,5	1,8	243,5	243,2	Şub.08	Tem.07
Kk56	127	1,9	3,0	125,1	124,0	Şub.08	Tem.07	* Baba ve diğer. (2008a)'den alınmıştır.							

Yeraltı su tablası genel olarak topoğrafyayı takip etmektedir. Daha detaylı olarak incelendiğinde bazı kesimlerde yerel yeraltı suyu akım yönü ve seviyeleri dikkati çekmekte, bu yerel akımlar ya bir kaynak şeklinde topoğrafyayı kesmekte ya da

genel akıma dahil olarak havzayı beslemektedir. Bölgedeki jeolojik formasyonlardan özellikle volkanitlerdeki ayrışma zonları oldukça yaygındır ve bunların ürünü olan birçok killi litolojiler tünek akiferler oluşturabilir. Bu akiferleri kesen kuyularda ölçülen yeraltı suyu seviyeleri su tablası haritası açısından yanıltıcı sonuçlara neden olabilir. Bölgedeki keson kuyuların yeterince derin olmayanları yazları yeraltı suyu seviyesinin düşmesinden dolayı kurumaktadır.

Yeraltı su tablası haritasının hazırlanması yeraltı suyu ile Kocaçay arasındaki beslenme ilişkisinin yorumlanmasında faydalı olmuştur. Haritanın büyük bölümünde yeraltı suyunun Kocaçay'ı beslediği gözlenmiştir. Bu durum, Bardakçılar, Uzunalan, Göle, Tepeköy, Büyükpaşa, Küçükpaşa, Karakoca, Süleköy, Kumarlar, Dumanköy, Duralı ve Alibeyçiftliği'nde görülür. Kocaçay'ın yeraltı suyunu beslediği kesimler ise sınırlı bir bölgede tespit edilmiş olup, sadece Kocaçay yatağının Etili güneyinde, dere yatağı taban kotu, yeraltı suyu seviyesinin üstündedir.

5.1.5 Yüzey Suları

Çan Havzası'ndan doğan ve Biga Yarımadası'nın ikinci büyük akarsuyu olan Kocaçay'ın yağış rejimi ve akım özellikleri 4.Bölüm'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu başlık altında havzadaki akarsu ve derelerde yapılan hidrojeolojik ölçümlerin ve alınan kar örneklerinin yerleri verilmiştir.

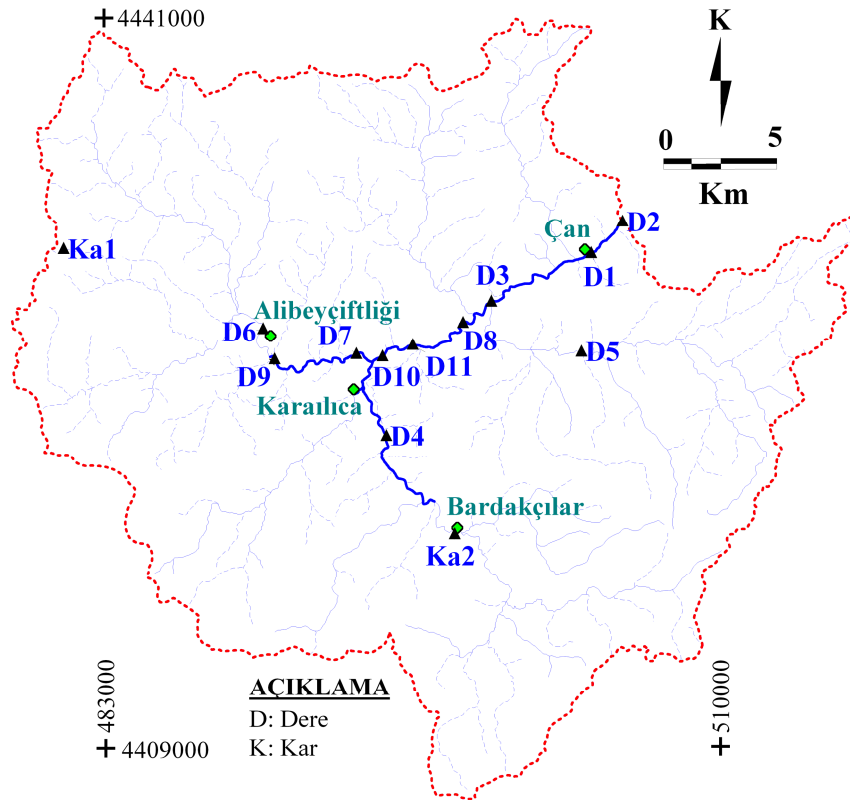
5.1.5.1 Kocaçay

Kocaçay üzerinde belirlenen toplam 10 noktada farklı dönemlerde suların bazı fizikokimyasal özellikleri (EC, pH, T, Eh, S, O₂) ölçülmüş ve bu noktaların bir bölümünden örnekler alınmıştır. Derelerde 9 farklı noktada 10 ölçüm yapılmış, 4 farklı noktaya ait 6 ölçüm Baba ve diğer. (2008a)'den alınmıştır. Örneklem yerleri beslenme alanının üst kesimlerinden ve kaplıcaların sularını dereye boşalttıkları deşarj noktalarından sonra olacak şekilde belirlenmiştir. Bu noktalarda yapılan gözlemlere ait bilgiler Tablo 5.10'da, örnek yerleri Şekil 5.15'de verilmiştir. Yüzey suları, birçok değişkene bağlı olmakla birlikte (derinlik, hacim, tuzluluk, vb.), yeraltı

sularına göre iklimsel sıcaklık dalgalanmalarından en çok etkilenen su türü olduğundan sezonluk sıcaklık değişimlerine de en çabuk uyum sağlayan sular bu türdekilerdir. Çalışma alanında ölçüm yapılan akarsu - dere sularında yaz - kış arasındaki sıcaklık farkı en az 11,1°C (D4 ve D5 noktaları) ve en çok 22,7°C (D2 noktası)'dir (Tablo 5.10).

5.1.5.2 Kar Örneklemeye Noktaları

Çan Havzası'na yağış ve kar şeklinde düşen su yeraltı sularının kaynağını oluşturur. Bölgedeki hidrolojik döngünün uç bileşenlerinden biri olan kar suyunun özelliğini ve dolayısıyla da suyun kayalarla temasından önceki bileşimini belirleyebilmek amacıyla havzanın iki noktasından, yüzey kirliliğinden etkilenmemiş taze kar örnekleri alınmıştır. Örneklemeye noktalarının yerleri Şekil 5.15'de verilmiştir.



Şekil 5.15 Dere ve Kar ölçüm noktaları

Tablo 5.10 Dere ölçüm noktalarından arazide ölçülen parametreler

No	Yer	Dönemi	Z(m)	T(°C)	Litoloji
D1	Çan	Nis.07*	73	16,1	Alüvyon
		Ağu.07*		30,8	
D2	Çan	Ağu.07*	75	31,6	
		Şub.08		8,9	
D3	Durali	Nis.07*	72	18,1	
		Ağu.07*		31,9	
D4	Uzunalan	Nis.07*	95	12,7	
		Tem.07		23,8	
D5	Karakoca	Nis.07	105	21,0	
		Şub.08		9,9	
D6	Alibeyçiftliği	Tem. 2005	132	21,4	Ezine Volkaniti
D7	Tepeköy	Nis.07	100	16,3	Alüvyon
D8	Hurma	Tem.07	84	27,5	
D9	Etili	Şub.08	107	8,2	
D10	Tepeköy	Şub.08	82	6,7	
D11	Büyükpaşa	Tem.07	90	25,2	

*: Baba ve diğer. (2008a)'den alınmıştır

5.2 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri

Çan Havzası'nda çok çeşitli kayaç toplulukları gözlenmektedir. Baskın litolojinin volkanik kayaçlardan oluştuğu çalışma alanında, derinlik kayaçları ile çeşitli metamorfik ve tortul kayaçlar da bulunmaktadır. Derinlik kayaçları, oluşumları sırasında çok düşük gözenekliliğe ve geçirgenliğe sahiptir. Metamorfik kayaçlarda basınç ve sıcaklık koşullarının yükselmesi, ilksel kayacın boşluklarının daha da azalmasına neden olacağından geçirgenlikleri de bununla birlikte azalır. Tortul kayaçlardaki diyajenez olayı kayacın gözeneklerinin azalmasına ve geçirimsizliğinin düşmesine sebep olan en önemli unsurdur. Volkanik kayaçlar yüzey koşullarında oluştuklarından bunlar arasında en çok gözenekliliğe sahip olan kayaçlardır ancak bu kayaçlardaki gaz boşlukları ile oluşan gözenekler birbirleri ile bağlantılı olmayabilir. Bu tür kayaçlarda soğuma çatlakları gözenekliliği artırıcı bir etkidir.

Genel olarak tüm kayaçların gözenekliliklerinin artmasına etki eden iki önemli olay tektonizma ve ayrışmadır. Çalışma alanındaki kayaçlar bölgesel tektonik faaliyetlerden oldukça etkilenmiş ve bu kayaçlarda çeşitli süreksizlikler oluşmuştur. Bu süreksizlik düzlemleri kayaçlarda suyun hareketi için ikincil gözeneklilik oluşturan en önemli unsurdur. Bölgedeki birçok jeolojik birimden bu şekilde su alınabilmektedir. Ancak bu boşluklar kayacın bazı kesimlerinde killeşme ürünü çeşitli minerallerle doldurulmuş olduğundan, çalışma alanındaki kayaçlarda süreksizlik zonlarındaki geçirgenlik homojen değildir. Ayrıca, derinlik arttıkça kayaç

yükü de artacağından, litostatik basınç nedeniyle süreksizlik açıklıkları azalır ve çok derinlere inildikçe bu tür geçirgenlik kaybolur. Kayaçlardaki ayrışma da gözenekliliği ve geçirimliliği etkileyen bir diğer unsurdur. İlk hali çok az gözenekli ve geçirgenliği düşük bir kayaçta, ayrışmanın ilerleyen safhalarında birbirleri ile bağlantılı gözeneklerin çoğalması ile kayacın geçirgenliğinde artış olur. Ancak, kayaçtan ayrışıp taşınan malzemenin yeri, sıcaklık ve basınç koşullarına, pH'a ve su ortamındaki çözünmüş madde miktarına bağlı olarak başka mineraller ile doldurulabilir. Bu durum, aynı kayaçtan alınan su veriminin, farklı kesimlerde düşmesine ya da artmasına neden olur. Şahinli Formasyonu'nda farklı lokasyonlarda yapılmış sondajlarda bazıları kuru çıkarken, bazılarında da (SK40 nolu sondajda olduğu gibi) yaklaşık 8 L/s su alınabilmesi bu olaya örnektir. Bölgede ayrışma gözlenen diğer kayaçlarda da durum aynıdır.

Jeolojik birimlerin arazi gözlemleri sırasında çeşitli ölçekte ve türde (normal - ters - doğrultu atımlı) gözlenen faylar ve makaslama zonları kayaçların iç düzeninin tamamen ya da kısmen bozulmasına neden olmuştur. Ezilme zonları, fay hatlarındaki sıcak su çıkışları ve tortul tabakaların eğim yönlerinde bazen %50'ye varan tittleşmeler bölgedeki kayaçların tektonik faaliyetlerden etkilenme oranlarının fazla olduğunun birer belirtecidir. Farklı kayaç gruplarına ait litolojilerin değişik oranlarda su taşıdığı, açılan sondajların verimlerinden görülmektedir. Bölgede gözlenen kayaçlardan su alınabilme özellikleri 4 ana grupta incelenmiştir.

5.2.1 Magmatik Kayaçlar

Çalışma alanında yüzlek veren kayaçlar arasında en yaygın olanı, magmatik kayaçlardır. Bu kayaçların büyük bölümü volkanitlerden oluşmuştur. Özellikle Şahinli Formasyonu bunlar arasında en yaygındır. Andezit, tüf, aglomera ve bazaltlar bölgedeki volkanitlerin çoğunluğunu oluşturur. Bu kayaçlar değişik oranlarda ayrışmış ve tektonizmadan etkilenerek ikincil gözenekliliğe sahip olmuşlardır. Boşlukları yer yer kalsit-kuars ve diğer ikincil minerallerle doldurulmuş halde bulunabilirler. Volkanitlerin üst kesimlerinde ve bazı yamaçlarda tüf ve aglomeraların silisleşmiş formları gözlenir. Bölgedeki silisleşmiş volkanitler

çatlaklı akifer özelliği taşır ve bazılarının alt kesimlerinde gözlenen ayrıışmış kil tabakaları geçirimsiz bir zon oluşturarak yeraltı suyunun bu düzlemde akmasına sebep olur. Bu birimdeki çatlakların eğimleri 70-90 derece arasında değişir.

Şahinli Formasyonu'ndaki soğuk su kaynaklarının verimi 0,01 - 1,00 L/s, bu formasyonun Bilaller Üyesi'ndeki kaynakların verimi 0,00 - 0,20 L/s'dir. Formasyonda açılmış sondajların verimleri 1,00 L/s gibi düşük değerlerdedir. Yalnız 120 m'lik Sk40 sondajında 7,8 L/s olarak verilmiştir. Bu formasyondaki tuf ve aglomeralardan fazla su alınamamaktadır. Karalıca ve Alibeyçiftliği Sıcak Su kaynakları bu volkanitlerdeki geçirimli düzeylerden beslenmektedir. Çalışma alanındaki volkanik birimler içinde en verimli kaynakların bulunduğu kayaçlar Hallaçlar Volkaniti'ne aittir. Hallaçlar Volkaniti'nde ayrışma yaygındır. Tüflerin bazı kesimlerindeki boşluklar hidrotermal kuvars damarları ile doldurulmuştur. Bu litolojiden çıkan kaynakların debileri 0,00 - 2,00 L/s arasındadır. Bu özellikleri ile volkanik birimlerin tamamına yakını, az su içeren çatlak akiferidir.

Çalışma alanında gözlenen derinlik kayaçları Evciler Plutonu içinde yer alır. Bu kayaçlarda tektonizma etkileri çok sık görülmemekle birlikte Evciler Fayı'nın etkisi sözkonusudur. Fay nedeniyle Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı'nda çeşitli noktalarda sıcak su çıkışları mevcut olup kaynaklar bu litolojiden çıkmaktadır. Ayrıca birimde, Bardakçılar Köyü civarında olduğu gibi bazı kesimlerinde ayrıışmış kolay ufalanan düzeyler gözlenir. Bu kesimler kayacın ikincil gözeneklilik kazanmasında etkili olmuştur. Birimden alınan sular 0,01 - 3,00 L/s arasındadır.

5.2.2 Metamorfik Kayaçlar

Kazdağ Metamorfitleri'nin bir bölümünü oluşturan Sutüven Formasyonu, havzanın güneyinde en çok yağış alan kesimlerdeki yükseltileri oluşturmaktadır ve bu formasyon çalışma alanındaki en yüksek debili (0,01 - 5,00 L/s, Tablo 5.3 ve Tablo 5.4) ve en kaliteli içme suyu kaynaklarının çıktığı birimler olan mermerleri içerir. Çözünmüş - çatlaklı kayaç kaynakları olarak nitelendirilen bu kaynaklar özellikle çalışma alanının güney kesimlerinde gözlenir. Formasyondaki

foliasyonların kabaca kuzeye eğimli olmaları yüzey suyunun yeraltına girdikten sonra havza içine doğru hareket etmesinde etkilidir.

Sazak Formasyonu'ndaki soğuk su kaynakları 0,03 - 1,10 L/s arasında değişen debilere sahiptir. Çan'ın güneyinde 3 Km'den fazla kalınlığa sahip bu formasyon, kuzeye eğimli bir istif şeklinde gözlenir. Bu durum havzaya düşen yağış suyunun yeraltında havza içine doğru akmasında etkili olur. Formasyon içinde yanıl devamlılığı fazla olan mermer bantları ve rekristalize kireçtaşları su potansiyeli açısından önemlidir. Diğer kesimleri yeraltı suyu açısından verimsizdir. Evciler Fayı'nın bir bölümünün bu formasyon içinde devam etmesi, tektonik çatlak ve boşlukların gelişmesi ile akifer veriminin artmasını sağlamıştır (Tablo 5.3).

Karakaya Formasyonu'nun bir serisi olan Çal Formasyonu yanıl yönde çok sık değişiklik gösterdiğinden, formasyondaki 30 - 40 m'lik karstik boşluklu kireçtaşları dışında, diğer birimler akifer özelliği taşımaz. Karstik kesimlerinden düşük debili sular alınabilir. Bu formasyondaki soğuk su kaynaklarının debileri 0,01 - 0,03 L/s arasındadır (Tablo 5.3).

Çalışma alanının kuzeydoğusunda gözlenen Çamlıca Metamorfileri, fillat ve şistlerden oluştuğundan akifer özelliği düşüktür. Bu metamorfiler ve üstündeki Şahinli Formasyonu Çan Sıcak Su Kaynağı'nın hazne kayaçlarını oluşturur. Bu iki litolojiden beslenen Çan - 1 ($Q = 0,6$ L/s) ve Çan - 2 ($Q = 0,2$ L/s) sondajlarının debileri oldukça düşüktür (Şekil 5.2). Bu metamorfilerde bulunan K51 nolu kaynağın debisi 0,04 L/s ölçülmüştür (Tablo 5.3).

Çetmi Melanjı birçok kayaç türünün gözlendiği karmaşık bir kayaç topluluğudur. Bu melanjdaki soğuk su kaynaklarının verimleri 0,04 - 0,6 L/s arasında değişmekte ve bu litolojiden elde edilen sular tektonizma etkisiyle gelişmiş ikincil gözeneklilikle ilgilidir.

5.2.3 Tortul Kayaçlar

Çalışma alanındaki tortul kayaçlarda genelde ince taneli kum, kil ve silt oranı yüksektir. Ayrıca organik maddece zengin düzeyleri vardır. Kaba taneli çakıltası seviyeleri de gözlenmekle birlikte ince taneli bileşenlerin çok oluşu bu kayaçların genel anlamda akifer olma özelliklerini büyük oranda düşürmektedir.

Çan Formasyonu içinde bulunan kömürlü seviyelerin olduğu istif tabanda konglomera ile başlar ve üste doğru kum kil ve siltten oluşan litoloji gözlenir. İstifin gözenekliliği yüksek olmasına karşın transmissibilitesi düşüktür. Bu nedenle yeraltı suyu bakımından verimsizdir. Formasyon içinde istifin kabalaştığı konglomeratik düzeyler ve yer yer gözlenen faylar su içerebilir. Çan Formasyonu'ndaki soğuk su kaynaklarının verimi 0,00 - 0,04 L/s arasında değişmektedir (Tablo 5.3). Açılan sondajlarda bu formasyondan 1,00 - 3,00 L/s debili sular alınmıştır (Tablo 5.6).

Bayramiç Formasyonu'nda, altta çakıltası ile başlayıp üste doğru incelen kesimlerindeki çakıltası ve kumtaşı seviyeleri yeraltı suyu içerir. Bu formasyondan çıkan su kaynaklarının verimi 0,01 - 0,45 L/s'dir.

5.2.4 Alüvyon

Alüvyon, bölgedeki en verimli akifer özelliğini taşımaktadır. Alüvyonu oluşturan litolojik bileşenler, Kocaçay'ın, havzanın yüksek kesimlerinden getirdiği blok, çakıl, kum, silt ve kilden oluşmaktadır. Bu malzemelerin taneler arası gözeneklilik ve geçirimsizliği yüksektir. Çan İlçesi ve bölgedeki fabrikaların su ihtiyaçları bu birimde açılmış ve verimleri 5 - 30 L/s arasında değişen sondajlardan karşılanmaktadır (Tablo 5.6). Akiferin transmissibilitesi 50 - 421 m²/gün, geçirgenliği 1,01 - 16,8 m/gün arasındadır (Tablo 5.7). Alüvyondaki soğuk su kaynaklarının debileri 0,10 - 0,11 L/s'dir. Ayrıca alüvyonda açılmış birçok keson kuyu bulunmaktadır. Bu keson kuyulardan küçük bahçelerin sulama suyu ile çiftlik hayvanlarının içme suyu karşılanmaktadır.

BÖLÜM ALTI

KAYAÇ JEOKİMYASI

6.1 Sıcak Su Kaynakları Çevresindeki Kayaçların Jeokimyası

Kayaçlar, oluşum koşullarına göre farklı oranlarda major ve minör bileşenlerden oluşur. Oranları her kayaç türünde farklı olmakla birlikte kayaçlarda önemli miktarlarda bulunan 12 element bulunuş miktarına göre çoktan aza doğru O, Si, Al, Fe, Ca, Na, Mg, K, Ti, H, P ve Mn'dir. Standart kimyasal analizlerde ana elementler % oksit olarak belirlenir. Bunlardan en önemli major oksitler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , H_2O , minör oksitler MnO , TiO_2 , P_2O_5 'dir. B, F, Cr gibi eser elementler oksit şeklinde değil element olarak ppm düzeyinde saptanırlar (Erkan, 2006).

Magmatik kayaçların mineralojik bileşimi başlıca silis ve alüminyum elementleri tarafından belirlenir. Silis magmatik kayaçların kimyasal bileşimine katılan önemli bir bileşendir ve bu sebeple bu tür kayaçların kimyasal özelliklerinin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılır. Silis içeriği yüksek kayaçlar, serbest silis içerirler. Silis içeriği az olan kayaçlar ise silisin kristalleşme sırasında diğer silikat minerallerine bağlanarak tamamen tüketilmesi sebebiyle kuvars içermezler. Silis içeriği yüksek olan kayaçlar “silisçe çok doymuş kayaçlar”, silis içeriği normal düzeyde olan kayaçlar “silisçe doymuş kayaçlar” ve silis içeriği az olan kayaçlar ise “silisçe doymuş olmayan kayaçlar” olarak isimlendirilir (Erkan, 2006).

Kayaçlar alüminyum içeriklerine göre de sınıflandırılabilirler. Kayaçların içerdiği bileşenlerden;

$\text{Al}_2\text{O}_3 < (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ ise “alkalilerce çok zengin”,

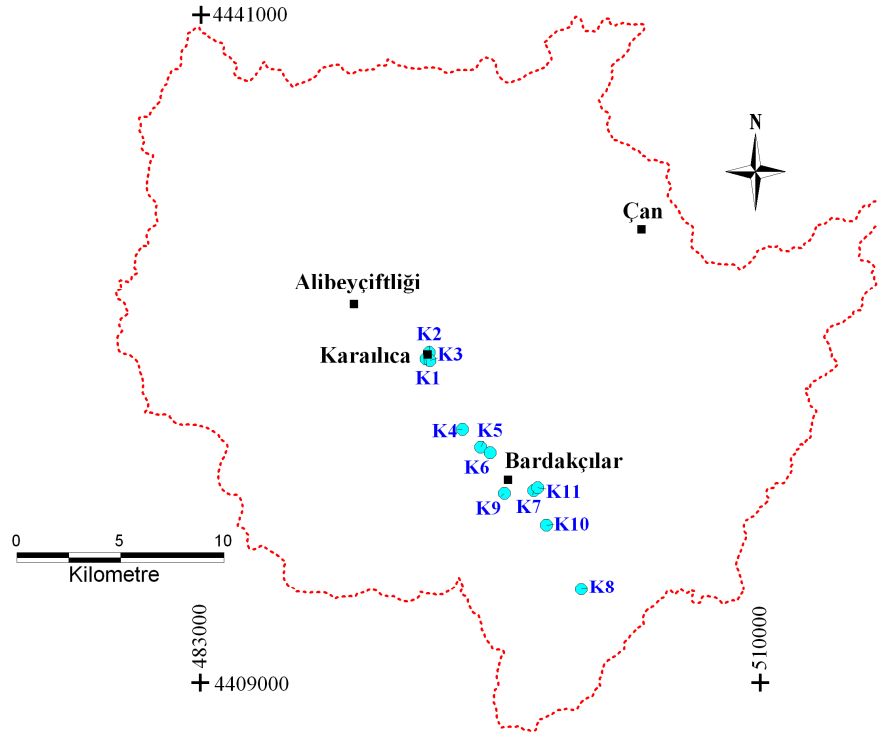
$\text{Al}_2\text{O}_3 > (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$ ise “alüminyumca çok zengin”,

$(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}) > \text{Al}_2\text{O}_3 > (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ ise “normal alüminyum içerikli”

$\text{Al}_2\text{O}_3 = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ ise “alüminyumca fakir” kayaçlar olarak yorumlanır (Erkan, 2006).

Magmatik kayalar kimyasal bileşimlerindeki toplam alkali-silis içeriklerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmalar yapılırken, kayaların MgO, toplam Fe ve Al_2O_3 içerikleri de dikkate alınır. Bu ilişkiye göre magmatik kayalar alkali ve subalkali olarak iki gruba ayrılırlar. Kayaçtaki Fe ve Mg miktarının, silis içeriği az olan kayalarda yüksek, alkali kayalarda ve silis içeriği fazla olan kayalarda ise düşük olduğu söylenebilir. Alkali ve subalkali kayalar grubunun ikisinde de bazikten asidik bileşime kadar değişen kayalar yer alır. Alkali magmatik kayalar nispeten yüksek alkali içeriğine sahiptir. Bu kayaların mineralojik bileşiminde alkali feldispat, feldispatoid mineralleri, alkali amfibol ve/veya alkali piroksen mineralleri gözlenir ve kuvars mineraline ve Ca içeriği az olan piroksenlere hiç rastlanmaz. Alkali kayalar çoğunlukla olivin-bazalt ve bununla ilişkili felsik kayalar içeren topluluk içinde yer alır. Subalkali kayalar ise alkali kayalara oranla daha fazla silis içerirler. Bu nedenle bu kayaların normatif mineralojik bileşiminde daima ortopiroksen veya kuvars yer alır, feldispatoid minerallerine hiç rastlanmaz. Subalkali magmatik kayalar başlıca Fe ve Al içerikleri ile birbirinden ayrılabilen toleyitik ve kalkalkali kayalar şeklinde iki alt grupta incelenirler. Her iki grubun bazalt ve riolit gibi mafik ve felsik uç üyeleri bulunur ve bunlar birbirinden kimyasal bileşimlerindeki küçük farklılıklar ile ayrılırlar. Toleyitik kayaların bileşimindeki Fe içerikleri daha fazla, Al içerikleri daha azdır. Kalkalkali kayalar bazalt - andezit - dasit ve riolitten ve bunların derinlik eşlenikleri olan gabro - diyorit - granodiyorit ve granitten oluşur (Erkan, 2006).

Çalışma alanında en yaygın kayaç grubu magmatik kayalardır. Bu kayaların özellikle volkanik olanları Çan Havzası ve çevresinde geniş alanlar kaplamakta ve bu kayaların çeşitli oranlarda ayrılmış yüzleklerine yaygın olarak rastlanmaktadır. Bu çalışmada sıcak su kaynaklarının çevrelerinde gözlenen volkanik ve plutonik kayalardan alınan örneklerle ait lokasyon bilgileri Tablo 6.1’de verilmiştir. Yukarıda verilen sınıflamalar doğrultusunda tanımlamalarını yapmak amacıyla alınan 11 kayaç örneğinin majör ve minör element analizleri (Tablo 6.2 ve Tablo 6.3) ACME - Kanada Laboratuvarları’nda yaptırılmıştır (Şekil 6.1). Analiz sonuçlarına göre çizilen diyagramlar Newpet (Clarke, 1993) ve Grapher (Golden Software, 2005) programları ile hazırlanmıştır.



Şekil 6.1 Kayaç örneklerinin lokasyon haritası

Tablo 6.1 Kayaç örneklerinin alındığı lokasyonlar

Örnek No	Lokasyon	Arazi Gözlemi	Formasyon
K1	Karalica Sıcak Su Kaynağı	Ayrışmış volkanik	Ezine Volkaniti
K2		Sileks	
K3		Ayrışmış volkanik	
K4	Bilaller Köyü KD'su	Volkanik	Şahinli Formasyonu
K5	Bardakçılar Köyü B'sı	Aplit	Aplit daykı
K6		Ayrışmış volkanik	Evciler Plutonu
K7	Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı D'su	Andezit	Bilaller Üyesi
K8	Zeybekçayırı Köyü GD'su	Derinlik kayacı	Evciler Plutonu
K9	Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı G'i	Andezit	Bilaller Üyesi
K10		Ayrışmış volkanik	Hallaçlar Volkaniti
K11	Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı D'su		Bilaller Üyesi

Tablo 6.2 Kayaçlardaki major oksit miktarları

Element	Birim	Örnek No										
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
SiO ₂	%	57,75	90,37	59,18	57,74	64,28	56,71	54,65	60,98	57,75	49,51	58,98
Al ₂ O ₃		14,01	0,46	15,55	17,05	15,86	15,80	17,54	16,25	15,73	16,72	16,55
Fe ₂ O ₃		8,53	5,63	5,85	7,08	4,11	8,36	7,31	6,13	6,24	10,14	6,20
MgO		0,83	0,06	1,14	0,96	1,31	3,46	3,31	2,24	1,39	4,48	3,41
CaO		1,36	0,06	0,74	5,42	4,05	1,22	4,87	5,65	5,24	4,65	2,89
Na ₂ O		1,31	0,02	0,89	3,06	2,19	2,01	3,12	3,53	3,22	5,83	3,74
K ₂ O		3,38	<0,04	2,34	2,25	3,77	1,50	1,42	2,13	2,74	0,54	3,04
TiO ₂		0,75	0,81	0,72	0,82	0,46	1,11	0,76	0,64	0,65	1,13	0,68
P ₂ O ₅		0,39	0,11	0,23	0,25	0,12	0,10	0,29	0,18	0,15	0,23	0,17
MnO		0,01	0,04	0,01	0,07	0,15	0,15	0,17	0,13	0,14	0,20	0,14
Cr ₂ O ₃		0,00	0,01	0,00	<0,01	0,00	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,01	0,00
LOI		11,50	1,70	13,20	5,20	3,60	9,50	6,40	2,00	6,70	6,40	4,10
TOT/C		0,08	0,19	0,11	0,55	0,31	0,02	0,58	0,02	1,06	0,92	0,29
TOT/S		0,82	0,15	0,18	0,01	0,35	2,12	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
Toplam		99,83	99,29	99,85	99,91	99,91	99,93	99,84	99,87	99,95	99,85	99,91

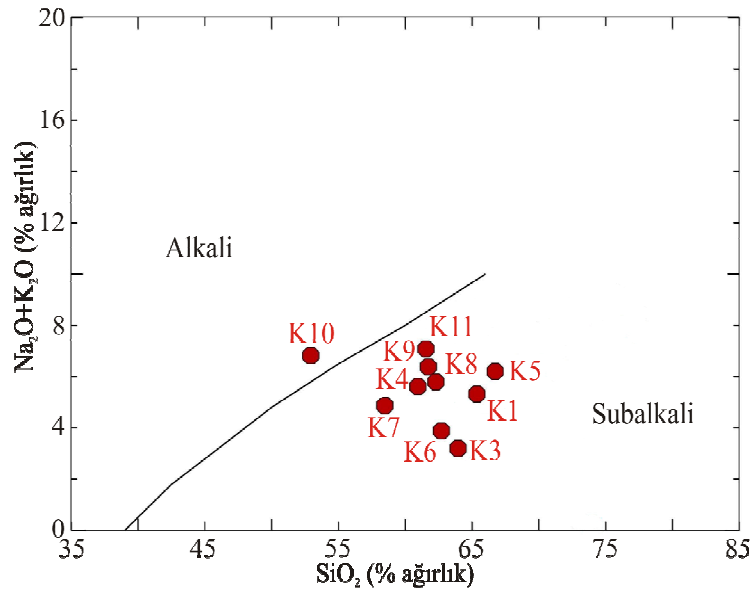
LOI: loss on ignition (belirli bir sıcaklıktaki kızdırma kaybı, TOT/C: toplam C, TOT/S: toplam S

Tablo 6.3 Kayaçalarda element miktarları

Element	Örnek No										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Ag (ppb)	27,0	105,0	6,0	25,0	25,0	200,0	87,0	10,0	29,0	134,0	67,0
Al (%)	0,94	0,13	1,32	1,00	2,04	1,57	2,91	1,20	0,85	2,33	2,24
As (ppm)	247,2	451,8	10,4	4,30	38,2	42,4	12,7	0,6	1,8	9,7	23,1
Au (ppb)	0,70	273,10	0,70	<,2	0,20	2,60	1,30	<,2	0,20	3,60	1,20
B (ppm)	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Ba (ppm)	1214	5743	859	558	652	527	925	1042	473	410	634
Be (ppm)	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00
Bi (ppm)	0,08	3,89	0,03	0,04	0,08	4,04	0,06	0,07	0,03	0,07	0,02
Ca (%)	0,39	0,04	0,04	2,07	1,49	0,07	2,20	0,78	3,23	2,63	1,16
Cd (ppm)	0,02	0,02	<,01	0,05	0,10	0,01	0,14	0,02	0,06	0,25	0,04
Ce (ppm)	67,5	4,7	80,6	67,8	56,4	34,2	80,4	70,5	50,9	46,3	48,9
Co (ppm)	0,40	1,30	0,60	9,90	7,70	8,10	21,20	9,40	8,60	31,50	16,80
Cs (ppm)	5,10	0,40	18,00	3,90	3,60	6,10	5,10	0,90	6,70	2,30	4,40
Cr (ppm)	9,60	17,20	5,00	3,30	5,30	6,40	1,80	5,60	1,50	41,30	6,80
Cu (ppm)	28,95	27,93	46,21	27,10	17,16	45,54	39,03	6,01	37,23	238,19	41,88
Dy (ppm)	2,30	0,33	1,44	4,59	2,72	1,89	4,71	3,53	2,94	3,87	3,04
Eu (ppm)	0,82	<,02	0,97	1,34	0,86	0,57	1,61	1,24	1,02	1,30	1,05
Er (ppm)	1,53	0,26	0,80	3,16	2,03	1,48	3,16	2,55	2,03	2,55	2,01
Fe (%)	5,38	3,58	3,60	2,09	2,24	5,10	4,34	2,49	1,77	5,17	3,73
Ga (ppm)	18,70	1,20	17,40	17,40	16,00	18,60	16,50	17,00	15,20	18,20	15,60
Gd (ppm)	2,64	0,42	2,13	5,27	3,01	2,39	5,75	4,40	3,32	4,47	3,57
Hg (ppb)	24,0	131,0	9,0	5,0	21,0	29,0	<5	<5	<5	<5	<5
La (ppm)	34,9	4,2	36,8	30,5	27,8	15,6	43,7	34,1	25,1	21,0	23,9
Lu (ppm)	0,24	0,05	0,14	0,46	0,36	0,29	0,45	0,41	0,32	0,37	0,33
Mo (ppm)	0,99	3,24	1,92	0,24	2,40	0,36	0,24	0,33	0,16	0,16	0,16
Mn (ppm)	27	244	19	407	868	599	1161	466	842	1282	859
Nd (ppm)	19,60	1,80	31,00	31,50	21,10	15,50	35,60	28,40	20,80	23,00	20,50
Pb (ppm)	9,10	64,02	7,78	8,40	13,29	43,50	22,63	3,13	12,56	5,71	8,41
Hf (ppm)	4,20	3,00	3,90	5,30	4,60	3,60	3,40	4,00	3,20	2,70	3,70
Ho (ppm)	0,48	0,08	0,27	1,04	0,62	0,45	1,02	0,83	0,64	0,82	0,64
K (%)	0,45	0,01	0,16	0,25	0,20	0,12	0,16	0,16	0,20	0,05	0,12
Mg (%)	0,18	0,03	0,13	0,26	0,67	1,27	1,71	0,66	0,52	2,37	1,80
Na (%)	0,07	0,01	0,01	0,05	0,19	0,06	0,06	0,14	0,02	0,05	0,04
Nb (ppm)	11,20	12,10	11,20	9,30	10,30	5,50	6,50	7,50	6,50	7,30	6,70
Ni (ppm)	0,80	2,00	0,50	3,10	3,90	4,90	4,20	2,10	2,00	31,60	6,70
Rb (ppm)	77,80	1,00	61,90	79,50	120,30	47,00	49,50	64,00	90,70	20,20	106,60
S (%)	0,99	0,13	0,12	<,01	0,38	2,42	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01
Sb (ppm)	0,17	20,41	0,10	0,05	1,53	2,59	0,09	0,07	0,09	0,82	0,40
Sc (ppm)	16,00	2,00	22,00	15,00	8,00	21,00	14,00	14,00	17,00	27,00	16,00
Se (ppm)	0,10	5,40	0,20	<,1	<,1	4,50	<,1	<,1	<,1	<,1	<,1
Sm (ppm)	3,61	0,32	4,40	6,13	3,75	2,87	6,54	5,19	3,87	4,73	4,03
Sn (ppm)	1,00	9,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00
Sr (ppm)	650	56	663	501	393	291	663	578	392	865	504
P (%)	0,14	0,04	0,04	0,09	0,05	0,04	0,10	0,07	0,05	0,08	0,06
Pr (ppm)	6,19	0,47	8,73	7,92	5,78	3,93	9,46	7,57	5,40	5,52	5,32
Ta (ppm)	0,80	1,00	0,80	0,50	0,70	0,30	0,40	0,50	0,60	0,40	0,60
Tb (ppm)	0,50	0,07	0,34	0,94	0,59	0,41	1,03	0,79	0,62	0,81	0,66
Te (ppm)	0,12	1,52	0,02	<,02	0,03	0,62	<,02	<,02	<,02	0,05	0,03
Ti (%)	0,00	0,00	0,00	0,10	0,05	0,09	0,14	0,17	0,03	0,06	0,10
Th (ppm)	22,80	2,00	25,20	14,80	16,00	5,40	17,70	14,50	20,00	5,90	18,30
Tm (ppm)	0,24	0,04	0,12	0,49	0,32	0,23	0,44	0,38	0,28	0,37	0,29
Tl (ppm)	0,14	0,05	0,09	0,07	0,15	0,14	0,06	0,09	0,03	0,05	0,06
U (ppm)	7,10	1,50	7,00	3,40	5,90	1,20	4,30	3,00	4,30	1,30	6,10
V (ppm)	128,0	24,0	186,0	169,0	85,00	182,0	162,00	142,00	138,00	286,00	190,00
Y (ppm)	15,00	2,30	8,50	35,20	23,00	14,80	38,00	27,50	22,30	28,80	22,70
Yb (ppm)	1,44	0,29	0,88	2,91	2,11	1,59	2,76	2,47	1,98	2,29	1,97
W (ppm)	2,0	185,1	7,4	0,6	1,8	1,0	0,8	0,3	1,3	0,6	1,8
Zn (ppm)	9,10	64,02	7,78	8,40	13,29	43,50	22,63	3,13	12,56	5,71	8,41
Zr (ppm)	169,6	117,3	150,5	214,0	188,8	134,4	138,7	153,9	117,6	102,8	142,8

Tablo 6.3'teki SiO_2 'ye karşı MgO ve Fe_2O_3 değerleri arasında negatif korelasyon gözlenir. SiO_2 'nin en yüksek olduğu örnekte MgO en düşük, SiO_2 'nin en düşük olduğu örnekte MgO en yüksektir. Aynı şekilde, SiO_2 'nin yüksek olduğu örneklerde Fe_2O_3 değerleri düşüktür.

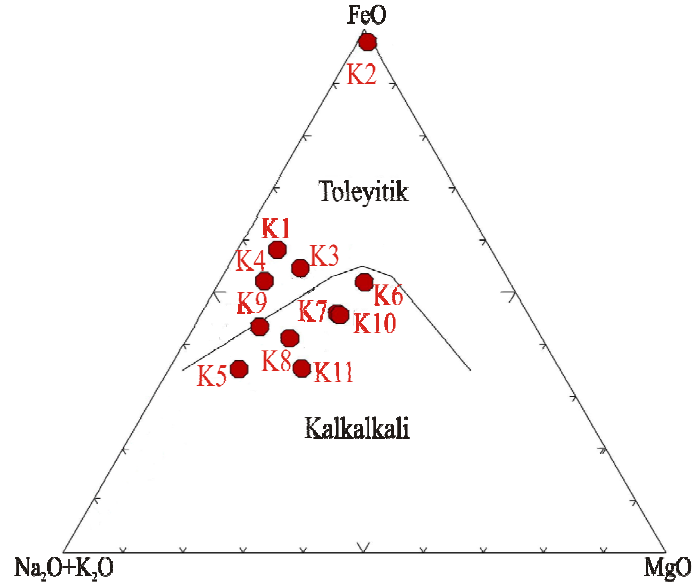
Çalışma alanındaki magmatik kayalar içerdikleri $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ve SiO_2 %'lerine göre toplam alkali - silis diyagramına yerleştirilmiştir. Buna göre, Şahinli Formasyonu'nun Bilaller Üyesi'ne ait yüzlekten alınan K10 nolu örnek diyagramın alkali kesiminde, diğer tüm örnekler subalkali kesiminde yer alır (Şekil 6.2). Alkali kayalara göre subalkali kayalar daha yüksek silis içeriğine sahip olmakla birlikte K2 nolu örnek sileks'e dönüşmüş olduğu için diyagramın maksimum SiO_2 ölçeğinden daha fazla SiO_2 içerdiğinden bu diyagramda yer almaz.



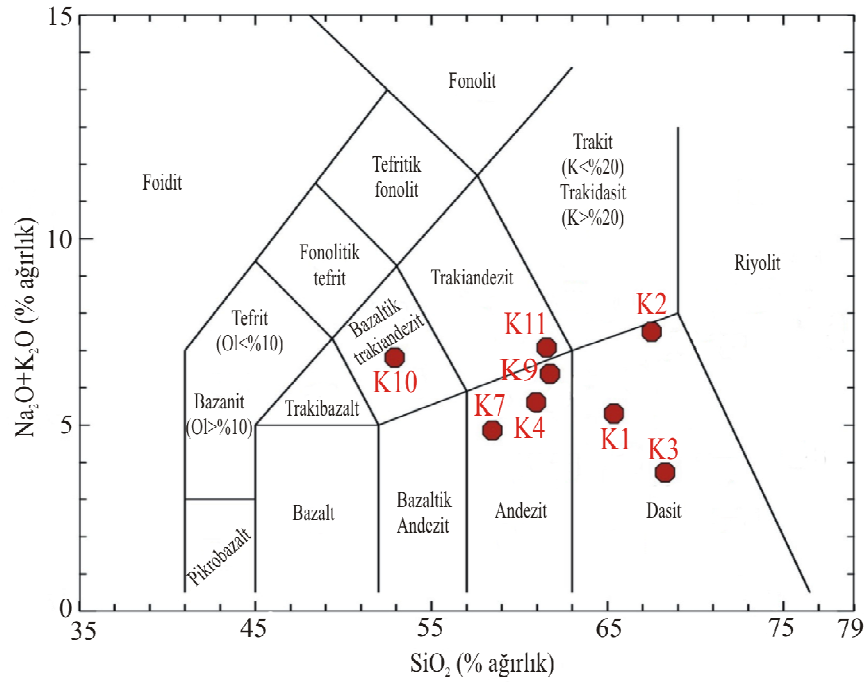
Şekil 6.2 Çalışma alanındaki magmatik kayaların alkali-silis içeriklerine göre sınıflandırılması (Irvine ve Baragar, 1971)

Subalkali kayaç örneklerinin türünün (kalkalkali ya da toleyitik) belirlenebilmesi için Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilmiş ($\text{FeO}-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$) AFM üçgen diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagramda örneklerin çoğunluğu kalkalkali alanda bulunmakta ve kalkalkali eğilim göstermektedir (Şekil 6.3). Toleyitik alanda gözlenen örnekler ise muhtemelen demirli alterasyondan kaynaklanmaktadır. Volkanik kayalar için silis ve alkali - kalsiyum elementlerinin kullanıldığı Le Maitre

(1989)'nin $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ diyagramında, örneklerin çoğunluğu andezit, dasit ve riyolit alanında yer almaktadır (Şekil 6.4). 9 nolu örnek Trakit, K10 nolu örnek bazaltik trakiandezit ve K11 nolu örnek ise Trakiandezit olarak adlandırılır.

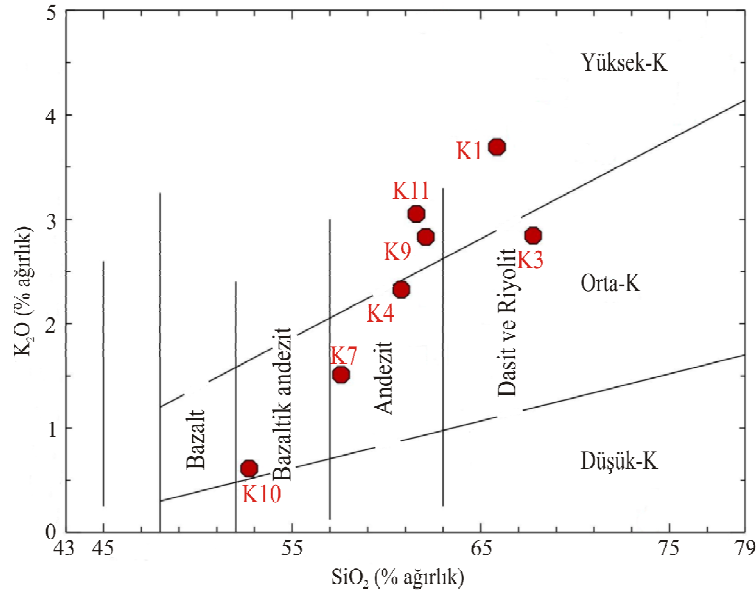


Şekil 6.3 Kayaçların AFM diyagramında sınıflandırılması (Irvine ve Baragar, 1971)



Şekil 6.4 Çalışma alanındaki volkanik kayaçların toplam alkali ve silis içeriklerine göre adlandırıldıkları TAS sınıflaması (Le Maitre, 1989)

Volkanik kayaçların SiO_2 ve K_2O içeriklerini dikkate alarak kayaç türü ve K içerikleri hakkında yaklaşımda bulunmaya yardımcı olan Le Maitre (1989)'nin K_2O - SiO_2 diyagramına, çalışma alanından alınan kayaç örnekleri yerleştirilmiştir. Buna göre, örnekler orta - yüksek potasyumlu, bazaltik andezitten dasit ve riyolite değişen bir tanımlamaya karşılık gelmektedir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Çalışma alanındaki volkanik kayaçların K_2O içeriklerine göre tanımlanmaları (Le Maitre, 1989)

6.2 Sıcak Su Kaynakları Çevresindeki Kayaçlarda Gözlenen Hidrotermal Alterasyonlar

Kayaçlar, oluştukları evreyi takiben, ayrışmaya ve başka türde kayaçlara dönüşmeye başlarlar. Bu olay yerkabuğundaki neredeyse her olayın oluşmasında etkili olan sıcaklık ve basınç ile temel olarak ilgilidir. Bununla birlikte kayaçların ayrışmasında, kayaç içinde dolaşan akışkanın da büyük rolü vardır. Belirli kimyasal özelliklere sahip akışkan, çevre kayaçta çeşitli süreçlerle hidrotermal alterasyon adı verilen bir tür ayrışmaya sebep olur. Hidrotermal alterasyon; yerkabuğunun sığ derinliklerinde, meteorik sulardan süzülerek ısıtılmış kayaçların içinde dolaşan ve derinlere indikçe ısınan akışkanın değişik ortamlardaki kayaç yapıcı minerallerle yaptığı element alışverişi ile doğrudan bileşik çökeltmesi sonucu oluşur. Yeryüzünde de bu akışkanların yüzeye çıkması sonucu değişen ortama, akışkanın uyum

sağlayabilmesi için geçirdiği, özellikle kimyasal değişim sonucu meydana gelir (Koçak, 2002a). Hidrotermal alterasyonu kontrol eden ana etmenler şöyle tanımlanmıştır (Pirajno, 1992):

1. Çevre kayacın doğası,
2. Akışkanın bileşimi,
3. H^+ , CO_2 , O_2 , K^+ ve S_2 gibi akışkan bileşenlerinin konsantrasyonu, aktivitesi ve kimyasal potansiyeli.

Birçok hidrotermal mineral aktif jeotermal sistemlerde görülür. Hidrotermal alterasyonun oluşabilmesi için, ortamdaki fiziksel ve kimyasal koşulların değişmesi gerekir. Jeotermal sistemlerde hidrotermal alterasyonu oluşturan koşullar ortama sıcak - soğuk ve kazanılmış bir kimyasal konsantrasyona sahip akışkanın gelmesiyle ilgilidir. Alterasyonun veya reaksiyonun boyutu, alterasyonun olduğu yerdeki etkili sıcaklığa, alterasyon işleminin süresine ve ortamın farkına bağlıdır. Aktif jeotermal sistemlerde gözlenen mineraller çok çeşitlidir (Koçak, 2002a).

Çalışma alanında jeotermal kaynakların çevresinde altere olmuş kayalar gözlenmektedir. Bu kayaların petrografik ve mineralojik özelliklerini belirlemek amacıyla 24 adet kayaç örneği alınmıştır. Alınan kayaçların mineral içeriklerini belirlemek için TERRASPEC cihazı kullanılmış ve elde edilen mineraller Tablo 6.4'te verilmiştir. Kayaç örneklerinde opal, jarosit, dolomit, ankerit, hallosit, götit, kaolinit, illit, klorit ve montmorillonit mineralleri gözlenmektedir. Bu minerallerin genel özellikleri ve oluşum koşulları şöyledir;

Opal [$SiO_2 \cdot n(H_2O)$], % 1-21 arasında su içerebilen bir SiO_2 jelidir. Genç volkanik kayaların ve serpantinitle, sıcak suların etkisiyle bozulması ile oluşur. Silisli sedimanter kayalardan çıkan sıcak su kaynaklarının çevresinde yumrular biçiminde çökebilir (Dora, 1991). Özellikle sıcak su kaynakları çevresinde her çeşit kayaçta çatlak/mikroçatlak dolgusu olarak bulunur (Çiftçi, 2003). Bu mineral çalışma alanında Alibeyçiftliği, Karalıca ve Çan sıcak su kaynakları çevresindeki kayalarda çatlaklarda gözlenmektedir.

Tablo 6.4 Kayaçların mineral analiz sonuçları

Sıra No	Örnek No	Yer	Mineral 1	Mineral 2
1	1	Alibeyçiftliği	Opal	
2	2		Opal	
3	3		Jarosit	Opal
4	4		Opal	
5	5		Dolomit	Montmorillonit
6	6		Ankerit	
7	7	Bardakçılar	İllit	
8	8		İllit	
9	9		İllit	Götüt
10	10		Hallosit	
11	11		İllit	
12	12		İllit	Götüt
13	13		İllit	
14	14		İllit	Götüt
15	15	Çan	Klorit	İllit
16	16		Klorit	İllit
17	29	Karalıca	Opal	Klorit
18	30		Klorit	
19	47		Montmorillonit	
20	48		Montmorillonit	
21	49		Opal	
22	50		Opal	Götüt
23	51		Kaolinit	
24	52		Kaolinit	Götüt

Jarosit $[\text{KFe}^3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$, bazik potasyum ve sülfattan oluşan bir mineraldir. İkincil olarak sıkça demirce zengin mineral yataklarında bir alterasyon ürünü olarak bulunur (Çiftçi, 2003). Bu mineral çalışma alanında, yalnız Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı çevresinde gözlenmektedir.

Dolomit $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$, genellikle Mg içeren çözeltilerin kireçtaşları üzerine etkimesi ile ikincil olarak oluşurlar. Ayrıca hidrotermal damarlarda gang minerali olarak, galen ve sfalerit ile beraber bulunabilir. Kireçtaşlarında oluşan dolomitleşme, gözeneklilikte % 13 artışa sebep olur ve bu da dolomitleri önemli bir rezervuar kayacı yapar (Çiftçi, 2003). Bu mineral çalışma alanında yalnızca Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı çevresindeki bir kayaç örneğinde montmorillonit ile birlikte gözlenmektedir.

Ankerit $[\text{Ca}(\text{Mg,Fe})(\text{CO}_3)]$ önemli oranda Mg kapsar. Dolomite benzeyen bir kristal yapısı olan ankerit, bazen siderit tarafından ornatılan kireçtaşlarında ara ürün olarak türer (Dora, 1991). Demir cevherlerinde gang minerali olarak, kömür ve

dolomit damarlarında dolgu olarak bulunur (Çiftçi, 2003). Bu mineral çalışma alanında, yalnız Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı çevresinde gözlenmektedir.

Götit (α -FeOOH) tipik bir ayrışma ürünüdür. Tüm demir mineralleri yüzey koşullarında götite dönüşebilir (Dora, 1991). Götit sulu demiroksit minerali olup lepidokrosit (γ -FeOOH) ile bir seri oluşturur. Masif ya da toprağımsı yapıda limonit veya hematit ile birlikte demir içeren minerallerin bir ayrışma ürünü olarak ortaya çıkar (Çiftçi, 2003). Bu mineral çalışma alanında Bardakçılar, Karalıda ve Çan sıcak su kaynakları çevresindeki kayalarda gözlenmektedir.

Kaolinit [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$], magmatik kayalardaki ilksel minerallerin yüzey sıcaklıklarında ayrışması sonucunda meydana gelir. Düşük hidrotermal sıcaklıklarda ise, filonların yan kayalarında kaolinite dönüşüm gözlenir. Granitler ve siyenitler içindeki feldispatlar, magmatik aktiviteyi izleyen sıcak sular ve CO_2 gazı ile kolay bir şekilde kaolinite dönüşebilir. Ülkemizde gözlenen kaolinit yataklarının birçoğu bu yolla oluşmuştur (Dora, 1991). Eğer K^+ derişimi ve pH yüksek ise kaolinit oldukça düşük sıcaklıklarda illite dönüşebilir (Şahinci, 1987). Bu mineral çalışma alanında Karalıda Sıcak Su Kaynağı çevresindeki bazı kayalarda gözlenmektedir.

Hallosit [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$], kaolinit benzeri kristal kafesi, tabakaları arasında gevşek bağlanmış su molekülleri kapsar. Isı karşısında bünyesindeki 4 molekül suyu geri dönüşümsüz olarak dışarı atar (Dora, 1991). Feldispatların veya diğer alüminyum silikat minerallerinin hidrotermal alterasyonu ile oluşur ve kaolinit ile birlikte bulunur (Çiftçi, 2003). Killer arasında çok yaygındır ve ülkemizde Çanakkale çevresindeki kaolen yataklarında bol miktarda hallosite rastlanılmaktadır (Dora, 1991). Bu mineral çalışma alanında yalnız Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı çevresindeki bazı kayalarda gözlenmektedir.

İllit [$\text{K}_{1-1.5}\text{Al}_4(\text{Si}_{7-6.5}\text{Al}_{1-1.5}\text{O}_{20})(\text{OH}_4)$], sık rastlanan bir kil mineralidir ve büyük bölümü montmorillonitlerin ve volkanik malzemenin gömülmesi ile diyajenez sonucu oluşur (Şahinci, 1987). Çiftçi (2003)'de illit, muskovit veya feldispatların hidrotermal alterasyonu veya atmosferik bozuşması sonucunda oluştuğu

belirtilmiştir. Bu mineral çalışma alanında Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı çevresindeki kayalarda yaygın olarak gözlenmekle birlikte Çan Sıcak Su Kaynağı çevresinde de bir kayaçta opal ve götit ile birlikte bulunduğu belirlenmiştir.

