

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİCEKENT GÖLEMEZLİ ÇEVRESİNDEKİ  
JEOTERMAL ALANLARIN HİDROJEOLJİK  
VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

**Tuna KHORSHTD**

**Mart, 2013**

**İZMİR**

# **YENİCEKENT - GÖLEMEZLİ ÇEVRESİNDEKİ JEOTERMAL ALANLARIN HİDROJEOLJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı**

**Tuna KHORSHTD**

**Mart, 2013**


**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Tuna KHORSHTD tarafından Prof. Dr. Gültekin TARCAN yönetiminde hazırlanan “YENİCEKENT - GÖLEMEZLİ (DENİZLİ) ÇEVRESİNDEKİ JEOTERMAL ALANLARIN HİDROJEOLJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. Gültekin TARCAN

Yönetici

  
Prof. Dr. Mahmut G. DRAHOR

Jüri Üyesi

  
Prof. Dr. Ünsal GEMİCİ

Jüri Üyesi

  
Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bu tezin tasarlanıp hazırlanmasında bilgi, tecrübe ve desteklerini benden esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Gültekin TARCAN' a ve Prof. Dr. Ünsal GEMİCİ' ye en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Tuğbanur ÖZEN' e, tezimin hazırlanmasına katkılarından dolayı Jeoloji Müh. Raziye ŐENGÜL ve Jeoloji Yük. Müh. Hilal Pakay PARKIN'a, laboratuvar çalışmalarında ki sıcak tutum ve davranışlarıyla bana rehberlik yapan Jeoloji Yük. Müh. Cihan GÜNEŞ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm yaşantım boyunca bana maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemeyen ve beni her konuda destekleyen aileme ve arkadaşım Jeoloji Müh. Altınay GENÇER' e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Tübitak 109Y315 nolu proje tarafından desteklenmiştir.

Tuna KHORSHTD

# YENİCEKENT-GÖLEMEZLİ (DENİZLİ) JEOTERMAL ALANLARININ HİDROJEOLJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

## ÖZ

Bu çalışma Denizli Yenicekent ve Gölemezli çevresinin hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik incelemelerini kapsamaktadır. Yenicekent beldesi Gediz Grabeni'nin kuzeybatısında Yenice Horstu üzerinde yer alırken, Gölemezli beldesi Büyük Menderes Grabeni ile Çürüksu Grabeni'nin birleşiminde yer alır. Çalışma alanında sırasıyla; Paleozoik yaşlı Menderes Masifi Metamorfikleri, Neojen yaşlı Kızılburun Formasyonu, Sazak Formasyonu, Kolonkaya Formasyonu ve Tosunlar Formasyonu yer alır. Bunların hepsinin üzerinde ise Alüvyon ve Travertenler yüzlek vermektedir.

Çalışma alanındaki beş farklı soğuk su kaynağından toplam sekiz adet, dokuz sıcak su kaynağından ise toplam yirmi adet sıcak su örneği alınmış, katyon ve anyon analizleri yapılmıştır. İnceleme alanındaki sular genel olarak Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> su tipinde ve CO<sub>3</sub> sertliği yüzde elliden fazla olan veya karışık sular sınıfına girmektedir. Örnekleme yapılan sıcak suların EC' ye göre sınıflaması yapıldığında; "şüpheli-kullanılamaz" bölümde yer aldığı gözlenirken, soğuk suların "kullanılabilir" bölümde yer aldığı gözlenmiştir. Çalışma alanındaki sıcak sulara jeotermometre analizleri uygulanmış ve çizilen diyagramlarda sıcak suların olgunlaşmamış (ham) sular grubuna girdikleri saptanmıştır. Tüm jeotermometre sonuçları ve mevcut kuyuların rezervuar sıcaklıkları birlikte değerlendirildiğinde jeotermal suların hazne kaya sıcaklıkları 58 ile 293 °C arasında tahmin edilmektedir.

Örnekleme yapılan suların mineral doygunluk grafikleri incelendiğinde aragonit, kalsit ve dolomit minerallerinin 30 ile 180°C aralığında suda çökeltme eğilimi gösterdiği, silis mineralinin ise suda çözülme eğilimi gösterdiği saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yenicekent, gölemezli, jeotermal, hidrojeoloji, hidrojeokimya

# HYDROGEOCHEMICAL AND HYDROGEOLOGIC INVESTIGATION OF THE YENICEKENT – GOLEMEZLI (DENIZLI) GEOTHERMAL FIELDS

## ABSTRACT

This study contains hydrogeological, hydrogeochemical and isotopic investigations in Denizli Yenicekent Golemezli geothermal field. While the town-Yenicekent is located on the Yenice Horst, in the northwest of Gediz Graben, the town Gölemezli is located in the intersection of the Büyük Menderes and Çürüksu grabens. In the study area there are, from bottom to top, Paleozoic Menderes Massive metamorphics, and Neogene Kızılburun, Sazak, Kolonkaya and formations. Alluvium and travertine cover all the units.