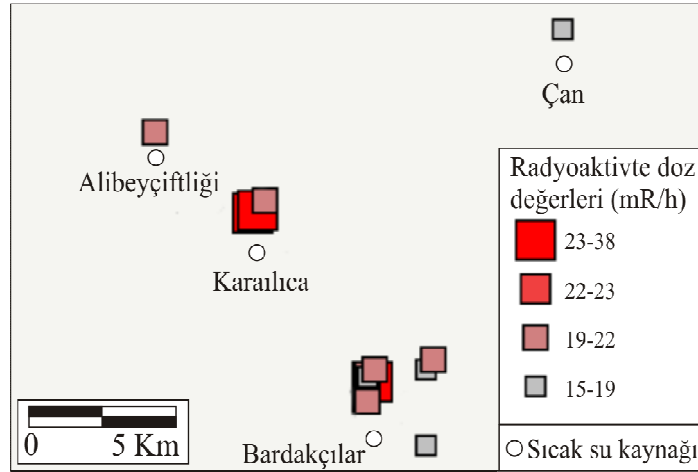
Klorit $[(\text{Mg,Fe,Al})_6[(\text{SiAl})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8]$ türü mineraller, biyotit, ojit ve hornblend gibi minerallerin ayrışması ile oluşur ve pek çok kayanın çatlaklarında bu minerallere rastlanır. Ana yayılım bölgesi kloritistlerdir (Dora, 1991). Klorit türlerinin geniş bir yayılım aralığı vardır. Düşük dereceli metamorfik kayalarda ya da ferromagnezyen minerallerin ayrışma ürünü olarak bulunabilirler (Bates ve Jackson, 1980). Bu mineral çalışma alanında yalnız Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı çevresindeki kayalarda illitle birlikte gözlenmektedir.

Montmorillonit $[\text{Na}_{0.33}\text{Al}_{1.67}\text{Mg}_{0.33}\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2\text{nH}_2\text{O}]$, simektit grubuna ait bir kil mineralidir. Kafes yapısı sebebiyle su alabilen bu mineral çok yaygın olarak bulunur. Diyabaz, bazalt, gabro ve peridotit gibi bazik kor kayaların ayrışmaya uğramış kabuk yapılarında bulunur (Çiftçi, 2003). Montmorillonit mineralleri genellikle ferromagnezyen minerallerin, kalsik feldispatların ve volkanik camların alterasyonu ile ortaya çıkar, bentonit ve kilin asıl bileşenlerini oluşturur ve toprakta, tortul kayalarda ve bazı maden yataklarında yaygın olarak bulunur (Bates ve Jackson, 1980). Bu mineral çalışma alanında Alibeyçiftliği, Karalıca ve Bardakçılar sıcak su kaynakları çevresindeki kayaların çatlaklarında gözlenir.

6.3 Çalışma Alanındaki Kayalarda Radyoaktivite Doz Değerleri

Çalışma alanında jeotermal sistemlerin etrafında yüzlek veren kayalar ile kaplıca çevrelerinde DOSE RATE METER (NEB.211L) ile radyoaktivite doz değerleri ölçülmüştür. Radyoaktivite doz değerleri “radyasyon doz şiddeti” birimini ifade eden $\mu\text{R/h}$ cinsinden verilmiştir. NEB. 211L Dose Rate Meter, düşük seviyeli radyoaktif madde şüphesi olan ortamlar, nükleer araştırma merkezleri, hastanelerin ve üniversitelerin nükleer tıp, radyoterapi bölümleri, radyoaktif maddelerle veya radyoaktif madde içeren cihazlarla çalışan sanayi kuruluşlarında kullanılmaya elverişli bir cihazdır.

Biga Yarımadası'nda Karalıda Sıcak Su Kaynağı etrafındaki topraklarda ölçülmüş radyoaktivite değerleri diğer kaynaklara göre oldukça yüksektir. Jeotermal kaynakların çevresinde yüzlek veren kayalarda ölçülmüş radyoaktivite doz değerleri 11 ile 38 $\mu\text{R/h}$ arasında değişmektedir (Tablo 6.5). Özellikle jeotermal kaynakların çıkış noktalarına yakın kesimlerde radyoaktivite doz değerleri yüksektir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Çalışma alanında ölçülen ortalama radyoaktivite doz değerleri

Tablo 6.5 Çalışma alanındaki jeotermal kaynakların çevresindeki kayalarda ölçülen radyoaktivite değerleri

Yer	Radyoaktivite doz değeri ($\mu\text{R/h}$)		Yüzey Jeolojisi
	Ölçülen aralık	Ortalama	
Karalıda ve çevresi	30-45	38	Volkanik kayaç
	15-30	23	Volkanik kayaç
	11-22	17	Volkanik kayaç
	18-27	23	Volkanik kayaç
	25-27	26	Volkanik kayaç
	11-27	19	Volkanik kayaç
Bardakçılar ve Çevresi	15-18	17	Granodiyorit
	19-21	20	Granodiyorit
	20-41	31	Aplit
	13-22	18	Ayrışmış volkanit
	18-22	20	Ayrışmış volkanit
	18-29	15	Ayrışmış volkanit
	16-22	19	Ayrışmış volkanit
	12-25	19	Andezit
	11-22	17	Volkanik kayaç
	14-19	17	Kumtaşı-Şeyl
Alibeyçiftliği	15-24	20	Volkanik kayaç
Çan merkez	15-21	18	Alüvyon

BÖLÜM YEDİ

HİDROJEOKİMYA

Bölgedeki sıcak su kaynakları MTA tarafından daha önce çalışılmış ve yayınlanan envanterlerde bu kaynaklarla ilgili temel özellikler verilmiştir. Literatürde Çan Havzası'ndaki soğuk su kaynaklarının kimyasal içeriklerini belirlemeye yönelik herhangi bir detaylı çalışma bulunmamaktadır. Bu eksikliği gidermek için bu çalışma sırasında havzadaki sıcak suların yanında soğuk sular da detaylı olarak incelenerek özellikleri ortaya konmuştur. Bu bölümde Çan Havzası'ndaki sıcak su kaynakları, sıcak su sondajları, soğuk su kaynakları, keson kuyular, Kocaçay ve kollarından alınan su örnekleri ile bölgedeki meteorik suyu temsil etmesi açısından alınan kar örneklerinin kimyasal analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Çan Havzası'ndaki arazi çalışmaları sırasında kuyu/kaynak başında yapılan fiziksel-kimyasal ölçümler ve alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları EK1'de, bu su noktalarının tanımlamaları 5.Bölüm'deki Tablo 5.1, Tablo 5.3, Tablo 5.6, Tablo 5.8 ve Tablo 5.10'da verilmiştir. Sıcak su kaynaklarında yapılan periyodik su örneklemelerini gösteren dönemler Tablo 1.1'de belirtilmiştir. Ayrıca bölgedeki sıcak su kaynaklarından, bazı soğuk su kaynaklarından ve Biga Yarımadası'nın güneybatı kesimindeki Kestanbol civarında, Ege Denizi'nden döteryum (^2H), trityum (^3H) ve oksijen - 18 (^{18}O) izotop içeriklerini belirlemek için deniz suyu örnekleme yapılmıştır. İlgili analizler ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

7.1 Kimyasal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

7.1.1 Giriş

Bu çalışmada 746 Km²'lik Çan Havzası'ndaki su noktalarının yaklaşık % 90'ında yerinde fiziksel ve bazı kimyasal ölçümleri yapılmıştır. Bunu takiben belirlenen bazı noktalardan ilk kez bu çalışma ile literatüre giren çok sayıda kimyasal analiz yapılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Çan Havzası'ndaki sıcak su kaynakları ilk kez bu çalışmada uzun dönemlik periyodik su örneklemeleri yapılarak çalışılmıştır. Ayrıca literatürde bölgedeki sıcak su kaynaklarını kapsayan sınırlı

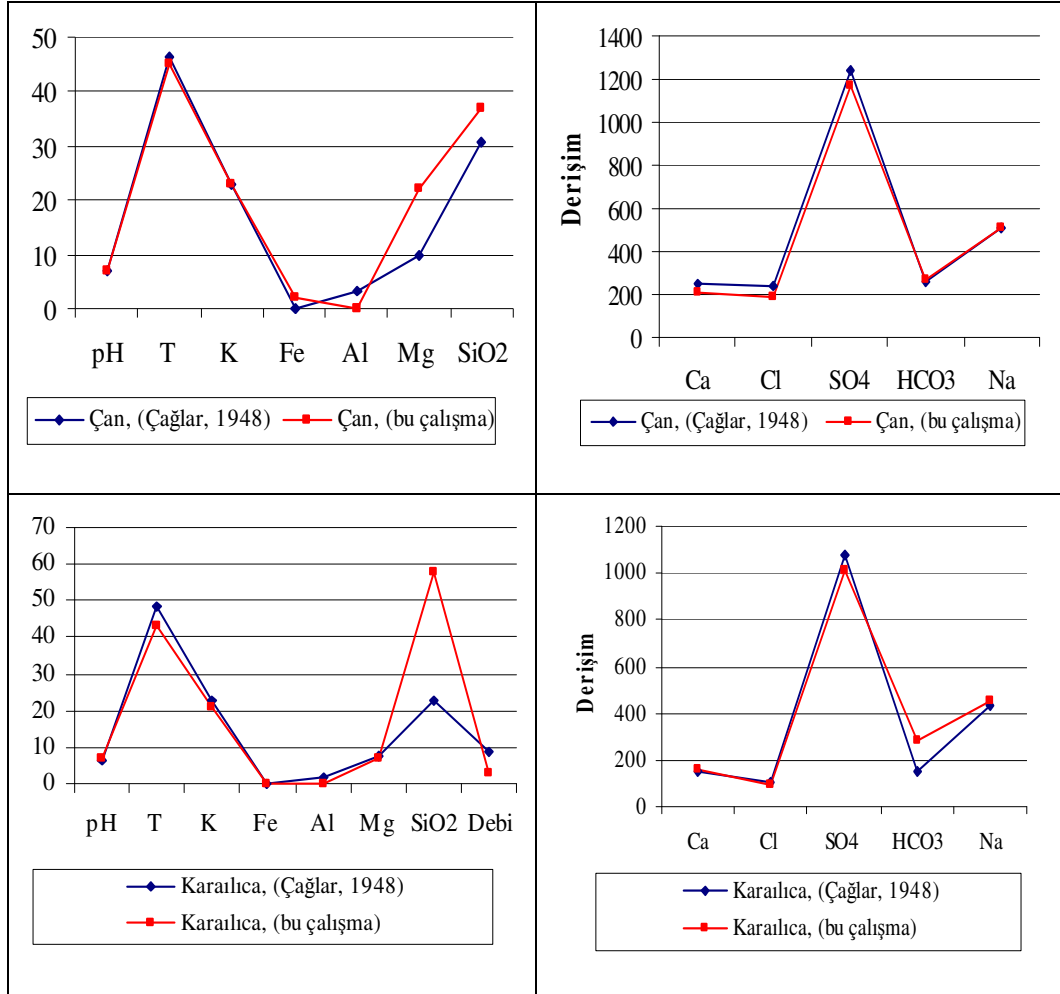
sayıda çalışma mevcut olup bunlardan ilki, Çağlar (1948)'da verilen, 1932 - 1947 yılları arasında Çan ve Karılıca sıcak su kaynaklarında yapılmış analizleri içerir. Söz konusu rapor bölgedeki kaynaklara yönelik ilk çalışma olması ve tarihinin Türkiye için oldukça eski bir döneme rastlaması açısından önem taşır. Bu nedenle çalışmaya kısaca değinilerek, bu çalışmada elde edilen verilerle temel özelliklerin karşılaştırması yapılmıştır. İki çalışmanın karşılaştırmasını kolaylaştırmak için bu çalışmadaki verilerin ortalamaları alınmıştır. Böylece aradan geçen ortalama 70 yılda, su kaynaklarının kimyasal bileşenlerinde meydana gelen değişimler ortaya konmuştur (Tablo 7.1 ve Tablo 7.2). Çağlar (1948) ve bu çalışmada sıcak su kaynaklarının su tiplerinin geçmişten günümüze değişmeyip Na-Ca-SO₄ şeklinde aynı kaldığı gözlenmiştir.

Tablo 7.1 Çağlar (1948) ve bu çalışmadaki kimyasal analiz sonuçlarının karşılaştırılması

	Çan Sıcak Su Kaynağı		Karılıca Sıcak Su Kaynağı	
	Çağlar (1948)	Bu çalışma	Çağlar (1948)	Bu çalışma
Analiz Tarihi	1932-1947	2005-2008	1933-1947	2005-2008
Sıcaklık (°C)	46,5	45,2	48,7	43,4
Debi (L/s)	1,7 (kaynak)	Kaynak kuru	8-10	3,0
pH	6,8	6,9	6,5	6,9
K (mg/L)	23,0	22,8	22,9	20,9
Na (mg/L)	513,3	513,7	433,0	455,1
NH₄ (mg/L)	0,56		0,8	
Ca (mg/L)	250,0	214,5	153,5	156,3
Mg (mg/L)	10,0	22,0	7,5	6,7
Fe (mg/L)	0,06	2,08	Eser	0,07
Al (mg/L)	3,10	0,03	1,77	0,04
Cl (mg/L)	237,5	187,8	101,6	91,2
NO₃ (mg/L)	0,2		3,3	
SO₄ (mg/L)	1237,0	1174,8	1079,0	1011,9
P (mg/L)	0	<0,200	0,5	0,05
HCO₃ (mg/L)	258,3	274,4	152,5	285,3
SiO₂ (mg/L)	30,8	36,9	22,9	57,8
Radyoaktivite (Eman)	15,0		18,7	
Su Tipi	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄

Tablo 7.1 ve Şekil 7.1'de görüldüğü gibi iki farklı dönem için karşılaştırılan bileşenlerin bazılarında ufak artmalar ya da azalmalar gözlenirken bazılarındaki değişimler daha yüksektir. Bu durum şu şekilde açıklanabilir: Çan Sıcak Su Kaynağı için Mg ve SiO₂'de artma, Al'da azalma gözlenmekte iken, Karılıca sıcak su kaynağında SiO₂ ve HCO₃'de artma, sıcaklık ve debide azalma gözlenmektedir. Çan Sıcak Su Kaynağı dikkate alındığında, üretim şekline değinmekte fayda vardır.

1940'lı yıllarda bu kaynaktan sıcak su çıkışı artezyen şeklinde iken, 1990'lı yıllardan itibaren yetersiz debi sebebiyle sondajla üretime geçilmiştir. Bu durum, sıcak suyun alüvyon akiferle daha az temas ettiği ya da hiç temas etmediği daha derin bir kesimden yüzeye ulaşmasına ve suyun debisinde öncekine göre bir miktar artışa sebep olmuştur. Çekim rejimi değişmesinin, haznede belirli bir düzen içinde seyreden su-kayaç ilişkisini etkileyeceği ortadadır.



Şekil 7.1 Çan ve Karailıca sıcak su kaynaklarının bazı özelliklerinde 1948 - 2008 yılları arasında gözlenen değişimler (T, °C; analiz sonuçları mg/L cinsindendir)

SiO₂'nin sudaki çözünürlüğü belirli bir sıcaklığa kadar, sıcaklıkla doğru orantılı olarak artar. Kaynağın eski halinde sıcak suyun hazneden yüzeye doğru hareketi sırasında sıcaklık düşüşü ile birlikte SiO₂ çökmesi olur. Ek4'deki doygunluk indeksi grafiklerinde Js1 nolu Çan Sıcak Su Kaynağı'na ait örneğin grafiklerinde SiO₂ çökmeye başlamasının 50 - 100°C'ler arası olduğu görülmektedir. Tablo

7.7’de yüzey sıcaklıklarında sudaki bazı minerallerin çözünürlüklerini gösteren verilerde, yüzey koşullarında SiO_2 (kuvars ve kalsedon) ile beraber mikroklin ve albitin de doygunluk üstü değerlerde olduğu görülmektedir. Çan Sıcak Su Kaynağı’nın yüzeyde ölçülen sıcaklığı 45-50°C arası olduğuna göre, yüzeyden derine doğru bir miktar inildiğinde SiO_2 ’nin çökelme eğiliminde olduğu zona ($\text{SI}>0$) ulaşılır. Böylece, suyun yüzeydeki SiO_2 değeri ile sondajla derinden alınan suyun SiO_2 değerinin farklı olabileceği düşünülebilir. Bu olay bazı jeotermal sahalarda kabuklaşma problemine neden olan basınç ve sıcaklık düşmesi ile beraber başlayan mineral çökelimini ifade eder ve inhibitör denen kimyasal maddelerin kullanılması gibi yöntemlerle bertaraf edilir.

Karalıda Sıcak Su Kaynağı’nın sıcaklığı ve debisinin geçmiştekine göre düşmüş olması birkaç sebeple olabilir. Günümüzde Karalıda kaplıca işletmesi geçmişte olduğu gibi halen artezyen şeklinde çıkış yapan 3 kaynaktan beslenmekte ve sondajla üretim yapmamaktadır. Çekim koşulları değişmediğine göre, debi düşüşü sıcak suyun çıkışını sağlayan süreksizlik zonlarının aradan geçen 70 yılda hareket etmesi sonucu geçirimsizlik değişimi ile ilişkili olabilir. Ayrıca, Karalıda sıcak su kaynaklarına 120 m GB’da açılmış Js3 (Çan - Etili - 1 kuyusu) ve 380 m GB’da açılmış Js2 nolu sondajlar (Şekil 5.1) daha önceden birbiri ile bağlantılı olmayan düzeyler arasında bir iletim hattı oluşturup, suyun hareketi sırasında geçtiği yolu değiştirebilir. Bu durum suyun sıcaklığının azalmasına ve bazı bileşenlerin derişimlerinin değişmesine sebep olabilir. Sonuçta Js3 nolu sondajın SiO_2 değerlerinin Kahraman ve diğer. (2004)’nin verilerine göre, kuyudaki artezyen (67,57 mg/L), denge (74,07 mg/L) ve yüksek üretim (77,97 mg/L) sırasındaki artışı yukarıdaki açıklamayı destekler niteliktedir. Karalıda Sıcak Su Kaynağı’nda bugüne kadar farklı araştırmacılar tarafından yapılan HCO_3 ölçümleri birbirinden farklılık göstermektedir. Örneğin, Sarp ve diğer. (1998)’nde 159 mg/L, Türkiye Jeotermal Envanteri (MTA, 2005)’nde 227 mg/L, Yalçın (2007)’da 269 mg/L Hıfzıssıhha Enstitüsü Raporu (2002)’nda 853 mg/L ve bu çalışmada ortalama 285,3 mg/L olarak belirlenmiştir. Sudaki HCO_3 miktarı CO_2 gazı ile ilişkili olduğundan, örnek alındıktan sonra en kısa sürede ölçülmelidir. Bu çalışmada tüm HCO_3 ölçümleri kuyu başında örnek alındıktan hemen sonra yapılmıştır. Ancak çeşitli çalışmalarda bu

bileşenin örnek alındıktan sonra ölçüm süresi farklı olmaktadır. Bu süre uzadıkça HCO_3 miktarında artış olacaktır. Ölçümlerdeki HCO_3 farklılıkların en önemli sebebinin bu durum olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, her geçen gün teknolojinin gelişmesine bağlı olarak sudaki fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçüm hassasiyeti artmaktadır. Bu nedenle önceki tarihli analizler ile yeni tarihli analizler arasında bazı farklılıklar olması normaldir. Ayrıca, arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasındaki örnekleme, laboratuvara taşınma ve analiz koşulları kimyasal analizlerin sonuçlarını etkiler. Bu nedenle her çalışmadaki hassasiyet oranı farklıdır.

7.1.2 Suda Ölçülen Bileşenlerin Değerlendirilmesi

Bu çalışma sırasında sıcak ve soğuk sularda yapılan arazi ölçümleri ve laboratuvar analizlerine ait sonuçların verildiği EK1'deki parametreler, ölçülen elementler ve bunların ölçüm hassasiyetleri Tablo 7.2'de verilmiştir. Aynı tabloda Türk Standartları Enstitüsü tarafından TS266 - Türk İçme Suyu Standartları (TS266, 1997)'nin yeniden düzenlenmiş hali olan TS266 - İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TS266, 2005) yönetmeliğinde izin verilen maksimum değerler de belirtilmiştir.

EK2'de çalışma alanındaki sıcak su kaynakları ve sondajlarından alınan su örneklerine ait bazı fizikokimyasal özellikler (EC, pH) ve kimyasal analizlere ait sonuçlar (Na, K, Ca, Mg, Cl, SO_4 , HCO_3 , SiO_2 , B, Li, Sr, As, Mn, Br) birbirleri ile karşılaştırılarak aralarındaki ilişkinin durumu verilmiştir. İki parametre arasındaki ilişki Aquachem 3.7 (Calmbach, 1997) programı kullanılarak korelasyon katsayısı (r) şeklinde ifade edilmiştir. Karşılaştırılan bileşenler arasındaki ilişki -1 ile +1 aralığında tanımlanmaktadır. (-) değerler negatif bir ilişkiyi, (+) değerler ise pozitif bir ilişkiyi gösterir. r -1'e ya da +1'e ne kadar yakınsa iki bileşen arasındaki ilişki pozitif yada negatif açıdan o kadar güçlüdür ve r=0 ise iki parametrenin birbiri ile ilişkisinin olmadığı kabul edilir.

Tablo 7.2 Çalışma alanındaki su gruplarının EK1’de verilen kimyasal analiz sonuçları, arazide ölçülen fizikokimyasal parametreleri ve hesaplanmış bazı özelliklerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri, analizi yapılan elementlerin ölçüm hassasiyetleri ve bu elementlerin TS266 (2005)’ya göre içme sularında bulunmasına izin verilen üst limitleri

Parametre	Alt belirleme sınırı	TS266 (2005)'da izin verilen üst sınır	Sıcak su			Soğuk su kaynağı			Sondaj				
			Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.		
pH					6,3	8,5	7,4	4,0	8,3	6,8	6,7	8,6	7,4
T (°C)					16,3	59,4	42,5	6,8	33,1	17,2	13,8	24,6	18,4
Eh (mV)					-261	165	-78	-60	350	134	-64	234	104
EC (µS/cm)					1493	3490	2212	81	2780	762	574	3440	1029
Na (mg/L)			50 ppb	200 mg/l	221,0	578,8	391,6	4,2	225,1	44,5	17,5	583,3	109,5
K (mg/L)			50 ppb		5,3	28,6	15,3	0,1	98,0	4,2	0,7	21,2	4,4
Ca (mg/L)			50 ppb		27,0	238,3	120,3	3,4	328,3	89,2	3,9	249,7	88,6
Mg (mg/L)			50 ppb		0,3	23,8	6,5	1,1	105,4	24,0	0,3	63,1	25,2
Cl (mg/L)	1 ppm	250 mg/l	22,0	221,0	78,9	2,2	475,0	37,9	10,1	216,3	61,7		
SO ₄ (mg/L)	0,1 ppm	250 mg/l	502	1278	855	8	732	84	13	1021	120		
HCO ₃ (mg/L)	1 ppm		33,6	367,0	202,3	10,4	870,0	327,4	214,0	847,0	394,5		
SiO ₂ (mg/L)	40 ppb (Si)		24,5	109,0	57,3	10,6	93,3	39,8	12,0	55,5	31,4		
B (mg/L)	5 ppb	1 mg/l	0,31	5,84	1,66	0,005	1,195	0,104	0,026	0,670	0,189		
Li (mg/L)	0,1 ppb		0,098	1,291	0,612	0,000	0,713	0,036	0,003	0,646	0,085		
Sr (mg/L)	0,01 ppb		0,589	4,360	2,074	0,026	3,210	0,655	0,071	2,144	0,663		
Mn (mg/L)	0,05 ppb	50 µg/l	0,014	0,997	0,333	0,000	3,690	0,255	0,000	2,936	0,219		
Fe (mg/L)	10 ppb	200 µg/L	0,000	5,300	0,664	0,010	6,214	0,314	0,000	3,349	0,395		
Ba (mg/L)	0,05 ppb	1 mg/l	0,014	0,032	0,020	0,001	0,265	0,065	0,018	0,141	0,058		
Cu (mg/L)	0,1 ppb	2 mg/l	0,001	0,066	0,010	0,000	0,065	0,006	0,002	0,022	0,006		
Ni (mg/L)	0,2 ppb	20 µg/l	0,000	0,776	0,028	0,000	0,077	0,006	0,000	0,026	0,003		
Br (mg/L)	5 ppb		0,061	0,636	0,230	0,024	1,630	0,134	0,066	0,471	0,220		
Al (mg/L)	1 ppb	200 µg/l	0,002	0,800	0,066	0,001	31,874	0,725	0,000	0,892	0,091		
As (mg/L)	0,5 ppb	10 µg/l	0,000	0,275	0,062	0,000	0,017	0,003	0,001	0,030	0,008		
P (mg/L)	20 ppb		0,000	0,064	0,035	0,020	3,077	0,143	0,025	0,379	0,103		
Zn (mg/L)	0,5 ppb		0,001	0,085	0,014	0,000	0,454	0,036	0,001	0,124	0,034		
Zr (mg/L)	0,02 ppb		0,000	0,040	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Cd (mg/L)	0,05 ppb	5 µg/l	0,000	0,050	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000		
O ₂ (mg/L)	0,01 mg/L		0,9	4,0	2,5	1,4	6,7	4,9	1,6	4,9	2,8		
% Na			55,2	92,9	73,2	5,2	73,7	25,2	11,7	98,4	35,1		
SAR			6,0	25,6	10,5	0,2	5,8	1,1	0,4	41,1	5,7		
Sertlik (Fr)			8,1	69,0	32,7	1,6	125,3	32,1	1,1	79,5	32,5		
Σkatyon			14,0	39,9	24,1	0,5	33,5	8,5	5,8	42,1	11,4		
Σanyon			13,3	37,8	23,3	0,6	33,1	8,2	5,4	38,1	10,7		
e (%)			-5,0	5,5	1,9	-12,7	11,4	1,7	-2,7	18,1	3,1		
TDS (mg/L)			948	2407	1531	42	1958	498	329	2042	603		
Σkatyon ve Σanyon miktarları meq/L cinsindendir													

Tablo 7.2'nin devamı

Parametre	Alt belirleme sınırı	TS266 (2005)'da izin verilen üst sınır	Keson kuyu			Kar			Dere		
			Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.
pH			4,3	8,0	7,1	7,3	8,5	7,9	6,3	7,0	6,6
T (°C)			8,3	24,0	14,5	6,7	30,8	13,4	7,9	9,9	8,9
Eh (mV)			-101	237	112	-92	176	43	259	272	265
EC (µS/cm)			191	3100	1257	291	2700	825	25	26	26
Na (mg/L)	50 ppb	200 mg/L	14,4	265,9	85,3	10,5	505,0	106,5	1,9	2,1	2,0
K (mg/L)	50 ppb		1,0	93,5	18,0	1,8	9,4	4,0	0,3	0,9	0,6
Ca (mg/L)	50 ppb		13,7	314,6	130,9	31,2	120,7	60,0	1,8	2,6	2,2
Mg (mg/L)	50 ppb		3,2	108,0	33,5	8,5	35,8	18,3	0,4	0,5	0,5
Cl (mg/L)	1 ppm	250 mg/L	7,0	491,0	108,9	13,0	52,0	23,7	3,0	3,0	3,0
SO ₄ (mg/L)	0,1 ppm	250 mg/L	5	498	163	15	870	198	2	4	3
HCO ₃ (mg/L)	1 ppm		4,9	810,3	392,7	156,0	532,0	326,0	6,0	6,0	6,0
SiO ₂ (mg/L)	40 ppb (Si)		15,8	87,0	41,2	9,5	24,8	16,9	0,5	1,3	0,9
B (mg/L)	5 ppb	1 mg/L	0,02	0,88	0,17	0,03	0,09	0,05	0,01	0,01	0,01
Li (mg/L)	0,1 ppb		0,001	0,818	0,061	0,002	0,053	0,017	0,000	0,001	0,001
Sr (mg/L)	0,01 ppb		0,107	4,435	1,081	0,195	1,437	0,484	0,008	0,012	0,010
Mn (mg/L)	0,05 ppb	50 µg/L	0,000	0,851	0,104	0,000	0,289	0,092	0,006	0,017	0,011
Fe (mg/L)	10 ppb	200 µg/L	0,010	1,721	0,199	0,076	0,265	0,192	0,016	0,187	0,102
Ba (mg/L)	0,05 ppb	1 mg/L	0,015	0,389	0,106	0,043	0,060	0,051	0,003	0,005	0,004
Cu (mg/L)	0,1 ppb	2 mg/L	0,001	0,058	0,017	0,003	0,020	0,007	0,003	0,009	0,006
Ni (mg/L)	0,2 ppb	20 µg/L	0,000	0,015	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,024	0,012
Br (mg/L)	5 ppb		0,056	1,415	0,285	0,005	0,283	0,091	0,006	0,012	0,009
Al (mg/L)	1 ppb	200 µg/L	0,001	1,044	0,076	0,076	0,328	0,173	0,031	0,075	0,053
As (mg/L)	0,5 ppb	10 µg/L	0,001	0,162	0,023	0,001	0,004	0,002	0,001	0,003	0,002
P (mg/L)	20 ppb		0,022	2,861	0,498	0,040	0,243	0,134	0,000	0,000	<0,020
Zn (mg/L)	0,5 ppb		0,002	0,145	0,028	0,007	0,018	0,012	0,017	0,033	0,025
Zr (mg/L)	0,02 ppb		0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,05 ppb	5 µg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)	0,01 mg/L		1,5	4,0	2,5						
% Na			10,0	70,2	33,1	11,0	71,2	31,4	38,4	44,2	41,3
SAR			0,4	4,9	1,8	0,3	10,4	2,4	0,3	0,4	0,3
Sertlik (Fr)			4,7	122,9	46,4	11,4	44,8	22,5	0,6	0,9	0,7
Σkatyon			2,0	31,2	13,5	2,9	31,2	9,3	0,2	0,3	0,3
Σanyon			2,0	31,1	12,9	3,8	28,3	10,1	0,2	0,3	0,2
e (%)			-5,2	6,1	2,1	-29,7	4,9	-11,6	-0,8	3,4	1,3
TDS (mg/L)			103	2156	824	172	1620	485	13	17	15
Ekatyon ve Σanyon miktarları meq/L cinsindendir											

Çalışma alanındaki soğuk su kaynaklarının pH, EC, T (sıcaklık) ve Z (yükseklik) değerleri jeolojik formasyonlara göre ayrılarak karşılaştırılmıştır (Tablo 7.3). Bu değerlendirmeler ortalama değerler üzerinden yapılmış olup amacı soğuk su kaynakları için ilk bakışta genel bir yaklaşım sağlamaktır, nokta bazında ele alındığında değişik sonuçlar gözlenebilir. Ortalama pH değerlerine göre alüvyondan ve Şahinli Formasyonu'ndan çıkan sular nötr özelliktedir. Ezine Volkaniti, Işıklı Riyoliti, Çetmi Melanjı, Hallaçlar Volkaniti ve Evciler Plutonu'ndan çıkan sular değişik oranlarda asidik özelliktedir. Bayramiç Formasyonu, Çan Formasyonu, Bilaller Üyesi, Sütüven Formasyonu ve Sazak Formasyonları'ndan çıkan sular değişik oranlarda bazik özelliktedir. EC - yükseklik parametreleri arasındaki ilişki

incelendiğinde beslenme alanına doğru yükseldikçe ortalama EC değerlerinde genel olarak bir düşüş gözlenir.

Tablo 7.3 Soğuk su kaynaklarının jeolojisi ile suların T, pH ve EC değerleri arasındaki ilişki

Litoloji	Kullanılan nokta sayısı	Z (m)			T (°C)			pH			EC(μS/cm)		
		min	max	ort	min	max	ort	min	max	ort	min	max	ort
Alüvyon	11	90	136	117	9,5	25,0	17,4	4,2	8,0	7,0	301	1531	979
Bayramiç Fm.	16	96	164	120	9,1	28,0	18,5	6,9	9,0	7,5	115	2140	1082
Ezine V.	20	95	243	127	12,7	25,0	19,6	3,4	7,7	5,8	429	2780	1044
Çan Fm.	4	130	213	172	13,5	29,0	22,2	7,1	8,3	7,7	1065	2320	1630
Işıkeli Ry.	6	168	204	181	11,0	28,0	16,3	5,5	6,4	5,9	210	1668	562
Bilaller Ü.	30	142	225	197	7,2	33,1	19,5	6,4	8,0	7,3	146	1878	739
Şahinli Fm.	91	98	338	204	6,8	27,8	16,4	4,6	8,3	7,0	81	3004	899
Çetmi M.	15	253	463	326	7,1	27,6	15,7	4,3	8,0	6,9	117	829	416
Hallaçlar V.	27	181	645	358	6,9	30,8	11,9	3,7	7,2	5,6	34	912	211
Evciler Plt.	20	344	518	421	5,7	28,2	14,1	5,7	8,3	6,9	133	512	325
Sütüven Fm.	16	302	719	475	6,7	25,4	14,9	7,1	7,6	7,3	144	610	371
Sazak Fm.	7	326	597	500	9,0	17,0	13,4	7,2	7,8	7,5	309	510	406

Ölçülen parametrelerle ilgili değerlendirmeler Tablo 7.2’deki sıraya göre şöyledir:

- **pH:**

Suyun asitliği ve bazlığının bir belirtici olan pH ($\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$), hidrojeokimyasal süreçlerde çeşitli faktörlere bağlı olarak değişen, birçok elementin ve mineralin suda bulunuş şeklini belirleyen önemli bir parametredir. pH, çalışma alanındaki derelerde bazik, kar sularında asidik-nötr arası, diğer su türlerinde 4’den 8,5’a kadar değişen geniş bir aralıkta bulunmaktadır (Tablo 7.2, Tablo 7.3, EK1).

- **Sıcaklık (T):**

Tüm su noktalarında kuyu/kaynak başında yapılan sıcaklık ölçümlerine göre bölgedeki ortalama sıcaklıklar, sıcak sular için 42,5°C, soğuk su kaynakları için 17,2°C, sondajlar için 18,4°C, keson kuyular için 14,5°C, dere suları için 13,4°C ve kar suları için 8,9°C’dir. Koçak (2002b)’ta jeotermal kaynağın başlangıç sıcaklık değerine ve ülkemizdeki kullanım olanakları göz önünde tutularak yapılmış sınıflamaya göre jeotermal alanlar; düşük entalpili alanlar (20 - 70°C), orta entalpili alanlar (70 - 150°C) ve yüksek entalpili alanlar (>150°C) olarak üç grupta

toplanmaktadır. Buna göre Çan Havzası'ndaki tüm sıcak su kaynakları düşük entalpili alanlar olarak tanımlanabilir (Tablo 7.2, Tablo 7.3, EK1).

- **Redoks Potansiyeli (Eh):**

Redoks potansiyeli, 1 mol oksidandan H_2 'e elektron transferi sırasında kazanılan enerji olarak tanımlanır. Eh'taki E elektromotor kuvveti, h ise potansiyelin hidrojen ölçeğinde olduğunu ifade eder. İyonların denge durumlarını Eh ve pH cinsinden gösteren diyagramlara Eh - pH diyagramları denir ve bu diyagramlar yeraltı suyu kalitesi incelemelerinde birçok minör ve iz elementin oluşumu ve hareketini kontrol eden süreçler hakkında fikir verir (Freze ve Cherry, 2003). Olağan koşullarda ($25^\circ C$ ve 1Atm) ve kimyasal tepkime sonunda iyon etkinliği 1 olan bir ortamda meydana gelen elektrige standart potansiyel denir. Ölçülen elektrovolt ortamda indirgenme varsa (-), yükseltgenme varsa (+) değer olarak alınır (Şahinci, 1991). Çalışma alanında ölçülen Eh değerleri sıcak sularda ölçüm yapılan dönemlerin tamamına yakınında ortalama -70 ile -243 mV aralığındadır. Diğer su noktalarında büyük oranda pozitif değerlerde olan Eh, çok az sayıda noktada negatif değerler almıştır ve bu değerler içinde büyük bölümü "0"a yakındır (Tablo 7.2, EK1).

- **Elektriksel İletkenlik (EC):**

The American Society for Testing and Materials (1964) tarafından belirli bir sıcaklıktaki $1cm^3$ sulu çözeltinin iki yüzeyi arasında ohm olarak ölçülen direnç karşısı, elektriksel iletkenlik (EC) olarak tanımlanmıştır. Bu birim micromho/cm veya nümerik olarak aynı olan mikrosiemens/cm şeklinde ifade edilir ve sıcaklık standart olarak laboratuvar ölçümlerinde $25^\circ C$ olarak alınır. EC, sudaki çözünmüş iyon miktarı ile doğru orantılı olarak değişir (Hem, 1985). Çalışma alanındaki suların EC değerleri sıcak su kaynaklarında en yüksek, keson kuyularda genelde 1000 $\mu S/cm$ 'den fazla, soğuk su kaynaklarında ve derelerde genelde 1000 $\mu S/cm$ 'nin altındadır ve en düşük olarak kar örneklerinde gözlenmiştir (Tablo 7.2, Tablo 7.3, EK1).

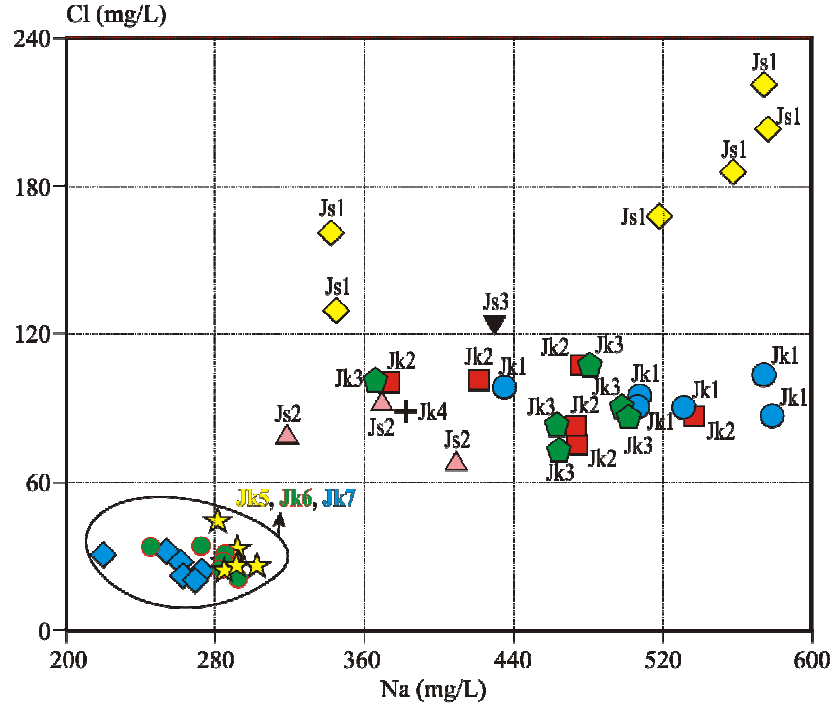
- **Sodyum (Na):**

Na, periyodik tablodaki alkali metal grubu içinde en yaygın elementtir. Volkanik kayalarda Na, K'a göre biraz daha yaygındır, fakat tortullarda daha azdır. Na çözeltiye karıştıktan sonra durumunu koruma eğilimindedir. Na özellikle yüksek iyon değişimi kapasitesine sahip minerallerin (örneğin killeri) yüzeylerinde, soğurma ile tutulur. Tatlı su sistemlerindeki katyon değişim süreçleri, çözültiden iki değerlikli iyonları çekerek, tek değerli olanlarla değiştirme eğilimindedir. Yaygın feldispatlardan (KAlSi_3O_8) olan ortoklaz ile mikroklin ve bileşimi albitten ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) anortite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) değişen plajioloklas serilerinde yer değiştirmiş halde Na bulunabilir. K-feldispat yer değiştirmeye reaksiyonlarına karşı dayanıklıdır. Bununla birlikte Na ve Ca içeren türler ayrışmaya karşı daha hassastır. Ayrışırken çözeltiye metal katyonlar ve silis verirler ve yaygın olarak Al'lu bir kil minerali (Kaolinit, illit, montmorillonit) oluştururlar (Hem, 1985). Suda çözünmüş toplam katı madde miktarı 1000 mg/L'den az ise Na, Na^{+1} iyonu şeklinde bulunur. Tuzluluğun artışı ile kompleks iyonlar ve iyon çiftleri görülür (Hitchon, Perkins ve Gunter, 1999).

Çalışma alanındaki sulardan sondajlar her ne kadar maksimum Na derişiminin gözlemlendiği su noktası türü olsa da, ortalama değerler ele alındığında sıcak su kaynakları ve sondajları 578,8 mg/L'lik Na içeriği ile ilk sırada gelir. En az Na derişimi kar örneklerinde saptanmış olup diğer su noktası türlerine ait örnekler de bu iki uç bileşen arasında yer alır (Tablo 7.2, EK1). Çalışma alanındaki sıcak sularda Na miktarı SO_4 , HCO_3 , B, Li ve EC ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir (EK2). Bu bileşenlerin birbiri ile ilişkili olması jeotermal sularda rastlanan bir durumdur.

Jeoloji ve Tektonik bölümlerinde jeolojik formasyonların eğim yönleri havzanın güneyi için kabaca kuzeye doğru olarak verilmiştir. Hidrojeoloji bölümünde ölçülen yeraltı suyu kotlarına göre yeraltı suyu akış yönünün Bardakçılar (Jk5, Jk6, Jk7) Sıcak Su Kaynağı'ndan Çan (Js1) Sıcak Su Kaynağı'na doğru olduğu belirtilmiştir. Meteorik suyun yüzeyden girişinden sonra bölgede kabaca güneyden kuzeye doğru hareket ettiği kabul edilmiştir. Buna göre Şekil 7.2'de Js1'in yüksek Na-Cl içeriği ile

Jk5, Jk6 ve Jk7'nin düşük Na-Cl içeriği bakımından diğer örnek grubundan ayrımlı oldukları görülmektedir.



Şekil 7.2 Sıcak sularda Na-Cl ilişkisi

Na, genel olarak bir jeotermal haznedeki akışkanlar içinde miktarı ~200-2000 mg/Kg arasında değişen ana katyondur. Aynı şekilde K'da ana katyonlardan olup, Na'dan daha düşük değerlerde gözlenir. Kabaca K derişimleri Na derişiminin 1/10'una karşılık gelir. Na/K oranı yüksek sıcaklık zonları için (daha düşük oran, daha yüksek sıcaklık) kullanışlı bir parametredir. Düşük Na/K oranları (~<15) yüzeye hızlı bir şekilde çıkma eğilimi ve yükselim yapıları ya da daha geçirimli zonlarla ilgilidir. Yüksek oranlar, yanal akış, yüzeye yakın reaksiyonlar ve iletimli soğuma ile ilgilidir (Nicholson, 1993). Çalışma alanındaki sıcak su kaynakları ve sondajlarına ait Na ve K değerlerinin Na/K oranları Tablo 7.4'te görülmektedir. Sadece Js2 sondajına ait sonuçta bu oran 15'den küçük, diğer tüm sonuçlarda 15'den büyüktür. Bu değerlendirmeye göre çalışma alanındaki sıcak sular (Js2 hariç) yüzeye ulaşmadan önce yanal yönde akış gösteren, yüzeye yakın kesimlerde kimyasal reaksiyonlara ve iletimle soğumaya maruz kalan sular olarak yorumlanır.

Tablo 7.4 Sıcak su kaynaklarının ve sondajlarının Na/K oranları

Örnek No	Tarih	Na/K	Örnek No	Tarih	Na/K	Örnek No	Tarih	Na/K	Örnek No	Tarih	Na/K
Js01	Oca.06	21	Jk01	Mar.07	38	Jk02	Şub.08	21	Jk05	Tem.07	44
Js01	Ağu.06	27	Jk01	Tem.07	44	Jk02	Haz.08	18	Jk05	Şub.08	35
Js01	Mar.07	21	Jk01	Şub.08	38	Jk03	Eyl.05	24	Jk05	Haz.08	17
Js01	Tem.07	24	Jk01	Haz.08	36	Jk03	Oca.06	20	Jk06	Oca.06	39
Js01	Şub.08	21	Jk07	Mar.07	38	Jk03	Ağu.06	25	Jk06	Ağu.06	54
Js01	Haz.08	20	Jk07	Tem.07	43	Jk03	Mar.07	22	Jk06	Mar.07	42
Js02	Oca.04	13	Jk07	Şub.08	31	Jk03	Tem.07	24	Jk06	Tem.07	42
Js02	Tem.07	16	Jk07	Haz.08	32	Jk03	Şub.08	19	Jk06	Şub.08	34
Js02	Şub.08	11	Jk02	Oca.06	20	Jk04	Haz.08	18	Jk06	Haz.08	38
Js03	Oca.04	18	Jk02	Ağu.06	26	Jk05	Oca.06	40	Jk07	Eyl.05	50
Jk01	Oca.06	36	Jk02	Mar.07	23	Jk05	Ağu.06	52	Jk07	Ağu.06	51
Jk01	Ağu.06	50	Jk02	Tem.07	23	Jk05	Mar.07	40			

- **Potasyum (K):**

K litofil bir elementtir ve asidik volkanik kayalarındaki feldispatlar ve mikalarda yoğunudur fakat tortul kayalarındaki killerde katyon değişimi ile bulunur. Ayrışma sürecinde K^+ olarak hidrosfere girer. K'un özelliğinden dolayı illitte olduğu gibi killerin yapısına girdikten sonra bir daha iyon değişimi reaksiyonlarına katılmayabilir (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki tüm su noktaları arasında ortalama değer bakımından en yüksek K derişimine sahip olan tür keson kuyulardır (18 mg/L). Bu kuyulardan Bayramiç Formasyonu'nda açılmış olan Kk30, Kk58 ve Kk79'da K miktarı yüksektir. Sıcak su kaynakları ve sondajları (15,3 mg/L) K derişimi yüksekliği bakımından 2. sıradadır. Bu kaynaklar içinde Evciler Plutonu'ndan gelen sulara (Jk5, Jk6 ve Jk7) K miktarı diğer sıcak su kaynaklarına göre daha düşüktür. Sıcak sulara K derişimi, SO_4 , Li ve Mn ile güçlü pozitif ve pH ile güçlü negatif korelasyon göstermektedir (EK2). Işıklı Riyliti'nden çıkan soğuk su kaynaklarından olan K93'te K miktarı oldukça yüksektir. Kar örneklerinin ortalama K derişimi 0,6 mg/L'dir (Tablo 7.2). K'un yüksek olduğu sulara bakıldığında genelde ayrışma zonlarından çıkan sular oldukları görülür.

- **Kalsiyum (Ca):**

Kalsiyum birçok akarsu ve formasyon sularında bolluk bakımından Na'dan sonra gelen 2. iyondur. Seyreltik çözeltilerde Ca, Ca^{+2} şeklinde bulunurken, iyonlaşma

gücü arttıkça birçok iyon çifti ve kompleksi gelişir. Kalsiyum zenginleşmesinin; (1) plajiolklas - feldispatların albitleşmesi, (2) jips çözünmesi ile ilgili olarak dolomitleşmenin terslenmesi, (3) membran süzülmesi ve (4) kristalli kayalarda tane sınırlarındaki ve sıvı kapanımlarındaki çözülmüş maddelerin salınması ile meydana geldiği düşünülmektedir.

Çalışma alanındaki su noktalarında 1,9-314 mg/L arasında değerler alan Ca, ortalama değerler bakımından en yüksek olarak keson kuyularda bulunmaktadır. Sıcak sularda en düşük olduğu nokta Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı, en yüksek olduğu nokta Çan Sıcak Su Kaynağı'dır (Tablo 7.2). Hitchon ve diğer. (1999)'de Ca'un en çok gözlemlendiği kayalar volkaniklerden bazaltlar ve sedimenter kayalardan karbonat kayaları (kireçtaşı, dolomit) olduğu, Ca'un Na ve Sr ile iyon değişimi tepkimeleri oluşturabileceği belirtilmiştir. Kumarlar bazalt ocağındaki sondajdan alınan örnekte (Sk3) Ca 3,8-6,5 mg/L ve Sr 0,071-0,082 mg/L arasında değişen oldukça düşük bir derişime sahipken aynı örnekte Na miktarı 293-314 mg/L arasında olup, bölgedeki soğuk sularda gözlenen miktarın oldukça üzerindedir. Bu durumda sudaki Ca^{+2} ve Sr^{+2} iyonlarının tüketilmesi Na (iyon yarıçapı 1,07 Å) yerine Ca (iyon yarıçapı 1,08 Å) ve Sr (iyon yarıçapı 1,21 Å)'un kristal yapısında girerek muhtemelen sudaki Na^{+1} iyonlarının artışı sağlamıştır. Sudaki Ca miktarı, sıcak su noktalarında Mg ve Sr ile güçlü pozitif korelasyon gösterir (EK2).

- **Magnezyum (Mg):**

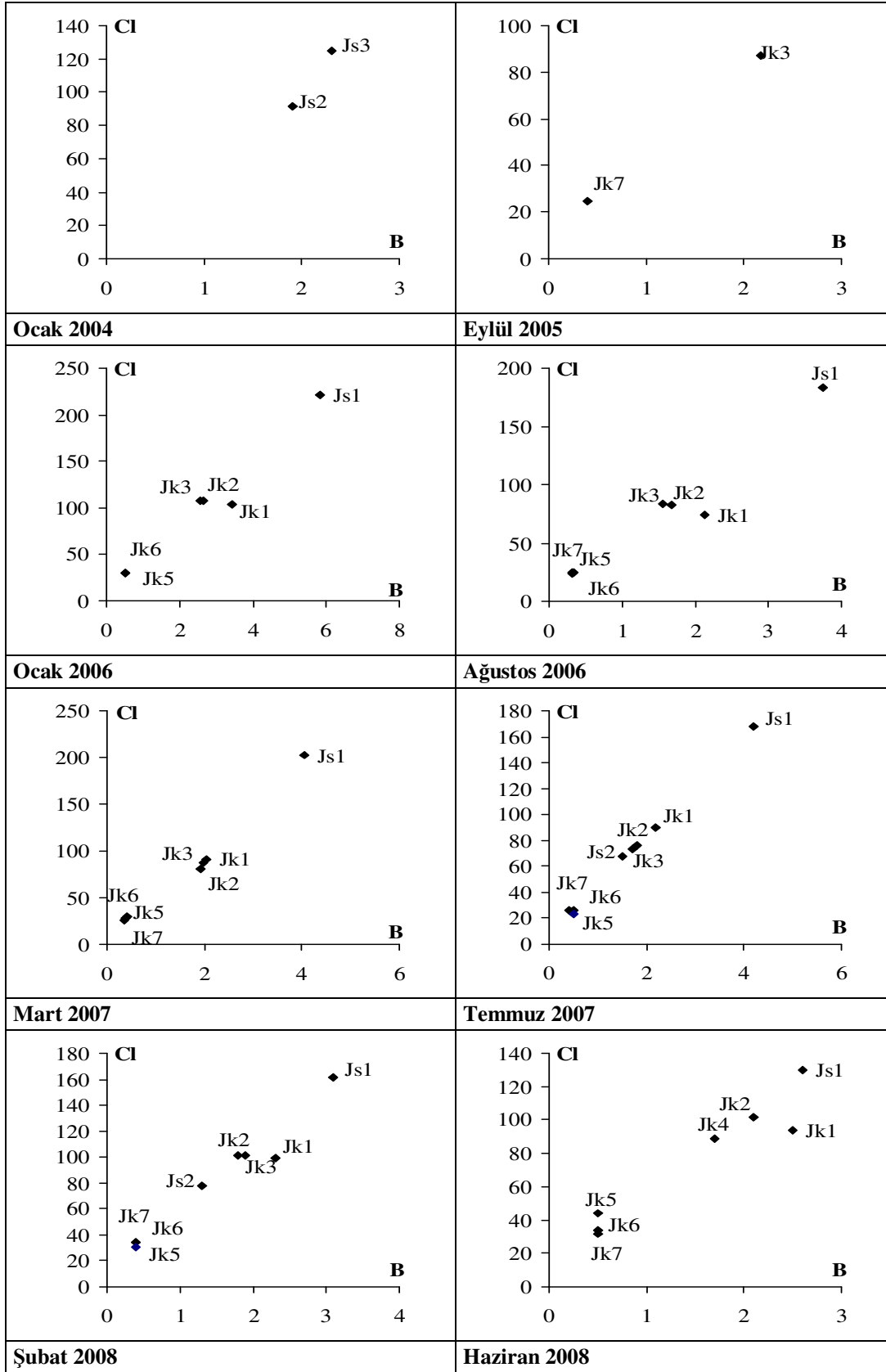
Volkanik kayalarda Mg tercihen olivin, piroksen, amfibol ve koyu renkli mika gibi koyu renkli ferromagnezyen minerallerde bulunur. Bu sebeple en yüksek derişimi ultramafik kayalardadır. Tortul kayalarda Mg'un çoğu baskın olarak dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) şeklinde Ca iyonu ile ilişkili olarak bulunur. Ayrışma sürecinde Mg^{+2} hidrosfere, koyu renkli ferromagnezyen minerallerin, kloritlerin, Mg - kalsitin ve dolomitin ayrışması ile katılır. Seyreltik yeraltı sularının büyük bölümünde Mg^{+2} çözeltideki Mg'un baskın türüdür. Tuzluluk arttıkça kompleks iyon çeşitleri içeren iyon çiftlerinin oluşması mümkündür. Hem (1985)'e göre çözeltide $pH < 10$ olduğunda $MgOH^{+}$ kompleksi oluşumu dikkate alınmamalı, $MgSO_4^0$ ve

$MgHCO_3$ ise çözeltideki SO_4 ya da HCO_3 miktarı 1000 mg/L'den büyük olduğunda önemsizdir (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki tüm su noktaları ele alındığında, Mg derişimi 0,3 - 108 mg/L arasında değişmektedir. Evciler Plutonu'ndan gelen sıcak sularda Mg miktarı (0 - 5 mg/L arası) oldukça düşüktür. Kar sularında da 0,5 mg/L civarında Mg vardır. Sıcak sularda Mg derişimi Cl, Sr ve Br ile güçlü pozitif korelasyona sahiptir (EK2).

- **Klorür (Cl):**

Cl kıtasal kabuktaki en yaygın halojendir. En bol olarak asidik volkanitlerde yerdeğiştirme ile apatit, hornblend ve mikalarda bulunur. Tortul kayaçların büyük bölümü denizaltı ortamında çökelindiğinden bu tortullardaki miktarı yüksektir. Genelde yağış sularında 5 mg/L'den daha az Cl bulunur (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki sularda 2,2 - 491 mg/L arasında değişmektedir (Tablo 7.2). Ortalama değerler incelendiğinde Cl miktarı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla keson kuyular, sıcak sular, sondajlar, soğuk su kaynakları, dereler ve kar şeklindedir. Çalışma alanındaki sıcak sularda Cl miktarı B, Mg, Sr ve Br ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir (EK2). Cl, sıcak su sistemindeki hareketi sırasında Li ve B ile birlikte değerlendirildiğinde termal sistemin kökeni hakkında bilgi vermesi açısından önem taşır. B - Cl arasındaki korelasyon katsayısı 0,97'dir. Sıcak sularda B ve Cl arasında gözlenen yüksek pozitif korelasyonun kendi grubu içindeki dağılımını görmek için sıcak su noktası adına göre mg/L cinsinden derişimlerin karşılaştırıldığı grafikler Şekil 7.3'te ve Cl/B oranları Tablo 7.5'te verilmiştir. Bu tablodaki Cl/B oranları incelendiğinde Çan, Alibeyçiftliği ve Karalica sıcak su kaynaklarındaki Cl/B oranlarının, Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı'ndaki Cl/B oranlarından yaklaşık 1/3 kat daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum daha yüksek Cl/B oranına sahip suların daha eski bir hidrotermal sistemden geldiğini belirtebilir.

Şekil 7.3'te verilen Cl-B grafiklerinde bu iki element arasındaki ilişki daha açık olarak görülmektedir. Grafiklere göre, Js1, Js2 ve Js3 sondajlarındaki Cl ve B miktarları sıcak su kaynaklarına göre daha yüksektir. Sıcak su kaynakları arasında Jk1, Jk2, Jk3 ve Jk4; Jk5, Jk6 ve Jk7'ye göre her iki element bakımından daha zengindir. Grafiklerin hepsinde Cl-B, yaklaşık bir hat boyunca dizilmiş haldedir.