Eight cold water samples were taken from five different cold water source in study area and also in total twenty hot water samples were taken from nine different hot water sources and cation and anion analysis were done. Waters are generally in the type of Na-Ca- HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> and the hardness of CO<sub>3</sub> more than fifty percentage or mixture waters. When the examined hot waters were classified according to the conductivity, it was seen that they were classified as ‘doubtful and unsuitable for irrigation’, but the cold waters were classified as ‘usable for irrigation’. Geothermal aquifer waters in the study area have been plotted in to the immature fields on the combining geothermometer diagrams of Giggenbach. Combining result of the geothermometer applications and available well deep temperatures show that reservoir temperatures are between 58°C to 293°C.

Mineral saturation graphs which show the minerals behaviour in different temperatures suggest that aragonite, calcite and dolomite have tendency to precipitate in water but amorphous silica doesn’t show such a tendency.

**Keywords:** Yenicekent, Golemezli, geothermal, hydrogeology, hydrogeochemistry

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
TESEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi

### **BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....1**

1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 Çalışma Alanının Yeri.....	1
1.3 Çalışmada Uygulanan Yöntemler .....	1
1.3.1 Örnekleme .....	3
1.4 İklim Ve Bitki Örtüsü.....	4
1.5 Yağış Ve Sıcaklık.....	5

### **BÖLÜM İKİ – JEOLJİ.....7**

2.1 Jeolojik Tarihçe .....	7
2.2 Bölgesel Jeoloji .....	7
2.3 Stratigrafi.....	8
2.3.1 Menderes Masifi Metamorfikleri.....	8
2.3.2 Kızılburun Formasyonu.....	12
2.3.3 Sazak Formasyonu.....	14
2.3.4 Kolonkaya Formasyonu .....	14
2.3.5 Tosunlar Formasyonu .....	15
2.3.6 Alüvyon .....	16
2.4 Yapısal Jeoloji .....	17

## **BÖLÜM ÜÇ – JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI.....19**

3.1 Jeotermal Enerji ve Jeotermal Sistemler .....	19
3.2 Denizli İlindeki Jeotermal Enerji Uygulamaları .....	23
3.3 Jeotermal Alanların Oluşum Özellikleri.....	24

## **BÖLÜM DÖRT – HİDROJEOLOJİ.....27**

4.1 İnceleme Alanındaki Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri .....	27
4.2 Meteorolojik Su Bütçesi.....	27
4.3 İzotop Jeokimyası.....	31
4.4 Kabuk Kayaç Örneklerinin Mineralojik Değerlendirmesi .....	34

## **BÖLÜM BEŞ – HİDROJEOKİMYA.....37**

5.1 Temel Hidrojeokimyasal Hesaplamalar .....	37
5.2 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş Başlıca İyonlar .....	38
5.2.1 Kalsiyum.....	38
5.2.2 Magnezyum .....	39
5.2.3 Sodyum.....	40
5.2.4 Potasyum .....	41
5.2.5 Klorür.....	41
5.2.6 Bikarbonat .....	42
5.2.7 Sülfat.....	42
5.2.8 Silisyum .....	43
5.3 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş İkincil İyonlar .....	43
5.3.1 Demir .....	48
5.3.2 Bor .....	48
5.3.3 Alüminyum.....	49
5.3.4 Lityum .....	49
5.3.5 Çinko .....	50
5.3.6 Stronsiyum.....	50