Şekil 7.3 Sıcak sulardaki CI-B ilişkisi (derişimler mg/L cinsindendir)

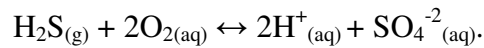
Bu doğru hattının başlangıç noktasında en düşük derişimi her iki element bakımından en düşük derişimleri temsil eden Jk5, Jk6, Jk7 noktaları, orta kesimde Jk1, Jk2, Jk3, Js2, Js3 noktaları ve hattın bitim noktasında ise Js1 noktası bulunmaktadır.

Tablo 7.5 Sıcak su kaynaklarından alınan örneklerin Cl/B oranları

Dönem	Örnek No									
	Js1	Js2	Js3	Jk1	Jk2	Jk3	Jk4	Jk5	Jk6	Jk7
	Çan Sıcak Su Kaynağı	Karalıca Sıcak Su Kaynağı					Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı			
Oca.04	---	48	54	---	---	---	---	---	---	---
Eyl.05	---	---	---	---	---	40	---	---	---	62
Oca.06	38	---	---	30	41	42	---	60	60	---
Ağu.06	49	---	---	35	49	54	---	78	75	77
Mar.07	50	---	---	45	44	42	---	71	71	72
Tem.07	40	45	---	41	42	43	---	65	52	46
Şub.08	52	60	---	43	56	53	---	85	85	78
Haz.08	50	---	---	38	49	---	52	88	68	64
Ortalama Cl/B	46	51	54	39	47	46	52	74	68	67
--- : analiz sonucu yok										

- **Sülfat (SO₄):**

Derin jeotermal sularda SO₄ miktarı genellikle düşüktür (50 mg/Kg), fakat H₂S'in oksitlenmesi ile bu miktar artar. Yüzey sularındaki yüksek SO₄ derişimi (Cl derişimine yaklaşık eşit ya da daha yüksek seviyelerde) genellikle yüzeye yakın mesafelerdeki buhar yoğunlaşması sonucudur (Nicholson, 1993). Bazı durumlarda kömür yataklarında, kömürde bulunan S, yanma sürecinde okside olarak SO₄'a dönüşebilir ve bu durum yeraltı sularının SO₄ miktarını artırarak anhidrit, jips ve selestit minerallerinin doygunluklarını artırır (Hitchon ve diğer., 1999). Sülfat, hidrojen sülfidin yoğunlaşması ile oluşan başlıca iyondur:



Bu reaksiyon ve karbondioksitin yoğunlaşması ($\text{CO}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})} \leftrightarrow \text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})} \leftrightarrow 2\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{CO}_3^{-2}_{(\text{aq})}$) asit suları oluşturan protonları üretir. Hidrojen sülfidin sülfata oksitlenmesi çok düşük pH'lara sahip suların oluşumuna neden olur (pH 2 civarı). Çok asidik sularda çözünmüş karbonatın genellikle karbondioksit gazı olarak çözültiden uzaklaşmış olmasından dolayı HCO₃ ya yoktur ya da düşük derişimlerde gözlenir. Derindeki akışkandan kaynama sırasında

ayrılabilen diğer uçucu bileşenler (örneğin NH_3 , As ve B) bu sular içinde yoğunlaşabilir ve suda önemli derişimlere erişebilirler. Yüzeye yakın kesimlerde asidik sularla çevre kayaçlar arasında meydana gelen reaksiyonlarla Si ve metal katyonlar (Na, K, Mg, Ca, Al, Fe...) suda yüksek derişimlere ulaşabilir. Asit - sülfat sular ana kayaçtan hızlı bir şekilde süzölüp kolayca reaksiyona girer ve belirteç ürünler olarak kaolinit, hallosit, kristobalit ve alunit ile ileri arjilik alterasyon oluşturur. Bu suların yüzeydeki çeşitli litolojilerden uzun filtrasyonu ya da asidik buhar, silis çökelleri oluşturabilir. Ancak bu bir ayrışma şekli değil bir çökelme işlemidir. Anhidrit, hematit, diktit, jarosit, pirit, götit-hematit karışımları ve doğal sülfür yaygın olarak bulunur (Nicholson, 1993).

6.Bölümde belirtildiği gibi, arjilik alterasyon ve kil minerallerinden hallosit ile kaolinit, Çan ve çevresindeki kaplıcalardan alınan ayrıışmış kayaç örneklerinde gözlenmiştir. Çalışma alanındaki sulara SO_4 derişimi 2 - 1278 mg/L arasında değişmektedir (Tablo 7.2). Sıcak sular en yüksek SO_4 derişimine sahip su noktası türüdür. Sıcak sulardaki SO_4 miktarı Na, K, Cl, B, Li ve EC ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir (EK2).

Çalışma alanındaki sıcak su kaynaklarında, kaynak başında Hach-Lange Dr2800 cihazı ile yapılan sülfid (S^{2-}) ölçümlerine ait sonuçlar şöyledir:

Çan Sıcak Su Kaynağı:	0,00 mg/L
Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı:	0,41 mg/L
Karalıca Sıcak Su Kaynağı:	0,57 mg/L
Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı:	0.00 mg/L

- **Bikarbonat (HCO_3):**

Yüzey ya da yeraltı sularında alkaliniteyi oluşturan CO_2 türlerinin başlıca kaynağı atmosferin CO_2 gaz içeriği, toprakta bulunan atmosferik gazlar ya da yeryüzü ve yeraltı su tablası arasında uzanan doygun olmayan zondur. Atmosferin CO_2 içeriği hacimsel olarak 0,03'tür. Toprak zonu ve doygun olmayan zondaki hava, genellikle bitkilerin solunumu ve organik maddenin oksitlenmesi ile büyük ölçüde CO_2

bakımından zenginleşmiş olabilir. Bazı doğal sistemlerde CO_2 'nin kaynağı yukarıda bahsedilenlerden farklı olabilir. Bunun için mümkün olan yerel kaynaklar, SO_4 'ın indirgenmesine aracılık eden biyolojik faaliyetler ya da karbonat kayaların metamorfizmasıdır. Irwin ve Barnes (1980)'da bazı alanlarda mantonun 15 Km ya da daha derinindeki kayalardan çıkan gazların da CO_2 kaynağı olabileceği belirtilmiştir. CO_2 türleri doğal suların pH'ını kontrol eden önemli bileşenlerdir (Hem, 1985). pH 6-10 arasında HCO_3 baskın türdür, daha düşük pH değerlerinde H_2CO_3 baskındır ve daha alkalın pH'da CO_3 baskın iyonudur. Çözünmüş tüm CO_3 , pH'ın 3,8 ve daha düşük değerlerinde karbonik asit olarak gözlenir, fakat pH'ın 8 civarında olduğu durumda HCO_3 şeklini alır. Çözünmüş CO_2 ve kaya arasındaki reaksiyonlar HCO_3 'ü oluşturur, permeabilite ve yanıl akım konsantrasyonu artırır. Hazne kayacından direkt olarak yüzeye ulaşan kaynaklar en düşük HCO_3 derişimine sahip olma eğilimindedir (Nicholson, 1993).

Çalışma alanındaki su noktalarında HCO_3 derişimleri 4,9 - 870 mg/L arasında değişmektedir (Tablo 7.2). En yüksek ortalama HCO_3 miktarı 394,5 mg/L ile sondajlara, en düşük HCO_3 miktarı 6 mg/L ile kar örneklerine aittir. Sıcak sulardaki HCO_3 miktarı, Na, Li ve EC ile güçlü pozitif korelasyon gösterir (EK2).

- **Silis (SiO_2):**

Silisyum elementi oksijenden sonra yerkabuğundaki 2. bol elementtir. Oksijen ve silisyum arasındaki kimyasal bağ çok güçlüdür. SiO_4^{4-} tetraedronu metamorfik ve volkanik kayaların büyük bölümünün temel yapısını oluşturur. SiO_2 kristali kuvars olarak birçok volkanik kayacın ana bileşenidir ve kumtaşlarının çoğunda taneleri oluşturur (Hem, 1985). Si, volkanik kayalardan en çok granitlerde ve en az ultramafik kayalarda bulunur (Hitchon ve diğer., 1999). Kuvars, yaygın kayaç minerallerinin çoğunda suya karşı daha dayanıklıdır. SiO_2 'nin çört ve opal gibi kriptokristalen ve amorf formları daha çok çözünür. Doğal sularda gözlenen silisin büyük bölümünün, ayrışma süreçleri sırasında silikat minerallerinin kimyasal bozunumundan kaynaklanması muhtemeldir. Bu süreçler tersine dönebilir ve çözültide kalan silis muhtemelen çözünme sürecindeki kinetik faktörler, mineral veya

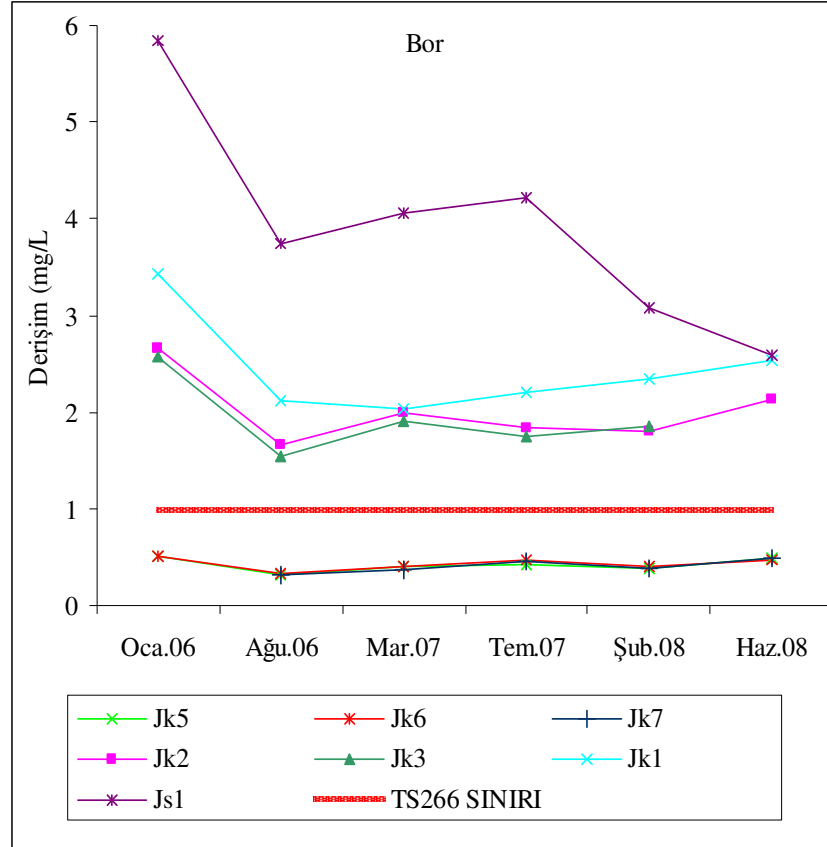
diğer yüzeylerde tutulma, ya da silisin daha az organize olmuş formlarından biri gibi ikincil mineral türlerinin çökelimi ile kontrol edilir. Bu Si'la birlikte diğer katyonları da içeren bir kil mineralinin oluşumunu ifade ediyor olabilir. Direkt kuvars çökelimi yüzey sıcaklıklarında birçok doğal suda silisin çözünürlüğünden bağımsızdır (Hem, 1985). Çözeltideki silisik asitin (H_4SiO_4) büyük bir bölümü, feldispat ve mika gibi yaygın olarak kayaç oluşturan alüminosilikat minerallerinin ayrışmasından kaynaklanır. Termal sularda silis miktarı sıcaklığa bağlıdır (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki sularda SiO_2 miktarı 0,5 - 109 mg/L arasındadır (Tablo 7.3). En yüksek SiO_2 içeriği sıcak sularda, en düşük SiO_2 içeriği kar örneklerinde ölçülmüştür. Sıcak sularda SiO_2 ile Na, B ve EC arasında güçlü olmayan negatif bir korelasyon gözlenmektedir (EK2).

- **Bor (B):**

Bor, az yaygın olan elementlerden biridir ve periyodik tablodaki 13. grubun metal olmayan tek üyesidir. Volkanik kayaçlarda, başlıca turmalinde bulunur ve biyotit ile amfibolde de vardır. Uçucudur, volkanik gazlar içinde serbest kalabilir ve pegmatitler ve hidrotermal çökellerde birikebilir. Tortul ortamda kil minerallerine tutunur, bu sebeple derin deniz killlerinde ve şeylllerinde göreceli olarak yüksektir. Birkaç durum hariç B doğada daima O ile kimyasal bir birliktelik oluşturur. B bazı bitkilerin çok düşük toleransı nedeniyle tarımda büyük önem taşır. Yeraltı sularında B'un neden olduğu kirlilik (örneğin kömür madeninden gelen B) büyük ihtimalle özel durumları işaret eder. B, birçok volkanik gaz içinde bulunur ve bazı termal sularda zenginleşebilir. Serpantinitle ilgili bazı sular yüksek B içerir (Hitchon ve diğer., 1999). Ancak çalışma alanında Çetmi Melanjı'na ait serpantinitle ilgili gelen K173 ve K174 nolu soğuk su kaynaklarında böyle bir durum gözlenmemektedir.

Çalışma alanındaki yeraltı ve yüzey sularında B miktarı 0,01 - 5,84 mg/L arasında değişmektedir. En yüksek B miktarı sıcak sulardadır (ort. 5,84 mg/L) ve en düşük B ise kar sularında (ort. 0,01 mg/L) gözlenir (Tablo 7.2). Sıcak sularda B miktarı, Na, Cl, SO_4 , Li, Br ve EC ile güçlü korelasyona sahiptir (EK2). Sıcak sulardaki B miktarı, Şekil 7.4'te örnekleme dönemlerine göre verilmiştir. Örnekleme yapılan tüm

dönemlerde Js1, Jk1, Jk2, Jk3 sıcak su noktalarında TS266 (2005)'da B için içme sularında izin verilen üst sınır olan 1 mg/L değerini aştığı görülmektedir. Üst sınırı aşan değerlerde, suların seyreltilmeden doğrudan içme ya da sulama amaçlı kullanılması canlı sağlığını tehdit edici özelliktedir.



Şekil 7.4 Sıcak sulardaki B'un örnekleme dönemlerine göre değişimi

Suların çoğunda minör bileşen olarak yer almasına karşın B, tarımda önemli bir unsurdur. Düşük miktarı bitkilerin gelişimi için gereklidir ancak topraktaki ve sulama sularındaki daha yüksek derişimleri zararlıdır. Limon ve portakal gibi bazı bitkiler için 1 mg/L bile tehlikelidir (Hem, 1985). Sıcak sulardaki örnekleme dönemlerine göre B derişimi incelendiğinde sadece Js1'de giderek azalan bir derişim gözlenmekte olup diğer örneklerin B içeriklerinde, özellikle Jk5, Jk6 ve Jk7'de, dikkate değer bir derişim gözlenmez. Js1'de B derişimindeki azalma Cl, Li, B ve EC değerlerinde de aynı şekilde gözlenmekte olup, bu durum Js1 nolu noktada giderek

artan bir yüzeysel karışımı ya da hazne kayadan gelen sıcak suyun debisinde bir azalma olduğunu işaret edebilir.

- **Lityum (Li):**

Li atomu ve Li^+ iyonu küçük atom yarıçapı (0,86 Å) hariç, diğer alkali metallerle birçok benzerlik gösterir. Küçük iyon yarıçapı nedeniyle kristallerde Li^+ , sadece Na ile yerdeğiştirebilir. Ayrışma sırasında Li, birincil minerallerden ayrılır ve Li^+ olarak hidrosfere katılır ve çözültide çözülmüş haldeki durumunu koruma eğilimi taşır. Hidrosferde Li, okyanuslarda hareket eder ve killer, manganez, hidroksitler ve glakonit tarafından alınır (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki sularda Li derişimi 0,000 - 1,291 mg/L arasında değişir. En yüksek Li sıcak sularda gözlenir (Tablo 7.3). Sıcak sularda Li, Na, K, Cl, SO_4 , HCO_3 ve B ile güçlü pozitif korelasyon gösterir (EK2).

- **Stronsiyum (Sr):**

İyonik yarıçapı 1,21 Å olan Sr^{+2} , Ca^{+2} (1,08 Å) ile Ba^{+2} (1,44 Å) arasında yer alır ve Pb^{+2} 'den (1,26 Å) daha küçük iyon yarıçapına sahiptir. Bu yüzden bu elementler birçok mineralde birbirinin yerine geçebilir. Sr, yerkabuğunda kayaç oluşturan ve ikincil mineraller içinde dağılmış olarak bulunan bir iz elementtir. Bu minerallerin en yaygınları K - feldispatlar ve plajioklaslardır. Sr hidrosfere ayrışma sırasında Sr^{+2} iyonu olarak girer ve iyonun derişimi büyük oranda ya stronsianit (SrCO_3) ya da selestit (SrSO_4) çözünürlüğü ile kontrol edilir. Seyrelmiş çözültelerde Sr^{+2} olarak bulunan Sr, iyonlaşma gücünün artması ile SrOH^+ , SrCO_3 , SrHCO_3 ve SrSO_4 şeklindeki iyonlar olarak da bulunabilir. Formasyon suları genellikle yüksek Sr derişimine sahiptir. Sr termal sularda geniş bir aralıkta (<0,1 - 12,8 mg/L) bulunabilir (Hitchon ve diğer., 1999).

Çalışma alanındaki sularda 2 mg/L ortalaması ile en bol olarak sıcak su kaynakları ve sondajlarında gözlenen Sr'un kar örneklerindeki miktarı "0"ya yakındır (Tablo 7.3). Sıcak sularda Sr ile Ca ve Cl arasında güçlü pozitif korelasyon gözlenmektedir.

Sr, karbonat kayalarda bol bulunabilen bir element olduğundan bu tür hazneler ile ilişkili sularda Ca ile Sr'un pozitif korelasyon göstermesi normaldir.

- **Mangan (Mn):**

Mn, karasal bolluğu majör ve minör elementler arasında olan bir elementtir. Minerallerde Mn^{+2} Mn^{+3} ya da Mn^{+4} olarak bulunabilir. Mn^{+2} volkanik ve metamorfik minerallerde Fe^{+2} , Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarının yerine geçebilir. Volkanik kayalarda en çok bazaltlarda ve ultramafik kayalarda yaygın olup tortullar içinde en çok derin deniz killlerinde bulunur. Mn hidrolojik döngüye birçok normal ayrışma sürecinde Mn^{+2} olarak katılır (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki sularda Mn derişimi 0,000 - 3,690 mg/L arasında değişmektedir. En yüksek ortalama Mn miktarı 0,333 mg/L ile sıcak sularda gözlenmektedir (Tablo 7.2). Sıcak sulardaki Mn derişimi K ile güçlü korelasyon göstermektedir (EK2).

- **Demir (Fe):**

Fe, yerkabuğunda Al'dan sonra ikinci bol metaldir. Fe ve Mg iyon yarıçaplarının birbirine yakınlığı nedeniyle ferromagnezyen minerallerde önemli miktarda yerdeğiştirebilir. Bu yüzden Fe, ultramafik kayalarda en bol bulunur, Ca - granitlerde ve pegmatitlerde çok azdır. Çökelme ortamında Fe ile gerçekleşen önemli redoks reaksiyonları vardır. Atmosferik oksijen ilksel demir mineralleri ile reaksiyona girerek ferrik oksitler oluşturur. Tortullarda, organik C bakteriler tarafından ferrik oksitlerin Fe bileşiklerine ve çözünmüş sülfatın sülfide indirgenmesi için kullanılır. Düşük sülfid ve yüksek CO_3 içeriğinde siderit ($FeCO_3$) oluşabilir. Düşük sülfid, düşük CO_3 ve silisin bol olması durumunda glaukonit meydana gelebilir. Fe, sulu ortama Fe^{+2} olarak ferromagnezyen minerallerin ayrışması ile katılır. Fe'nin büyük bölümü tekrar pirit, siderit ya da Fe-hidroksitler olarak redoks koşullarına ve katyon - anyon varlığına bağlı bir şekilde çökelir. Yeraltı suyu sisteminde Fe^{+2} çok yaygındır.

Çalışma alanındaki su noktalarına Fe değerleri 0,000 - 6,214 mg/L arasında değişmektedir. En yüksek Fe derişimi 6,214 mg/L olarak havzanın GB kesimindeki K77 nolu Hallaçlar Volkaniti'nden gelen soğuk su kaynağında ölçülmüştür. En yüksek ortalama Fe değeri 0,664 mg/L ile sıcak sularda, en düşük ortalama Fe değeri 0,102 mg/L olarak kar örneklerinde gözlenmektedir (Tablo 7.3).

- **Baryum (Ba):**

Ba, kendisi gibi büyük iyon çapına (1,44 Å) sahip Pb ya da Sr katyonları ile yaygın olarak yerdeğıştirebilir. K ve Ca ile yerdeğıştirmesi daha az görölmektedir. Kabuksal bollukları Sr ile birbirine eşit olsa da, farklı kimyasal karakterleri sebebiyle bu iki element farklı ortamlarda bollaşabilir, örneğin Ba şeyllerde zenginleşirken, Sr'un karbonat kayalarda zenginleşmesi gibi. Çözeltideki Ba miktarı BaSO_4 (barit) ya da BaCO_3 (viderit) çözünürlüğü tarafından kontrol edilebilir. Ba, killer, hidroksitler ve organik maddeler tarafından absorbe edilebilir ve bu yüzden derin deniz killlerinde Sr'a göre daha yaygındır. SO_4 ve Ba'ca zengin suların karışması, kuyularda BaSO_4 çökeline neden olabilir (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki sulardan keson kuyularda KK18'de en yüksek Ba miktarı (0,389 mg/L) gözlenirken, soğuk su kaynaklarında da bu değere yakın miktarlar K93 kaynağında (0,265 mg/L) ölçülmüştür (Tablo 7.3, EK1).

- **Bakır (Cu):**

Cu tipik bir kalkofil elementtir. İki değerli oksidasyon durumu en yaygın halidir. Cu en yaygın olarak volkanik kayalardan bazaltlarda bulunur. Cu organik sedimentlerde ve şeyllerde yoğunlaşır ancak soğurucu özelliği en çok derin deniz killlerinde yaygındır. Birçok doğal suyun redoks şartlarından dolayı Cu yeraltı ve yüzey sularında Cu^{+2} olarak bulunur. Cu - O - H sistemi için hazırlanmış en basit Eh - pH diyagramında Cu^{+2} iyonu sadece oksitlenme ve pH'ı 7'den az olan asit ortamda görülebilir. CuO_2^{-2} iyonu çok yüksek pH'a sahip oksitlenme koşullarında bulunabilir. Sisteme S ilavesi ile Cu^{+2} 'nin hakim olduğu Eh - pH koşulları hemen hemen aynı kalır ancak bu alan içinde Cu_2S (kalkosit) ve CuS (kovellit) şeklinde iki sülfid

oluşumu gözlenir. Cu, bitkiler ve hayvanlar için gerekli bir iz elementtir ancak yüksek miktarları zehirleyicidir (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki sulara Cu ölçümlerine göre ortalama değerler soğuk su kaynakları ile sondajlarda diğer su noktalarına göre az bir farkla yüksek olup tüm su noktalarında 0,001 - 0,265 mg/L değerleri arasında seyredir. TS266 (2005)'ya göre insani tüketim amaçlı sulara bulunabilecek en üst sınırı 2 mg/L verilmiştir. İncelenen su noktalarında bu değeri aşan bir miktar tespit edilmemiştir (Tablo 7.3, EK1).

- **Nikel (Ni):**

Ni, ferromagnezyen volkanik kayaç minerallerinde Fe ile yerdeğiştirebilir ve Fe - oksitler ve özellikle Mn - oksitler ile birlikte çökelebilir. Ni, önemli bir endüstriyel metaldir ve kullanımının yaygınlığından dolayı atıklarla doğaya karışımı oldukça fazladır (Hem, 1985). Çalışma alanındaki sular 0,000 - 0,776 mg/L arasında değişen miktarlarda Ni içerir. Ni miktarı 0,028 mg/L ile sıcak sulara en yüksek değerdedir (Tablo 7.2, EK1).

- **Brom (Br):**

Atom çapı 1,95 Å olan bu elementin jeokimyasal karakteri klorüre benzer ancak çok daha az yaygındır. Brom sadece Br⁻ olarak bulunur ve iyonik çapının büyüklüğü nedeniyle birçok mineralin yapısına katılmak için çok büyüktür. Hornblenler, mikalar ve kil mineralleri gibi hidroksil taşıyan minerallerdeki OH⁻ gruplarının yerine geçme olasılığı vardır. Sığ yeraltı sularının çoğunda Br miktarı düşüktür. Bazen yeraltı sularında, deniz suyu istilasına ya da kuyu teçhizi sırasında formasyon sularından sızan sular nedeniyle miktarı artabilir. (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki su noktalarında genelde 1 mg/L'nin altında (KK29 ve K8 hariç) düşük seviyelerde gözlenmekte olup sıcak su kaynakları ve sondajlarında, keson kuyularda sondajlarda diğer su noktalarına göre ortalama değeri daha yüksektir. Kk29 ve K8'de Cl miktarları sırasıyla 379 mg/L ve 475 mg/L ile ortalamanın oldukça üstündedir (Tablo 7.2). Sıcak sulara Br, Mg, Cl, B ve Li ile güçlü pozitif korelasyona sahiptir.

- **Alüminyum (Al)**

Alüminyum yer kabuğunda 3. bol elementtir. Birçok doğal su Al'u çözmek için oldukça elverişlidir (Hem, 1985). Mika ve feldispat içeren birçok kayaç oluşturan mineral Al içerir. Alüminosilikatların ayrışması önemli miktarda Al içeren kil minerallerinin oluşmasını sağlar. Al^{+3} 'ün iyonik yarıçapı Fe^{+3} ve Cr^{+3} içeren çeşitli katyonlarla yer değiştirmesine olarak tanır. Al'un volkanik kayalarda bol, ultramafik kayalarda daha düşük olması, feldispatlar ve mikalarla olan güçlü ilgisini yansıtır. Al'un kil mineralleri ile olan birlikteliği, tortul kayaçlardan derin deniz killeri ve şeyllerde en yüksek miktarda olmasını sonuçlar. Yeraltı sularının pH aralığına göre Al çeşitli formlarda gözlenir. $pH < 4$ ise Al^{+3} şeklindedir ve pH'ın 4,5-6,5 arasındaki değerleri için mikrokristalin jibsit oluşumu gözlenir. Al'un çok yüksek değerleri çok düşük pH koşullarında gerçekleşir (Hitchon ve diğer., 1999).

Çalışma alanındaki su noktalarında Al içeriği 0,00 - 31,87 mg/L arasında değişmektedir. En yüksek Al içeriği soğuk su kaynaklarında Ezine Volkaniti'nin andezitik tüflerinde beslenen K48'de ölçülmüştür. 2.Bölüm'de ayrıntılı olarak verildiği gibi bu volkaniklerin genelinde, plajiyoklaslarda bol miktarda karbonatlaşma, serisitleşme ve kloritleşme, alkali feldispatlarda serisitleşme gözlenir. Ayrıca biyotitlerde bol miktarda kloritleşme ve opaklaşma vardır. Bozunma sonucu klorit, kuvars ve kalsit oluşumları gözlenir (Duru ve diğer., 2007). K48'in 1,5 Km KD'sundan bu çalışmada alınmış 47 ve 48 nolu kayaç örneklerinin jeokimyasal incelemesinde kil minerali olarak montmorillonit $[Na_{0.33}Al_{1.67}Mg_{0.33}Si_4O_{10}(OH)_2nH_2O]$ gözlenmiştir (Tablo 6.4). K48'de pH değeri 3,97 - 4,43 arasında değişmektedir. Bu durumda Al - O - H (25°C sıcaklık, 1B basınç ve Al aktivitesi 10^{-6} - 10^{-4}) Eh-pH diyagramına göre sudaki Al'un türü Al^{+3} ile $Al(OH)_3$ şeklindedir. Ayrıca bu örnekte diğer elementlerde oldukça yüksektir. İzotop örneği de alınmış olan K48 nolu noktada yeraltı sularının meteorik kökenli olduğu izotop analizlerine göre söylenebilir. Bu durumda K48'den çıkan sular yüksek oranda su - kayaç etkileşimi olan bir ayrışma zonundan gelmektedir. Ortalama Al miktarı soğuk su kaynaklarında en yüksek, kar örneklerinde en düşüktür. pH'ın 4 - 5 arası değerlerine Al'un 1 mg/L'yi aşan değerleri eşlik eder. (Tablo 7.2).

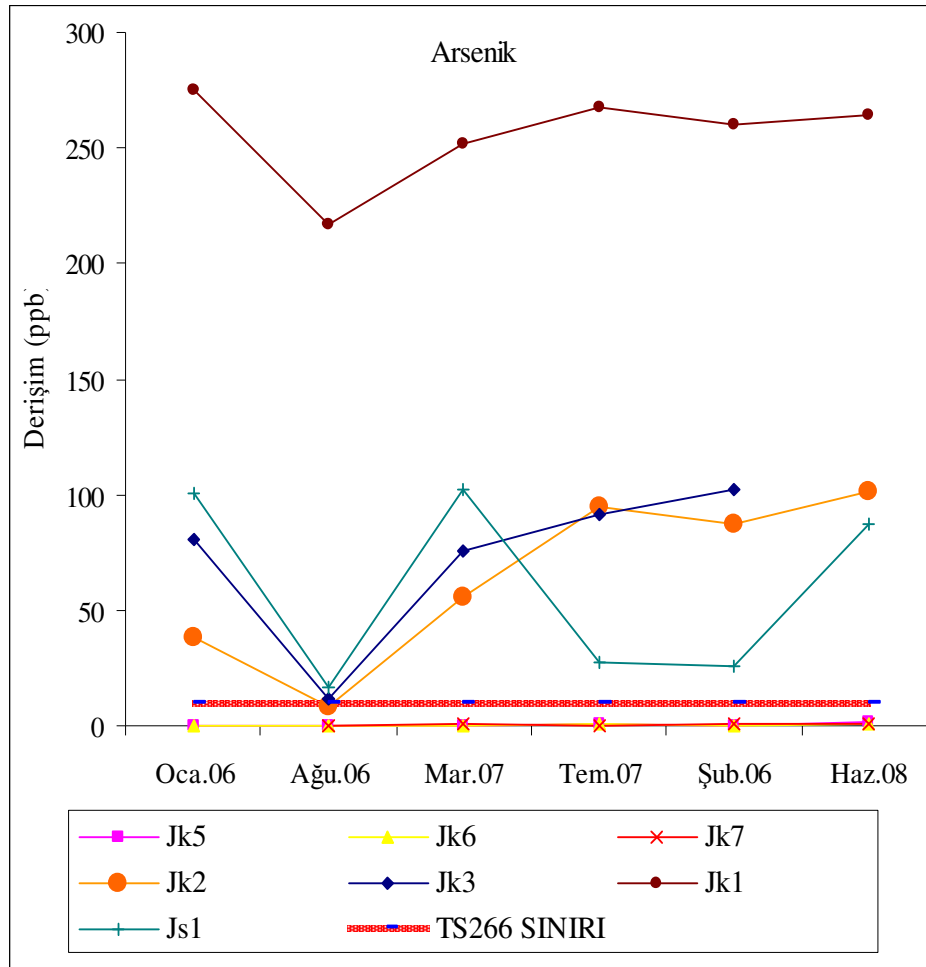
- **Arsenik (As):**

As kalkofil bir elementtir, kayaç oluşturan minerallerde As^{+3} ve As^{+5} şeklinde bulunur ve Si^{+4} , Al^{+3} , Fe^{+3} ve Ti^{+4} ile yerdeğiştirebilir. Kısmen, bu yerdeğiştirme bazaltik kayaçlarda daha fazladır. As, sulu Fe oksit tarafından tutulur ve indirgen dip çamurlarında sülfür mineralleri ile birlikte çökelir. Bu yüzden tortul ortamlarda en çok derin deniz killeri ve şeyllerde yaygındır. Bu süreçler hidrosferdeki As miktarını genelde düşük tutar. As, pH'ı 3 - 7 arasında olan asidik sularda genelde ortoarsenik asit ve anyonları $H_2AsO_4^-$ şeklinde ve pH'ı 7 - 11 arasında olan alkalın sularda $HAsO_4^{2-}$ şeklinde bulunur. Sülfür varlığında, indirgen koşullarda, arsenikli sülfid alanı iki bölgeye ayrılır ve temel şartlarda, aşırı indirgen koşullarda doğal As çok küçük bir alanda bulunur. Oksidasyon durumundaki bu değişiklik yeraltı suyu çalışmalarında büyük önem taşır. Doğal sülfid kaynakları ile ilgili madencilik faaliyetleri yeraltı sularındaki As miktarını sıklıkla artırır. Asit maden drenajı yeraltı suyundaki As içeriğini, sıcak su kaynaklarındakinden bile daha yukarı çıkartabilir. Sıcak sulardaki arsenik miktarı 12,4 mg/L'ye ulaşabilir (Hitchon ve diğer., 1999).

Çalışma alanındaki sularda As miktarı 0,001 - 0,275 mg/L arasında değişir (Tablo 7.3). En yüksek ortalama As miktarı sıcak su noktalarında görülür. Sıcak sularda As, T ile çok güçlü olmayan negatif korelasyona sahiptir. Sıcak su noktalarında dönemlik ölçümlere göre hazırlanmış değişim grafiği Şekil 7.5'te verilmiştir. Bu grafiğe göre Jk1, Jk2, Jk3, Js1'de, TS266 (2005)'de içme suları için izin verilen üst sınırı aşmaktadır. Bunlar arasında en yüksek As içeriği Jk1 nolu sıcak su noktasına aittir. As zehirli bir elementtir ve TS266 (2005)'de içme sularında izin verilen üst sınırdan yüksek olan su noktalarındaki suların içilmesi halinde çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir.

- **Fosfor (P):**

Fosfatlar doğada sadece inorganik fosfor bileşenleri olarak bulunur. Litosferde sadece bir değerliği (P^{+5}) dengeli halde bulunur. Apatit, bilinen en yaygın fosfor içeren mineraldir.



Şekil 7.5 Sıcak sulardaki As'in örnekleme dönemlerine göre değişimi

Volkanik kayalarda fosfor çoğunlukla ikincil mineral olarak apatitte yer alır. Silikat kayacı oluşturan minerallerin yapısındaki Si ile yerdeğiştirebilir. Termal sılılarda bulunan ve pegmatitlerin yapısında biriken fosfor hariç daha asidik kayaçlarda daha az miktarda bulunur. Tortul ortamda genelde P, apatit şeklindedir. Hidrolojik döngüdeki P'un ana kökeni apatitin ayrışmasıdır. Asidik ortamda apatit oldukça duraylıdır. Yeraltı sularındaki fosforu apatitin çözünürlüğü kontrol eder. Yeraltı sularındaki P miktarı genelde 0.01 - 0.1 mg/L arasındadır (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki su noktaları arasında P miktarı en yüksek 3,077 mg/L olarak soğuk su kaynaklarından K93'te ölçülmüştür. P derişimi ortalama değerler bakımından keson kuyularda en yüksektir (Tablo 7.2, EK1).

- **Çinko (Zn):**

Volkanik ve magmatik kayalarda başlıca silikatlar, oksitler ve sfaleritin yapısında bulunur. Zn, kil minerallerinin, Fe - oksitin ve organik maddenin yüzeyinde tutulur ve derin deniz killlerinde ve şeyllerde daha boldur. Seyreltik çözeltilerde Zn, Zn^{+2} olarak bulunur (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki sularda 0,000 - 0,454 mg/L arasında değişmektedir. En yüksek ortalama Zn değeri 0,036 mg/L ile soğuk su kaynaklarında gözlenir (Tablo 7.2).

- **Zirkon (Zr):**

Zr, tortul, volkanik ve metamorfik kayalarda bulunan tali bir mineraldir. Zirkonun kimyasal ve izotopik bilgileri güçlü bir şekilde muhafaza etmesinden dolayı yer kabuğu ve mantonun gelişimi ile ilgili jeokimyasal çalışmalarda geniş ölçüde kullanılmaktadır (Finch ve Hanchar, 2003). Suda Zr değerleri genelde eser miktarda bulunur. Çalışma alanındaki sularda Zr değerleri oldukça düşük olup birçok noktada <0,000 mg/L değerinden daha azdır ve 0,000 - 0,015 mg/L arasında değişir (Tablo 7.2).

- **Kadmiyum (Cd):**

Cd, jeokimyasal özellikleri bakımından Zn'ye benzer fakat daha az bulunur. Cd'un bilinen tüm bileşiklerinde Cd, +2 yüklüdür. Bazı volkanik kayalarda Cd^{+2} 'nin, Ca^{+2} yerine geçebildiği tartışmalı olsa da kısmen kabul edilir. Kirlenmemiş yeraltı suları genelde 0,005 mg/L'den daha az Cd içerir (Hitchon ve diğer., 1999). Çalışma alanındaki sularda Cd içeriği 0,000 - 0,050 mg/L arasında değişir (Tablo 7.2).

- **Çözünmüş Oksijen (O_2 %)**

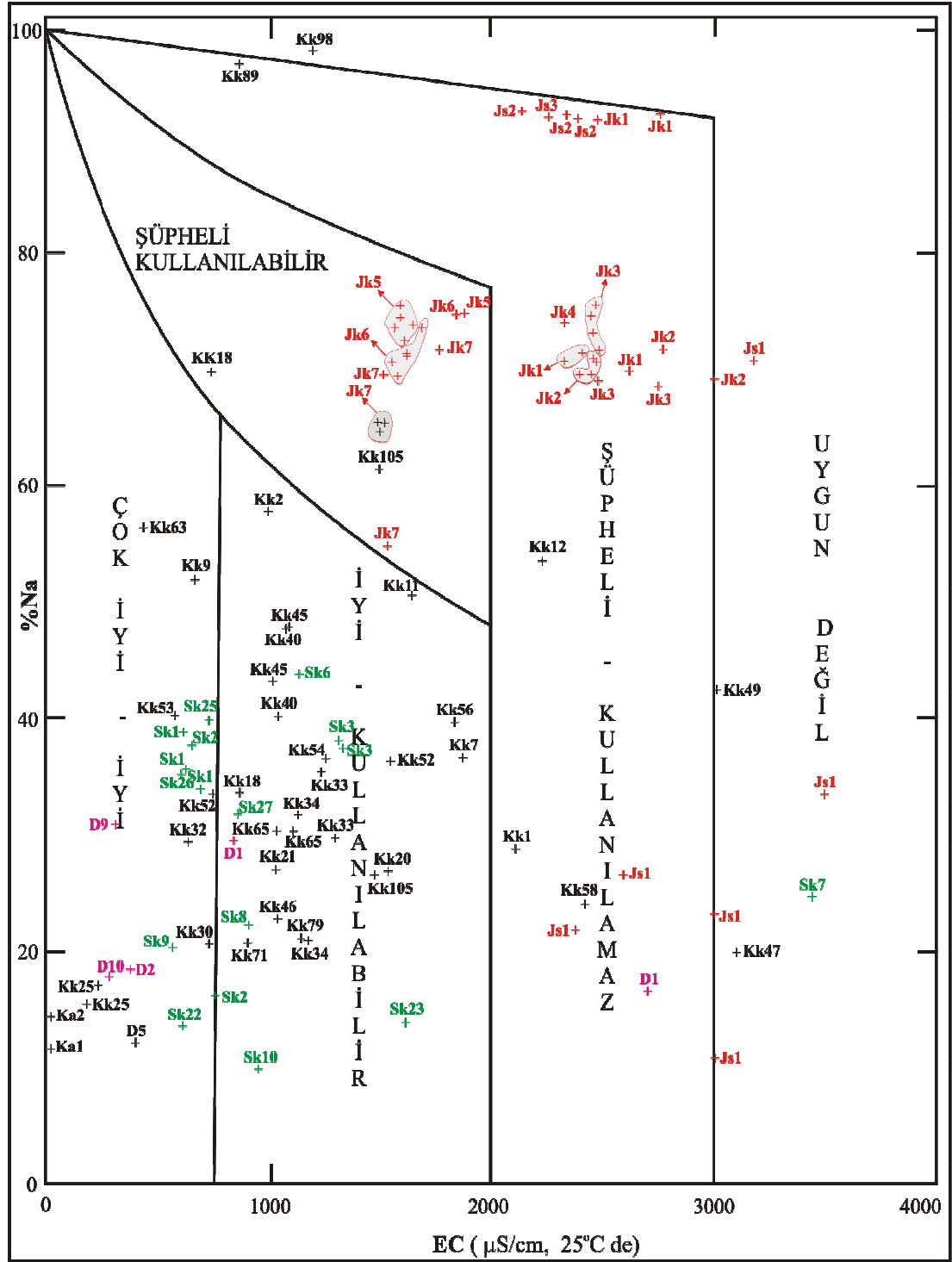
Yağmur ve yüzey suları, çözünmüş oksijen ile dengeye gelmek bakımından hava ile ilişkilidir. Yeraltında ise durum farklıdır. Çözünmüş oksijenin derişimi hava ile dengede olan sularda basınç, sıcaklık ve tuzlulukla değişir. Sudaki oksijen,

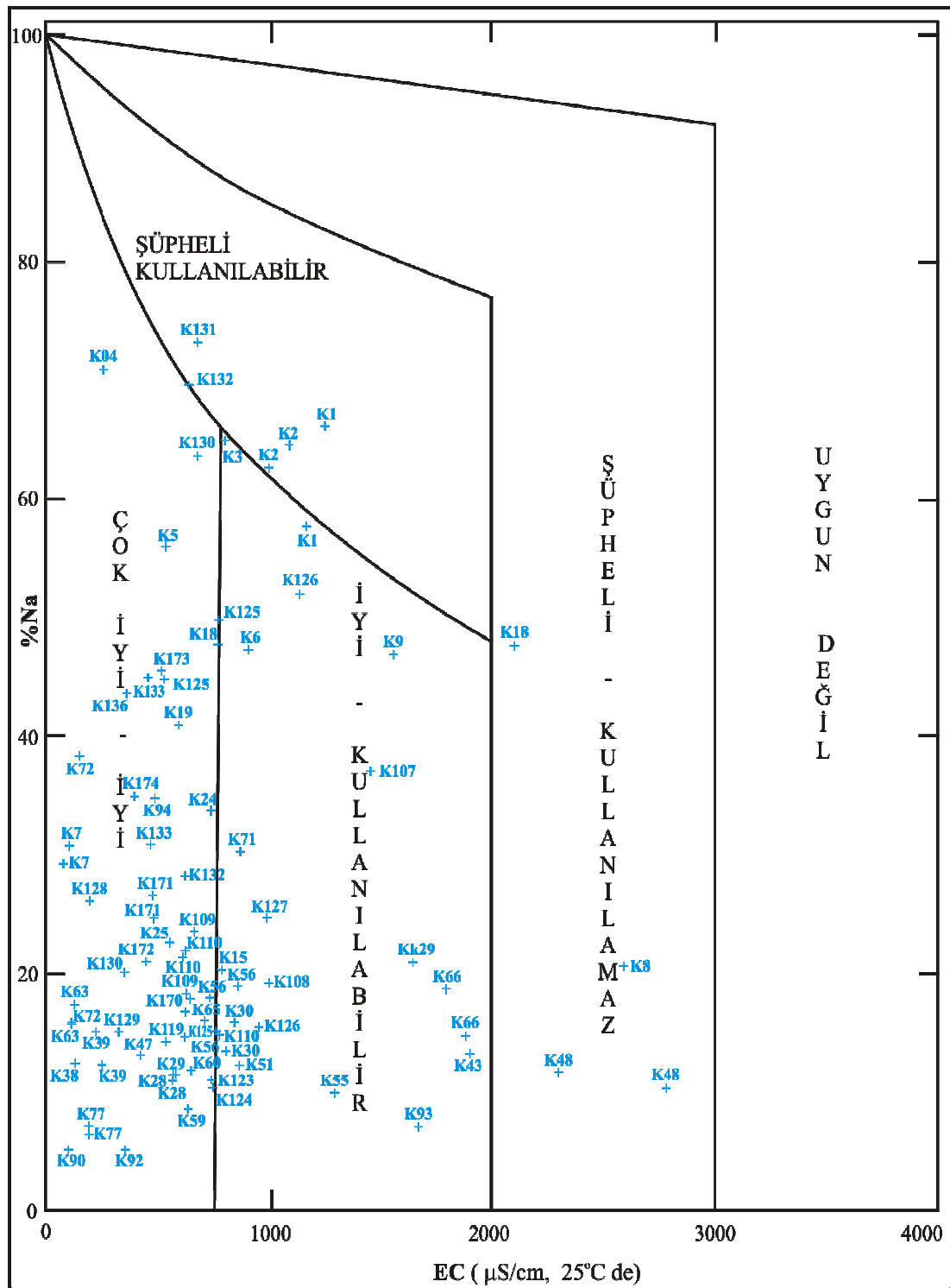
kayaçların oksidasyonu ve biyolojik faaliyetler ile tüketilir. Oksijen tüketiminin oranı akiferin litolojisine, pirit ve oksijen tüketen diğer minerallerin varlığına ve oksijen tüketimine ihtiyaç duyan diğer yapı maddelerinin biyolojik aktivitelerine bağlıdır. Genelde yaşlı sular oksijeninin tamamını kaybetme eğilimindedir ve freatik akiferlerde başlangıçtaki O₂'nin önemli bir bölümü kalırken, sınırlı akiferlerde O₂'nin ya çok az bir bölümü geriye kalır ya da hepsi tüketilir. Kanalizasyon suları ya da diğer organik maddelerin varlığı sudaki oksijenin tükenmesini sağlar (Mazor, 2004). Çalışma alanındaki sulara O₂ miktarı 0,9 - 6,7 mg/L arasındadır. En yüksek değer soğuk su kaynaklarında en düşük değer sıcak sulara ölçülmüştür. Ortalama O₂ değerleri en yüksek 4,9 mg/L ile soğuk su kaynaklarına aittir (Tablo 7.3).

- **% Sodyum (%Na):**

Sulama sularında sodyum miktarı önemli bir yer tutar. Toprağın yapısını bozarak, geçirgenliğini azaltan ve sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde soğurulan sodyum, toprak yüzeyinde tabaka şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engellenir. Ayrıca, sodyum, bitkiler için zehirli bir ortam yaratır. Cinsine bakılmaksızın, sodyumca doymuş topraklarda bitkiler çok az gelişir veya gelişmezler. Sudaki sodyum %'si iyonların mek/L cinsinden değerleri kullanılarak şöyle bulunur (Şahinci, 1991): $\%Na = 100 (Na+K) / (Ca+Mg+K+Na)$. Doğal suların %Na'u ve EC değerleri kullanılarak sulamaya uygun olup olmadığının belirlenmesi için oluşturulmuş grafik yöntemlerinden biri Wilcox diyagramıdır. Bu diyagramda suyun %Na'u düşey ekseninde, EC'si yatay ekseninde yer alır ve bu iki bileşenin kesişim noktası suyun sulama için uygunluk derecesini belirler. Çalışma alanındaki sular için hazırlanmış Wilcox diyagramları karışıklığı önlemek için iki grup halinde Şekil 7.6a ve Şekil 7.6b'de verilmiştir.

Wilcox diyagramındaki değerlendirmeye göre sulamaya uygun olmayan sular Js1, Sk7, Kk47 ve Kk49, şüpheli-kullanılamaz türde olan sular Js1, Jk1, Jk2, Jk3 ve Jk4, şüpheli-kullanılabilir türde olan sular Jk5, Jk6, Jk7, K1, K2, K131, K132, Kk18 ve Kk105'tir. Çalışma alanındaki suların büyük bölümü çok iyi - iyi ya da iyi - kullanılabilir türde olan sular bölümünde yer almaktadır.





Şekil 7.6b Soğuk su kaynaklarına ait su örneklerinin Wilcox Diyagramı'ndaki konumları

- **Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR):**

Sulama sularının sınıflandırmasını sağlayan bir yaklaşım olan SAR, iyonların mek/L değerleri kullanılarak,

$$SAR = Na / [(Ca+Mg) / 2]^{1/2}$$

formülünden hesaplanır ve sulama suları, aşağıdaki gibi sınıflanır (Şahinci, 1991);

<u>Suyun Özelliği</u>	<u>SAR (%)</u>
Çok iyi özellikte sulama suları	< 10
İyi özellikte sulama suları	10- 18
Orta özellikte sulama suları	18- 26
Kötü özellikte sulama suları	26 >

Yukarıdaki sınıflamanın yanı sıra SAR ve EC değerleri kullanılarak hazırlanmış diğer bir grafik sınıflama yöntemi ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramıdır. Bu diyagramda da Wilcox diyagramında olduğu gibi yatay ölçek EC değerlerini içerir, ancak dikey ölçekte SAR değerleri kullanılır. Sulama suları bu diyagramda 16 ayrı sınıfa ayrılmıştır. Su örneklerinin düştüğü alanlar aşağıda açıklamaları verilen tuzluluk ve sodyum tehlikesi özelliklerinin ikisini de barındırır (Şahinci, 1991):

Genel Tuzluluk Özellikleri:

C1: (EC 250 µS/cm'den az), az tuzlu sular, her toprakta, tüm bitkilerin sulamasına uygundur.

C2: (EC 250 - 750 µS/cm arası), orta tuzlu sular, orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir.

C3: (EC 750 - 2250 µS/cm arası), tuzlu sular, akaçlaması kötü olan arazilerde sulamada kullanılmaz ve kullanılması gerekirse tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir.

C4: (EC 2250 µS/cm'den büyük), çok tuzlu sular, geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmeli ve tuza çok dayanıklı bitki türleri seçilmelidir.

Genel Sodyum Tehlikesi Özellikleri:

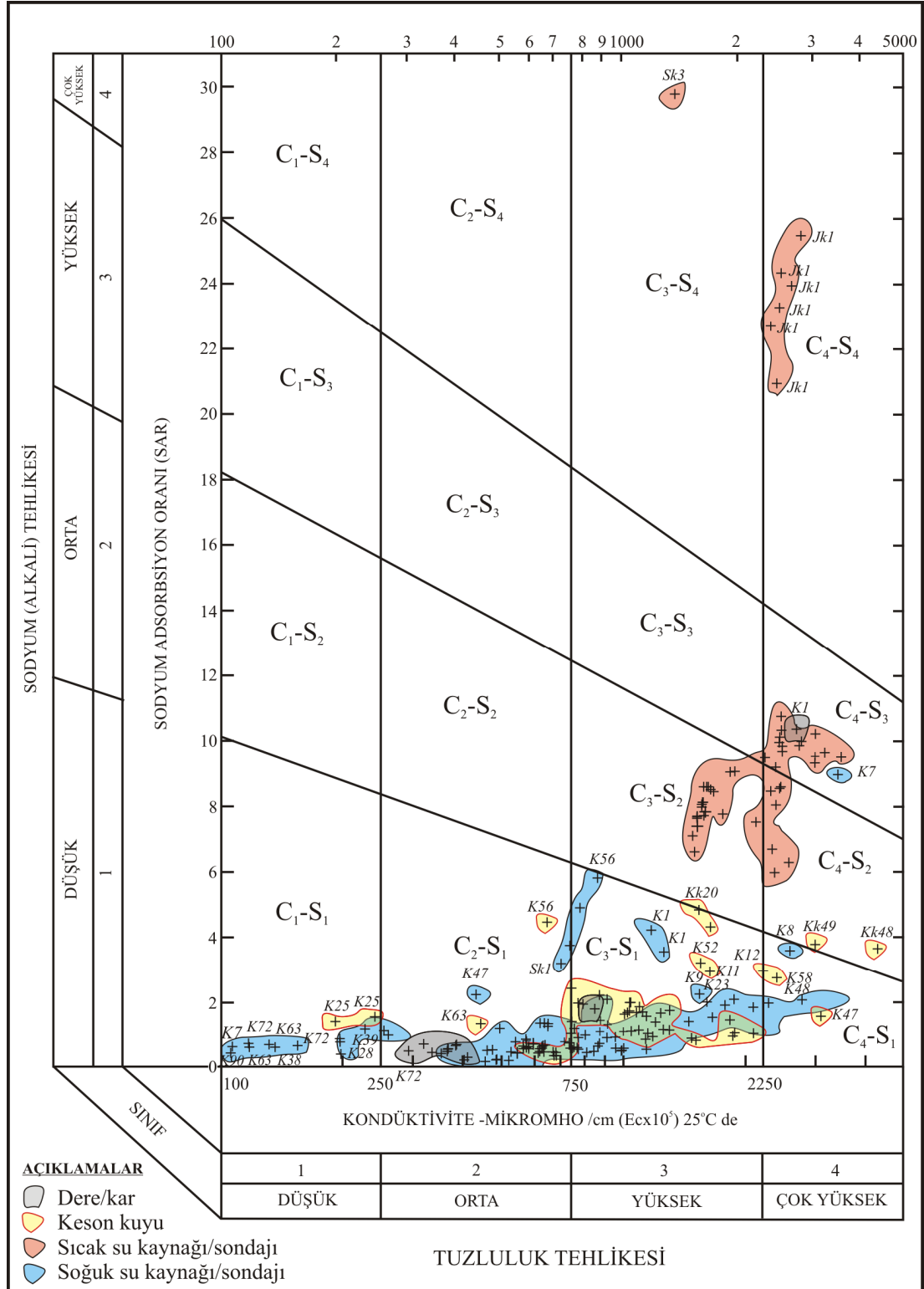
- S1:** (az sodyumlu sular), tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.
- S2:** (orta sodyumlu sular), geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir.
- S3:** (yüksek sodyumlu sular), birçok toprak cinsinde sodyum tehlikesi oluşturabilir.
- S4:** (az sodyumlu sular), genel olarak sulama için uygun değildir. Ancak suyun toplam tuz miktarı düşük ise, sulamada kullanılabilir.

C1 - S1, C2 - S1, C3 - S1 her türlü sulamada, C4 - S1, C3 - S2 bazı özel koşullarda kullanılabilir. C4 - S2, C4 - S3 sulamada kullanılmamalıdır.

Şekil 7.7’de verilen ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında Ka1, Ka2 ve K7 nolu örneklerin SAR ve EC değerleri diyagramın minimum değerlerinden daha düşük olduğundan ve Sk3 nolu örneğe ait SAR değeri diyagramdaki maksimum SAR değerini aştığı için diyagramda gösterilememiştir. Diğer sulardan tüm jeotermal sular ile K1, K7, K47, Kk48 ve Kk49 nolu örnekler tuzluluk bakımından C3, C4, sodyum tehlikesi bakımından S2 - S3 - S4 sınıflarında bulunur. Çalışma alanındaki suların asıl çoğunluğu tuzluluk bakımından geniş bir yelpazede yer alırken (C1, C2, C3, C4), sodyum tehlikesi bakımından S1 bölgesinde kalmaktadır. Bu diyagrama göre dere, keson kuyu ve su kaynaklarına ait su örneklerinin bulunduğu alanlar birbiri ile benzerlik gösterir, ancak sıcak su örneklerinin hem tuzluluk hem de sodyum tehlikesi bakımından bu sulara göre yüksek değerlerde olduğu söylenebilir.

- **Sertlik:**

Sertlik, suda çözülmüş halde bulunan Ca ve Mg bileşiklerinden ileri gelen bir özellik olup bu bileşiklerin çoğu Ca ve Mg’un meydana getirdikleri bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Ca ve Mg bikarbonatlardan kaynaklanan sertlik “geçici sertlik” olup ısıtma ya da suya kimyasal madde katılarak giderilir. Kalıcı sertlik Ca ve Mg’un bikarbonat dışındaki tuzlarından ileri gelir ve ısıtmakla giderilemez. Geçici sertlik ve kalıcı sertliğin toplamından oluşan toplam sertlik, $[5 \times (rCa^{++} + rMg^{++})]$ bağıntısıyla ($r = \text{mek/L}$) ifade edilir. Sertlik için çeşitli sınıflandırmalar ve hesaplamalar bulunmakla birlikte bu çalışmada Fransız sertliği



Şekil 7.7 Çan Havzası'ndaki suların türlerine göre ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı'nda gösterimi

(Fr) kullanılmıştır. Fransız sertliğinin su sınıfları ve sertlik aralıkları Tablo 7.6’da verilmiştir. Tablo 7.2’de verildiği gibi çalışma alanındaki suların sertlikleri 0,6 - 125,3 arasında değişir. Ortalama sertliklere göre en sert sular 46,4 ile keson kuyularda bulunmaktadır. En yumuşak sular ise 0,7 ile kar örneklerine aittir.

Tablo 7.6 Suların sertliklerine göre sınıflandırılması

Fransız sertliği	0,0 – 7,2	7,2 – 14,5	14,5 – 21,5	21,5 – 32,5	32,5 – 54,0	> 54,0
Su sınıfı	Çok yumuşak	Yumuşak	Az sert	Oldukça sert	Sert	Çok sert

- **Kasyon - Anyon Dengesi (% e):**

Sudaki tüm major iyonlar ve önemli minör iyonlar belirlenmiş ise kationların ve anyonların mek/L cinsinden değerlerinin ayrı ayrı toplamaları birbirine eşit olmalıdır. Hem (1985)’e göre toplam çözünmüş madde miktarı 250 - 1000 mg/L olması durumunda bu iki ayrı toplamın aralarındaki fark % 1 - 2’yi geçmez. Aradaki fark mek/L cinsinden şu formülle bulunur (Hitchon ve diğer., 1999):

$$\% e = [(Kasyonlar - Anyonlar) / (Kasyonlar + Anyonlar)] \times 100$$

Analiz sonuçlarındaki hata oranının $\pm\%5$ ’i geçmemesi beklenir. Daha yüksek hataya sahip analizlerde, örnekleme sırasında yapılan yanlışlıklar veya kimyasal analiz sırasında yapılan hatalar olabileceği düşünülebilir. %e’nin (-) değerlerde olması anyon fazlalığını, (+) değerlerde olması kasyon fazlalığını belirtir.

Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçlarında %e -0,8 ile -29 arasında değişmektedir. En yüksek %e oranları dere örneklerinde, en düşük %e oranı kar örneklerinde gözlenmektedir. Sıcak sulardaki hata oranları kabul edilebilir düzeydedir.

- **Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS):**

Su kalitesinin temel ölçütlerinden biri olan toplam çözünmüş katı madde, su örneği buharlaştırılarak kurutulduğunda geriye kalan ve litre başına mg olarak ifade edilen katıların miktarıdır. Tablo 7.7’de genel olarak suların TDS miktarına göre

yapılmış sınıflaması verilmiştir. Suda çözünmüş halde bulunan ana iyonlar (Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, HCO₃, CO₃), silis (SiO₂), Mn, F, NO₃, Sr, B ve diğer ikincil bileşenler de TDS'in büyüklüğüne etki eder (Fetter, 2004). Suda toplam çözünmüş katı maddenin artması o suyun elektriksel iletkenliğinin de artmasına neden olur. Bu durum EK1'deki analiz sonuçlarında görülmektedir.

Tablo 7.7 Suların toplam çözünmüş katı madde miktarına göre sınıflandırılması

Sınıf	TDS (mg/L)
Tatlı	0 - 1000
Acı	1000 - 10000
Tuzlu	10000 - 100000
Salamura	>100000

Çalışma alanındaki suların TDS değerleri 15 - 2407 mg/L arasında değişmektedir (Tablo 7.2, EK1). Ortalama TDS değerleri ele alındığında sadece sıcak sularda acı su sınıfına giren değerler gözlenmekte, diğer sular tatlı su sınıfında yer almaktadır. Ancak bu sular içinde K08, K43, K48, K66, K107, Sk7, Sk23, Kk01, Kk07, Kk12, Kk29, Kk47, Kk56, Kk58, Kk105 ve D01 nolu su noktalarına ait TDS değerleri 1000 mg/L'den büyük olduğundan bu sular da acı su sınıfındadır (EK1).

7.1.3 Suların Hidrojeokimyasal Diyagramlara Göre Değerlendirilmesi

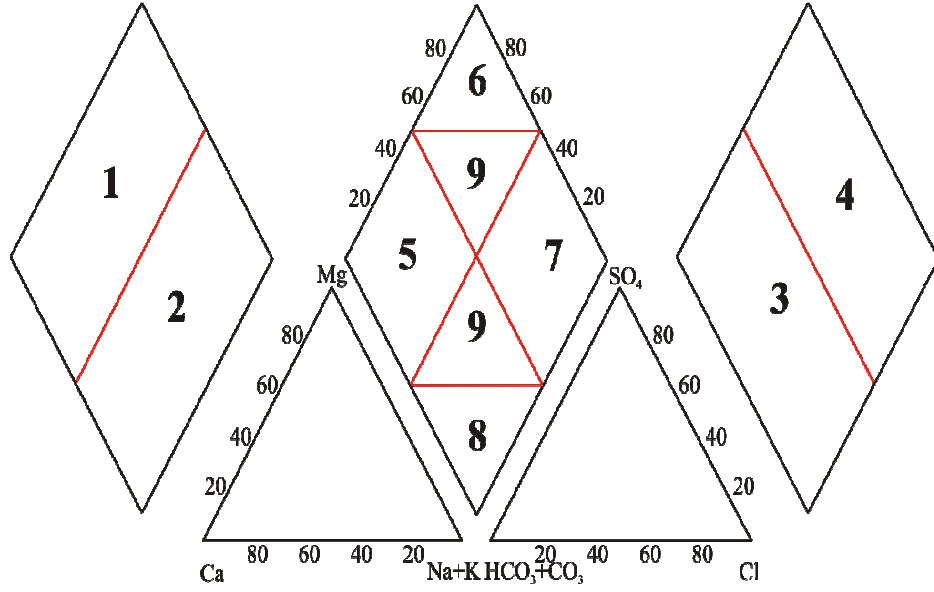
İncelenen bir su noktası ile ilgili olarak, arazi çalışmaları ve laboratuvar analizleri sonucunda hidrojeokimyasal çalışmalarda kullanılmak üzere birçok veri üretilir. Örnek noktası arttıkça da sonuçların gruplandırılarak bir arada değerlendirilebileceği diyagramlara ihtiyaç duyulur. Hidrojeokimyasal çalışmaların önemli bir bölümünü oluşturan örneklerin diyagramlara aktarılarak değerlendirilmesi işlemi günümüzde Grapher (Golden, 2005), Aquachem (Calmbach, 1997) ve diğer su kimyası değerlendirme programları ile rahatça yapılabilmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar önceki yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından tanımlanan grafiksel yöntemlerle değerlendirilmiş ve yorumlanarak aşağıda sunulmuştur.

7.1.3.1 Piper Diyagramı

Piper diyagramı (Piper, 1944), anyon ve katyonların % meq/l değerleri kullanılarak gösterildiği iki ayrı üçgenden ve bunların üzerinde bulunan bir eşkenar dörtgenden oluşur. Üçgen diyagramlar hidrokimyasal fasiyes tiplerinin belirlenmesinde, eşkenar dörtgen ise suların 9 bölgeye ayrılmış sınıflara göre tanımlanmasında kullanılır. Bu diyagramın en büyük dezavantajı, kimyasal analiz sonuçlarının % meq/L değerlerinin toplamı kullanıldığından yüksek iyon derişimine sahip bir su ile düşük iyon derişimine sahip bir suyun üst üste aynı noktaya gelebilmesidir. Bu nedenle iyonların derişimleri ile ilgili karşılaştırmalar için bir sonraki başlık altında açıklanacak olan Schoeller diyagramı daha faydalıdır.

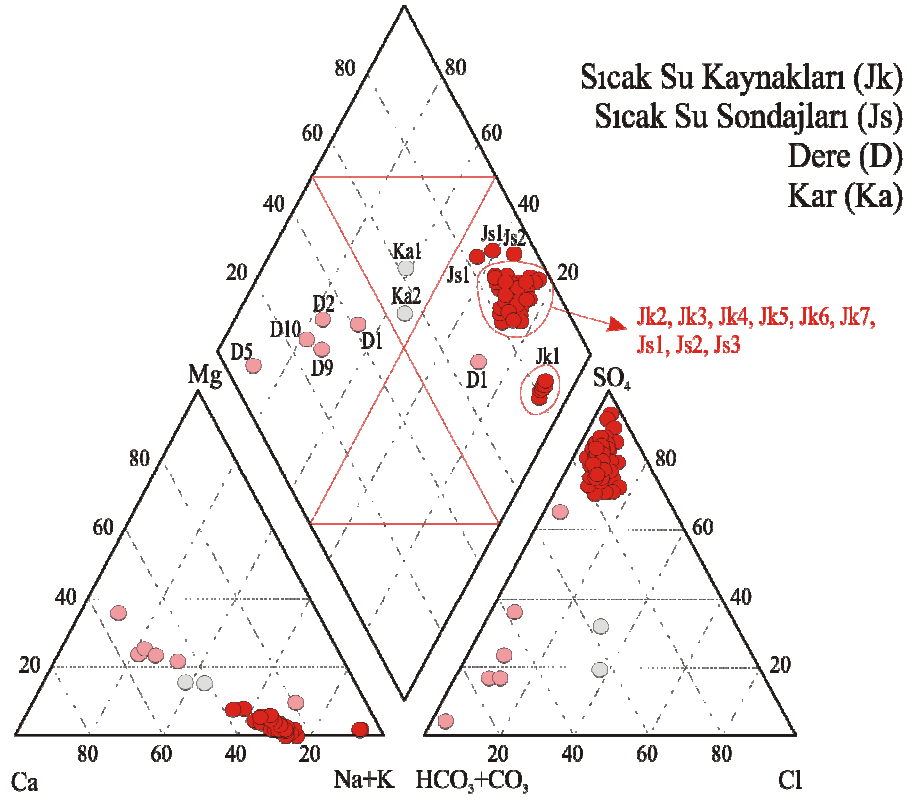
Piper diyagramındaki 9 bölgenin açıklamaları Şahinci (1991)'de şöyle verilmiştir (Şekil 7.8):

- 1 no'lu alan; Alkali toprak elementler ($\text{Ca} + \text{Mg}$) > Alkali elementler ($\text{Na} + \text{K}$),
- 2 no'lu alan; $(\text{Ca} + \text{Mg}) < (\text{Na} + \text{K})$,
- 3 no'lu alan; Zayıf asit kökleri ($\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$) > Güçlü asit kökleri ($\text{Cl} + \text{SO}_4$),
- 4 no'lu alan; $(\text{SO}_4 + \text{Cl}) > (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$,
- 5 no'lu alan; Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular,
- 6 no'lu alan; Karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sular,
- 7 no'lu alan; Karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sular, NaCl , KCl , Na_2SO_4 , alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz suyu ve çok acı sular bu alanda yer alır,
- 8 no'lu alan; Karbonat alkalileri %50'den fazla olan sular. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular bu alana girer,
- 9 no'lu alan; İyonların hiçbirisi %50'yi geçmeyen, karışık sular bu alanda bulunur.



Şekil 7.8 Piper Diyagramı'ndaki bölgelerin açıklamaları

Çalışma alanındaki sıcak su kaynakları ve sondajlarından alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Piper diyagramında soldaki üçgende Na+K, sağdaki üçgende SO_4 köşesinde yoğunlaşmıştır. Suların tamamı eşkenar dörtgende 7 nolu bölgede yer alır (Şekil 7.9). Sıcak su ve kar örnekleri hidrolojik döngüdeki iki uç bileşeni temsil eder. Çalışma alanındaki iki noktadan alınan kar örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Piper diyagramında soldaki ve sağdaki üçgenlerde baskın olarak bir iyonu belirten kesimlerde bulunmamaktadır. Eşkenar dörtgende bu örnekler 9 nolu alana düşmektedir. Kar örnekleri sistemdeki hidrolojik döngünün bir uç bileşenini oluşturması bakımından önemlidir. Şekil 7.9'da kar örneklerini temsil eden Ka1 ve Ka2 noktalarının olduğu kesim meteorik suyun yeraltı suyu sistemine girdiği andaki % bileşimi olarak kabul edilirse, hiçbir iyon bakımından baskın olmayan kar suyu soğuk su olarak havzada dolaşırken eşkenar dörtgenin sol kesimine doğru, sıcak su kaynaklarını besleyerek yüzeye ulaşırsa sağ kesimine doğru yönelen bir hareket gözlenir. Piper diyagramına göre Ca ve HCO_3 soğuk sulara, Na ve SO_4 sıcak sulara bu hareket yönünü kontrol eden ana iyonlardır.



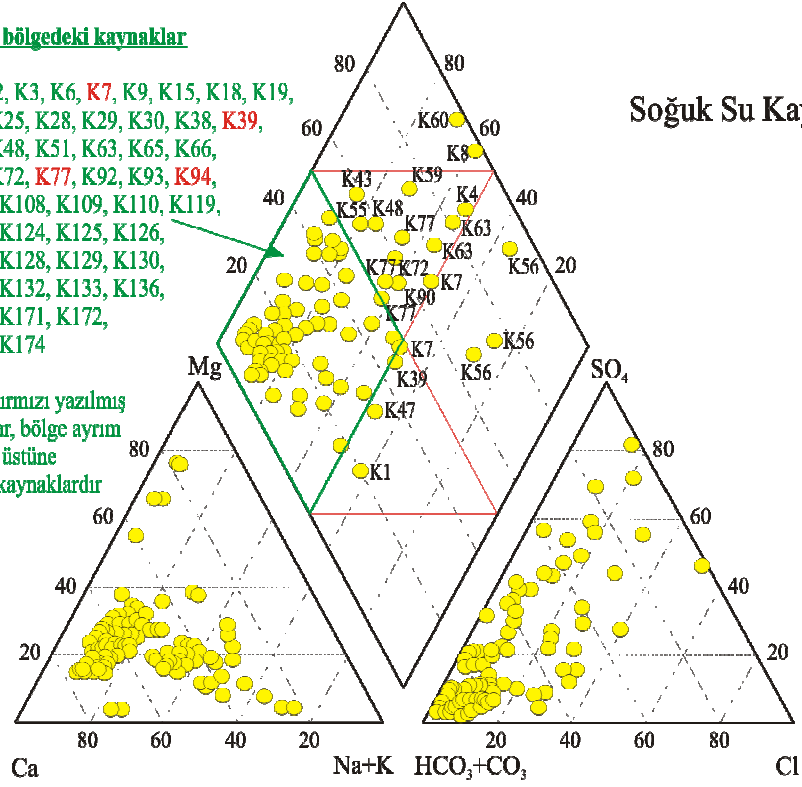
Şekil 7.9 Sıcak su kaynakları, sıcak su sondajları, dere ve kar örneklerine ait kimyasal analiz sonuçlarının Piper Diyagramı'nda gösterimi

Soğuk su kaynakları, sondajlar, keson kuyular ve dere örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Piper diyagramında soldaki üçgende Ca, sağdaki üçgende HCO₃+CO₃ köşesinde yoğunlaşmıştır. Sular, eşkenar dörtgende çoğunlukla 5 nolu bölgede, bir kısmı 9 nolu bölgede ve çok az bir bölümü de diğer bölgelere dağılmış bulunmaktadır (Şekil 7.9, Şekil 7.10, Şekil 7.11 ve Şekil 7.12).

5 nolu bölgedeki kaynaklar

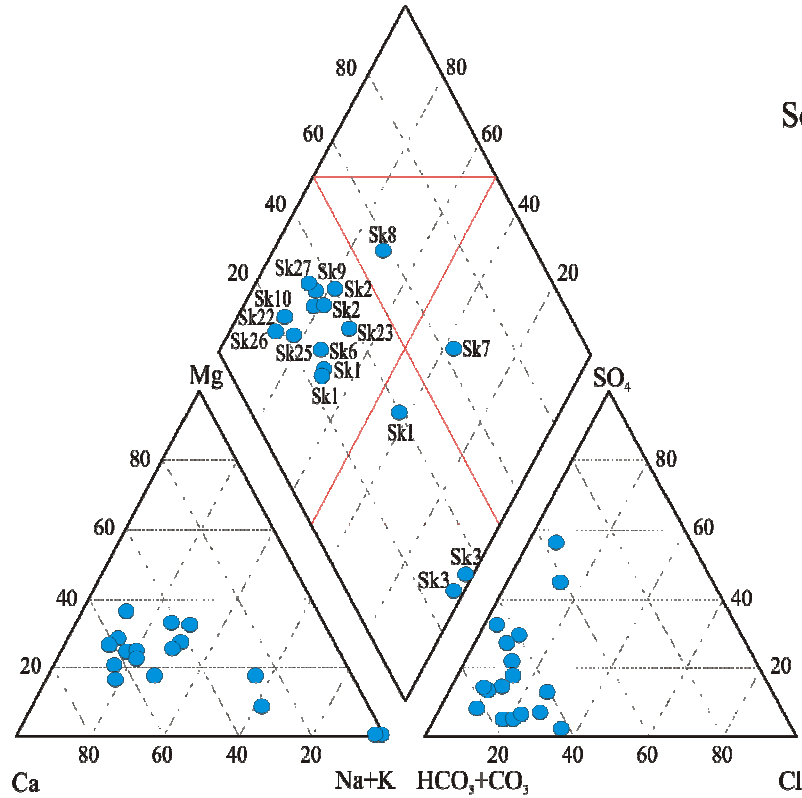
K1, K2, K3, K6, K7, K9, K15, K18, K19, K24, K25, K28, K29, K30, K38, K39, K43, K48, K51, K63, K65, K66, K71, K72, K77, K92, K93, K94, K107, K108, K109, K110, K119, K123, K124, K125, K126, K127, K128, K129, K130, K131, K132, K133, K136, K170, K171, K172, K173, K174

Not: Kırmızı yazılmış noktalar, bölge ayırım çizgisi üstüne düşen kaynaklardır



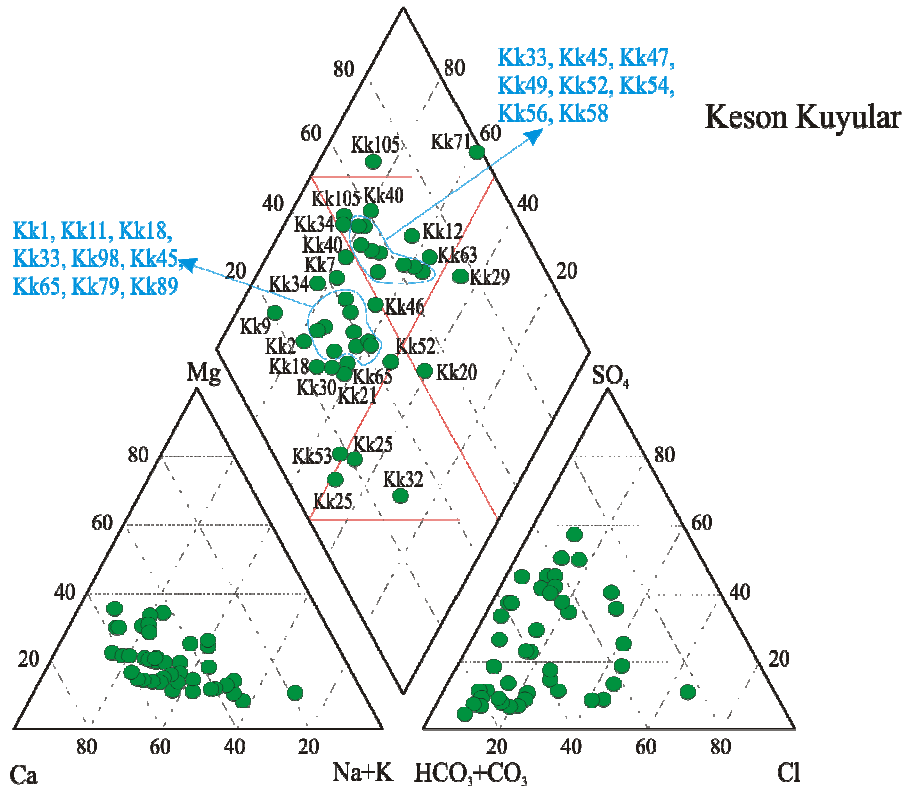
Soğuk Su Kaynakları

Şekil 7.10 Soğuk su kaynaklarına ait su örneklerinin Piper Diyagramı'nda gösterimi



Sondajlar

Şekil 7.11 Sondajlara ait su örneklerinin Piper Diyagramı'nda gösterimi



Şekil 7.12 Keson kuyulara ait su örneklerinin Piper Diyagramı'nda gösterimi

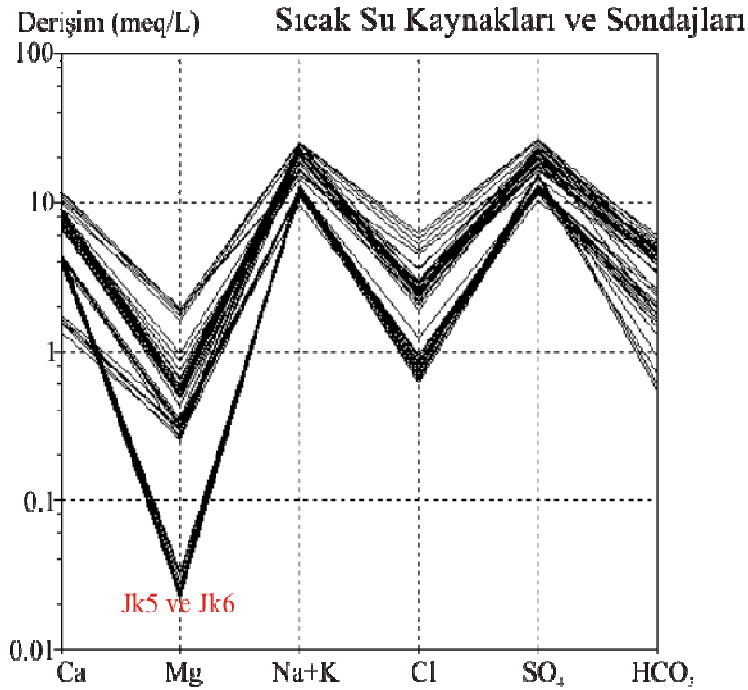
7.1.3.2 Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı

Schoeller yarı logaritmik diyagramı, logaritmik ölçekli Y ekseninde element derişimlerinin meq/L olarak yer aldığı, X ekseninde sırasıyla Ca, Mg, Na+K, Cl, SO₄ ve HCO₃ iyonlarını içeren bir diyagramdır. Bu diyagram üzerine işaretlenen element derişimlerinin oluşturduğu çizgilerin yorumlanması yoluyla suların kökenlerinin benzer olup olmadığı değerlendirilebilmektedir.

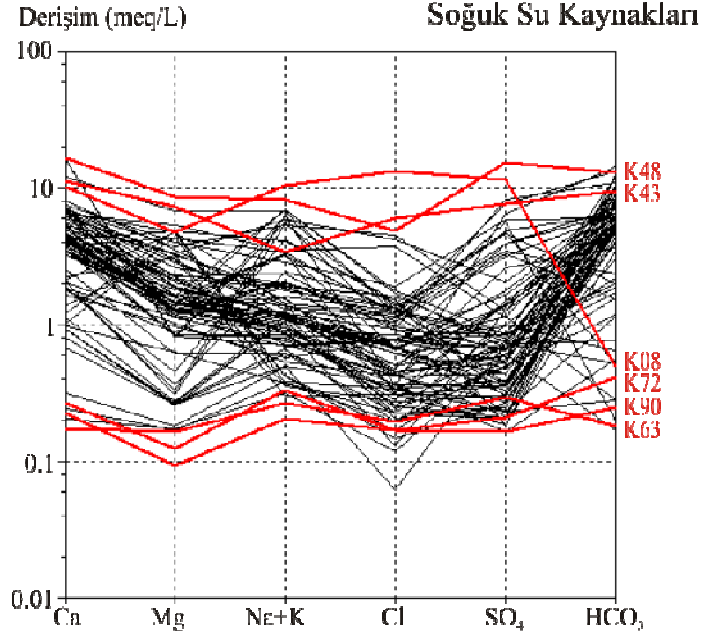
Su örneklerinin çok sayıda olması sebebiyle Schoeller diyagramında gösterimleri karışıklığı önlemek için su noktası türlerine göre ayrılarak yapılmıştır. Sıcak su kaynakları ve sondajlarına ait suların element içerikleri Jk5 ve Jk6'nın Mg değerleri hariç, yaklaşık 0,2 - 30 meq/L arasındadır. Schoeller diyagramında bu sular, birbiri ile örtüşen bir yapı olduğu için aynı jeotermal sistemin bir parçası oldukları izlenimini vermektedir. İçlerinde sadece Jk5 ve Jk6'nın Mg derişimleri, diğer sıcak sulardan daha düşüktür (Şekil 7.13). Soğuk su kaynaklarının element derişimleri 0,1

- 10 meq/L arasında değişmektedir. K43 ve K48 nolu kaynaklar en yüksek iyon derişimine sahip kaynaklar olup, en düşük iyon derişimleri ise K63, K72 ve K90 nolu kaynaklara aittir (Şekil 7.14).

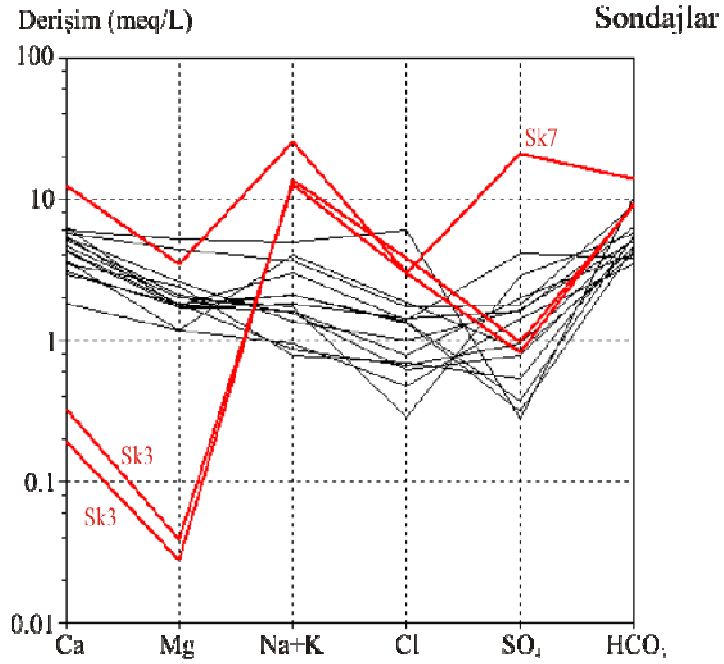
Sondajların büyük çoğunluğu 1 - 10 meq/L arasında element derişimlerine sahiptir. Bunlardan Sk3 nolu sondaj, Ca ve Mg derişimleri bakımından diğerlerinden düşük, Na+K ve HCO₃ bakımından diğerlerinden yüksektir. Sk7 sondajına ait su örneğinin Ca, Na+K ve SO₄ içeriği diğerlerine göre yüksektir (Şekil 7.15). Keson kuyulardaki suların element derişimleri 0,1 - 20meq/L arasında değişir (Şekil 7.16). Dere örneklerinin iyon derişimleri Schoeller diyagramına göre Na+K ve SO₄ bakımından çeşitlilik göstermekle birlikte, Ca ve Mg için mabdan mansaba doğru (D2 nolu örnek hariç) düzenli bir artış göstermektedir. Dere örnekleri Şekil 5.15'den görüleceği gibi akım yönünde şu şekilde dizilmişlerdir: D9⇒D10⇒D5⇒D1⇒D2. Bu suların mevsimlik iyon derişimi değişimleri Schoeller diyagramına göre kış aylarından yaz aylarına doğru artmaktadır (Şekil 7.17). Kar örneklerinin doğal olarak çalışma alanındaki en düşük element derişimine sahip, birbirine çok yakın özellikte sular olduğu gözlenir.



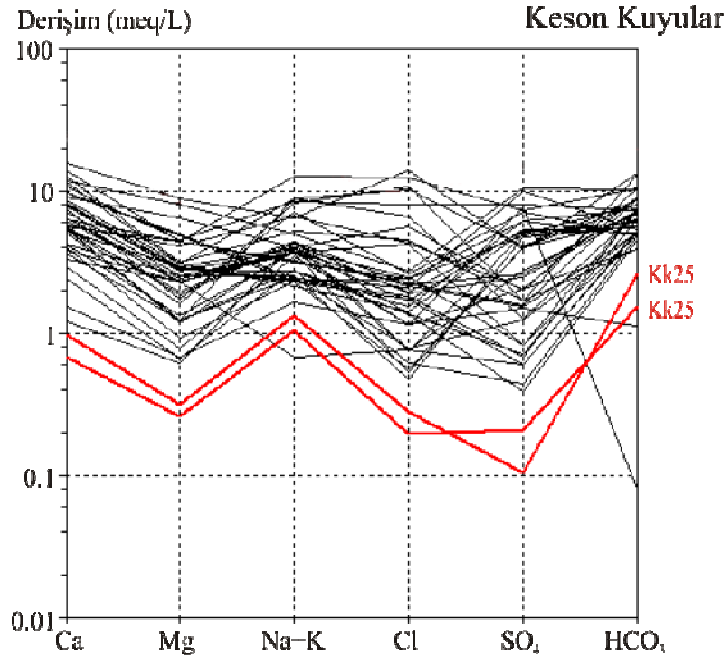
Şekil 7.13 Sıcak sulara ait su örneklerinin Schoeller diyagramında gösterimi



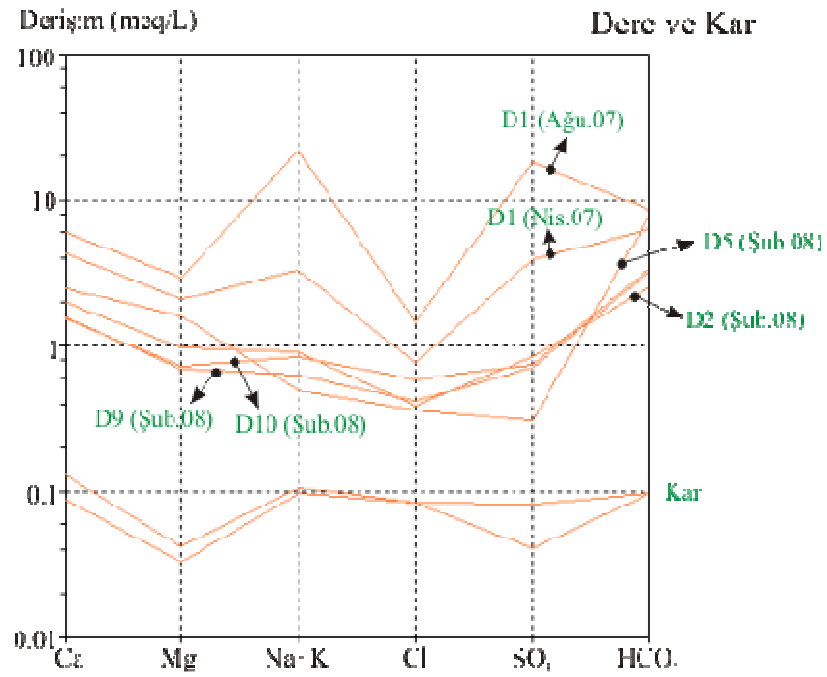
Şekil 7.14 Soğuk su kaynaklarına ait su örneklerinin Schoeller Diyagramı'nda gösterimi



Şekil 7.15 Sondajlara ait su örneklerinin Schoeller Diyagramı'nda gösterimi



Şekil 7.16 Keson kuyulara ait su örneklerinin Schoeller Diyagramı'nda gösterimi

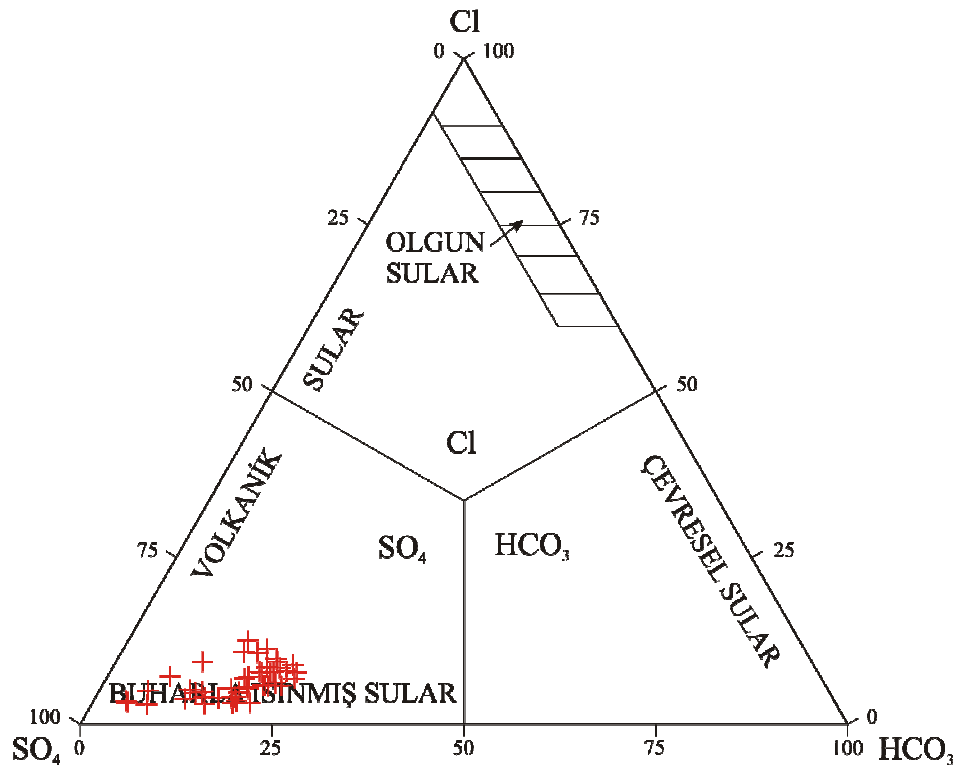


Şekil 7.17 Dere ve kara ait su örneklerinin Schoeller Diyagramı'nda gösterimi

7.1.3.3 Cl- SO_4 - HCO_3 Üçgen Diyagramı

Doğal suları sınıflandırmada değişik araştırmacılar tarafından ortaya atılmış ve halen kullanılagelen birçok diyagram bulunmaktadır. Cl - SO_4 - HCO_3 üçgen diyagramı (Giggenbach, 1988) da bu tür diyagramlardan biridir. Basit bir diyagram olan Cl - SO_4 - HCO_3 üçgen diyagramı suları bir ölçüde kökensel bazda sınıflandırmaya yarayan bir grafikdir (Nicholson, 1993). Bu üçgen diyagram da diğer üçgen diyagramlar gibi örnekler arasında göreceli ilişkiyi hızlı bir şekilde görmeyi sağlayan bir ön değerlendirme verir.

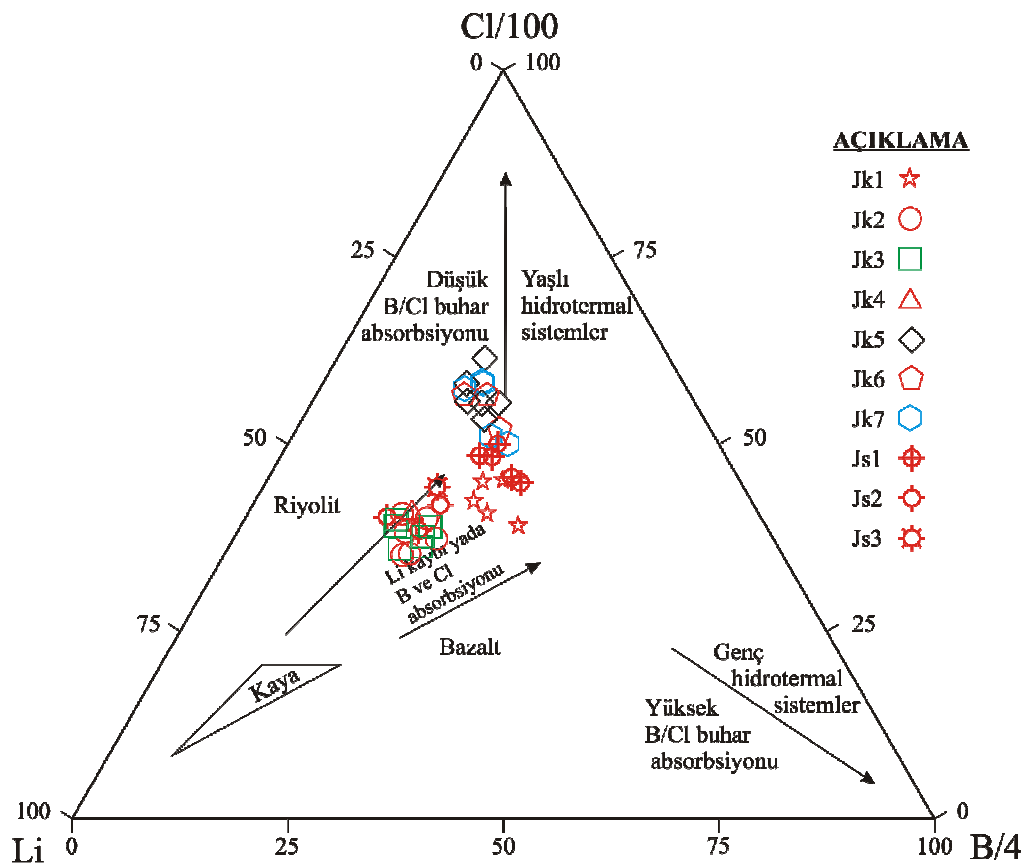
Çalışma alanındaki sıcak su kaynakları ve sondajlarından alınmış su örnekleri bu diyagrama aktarıldığında Şekil 7.18'deki gibi SO_4 köşesinde dar bir aralık içinde dağıldıkları görülmektedir. Diyagrama göre bu kesimdeki sular buharla ısınmış sular olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 7.18 Cl- SO_4 - HCO_3 üçgen diyagramında sıcak su kaynakları ve sondajlarına ait su örneklerinin konumları

7.1.3.4 Cl-Li-B Üçgen Diyagramı

Bu diyagramda, ikincil süreçlerden belki de en az etkilenen alkali metal olan Li, sıcak sularda korunumlu diğer iki bileşenin (Cl ve B) muhtemel kökeninin göreceli tahmininde kullanılmaktadır. Li çözeltiye bir kez ilave olduğunda büyük oranda çözeltide kalır. Li içeren bir akışkana B ve Cl eklendiğinde, akışkandaki oranları kabuksal kayacınkine benzer. Uçucu özelliği nedeniyle B, ısınma sürecinin ilk evrelerinde atıldığından, termal akışkanın B miktarı jeotermal sistemin olgunluğunu bir ölçüde yansıtır (Giggenbach, 1991). Yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin derin kesimlerinde en yaygın akışkan tipi yaklaşık nötr pH'a sahip Cl'ün baskın olduğu akışkandır. Bir jeotermal alanda karşılaşılan diğer sular, fiziksel ve kimyasal süreçlerin sonucunda genellikle bu sulardan türer (Nicholson, 1993). Çalışma alanındaki sıcak suların Cl-Li-B diyagramındaki yerleri Şekil 7.19'da verilmiştir.



Şekil 7.19 Sıcak su kaynakları ve sondajlarına ait su örneklerinin Cl-Li-B üçgen diyagramında gösterimi

Şekil 7.19'a göre sıcak su noktalarına ait sular üç bileşen arasında nispeten Cl köşesine doğru, düşük B/Cl buhar absorpsiyonu ve yaşlı hidrotermal sistemleri temsil eden alan ile Li kaybı ya da B ve Cl absorpsiyonunun olduğu alan arasındaki aralıkta yoğunlaşmışlardır. Bunlardan Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı'na ait örnekler (Jk5, Jk6 ve Jk7) tüm örnekler arasında Cl köşesine en yakın pozisyonda bulunmakla birlikte Karalıda Sıcak Su Kaynağı'ndan alınan Jk2, Jk3 ve Jk4 nolu örnekler ise tüm örnekler arasında Li köşesine en yakın olan grubu oluşturur. Giggenbach (1991)'da da belirtildiği gibi, B hidrotermal evrenin ilk dönemlerinde ortamdan uzaklaşacağı için Cl köşesinde bulunan sular yaşlı hidrotermal sistemleri temsil eder. Dolayısıyla bu kesimde yeralan akışkanlar yaşlı temel kayalardan gelir.

7.1.4 Minerallerin Sudaki Çözünürlüklerinin Değerlendirilmesi

Suların mineral doygunlukları su içindeki iyonların ve minerallerin Gibbs serbest enerjileri ile iyon etkinliklerinin bilinmesiyle ilişkilidir. Bir mineralin sudaki çözünürlük durumunun bir ifadesi olan doygunluk indeksi değeri $\log(Q/K)$ ya da $\log(IAP/K)$ şeklinde gösterilebilen bir logaritmik kavramdan oluşur. Her mineral için sıcaklıkla ve kısmen de basınçla değişen değerler içerir. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan doygunluk indeksi (DI ya da SI) sonuçları aşağıdaki gibi yorumlanır (Tarcan, 2002):

SI=0 ise su ilgili mineral ile dengededir (doygundur)

SI>0 ise su ilgili mineral ile aşırı doygundur (minerali çöktürücü özelliktedir)

SI<0 ise su ilgili mineral ile doygun değildir (minerali çözündürücü özelliktedir).

Mineral doygunluk indeksi değerlerinin hesaplanması ile üretim ve iletim aşamasında oluşabilecek olası çökeller önceden tahmin edilebilir ve böylece üretim ve malzeme kaybı olmadan önce alınabilecek önlemler belirlenebilir (Tarcan, 2002).

Sıcak sulardan alınan 47 örneğin kimyasal analiz sonuçlarına ait doygunluk indeksi değerleri her örnek için hesaplanarak Tablo 7.8'de verilmiştir. Veriler, örneklerin alındığı andaki sıcaklıkları ve kimyasal analiz sonuçlarının Watch2004 (Bjarnason, 1994) kimyasal türleştirme programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 7.8 Sıcak su örneklerinin yüzey koşullarında kimyasal bileşimine göre belirli mineraller için hesaplanmış doygunluk indeksi değerleri

Örnek No	Dönem	T (°C)	Adularya	Anhidrit	Albit	Kalsit	Mikroklin	Amorf silis	Kalsedon	Kuvars
Js1	Oca.06	41,0	0,83	-0,13	1,39	0,07	2,69	-0,65	0,16	0,50
Js1	Ağu.06	50,0	-0,11	-0,13	0,62	0,34	1,67	-0,81	-0,04	0,30
Js1	Mar.07	46,1	0,00	-0,25	0,60	-0,06	1,82	-0,65	0,14	0,48
Js1	Tem.07	48,0	-0,22	-0,17	0,45	0,10	1,58	-0,75	0,03	0,37
Js1	Şub.08	41,1	1,15	-0,27	1,71	-0,05	3,02	-0,55	0,26	0,61
Js1	Haz.08	40,2	2,03	-0,22	2,57	0,30	3,90	-0,74	0,07	0,42
Js2	Oca.04	42,0		-0,24		-0,56		-0,61	0,20	0,54
Js2	Tem.07	31,7	1,26	-0,35	1,65	0,18	3,22	-0,69	0,15	0,50
Js2	Şub.08	42,3	0,34	-0,34	0,65	-0,92	2,20	-0,62	0,18	0,53
Js3	Oca.04	59,4		-0,16		0,34		-0,50	0,25	0,57
Jk1	Oca.06	17,1	3,18	-1,13	3,84	-0,08	5,29	-0,56	0,35	0,69
Jk1	Ağu.06	18,0	2,77	-1,27	3,58	-0,22	4,87	-0,69	0,21	0,56
Jk1	Mar.07	16,3	2,49	-1,24	3,16	-0,44	4,60	-0,61	0,30	0,65
Jk1	Tem.07	28,4	1,48	-3,29	2,28	-0,21	3,47	-0,70	0,16	0,51
Jk1	Şub.08	29,1	1,27	-1,21	2,02	-0,88	3,25	-0,52	0,33	0,68
Jk1	Haz.08	31,0	0,80	-1,11	1,54	-0,71	2,76	-0,71	0,14	0,49
Jk2	Oca.06	46,8	1,80	-0,27	2,38	0,26	3,61	-0,46	0,33	0,67
Jk2	Ağu.06	47,0	0,96	-0,25	1,66	0,06	2,77	-0,64	0,15	0,49
Jk2	Mar.07	49,0	0,86	-0,30	1,52	-0,33	2,66	-0,49	0,29	0,63
Jk2	Tem.07	47,0	1,22	-0,27	1,87	-0,30	3,03	-0,52	0,27	0,60
Jk2	Şub.08	46,9	4,43	-0,38	5,02	-0,10	6,24	-0,35	0,44	0,78
Jk2	Haz.08	48,8	0,79	-0,30	1,35	-0,16	2,59	-0,54	0,24	0,57
Jk3	Eyl.05	40,7	2,02	-0,26	2,65	0,03	3,89	-0,41	0,40	0,74
Jk3	Oca.06	40,1	2,08	-0,25	2,62	0,29	3,96	-0,46	0,36	0,70
Jk3	Ağu.06	41,0	0,97	-0,33	1,61	0,09	2,84	-0,56	0,25	0,59
Jk3	Mar.07	40,0	1,18	-0,39	1,77	-0,40	3,05	-0,44	0,38	0,72
Jk3	Tem.07	41,9	0,93	-0,31	1,57	-0,30	2,79	-0,52	0,29	0,63
Jk3	Şub.08	40,1	1,77	-0,38	2,31	-0,23	3,65	-0,29	0,53	0,87
Jk4	Haz.08	35,4	1,30	-0,43	1,78	-0,09	3,22	-0,47	0,36	0,71
Jk5	Oca.06	46,3	0,63	-0,59	1,51	0,93	2,45	-0,40	0,39	0,73
Jk5	Ağu.06	47,1	0,96	-0,61	1,96	1,03	2,77	-0,54	0,25	0,59
Jk5	Mar.07	52,9	0,34	-0,57	1,25	0,52	2,10	-0,46	0,31	0,64
Jk5	Tem.07	52,2	0,85	-0,56	1,75	0,18	2,68	-0,38	0,41	0,75
Jk5	Şub.08	49,7	1,27	-0,60	2,11	0,25	3,05	-0,25	0,53	0,87
Jk5	Haz.08	51,9	1,72	-0,53	2,26	0,64	3,49	-0,42	0,35	0,68
Jk6	Oca.06	41,1	2,04	-0,63	2,88	1,02	3,91	-0,36	0,45	0,79
Jk6	Ağu.06	42,0	0,46	-0,67	1,44	1,13	2,32	-0,51	0,30	0,64
Jk6	Mar.07	47,5	0,50	-0,61	1,40	0,06	2,30	-0,42	0,37	0,71
Jk6	Tem.07	50,9	0,82	-0,52	1,75	0,27	2,60	-0,42	0,35	0,69
Jk6	Şub.08	50,0	1,34	-0,63	2,17	0,33	3,13	-0,23	0,54	0,88
Jk6	Haz.08	51,8	0,91	-0,54	1,79	0,76	2,68	-0,45	0,32	0,65
Jk7	Eyl.05	43,4	0,84	-0,60	1,80	0,72	2,68	-0,38	0,42	0,76
Jk7	Ağu.06	46,0	-0,01	-0,64	0,97	0,79	1,81	-0,53	0,26	0,60
Jk7	Mar.07	46,0	0,49	-0,62	1,34	0,18	2,31	-0,41	0,38	0,72
Jk7	Tem.07	44,9	0,45	-0,50	1,40	0,34	2,21	-0,43	0,34	0,67
Jk7	Şub.08	46,3	1,34	-0,68	2,11	0,32	3,16	-0,22	0,57	0,91
Jk7	Haz.08	41,2	1,60	-0,63	2,35	0,38	3,46	-0,34	0,46	0,81

Doygunluk indeksi hesaplamalarına göre, sıcak sularda tüm örnekleme dönemlerinde, doygunluk üstü değerlerde bulunan mineraller, albit, mikroklin, kalsedon ve kuvarstır. Amorf silis tüm örneklerde doygunluk altı değerlerde, kalsit Jk1 nolu örnek için tüm dönemlerde doygunluk altı değerlerde, diğer örneklerde değişen çözünürlüklerdedir.

7.1.5 Jeotermometri

Kimyasal ve izotop jeotermometreleri, jeotermal kaynakların araştırılması ve geliştirilmesi için belki de en önemli jeokimyasal araçtır. Bu jeotermometreler üretim sırasındaki gözlemlerde haznenin üretime verdiği tepkiyi görmek için çok önemli bir unsurdur. Jeotermometri, araştırma sürecinde yüzeyaltı sıcaklıklarını tahmin etmek için kullanılır. Jeotermometreler üç grupta toplanmıştır:

1. Su ya da çözünürlük jeotermometreleri,
2. Buhar ya da gaz jeotermometreleri,
3. İzotop jeotermometreleri.

Çözünürlük ve gaz jeotermometreleri, kimyasal jeotermometreler adı altında incelenmiştir. Bu çalışmada çözünürlük jeotermometrelerinden faydalanılmıştır. Jeotermal sular, derin hazneden yüzeye çıkışları sırasında içinden geçtiği soğuk kayalar nedeniyle soğuyabilir ya da hidrostatik basınç düşmesi ile kaynayabilirler. İletimle soğuma yalnız başına suyun kimyasal ve izotopik bileşimini değiştirmez. Soğuma birincil ve ikincil minerallerin çözünürlüklerini değiştirebilir. Sonuçta, iletimle soğuma suyun yükselimi sırasında minerallerin çözünmesi ya da çökmesi ile kimyasal bileşimde bazı değişikliklere sebep olur. Kaynama, yükselen jeotermal suda sürekli değişikliklere sebep olur. Bu olay, gaz fazının ayrılması ile sudaki çözünenlerin miktarını artırır. Kimyasal ve izotopik jeotermometreler jeotermal araştırmalar sırasında, soğuma zonu altındaki hazne sıcaklığının tahmin edilmesinde kullanılır. Bu jeotermometreleri uygularken iletimle soğuma ile birlikte suyun bileşiminde bir değişiklik oluşmadığı kabul edilir (D'Amore ve Arnórsson, 2000).

Deneyler, değişik kimyasal ve izotop jeotermometrelerinin bazen birbirleri ile örtüşen sonuçlar verdiğini, bazen de aralarında büyük farklar olduğunu göstermiştir. Aralarındaki uyumun yüksek olması, kabul edilen varsayımların doğruluğunun sonuçlara yansımaları belirtirken, elde edilen hazne akışkan sıcaklıkları arasında büyük farklılıklar olması da eşitlikler arasındaki dengenin olmadığını işaretidir. Sıcaklık farklılıkları, sıcak suların yüzeye çıkışları sırasında kaynama ve soğuk sularla karışımı gibi çeşitli faktörlerden etkilendiğı anlamına gelebilir (D'Amore ve Arnórsson, 2000).

7.1.5.1 Çözünürlük Jeotermometreleri

Arnórsson ve Svavarsson (1985)'da verildiğı gibi 1960'ların ortaları ile 1980'lerin ortaları arasında birçok çözünürlük jeotermometresi geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlileri silis (kuvars ve kalsedon), Na/K ve Na - K - Ca jeotermometreleridir. Halen geliştirilmekte olanlar temelde Na/Li, Li/Mg, K/Mg oranlarına ve Na - K - Mg ilişkisine dayalıdır. Teorik olarak her katyon oranı ve sudaki yüksüz derişimlere sahip türler eşitlikte yer almak koşuluyla bir jeotermometre olarak kullanılabilir (D'Amore ve Arnórsson, 2000).

Jeotermometreler, hazne akışkanının sıcaklığını tahmin etmeye olanak sağladığından, yeni jeotermal alanların değerlendirilmesinde ve üretimde olan sistemlerin hidrolojisinin düzenli izlenmesinde faydalı birer araçtır. Ellis (1979), Fournier (1977), Fournier ve diğer. (1974), Truesdell (1976) ve White (1970)'a göre çözünürlük jeotermometreleri sıcaklık bağımlı mineral - akışkan dengesine dayanır ve başarı ile uygulanabilmeleri için şu varsayımlar dikkate alınmalıdır (Nicholson, 1993):

1. Jeotermometrede kullanılan element veya bileşenlerin derişimleri yalnızca sıcaklıkla değişen mineral - akışkan tepkimeleriyle kontrol edilir.
2. Denge tepkimelerinde kullanılan mineraller ve/veya kayaç-akışkan sisteminde çözünmüş türler akiferde yaygın olarak bulunmaktadır.
3. Tepkimeler jeotermal akifer şartlarında dengeye ulaşmıştır.

4. Akışkan hızlı bir akış ile yüzeye gelmektedir ve akiferden uzaklaşmasıyla tekrar denge tepkimesi oluşmamıştır.

5. Derindeki jeotermal akışkanda karışım ya da seyrelme yoktur (Bu varsayım, seyrelme veya karışım varsa dikkate alınmayabilir).

Çözünürlük jeotermometreleri için değişik araştırmacılar tarafından geliştirilmiş birçok jeotermometre eşitliği bulunmaktadır. Bu çalışmada hazne kaya koşullarındaki akışkanın sıcaklığını hesaplamakta kullanılan jeotermometrelerin formülleri ve geliştiren araştırmacılar Tablo 7.9'da, jeotermometrelerin özellikleri ve geçerlilik durumları ile ilgili bilgiler aşağıda ayrı başlıklar altında verilmiştir. Bu jeotermometre eşitlikleri kullanılarak çalışma alanı için hesapladığımız haznedeki akışkana ait sıcaklıklar Tablo 7.10'da verilmiştir.

- **Silis Jeotermometresi:**

Kuyu boşalımından elde edilen silis miktarı ve hazne sıcaklığı arasındaki ilişki Mahon (1966) tarafından incelenmiş ve sonraki yıllarda silis jeotermometresi çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirmiştir. Silisin farklı türleri için hazırlanmış formüller Tablo 7.10'da verilmiştir. Silis 250°C üzerinde hızlı bir şekilde çözünüp çökelediği için silis jeotermometresinin geçerliliği yaklaşık 250°C'ye kadardır (Nicholson, 1993).

Çalışma alanındaki sıcak su noktaları için hesaplanarak Tablo 7.10'daki 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu sütunlarda verilmiş hazne akışkan sıcaklıklarına göre bu jeotermometrenin geçerli olduğu 250°C'nin altında sıcaklıklar elde edildiğinden anlamlıdır. Su noktalarının tümü için 5 ve 6 nolu formüllerden hesaplanan değerler, yüzeyde hesaplananlara göre daha düşük olduğu için kullanılmamıştır. Diğer formüllerde yüzey sıcaklığına çok yakın olan sonuçlar dikkate alınmamıştır. Buna göre elde edilen hazne akışkan sıcaklıkları Çan Sıcak Su Kaynağı için (Js1) 77 - 98°C arasında, Karalıda Sıcak Su Kaynağı için (Js2, Js3, Jk2, Jk3, Jk4) 70 - 125°C arasında, Alibeyçiftliği Kaynağı (Jk1) için 71 - 92°C arasında, Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı (Jk5, Jk6, Jk7) için 70 - 141°C arasındadır.

Tablo 7.9 Bu çalışmada kullanılan çözünürlük jeotermometreleri

Jeotermometre türü	Kaynak	Anlam Aralığı (°C)	Tablo daki sıra no
Silis jeotermometresi			
$t^{\circ}\text{C} = [1309/(5,19 - \log \text{SiO}_2)] - 273$ (SiO ₂ , buhar kaybı yok)	Fournier (1977)	25-250	1
$t^{\circ}\text{C} = [1522/(5,75 - \log \text{SiO}_2)] - 273$ (SiO ₂ , 100°C'de maksimum buhar kaybı)	Fournier (1977)	25-250	2
$t^{\circ}\text{C} = [1032/(4,69 - \log \text{SiO}_2)] - 273$ (Kalsedon)	Fournier (1977)	0-250	3
$t^{\circ}\text{C} = [1000/(4,78 - \log \text{SiO}_2)] - 273$ (α -Kristobalit)	Fournier (1977)		4
$t^{\circ}\text{C} = [781/(4,51 - \log \text{SiO}_2)] - 273$ (Opal)	Fournier (1991)	25-250	5
$t^{\circ}\text{C} = [731/(4,52 - \log \text{SiO}_2)] - 273$ (Amorf silis)	Fournier (1977)	25-250	6
($t < 250^{\circ}\text{C}$ ve SiO ₂ derişimi mg/Kg'dır)			
Na/K Jeotermometresi			
$t^{\circ}\text{C} = 856/[\log(\text{Na/K}) + 0,857] - 273$	Truesdell (1976)	100-275	7
$t^{\circ}\text{C} = 833/[\log(\text{Na/K}) + 0,780] - 273$	Tonani (1980)		8
$t^{\circ}\text{C} = 933/[\log(\text{Na/K}) + 0,993] - 273$	Arnorsson ve diğer. (1983)	25-250	9
$t^{\circ}\text{C} = 1319/[\log(\text{Na/K}) + 1,699] - 273$	Arnorsson ve diğer. (1983)	250-350	10
$t^{\circ}\text{C} = 1217/[\log(\text{Na/K}) + 1,483] - 273$	Fournier (1979b)		11
$t^{\circ}\text{C} = 1178/[\log(\text{Na/K}) + 1,470] - 273$	Nieva ve Nieva (1987)		12
$t^{\circ}\text{C} = 1390/[\log(\text{Na/K}) + 1,750] - 273$	Giggenbach ve diğer. (1983)		13
($t < \sim 120^{\circ}\text{C}$ ve Na, K derişimi mg/Kg'dır)			
Na-K-Ca Jeotermometresi			
$t^{\circ}\text{C} = 1647/[\log(\text{Na/K}) + \beta[\log(\sqrt{\text{Ca/Na}}) + 2,06] + 2,47] - 273$ Mg düzeltme formülleri: $R = [\text{Mg}/(\text{Mg} + 0,61\text{Ca} + 0,31\text{K})] \times 100$ $\Delta t_{\text{Mg}} = 10,664 - 4,7415 \log R + 325,87(\log R)^2 - 1,032 \times 10^5 (\log R)^2 / T_{\text{NaKCa}} - 1,968 \times 10^7 (\log R) / T_{\text{NaKCa}} + 1,605 \times 10^7 (\log R)^3 / T_{\text{NaKCa}}^2 \dots (5 < R < 50)$ $\Delta t_{\text{Mg}} = -1,03 + 59,971 \log R + 145,05(\log R)^2 - 36711(\log R)^2 / T_{\text{NaKCa}} - 1,67 \times 10^7 \log R / T_{\text{NaKCa}}^2 \dots (R < 5)$ $t^{\circ}\text{C} = t_{\text{NaKCa}} - \Delta t_{\text{Mg}}$	Fournier ve Truesdell (1973)		14 15
(Na, K, Ca derişimi mol/Kg'dır)			
Na/Li Jeotermometresi			
$t^{\circ}\text{C} = 1000/[\log(\text{Na/Li}) + 0,389] - 273$ Cl < 0,3 mol/Kg	Fouillac ve Michard (1981)		16
$t^{\circ}\text{C} = 1195/[\log(\text{Na/Li}) + 0,130] - 273$ Cl > 0,3 mol/Kg	Fouillac ve Michard (1981)		17
$t^{\circ}\text{C} = 1590/[\log(\text{Na/Li}) + 0,779] - 273$	Kharaka ve diğer. (1982)		18
(İlk iki eşitlikte Na/Li derişimleri mol/Kg, son eşitlikte ise mg/Kg'dır)			
K/Mg Jeotermometresi			
$t^{\circ}\text{C} = 4410/[\log(\text{K}/\sqrt{\text{Mg}}) + 14,0] - 273$	Giggenbach (1988)		19
Li/Mg Jeotermometresi			
$t^{\circ}\text{C} = 2200/[5,470 - \log(\text{Li}/\sqrt{\text{Mg}})] - 273$	Khakara ve Mariner (1989)		20

Tablo 7.10 Hazne akışkan sıcaklıkları

Örnek No	Jeotermometre eşitliği (formüller sıra no'suna göre Tablo 7.10'da verilmiştir)																				
	T (°C)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Js01	41	86	89	55	*	*	*	121	125	131	***	162	150	181	***	*	124	**	191	*	92
Js01	50	87	90	56	*	*	*	102	104	112	***	145	134	164	***	*	110	**	179	*	85
Js01	46	90	92	59	*	*	*	119	122	129	***	160	148	178	***	*	116	**	184	*	88
Js01	48	81	84	49	*	*	*	109	112	120	***	152	140	171	***	*	113	**	181	*	86
Js01	41	97	98	66	46	*	*	122	125	132	***	162	150	181	***	*	139	**	203	*	83
Js01	40	77	81	46	*	*	*	124	127	134	***	164	152	183	***	*	116	**	184	*	75
Js02	42	91	93	60	*	*	*	162	168	171	***	196	183	213	***	*	122	**	189	*	91
Js02	32	75	79	44	*	*	*	144	149	154	***	182	169	199	***	*	108	**	177	*	84
Js02	42	90	92	59	40	*	*	176	182	184	***	207	194	223	***	*	135	**	200	*	90
Js03	59	117	115	88	66	*	*	132	136	142	***	171	159	189	***	*	127	**	193	*	104
Jk01	***	76	80	44	26	*	*	***	84	93	***	128	116	148	***	*	92	**	162	*	100
Jk01	***	76	80	44	26	*	*	***	62	73	***	109	98	130	***	*	82	**	154	*	98
Jk01	***	71	76	40	22	*	*	***	80	90	***	124	113	144	***	*	85	**	157	*	98
Jk01	28	72	76	40	*	*	*	***	71	81	***	116	105	137	***	*	77	**	149	*	93
Jk01	29	90	92	59	40	*	*	***	80	90	***	125	113	145	***	*	107	**	176	*	103
Jk01	31	73	78	42	*	*	*	***	84	93	***	128	116	147	***	*	95	**	166	*	100
Jk02	47	110	110	81	60	*	*	125	129	135	***	166	154	184	***	*	128	**	194	*	102
Jk02	47	104	105	74	54	*	*	103	106	114	***	146	135	165	***	*	113	**	182	*	98
Jk02	49	109	109	80	59	*	*	112	116	123	***	155	143	173	***	*	117	**	185	*	102
Jk02	47	104	104	74	53	*	*	111	114	122	***	154	142	172	***	*	115	**	183	*	99
Jk02	47	124	121	96	73	*	*	122	125	132	***	162	150	181	***	*	139	**	204	*	104
Jk02	49	103	103	73	52	*	*	131	135	141	***	170	158	189	***	*	127	**	194	*	102
Jk03	41	111	110	82	60	*	*	110	113	120	***	152	140	171	***	*	117	**	185	*	101
Jk03	40	105	106	76	55	*	*	125	128	135	***	165	153	183	***	*	127	**	194	*	102
Jk03	41	107	107	77	56	*	*	108	111	118	***	150	139	170	***	*	115	**	183	*	98
Jk03	40	107	107	77	56	*	*	115	118	125	***	156	144	175	***	*	119	**	187	*	102
Jk03	42	100	101	70	50	*	*	109	112	119	***	151	140	170	***	*	106	**	175	*	96
Jk03	40	125	122	97	74	*	*	126	130	136	***	166	154	184	***	*	144	**	207	*	105
Jk04	35	100	101	70	50	*	*	130	134	140	***	170	158	188	***	*	129	**	195	*	100
Jk05	46	121	119	92	70	*	*	***	77	87	***	122	111	142	***	*	*	**	113	*	88
Jk05	47	120	118	91	69	*	*	***	61	72	***	108	97	128	***	*	*	**	106	*	85
Jk05	53	118	117	90	68	*	*	***	77	87	***	122	111	142	***	*	*	**	112	*	89
Jk05	52	119	117	90	68	*	*	***	71	81	***	116	105	136	***	*	*	**	111	*	87
Jk05	50	141	136	115	91	*	*	***	86	95	***	129	118	149	***	*	51	**	124	*	88
Jk05	52	121	119	93	70	*	*	138	142	147	***	176	164	194	***	*	*	**	121	*	89
Jk06	41	122	120	93	71	*	*	***	79	89	***	123	112	144	***	*	*	**	113	*	87
Jk06	42	118	117	90	68	*	*	58	59	70	***	106	95	126	***	*	*	**	108	*	88
Jk06	48	118	116	89	67	*	*	***	74	84	***	119	108	139	***	*	*	**	109	*	87
Jk06	51	121	119	93	70	*	*	***	74	84	***	119	108	139	***	*	*	**	111	*	83
Jk06	50	142	137	116	92	*	*	***	86	96	***	130	119	150	***	*	*	**	126	*	89
Jk06	52	118	117	90	68	*	*	***	80	90	***	124	113	144	***	*	*	**	119	*	87
Jk07	43	120	119	92	70	*	*	***	63	74	***	110	99	130	***	*	*	**	110	*	57
Jk07	46	117	115	88	66	*	*	***	62	72	***	108	98	129	***	*	*	**	103	*	52
Jk07	46	116	115	88	66	*	*	***	81	90	***	125	114	145	***	*	*	**	111	*	55
Jk07	45	121	119	93	71	*	*	***	72	82	***	118	107	138	***	*	*	**	111	*	55
Jk07	46	140	135	113	89	*	*	***	93	102	***	136	124	155	***	*	53	**	127	*	60
Jk07	41	92	70	*	*	*	*	***	92	100	***	134	123	154	***	*	48	**	122	*	59

*: Jeotermometre değeri, ölçülen yüzey sıcaklığı kadar ya da daha düşük çıktığından kullanılmamıştır, **: Cl<0.3 mol/Kg olduğundan bu formül geçerli değildir, ***geçerli sıcaklık aralığında olmadığından tabloda gösterilmemiştir.

- **Na/K Jeotermometresi:**

Yüksek sıcaklığa sahip sistemlerde Na ve K'un sıcaklığa bağlı değişimleri, alkali feldispatlar arasında eş zamanlı oluşan iyon değişimi reaksiyonları nedeniyle meydana gelir. Deneysel jeotermometre eşitlikleri White (1957, 1965), Ellis ve Mahon (1967), Ellis (1970), Truesdell (1976), Fournier (1979a,b) ve Giggenbach (1988) tarafından geliştirilmiştir. Ellis (1979)'a göre bu eşitlikler 180 - 350°C arasında uygun sonuçlar vermektedir. Daha düşük sıcaklıklarda özellikle 120°C'nin altındaki sonuçlar çok anlamlı değildir. Bu sıcaklıklarda Na ve K derişimleri sadece feldistpatların iyon değişimi reaksiyonlarından değil kil gibi diğer minerallerden de etkilenir (Nicholson, 1993). Silis jeotermometreleri ile karşılaştırıldığında Na/K jeotermometreleri kaynama ve karışım gibi süreçlerden, jeotermometrede kullanılan oranlar sebebiyle daha az etkilenir (Güleç, 2005).

Tablo 7.10'a göre elde edilen hazne akışkan sıcaklıkları Çan Sıcak Su Kaynağı için (Js1) 102 - 183°C arasında, Karalica Sıcak Su Kaynağı için (Js2, Js3, Jk2, Jk3, Jk4) 120 - 223°C arasında, Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı (Jk1) için 122 - 148°C arasında, Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı (Jk5, Jk6, Jk7) için 122 - 194°C arasındadır. Sıcak su noktaları için bu jeotermometre ile hesaplanan hazne akışkan sıcaklıklarında 180°C'yi aşan değerler elde edilmiştir. Ancak Alibeyçiftliği ve Bardakçılar sıcak su kaynakları için hesaplanan değerler 180°C'nin altındadır. Literatürde bu jeotermometre için 180°C'den daha yüksek sıcaklıklarda güvenilir sonuçlar verdiği belirtildiğinden daha düşük sıcaklıklar için şüpheli yaklaşılmalıdır. Bölgedeki volkanitlerde yüzeyde ayrışma zonları oldukça yaygın olup buna bağlı oluşan killerin yüzeylerinde, iyon değişimi kapasitesi yüksek olan Na'un tutularak çözeltiden ayrılması ve çözeltiye Ca'un salınması mümkündür. Ayrıca, sıcak sular yüzeye çıkışları sırasında özellikle çalışma alanındaki gibi düşük debili kaynaklarda, yüzeye yakın kesimlerdeki sularla karışabilir ve kimyasal bileşimleri değişebilir. Çözeltideki Na'un düşüşü, jeotermometre denkleminde sıcaklığın yüksek çıkmasına sebep olabilir. Bu sebeple çalışma alanı için bu jeotermometrenin kullanılmaması önerilmektedir.

- **Na - K - Ca Jeotermometresi:**

Özellikle düşük sıcaklıklı ve yüksek Ca'lu sulara uygulanan Na/K jeotermometrelerinden elde edilen sonuçlar genelde çok yüksektir. Bunun sebebi olarak, bu koşullar altında Ca, Na ve K'un, silikat mineralleri ile iyon değişimi reaksiyonlarına girmek üzere tepkime halinde olduğu düşünülmektedir. Bu durumu düzeltmek için Fournier ve Truesdell (1973), Na - K - Ca için Tablo 7.9'daki 14 ve 15 nolu formülleri önermiş olup jeotermometrenin uygulama yöntemi şöyledir (Nicholson, 1993):

1) $\text{Log}[(\sqrt{\text{Ca/Na}})+2,06]$ hesaplanır. Eğer bu değer pozitif ise t'nin hesaplamasında $\beta = 4/3$ kullanılır. Bulunan sıcaklık değeri (t) 100°C 'den küçükse bu sıcaklık kullanılır,

2) Eğer sıcaklık 100°C 'den büyük ya da $\text{Log}[(\sqrt{\text{Ca/Na}})+2,06]$ negatif ise, $\beta = 1/3$ alınarak t hesaplanır.

Bu jeotermometre, hazne sıcaklığı yaklaşık 180°C 'den yüksek olan sulara güvenilir sonuçlar vermektedir. Çözeltideki CO_2 'nin kısmi basıncını (P_{CO_2}) içeren jeotermometreyi etkileyen etmenler, diğer iyonlarla meydana gelen reaksiyonların girişi, özellikle Mg; ve kalsit çökelimi ile kaynayan çözeltiden ayrılan CO_2 'dir. Ca'un sudaki derişimi karbonat mineralleri tarafından kontrol edilir ve P_{CO_2} düzeyi büyük oranda Ca derişimi ile artar. Bu jeotermometrenin CO_2 'ce zengin akışkanlarda ve akışkanın hazneyi terk ettikten sonra karbonat mineralleri çökelimi olmayan durumlarda güvenilir olarak uygulanabilmesi için Na - K - Ca jeotermometresi için Mg düzeltmesi geliştirilmiştir (Nicholson, 1993).

Düzeltilme için şu işlem dizisi izlenir:

1) Na - K - Ca jeotermometresinden elde edilen t değeri 70°C 'nin altında ise düzeltilme gerekli değildir. 70°C 'nin üstünde ise düzeltilme gereklidir. Düzeltilme için aşağıdaki işlemler uygulanır.

2) Tabloda verilen formülden R hesaplanır (derişimler mg/Kg).

3) $R > 50$ ise hesaplanan sıcaklık dikkate alınmaz ve yüzeyde ölçülen sıcaklıkla haznedeki sıcaklığın yaklaşık birbirine eşit olduğu kabul edilir.

4) $5 < R < 50$ ya da $R < 5$ koşulları için ilgili düzeltme formülleri Tablo 7.9'daki gibidir.

5) Hesaplanan Δt_{Mg} değeri negatif ya da $R < 1,5$ ise Mg düzeltmesi uygulanmaz.

6) Sonuçta, elde edilen Δt_{Mg} değeri Na - K - Ca jeotermometresinden hesaplanan değerden çıkartılarak Mg düzeltmeli sıcaklık bulunur.

Çalışma alanındaki sıcak sulara uygulanan Na - K - Ca jeotermometresine göre elde edilen hazne akışkan sıcaklıkları Çan Sıcak Su Kaynağı için (Js1) 79 - 99°C arasında, Karalıca Sıcak Su Kaynağı için (Js2, Js3, Jk2, Jk3, Jk4) 92 - 168°C arasında, Alibeyçiftliği Kaynağı (Jk1) için 120 - 134°C arasında, Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı (Jk5, Jk6, Jk7) için 59 - 95°C arasındadır (Tablo 7.10). Sıcak su kaynaklarından hesaplanan sıcaklık değerlerinin sondajlardan hesaplanan değerlere oranla beklendiği gibi daha düşük olduğu görülmektedir. Sondajlardan özellikle Js2 ve Js3 nolu olanlarda yaklaşık 170°C'ye yaklaşan sıcaklıklar hesaplanmıştır. Ancak sıcak su noktaları için Mg düzeltmeli Na - K - Ca jeotermometresi uygulandığında, bu jeotermometrenin geçerlilik koşulları sağlanamadığından sonuçlar dikkate alınmamıştır. Su noktalarından Js1, Js2, Js3, Jk1, Jk2, Jk3, Jk4 ve Jk7 için Mg düzeltmeli Na - K - Ca jeotermometre hesaplamalarında (15 nolu formül) negatif değerler elde edilmiştir. Jk5 ve Jk6 için $R < 1,5$ olarak hesaplandığından Mg düzeltmesi uygulanmamıştır. Çalışma alanındaki sıcak su noktaları için bu jeotermometre kullanılarak hesaplanan hazne kaya akışkan sıcaklıkları 180°C'den küçük olduğundan bu jeotermometrenin geçerlilik koşullarına göre güvenilir değildir.

- **Na/Li Jeotermometresi:**

Ellis ve Wilson (1960) ve Koga (1960), termal sularda Na/Li oranının en düşük olduğu noktaların jeotermal sistemin en yüksek sıcaklıklı bölümleri olduğunu belirtmişlerdir. Bunu takiben, Fouillac ve Michard (1981) çeşitli sistemlerdeki Na/Li ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak bir jeotermometre eşitliği geliştirmişlerdir. Na/Li oranına dayanan diğer bir jeotermometre eşitliği Kharaka ve

diğer. (1982) tarafından önerilmiştir (Tablo 7.9). Bu jeotermometrenin sedimanter - volkanik hazne kayaçlarda düşük ve yüksek sıcaklıklı alanlar için daha kullanışlı olduğu düşünülmektedir (Nicholson, 1993).

Çalışma alanındaki sıcak sularda $Cl < 0,3$ mol/Kg olduğundan haznedeki akışkan sıcaklığı bu koşul için verilen 16 nolu eşitliğe göre hesaplanmıştır. Buna göre hazne sıcaklıkları Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı için (Jk5, Jk6 ve Jk7) yüzeyde ölçülen sıcaklıklardan daha düşük çıktığından dikkate alınmamıştır. Na/Li jeotermometresine göre elde edilen hazne akışkan sıcaklıkları Çan Sıcak Su Kaynağı için (Js1) 110 - 203°C arasında, Karalica Sıcak Su Kaynağı için (Js2, Js3, Jk2, Jk3, Jk4) 92-207°C arasında, Alibeyçiftliği Kaynağı (Jk1) için 77 - 176°C arasındadır (Tablo 7.10).

- **K/Mg ve Li/Mg Jeotermometreleri:**

Mg ile yerdeğiştirme reaksiyonları düşük sıcaklıklarda hızla oluştuğu için, K/Mg ve Li/Mg oranları jeotermal sistemde boşalımdan önceki su - kayaç etkileşimini temsil eden oranlar olarak değerlendirilebilirler. Jeotermal suların Mg derişimi sıcaklık artışıyla azaldığı için, yüksek Mg derişimine sahip suların muhtemelen yüzeye yakın kesimde, düşük sıcaklıktaki su - kayaç etkileşimi ile ilgili olduğu söylenebilir. K/Mg jeotermometresi ilk olarak Giggenbach ve diğer. (1983) tarafından önerilmiş ve Giggenbach (1988) tarafından detaylı olarak açıklanmıştır.

Jeotermal sular kaynama olmadan soğuyarak yüzeye doğru hareket ederken pH'larında düşme olur. Hem pH'ın hem de sıcaklığın düşüşü suyun birincil volkanik kayaç mineralleri bakımından doygunluk altı değerlere gelmesine ve bu da o minerallerin çözünürlüğünün artışıyla birlikte K/Mg oranının düşüşüne sebep olur. Sudaki Na/K oranı kayaçtaki bu orana doğru değişme eğilimindedir. Bu sebeplerden dolayı K/Mg jeotermometresi, Na/K jeotermometresine göre daha düşük sonuçlar verir (D'Amore ve Arnórsson, 2000). Çalışma alanındaki sıcak su noktaları için hesaplanan K/Mg jeotermometresine göre elde edilen hazne akışkan sıcaklıkları su noktalarından yüzeyde ölçülen değerlerden düşük olduğu için dikkate alınmamıştır.

Ayrıca yukarıda açıklandığı gibi bu jeotermometre sonuçları Na/K jeotermometre sonuçlarına göre oldukça düşük çıkmıştır.

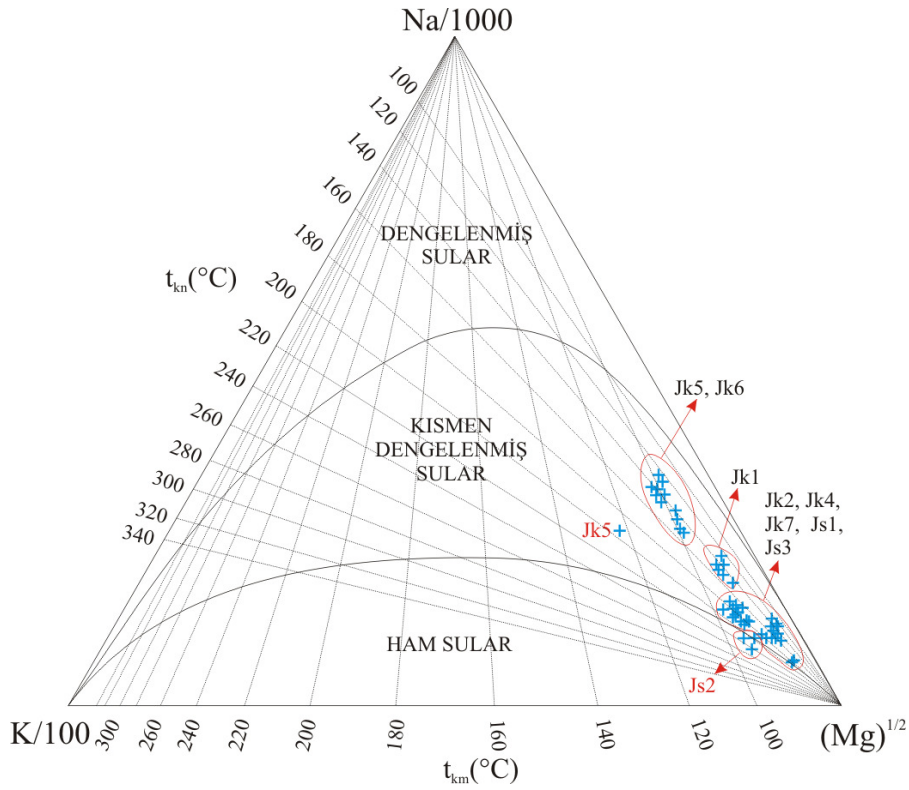
Kharaka ve Mariner (1989) Li/Mg oranına dayanan bir jeotermometre geliştirmişlerdir (Tablo 7.9). Bu jeotermometreler 50 - 300°C arasındaki sıcaklıklar için geçerlidir ve özellikle düşük - orta sıcaklıklı, akışkan ile hazne kaya arasındaki mineral dengesinin tam gerçekleşmediği sistemlerde kullanışlıdır (Nicholson, 1993). Li/Mg jeotermometresine göre elde edilen hazne akışkan sıcaklıkları Çan Sıcak Su Kaynağı için (Js1) 75 - 92°C arasında, Karalıca Sıcak Su Kaynağı için (Js2, Js3, Jk2, Jk3, Jk4) 84 - 104°C arasında, Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı (Jk1) için 93 - 103°C arasında, Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı (Jk5, Jk6, Jk7) için 85 - 89°C arasındadır (Tablo 7.10).

Yukarıda açıklanan çözünürlük jeotermometreleri birlikte değerlendirildiğinde, her sıcak su noktasında değişik oranlarda olmakla birlikte, tam bir uyum olmadığı görülmektedir. Konunun başında da belirtildiği gibi bu uyumsuzluk, soğuma, kaynama ve su yükselim sırasında akışkanının hızı, su - kayaç etkileşim süresi gibi ortam koşullarının jeotermometre uygulamalarını etkilediği izlenimini yaratmaktadır. Bunun yanında, sıcak su sondajlarında soğuk su akiferi ile etkileşim göreceli olarak minimum düzeyde olduğundan elde edilen sonuçların sıcak su kaynaklarından hesaplanan değerlere göre daha güvenilir olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla her jeotermometre eşitliğinin geçerli olduğu bir sıcaklık zonu ve ortam koşulları vardır.

- **Na - K - Mg Jeotermometresi:**

Na - K - Mg'un hidrotermal sulardaki göreceli bolluklarına dayanarak Giggenbach (1988) suları “ham sular”, “kısmen dengelenmiş sular” ve “dengelenmiş sular” olarak üç gruba ayırmıştır. Dengelenmiş sular terimi, sözkonusu tüm bileşenleri bakımından dengede olan suları belirtmektedir. Na - K - Mg jeotermometresinin avantajı, dengelenmiş suların dengelenmemiş sulardan ayırtlanabilmesidir. (D'Amore ve Arnórsson, 2000). Bu amaçla çalışma alanındaki sıcak su noktalarına ait örnekler Na - K - Mg üçgen diyagramına yerleştirilmiştir

(Şekil 7.20). Bu sulardan Js2 örneği ham sular sınıfında, diğer örnekler kısmen dengelenmiş sular sınıfında yer almaktadır. Bu diyagramda suyun geçirdiği süreçler bakımından ham sulardan dengelenmiş sulara doğru bir gidiş söz konusudur. Bu bağlamda ele alındığında, Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı'na ait sulardan Jk5 ve Jk6 diğer sulara göre dengelenme bakımından daha iyi durumdadır.



Şekil 7.20 Sıcak su noktalarına ait su örneklerinin Na-K-Mg üçgen diyagramında gösterimi (Giggenbach, 1988)

- **Mineral Denge - Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi:**

Reed ve Spycher (1984), jeotermal alandaki hazne sıcaklığını belirleyebilmek için mineral doygunluk indekslerini (kısaca doygunluk indeksi) kullanmayı önermişlerdir. Bu yöntem hidrotermal minerallerin sıcaklığa bağlı doygunluklarının değişimine dayanır. Denge sabitleri sıcaklık dışında basınçtan da etkilenirler ancak Arnórsson ve diğer. (1983)'de hidrotermal mineraller için bu etkinin 0 - 200 bar arası basınçlarda ihmal edilebileceği belirtilmiştir. Bir su örneğinde doygunluk indeksi hesaplamaları yapılırken analizi yapılan bileşenleri içeren ve yaygın olarak çökelen

mineraller dikkate alınmalıdır. Farklı sıcaklık dereceleri için Watch2004 (Bjarnason, 1994) programında ayrı ayrı hesaplanan doygunluk indeksi değerleri Excel programında düzenlenerek bir araya getirilir ve doygunluk indeksi - sıcaklık diyagramı çizdirilir. Yorumlamada, doygunluk indeksleri denge doğrusunu ($SI=0$) belirli bir sıcaklık noktası civarında kesiyor ise hazne sıcaklığı bu sıcaklık noktası olarak değerlendirilir. Denge doğrusu yukarıdaki kesişme, sudan buhar ayrılması ve farklı sıcaklıktaki suların karışımını, denge doğrusu altındaki kesişme, farklı sıcaklıktaki akışkanların karışımını ve bu akışkanların sıcaklıklarını belirtebilir (Tarcan, 2002).

Çalışma alanındaki sıcak su noktalarına ait kimyasal analiz sonuçları kullanılarak adularya, anhidrit, albit, kalsit, mikroklin, amorf silis, kalsedon ve kuvars minerallerini içeren 47 adet doygunluk indeksi - sıcaklık diyagramı oluşturulmuş ve EK3'te sunulmuştur. Doygunluk indeksi hesaplatılan sıcaklıklar, su noktası yüzey ölçüm sıcaklığı 50°C 'den küçükse 50 - 100 - 150 - 200°C 'ler için, 50°C 'den büyükse 100 - 150 - 200 - 250°C 'ler için yapılmıştır.

Reed ve Spycher (1984) tarafından önerilen yöntem EK4'de verilen doygunluk indeksi - sıcaklık diyagramlarına uygulandığında bazı örneklerde belirli bir sıcaklık değeri elde edilemezken, bir kısım örnekte yaklaşık sıcaklık değerleri bulunmuştur: Js1 için $70 - 80^{\circ}\text{C}$, Jk2 için $90 - 100^{\circ}\text{C}$, Jk3 için $80 - 110^{\circ}\text{C}$, Jk4 için $90 - 100^{\circ}\text{C}$, Jk6 için $100 - 110^{\circ}\text{C}$, Jk7 için $90 - 110^{\circ}\text{C}$ aralıkları yaklaşık olarak hazne kaya sıcaklığını temsil etmektedir.

EK4'te verilen Doygunluk indeksi - sıcaklık diyagramlarına göre tüm örneklerde soğuma ile birlikte çökelme eğilimine giren mineraller kalsit ve anhidrittir, soğuma ile birlikte çözünme eğilimine giren elementler ise mikroklin, albit, kuvars, kalsedon ve adularyadır. Tüm sıcaklık derecelerinde suda tüm örneklerde doygunluk üstü değerlerde gözlenen element kalsittir. Amorf silis ise daima doygunluk altı değerlerdedir.

7.1.6 Oksijen ve Hidrojen İzotop Analizleri

İzotoplar bir elementin atom numarası aynı, atomik kütlesi farklı olan atomlarıdır ve kabaca radyoaktif ve duraylı (kararlı) izotoplar olarak ikiye ayrılmaktadır. Radyoaktif izotoplar, bozuşma ile başka bir elemente dönüşürken, duraylı izotoplar radyoaktif bozuşma göstermezler. Jeotermal çalışmalarda akışkan kökenlerine ilişkin olarak hidrojeolojik koşulları ve akışkan özelliğine etkiyen fiziko - kimyasal süreçleri irdelemede en çok kullanılan izotoplar; hidrojen ve oksijen elementlerinin duraylı izotoplarıdır. Hidrojen elementinin doğada 2 adet duraylı (^1H = Hidrojen ve ^2H =D=Döteryum) ve 1 adet radyoaktif (^3H = T= Tritiyum) izotopu mevcuttur. Oksijen elementinin doğal olarak bulunan duraylı izotopları ise ^{16}O , ^{17}O ve ^{18}O izotoplarıdır. Jeokimyasal uygulamalarda jeotermal akışkan örneklerinin duraylı oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri, aşağıdaki formüllerde verildiği gibi, referans standart bileşimlerden olan sapmalar şeklinde delta parametresi (δ) ile ifade edilir. Referans olarak kullanılan standart Craig (1961) tarafından tanımlanmış “Standart Ortalama Okyanus Suyu” (Standart Mean Ocean Water: SMOW) bileşimidir. SMOW; okyanus sularının ortalama izotop bileşimini yansıtmakta ve $\delta\text{D} = 0\text{‰}$ ve $\delta^{18}\text{O} = 0\text{‰}$ değerleriyle tanımlanmaktadır (Güleç ve Mutlu, 2002).

$$\delta\text{D}(\text{‰}) = \frac{(D/H)_{\text{örnek}} - (D/H)_{\text{SMOW}}}{(D/H)_{\text{SMOW}}} * 10^3$$

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = \frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{örnek}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}} * 10^3$$

Suyun farklı izotopik moleküllerinin buhar basıncı, izotoplarının kütleleri ile ters orantılıdır. Bu nedenle suyun buharlaşma sürecinde buhar fazı hafif izotoplarca (H ve ^{16}O) zenginleşirken, ağır izotoplar (D ve ^{18}O) geriye kalan artık sıvı fazında derişmektedir. Su buharının yoğunlaşması ile oluşan ilk yağmur damlacıkları D ve ^{18}O gibi ağır izotoplarca zenginken, yağış devam ettikçe buhardan D ve ^{18}O ayrışması da devam etmekte ve sonuçta geri kalan buhar fazı hafif izotoplar olan H ve ^{16}O izotoplarınca derişmektedir. Dolayısıyla havadaki buhar fazı bu negatif

değerlere sahip oldukça yağışlarda da zaman içinde negatif δD ve $\delta^{18}O$ değerleri gelişir. Dünya üzerinde farklı lokasyonlardan alınan çok sayıdaki yağış (yağmur, kar) suyunda yapılmış izotop analizleri meteorik suların $\delta^{18}O$ ve δD değerlerinin $\delta D=8(\delta^{18}O)+10$ denklemi ile tanımlanan (Craig, 1961) çizgisel bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu denklem “Dünya Meteorik Su Doğrusu” olarak bilinmektedir (Güleç ve Mutlu, 2002). Birçok bölge için bölgesel yağışlardan yola çıkılarak hazırlanmış yerel meteorik su doğruları mevcuttur. Bu çalışmada Dünya Meteorik Su Doğrusu’nun yanında, Çan Havzası’nı etkileyen yağışlar için hazırlanmış $\delta D=8*(\delta^{18}O)+15$ formülü ile verilen Marmara meteorik su doğrusu (Eisenlohr, 1995) ve $\delta D=8*(\delta^{18}O)+22$ şeklinde ifade edilen Akdeniz meteorik su doğrusu (Gat ve Garmi, 1970) da kullanılmıştır.

Çalışma alanındaki sıcak su kaynaklarından (Js1, Jk1, Jk2, Jk3, Jk5, Jk6, Jk7), beslenme alanındaki bazı soğuk su kaynaklarından (Kz1, Bl1, Kr1), Şubat 2008’de yağın kara ait kar örtüsünden (Ka1, Ka2) ve Ege Denizi’nden (Ed1) su örnekleri alınarak Tablo 7.11’de verilen izotop analizleri yaptırılmıştır. Ayrıca bazı soğuk su kaynaklarına (K48, K66, K72, K171) ait izotop analizleri sıcak su kaynaklarının beslenme alanında olduklarından, Baba ve diğer. (2008a)’dan alınmıştır.

Jeotermal akışkanın H ve O izotop bileşimleri sadece akışkanın kökenine bir yaklaşım sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda akışkanın yeraltı dolaşımı sırasında maruz kaldığı fiziko-kimyasal süreçleri açıklamada da kullanılmaktadır. Meteorik su çizgisinin sol kısmında kalan örneklerde yoğunlaşma (buhar fazının sıvı fazda kondense olması), çizginin sağ kısmında ise buharlaşma (ani basınç düşmelerine bağlı olarak) ve kayaç - akışkan etkileşimi süreçlerinin izotop bileşimindeki etkileri görülür (Güleç ve Mutlu, 2002).

Şekil 7.21’de çalışma alanındaki suların δD - $\delta^{18}O$ miktarlarına göre hazırlanmış δD - $\delta^{18}O$ diyagramında Dünya, Akdeniz ve Marmara meteorik su doğruları ile bu doğruların denklemleri verilmiştir. Diyagramda, sıcak sular ve beslenme alanındaki soğuk su kaynaklarına ait meteorik sular benzer özellikler sergilemektedir.

Tablo 7.11 Çalışma alanındaki sulara ait izotop analizleri

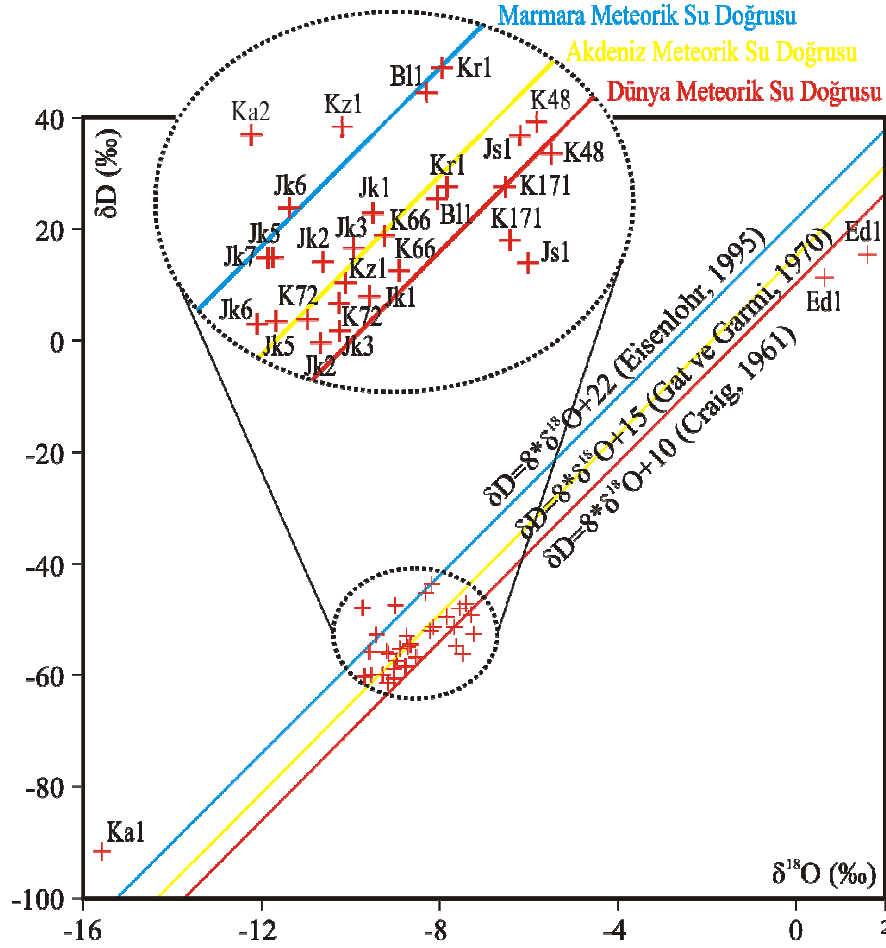
Örnek No	Açıklama	Tarih	Türü	δD (‰)	T (TU)	$\delta^{18}O$ (‰)	EC ($\mu S/cm$)	Cl (mg/L)	T (°C)
Js1	Çan	Eyl.05	Sıcaksu	-56,11	0,44	-7,49	3160	201	45,5
Js1		Oca.06	Sıcaksu	-47,85	1,01	-7,55	3180	221	41,0
Jk1	Alibeyçiftliği	Eyl.05	Sıcaksu	-53,05	0,01	-8,76	2460	83	21,0
Jk1		Oca.06	Sıcaksu	-58,35	0,43	-8,78	2479	104	17,1
Jk2	Karaalınca	Eyl.05	Sıcaksu	-55,65	0,41	-9,20	2470	87	43,4
Jk2		Oca.06	Sıcaksu	-61,35	0,24	-9,16	2450	108	46,8
Jk3		Eyl.05	Sıcaksu	-55,30	0,46	-8,90	2480	87	40,7
Jk3		Oca.06	Sıcaksu	-60,63	0,31	-9,02	2485	108	40,1
Jk5	Bardakçılar	Eyl.05	Sıcaksu	-55,71	1,16	-9,59	1520	22	43,4
Jk5		Oca.06	Sıcaksu	-59,93	0,22	-9,54	1650	32	46,3
Jk6		Eyl.05	Sıcaksu	-52,51	0,85	-9,44	1689	25	49,1
Jk6		Oca.06	Sıcaksu	-60,09	-0,35	-9,68	1690	30	41,1
Jk7		Eyl.05	Sıcaksu	-55,80	0,33	-9,57	1688	25	44,7
Kz1	Kızılelma	Eyl.05	Soğuksu	-47,54	6,19	-8,99	127	6	14,0
Kz1		Oca.06	Soğuksu	-57,51	4,70	-8,96	140	7	6,9
K48*	Keçiağılı	Nis.07	Soğuksu	-49,10	5,05	-7,29	2300	43	14,9
K48*		Ağu.07	Soğuksu	-47,05	4,80	-7,43	2780	172	23,4
K66*	Bilaller	Nis.07	Soğuksu	-56,67	0,45	-8,54	1879	13	14,8
K66*		Ağu.07	Soğuksu	-54,81	0,50	-8,71	1791	33	17,6
K72*	Söğütalan	Nis.07	Soğuksu	-58,88	3,30	-9,03	154	2	12,7
K72*		Ağu.07	Soğuksu	-59,77	4,75	-9,27	116	6	17,0
K171*	Kızılelma	Nis.07	Soğuksu	-54,63	5,80	-7,63	483	5	14,1
K171*		Ağu.07	Soğuksu	-51,21	5,20	-7,69	484	6	24,0
B11	Balaban	Eyl.05	Soğuksu	-45,22	2,84	-8,30	88	18	13,2
B11		Oca.06	Soğuksu	-52,11	2,96	-8,22	100	13	10,0
Kr1	Kirazlı	Eyl.05	Soğuksu	-43,63	0,95	-8,19	374	27	13,8
Kr1		Oca.06	Soğuksu	-51,26	1,13	-8,15	390	28	6,7
Ka1	Alanköy	Şub.08	Kar	-91,49		-15,58	26	3	7,9
Ka2	Bardakçılar	Şub.08	Kar	-47,94		-9,73	25	3	9,9
Ed1	Kestanbol	Eyl.05	Deniz suyu	11,43	2,02	0,64	56600	26326	
Ed1		Ağu.07	Deniz suyu	15,56	1,33	1,59	55400	24648	

*:Baba ve diğer. (2008a)'dan alınmıştır.

Soğuk su kaynaklarına ait sular ile sıcak suların yukarıda verilen meteorik su doğruları üzerinde ve bunların arasında yer almaları sıcak suların meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Yalnız K171, Js1 ve K48 örneklerine ait suların birer döneme ait sonuçları Dünya Meteorik Su Doğrusu'nun sağında bulunur. K171 ve K48'in nisan dönemine ait $\delta^{18}O$ değerleri çok değişmezken, δD değerlerinde nisan dönemine göre Ağustos döneminde düşme gözlenmesinden dolayı bu kesimde bulunması, muhtemelen buharlaşma etkisiyledir.

Taylor (1974) ve Sheppard (1981)'e göre magmatik suların $\delta^{18}O$ içerikleri ‰ +5,5 ile +13 arasında, metamorfik suların $\delta^{18}O$ içerikleri ‰ +3 ile +25 arasındadır (Güleç ve Mutlu, 2002). Çalışma alanındaki sular için değerlendirildiğinde bu suların $\delta^{18}O$ içeriklerinin -7 ile -10 arasında olması nedeniyle, kökeninin magmatik ya da

metamorfik olamayacağı ve yukarıdaki paragrafta açıklandığı gibi meteorik kökenli sular olarak yorumlanabileceği görülmektedir.



Şekil 7.21 Çalışma alanındaki suların δD - $\delta^{18}O$ ilişkisi ve çeşitli meteorik su doğruları üzerindeki konumları

Çanakkale bölgesindeki deniz suyunun izotopik bileşimini temsil etmesi açısından iki dönem Kestanbol yakınlarından Ege Denizi'nden deniz suyu örnekleri (Ed1) alınmıştır. Örneklerin analiz sonuçları, beklendiği gibi, δD ve $\delta^{18}O$ içerikleri bakımından çalışma alanındaki sıcak ve soğuk sulara göre oldukça yüksektir. δD değerleri ‰ 11,43 - 15,56 arasında ve $\delta^{18}O$ değerleri ‰ 0,64 - 1,59 arasındadır.

Trityumun yarılanma ömrü 12,43 yıldır ve hidrojeolojide yaş tayini için kullanılmaktadır. Su içerisindeki trityum konsantrasyonu trityum birimi olan TU'dur. Trityum, doğal oluşumunun yanında, termonükleer testler sonucunda da

oluşmaktadır. Özellikle 1952'den sonra başlayan nükleer testleri takiben artan T oranı, 1963'te bu testlerin durdurulmasından sonra giderek azalmaya başlamıştır. 1952 yılı öncesinde yağış suyundaki T miktarı yaygın olarak 5 TU kadardır. Ayrıca 1952 yılı öncesine ait yeraltı sularında trityum miktarı "0" (pratikte <0,5 TU) iken, 1952 sonrasında önemli miktarlara erişmiştir (pratikte >10TU). Bu suların karışımı ile trityum miktarı 0,5 - 10 TU olan sular gözlenmektedir (Mazor, 2004). Doğal sularda trityum 20 TU'dan az (genellikle 10 TU'dan az) miktarlardadır. Trityum bulunmayan sular yaklaşık 50 yıldan daha yaşlı olup nükleer denemelerden etkilenmemiştir.

1963 yılı öncesinde yeraltı sularındaki trityum miktarı 10 TU kabul edildiğinde bunun ne kadarının günümüze kadar gelebildiğini hesaplamak için Kendall ve Caldwell (2006)'da verilen bozunma eşitliğinde;

$$A_1 = A_0 e^{-\lambda t}$$

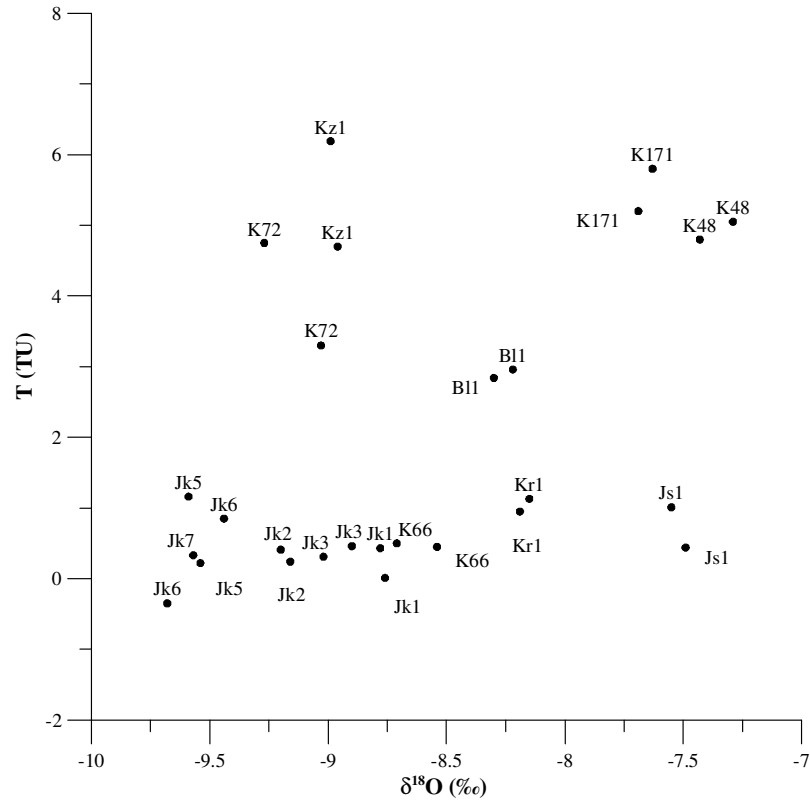
A_1 : Güncel trityum miktarı (TU), A_0 : Başlangıçtaki trityum miktarı, λ : Trityumun yarılanma süresi ($0,056 \text{ yıl}^{-1}$), t : Başlangıçtan herhangi bir t anına kadar geçen süre (yıl).

Yukarıdaki formüle göre $t=2010-1963 \Rightarrow 47$ yıl için $A_1 = 0,72$ TU olarak hesaplanır. Buna göre 0,72 TU'dan fazla trityum içeren sular, nükleer testlerden sonra oluşmuş yağış sularının yeraltı sularına karıştığını işaret eder. Bu hesaplama göre, çalışma alanındaki sıcak suların trityum değerleri 2 örnek hariç (J_{s1} ve J_{k5}) 0,72 TU'dan daha düşük olduğundan bu sular için nükleer testlerden etkilenmemiş ve 45 - 50 yıldan daha yaşlı oldukları söylenebilir. J_{k5} nolu Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı'na ait örneğin trityum değerleri iki dönemin birinde yüksek çıkmıştır. Su örneğinin iki döneme ait sıcaklık EC ve Cl değerleri karşılaştırıldığında (Tablo 7.11) soğuk yeraltı suyu ile karışım halinde olduğu ve bu sebeple trityum değerinin bir önceki döneme göre daha yüksek çıktığı açıktır. Soğuk sulardan K66 hariç diğer sular, nükleer testlerden sonra yeraltı sularına karışmış meteorik sulardır.

Çalışma alanında izotop analizi yapılan suların ^{18}O , δD , trityum, EC ve Cl değerlerini karşılaştırmak amacıyla grafikler hazırlanmış ve Şekil 7.22, Şekil 7.23,

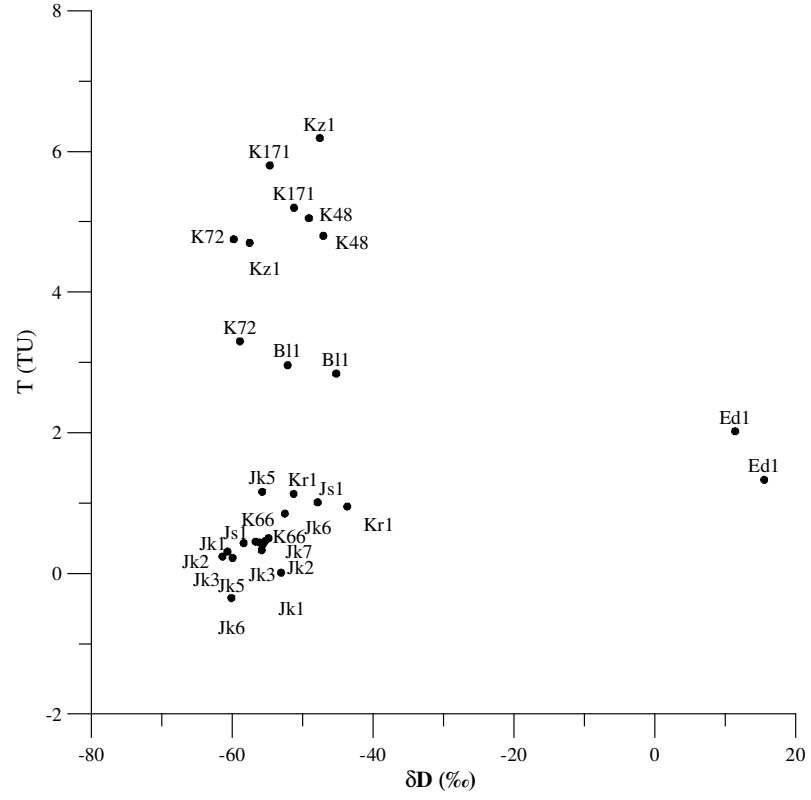
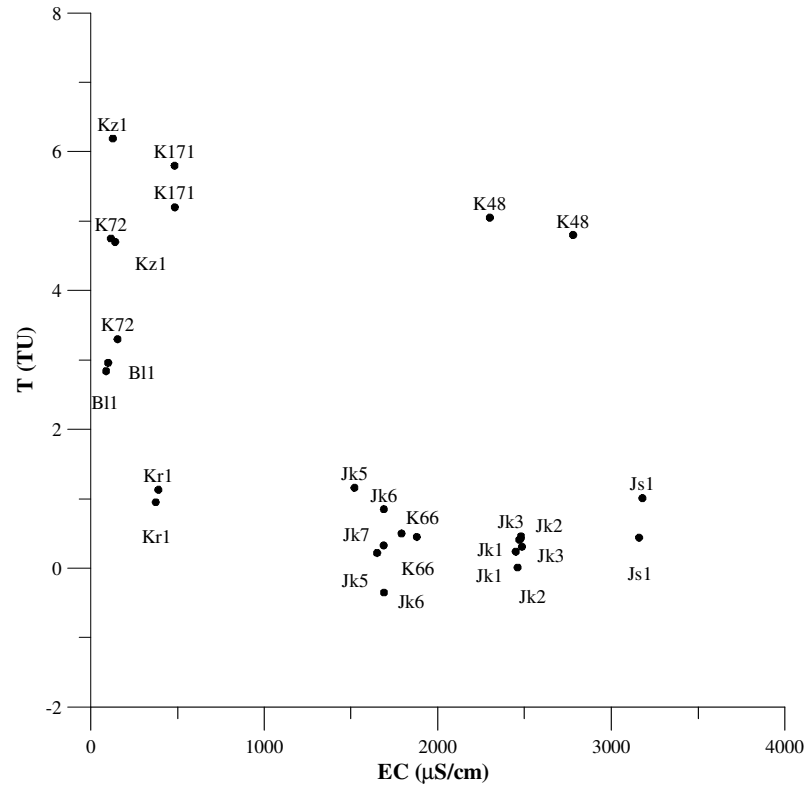
Şekil 7.24, Şekil 7.25 ve Şekil 7.26'da verilmiştir. Şekillerin birlikte değerlendirmesi şöyledir:

T - ^{18}O ilişkisi, suların beslenme kotları ile akifer içindeki kalış süreleri arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Şekil 7.22'deki T - $\delta^{18}\text{O}$ grafiğinde Js1 nolu örneğin düşük T ve yüksek $\delta^{18}\text{O}$ içeriği sebebiyle, diğer sulara oranla yeraltında daha uzun süre kaldığı ya da daha derin dolaşıma sahip olduğu, K66 nolu örneğin düşük T içeriği ve yüksek EC değeri ile diğer soğuk sulara göre daha derin dolaşımda yer aldığı söylenebilir. Ayrıca K171 ve K48 nolu sularda su - kayaç etkileşimi daha yüksektir.

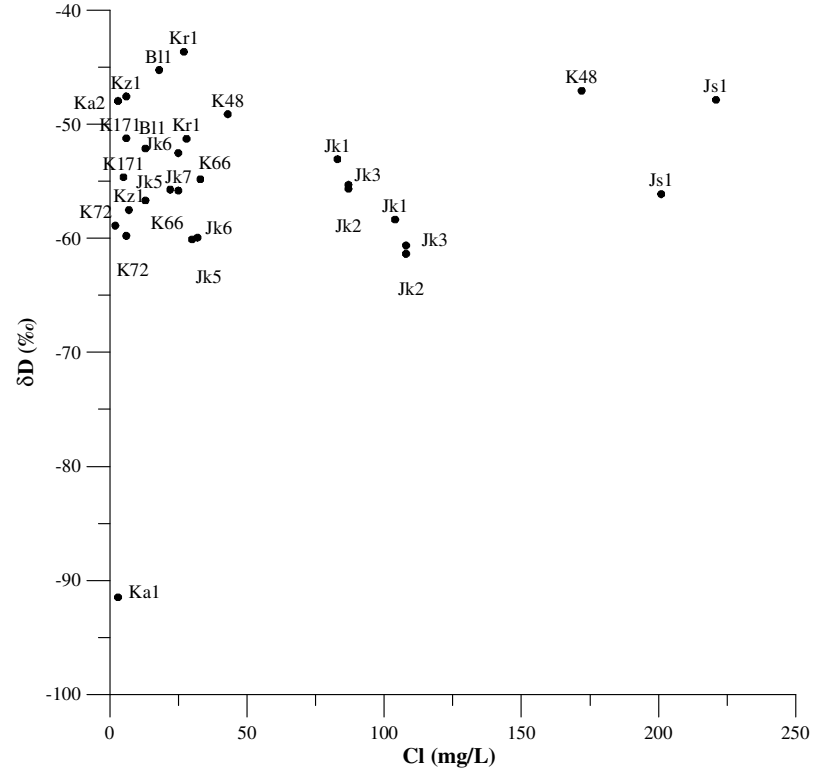
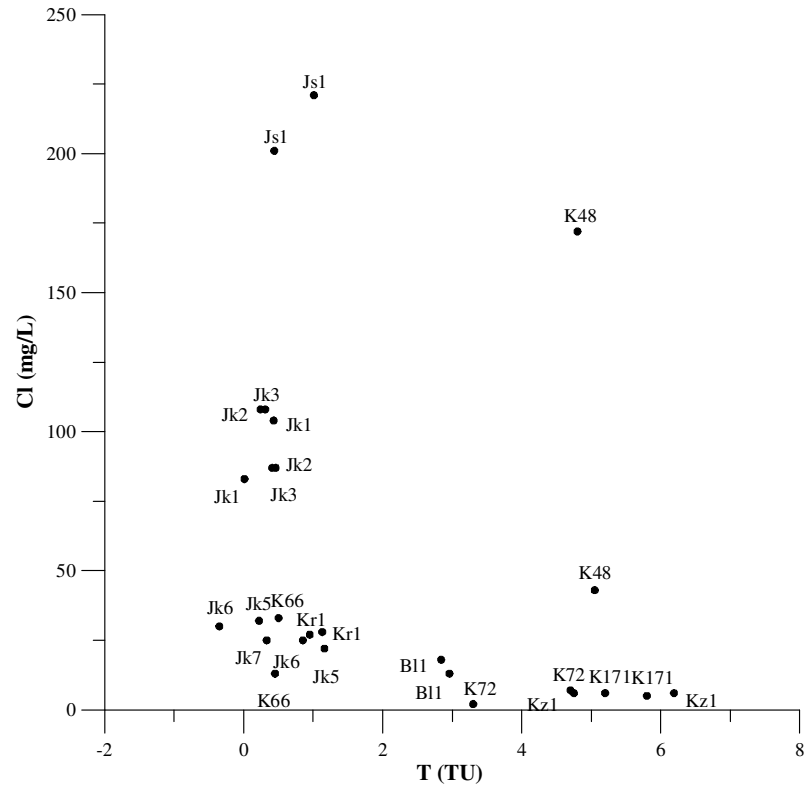


Şekil 7.22 Sularda T - ^{18}O ilişkisi

Yüksek trityum ve düşük δD değerleri daha sıg ve hızlı dolaşıma sahip soğuk su akiferindeki yeraltı suyu dolaşımını gösterir. Grafiğe göre jeotermal sular yeraltında kalış süreleri ve sıcaklıkları nedeniyle daha yüksek oranda su - kayaç etkileşimine maruz kaldıklarından EC değerleri yüksek, yeraltında kalış sürelerinin uzunluğu nedeniyle trityum değerleri düşüktür.

Şekil 7.23 Sularda T - δD ilişkisi

Şekil 7.24 Sularda T - EC ilişkisi

Şekil 7.25 Sularda δD - Cl ilişkisi

Şekil 7.26 Sularda Cl - T ilişkisi

BÖLÜM SEKİZ

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma alanında gözlenen kaya grupları alttan üste; Geç Karbonifer - Erken Triyas yaşlı Sutüven Formasyonu, Triyas yaşlı Torasan ve Sazak Formasyonları, Geç Permian - Erken - Orta Triyas yaşlı Çal Formasyonu, Erken Jurasik yaşlı Bakırköy Formasyonu, Geç Jurasik - Erken Kretase yaşlı Bilecik Formasyonu, Kretase veya öncesi yaşa sahip Çamlıca Metamorfikleri, Geç Kretase - Paleosen yaşlı Çetmi Melanjı, Orta - Geç Eosen yaşlı Şahinli Formasyonu ve Bilaller Üyesi, Geç Eosen yaşlı Korudere İgnimbirit Üyesi, Geç Oligosen - Erken Miyosen yaşlı Evciler Plutonu ve Hallaçlar Volkaniti, Erken Miyosen yaşlı Ezine Volkaniti ve Küçükkuş Formasyonu, Erken Orta Miyosen yaşlı Çan Formasyonu, Orta Miyosen yaşlı Işıklı Riyoliti, Pliosen yaşlı Bayramiç Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon'dur.

Çan Havzası'nda 4 jeotermal alan bulunmaktadır. Bunlardan Çan Sıcak Su Kaynağı alüvyon'dan çıkmakta ve Şahinli Formasyonu'na ait volkanitler ile Çamlıca Metamorfikleri'ne ait ince taneli fillat ve şistlerden beslenmektedir. Bu kaynağın ortalama sıcaklığı 44,4°C'dir. Karalıda Sıcak Su Kaynağı Ezine Volkaniti'nin silisifiye andezitik tüflerinden çıkmaktadır ve ortalama sıcaklıkları 35,4, 40,6, 47,0°C olan üç kaynaktan oluşur. Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı Bayramiç Formasyonu'nu oluşturan tortullardan çıkmakta ve Ezine Volkaniti'ne ait istiften beslenmektedir. Bu kaynağın ortalama sıcaklığı 23°C'dir. Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı'nda üç farklı noktadan çıkan sular Evciler Plutonu'na ait granitik kayalardan gelmektedir. Kaynakların ortalama sıcaklıkları 46,5°C, 48,3°C ve 47,8°C'dir.

Çan Havzası'nda maksimum debileri 1,00 L/s ve üzerinde olan soğuk su kaynakları Şahinli Formasyonu, Hallaçlar Volkaniti, Sazak Formasyonu, Sutüven Formasyonu ve Evciler Plutonu'na ait kayalardan beslenmektedir. Diğer formasyonlardan çıkan soğuk su kaynakları 1,00 L/s'nin altında debiye sahiptir. Kazdağ Metamorfikleri'nin bir bölümünü oluşturan Sutüven Formasyonu'ndaki mermerler çalışma alanındaki en yüksek debili (0,01-5,00 L/s) ve en kaliteli içme suyu kaynaklarını oluşturmaktadır. Sazak Formasyonu'ndaki soğuk su kaynakları

0,03-1,10 L/s arasında değişen debilere sahiptir. Karakaya Formasyonu'ndaki soğuk su kaynaklarının debileri 0,01-0,03 L/s arasındadır. Çamlıca Metamorfikleri'nden beslenen sondajların debileri oldukça düşüktür. Çetmi Melanjı'ndaki soğuk su kaynaklarının verimleri 0,04-0,6 L/s arasındadır. Çan Formasyonu'ndaki soğuk su kaynaklarının verimleri 0,00-0,04 L/s arasında ve sondajların verimleri 1,00-3,00 L/s arasındadır. Havzadaki soğuk su kaynaklarının sıcaklık ortalaması, 16,4°C, kış ortalaması (Kasım-Mayıs ayları arası) 11,8°C, yaz ortalaması (Haziran-Ekim ayları arası) 21,6°C'dir.

Bölgedeki su sondajlarının derinlikleri 20-180m arasında olup alüvyondakiler 5-30 L/s arasında, Şahinli Formasyonu'ndakiler 0-7,8 L/s arasında, Çan Formasyonu'ndakiler 0-3 L/s arasında verime sahiptir. Alüvyon, diğer litolojilere göre oldukça verimli bir akifer olduğundan geçmişten günümüze bu birimde açılmış birçok sondaj bulunmaktadır. Alüvyonun kalınlığı değişken olup, maksimum 50m'dir. Alüvyonun değişik noktalarındaki sondajlara ait transmissibilite (T) değerleri 50.7-421 m²/gün arasında değişen yüksek değerlere sahiptir. K değerleri alüvyonda 1.01-10.74 m/gün arasındadır. Alüvyon'un litolojik özelliklerinden dolayı geçirgenlik katsayısı diğer formasyonlara göre yüksektir.

Çan Havzası'ndaki keson kuyularda genel sıcaklık ortalaması 16.6°C, kış ortalaması (Kasım-Mayıs ayları arası) 12.7°C, yaz ortalaması (Haziran-Ekim ayları arası) 22.2°C'dir.

Çan Havzası'nın orta bölümünde en düşük su tablası kotu kış döneminde 72.7 m, yaz döneminde 71.7 m'dir. Havzanın güney kesiminde ise en yüksek su tablası kotu kış döneminde 335.2 m, yaz döneminde 334.5 m'dir. Kış döneminden yaz dönemine geçildiğinde ölçüm kuyularındaki en yüksek düşüm miktarı 3.8 m ve en az düşüm miktarı 0.1 m'dir. Havzanın büyük bölümünde yeraltı suyunun Kocaçay'ı beslediği gözlenmiştir.

Sıcak su kaynakları çevresindeki kayaların analiz sonuçlarına göre SiO₂ ile MgO arasında negatif korelasyon vardır. Magmatik kayalar içerdikleri Na₂O+K₂O ve

SiO₂ %'lerine göre toplam alkali - silis diyagramında genelde subalkali kesimde yer alır. FeO-Na₂O+K₂O-MgO AFM üçgen diyagramında kayaç örneklerinin çoğunluğu kalkalkali alandır. Toleyitik alanda gözlenen örnekler ise muhtemelen demirli alterasyondan kaynaklanmaktadır. Volkanik kayaçlar SiO₂/Na₂O+K₂O diyagramına göre, çoğunluğu andezit, dasit ve riyolittir. Kayaç örnekleri K₂O-SiO₂ diyagramında orta - yüksek potasyumlu, bazaltik andezitten dasit ve riyolite değişen bölgede yer alır.

Alibeyçiftliği, Karalıca, Bardakçılar ve Çan sıcak su kaynakları çevresindeki kayaçların jeokimyasal incelemeleri ile bu kayaçlardaki ayrışma zonlarında ve çatlaklarda, her sıcak su kaynağı bölgesinde değişmekle birlikte genel olarak gözlenen tüm mineraller opal, jarosit, ankerit, dolomit, götit, kaolinit, hallosit, illit, klorit ve montmorillonit'dir.

Ortalama pH değerlerine göre genel olarak alüvyondan ve Şahinli Formasyonu'ndan çıkan sular nötr, Ezine Volkaniti, Işıkeli Riyoliti, Çetmi Melanjı, Hallaçlar Volkaniti ve Evciler Plutonu'ndan çıkan sular asidik, Bayramiç Formasyonu, Çan Formasyonu, Bilaller Üyesi, Sütüven Formasyonu ve Sazak Formasyonları'ndan çıkan sular bazik özelliktedir. EC - yükseklik parametreleri arasındaki ilişki incelendiğinde beslenme alanına doğru yükseldikçe ortalama EC değerlerinde genel olarak bir düşüş gözlenmektedir.

Sıcak sularda yüzey sıcaklıkları için hesaplanan doygunluk indekslerine göre, tüm örnekleme dönemlerinde, doygunluk üstü değerlerde bulunan mineraller, albit, mikroklin, kalsedon ve kuvarstır. Amorf silis tüm örneklerde doygunluk altı değerlerde, kalsit Jk1 nolu örnek için tüm dönemlerde doygunluk altı değerlerde, diğer örneklerde değişen çözünürlüklerdedir.

Çalışma alanındaki sıcak sular için uygulanan çözünürlük jeotermometreleri, sıcak su kaynakları çevresindeki soğuk yeraltı sularının bu sulara karışması ve ayrılmış volkanitlerin bölgede oldukça yaygın olmasına bağlı olarak oluşan yüksek su - kayaç etkileşimi sebebiyle çok geniş bir aralıkta dağılmış durumdadır. Ancak genel olarak

silis jeotermometresi ile elde edilen sonuçlar Na/K jeotermometresine göre daha düşüktür. En düşük hazne kaya akışkan sıcaklığı Alibeyçiftliği Sıcak Su Kaynağı'ndadır.

Na-K-Mg üçgen diyagramında sıcak sulardan Js2 örneği ham sular sınıfında, diğer örnekler kısmen dengelenmiş sular sınıfındadır. Bardakçılar Sıcak Su Kaynağı'na ait sulardan Jk5 ve Jk6 diğer sulara göre kimyasal dengelenme bakımından daha iyi durumdadır.

Doygunluk indeksi - sıcaklık diyagramlarına göre tüm örneklerde soğuma ile birlikte kalsit ve anhidrit çökelme eğilimine giren minerallerdir. Soğuma ile birlikte çözünme eğilimine giren elementler ise mikroklin, albit, kuvars, kalsedon ve adularyadır. Sudaki kalsit tüm sıcaklık derecelerinde, tüm örneklerde doygunluk üstü değerlerde gözlenir. Amorf silis ise daima doygunluk altı değerlerdedir.

Suların δD , δT ve $\delta^{18}O$ izotoplarının yanında EC ve Cl değerleri birlikte değerlendirildiğinde bu sulardan sıcak su kaynaklarına ait olanların meteorik kökenli olup yeraltında kalış süreleri ve sıcaklıkları nedeniyle daha yüksek oranda su - kayaç etkileşimine maruz kaldıklarından EC değerleri yüksek, yeraltında kalış sürelerinin uzunluğu nedeniyle trityum değerleri düşüktür. T değerlerine göre bu suların yaşları en az 45 - 50 yıl kadar olmalıdır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre bölgedeki sıcak su kaynakları düşük entalpili kaynaklar olup, bugünkü koşullarda havzanın kapasitesinin altında üretim yapmaktadırlar. Bu durum atık suların sebep olduğu önemli bir çevre kirliliği yaratmamaktadırlar. Kaplıcaların uzun yıllardır talep görmesi ve gelişen teknoloji ile suyun sıcaklık enerjisinden faydalanma oranı giderek arttığından kaynakların geliştirilmesi ile Karakoca Ovası, Dikili Jeotermal Alanı örneğinde olduğu gibi seracılıkta ön plana çıkarılabilir. Ancak sıcak su üretimi sırasında yukarıda belirtilen minerallerin sıcaklıkla değişen davranışları dikkate alınmalı ve sıcak suların sera ya da konut ısıtma merkezlerine taşınması sırasında belli minerallerin çözünerek ya da çökerek yaratabileceği sorunlar ortaya konmalıdır. Çünkü mevcut durumda sıcak

sular Çan Kaplıcası dışındaki jeotermal alanlarda artezyen şeklinde çıkış yapmakta ve bu yavaş çıkışları sebebiyle yüzeyde fazla çökme tehlikesi yaratmamaktadırlar. Ancak bu sahalarda sondaj ile yüksek debili üretime geçildiğinde, kalsitin mevcut durumda doygunluk üstü değerlerde olduğu dikkate alınır, yeraltı sisteminde uzun yıllarda oluşmuş denge bozulabilir ve yüzeye çok hızlı bir şekilde alınan sıcak sular kabuklaşma tehlikesi yaratabilir.

Bölgenin dağlık olması ve orman alanlarının fazlalığının yanında bu 4 sıcak su kaynağının birbirine yakınlığı, kaplıca turizmi için avantaj oluşturmaktadır. Bu sebeple bölgesel kaplıca turizmi özendirilmelidir. Ancak havzanın önemli bir geçiş yolu üzerinde olmayışı kaplıca turizmi açısından az da olsa olumsuz etki yaratmaktadır. Ayrıca, bu açıdan diğer bir olumsuzluk kaplıcaların fiziki koşullarının yetersizliğidir. Kaplıcaların hepsinde yenileme çalışmaları yapılarak modernleştirilmeli ve kapasiteleri artırılmalıdır.

Havzada bulunan sıcak su kaynaklarından elde edilen sular B, As, Al ve bazı elementler bakımından TS266'da izin verilen maksimum değerleri aştığından içme amacıyla tüketilmemelidir.

Bölgedeki temel kayaçların derinliklerindeki su potansiyeli ve sıcaklık düzeyi henüz net olarak ortaya konmuş değildir. Kazdağ silsilesinin çevresindeki tektonik hatlardan çıkış yapan düşük debili sıcak su kaynaklarının sularının artırılabilmesi için bu kütlenin çevresinde jeotermal aramalarına daha çok önem verilmelidir. Biga Yarımadası'nda Tuzla Jeotermal Alanı uzun yıllardan beri atıl durumda iken yakın bir geçmişte kurulan elektrik santrali ile ekonomik bir yatırıma dönüşmüştür. Bölgedeki diğer sıcak su kaynakları da verimli bir şekilde değerlendirilmeye çalışılmalıdır.

Bardakçılar, Karalıca ve Alibeyçiftliği bölgesinde jeofizik etütlerin yapılarak sıcak su içeren formasyonlar ve bunların uzanımı belirlenmelidir. Sıcak su sondajı bulunmayan Bardakçılar Kaplıcası'nda jeofizik çalışmalar ile belirlenecek bir noktada sondaj yapılarak hem kaplıcanın sıcak su miktarı artırılmaya çalışılmalı hem

de rezervuarın en yüksek sıcaklık kapasitesi ve debisi ortaya konmalıdır. Çan Sıcak Su Kaynağı şehir merkezinde bulunduğundan bu kaynağın geliştirilmesine özellikle önem verilmeli, elde edilebilecek sıcak akışkanın yeterli miktarda olması durumunda konut ısıtması yapma çalışmalarına başlanmalıdır.

Havzadaki bazı köyler için içme suyu temini büyük bir problemdir. Bunu çözmek için havzada bulunan yetersiz su şebekesine ek olarak havzanın güney kesiminde bulunan Sutüven Formasyonu'ndaki yüksek debili ve iyi kaliteli soğuk su kaynakları kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Acar, Z. (2008). *Biga Yarımadası'ndaki yağış ve akım değişimlerinin ve atmosferik salınım indisleri ile bağlantılarının incelenmesi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Ağdemir, N., Kırkoğlu, M.S., Lehmann, B. and Tietze, J. (1994). Petrology and alteration geochemistry of the epithermal Balya Pb-Zn-Ag deposit, NW Turkey. *Mineralium Deposita*, 29, 366-371.
- Akkuş, İ. (2002). Jeotermal uygulamalar ve MTA. *Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Notları* içinde (1-33). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeotermal Enerji ve Araştırma Merkezi.
- Aktimur, H.T., Uysal, Ş., Tamgaç, Ö.F., Aktimur, S., Sariaslan, M., Emre, Ö. (1993). Çanakkale İli'nin arazi kullanım potansiyeli. *MTA Raporu*, Ankara, 159 say. (yayımlanmamış).
- Altınlı, İ.E. (1973). *Bilecik Jurasığı*. 50. Yıl Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Dergisi içinde (112-113). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E., Svavarsson, H. (1983). The chemistry of geothermal waters in Iceland III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 1513–1532.
- Arnórsson, S., ve Svavarsson, H. (1985). Application of chemical geothermometry to geothermal exploration and development, *Geotherm. Resources Council Trans.* 9, 293-298.
- Ataman, G. (1974). Revue geochronologie deş massifs plutoniqueset metamorphiques de Anatolic. *Hacettepe Bulletin of Natural Sciences and Engineering*, 3, 75-87.

- Aydin, F., Karşlı, O., Şen, C., Sadıklar, M.B. ve Uysal, İ. (2005). Disequilibrium textures and chemical compositions of phenocrysts in the Central Anatolian Volcanics (Niğde-Çiftlik-Altunhisar). *Karadeniz Technical University 40th symposium Abstracts* içinde (51-52). Trabzon.
- Baba, A., Deniz, O. ve Gülen, Ö. (2007). Effects of mining activities on water around the Çanakkale Plain, Turkey. M.K. Zaidi, (Ed.) *Wastewater Reuse-Risk Assessment, Decision-Making and Environmental Security* içinde (3-10). The Netherlands: Springer.
- Baba, A., Gündüz, O., Save, D., Gürdal, G., Bozcu, M., Sulun, S. ve Özcan, H. (2008a). Çan Kömür Havzası'ndaki madencilik faaliyetlerinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi, TÜBİTAK-106Y041 nolu proje, Yürütücü; Doç. Dr. A. BABA.
- Baba, A., Deniz, O., Özcan, H., Erees, S. F. ve Çetiner, S. Z. (2008b). Geochemical and radionuclide profile of Tuzla geothermal field, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 145 (1-3), 361-374.
- Baba, A., Yüce, G., Deniz, O. ve Uğurluoğlu, D. Y. (2009). Hydrochemical and isotopic composition of Tuzla Geothermal Field (Canakkale-Turkey) and its environmental impacts. *Environmental Forensics*, 10 (2), 144-161.
- Barka, A. A., ve Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.
- Bates, R.L. ve Jackson, J.A. (1980). *Glossary of Geology* (2.Baskı). USA: American Geological Institute.
- Bingöl, E., Akyürek, P., ve Kormazer, B. (1975). *Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun bazı özellikleri*, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri içinde (70-77). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.

- Bingöl, E., Delaloye, M., ve Ataman, G. (1982). Granitite intrusions in western Anatolia: A contribution to the geodynamic study of this area. *Eclogae Geol. Helv.* 7, 437-446.
- Birkle, P. (1992). Petrologie Geochimie an der Biga Halbinsel (Ezine-NW Türkei). Diplomarbeit an der Geowissenschaftlichen Fakultät der Eberhard-Karl Universität, Hannover, 118p.
- Birkle, P. ve Satır, M. (1995). Dating, geochemistry and geodynamic significance of the Tertiary magmatism of the Biga Peninsula, NW Turkey. *Geology of the Black Sea Region*, 171-180.
- Bistritschan, K. (1957). Çanakkale Vilayetindeki sıcak su ve maden suyu kaynakları hakkında rapor (M. Koruyan Çev.). *MTA Raporu*, No: 2618. 32s.
- Bjarnason, J.O. (1994). *The speciation program WATCH*, upgrade version 2.3 (January 2004) Orkustofnun, Reykjavik. 7pp.
- Blanc, P. (1965). Serie stratigraphique de Çal Köy (Anatolie Occidentale, Turquie): Presence de spilites dans le Permien. *Société géologique de France, Comptes Rendus*, 3, 100-102.
- Bozcu, M. ve Çalık, A. (2006). *Biga Yarımadası'nın morfolotektonik özellikleri ve Kazdağları'nın jeolojisi*. Kazdağları II. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı içinde (3-19). Çanakkale: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey - a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Calmbach, L. (1997). *AquaChem Computer Code-Version 3.7.42*, Waterloo Hydrogeologic. Canada.

- Carter, D. B. ve Mather, J. R. (1966). Climatic classification for environmental biology. *Climatology*, XIX, (4), 304-395.
- Clarke, D. (1993). *NEWPET software program*. Department of Earth Sciences, Memorial University of Newfoundland, St Johns, Canada.
- Cohen, A. D., Spackman, W. ve Deben, P. (1984). Occurrence and distribution of sulfur in peat forming environment of southern Florida. *International Journal of Coal Geology*, 4, 73–96.
- Craig, H., (1961). Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1702-1703.
- Çağlar, K. Ö. (1948). *Türkiye maden suları ve kaplıcaları fasikül 2*. MTA Enstitüsü Yayın Serisi B.11. Ankara, 318s.
- Çiftçi, E. (2003). *İngilizce-Türkçe Yer Bilimleri Teknik Terimler Sözlüğü*. Trabzon: Hamle Ofset.
- D'Amore, F. ve Arnórsson, S. (2000). Geothermometry. S. Arnórsson, (Ed.), *Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use* içinde (152-199). Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Demirel, Z., Yıldırım, T., ve Burçak, M. (2004). Preliminary study on the occurrence of geothermal systems in the tectonic compressional regions: an example from the Derman geothermal field in the Biga Peninsula, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 22, 495–501.
- Deniz, O., Tarcan, G. ve Baba, A. (2007). Çanakkale-Çan Jeotermal Alanının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı* içinde (9-10), Adana.

DMİ (1989). *Türkiye Klima Atlası*. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.

Doğukan, H., Baran, Ş., Yorulmaz, H., ve Yenici, E. (2007). *Çanakkale İli çevre durum raporu*. Çanakkale Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Çanakkale, 374s.

Dora, Ö., (1991). *Mineraloji Cilt 2-Özel Mineraloji*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

Dönmez, M., Akçay, E. A., Genç, Ş. C. ve Acar, Ş. (2005). Biga Yarımadası'nda Orta-Üst Eosen volkanizması ve denizel ignimbiritler. *MTA Dergisi*, 131, 49-61.

Dönmez, M., Akçay, A. E., Duru, M., Ilgar, A., ve Pehlivan, Ş. (2008). 1:100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Ayvalık-H17 paftası. *MTA Yayınları*, No: 98.

DSİ (2005). *Çanakkale İli Yatırım Projeleri*. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü DSİ XXV. Bölge Müdürlüğü, Çanakkale, 23s.

Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F. ve Kar, H. (2004). New results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Masif in NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13 (2), 177-186.

Duru, M., Pehlivan, Ş., Ilgar, A., Dönmez, M. ve Akçay, A. E. (2007). 1:100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Ayvalık-İ17 paftası. *MTA Yayınları*, No: 98.

Eisenlohr, T. (1995). Die Thermalwasser der Armutlu-Halbinsel (NW Türkei) und deren Beziehung zu Geologie und aktiver Tektonik, Dissertation, ETH-Zurich.

Ediger., V. Ş. (1988). Biga Yarımadası'ndaki kömürlü birimlerden alınan örneklerin palinolojik analizi. *TPAO Araştırma Grubu Rap.* No: 1269, 17s.

- Ellis, A. J., ve Wilson, S. H., 1960. The geochemistry of alkali metal ions in the Wairakei hydrothermal system, N.Z.J. *Geol. Geophys.*, 3, 593-617.
- Ellis, A. J. ve Mahon, W. A. J. (1967). Natural hydrothermal systems and experimental hot-water/rock interactions (Part II), *Geochim. Cosmochim. Acta*, 31, 519-538.
- Ellis, A. J. (1970). Quantitative interpretation of chemical characteristics of hydrothermal systems, *Geothermics, Special Issue*, 2, (1), 516-528.
- Ellis, A. J. (1979). Chemical geothermometry in geothermal systems. *Geothermics*, 25, 219-226.
- Ercan, T. (1979). Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 9, 23-46.
- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A., Güney, E., Çevikbaş, A., Ateş, M. ve Can, B. (1985). Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*. 28 (2), 121-136.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis., C., Walter, H. J., ve Yıldırım, T. (1995). Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri, *MTA Dergisi*, 117, 55-86.
- Ercan, T., Türkecan, A., Guillou, H., Satır, M., Sevin, D., ve Şaroğlu., F. (1998). Marmara Denizi çevresindeki Tersiyer volkanizmasının özellikleri, *MTA Dergisi*, 120, 199-221.
- Erdoğan, E. (1966). Geothermal energy possibility of survey and tectonic mapping of Tuzla hot springs and surrounding. *MTA raporu*, Ankara (yayımlanmamış).

- Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve metodları*. İstanbul: Alfa Basım ve Dağıtım.
- Erkan, Y., (2006). *Magmatik Petrografi*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, No: 93.
- Erlar, A. ve Larson, L. T. (1990). Genetic classification of gold occurrences of the Aegean region of Turkey. M.Y., Savascın, ve A.H., Eronat (Eds.), içinde (12-23), *Proceedings*, İzmir.
- Erol, O. (2004). *Genel klimatoloji*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Erzeneoğlu, Z. ve Şaroğlu, F. (1993). Çan (Çanakkale) Kaplıcası sıcak su sondajı yer belirleme çalışması. 42897 nolu *MTA raporu*, Ankara, yayımlanmamış.
- Essenwanger, O. M. (2001). *Classification of climates*. World Survey of Climatology, 1c, Epilogue by Landsberg, H.E., The Netherlands.: Elsevier.
- Fetter, C. F. (2004). *Uygulamalı Hidrojeoloji* (4. Baskı). (M. Afşin ve K. Kayabalı, Çev.). Ankara: Gazi Kitabevi. (2001).
- Finch, R. J. ve Hanchar, J. M. (2003). Structure and chemistry of zircon and zircon-group minerals, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53, (1), 1-25.
- Freeze, R. A. ve Cherry, J. A., (2003). *Yeraltı Suyu*. (K. Kayabalı, Çev.). Ankara: Gazi Kitabevi. (1979).
- Fouillac, C. ve Michard, G. (1981). Sodium/lithium ratio in water applied to geothermometry of geothermal reservoirs, *Geothermics*, 10, 55-70.
- Fournier, R. O. ve Truesdell, A. H. (1973). An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, 1255-175.

- Fournier, R. O. ve Truesdell, A. H. (1974). Geochemical indicators of subsurface temperature-Part 2, estimation of temperature and fraction of hot water mixed with cold water. *J. Res. U.S. Geol. Survey*, 2, 263-270.
- Fournier, R. O. (1977). Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, 5, 41-50.
- Fournier, R. O. (1979a). A revised equation for the Na/K geothermometer, *Geoth. Res. Council Trans.*, 3, 221-224.
- Fournier, R. O. (1979b). Geochemical and hydrological considerations and the use of enthalpy-chloride diagrams in the prediction of underground conditions in hot-spring systems, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 5, 1-16.
- Fournier, R. O. (1991). Water geothermometers applied to geothermal energy. F. D'Amore (Ed.). Applications of geochemistry in geothermal reservoir development içinde (37-69). Italy: UNITAR/UNDP Publ.
- Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Pecerrillo, A. ve Villan, L. (1984). Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean Region. J. E. Dixon., ve A. H. F., Robertson (Eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (Special Publ. 17) içinde (687-700). London: Blackwell Science.
- Gat, J. R. ve Garmi, L. (1970). Evolution of the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranean Sea area, *Journal of Geophysical Research*, 75, 3039-3048.
- Genç, Ş. C. (1998). Evolution of the Bayramiç magmatic complex, Northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 233-249.

- Giggenbach, W. F., Confiantini, R., Jangi, B. L. ve Truesdell, A. H. (1983). Isotopic and chemical composition of Partabi Valley geothermal discharges, northwest Himalaya, India, *Geothermics*, 12, 199-222.
- Giggenbach, W. F. (1988). Geothermal solute equilibria. derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55, 2749–2765.
- Giggenbach, W. F. (1991). Chemical techniques in geothermal exploration. F. D'Amore, (Ed.), *Applications of geochemistry in geothermal reservoir development* (119-142) Italy: UNITAR/UNDP Publ.
- Given, P. H. ve Miller, R. N. (1985). Distribution of forms of sulfur in peats from saline environments in the Florida Everglades. *International Journal of Coal Geology*, 5, 397-405.
- Golden Software (2002). Surfer Trial Version 8.00, Surface Mapping System. Golden Software Inc., 809 14th Street, 80401-1866, Golden-Colorado/USA.
- Golden Software (2005). Grapher Trial Version 5.00. Golden Software Inc., 809 14th Street, 80401-1866, Colorado/USA.
- Görür, N., Tüysüz, O. ve Şengör, A. M. C. (1998). Tectonic evolution of the Central Anatolian Basins, *International Geology Review*, 40, 831-850
- Granit, Y. ve Tintant, H. (1960). Observation preliminaries sur le Jurassic de la region de Bilecik (Turkuie). *Comptes Rendus Acad. Science, Paris*, 251, 1801-1803.
- Güleç, N. ve Mutlu, H. (2002). *Jeotermal alanlarda izotop jeokimyası*, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Notları içinde (74-103), İzmir.

- Güleç, N. (2005). Applications of geothermometry. M. Y. Savaşçın ve O. Mertoğlu (Eds.), *Geothermal geochemistry and some new geothermal approaches* (85-103), İzmir.
- Gülen, Ö. (2005). *Çan (Çanakkale) ilçesindeki madenciliğin yeraltı sularına etkisi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Gürdal, G. (2007). Geochemistry of trace elements in Çan coal (Miocene), Çanakkale, Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 74, 28-40.
- Hem, J. D. (1985). *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. (3th ed.). USA: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254.
- Herece, E. (1985). *The fault trace of 1953 Yenice-Gönen Earthquake and some examples of recent tectonic events in the Biga Peninsula of Northvvest Turkey*. Penn State University, Yüksek Lisans Tezi.
- Herece, E. (1990). 1953 Yenice-Gönen deprem kırığı ve Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Biga Yarımadası'ndaki uzantıları, *MTA Dergisi*, 111, 47-59.
- Hıfzıssıhha Enstitüsü Raporu (2002). *Çan Tepeköy Kaplıcası su analiz raporu*, İstanbul Bölge Hıfzıssıhha Enstitüsü Müdürlüğü. prot. no.Ç2002409012, rapor no 1, İstanbul.
- Hitchon, B., Perkins, E. H. ve Gunter, W. D. (1999). *Introduction to groundwater geochemistry*. Canada: Geoscience Publ.
- Houssa, C.E. (1999). Talking Turkey, an update on the Turkish minerals industry. *Industrial Minerals*, 379, 21-47.

- Irvine, T. N. ve Baragar W. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian J. Earth Sci.*, 8, 523-548.
- Irwin, W. P. ve Barnes, I. (1980), Tectonic relations of carbon dioxide discharges and earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, 85, 3115-3121.
- İnci, U. (1984). Demirci ve Burhaniye bitümlü şeyllerinin stratigrafisi ve organik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 5, 27-40.
- Janković, S. (1997). The Carpatho-Balkanides and adjacent area: a sector of the Tethyan Eurasian metallogenic belt, *Mineralium Deposita*, 32, 426-433.
- Kahraman, S., Demirel, V., Demirci, A. R. ve Beker, K. (2004). *Çanakkale-Çan-Etili-1 (Eti-1) sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu*. MTA raporu, Ankara, 27s.
- Kalafat, D. ve Pınar, A. (1997). *KB Anadolu'nun sismotektonik özelliklerinin küçük ve orta büyüklükteki depremlerle irdelenmesi*, Aktif Tektonik Araştırma Grubu Birinci Toplantısı Bildiriler Kitabı, 12-22, İTÜ, İstanbul.
- Kalafat, D., Kekovalı, K., Kılıç, K., Güneş, Y., Yılmaz, M., Ögütçü, Z. (2008). *Türkiye ve çevresi deprem kataloğu*. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 10 Aralık 2009, [http:// www.koeri.boun.edu.tr /sismo/](http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/)
- Karacık, Z. ve Yılmaz, Y. (1998). Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plutonic complex of the Ezine area, Northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 251-264.
- Kartal, T. (1974). *Çanakkale Çan Kaplıcası hidrojeoloji etüdü*. MTA Raporu, No: 6649.

- Kendall, C. ve Caldwell, E. A. (2006). Fundamentals of isotope geochemistry. C. Kendall ve J. J. McDonnell, (Eds.), *Isotope tracers in catchment hydrology* (4.Baskı) (51-84). The Netherlands: Elsevier.
- Ketin, İ. ve Roesli, F. (1954). Makroseismische untersuchungen über das nordwestanatolische Beben vom 18.Marz.1953. *Eclogae Geol. Helv.* 46, 187-208.
- Kharaka, Y. K, Lico, M. S. ve Law, L. M. (1982). Chemical geothermometers applied to formation waters, Gulf of Mexico and California basins, Am. Assoc. *Petrol. Geol. Bull*, 66, 588.
- Khakara, Y. K. ve Mariner, R.H. (1989). Chemical geothermometers and their application to formation waters from sedimentary basins. In N. D. Naser ve T. H. Mc Culloh (Eds.). Thermal history of sedimentary basins; methods and case histories (99-117). Springer Verlag.
- Koçak, A. (2002a). *Su Kayaç Etkileşimi, Alterasyon ve Hidrotermal Alterasyon*. Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Notları içinde (104-118), İzmir.
- Koçak, A. (2002b). *Jeotermal Sistemler ve Hidrolojik Modelleme*. Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Notları içinde (119-131), İzmir.
- Koga, A. (1970). Geochemistry of the waters discharged from drillholes in Qtake and Hatchobaru areas (Japan). *Geothermics, Special Issue 2*, 2, (2), 1422-1425.
- Krushensky, R. D. (1976). Neogene calc-alcalene extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey. *Bulletin Volcanologique*, 40, 336-360.
- Krushenski, R., Akçay, Y. ve Karaege, E. (1980). Geology of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey. *Bull, USA, Geol. Survey*, 1461.

- Le Maitre, R. W. (1989). *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. Blackwell.
- Mahon, W. A. J. (1966). Silica in hot water discharged from drillholes at Wairakei, New Zealand, *N.Z.J. Sci.*, 9, 135-144.
- Mazor, E. (2004). *Chemical and isotopic groundwater hydrology* (3.Baskı). USA: Marcel Dekker Publ.
- McKenzie, D. P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109–185.
- Mercier, J. L., Sorel, D. ve Vergely, P. (1989). Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic. *Basin Research* 2, 49-71.
- MTA (1980). *Türkiye maden envanteri (illere göre)*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayın No: 179, 571s.
- MTA (1993). *Türkiye altın ve gümüş envanteri*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayın No: 198, 46s.
- MTA (2002). 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No1 ve No7. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA (2005). *Türkiye jeotermal kaynaklar envanteri*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayın No: 201. Ankara.
- Mutlu, H. ve Güleç, N. (1998). Hydrogeochemical outline of thermal waters and geothermometry applications in Anatolia (Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 495–515.

- Müller, G. (1955). *Çanakkale Vilayeti'ndeki termal kaynaklar*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu, No: 2221, Ankara, 9s.
- Nicholson, K. (1993). *Geothermal fluids, chemistry and exploration techniques*. Berlin: Springer-Verlag.
- Nieva, D. ve Nieva, R. (1987). Development in geothermal energy in Mexico, part 12-A cationic composition geothermometer for prospection of geothermal resources. *Heat recovery systems and CHP*, 7, 243-258.
- Okay, A. İ. (1988). *Çan-Yenice-Biga arasının jeolojisi ve tektoniği*. İTÜ Rap. No: 2544.
- Okay, A. İ., Siyako, M. ve Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2, (2), 83-121.
- Okay, A. İ. ve Satır, M. (2000). Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey. *Geological Magazine*, 137, 495-516.
- Okay, A. İ. ve Göncüoğlu, M. C. (2004). The Karakaya Komplex: A Review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Science*, 13, (2), 77-96.
- Orgun, Y., Gültekin, A. H. ve Onal, A. (2005). Geology, mineralogy and fluid inclusion data from the Arapucan Pb-Zn-Cu-Ag deposit, Canakkale, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, 629-642.
- Oygür, V. (1997). Anatomy of an epithermal mineralization: Mumcu (Balıkesir-Sındırgı), inner-western Anatolia, Turkey. *Mineral Research Exploration Bulletin*, 119, 29-39.

- Öktü, G., Uzel, O. F. ve Şaroğlu, F. (1991). *Çanakkale-Çan sıcak su sondajları (Çan-1, Çan2) kuyu bitirme raporu*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 91-149 nolu proje, 9 say., Ankara.
- Öktü, G. ve Dilemre, A. (1997). *Türkiye termal ve mineralli sular envanteri-Çanakkale*. 10393 nolu MTA Raporu, Ankara. 62 say.
- Önder, İ. (2002). Çan Jeotermal Alanı sıcak su aramaları jeofizik rezistivite (DES) ve SP-türev etütleri raporu, 10 say.
- Öngen, S. (1978). Petrographie und petrochemie des Çavuşlu-Karaköy Granitoid Massivs. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, B43, 93-115.
- Öngen, S. (1994). Le pluton calco-alcalin d'Evciler (Peninsula de Biga, Turquie-NW): age, geochemie et signification geodynamique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris* 319, 1033-9.
- Pehlivan, R. (2002). The effects on human health and hydrogeochemical characteristics of the Kırkgeçit and Ozancık hot springs, Çanakkale, Turkey. *Environmental Geochemistry and Health*, 25, 205–217.
- Pickett, E. ve Robertson, A. H. F. (2004). Significance of the volcanogenic Nilüfer Unit and related components of the Triassic Karakaya Complex for Tethyan subduction/accretion processes in NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 97-143.
- Piper, A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 25, 914-923.
- Pirajno, F. (1992). *Hydrothermal mineral deposits, principal and fundamental concepts for the exploration geologists*. Germany: Springer-Verlag.

- Pirajno, F. (1995). Volcanic-hosted epithermal systems in northwest Turkey, *South African Journal of Geology*, 98, (1), 13-24.
- Reed, M. ve 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.
- Saka, K. (1979). *Edremit Körfezi ve civarı Neojen'inin jeolojisi ve hidrokarbon olanakları*. TPAO Arama Grubu Raporu, No: 1341, 17s.
- Sarp, S., Burçak, M., Yıldırım, T. ve Yıldırım N. (1998). *Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları ile Balıkesir-Havran-Derman kaplıca sahasının detay jeotermal etüdü ve gradyan sondajları*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu, 129 say., Ankara.
- Sheppard, S. M. F. (1981). Stable isotope geochemistry of fluids. D. T. Rickard ve F.E. Wickman (Eds.), *Chemistry and geochemistry of solutions at high temperatures and pressures*. Phys. Chem. Earth, 13/14, 419-445.
- Siyako, M., Bürkan, K. A. ve Okay, A.İ. (1989). Biga ve Gelibolu Yarımadaı'nın Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Turkish Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 1, 183-199.
- Stach, E., Mackowsky, M. Th., Teichmüller, M., Tayler, G. H., Chandra, D. ve Teichmüller, R. (1982). *Stach's textbook of coal petrology (3.Baskı)*. Berlin: Gebrüder Borntraeger.
- Streckeisen, A. (1976). Classification end nonenclature of igneous rocks. *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhandlungen*, 107, 144-240.
- Şahinci, A. (1987). *Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayını.

Şahinci, A. (1991). *Doğal Suların Jeokimyası*. İzmir: Reform Matbaası.

Şengör, A. M. C. (1979). The North Anatolian Transform Fault; its age, offset and tectonic significance. *Journal of the Geological Society, London*, 136, 269-282.

Şengör, A. M. C. (1980). *Türkiye'nin neotektoniğinin esasları*. Publication of Geological Society of Turkey, 40p.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.

Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. ve Sungurlu, O. (1984). Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Paleo-Tethys., J. E. Dixon. ve A. H. F., Robertson (Eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediteranean* (Special Publ. 17) içinde (77-112). Geological Society, London: Blackwell Science.

Tarcan, G. (2002). *Jeotermal su kimyası*, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Notları içinde (230-271), İzmir.

Taylor, H. P., Jr. (1974). The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. *Economic Geology*, 69, 843-883.

The American Society for Testing and Materials (1964). *Manual on industrial water and industrial waste water*. Philadelphia/USA.

Thorntwaite, C. V. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geography Review*, 38, 55-94.

TKİ (2002). *2.300.000 ton/yıl üretim kapasiteli Çan Tevsii Projesi*. Ankara: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.

- Tonani, F. (1980). *Some remarks on the application of geochemical techniques in geothermal exploration*. Proceedings, Adv. Eur. Geoth. Res. Second Symp., Strasbourg, 428-443.
- Truesdell, A. H. (1976). *Summary of Section III. Geochemical techniques in exploration*. Proceedings 2nd UN Symposium on the development and use of geothermal resources, San Francisco, 1975, 1, liii-lxxix.
- TS266 (1997). *Türk İçme Suyu Standartları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS266 (2005). *İnsani Tüketim Amaçlı Sular*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Türkeş, M. (1990). *Türkiye'de kurak bölgeler ve önemli kurak yıllar*. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Türkeş, M. (2007). Orta Kızılırmak bölümü güney kesiminin (Kapadokya yöresi) iklimi ve çölleşmeden etkilenebilirliği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 14, 75-99.
- Whateley, M. K. G. ve Tuncalı, E. (1995). Quality variations in the highsulphur lignite of the Neogene Beypazarı Basin, Central Anatolia, Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 27, 131-153.
- White, D. E. (1957). Magmatic, connate and metamorphic waters, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 68, 1659-1682.
- White, D. E., 1965. Saline water of sedimentary rocks, In: Fluids in subsurface environments-A symposium, *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 4, 342-366.
- White, D. E. (1970). Geochemistry applied to the discovery, evaluation and exploitation of geothermal energy resources, *Geothermics, Special Issue 2*, (1), 58-80.

- Willmott, C. J. (1977). *Watbug: A Fortran 4 Algorithm for calculating the climatic water budget*. Water Resources Center, University of Delaware, Newark, Delaware.
- Xoplaki, E. (2002). *Climate Variability over the Mediterranean*. Doktora Tezi, Inauguraldissertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern, Bern.
- Xoplaki, E., Luterbacher, J., Burkard, R., Patrikas, I. ve Maheras, P. (2000). Connecting between the large-scale 500 hpa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime, *Climate Research*, 14, 129-146.
- Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, J. F., Luterbacher, J. ve Wanner, H. (2003). Mediterranean summer air temperature variability and its connection to the large-scale atmospheric circulation and SSTs, *Climate Dynamics*, 20, 723-739.
- Yalçın, T. (2007). Geochemical characterization of the Biga Peninsula thermal waters (NW Turkey). *Aquat Geochem*, 13, (1), 75-93.
- Yaltırak, C. ve Okay, A. İ. (2004). Edremit Körfezi kuzeyinde Paleotetis birimlerinin jeolojisi. *İTÜ Dergisi*, 1, 67-79.
- Yılmaz, Y. (1989). An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. In A.M.C. Sengör, (Ed.). *Tectonic evolution of the Tethyan region* (159-189). Hague - The Netherlands: Kluwer Academics.
- Yılmaz, H. (2003). Exploration at the Kuscayiri Au (Cu) prospect and its implications for porphyry-related mineralization in western Turkey. *Journal of Geochemical Exploration*, 77, (2), 133-150.

Yılmaz, H. (2007). Stream sediment geochemical exploration for gold in the Kazdağ Dome in the Biga Peninsula, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 16, 33-55.

Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Karacık, Z. ve Altunkaynak, Ş. (2001). Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance, *Journal of Geodynamics*, 31, 243-271.

Yigitbaş, E., Elmas, A., Sefunç, A. ve Özer, N. (2004). Major neotectonics features of eastern Marmara region, Turkey: development of the Adapazari-Karasu corridor and its tectonic significance, *Geological Journal*, 39, 179-198.

17-06/28 (2001). *TEAŞ sondajı DSİ kuyu kütüğü*. Çanakkale.

17-06/30 (2001). *TEAŞ sondajı DSİ kuyu kütüğü*. Çanakkale.

17-06/32 (2001). *TEAŞ sondajı DSİ kuyu kütüğü*. Çanakkale.

17-06/33 (2001). *TEAŞ sondajı DSİ kuyu kütüğü*. Çanakkale.

17-06/41 (2004). *Çan-Büyüktepe sulama suyu sondajı DSİ kuyu kütüğü*. Çanakkale.

EK 1

SU ÖRNEKLERİNİN KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI VE ARAZİDE ÖLÇÜLEN ÖZELLİKLER

ACIKLAMALAR

- *: Baba ve diğer. (2008a)'den alınmıştır,
- ** : Kahraman ve diğer. (2004)'den alınmıştır,
- ***1: 17-06/28 (2001) nolu DSİ kuyu kütüğünden alınmıştır,
- ***2: 17-06/30 (2001) nolu DSİ kuyu kütüğünden alınmıştır,
- ***3: 17-06/32 (2001) nolu DSİ kuyu kütüğünden alınmıştır,
- ***4: 17-06/33 (2001) nolu DSİ kuyu kütüğünden alınmıştır,
- ***5: 17-06/41 (2004) nolu DSİ kuyu kütüğünden alınmıştır,

EK 1 (1/14)

Örnek no	Js01	Js01	Js01	Js01	Js01	Js01	Js02**	Js02	Js02	Js03**	Js01	Js01	Js01	Js01	Js01	Js01	Js02
Örnekleme tarihi	Oca.06	Ağu.06	Mar.07	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Oca.04	Tem.07	Şub.08	Oca.04	Oca.06	Ağu.06	Mar.07	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Oca.06
pH	6,90	6,90	6,65	6,90	6,95	7,08	6,80	7,22	6,30	7,30	7,80	7,40	7,51	7,55	7,05	7,07	7,20
T (°C)	41,0	50,0	46,1	48,0	41,1	40,2	42,0	31,7	42,3	59,4	17,1	18,0	16,3	28,4	29,1	31,0	46,8
Eh (mV)					-135,0	155,8		-70,7	-220,0						-166,0	-178,5	
EC (µS/cm)	3180	3490	3002	3003	2590	2380	2140	2390	2340	2260	2479	2760	2460	2620	2410	2330	2450
Na (mg/L)	574,58	558,03	575,94	517,81	342,00	345,85	369,00	408,64	318,68	430,00	574,00	578,76	506,63	533,00	435,00	507,50	476,64
K (mg/L)	27,84	20,86	27,01	21,54	16,67	17,30	28,60	26,14	28,38	23,80	16,00	11,47	13,32	12,11	11,49	14,12	24,34
Ca (mg/L)	231,55	219,89	238,30	199,68	183,00	212,72	166,00	174,78	153,03	146,00	34,76	32,89	30,50	31,45	27,00	31,33	159,71
Mg (mg/L)	21,31	23,02	23,30	19,60	22,74	23,80	9,20	11,98	10,61	5,30	4,31	3,64	3,08	3,55	3,32	3,76	7,99
Cl (mg/L)	221	186	203	168	161	130	92	68	78	125	104	87	91	90	99	94	108
SO ₄ (mg/L)	1278	1265	1274	1127	930	979	1099	974	830	1071	984	895	803	795	710	798	995
HCO ₃ (mg/L)	276	275	341	279	201	295	105	247	205	150	287	319	265	284	211	249	299
SiO ₂ (mg/L)	34,8	36,1	38,2	30,9	44,5	28,3	39,0	26,9	38,3	67,6	27,5	27,4	24,5	24,7	38,1	25,7	59,5
B (mg/L)	5,837	3,742	4,050	4,222	3,084	2,584	1,900	1,484	1,260	2,300	3,426	2,120	2,029	2,210	2,349	2,534	2,656
Li (mg/L)	1,291	1,014	1,146	0,983	0,940	0,687	0,800	0,716	0,838	1,000	0,770	0,657	0,607	0,545	0,748	0,725	1,132
Sr (mg/L)	3,900	3,750	4,360	3,519	3,660	3,249		2,449	2,520		0,700	0,589	0,667	0,624	0,709	0,703	2,700
Mn (mg/L)	0,434	0,360	0,499	0,378	0,388	0,379		0,997	0,942		0,125	0,179	0,135	0,079	0,155	0,167	0,700
Fe (mg/L)	5,300	1,860	2,090	0,483	0,672	5,158		0,826	0,433		0,136	0,296	0,102	<0,010	0,025	<0,010	<0,100
Ba (mg/L)	0,022	0,018	0,022	0,023	0,023	0,032		0,017	0,018		0,014	0,020	0,014	0,014	0,019	0,029	0,026
Cu (mg/L)	0,005	0,008	0,007	0,020	0,004	0,030		0,022	0,002		0,004	0,004	0,004	0,019	0,002	0,007	0,039
Ni (mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,001	0,776		<0,002	0,000		<0,002	0,004	<0,002	0,000	0,000	0,000	<0,002
Br (mg/L)	0,636	0,427	0,537	0,468	0,569	0,394	<0,100	0,194	0,270	<0,100	0,275	0,204	0,200	0,245	0,311	0,284	0,304
Al (mg/L)	0,023	0,021	<0,010	<0,001	0,036	0,800		0,029	0,017		0,256	0,498	0,096	0,062	0,019	0,022	0,079
As (mg/L)	0,100	0,017	0,101	0,028	0,025	0,087		0,025	0,103		0,275	0,217	0,251	0,267	0,026	0,264	0,038
P (mg/L)	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,020	0,060	<1,000	<0,200	<0,020	<0,100	<0,200	<0,200	<0,020	0,021	<0,020	0,064	<0,200
Zn (mg/L)	<0,005	0,008	0,006	0,012	0,019	0,027		0,014	0,009		0,006	0,012	0,003	0,016	0,013	0,014	0,082
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,000		0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,001	<0,005	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)						4,03										0,85	
% Na	65,9	65,8	65,1	66,6	58,2	55,2	65,0	65,5	63,2	71,4	92,4	92,9	92,6	92,7	92,2	92,3	71,2
SAR	9,7	9,6	9,5	9,4	6,3	6,0	7,5	8,1	6,7	9,5	24,4	25,6	23,4	24,0	21,0	22,8	10,0
Sertlik (Fransız sertliği)	66,5	64,3	69,0	57,9	55,0	62,9	45,2	48,5	42,5	38,6	10,4	9,7	8,9	9,3	8,1	9,4	43,1
Σkatyon (meq/L)	39,5	38,0	39,9	34,9	26,6	28,4	25,9	28,4	23,3	27,2	27,6	27,5	24,3	25,5	21,0	24,4	30,2
Σanyon (meq/L)	37,4	36,1	37,8	32,8	27,2	28,9	27,183	26,3	22,8	28,283	28,1	26,3	23,6	23,7	21,0	23,4	28,7
e (%)	2,8	2,6	2,7	3,1	-1,2	-0,8	-1,4	3,9	1,0	-0,9	-0,9	2,3	1,3	3,5	-0,2	2,3	2,7
TDS (mg/L)	2406,6	2320,1	2392,6	2094,7	1709,4	1755,3	1835,9	1697,5	1463,4	1889,5	1750,6	1641	1476,1	1493,9	1328,3	1480,1	1838,9
Su Tipi (iyon>%20)	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-SO4	Na-SO4	Na-SO4	Na-SO4	Na-SO4	Na-SO4	Na-Ca-SO4

EK 1 (2/14)

Örnek no	Jk02	Jk02	Jk02	Jk02	Jk02	Jk03	Jk03	Jk03	Jk03	Jk03	Jk03	Jk04	Jk05	Jk05	Jk05	Jk05
Örnekleme tarihi	Ağu.06	Mar.07	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Eyl.05	Oca.06	Ağu.06	Mar.07	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Oca.06	Ağu.06	Mar.07	Tem.07
pH	6,90	6,70	6,87	6,83	6,76	6,89	7,20	7,00	6,78	6,93	6,84	7,01	8,30	8,40	8,06	8,18
T (°C)	47,0	49,0	47,0	46,9	48,8	40,7	40,1	41,0	40,0	41,9	40,1	35,4	46,3	47,1	52,9	52,2
Eh (mV)				-235,9	-243,4						-261,0	13,0				
EC (µS/cm)	2770	2470	3000	2460	2400	2480	2485	2750	2470	2460	2450	2330	1650	1882	1593	1612
Na (mg/L)	473,22	536,65	473,79	373,00	422,22	499,02	478,82	464,74	501,99	465,15	369,00	381,71	291,45	300,55	287,16	282,66
K (mg/L)	17,99	23,23	20,20	18,19	23,14	20,77	24,25	18,90	22,34	19,20	19,00	20,72	7,36	5,82	7,20	6,41
Ca (mg/L)	159,16	175,10	150,67	132,90	148,99	182,05	170,71	156,17	167,30	149,78	135,00	143,71	87,77	82,67	83,50	80,71
Mg (mg/L)	6,66	7,23	6,73	5,95	6,30	6,98	7,85	7,00	7,00	6,16	6,00	5,90	0,31	0,29	0,27	0,30
Cl (mg/L)	82	87	76	101	102	89	108	84	85	73	101	89	32	25	29	26
SO ₄ (mg/L)	1056	1114	1040	786	871	1135	1200	985	1110	1076	940	847	619	632	610	753
HCO ₃ (mg/L)	300	367	261	269	245	329	286	307	330	234	251	231	144	146	122	37
SiO ₂ (mg/L)	52,3	58,3	51,9	77,8	50,9	60,2	53,7	55,6	55,4	48,0	79,5	48,3	73,3	71,7	70,0	70,7
B (mg/L)	1,669	1,991	1,837	1,800	2,134	2,172	2,572	1,548	1,912	1,741	1,857	1,719	0,504	0,320	0,407	0,417
Li (mg/L)	0,904	1,082	0,933	1,034	0,994	1,005	1,127	0,911	1,050	0,794	1,084	0,918	0,134	0,114	0,128	0,124
Sr (mg/L)	2,626	3,000	2,650	2,820	2,925	2,822	2,860	2,669	2,911	2,498	2,700	2,867	1,430	1,396	1,588	1,434
Mn (mg/L)	0,577	0,781	0,710	0,671	0,638	0,705	0,695	0,597	0,772	0,619	0,600	0,566	0,017	0,022	0,017	0,015
Fe (mg/L)	<0,100	<0,100	<0,100	<0,010	<0,010	0,129	0,120	<0,100	<0,100	<0,100	0,023	0,010	<0,010	0,034	0,000	0,000
Ba (mg/L)	0,018	0,025	0,022	0,024	0,028	0,018	0,023	0,016	0,018	0,017	0,023	0,020	0,017	0,017	0,019	0,018
Cu (mg/L)	0,004	0,005	0,021	0,002	0,010	0,005	0,005	0,004	0,005	0,019	0,002	0,004	0,002	0,002	0,003	0,014
Ni (mg/L)	<0,002	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	<0,002	<0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Br (mg/L)	0,199	0,253	0,254	0,374	0,322	0,271	0,319	0,249	0,247	0,249	0,390	0,311	0,099	0,077	0,075	0,085
Al (mg/L)	0,066	0,024	0,050	0,027	0,024	<0,001	0,086	0,022	0,020	0,017	0,023	0,014	0,008	0,060	0,011	0,013
As (mg/L)	0,008	0,055	0,095	0,087	0,102	0,087	0,080	0,012	0,076	0,091	0,102	0,088	0,000	0,000	0,000	0,000
P (mg/L)	<0,200	<0,200	<0,200	<0,020	0,052	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,020	0,055	0,024	0,015	0,015	<0,020
Zn (mg/L)	0,009	<0,005	0,017	0,008	0,014	0,032	0,007	0,011	<0,005	0,014	0,009	0,036	0,005	0,002	0,003	0,014
Zr (mg/L)	0,000	<0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)					1,06							1,39				
% Na	71,3	71,9	72,4	70,1	70,4	69,7	70,1	71,2	71,5	72,2	69,6	69,1	74,5	76,1	75,2	75,5
SAR	10,0	10,8	10,3	8,6	9,2	9,9	9,7	9,9	10,3	10,1	8,4	8,5	8,5	9,1	8,6	8,6
Sertlik (Fransız sertliği)	42,5	46,7	40,4	35,6	39,8	48,3	45,8	41,8	44,6	39,9	36,2	38,3	22,0	20,7	20,9	20,3
Σkatyon (meq/L)	29,7	33,5	29,4	24,1	27,1	32,1	30,9	29,3	31,6	28,9	24,0	25,0	17,3	17,4	16,9	16,6
Σanyon (meq/L)	29,2	31,7	28,1	23,6	25,0	31,5	32,7	27,9	30,9	28,3	26,5	23,9	16,2	16,3	15,5	17,0
e (%)	0,9	2,9	2,3	0,9	4,1	0,9	-2,9	2,4	1,1	1,1	-5,0	2,2	3,5	3,5	4,3	-1,3
TDS (mg/L)	1853,4	2008,7	1825,9	1501,7	1632,8	2000,3	2051,2	1777,5	1956	1843,3	1656,3	1544,3	1113,4	1120,1	1089,4	1221,5
Su Tipi (iyon>%20)	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4	Na-Ca-SO4

EK 1 (3/14)

Örnek no	Jk05	Jk05	Jk06	Jk06	Jk06	Jk06	Jk06	Jk06	Jk06	Jk07	Jk07	Jk07	Jk07	Jk07	Jk07	K01	K01	K02
Örnekleme tarihi	Şub.08	Haz.08	Oca.06	Ağu.06	Mar.07	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Eyl.05	Ağu.06	Mar.07	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Şub.08	Haz.08	Şub.08	
pH	8,04	7,96	8,50	8,46	7,97	8,15	7,84	8,11	7,80	8,00	7,58	7,90	7,69	7,90	6,82	6,93	7,00	
T (°C)	49,7	51,9	41,1	42,0	47,5	50,9	50,0	51,8	43,4	46,0	46,0	44,9	46,3	41,2	9,2	22,0	9,1	
Eh (mV)	-100,7						-117,3	115,0					107,0	164,7	214,0	180,2	166,0	
EC (µS/cm)	1596	1571	1690	1845	1624	1625	1585	1556	1520	1769	1523	1533	1503	1493	1171	1254	1002	
Na (mg/L)	246,39	282,11	290,28	301,44	286,62	284,70	246,41	273,27	269,62	272,59	260,40	263,95	221,00	254,17	161,09	161,45	74,70	
K (mg/L)	7,05	16,75	7,51	5,62	6,83	6,77	7,15	7,18	5,42	5,34	6,92	6,14	7,08	7,94	0,67	0,71	4,71	
Ca (mg/L)	74,31	90,32	88,78	83,05	83,90	81,52	75,39	88,44	88,50	87,25	86,80	82,32	77,24	89,38	81,10	122,48	76,44	
Mg (mg/L)	0,40	0,39	0,34	0,27	0,28	0,39	0,38	0,40	3,16	3,83	3,65	4,05	3,90	4,21	16,72	19,78	52,43	
Cl (mg/L)	34	44	30	27	28	26	34	34	22	24	28	23	31	32	60	63	42	
SO ₄ (mg/L)	617	610	645	615	641	729	561	590	614	590	569	720	502	581	33	41	17	
HCO ₃ (mg/L)	44	101	111	146	89	34	79	97	109	158	129	57	119	89	595	735	560	
SiO ₂ (mg/L)	107,0	73,9	74,7	70,0	68,9	73,8	109,0	69,9	72,9	67,7	67,2	74,0	104,0	72,6	93,3	65,7	46,9	
B (mg/L)	0,389	0,490	0,501	0,333	0,395	0,475	0,408	0,464	0,404	0,310	0,360	0,462	0,377	0,498	0,043	0,034	0,018	
Li (mg/L)	0,148	0,155	0,133	0,123	0,120	0,124	0,155	0,145	0,113	0,098	0,113	0,114	0,141	0,145	0,010	0,015	0,018	
Sr (mg/L)	1,600	1,620	1,450	1,400	1,521	1,479	1,646	1,539	1,216	1,240	1,300	1,216	1,372	1,428	0,947	1,305	1,934	
Mn (mg/L)	0,019	0,027	0,017	0,014	0,016	0,027	0,018	0,017	0,055	0,049	0,620	0,056	0,068	0,074	0,018	0,008	0,007	
Fe (mg/L)	0,000	<0,010	0,031	0,044	<0,001	<0,010	<0,010	<0,010	0,020	0,035	0,026	<0,001	0,010	0,056	<0,010	0,050	<0,010	
Ba (mg/L)	0,021	0,030	0,018	0,017	0,018	0,019	0,021	0,027	0,016	0,015	0,017	0,017	0,020	0,025	0,066	0,058	0,183	
Cu (mg/L)	0,002	0,025	0,002	0,003	0,003	0,066	0,002	0,010	0,001	0,003	0,003	0,012	0,002	0,014	0,002	0,003	0,004	
Ni (mg/L)	0,002	0,005	0,000	0,006	<0,002	<0,002	<0,002	0,001	0,000	<0,002	0,000	0,000	<0,002	0,004	0,000	0,000	0,000	
Br (mg/L)	0,112	0,106	0,100	0,079	0,075	0,087	0,111	0,098	0,074	0,061	0,073	0,080	0,107	0,096	0,282	0,297	0,144	
Al (mg/L)	0,017	0,084	0,093	0,010	0,008	0,024	0,019	0,036	0,002	0,006	0,007	0,013	0,013	0,030	0,228	0,009	0,056	
As (mg/L)	0,000	0,002	0,000	0,000	<0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,005	0,001	
P (mg/L)	0,015	0,062	0,028	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,048	0,022	<0,020	0,000	0,021	<0,020	0,052	0,074	0,095	0,032	
Zn (mg/L)	0,007	0,018	0,002	0,005	0,004	0,085	0,008	0,008	0,001	0,003	0,002	0,009	0,008	0,016	0,008	0,009	0,014	
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Cd (mg/L)	0,050	0,000	<0,05	0,000	<0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
O ₂ (mg/L)		3,39						3,21						3,64		3,15		
% Na	74,4	73,7	74,2	76,1	75,0	75,4	74,2	73,1	71,7	72,0	71,3	72,4	70,1	70,1	56,4	47,6	29,3	
SAR	7,8	8,1	8,5	9,1	8,6	8,6	7,8	8,0	7,7	7,8	7,4	7,7	6,7	7,1	4,3	3,6	1,6	
Sertlik (Fransız sertliği)	18,7	22,7	22,3	20,8	21,0	20,5	19,0	22,2	23,4	23,3	23,2	22,2	20,9	24,0	27,1	38,7	40,6	
Σ _{katyon} (meq/L)	14,7	17,3	17,3	17,5	16,9	16,7	14,8	16,6	16,6	16,7	16,2	16,1	14,0	16,1	12,5	14,8	11,5	
Σ _{anyon} (meq/L)	14,5	15,6	16,1	16,0	15,6	16,5	13,9	14,8	15,2	15,6	14,8	16,6	13,3	14,5	12,1	14,7	10,7	
e (%)	0,6	5,2	3,7	4,5	4,0	0,8	2,9	5,5	4,4	3,6	4,7	-1,4	2,7	5,4	1,4	0,5	3,7	
TDS (mg/L)	1088,5	1123,5	1139	1104,4	1117,7	1204,1	1035,7	1068,8	1077,5	1052,5	1024,5	1175,5	948,3	1047,4	589,6	685,7	549,8	
Su Tipi (iyon>%20)	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-SO ₄	Na-Ca-HCO ₃	Na-Ca-HCO ₃	Mg-Ca-Na-HCO ₃	

EK 1 (4/14)

Örnek no	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K07	K08	K09	K15	K15	K18*	K18*	K19	K24
Örnekleme tarihi	Haz.08	Haz.08	Haz.08	Şub.08	Haz.08	Şub.08	Haz.08	Şub.08	Şub.08	Tem.07	Şub.08	Nis.07	Ağu.07	Şub.08	Şub.08
pH	6,99	7,37	4,56	7,51	7,79	6,38	6,37	5,50	7,02	7,56	6,92	7,29	7,23	6,97	7,17
T (°C)	20,0	21,9	23,5	15,2	19,7	8,4	21,3	6,8	11,2	21,1	9,1	16,2	22,5	12,7	11,8
Eh (mV)	25,0	238,0	338,9	221,0	273,0	169,0	350,0	185,0	95,3	91,4	151,5	-20,8		215,0	231,1
EC (µS/cm)	1094	804	259	539	909	81	106	2590	1557	791	650	770	2100	596	755
Na (mg/L)	90,82	44,24	18,11	27,29	45,11	6,41	7,64	225,14	120,51	71,86	46,08	76,28	74,40	26,55	43,08
K (mg/L)	4,92	1,22	10,77	0,88	1,77	3,95	6,36	27,19	5,74	3,21	1,34	1,48	1,80	2,29	1,51
Ca (mg/L)	85,36	103,39	18,72	65,43	131,83	4,85	6,34	203,30	139,14	76,02	70,22	83,93	91,87	65,61	80,52
Mg (mg/L)	59,39	27,94	3,11	17,77	31,62	2,06	2,24	58,20	44,94	16,46	14,37	17,71	19,10	22,14	26,39
Cl (mg/L)	53	23	24	25	47	12	13	475	159	44	35	11	24	33	57
SO ₄ (mg/L)	14	85	55	17	18	11	8	560	61	39	32	69	65	23	36
HCO ₃ (mg/L)	781	433	17	288	610	17	34	31	600	339	311	439	380	291	335
SiO ₂ (mg/L)	36,1	31,5	76,2	81,4	36,6	18,9	34,2	80,2	52,7	18,7	21,4	42,2	49,1	55,2	55,2
B (mg/L)	0,026	0,019	0,022	0,011	0,034	0,010	0,011	0,258	0,085	0,207	0,114	0,035	0,048	0,044	0,145
Li (mg/L)	0,024	0,009	0,019	0,003	0,016	0,001	0,004	0,155	0,024	0,037	0,027	0,010	0,011	0,007	0,011
Sr (mg/L)	2,172	1,159	0,185	0,505	0,683	0,027	0,035	2,108	1,818	0,763	0,645	0,791	0,937	0,610	0,851
Mn (mg/L)	0,002	0,001	0,508	0,001	0,004	0,004	0,001	3,690	0,286	0,001	0,001	0,000	0,000	0,005	0,001
Fe (mg/L)	0,035	0,078	0,026	<0,010	0,072	0,016	<0,010	<0,010	0,018	<0,010	0,015	<0,010	0,080	0,030	<0,010
Ba (mg/L)	0,216	0,065	0,043	0,025	0,207	0,143	0,208	0,017	0,085	0,209	0,184	0,062	0,067	0,087	0,124
Cu (mg/L)	0,001	0,002	0,008	0,002	0,001	0,007	0,005	0,008	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,003
Ni (mg/L)	0,021	0,000	0,004	0,000	0,000	0,001	0,001	0,077	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Br (mg/L)	0,201	0,097	0,094	0,096	0,243	0,037	0,055	1,630	0,435	0,139	0,136	0,073	0,098	0,081	0,140
Al (mg/L)	0,010	0,011	1,241	0,040	0,012	0,073	0,013	0,334	0,013	0,007	0,021	0,002	<0,001	0,024	0,015
As (mg/L)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,009	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,005	0,007
P (mg/L)	0,057	0,039	0,030	0,042	0,041	<0,020	0,034	<0,020	0,042	0,028	<0,020	0,035	<0,020	0,373	0,068
Zn (mg/L)	0,003	0,003	0,101	0,010	0,006	0,194	0,255	0,361	0,022	0,006	0,006	0,000	0,001	0,010	0,012
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)	4,78	6,24	4,84		6,68		6,00								
% Na	30,8	20,8	47,2	20,4	17,9	48,0	48,0	41,3	33,6	38,4	30,3	37,3	34,8	19,2	23,6
SAR	1,8	1,0	1,0	0,8	0,9	0,6	0,6	3,6	2,3	1,9	1,3	2,0	1,8	0,7	1,1
Sertlik (Fransız sertliği)	45,7	37,3	6,0	23,6	45,9	2,1	2,1	74,7	53,2	25,7	23,4	28,2	30,8	25,5	30,9
Σ _{katyon} (meq/L)	13,3	9,4	2,3	6,0	11,2	0,8	0,8	25,6	16,1	8,4	6,7	9,0	9,5	6,3	8,1
Σ _{anyon} (meq/L)	14,6	9,5	2,1	5,8	11,7	0,8	0,8	25,6	15,6	7,6	6,8	9,0	8,3	6,2	7,8
e (%)	-4,7	-0,4	4,1	1,5	-2,1	-3,2	-3,2	0,1	1,6	4,8	0,0	0,4	6,8	1,2	1,7
TDS (mg/L)	616,7	494,6	214,4	366,7	584,1	65,1	94,4	1668,2	867	400,6	342,2	429	470,6	367,6	464,3
Su Tipi (iyon>%20)	Mg-Ca-Na-HCO3	Ca-Mg-Na-HCO3	Ca-Na-SO4-Cl	Ca-Mg-Na-HCO3	Ca-Mg-HCO3	Na-Ca-Mg-Cl-HCO3-SO4	Na-Ca-HCO3-Cl	Ca-Na-Cl-SO4	Ca-Na-Mg-HCO3-Cl	Ca-Na-HCO3	Ca-Na-HCO3	Ca-Na-HCO3	Ca-Na-HCO3	Ca-Mg-HCO3	Ca-Mg-Na-HCO3-Cl

EK 1 (5/14)

Örnek no	K25	K28*	K28*	K29*	K29*	K30*	K30*	K38	K39*	K39*	K43*	K47	K48*	K48*
Örnekleme tarihi	Şub.08	Nis.07	Ağu.07	Nis.07	Ağu.07	Nis.07	Ağu.07	Şub.08	Nis.07	Ağu.07	Ağu.07	Haz.08	Nis.07	Ağu.07
pH	7,25	7,50	7,63	7,62	7,60	7,15	7,34	6,63	6,01	6,37	7,03	7,71	4,43	3,97
T (°C)	10,1	13,1	24,9	13,2	19,0	14,0	21,0	11,7	15,4	28,0	22,5	21,4	14,9	23,4
Eh (mV)	233,0	-33,1		-39,7		-12,6		135,0	52,6			250,0	142,8	
EC (µS/cm)	562	573	571	584	562	847	807	135	253	227	1899	430	2300	2780
Na (mg/L)	23,06	31,85	31,50	21,57	21,30	23,74	20,90	33,24	21,58	19,40	74,00	53,74	139,98	171,90
K (mg/L)	4,27	0,81	1,00	0,62	0,80	0,34	0,40	12,39	8,40	8,80	7,40	3,66	26,39	30,10
Ca (mg/L)	69,26	67,78	69,77	88,35	84,98	138,89	132,49	133,02	22,48	15,99	224,38	36,99	245,32	328,33
Mg (mg/L)	17,85	19,52	19,73	15,84	15,23	17,27	15,53	39,11	3,36	3,24	88,18	4,40	83,28	105,45
Cl (mg/L)	22	7	25	5	16	9	30	47	9	25	215	54	43	172
SO ₄ (mg/L)	21	12	15	61	28	35	31	28	24	11	372	9	367	732
HCO ₃ (mg/L)	301	342	273	297	280	445	374	590	95	70	576	214	820	792
SiO ₂ (mg/L)	38,4	23,3	33,9	17,6	20,8	22,9	28,8	56,4	50,0	54,4	31,5	48,8	60,0	86,7
B (mg/L)	0,050	0,054	0,072	0,028	0,032	0,019	0,020	0,048	0,051	0,047	0,274	0,069	0,147	0,283
Li (mg/L)	0,001	0,001	0,001	0,031	0,034	0,018	0,020	0,020	0,010	0,009	0,133	0,038	0,072	0,139
Sr (mg/L)	0,670	0,802	0,904	0,692	0,673	0,822	0,831	0,944	0,088	0,076	3,210	0,198	1,292	1,555
Mn (mg/L)	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,014	0,005	0,000	0,002	1,778	2,573
Fe (mg/L)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	<0,010	<0,010	0,010	<0,010	<0,010	0,046	<0,010	<0,100
Ba (mg/L)	0,242	0,166	0,184	0,051	0,043	0,060	0,058	0,072	0,157	0,137	0,103	0,192	0,012	0,011
Cu (mg/L)	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,004	0,002	0,029	0,065
Ni (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042	0,054
Br (mg/L)	0,070	0,075	0,081	0,055	0,050	0,079	0,077	0,157	0,083	0,080	0,315	0,176	0,366	0,428
Al (mg/L)	0,060	0,004	0,001	0,002	0,004	0,002	<0,001	0,011	0,009	0,005	0,001	0,044	14,296	31,874
As (mg/L)	0,000	0,001	0,001	0,003	0,005	0,001	0,002	0,003	0,012	0,012	0,004	0,004	0,002	<0,005
P (mg/L)	0,065	0,038	<0,020	<0,020	<0,020	0,022	<0,020	0,046	0,023	<0,020	<0,020	0,061	0,068	< 0,200
Zn (mg/L)	0,015	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,003	0,039	0,002	0,003	0,086	0,163
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002
O ₂ (mg/L)												5,82		
% Na	18,4	22,0	21,5	14,3	14,7	11,1	10,4	15,2	45,2	50,1	15,6	52,4	26,2	24,8
SAR	0,6	0,9	0,9	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	1,1	1,2	1,1	2,2	2,0	2,1
Sertlik (Fransız sertliği)	24,6	24,9	25,5	28,6	27,5	41,8	39,4	49,3	7,0	5,3	92,3	11,0	95,5	125,3
Σ _{katyon} (meq/L)	6,1	6,4	6,5	6,7	6,5	9,4	8,8	11,6	2,6	2,1	22,0	4,7	26,0	33,5
Σ _{anyon} (meq/L)	6,0	6,1	5,5	6,3	5,6	8,3	7,6	11,6	2,3	2,1	23,3	5,2	22,3	33,1
e (%)	0,6	2,9	8,6	3,2	6,9	6,5	7,4	0,3	5,4	1,4	-2,9	-5,7	7,6	0,6
TDS (mg/L)	331,6	305,9	470,1	343,9	467,9	692,9	634,1	628,7	165,7	163,3	1592,4	277,9	1326,3	1958,2
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-Na-HCO ₃	Ca-Mg-Na-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄	Na-Ca-HCO ₃ -Cl	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Na-Ca-HCO ₃ -Cl	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-Na-SO ₄ -HCO ₃

EK 1 (6/14)

Örnek no	K51*	K55	K56	K56	K56	K59	K60	K63*	K63*	K65	K66*	K66
Örnekleme tarihi	Nis.07	Şub.08	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Haz.08	Tem.07	Nis.07	Ağu.07	Haz.08	Nis.07	Haz.08
pH	7,09	6,57	6,46	6,17	6,53	4,76	5,12	4,29	4,50	7,13	7,13	7,29
T (°C)	14,5	13,2	20,7	12,7	19,2	16,7	22,0	13,6	27,6	29,0	14,8	17,6
Eh (mV)	-8,4	-42,5	57,4	96,0	49,6	236,9	132,4	140,8		202,0	-21,4	77,0
EC (µS/cm)	870	1297	862	736	779	640	653	131	117	713	1878	1791
Na (mg/L)	35,38	64,30	141,86	93,51	122,75	39,87	44,43	7,00	5,90	35,80	140,67	128,56
K (mg/L)	0,52	4,15	6,07	4,86	6,33	4,76	4,49	0,40	0,30	0,43	0,39	0,49
Ca (mg/L)	107,94	148,93	38,56	37,80	40,69	69,45	65,34	4,11	3,44	126,65	321,14	325,38
Mg (mg/L)	40,40	49,27	4,03	5,53	3,76	14,99	16,02	2,13	2,01	17,35	10,02	9,74
Cl (mg/L)	15	67	46	51	49	40	38	4	7	12	13	33
SO ₄ (mg/L)	10	280	225	229	169	159	267	29	14	36	312	397
HCO ₃ (mg/L)	520	369	122	31	145	95	12	10	11	480	870	679
SiO ₂ (mg/L)	15,2	59,4	37,8	57,4	36,2	64,5	65,5	10,6	14,0	24,3	28,8	32,8
B (mg/L)	0,006	0,111	0,711	0,397	0,668	0,121	0,111	<0,005	0,006	0,074	1,185	1,195
Li (mg/L)	0,003	0,053	0,190	0,179	0,219	0,033	0,026	0,002	0,003	0,008	0,101	0,116
Sr (mg/L)	0,354	1,711	0,539	0,562	0,588	0,612	0,565	0,032	0,030	0,576	2,734	2,720
Mn (mg/L)	0,003	0,562	0,276	0,175	0,271	0,197	0,179	0,022	0,026	0,005	0,506	0,465
Fe (mg/L)	0,033	1,232	0,394	0,095	0,517	0,037	0,023	0,032	<0,010	<0,010	0,025	<0,010
Ba (mg/L)	0,035	0,021	0,016	0,021	0,018	0,022	0,017	0,059	0,064	0,095	0,009	0,012
Cu (mg/L)	0,001	0,002	0,007	0,001	0,002	0,006	0,011	0,026	0,024	0,017	0,003	0,019
Ni (mg/L)	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,031	0,023	0,071	0,003	0,000	0,000	0,005
Br (mg/L)	0,179	0,237	0,151	0,198	0,157	0,143	0,113	0,028	0,028	0,049	0,139	0,156
Al (mg/L)	0,010	0,015	0,022	0,030	0,006	0,377	0,292	3,254	2,250	0,079	0,002	0,004
As (mg/L)	0,001	0,002	0,008	0,003	0,006	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,006	0,004
P (mg/L)	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,040	0,034	<0,020	<0,020	<0,020	0,025	<0,020	0,025
Zn (mg/L)	0,000	0,006	0,012	0,005	0,014	0,051	0,041	0,027	0,025	0,074	0,002	0,016
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)					1,42	3,33				3,19		2,52
% Na	15,1	20,2	73,7	64,2	70,2	28,3	30,9	45,3	44,0	16,8	26,7	24,8
SAR	0,7	1,2	5,8	3,8	4,9	1,1	1,3	0,7	0,6	0,8	2,1	1,9
Sertlik (Fransız sertliği)	43,6	57,4	11,3	11,7	11,7	23,5	22,9	1,9	1,7	38,7	84,2	85,2
Σ _{katyon} (meq/L)	10,3	14,5	8,6	6,6	7,9	6,6	6,6	0,7	0,6	9,3	23,1	22,7
Σ _{anyon} (meq/L)	9,2	13,8	8,0	6,7	7,3	6,0	6,8	0,9	0,7	9,0	21,1	20,3
e (%)	5,7	2,6	3,9	-1,0	4,2	4,6	-1,4	-12,7	-5,0	2,1	4,4	5,6
TDS (mg/L)	480,5	846,7	501,6	480,8	431,7	439,2	439,2	61,5	50,5	466,6	1141	1197,4
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃	Na-Ca-SO ₄ -Cl	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Na-SO ₄	Na-Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Na-Ca-Mg-SO ₄ -Cl-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄

EK 1 (7/14)

Örnek no	K71	K72*	K72*	K77*	K77*	K90*	K92	K93	K94	K107	K108	K109
Örnekleme tarihi	Haz.08	Nis.07	Ağu.07	Nis.07	Ağu.07	Ağu.07	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08
pH	7,34	5,77	4,29	6,06	6,07	4,10	6,85	6,31	5,66	6,95	6,77	7,02
T (°C)	30,2	12,7	17,0	10,3	18,5	12,6	6,9	13,7	11,0	9,5	10,9	10,1
Eh (mV)	216,7	56,4		39,1			98,0	129,0	164,0	130,0	1,8	187,0
EC (µS/cm)	874	155	116	196	197	105	360	1668	492	1460	1001	667
Na (mg/L)	54,32	10,65	7,00	14,48	13,40	4,20	13,61	77,02	31,63	78,58	31,33	19,31
K (mg/L)	1,03	1,60	1,00	1,38	1,40	0,90	1,01	98,04	9,21	2,97	2,23	0,43
Ca (mg/L)	133,60	13,49	5,36	18,65	18,79	4,50	51,55	123,72	35,68	131,53	133,32	86,51
Mg (mg/L)	27,77	3,21	1,50	3,26	3,20	1,14	7,53	40,46	10,73	65,39	57,41	27,20
Cl (mg/L)	32	2	6	7	8	6	12	150	45	134	43	28
SO ₄ (mg/L)	41	35	10	35	48	8	19	98	42	54	235	47
HCO ₃ (mg/L)	647	32	25	46	40	15	185	472	123	581	395	334
SiO ₂ (mg/L)	20,0	37,2	19,0	58,2	65,1	11,1	47,4	62,7	55,9	52,1	57,9	36,6
B (mg/L)	0,076	0,009	<0,005	0,008	0,005	0,042	0,056	0,402	0,202	0,038	0,021	0,016
Li (mg/L)	0,015	0,002	0,001	0,005	0,006	0,001	0,013	0,007	0,010	0,030	0,713	0,004
Sr (mg/L)	1,170	0,120	0,050	0,112	0,110	0,026	0,338	0,918	0,249	1,121	0,386	0,311
Mn (mg/L)	0,010	0,469	0,049	0,578	0,544	0,075	0,011	0,016	0,002	0,016	1,550	0,001
Fe (mg/L)	0,039	3,413	0,026	6,214	0,068	0,039	0,238	0,053	0,010	<0,010	0,253	0,015
Ba (mg/L)	0,065	0,042	0,056	0,038	0,031	0,052	0,033	0,265	0,102	0,082	0,017	0,014
Cu (mg/L)	0,026	0,001	0,008	0,000	0,001	0,027	0,003	0,004	0,008	0,004	0,002	0,001
Ni (mg/L)	0,011	0,002	0,003	0,004	0,003	0,002	0,000	0,002	0,002	0,001	0,003	0,000
Br (mg/L)	0,134	0,032	0,029	0,034	0,031	0,024	0,051	0,297	0,142	0,265	0,186	0,124
Al (mg/L)	0,006	0,022	1,543	0,003	<0,001	1,244	0,313	0,015	<0,019	0,048	0,049	0,063
As (mg/L)	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,003	0,017	0,001	0,002	0,002	0,002
P (mg/L)	<0,020	0,261	<0,020	0,545	<0,020	<0,020	0,042	3,077	0,244	0,303	<0,020	<0,020
Zn (mg/L)	0,115	0,022	0,016	0,051	0,040	0,050	0,011	0,008	0,043	0,011	0,024	0,006
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)	3,97											
% Na	21,1	35,0	45,8	35,7	34,0	39,2	16,2	38,1	37,7	22,6	11,1	11,5
SAR	1,1	0,7	0,7	0,8	0,8	0,5	0,5	1,5	1,2	1,4	0,6	0,5
Sertlik (Fransız sertliği)	44,8	4,7	2,0	6,0	6,0	1,6	16,0	47,5	13,3	59,7	56,9	32,8
Σ _{katyon} (meq/L)	11,4	1,6	0,7	2,1	1,8	0,5	3,8	15,4	4,3	15,5	13,0	7,4
Σ _{anyon} (meq/L)	12,4	1,3	0,8	1,7	1,9	0,6	3,8	14,0	4,2	14,4	12,6	7,2
e (%)	-4,2	8,9	-4,1	11,4	-0,9	-4,7	0,8	4,7	1,4	3,5	1,5	1,2
TDS (mg/L)	558,3	114,2	57,1	159,5	164,8	42	237,1	878,9	284,8	1101,4	958,3	579,6
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-HCO ₃	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Ca-HCO ₃	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -Cl	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-HCO ₃

EK 1 (8/14)

Örnek no	K109	K110	K110	K110	K119	K123	K124	K125	K125	K125	K126	K126	K127	K128	K129	K130
Örnekleme tarihi	Haz.08	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Şub.08	Haz.08	Tem.07	Tem.07	Şub.08	Haz.08	Tem.07	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08
pH	7,03	6,79	7,30	7,63	7,54	7,53	7,73	7,73	7,50	7,31	7,04	6,82	6,94	6,99	6,21	6,75
T (°C)	24,1	26,5	10,2	25,8	10,8	25,7	27,4	25,8	9,3	20,1	19,2	12,7	8,9	7,4	8,9	10,0
Eh (mV)	218,0	91,7	177,0	220,0	164,7	229,4	107,1	101,0	171,0	238,0	-34,2	-18,5	33,9	144,0	118,5	198,0
EC (µS/cm)	632	629	617	625	542	745	753	768	526	775	955	1142	991	198	333	351
Na (mg/L)	19,79	23,75	21,63	22,65	16,38	27,01	26,65	25,42	17,43	26,73	29,59	30,87	25,93	8,36	12,49	12,01
K (mg/L)	0,40	0,65	0,45	0,45	0,14	0,29	0,54	0,40	0,30	0,27	0,93	0,98	0,58	0,53	1,45	0,49
Ca (mg/L)	90,78	81,49	89,17	98,89	83,72	126,86	93,43	112,80	77,24	138,31	129,76	162,28	144,70	19,55	33,22	40,77
Mg (mg/L)	26,06	17,70	17,27	17,24	9,98	25,24	22,73	20,30	13,72	23,04	34,87	43,76	36,87	7,66	11,88	12,32
Cl (mg/L)	18	8	11	9	15	22	27	22	15	16	37	41	25	7	27	15
SO ₄ (mg/L)	28	10	17	10	13	16	26	37	21	25	153	188	190	24	32	33
HCO ₃ (mg/L)	376	338	370	470	302	503	384	379	295	549	400	437	397	73	106	136
SiO ₂ (mg/L)	31,9	33,7	40,5	29,5	25,7	22,8	27,7	21,3	24,5	16,3	40,9	52,6	38,6	28,7	53,0	38,4
B (mg/L)	0,015	0,008	0,015	0,014	0,017	0,024	0,031	0,016	0,015	0,015	0,021	0,024	0,016	0,012	0,013	0,034
Li (mg/L)	0,004	0,008	0,008	0,008	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,034	0,042	0,028	0,004	0,030	0,021
Sr (mg/L)	0,262	0,416	0,390	0,396	0,370	0,587	0,541	0,402	0,279	0,392	0,578	0,669	0,586	0,105	0,099	0,122
Mn (mg/L)	0,002	0,007	0,000	0,001	0,001	0,001	0,004	0,007	0,002	0,002	1,230	2,305	0,592	0,087	0,890	0,069
Fe (mg/L)	0,040	0,051	0,024	0,057	0,017	0,028	0,020	<0,010	0,050	<0,010	0,515	1,110	0,181	0,220	0,123	0,059
Ba (mg/L)	0,009	0,013	0,015	0,015	0,095	0,024	0,022	0,065	0,069	0,090	0,030	0,034	0,032	0,021	0,052	0,030
Cu (mg/L)	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,005	0,003	0,003	0,003	0,010	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004
Ni (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000
Br (mg/L)	0,085	0,037	0,046	0,039	0,086	0,094	0,107	0,100	0,057	0,082	0,136	0,164	0,103	0,029	0,107	0,066
Al (mg/L)	0,023	0,023	0,057	0,016	0,059	0,010	0,023	0,010	0,061	0,008	0,013	0,046	0,038	0,284	0,059	0,323
As (mg/L)	0,004	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,012	0,010	0,002	0,001	0,003	0,001
P (mg/L)	0,031	0,020	<0,020	0,033	0,025	<0,020	<0,020	0,020	<0,020	<0,020	0,027	<0,020	<0,020	<0,020	0,028	<0,020
Zn (mg/L)	0,009	0,010	0,007	0,004	0,006	0,006	0,010	0,006	0,011	0,006	0,210	0,454	0,015	0,053	0,061	0,043
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)	2,80			6,59		4,79				5,52						
% Na	11,5	16,0	14,0	13,6	12,5	12,3	15,2	13,3	13,3	11,7	12,3	10,5	10,0	19,0	18,0	14,9
SAR	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4
Sertlik (Fransız sertliği)	33,4	27,6	29,4	31,8	25,0	42,0	32,7	36,5	24,9	44,0	46,7	58,5	51,3	8,0	13,2	15,2
Σkatyon (meq/L)	7,6	6,6	6,8	7,4	5,7	9,6	7,7	8,4	5,8	10,0	10,7	13,2	11,4	2,0	3,3	3,6
Σanyon (meq/L)	7,3	6,0	6,7	8,2	5,6	9,2	7,6	7,6	5,7	10,0	10,8	12,2	11,2	1,9	3,2	3,3
e (%)	2,0	4,9	0,8	-5,2	0,7	2,2	0,8	5,1	0,5	0,0	-0,2	3,8	1,2	2,7	1,5	3,7
TDS (mg/L)	400,9	335,3	363,1	379,2	306,4	488	404,4	618,8	306,1	500,1	613,7	961,3	652,2	129,8	278,5	288,7
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Ca-Mg-HCO ₃

EK 1 (9/14)

Örnek no	K130	K131	K132	K132	K133	K133	K136	K170	K171*	K171	K172	K173	K174*	Sk01	Sk01	Sk01
Örnekleme tarihi	Haz.08	Tem.07	Tem.07	Haz.08	Tem.07	Haz.08	Tem.07	Haz.08	Nis.07	Haz.08	Haz.08	Haz.08	Nis.07	Tem.07	Şub.08	Haz.08
pH	7,55	7,54	7,81	6,42	7,45	7,38	8,34	6,80	7,81	7,93	7,39	7,76	6,71	7,51	7,52	7,44
T (°C)	19,3	23,0	29,3	33,1	18,7	16,2	22,8	21,2	14,1	24,0	18,1	21,9	12,4	17,5	19,1	22,4
Eh (mV)	220,8	119,4	100,3	193,8	128,3	237,8	78,0	260,0	-60,0	221,1	243,7	230,6	2,6	125,0	77,4	234,0
EC (µS/cm)	681	678	640	628	472	458	364	627	483	484	453	518	401	635	700	618
Na (mg/L)	16,23	19,48	26,59	28,28	18,99	17,93	15,18	25,60	9,24	9,30	6,48	8,55	8,16	47,64	90,94	48,12
K (mg/L)	0,47	0,88	1,01	0,95	0,69	0,75	1,27	1,17	0,64	0,76	0,78	0,21	0,17	0,85	0,94	0,71
Ca (mg/L)	114,04	105,70	86,75	106,33	70,34	75,27	36,78	91,09	20,58	24,10	45,72	43,20	27,87	58,86	36,49	62,33
Mg (mg/L)	23,18	14,50	15,55	15,73	10,31	10,20	14,09	19,23	53,99	59,29	37,80	57,35	39,72	22,27	14,55	21,04
Cl (mg/L)	28	10	15	18	11	13	27	17	5	6	11	8	10	47	66	49
SO ₄ (mg/L)	79	73	67	68	15	17	41	126	13	27	9	12	14	15	42	18
HCO ₃ (mg/L)	387	327	307	331	254	287	113	223	320	310	329	381	244	279	252	338
SiO ₂ (mg/L)	37,1	22,6	29,7	29,0	22,6	20,8	47,2	39,9	45,3	30,8	20,2	33,1	43,8	30,8	45,1	30,7
B (mg/L)	0,027	0,015	0,011	0,015	<0,005	0,007	<0,005	0,014	0,034	0,044	<0,005	0,019	0,015	0,026	0,045	0,032
Li (mg/L)	0,063	0,023	0,024	0,026	0,009	0,010	0,035	0,029	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,003	0,011	0,004
Sr (mg/L)	0,150	0,479	0,500	0,548	0,371	0,360	0,092	0,362	0,077	0,078	0,107	0,105	0,061	0,316	0,202	0,294
Mn (mg/L)	0,122	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	1,349	0,096	0,001	0,001	0,001	0,002	0,006	0,006	0,009	0,003
Fe (mg/L)	0,061	<0,010	0,044	0,157	0,019	0,099	1,370	0,064	0,024	<0,010	0,028	<0,010	<0,010	0,059	0,136	<0,010
Ba (mg/L)	0,015	0,008	0,008	0,027	0,029	0,033	0,049	0,021	0,002	0,004	0,004	0,007	0,001	0,034	0,032	0,038
Cu (mg/L)	0,011	0,003	0,003	0,008	0,001	0,005	0,002	0,014	0,001	0,008	0,011	0,007	0,000	0,002	0,006	0,002
Ni (mg/L)	0,005	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001	0,003	0,003	0,002	0,005	0,021	0,018	0,022	0,000	0,000	0,026
Br (mg/L)	0,117	0,039	0,061	0,067	0,056	0,062	0,097	0,069	0,053	0,042	0,036	0,038	0,046	0,164	0,266	0,189
Al (mg/L)	0,025	0,014	0,061	0,035	0,015	0,104	0,014	0,006	0,022	0,008	0,022	0,003	0,009	0,055	0,127	0,017
As (mg/L)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,002	0,002	0,001	0,004	0,000	0,001	0,001	0,001
P (mg/L)	0,028	<0,020	0,023	0,034	<0,020	0,039	0,184	0,022	<0,020	<0,020	0,025	<0,020	<0,020	0,079	0,076	0,093
Zn (mg/L)	0,036	0,008	0,005	0,003	0,005	0,003	0,066	0,009	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,006	0,015	0,005
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)	5,75			6,06		6,18		6,01		5,25	5,23	5,83				2,58
% Na	8,6	11,9	17,4	16,0	16,2	14,8	18,8	15,7	7,1	6,5	5,3	5,2	7,2	30,5	56,9	30,4
SAR	0,4	0,5	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,3	3,2	1,3
Sertlik (Fransız sertliği)	38,0	32,3	28,0	33,0	21,8	23,0	15,0	30,6	27,3	30,4	27,0	34,4	23,3	23,8	15,1	24,2
Σkatyon (meq/L)	8,3	7,4	6,8	7,9	5,2	5,4	3,8	7,3	5,9	6,5	5,7	7,3	5,0	6,9	7,0	7,0
Σanyon (meq/L)	8,8	7,2	6,8	7,3	4,8	5,4	3,5	6,8	5,7	5,8	5,9	6,7	4,6	6,2	6,9	7,3
e (%)	-2,6	1,3	-0,3	3,5	4,4	-0,2	4,5	3,8	2,0	5,7	-1,7	3,8	4,7	5,0	1,0	-2,4
TDS (mg/L)	483	395,1	368,7	428,8	270,6	289,1	298,8	445,8	304,1	472,7	292,6	549,4	388	356,9	361,3	367,2
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-HCO ₃ -SO ₄	Ca-HCO ₃ -SO ₄	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Mg-HCO ₃	Mg-HCO ₃	Mg-Ca-HCO ₃	Mg-Ca-HCO ₃	Mg-Ca-HCO ₃	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -Cl	Na-Ca-HCO ₃ -Cl	Ca-Na-Mg-HCO ₃

EK 1 (10/14)

Örnek no	Sk02*	Sk02*	Sk03	Sk03	Sk06	Sk07	Sk08	Sk09	Sk10	Sk22***3	Sk23***5	Sk25***2	Sk26***4	Sk27***1
Örnekleme tarihi	Nis.07	Ağu.07	Şub.08	Haz.08	Haz.08	Haz.08	Haz.08	Şub.08	Şub.08	Mar.01	Haz.04	Tem.01	May.01	Şub.01
pH	7,21	7,26	8,17	8,63	7,26	7,43	6,80	6,74	6,75	7,58	7,26	7,48	7,79	7,40
T (°C)	17,4	18,9	16,0	24,6	22,2	22,0	18,2	15,5	15,9			13,8		14,3
Eh (mV)	-16,6		146,2	142,5	22,2	-64,0	177,0	179,0	123,0					
EC (µS/cm)	767	655	1340	1321	1140	3440	913	574	956	618	1614	733	612	864
Na (mg/L)	38,34	35,10	293,07	313,43	82,03	583,25	56,77	21,02	41,09	19,08	109,89	33,80	17,47	30,00
K (mg/L)	2,93	2,90	1,19	1,97	4,18	16,15	21,20	1,96	1,99	1,17	8,99	3,80	1,17	2,20
Ca (mg/L)	92,97	84,81	6,50	3,86	114,25	249,68	108,27	72,78	128,49	86,57	120,04	102,20	70,14	108,60
Mg (mg/L)	24,37	20,89	0,48	0,34	53,56	41,84	21,80	14,32	20,55	22,00	63,08	25,30	29,78	32,10
Cl (mg/L)	10	28	106	137	61	106	50	17	51	23	216	22	24	35
SO ₄ (mg/L)	137	96	40	47	86	1021	196	69	78	46	13	38	26	80
HCO ₃ (mg/L)	350	253	567	555	555	847	233	214	385	328	628	284	331	308
SiO ₂ (mg/L)	24,2	27,0	20,6	19,4	40,1	12,0	39,7	31,2	55,5			<1,000		<1,000
B (mg/L)	0,105	0,075	0,300	0,506	0,157	0,670	0,259	0,067	0,078		0,14			
Li (mg/L)	0,004	0,004	0,060	0,081	0,098	0,646	0,085	0,014	0,008					
Sr (mg/L)	0,434	0,383	0,082	0,071	2,067	2,144	0,840	0,338	0,779					
Mn (mg/L)	0,008	0,006	0,019	0,012	0,058	2,936	0,009	0,001	0,002			0,000		0,000
Fe (mg/L)	0,086	<0,010	0,012	0,118	0,503	3,349	<0,010	0,058	0,024			0,000		0,000
Ba (mg/L)	0,141	0,117	0,023	0,035	0,041	0,018	0,068	0,102	0,049					
Cu (mg/L)	0,002	0,002	0,011	0,013	0,002	0,022	0,003	0,002	0,003					
Ni (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	<0,002	0,000	0,000	0,003					
Br (mg/L)	0,094	0,083	0,394	0,471	0,241	0,305	0,180	0,066	0,186					
Al (mg/L)	0,006	0,001	0,050	0,892	0,047	0,032	0,009	0,023	0,016			0,000		0,000
As (mg/L)	0,002	0,002	0,024	0,030	0,010	<0,005	0,013	0,001	0,002					
P (mg/L)	0,059	<0,020	<0,020	0,038	0,030	0,210	0,379	0,039	0,025					
Zn (mg/L)	0,002	0,001	0,010	0,011	0,064	0,064	0,014	0,096	0,124					
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
O ₂ (mg/L)				2,38	2,74	1,60	4,90							
% Na	20,8	21,2	97,2	98,4	26,7	61,9	29,5	16,7	18,5	12,3	30,9	17,9	11,7	14,4
SAR	0,9	0,9	29,9	41,1	1,6	9,0	1,3	0,6	0,9	0,5	2,0	0,8	0,4	0,7
Sertlik (Fransız sertliği)	33,2	29,8	1,8	1,1	50,5	79,5	36,0	24,1	40,5	30,7	55,9	35,9	29,8	40,3
Σ _{kasyon} (meq/L)	8,4	7,6	13,2	13,9	13,9	42,1	10,2	5,8	10,0	7,0	16,2	8,7	6,7	9,4
Σ _{anyon} (meq/L)	8,9	6,9	13,1	13,9	12,6	38,1	9,3	5,4	9,4	7,0	16,7	6,1	6,6	7,7
e (%)	-2,7	4,4	0,1	-0,1	4,7	4,9	4,8	3,2	3,0	0,0	-1,5	18,1	0,7	10,0
TDS (mg/L)	444,5	413,9	468,8	527,7	696,7	2041,9	594	329,3	762,9	353,3	1209,5	441,9	331,3	552,3
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄	Na-HCO ₃ -Cl	Na-HCO ₃ -Cl	Ca-Mg-Na-HCO ₃	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃

EK 1 (11/14)

Örnek no	Kk01	Kk02	Kk07	Kk09	Kk11	Kk12	Kk18	Kk18	Kk20	Kk21	Kk25	Kk25	Kk29	Kk30	Kk32
Örnekleme tarihi	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Tem.07	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Haz.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08
pH	7,43	7,48	6,88	7,33	7,05	6,92	6,74	6,63	7,95	7,06	6,68	7,15	7,40	7,65	7,38
T (°C)	12,7	10,7	12,1	8,3	11,2	12,5	17,6	13,2	10,7	9,9	10,6	18,8	9,2	13,7	13,2
Eh (mV)	188,0	187,3	104,7	142,0	90,4	111,0	140,0	168,6	141,0	152,5	105,0	-21,0	141,0	163,7	101,0
EC (µS/cm)	2110	999	1876	671	1643	2230	875	743	1537	1036	191	240	1648	738	644
Na (mg/L)	67,50	51,57	63,38	14,39	149,95	189,20	61,12	49,66	198,82	83,15	22,16	28,81	186,70	21,59	98,80
K (mg/L)	88,79	4,13	48,57	2,09	3,90	5,64	3,66	5,69	8,22	10,20	2,98	3,57	5,39	60,12	2,36
Ca (mg/L)	252,37	105,51	183,20	75,99	115,18	217,25	108,42	80,29	102,81	108,82	13,69	19,74	109,00	72,70	24,47
Mg (mg/L)	38,31	35,36	78,38	28,42	49,72	54,93	15,10	11,24	14,91	14,43	3,19	3,82	19,55	15,13	7,61
Cl (mg/L)	159	65	201	27	152	286	49	61	235	89	7	10	379	28	48
SO ₄ (mg/L)	82	33	96	29	99	390	34	29	61	40	10	5	82	60	19
HCO ₃ (mg/L)	798	458	644	316	560	450	390	310	441	461	95	161	240	315	275
SiO ₂ (mg/L)	61,8	41,9	31,8	22,1	67,3	67,4	37,4	36,7	42,0	53,8	21,1	15,8	39,2	38,4	40,4
B (mg/L)	0,103	0,032	0,068	0,023	0,048	0,122	0,069	0,082	0,161	0,880	0,048	0,055	0,143	0,123	0,188
Li (mg/L)	0,007	0,001	0,005	0,003	0,016	0,064	0,009	0,009	0,029	0,012	0,005	0,007	0,059	0,008	0,078
Sr (mg/L)	1,383	0,850	0,510	0,198	1,685	2,584	0,921	0,658	1,254	1,160	0,107	0,135	1,107	0,550	0,713
Mn (mg/L)	0,001	0,001	0,003	0,002	0,118	0,019	0,005	0,005	0,002	0,003	0,011	0,472	0,002	0,001	0,006
Fe (mg/L)	0,128	0,054	0,154	<0,010	0,041	0,097	<0,010	0,016	0,014	0,035	0,381	1,721	0,032	<0,010	<0,010
Ba (mg/L)	0,103	0,135	0,160	0,194	0,075	0,078	0,389	0,277	0,170	0,264	0,106	0,138	0,188	0,127	0,176
Cu (mg/L)	0,040	0,009	0,005	0,010	0,003	0,004	0,009	0,008	0,009	0,025	0,012	0,012	0,016	0,026	0,001
Ni (mg/L)	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
Br (mg/L)	0,350	0,232	0,381	0,083	0,360	0,869	0,142	0,140	0,748	0,254	0,056	0,065	1,415	0,093	0,186
Al (mg/L)	0,202	0,187	0,045	0,054	0,018	0,015	0,006	0,047	0,172	0,030	0,029	0,051	0,035	0,014	0,013
As (mg/L)	0,011	0,002	0,006	0,001	0,006	0,008	0,004	0,006	0,022	0,016	0,004	0,014	0,029	0,041	0,016
P (mg/L)	1,852	0,413	1,413	<0,020	0,118	0,027	0,229	0,421	0,900	1,058	0,060	0,197	0,282	1,076	0,025
Zn (mg/L)	0,026	0,017	0,011	0,024	0,007	0,007	0,025	0,022	0,013	0,033	0,016	0,027	0,021	0,020	0,008
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)												1,50			
% Na	24,9	22,3	20,4	10,0	40,2	35,3	29,3	31,9	58,2	36,9	52,4	50,9	54,0	33,7	70,2
SAR	1,0	1,1	1,0	0,4	2,9	3,0	1,5	1,4	4,9	2,0	1,4	1,6	4,3	0,6	4,5
Sertlik (Fransız sertliği)	78,7	40,9	78,0	30,7	49,2	76,8	33,3	24,7	31,8	33,1	4,7	6,5	35,2	24,4	9,2
Σkatyon (meq/L)	21,0	10,5	19,6	6,8	16,5	23,8	9,4	7,3	15,3	10,5	2,0	2,7	15,3	7,4	6,2
Σanyon (meq/L)	19,3	10,0	18,2	6,5	15,5	23,6	8,5	7,4	15,1	10,9	2,0	3,0	16,3	7,2	6,3
e (%)	4,3	2,5	3,7	2,1	3,1	0,5	5,3	-1,0	0,4	-1,7	1,0	-5,2	-3,2	1,1	-0,2
TDS (mg/L)	1551,9	563	1349	515,5	872,8	1431,5	488,8	405,1	818,8	576,7	103,1	127	1064,1	406,7	285,6
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-HCO ₃ -Cl	Ca-Mg-Na-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl	Ca-Mg-HCO ₃	Na-Ca-Mg-HCO ₃ -Cl	Ca-Na-SO ₄ -Cl-HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃ -Cl	Na-Ca-HCO ₃ -Cl	Ca-Na-HCO ₃ -Cl	Na-Ca-HCO ₃	Na-Ca-HCO ₃	Na-Ca-Cl-HCO ₃	Ca-K-HCO ₃	Na-HCO ₃ -Cl

EK 1 (12/14)

Örnek no	Kk33*	Kk33*	Kk34*	Kk34*	Kk40*	Kk40*	Kk45*	Kk45*	Kk46	Kk47	Kk49	Kk52	Kk52	Kk53
Örnekleme tarihi	Nis.07	Ağu.07	Nis.07	Ağu.07	Nis.07	Ağu.07	Nis.07	Ağu.07	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Haz.08	Şub.08
pH	7,22	7,17	7,03	6,99	7,24	7,43	7,25	7,24	7,57	6,79	7,25	7,80	7,12	7,11
T (°C)	15,0	24,0	17,1	21,3	14,6	22,4	13,1	18,5	10,4	14,1	12,3	10,4	16,8	16,1
Eh (mV)	-16,9		-5,9		-18,1		-18,5		212,2	178,0	167,0	193,0	-100,7	138,0
EC (µS/cm)	1303	1241	1182	1136	1045	1092	1020	1080	1043	3100	3007	743	1555	581
Na (mg/L)	92,53	88,60	51,33	48,10	56,93	60,80	80,27	82,20	83,79	127,43	265,87	76,41	158,62	17,44
K (mg/L)	1,12	1,00	2,41	2,70	3,66	4,70	4,78	6,10	3,19	38,57	40,40	6,23	7,65	81,09
Ca (mg/L)	159,70	156,20	164,92	173,74	142,44	155,86	124,33	130,94	84,28	314,58	280,74	59,55	149,02	48,11
Mg (mg/L)	35,62	32,95	34,75	37,44	30,86	34,16	27,87	29,40	30,62	107,98	54,17	9,46	21,31	8,02
Cl (mg/L)	27	69	20	51	17	54	19	60	149	491	439	41	92	22
SO ₄ (mg/L)	240	252	194	248	229	295	191	257	40	190	350	98	345	21
HCO ₃ (mg/L)	488	342	488	371	342	300	390	310	313	810	639	241	298	294
SiO ₂ (mg/L)	29,2	38,1	31,0	35,2	20,0	27,1	19,1	24,7	31,7	68,4	74,8	41,1	32,0	54,3
B (mg/L)	0,137	0,151	0,106	0,130	0,214	0,353	0,269	0,337	0,073	0,238	0,111	0,035	0,078	0,097
Li (mg/L)	0,010	0,012	0,010	0,011	0,036	0,044	0,018	0,021	0,048	0,200	0,099	0,066	0,159	0,009
Sr (mg/L)	1,170	1,147	0,829	0,814	0,936	1,020	0,784	0,832	1,114	4,435	2,126	0,564	1,172	0,177
Mn (mg/L)	0,002	0,004	0,224	0,004	0,260	0,002	0,002	0,000	0,004	0,017	0,006	0,003	0,429	0,159
Fe (mg/L)	0,010	0,109	0,460	0,173	<0,010	<0,010	<0,010	0,021	<0,010	0,159	0,041	0,046	0,044	0,710
Ba (mg/L)	0,044	0,037	0,095	0,095	0,080	0,081	0,038	0,040	0,177	0,094	0,043	0,075	0,096	0,032
Cu (mg/L)	0,014	0,009	0,004	0,005	0,037	0,004	0,020	0,007	0,012	0,056	0,007	0,026	0,015	0,004
Ni (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,004	0,002	0,000	0,004	0,001
Br (mg/L)	0,184	0,179	0,135	0,124	0,156	0,169	0,172	0,194	0,408	0,999	0,669	0,134	0,352	0,100
Al (mg/L)	0,009	0,001	0,160	<0,001	0,007	0,001	0,010	0,003	0,031	0,091	0,020	0,033	0,046	0,062
As (mg/L)	0,001	0,001	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,006	0,022	0,032	0,157	0,162	0,041
P (mg/L)	0,046	<0,020	0,147	0,022	0,036	<0,020	0,037	<0,020	0,268	1,051	0,618	0,803	0,898	2,861
Zn (mg/L)	0,039	0,005	0,014	0,003	0,035	0,002	0,031	0,002	0,015	0,074	0,018	0,014	0,026	0,015
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)													4,03	
% Na	27,1	27,0	17,1	15,5	21,0	20,7	29,8	29,4	35,7	21,0	40,6	48,2	43,6	48,1
SAR	1,7	1,7	0,9	0,9	1,1	1,1	1,7	1,7	2,0	1,6	3,8	2,4	3,2	0,6
Sertlik (Fransız sertliği)	54,5	52,5	55,4	58,8	48,2	52,9	42,5	44,8	33,6	122,9	92,3	18,7	45,9	15,3
Σkatyon (meq/L)	15,0	14,4	13,4	13,9	12,3	13,4	12,1	12,7	10,5	31,2	31,1	7,3	16,4	5,9
Σanyon (meq/L)	13,7	12,8	12,6	12,7	10,8	12,6	10,9	12,1	10,2	31,1	30,2	7,1	14,7	5,9
e (%)	4,3	5,9	3,2	4,7	6,1	3,1	5,3	2,3	1,5	0,2	1,6	0,8	5,4	0,4
TDS (mg/L)	763,6	797,3	711,8	968,5	647,9	766,7	603,2	699,8	737,7	2155,6	2147,7	385	873,3	334,9
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-Na-Mg-HCO3-SO4	Ca-Na-HCO3-SO4	Ca-Mg-HCO3-SO4	Ca-Mg-HCO3-SO4	Ca-Mg-Na-HCO3-SO4	Ca-Mg-Na-SO4-HCO3	Ca-Na-HCO3-SO4	Ca-Na-SO4-HCO3	Ca-Na-Mg-HCO3-Cl	Ca-Mg-Cl-HCO3	Ca-Na-Cl-HCO3-SO4	Na-Ca-HCO3-SO4	Ca-Na-SO4-HCO3	Ca-K-HCO3

EK 1 (13/14)

Örnek no	Kk54	Kk56	Kk58	Kk63	Kk65*	Kk65*	Kk71	Kk79	Kk89	Kk98	Kk105	Kk105
Örnekleme tarihi	Şub.08	Haz.08	Şub.08	Şub.08	Nis.07	Ağu.07	Tem.07	Şub.08	Tem.07	Şub.08	Tem.07	Şub.08
pH	7,50	7,18	6,82	5,68	7,79	7,36	4,30	7,30	7,78	7,58	6,69	6,49
T (°C)	10,8	19,6	11,7	13,5	13,5	20,0	20,7	11,4	19,9	12,8	17,0	11,5
Eh (mV)	163,0	120,4	120,0	175,0	-59,0		237,0		123,0	133,0	94,3	180,0
EC (µS/cm)	1264	1839	2420	440	1038	1114	911	1151	871	1202	1479	1501
Na (mg/L)	62,35	104,43	171,60	32,09	77,70	82,10	80,19	45,27	85,13	72,01	54,56	52,75
K (mg/L)	18,38	16,00	51,66	10,81	36,39	34,40	11,26	93,51	1,71	2,70	1,40	1,19
Ca (mg/L)	126,60	235,26	232,58	30,81	112,06	129,71	83,85	110,50	66,75	113,23	195,10	195,76
Mg (mg/L)	53,72	98,02	37,83	8,25	22,83	27,18	16,15	23,95	27,86	53,80	60,28	59,66
Cl (mg/L)	86	97	364	41	27	78	41	67	77	80	75	86
SO ₄ (mg/L)	235	498	196	72	132	125	368	120	74	75	476	300
HCO ₃ (mg/L)	378	621	531	68	439	450	5	424	314	540	328	463
SiO ₂ (mg/L)	37,8	33,6	37,4	53,9	32,2	41,6	87,0	36,7	28,6	56,4	42,8	57,5
B (mg/L)	0,196	0,508	0,461	0,073	0,264	0,342	0,276	0,206	0,074	0,033	0,016	0,210
Li (mg/L)	0,285	0,818	0,054	0,021	0,037	0,051	0,097	0,012	0,006	0,027	0,018	0,019
Sr (mg/L)	2,756	3,707	1,310	0,217	0,782	0,970	0,599	0,625	0,532	1,032	0,417	0,433
Mn (mg/L)	0,001	0,194	0,001	0,011	0,014	0,851	0,803	0,002	0,011	0,007	0,414	0,186
Fe (mg/L)	0,011	<0,010	0,070	0,024	0,015	0,250	0,920	<0,010	0,046	0,036	0,252	0,089
Ba (mg/L)	0,031	0,048	0,066	0,065	0,063	0,085	0,020	0,059	0,078	0,101	0,015	0,092
Cu (mg/L)	0,014	0,012	0,018	0,008	0,031	0,015	0,058	0,016	0,031	0,009	0,012	0,052
Ni (mg/L)	0,000	0,002	0,001	0,004	0,002	0,001	0,015	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
Br (mg/L)	0,230	0,383	0,238	0,127	0,142	0,156	0,144	0,175	0,218	0,163	0,157	0,191
Al (mg/L)	0,021	0,009	0,023	0,025	0,013	0,002	1,044	0,014	0,024	0,069	0,354	0,065
As (mg/L)	0,050	0,117	0,033	0,007	0,036	0,046	0,010	0,014	0,005	0,004	0,001	0,001
P (mg/L)	0,592	0,180	0,849	0,124	0,394	0,145	<0,020	0,410	0,097	0,121	0,099	0,041
Zn (mg/L)	0,021	0,061	0,034	0,076	0,049	0,003	0,145	0,032	0,035	0,022	0,028	0,060
Zr (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)		2,04										
% Na	22,9	20,0	37,4	43,0	36,6	33,8	40,7	36,8	40,0	24,1	14,1	13,7
SAR	1,2	1,4	2,8	1,3	1,7	1,7	2,1	1,0	2,2	1,4	0,9	0,8
Sertlik (Fransız sertliği)	53,7	99,0	73,6	11,1	37,4	43,5	27,6	37,4	28,1	50,4	73,5	73,4
Σkatyon (meq/L)	14,0	25,0	23,5	3,9	11,8	13,2	9,4	11,9	9,4	13,3	17,1	17,0
Σanyon (meq/L)	13,5	23,3	23,1	3,8	10,7	12,2	8,9	11,3	8,9	12,7	17,4	16,3
e (%)	1,8	3,5	1,1	1,6	4,9	4,1	2,6	2,3	2,9	2,5	-0,7	2,3
TDS (mg/L)	799,4	1373,4	2085,5	271,2	584	704,1	691,5	648,1	484,6	710,2	1050,3	1217,2
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Na-Cl-HCO ₃	Ca-Na-SO ₄ -Cl-HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Na-SO ₄	Ca-K-HCO ₃ -SO ₄	Na-Ca-Mg-HCO ₃ -Cl	Ca-Mg-Na-HCO ₃	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄

EK 1 (14/14)

Örnek no	D01*	D01*	D02	D05	D09	D10	Ka01	Ka02
Örnekleme tarihi	Nis.07	Ağu.07	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08	Şub.08
pH	8,53	8,18	7,66	7,93	8,03	7,33	6,30	6,99
T (°C)	16,1	30,8	8,9	9,9	8,2	6,7	7,9	9,9
Eh (mV)	-92,0	-66,0	75,0	104,9	63,0	176,0	258,5	271,5
EC (µS/cm)	848	2700	384	409	318	291	26	25
Na (mg/L)	73,75	505,04	19,30	10,48	17,50	12,73	1,89	2,08
K (mg/L)	3,60	9,35	2,40	1,79	3,19	3,41	0,95	0,26
Ca (mg/L)	86,88	120,71	40,00	49,43	31,19	31,69	2,58	1,79
Mg (mg/L)	25,41	35,76	11,80	19,53	8,81	8,51	0,51	0,41
Cl (mg/L)	27	52	14	13	21	15	3	3
SO ₄ (mg/L)	189	870	41	15	36	34	4	2
HCO ₃ (mg/L)	390	532	156	475	205	198	6	6
SiO ₂ (mg/L)	9,5	24,8	20,9	15,6	12,7	18,1	1,3	0,5
B (mg/L)	0,048	0,047	0,092	0,040	0,041	0,032	0,005	0,013
Li (mg/L)	0,022	0,053	0,007	0,002	0,013	0,006	0,001	0,000
Sr (mg/L)	0,587	1,437	0,243	0,229	0,216	0,195	0,012	0,008
Mn (mg/L)	0,289	0,000	0,075	0,014	0,045	0,128	0,017	0,006
Fe (mg/L)	0,265	<0,100	0,260	0,103	0,076	0,257	0,187	0,016
Ba (mg/L)	0,060	0,058	0,045	0,043	0,054	0,043	0,005	0,003
Cu (mg/L)	0,003	0,020	0,004	0,008	0,004	0,005	0,009	0,003
Ni (mg/L)	0,001	<0,002	0,002	0,001	0,000	0,002	0,024	0,000
Br (mg/L)	0,099	0,283	0,005	0,041	0,071	0,047	0,006	0,012
Al (mg/L)	0,147	<0,010	0,209	0,103	0,076	0,328	0,075	0,031
As (mg/L)	0,004	<0,005	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003
P (mg/L)	0,168	<0,200	0,083	0,243	0,040	<0,020	<0,020	<0,020
Zn (mg/L)	0,011	0,012	0,011	0,012	0,007	0,018	0,033	0,017
Zr (mg/L)	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cd (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ (mg/L)								
% Na	33,9	71,2	23,3	11,0	27,0	21,9	38,4	44,2
SAR	1,8	10,4	0,7	0,3	0,7	0,5	0,3	0,4
Sertlik (Fransız sertliği)	32,1	44,8	14,8	20,4	11,4	11,4	0,9	0,6
Σkatyon (meq/L)	9,8	31,2	3,9	4,6	3,1	2,9	0,3	0,2
Σanyon (meq/L)	11,1	28,3	3,8	8,5	4,7	4,4	0,3	0,2
e (%)	-6,4	4,9	1,1	-29,7	-20,0	-19,6	3,4	-0,8
TDS (mg/L)	491,5	1619,50	213,8	238,5	177	171,7	17,2	12,6
Su Tipi (iyon>%20)	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄	Ca-Mg-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Na-Ca-HCO ₃ -Cl

EK 2

SICAK SU KAYNAKLARI VE SONDAJLARININ BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN KORELASYONLARI

EK 2 Sıcak su kaynakları ve sondajları

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	SiO ₂	B	Li	Sr	As	Mn	Br	pH	T	EC
Na	1,00	0,66	0,36	0,48	0,76	0,82	0,87	-0,74	0,83	0,80	0,37	0,58	0,47	0,67	-0,63	-0,46	0,89
K		1,00	0,75	0,64	0,75	0,85	0,68	-0,54	0,72	0,90	0,76	0,12	0,85	0,77	-0,85	-0,07	0,74
Ca			1,00	0,81	0,67	0,76	0,48	-0,25	0,57	0,68	0,97	-0,37	0,68	0,68	-0,65	0,35	0,58
Mg				1,00	0,86	0,71	0,54	-0,54	0,78	0,65	0,80	-0,09	0,47	0,85	-0,65	-0,02	0,71
Cl					1,00	0,82	0,69	-0,63	0,97	0,84	0,72	0,24	0,46	0,97	-0,72	-0,17	0,87
SO ₄						1,00	0,75	-0,60	0,83	0,89	0,75	0,17	0,67	0,78	-0,75	-0,11	0,86
HCO ₃							1,00	-0,65	0,72	0,83	0,52	0,47	0,68	0,69	-0,73	-0,42	0,85
SiO ₂								1,00	-0,69	-0,56	-0,20	-0,61	-0,36	-0,57	0,53	0,61	-0,71
B									1,00	0,83	0,61	0,36	0,42	0,93	-0,67	-0,29	0,87
Li										1,00	0,72	0,26	0,78	0,86	-0,89	-0,19	0,88
Sr											1,00	-0,32	0,66	0,75	-0,68	0,35	0,62
As												1,00	-0,10	0,20	-0,12	-0,76	0,35
Mn													1,00	0,51	-0,83	-0,03	0,59
Br														1,00	-0,77	-0,18	0,83
pH															1,00	0,13	-0,77
T																1,00	-0,31
EC																	1,00

-Toplam 47 örnek için karşılaştırma yapılmıştır,

-Parametrelerin birimleri elementler için mg/L, T için °C, EC için µS/cm'dir.

EK 3

BAZI MİNERALLERİN DOYGUNLUK İNDEKSİ HESAPLAMALARI

EK 3 Bazı minerallerin doygunluk indeksi hesaplamaları (1/5)

Örnek No:	Js1	Dönem:	Oca.06		Örnek No:	Js1	Dönem:	Ağu.06	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	0,328	-1,997	-3,587	-4,552	Adularya	-0,111	-2,439	-4,029	-4,994
Anhidrit	-0,054	0,394	0,874	1,36	Anhidrit	-0,126	0,319	0,793	1,273
Albit	0,945	-1,157	-2,591	-3,434	Albit	0,616	-1,490	-2,926	-3,772
Kalsit	0,167	0,797	1,476	2,132	Kalsit	0,337	0,969	1,653	2,321
Mikroklin	2,110	-0,621	-2,520	-3,715	Mikroklin	1,671	-1,063	-2,962	-4,157
Amorf Silis	-0,715	-1,022	-1,262	-1,452	Amorf Silis	-0,812	-1,119	-1,360	-1,551
Kalsedon	0,061	-0,399	-0,756	-1,039	Kalsedon	-0,036	-0,496	-0,854	-1,138
Kuvars	0,396	-0,139	-0,564	-0,897	Kuvars	0,299	-0,236	-0,662	-0,996
Örnek No:	Js1	Dönem:	Mar.07		Örnek No:	Js1	Dönem:	Tem.07	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	-0,200	-2,301	-3,847	-4,778	Adularya	-0,300	-2,657	-4,245	-5,205
Anhidrit	-0,200	0,245	0,741	1,249	Anhidrit	-0,100	0,304	0,790	1,282
Albit	0,500	-1,459	-2,856	-3,680	Albit	0,400	-1,753	-3,187	-4,028
Kalsit	0,000	0,638	1,348	2,052	Kalsit	0,100	0,757	1,443	2,097
Mikroklin	1,600	-0,925	-2,780	-3,941	Mikroklin	1,500	-1,281	-3,178	-4,368
Amorf Silis	-0,700	-0,984	-1,221	-1,408	Amorf Silis	-0,800	-1,075	-1,315	-1,505
Kalsedon	0,100	-0,361	-0,715	-0,995	Kalsedon	0,000	-0,452	-0,809	-1,092
Kuvars	0,400	-0,101	-0,523	-0,853	Kuvars	0,300	-0,192	-0,617	-0,950
Örnek No:	Js1	Dönem:	Şub.08		Örnek No:	Js1	Dönem:	Haz.08	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	0,656	-1,676	-3,261	-4,213	Adularya	1,464	-0,904	-2,497	-3,454
Anhidrit	-0,197	0,265	0,759	1,259	Anhidrit	-0,138	0,315	0,798	1,289
Albit	1,266	-0,845	-2,275	-3,110	Albit	2,063	-0,083	-1,523	-2,362
Kalsit	0,049	0,69	1,368	2,003	Kalsit	0,404	0,989	1,649	2,281
Mikroklin	2,438	-0,300	-2,194	-3,376	Mikroklin	3,246	0,472	-1,430	-2,617
Amorf Silis	-0,611	-0,918	-1,158	-1,346	Amorf Silis	-0,808	-1,116	-1,357	-1,547
Chalcedon	0,165	-0,295	-0,652	-0,933	Kalsedon	-0,032	-0,493	-0,851	-1,134
Kuvars	0,500	-0,035	-0,460	-0,791	Kuvars	0,303	-0,233	-0,659	-0,992
Örnek No:	Js2	Dönem:	Oca.04		Örnek No:	Js2	Dönem:	Tem.07	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Anhidrit	-0,172	0,293	0,789	1,287	Adularya	0,165	-2,232	-3,842	-4,805
Kalsit	-0,464	0,187	0,878	1,513	Anhidrit	-0,201	0,255	0,739	1,228
Amorf Silis	-0,668	-0,974	-1,212	-1,399	Albit	0,658	-1,517	-2,971	-3,814
Kalsedon	0,108	-0,351	-0,706	-0,986	Kalsit	0,371	0,982	1,615	2,208
Kuvars	0,443	-0,091	-0,514	-0,844	Mikroklin	1,947	-0,856	-2,775	-3,968
					Amorf Silis	-0,831	-1,141	-1,383	-1,573
					Kalsedon	-0,055	-0,518	-0,877	-1,160
					Kuvars	0,280	-0,258	-0,685	-1,018
Örnek No:	Js2	Dönem:	Şub.08		Örnek No:	Js3	Dönem:	Oca.04	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	-0,014	-2,049	-3,532	-4,457	Anhidrit	-0,157	0,221	0,711	1,203
Anhidrit	-0,273	0,199	0,703	1,208	Kalsit	0,340	0,794	1,362	1,901
Albit	0,334	-1,481	-2,809	-3,616	Amorf Silis	-0,497	-0,743	-0,985	-1,172
Kalsit	-0,832	-0,152	0,611	1,392	Kalsedon	0,247	-0,120	-0,479	-0,759
Mikroklin	1,768	-0,673	-2,465	-3,620	Kuvars	0,570	0,140	-0,287	-0,617
Amorf Silis	-0,675	-0,979	-1,213	-1,399					
Kalsedon	0,101	-0,356	-0,707	-0,986					
Kuvars	0,436	-0,096	-0,515	-0,844					

EK 3 Bazı minerallerin doygunluk indeksi hesaplamaları (2/5)

Örnek No:	Jk1	Dönem:	Oca.06		Örnek No:	Jk1	Dönem:	Ağu.06	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	1,000	-1,491	-3,15	-4,130	Adularya	0,753	-1,673	-3,319	-4,319
Anhidrit	-0,877	-0,432	0,032	0,498	Anhidrit	-1,015	-0,577	-0,134	0,304
Albit	1,858	-0,408	-1,908	-2,763	Albit	1,752	-0,454	-1,945	-2,827
Kalsit	0,208	0,754	1,316	1,838	Kalsit	0,107	0,743	1,422	2,047
Mikroklin	2,782	-0,115	-2,083	-3,293	Mikroklin	2,535	-0,297	-2,252	-3,482
Amorf Silis	-0,819	-1,138	-1,390	-1,581	Amorf Silis	-0,939	-1,252	-1,505	-1,705
Kalsedon	-0,043	-0,515	-0,884	-1,168	Kalsedon	-0,163	-0,629	-0,999	-1,292
Kuvars	0,292	-0,255	-0,692	-1,026	Kuvars	0,172	-0,369	-0,807	-1,150
Örnek No:	Jk1	Dönem:	Mar.07		Örnek No:	Jk1	Dönem:	Tem.07	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	0,316	-2,130	-3,775	-4,758	Adularya	0,200	-2,261	-3,873	-4,811
Anhidrit	-0,969	-0,514	-0,042	0,43	Anhidrit	-3,100	-2,598	-2,083	-1,564
Albit	1,195	-1,029	-2,518	-3,378	Albit	1,100	-1,121	-2,592	-3,438
Kalsit	-0,098	0,530	1,169	1,745	Kalsit	0,000	0,727	1,427	2,059
Mikroklin	2,098	-0,754	-2,708	-3,921	Mikroklin	1,900	-0,885	-2,806	-3,974
Amorf Silis	-0,873	-1,188	-1,438	-1,631	Amorf Silis	-0,900	-1,177	-1,424	-1,617
Kalsedon	-0,097	-0,565	-0,932	-1,218	Kalsedon	-0,100	-0,554	-0,918	-1,204
Kuvars	0,238	-0,305	-0,74	-1,076	Kuvars	0,200	-0,294	-0,726	-1,062
Örnek No:	Jk1	Dönem:	Şub.08		Örnek No:	Jk1	Dönem:	Haz.08	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	0,051	-2,301	-3,909	-4,887	Adularya	-0,309	-2,672	-4,287	-5,272
Anhidrit	-1,035	-0,566	-0,076	0,409	Anhidrit	-0,956	-0,495	-0,015	0,461
Albit	0,925	-1,205	-2,657	-3,513	Albit	0,544	-1,596	-3,054	-3,917
Kalsit	-0,643	0,039	0,773	1,444	Kalsit	-0,496	0,181	0,911	1,582
Mikroklin	1,833	-0,925	-2,842	-4,050	Mikroklin	1,473	-1,296	-3,220	-4,435
Amorf Silis	-0,679	-0,987	-1,23	-1,423	Amorf Silis	-0,85	-1,159	-1,403	-1,598
Kalsedon	0,097	-0,364	-0,724	-1,010	Kalsedon	-0,074	-0,536	-0,897	-1,185
Kuvars	0,432	-0,104	-0,532	-0,868	Kuvars	0,261	-0,276	-0,705	-1,043
Örnek No:	Jk2	Dönem:	Oca.06		Örnek No:	Jk2	Dönem:	Ağu.06	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	1,618	-0,787	-2,399	-3,362	Adularya	0,792	-1,534	-3,128	-4,100
Anhidrit	-0,24	0,219	0,707	1,198	Anhidrit	-0,221	0,231	0,709	1,189
Albit	2,209	0,026	-1,430	-2,273	Albit	1,512	-0,590	-2,027	-2,876
Kalsit	0,299	0,897	1,517	2,101	Kalsit	0,095	0,738	1,437	2,112
Mikroklin	3,400	0,589	-1,332	-2,525	Mikroklin	2,574	-0,158	-2,061	-3,263
Amorf Silis	-0,483	-0,793	-1,035	-1,225	Amorf Silis	-0,657	-0,964	-1,205	-1,397
Kalsedon	0,293	-0,170	-0,529	-0,812	Kalsedon	0,119	-0,341	-0,699	-0,984
Kuvars	0,628	0,09	-0,337	-0,670	Kuvars	0,454	-0,081	-0,507	-0,842
Örnek No:	Jk2	Dönem:	Mar.07		Örnek No:	Jk2	Dönem:	Tem.07	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	0,800	-1,376	-2,931	-3,868	Adularya	1,100	-1,260	-2,846	-3,805
Anhidrit	-0,300	0,185	0,694	1,208	Anhidrit	-0,200	0,225	0,719	1,216
Albit	1,500	-0,497	-1,901	-2,727	Albit	1,700	-0,367	-1,796	-2,634
Kalsit	-0,300	0,340	1,055	1,747	Kalsit	-0,300	0,385	1,076	1,719
Mikroklin	2,600	0,000	-1,864	-3,031	Mikroklin	2,800	0,116	-1,779	-2,968
Amorf Silis	-0,500	-0,801	-1,038	-1,226	Amorf Silis	-0,500	-0,850	-1,089	-1,278
Kalsedon	0,300	-0,178	-0,532	-0,813	Kalsedon	0,200	-0,227	-0,583	-0,865
Kuvars	0,600	0,082	-0,34	-0,671	Kuvars	0,600	0,033	-0,391	-0,723

EK 3 Bazı minerallerin doygunluk indeksi hesaplamaları (3/5)

Örnek No:	Jk2	Dönem:	Şub.08		Örnek No:	Jk2	Dönem:	Haz.08	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	4,244	1,815	0,280	-0,616	Adularya	0,728	-1,545	-3,116	-4,073
Anhidrit	-0,357	0,127	0,656	1,183	Anhidrit	-0,288	0,175	0,666	1,159
Albit	4,852	2,645	1,263	0,482	Albit	1,287	-0,764	-2,181	-3,019
Kalsit	-0,119	-0,389	-0,632	-0,930	Kalsit	-0,151	0,509	1,231	1,933
Mikroklin	6,026	3,191	1,347	0,221	Mikroklin	2,510	-0,169	-2,049	-3,236
Amorf Silis	-0,368	-0,671	-0,902	-1,084	Amorf Silis	-0,552	-0,858	-1,097	-1,286
Kalsedon	0,408	-0,048	-0,396	-0,671	Kalsedon	0,224	-0,235	-0,591	-0,873
Kuvars	0,743	0,212	-0,204	-0,529	Kuvars	0,559	0,025	-0,399	-0,731
Örnek No:	Jk3	Dönem:	Eyl.05		Örnek No:	Jk3	Dönem:	Oca.06	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	1,506	-0,811	-2,398	-3,364	Adularya	1,501	-0,904	-2,524	-3,502
Anhidrit	-0,182	0,271	0,751	1,235	Anhidrit	-0,166	0,281	0,754	1,231
Albit	2,188	0,093	-1,338	-2,183	Albit	2,099	-0,082	-1,544	-2,396
Kalsit	0,135	0,774	1,467	2,144	Kalsit	0,399	0,999	1,628	2,226
Mikroklin	3,288	0,565	-1,331	-2,527	Mikroklin	3,283	0,472	-1,457	-2,665
Amorf Silis	-0,481	-0,788	-1,028	-1,219	Amorf Silis	-0,528	-0,838	-1,082	-1,273
Kalsedon	0,295	-0,165	-0,522	-0,806	Kalsedon	0,248	-0,215	-0,576	-0,86
Kuvars	0,630	0,095	-0,330	-0,664	Kuvars	0,583	0,045	-0,384	-0,718
Örnek No:	Jk3	Dönem:	Ağu.06		Örnek No:	Jk3	Dönem:	Mar.07	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	0,465	-1,885	-3,484	-4,452	Adularya	0,700	-1,508	-3,071	-4,010
Anhidrit	-0,257	0,198	0,679	1,163	Anhidrit	-0,300	0,169	0,679	1,193
Albit	1,155	-0,973	-2,416	-3,264	Albit	1,400	-0,642	-2,053	-2,880
Kalsit	0,187	0,826	1,509	2,162	Kalsit	-0,300	0,374	1,083	1,758
Mikroklin	2,247	-0,509	-2,417	-3,615	Mikroklin	2,500	-0,132	-2,004	-3,173
Amorf Silis	-0,626	-0,934	-1,176	-1,367	Amorf Silis	-0,500	-0,817	-1,054	-1,242
Kalsedon	0,150	-0,311	-0,670	-0,954	Kalsedon	0,300	-0,194	-0,548	-0,829
Kuvars	0,485	-0,051	-0,478	-0,812	Kuvars	0,600	0,066	-0,356	-0,687
Örnek No:	Jk3	Dönem:	Tem.07		Örnek No:	Jk3	Dönem:	Şub.08	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	0,500	-1,853	-3,444	-4,405	Adularya	1,232	-1,065	-2,647	-3,612
Anhidrit	-0,200	0,226	0,720	1,216	Anhidrit	-0,300	0,160	0,646	1,133
Albit	1,200	-0,945	-2,379	-3,218	Albit	1,819	-0,255	-1,680	-2,522
Kalsit	-0,200	0,434	1,115	1,746	Kalsit	-0,118	0,536	1,247	1,935
Mikroklin	2,300	-0,477	-2,377	-3,568	Mikroklin	3,014	0,311	-1,580	-2,775
Amorf Silis	-0,600	-0,885	-1,125	-1,314	Amorf Silis	-0,359	-0,665	-0,904	-1,094
Kalsedon	0,200	-0,262	-0,619	-0,901	Kalsedon	0,417	-0,042	-0,398	-0,681
Kuvars	0,500	-0,002	-0,427	-0,759	Kuvars	0,752	0,218	-0,206	-0,539
Örnek No:	Jk4	Dönem:	Haz.08		Örnek No:	Jk5	Dönem:	Oca.06	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		100	150	200	250
Adularya	0,466	-1,879	-3,473	-4,434	Adularya	0,600	-2,073	-3,668	-4,591
Anhidrit	-0,304	0,159	0,650	1,142	Anhidrit	-0,600	-0,075	0,439	0,951
Albit	1,029	-1,094	-2,533	-3,375	Albit	1,500	-0,961	-2,402	-3,209
Kalsit	0,068	0,712	1,397	2,043	Kalsit	0,900	1,132	1,477	1,888
Mikroklin	2,248	-0,503	-2,406	-3,597	Mikroklin	2,500	-0,697	-2,601	-3,754
Amorf Silis	-0,576	-0,883	-1,124	-1,314	Amorf Silis	-0,400	-0,736	-0,970	-1,148
Kalsedon	0,200	-0,260	-0,618	-0,901	Kalsedon	0,400	-0,113	-0,464	-0,735
Kuvars	0,535	0,000	-0,426	-0,759	Kuvars	0,700	0,147	-0,272	-0,593

EK 3 Bazı minerallerin doygunluk indeksi hesaplamaları (4/5)

Örnek No:	Jk5	Dönem:	Ağu.06		Örnek No:	Jk5	Dönem:	Mar.07	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	100	150	200	250		100	150	200	250
Adularya	-1,696	-3,285	-4,203	-4,636	Adularya	-1,959	-3,55	-4,472	-4,906
Anhidrit	-0,101	0,411	0,920	1,415	Anhidrit	-0,105	0,423	0,948	1,452
Albit	-0,468	-1,903	-2,703	-3,018	Albit	-0,845	-2,284	-3,091	-3,415
Kalsit	1,223	1,541	1,933	2,337	Kalsit	0,715	1,075	1,485	1,868
Mikroklin	-0,320	-2,218	-3,366	-3,965	Mikroklin	-0,583	-2,483	-3,635	-4,235
Amorf Silis	-0,868	-1,099	-1,275	-1,412	Amorf Silis	-0,743	-0,976	-1,156	-1,296
Kalsedon	-0,245	-0,593	-0,862	-1,073	Kalsedon	-0,120	-0,470	-0,743	-0,957
Kuvars	0,015	-0,401	-0,720	-0,956	Kuvars	0,140	-0,278	-0,601	-0,840
Örnek No:	Jk5	Dönem:	Tem.07		Örnek No:	Jk5	Dönem:	Şub.08	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	100	150	200	250		50	100	150	200
Adularya	-1,900	-3,533	-4,472	-4,93	Adularya	1,251	-1,217	-2,809	-3,739
Anhidrit	0,000	0,476	0,986	1,477	Anhidrit	-0,600	-0,109	0,415	0,934
Albit	-0,800	-2,225	-3,042	-3,375	Albit	2,089	-0,158	-1,596	-2,407
Kalsit	0,500	0,880	1,305	1,670	Kalsit	0,245	0,420	0,770	1,168
Mikroklin	-0,600	-2,466	-3,635	-4,259	Mikroklin	3,033	0,159	-1,742	-2,902
Amorf Silis	-0,700	-0,965	-1,146	-1,288	Amorf Silis	-0,248	-0,554	-0,787	-0,967
Kalsedon	-0,100	-0,459	-0,733	-0,949	Kalsedon	0,528	0,069	-0,281	-0,554
Kuvars	0,200	-0,267	-0,591	-0,832	Kuvars	0,863	0,329	-0,089	-0,412
Örnek No:	Jk5	Dönem:	Haz.08		Örnek No:	Jk6	Dönem:	Oca.06	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	100	150	200	250		50	100	150	200
Adularya	-0,641	-2,245	-3,178	-3,618	Adularya	1,488	-0,990	-2,575	-3,490
Anhidrit	-0,059	0,456	0,970	1,467	Anhidrit	-0,548	-0,065	0,449	0,961
Albit	0,100	-1,351	-2,167	-2,493	Albit	2,369	0,112	-1,319	-2,116
Kalsit	0,911	1,322	1,772	2,200	Kalsit	1,030	1,195	1,504	1,888
Mikroklin	0,735	-1,178	-2,341	-2,947	Mikroklin	3,270	0,386	-1,508	-2,653
Amorf Silis	-0,717	-0,955	-1,137	-1,278	Amorf Silis	-0,425	-0,733	-0,963	-1,138
Chalcedon	-0,094	-0,449	-0,724	-0,939	Kalsedon	0,351	-0,110	-0,457	-0,725
Kuvars	0,166	-0,257	-0,582	-0,822	Kuvars	0,686	0,150	-0,265	-0,583
Örnek No:	Jk6	Dönem:	Ağu.06		Örnek No:	Jk6	Dönem:	Mar.07	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	-0,038	-2,524	-4,111	-5,025	Adularya	0,300	-2,117	-3,704	-4,626
Anhidrit	-0,602	-0,121	0,390	0,899	Anhidrit	-0,600	-0,093	0,440	0,970
Albit	0,986	-1,280	-2,714	-3,511	Albit	1,300	-0,981	-2,416	-3,224
Kalsit	1,145	1,332	1,650	2,042	Kalsit	0,100	0,258	0,612	0,998
Mikroklin	1,744	-1,148	-3,044	-4,188	Mikroklin	2,100	-0,741	-2,637	-3,789
Amorf Silis	-0,570	-0,881	-1,112	-1,286	Amorf Silis	-0,400	-0,741	-0,974	-1,154
Kalsedon	0,206	-0,258	-0,606	-0,873	Kalsedon	0,300	-0,118	-0,468	-0,741
Kuvars	0,541	0,002	-0,414	-0,731	Kuvars	0,700	0,142	-0,276	-0,599
Örnek No:	Jk6	Dönem:	Tem.07		Örnek No:	Jk6	Dönem:	Şub.08	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		100	150	200	250
Adularya	0,900	-1,590	-3,178	-4,105	Adularya	-1,126	-2,727	-3,662	-4,107
Anhidrit	-0,500	-0,040	0,478	0,992	Anhidrit	-0,135	0,388	0,907	1,406
Albit	1,800	-0,448	-1,880	-2,686	Albit	-0,075	-1,522	-2,341	-2,671
Kalsit	0,300	0,401	0,693	1,039	Kalsit	0,628	1,066	1,533	1,957
Mikroklin	2,700	-0,214	-2,111	-3,268	Mikroklin	0,250	-1,660	-2,825	-3,436
Amorf Silis	-0,400	-0,719	-0,949	-1,127	Amorf Silis	-0,542	-0,780	-0,963	-1,105
Kalsedon	0,400	-0,096	-0,443	-0,714	Kalsedon	0,081	-0,274	-0,550	-0,766
Kuvars	0,700	0,164	-0,251	-0,572	Kuvars	0,341	-0,082	-0,408	-0,649

EK 3 Bazı minerallerin doygunluk indeksi hesaplamaları (5/5)

Örnek No:	Jk6	Dönem:	Haz.08		Örnek No:	Jk7	Dönem:	Eyl.05	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	100	150	200	250		50	100	150	200
Adularya	-1,462	-3,06	-3,986	-4,423	Adularya	0,518	-1,962	-3,561	-4,491
Anhidrit	-0,072	0,446	0,961	1,460	Anhidrit	-0,555	-0,071	0,444	0,957
Albit	-0,367	-1,812	-2,622	-2,945	Albit	1,499	-0,760	-2,206	-3,018
Kalsit	0,984	1,356	1,781	2,193	Kalsit	0,733	0,959	1,333	1,760
Mikroklin	-0,086	-1,993	-3,149	-3,752	Mikroklin	2,300	-0,586	-2,494	-3,654
Amorf Silis	-0,747	-0,983	-1,162	-1,302	Amorf Silis	-0,418	-0,728	-0,964	-1,144
Kalsedon	-0,124	-0,477	-0,749	-0,963	Kalsedon	0,358	-0,105	-0,458	-0,731
Kuvars	0,136	-0,285	-0,607	-0,846	Kuvars	0,693	0,155	-0,266	-0,589
Örnek No:	Jk7	Dönem:	Ağu.06		Örnek No:	Jk7	Dönem:	Mar.07	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	-0,256	-2,740	-4,349	-5,282	Adularya	0,300	-2,198	-3,802	-4,738
Anhidrit	-0,605	-0,125	0,386	0,897	Anhidrit	-0,600	-0,101	0,421	0,941
Albit	0,745	-1,520	-2,977	-3,795	Albit	1,100	-1,110	-2,562	-3,384
Kalsit	0,810	1,149	1,587	2,052	Kalsit	0,200	0,689	1,207	1,711
Mikroklin	1,526	-1,364	-3,282	-4,445	Mikroklin	2,000	-0,822	-2,735	-3,901
Amorf Silis	-0,558	-0,873	-1,113	-1,295	Amorf Silis	-0,400	-0,750	-0,990	-1,174
Kalsedon	0,218	-0,250	-0,607	-0,882	Kalsedon	0,300	-0,127	-0,484	-0,761
Kuvars	0,553	0,010	-0,415	-0,740	Kuvars	0,700	0,133	-0,292	-0,619
Örnek No:	Jk7	Dönem:	Tem.07		Örnek No:	Jk7	Dönem:	Şub.08	
Mineral	Sıcaklık (°C)				Mineral	Sıcaklık (°C)			
	50	100	150	200		50	100	150	200
Adularya	0,600	-1,889	-3,476	-4,404	Adularya	1,117	-1,344	-2,948	-3,885
Anhidrit	-0,500	-0,038	0,478	0,989	Anhidrit	-0,65	-0,162	0,358	0,876
Albit	1,500	-0,726	-2,156	-2,962	Albit	1,904	-0,338	-1,790	-2,613
Kalsit	0,300	0,467	0,751	1,094	Kalsit	0,351	0,775	1,278	1,785
Mikroklin	2,400	-0,513	-2,409	-3,567	Mikroklin	2,899	0,032	-1,881	-3,048
Amorf Silis	-0,400	-0,721	-0,951	-1,128	Amorf Silis	-0,249	-0,56	-0,801	-0,985
Kalsedon	0,400	-0,098	-0,445	-0,715	Kalsedon	0,527	0,063	-0,295	-0,572
Kuvars	0,700	0,162	-0,253	-0,573	Kuvars	0,862	0,323	-0,103	-0,430
Örnek No:	Jk7	Dönem:	Haz.08						
Mineral	Sıcaklık (°C)								
	50	100	150	200					
Adularya	1,055	-1,416	-3,018	-3,950					
Anhidrit	-0,555	-0,068	0,452	0,970					
Albit	1,854	-0,397	-1,846	-2,663					
Kalsit	0,422	0,762	1,208	1,67					
Mikroklin	2,837	-0,040	-1,951	-3,113					
Amorf Silis	-0,409	-0,72	-0,958	-1,140					
Kalsedon	0,367	-0,097	-0,452	-0,727					
Kuvars	0,702	0,163	-0,260	-0,585					

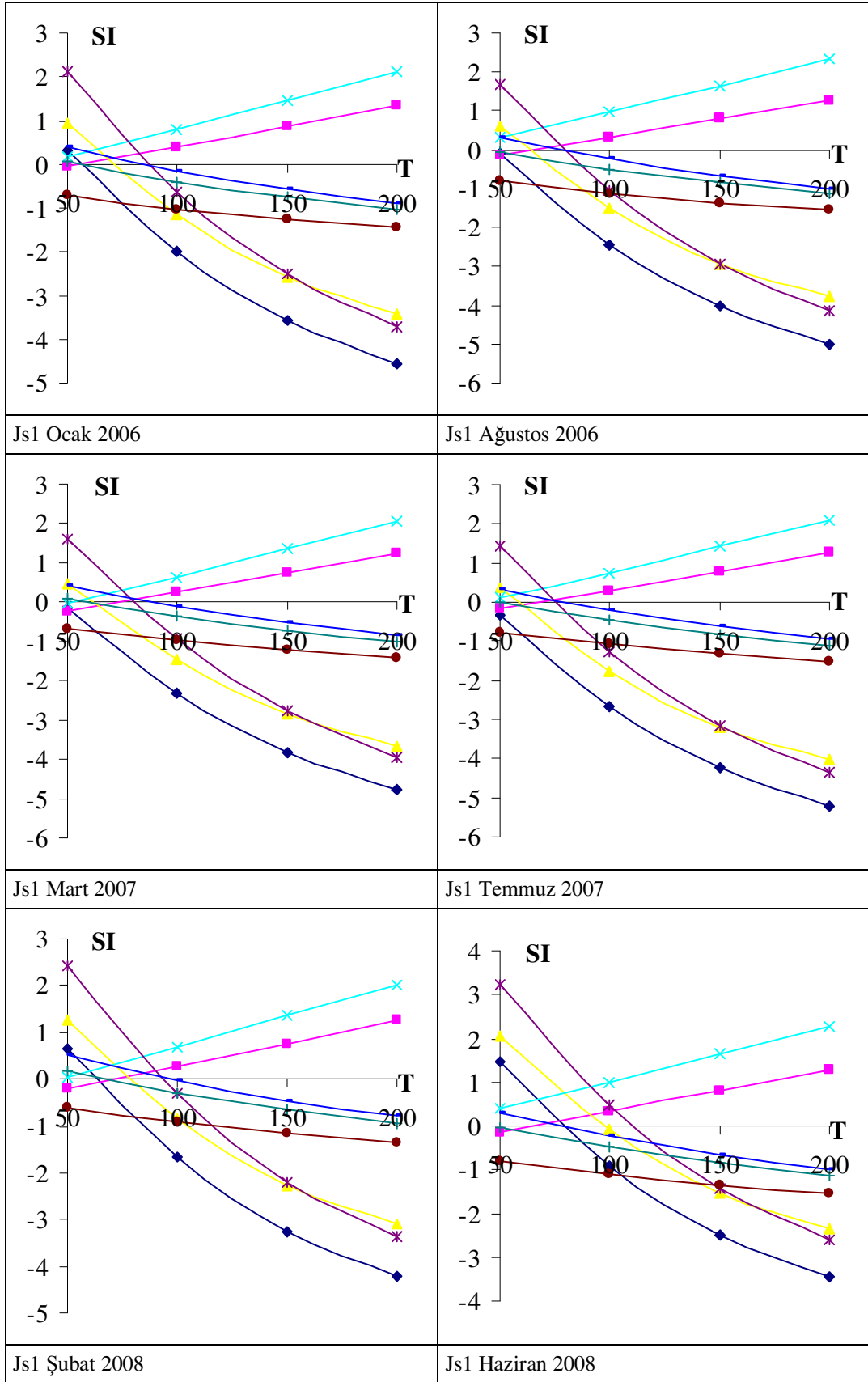
EK 4

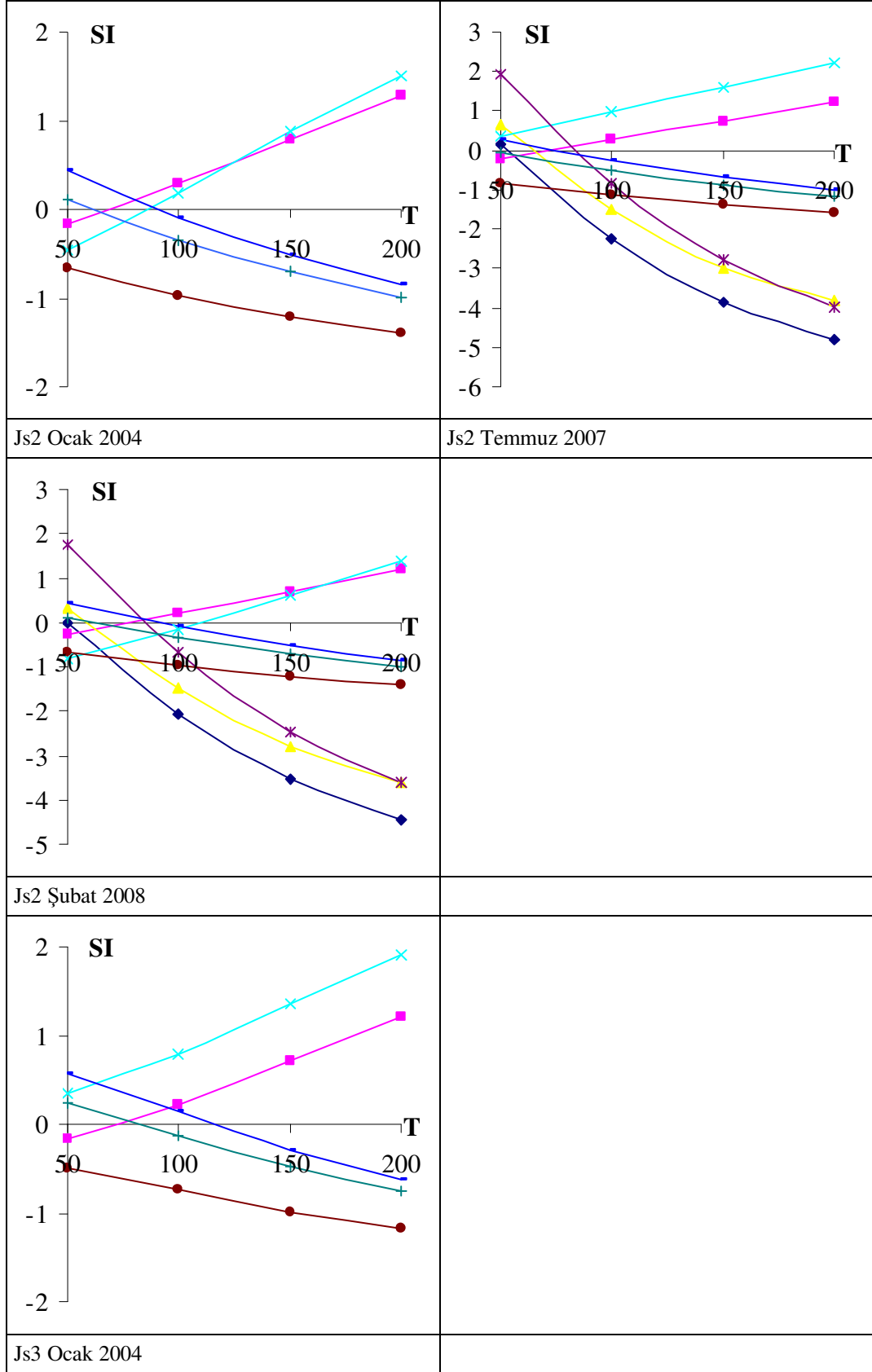
SICAK SU KAYNAKLARI VE SONDAJLARINA AİT DOYGUNLUK İNDEKSİ GRAFİKLERİ

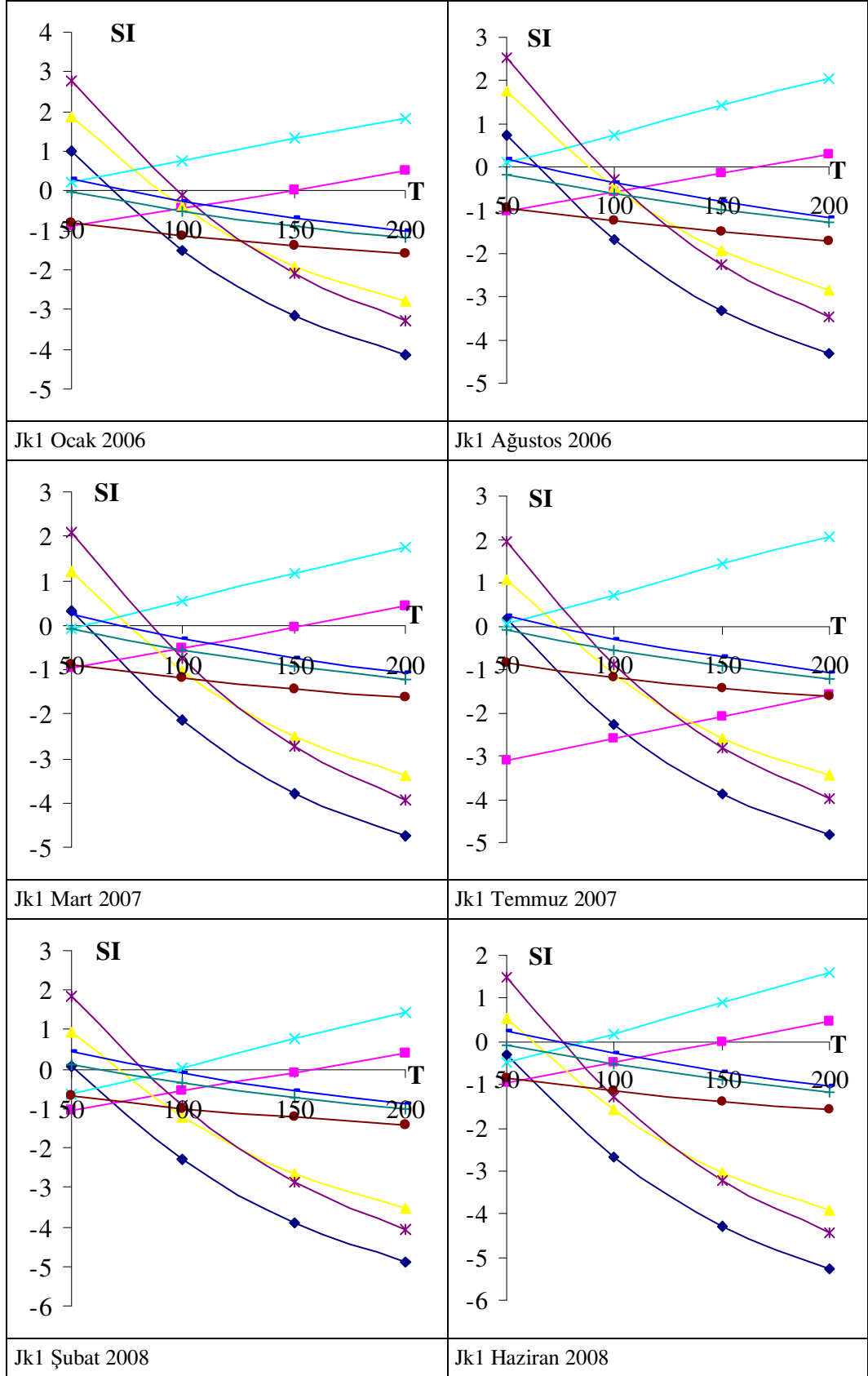
ACIKLAMALAR

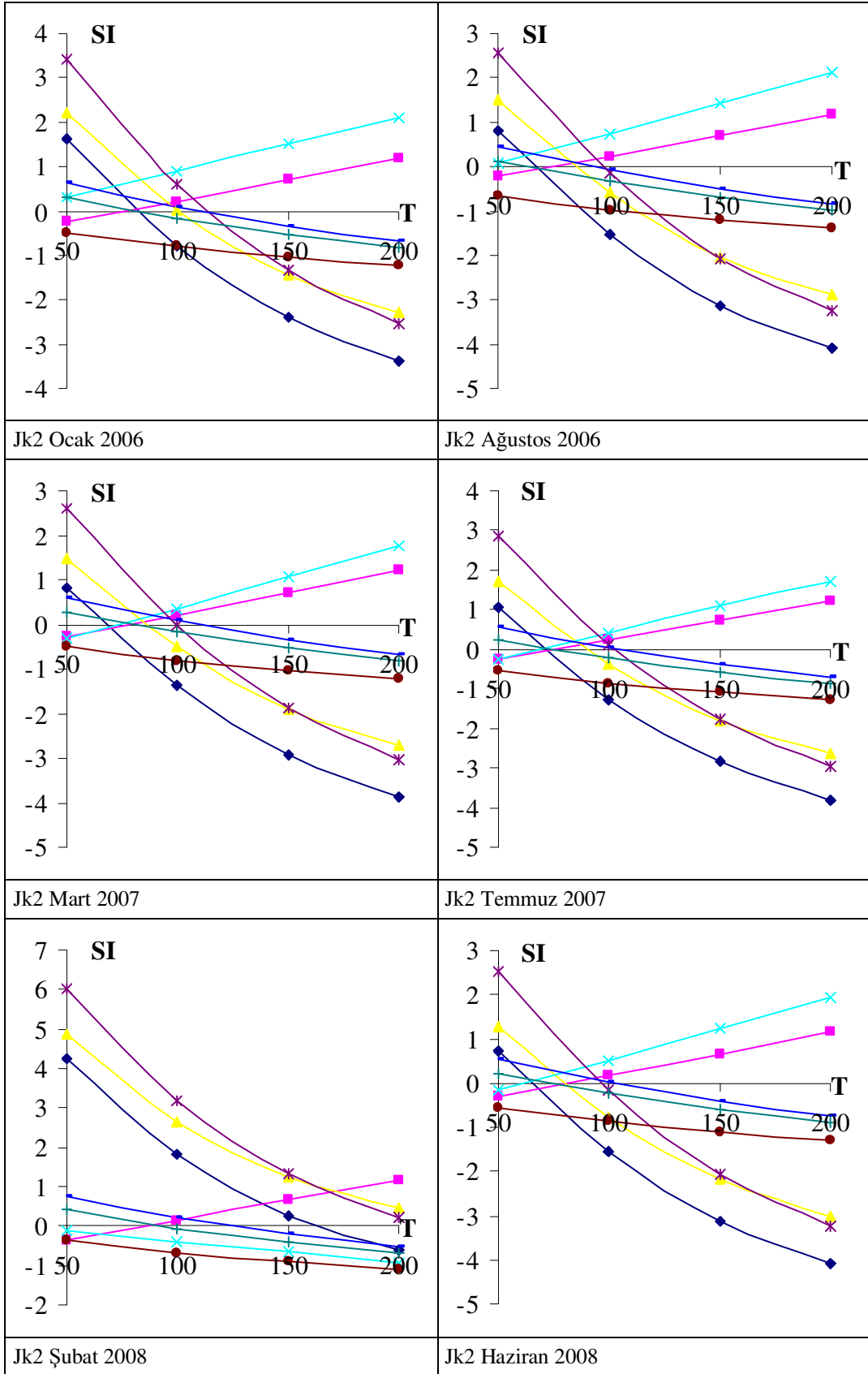
Grafiklerde farklı renklerde gösterilmiş ve her biri bir minerali temsil eden çizgilerin açıklaması aşağıdaki gibidir.

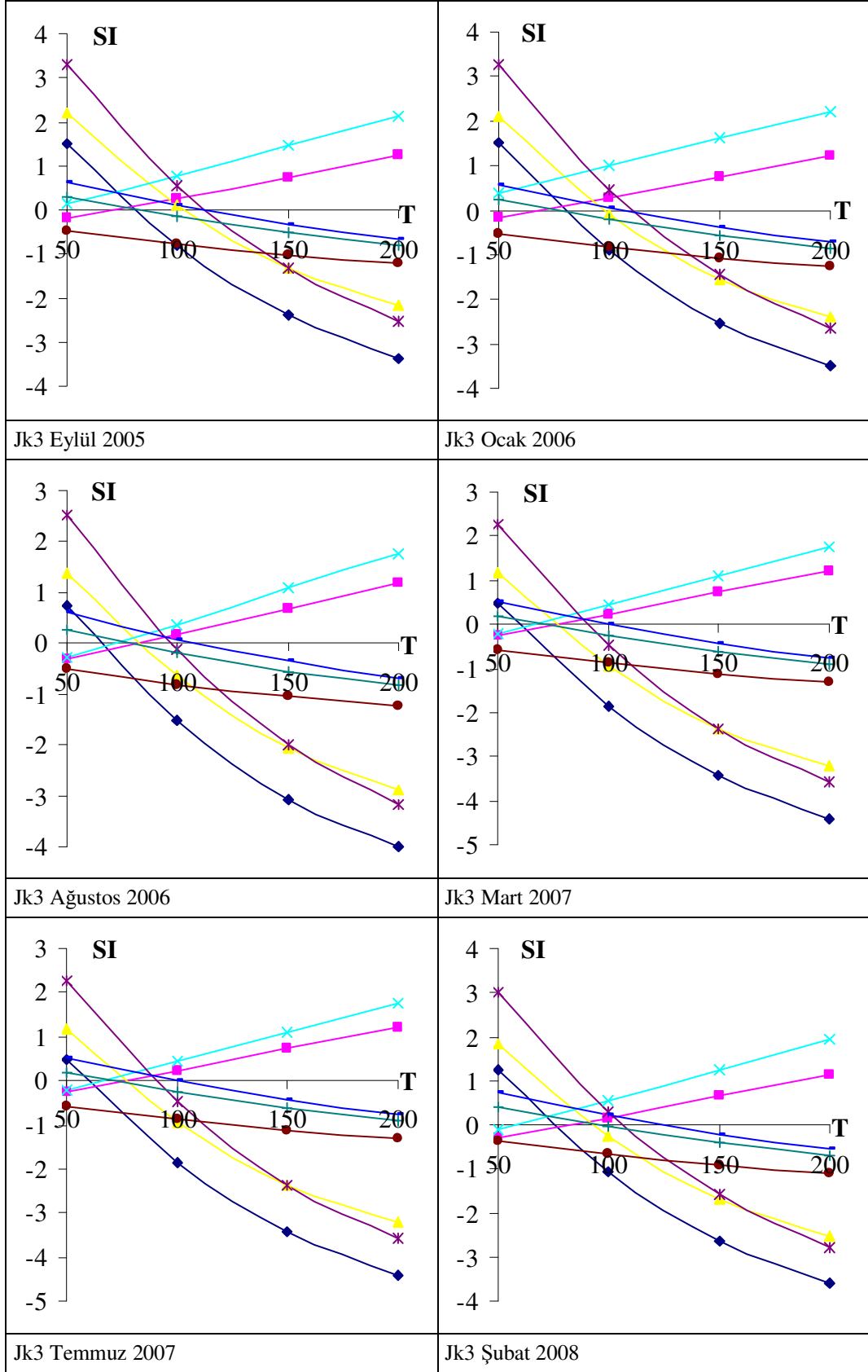
<u>Simge</u>	<u>Mineral</u>	<u>Mineral Formülü</u>
◆	Adularya	KAlSi_3O_8
■	Anhidrit	CaSO_4
▲	Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
✕	Kalsit	CaCO_3
✱	Mikroklin	KAlSi_3O_8
●	Amorf silis	SiO_2
+	Kalsedon	SiO_2
—	Kuvars	SiO_2











EK 4 (6/9)