5.3.7 Arsenik.....	51
5.3.8 Baryum .....	51
5.3.9 Bakır .....	52
5.3.10 Nikel .....	52
5.3.11 Zirkon .....	53
5.4. Suların Fiziksel Özellikleri.....	53
5.4.1 Suların Sıcaklık Değerleri .....	54
5.4.2 Suların Sertliği .....	54
5.4.3 Suların pH Değerleri.....	55
5.4.4 Suların Elektriksel İletkenlik Değerleri.....	55
5.4.5 Eh.....	61
5.4.6 Tuzluluk.....	61
5.5 Sıcak ve Soğuk Suların İçilebilme ve Kullanılabilme Özellikleri .....	61
5.5.1 Suların ABD Tuzluluk Diyagramına Göre Sınıflaması.....	62
5.5.2 Suların Wilcox’a Göre Sınıflaması.....	65
5.6 Sıcak ve Mineralli Suların Fasiyes Tipleri ve Sınıflaması .....	67
5.7 Suların Mineral Doygunluk İndeksleri.....	74
5.8 Jeotermometre Uygulamaları .....	85
5.8.1 Kimyasal Jeotermometre Uygulamaları .....	86
5.8.2 Birleşik Jeotermometre Uygulamaları.....	91
<b>BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR.....</b>	<b>94</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>97</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>106</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2 Arazide bikarbonat ölçümü ve örnekleme çalışması .....	4
Şekil 1.3 Denizli il merkezindeki sıcaklık ve yağış dağılımları grafiği.....	5
Şekil 1.4 1970-2011 Denizli ili yıllık yağış dağılımı.....	6
Şekil 2.1 Yenicekent-Gölemezli çevresi jeoloji haritası .....	9
Şekil 2.2 Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit.....	10
Şekil 2.3 Çalışma alanındaki Menderes Masifi şistleri.....	11
Şekil 2.4 Kızılburun Formasyonuna ait görünüm .....	13
Şekil 2.5 Kızılburun Formasyonu ve Menderes Masifi dokanağı.....	13
Şekil 2.6 Kolonkaya ve Sazak Formasyonlarının Gölemezli'den görünümü .....	15
Şekil 2.7 Tosunlar Formasyonuna ait görünüm .....	16
Şekil 2.8 Denizli havzasına ait tektonik haritası .....	18
Şekil 3.1. Kızıldere jeotermal alanında kullanılan örnek anlık flash buhar santrali ..	20
Şekil 3.2 Örnek jeotermal sistem .....	22
Şekil 3.3 Denizli ilinin jeotermal alanlar haritası.....	26
Şekil 4.1 Denizli il merkezine ait su bütçesi grafiği .....	29
Şekil 4.2 İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$ - $\delta^2H$ ilişkisi.....	33
Şekil 4.3 12 nolu Şanlı Alp boru dış çeperi örneğinin XRD mineral içeriği .....	34
Şekil 4.4 5 nolu Kamara kaplıcası dış çeper kabuk örneğinin XRD mineral içeriği .	35
Şekil 4.5 5 nolu Kamara kaplıcası boru iç kabuk örneğinin XRD mineral içeriği ....	35
Şekil 4.6. Kamara bölgesine ait traverten örneğinin XRD mineral içeriği .....	36
Şekil 4.7 10 nolu Ahmetli köprüsü tarım toprağı örneğinin XRD mineral içeriği ....	36
Şekil 5.1 Suların ABD Tuzluluk Diyagramına göre sınıflaması .....	64
Şekil 5.2 Suların Wilcox diyagramına göre sınıflaması.....	66
Şekil 5.3 Piper diyagramı ve açıklamaları .....	69
Şekil 5.4 Su örneklerinin Piper üçgen diyagramındaki görünüşleri.....	70
Şekil 5.5 Gölemezli sularının Schoeller diyagramındaki görünüşleri.....	72
Şekil 5.6 Yenicekent sularının Schoeller diyagramındaki görünüşleri .....	73
Şekil 5.7 Soğuk suların Schoeller diyagramındaki görünüşleri .....	74
Şekil 5.8 1 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	79

Şekil 5.9 2 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	79
Şekil 5.10 3 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	80
Şekil 5.11 5 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	81
Şekil 5.12 6 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	82
Şekil 5.13 7 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	82
Şekil 5.14 11 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	83
Şekil 5.15 12 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	84
Şekil 5.16 13 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi diyagramı .....	85
Şekil 5.17 Sıcak suların Na-K-Mg üçgen diyagramındaki görünümü .....	93

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1 1970-2011 yılları Denizli ili aylık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri.....	6
Tablo 3.1 Sıcak suların kullanım alanları .....	21
Tablo 3.2 Yenice – Kamara jeotermal sahasındaki kaynaklar.....	23
Tablo 3.3 Gölemezli jeotermal sahasındaki kaynaklar .....	23
Tablo 3.4 Denizli ili jeotermal kaynakları olası jeotermal potansiyelleri.....	24
Tablo 4.1 Denizli il merkezi meteoroloji verilerine göre 1960 – 2011 dönemine ait su bütçesi .....	30
Tablo 4.2 Çalışma alanında örnekleme yapılan sulara ait izotop sonuçları .....	31
Tablo 5.1 Suların analiz sonuçlarında kullanılan simgeler ve açıklamalar.....	37
Tablo 5.2 İnceleme alanındaki suların bazı istatistiksel değerler .....	44
Tablo 5.3 TS 266 (1997) içme suyu, Dünya sağlık örgütü içme ve kullanma suyu standartları ve kaplıca yönetmeliği .....	45
Tablo 5.4 İnceleme alanındaki su kaynak ve kuyularının UTM koordinatları .....	53
Tablo 5.5 Suların sertliklerine göre sınıflandırılması .....	54
Tablo 5.6 Suların elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflandırılması .....	55
Tablo 5.7 İnceleme alanında yer alan sıcak suların su analizleri.....	57
Tablo 5.8 İnceleme alanında yer alan soğuk suların su analizleri.....	58
Tablo 5.9 İnceleme alanındaki sıcak sulara ait ikincil element miktarları.....	59
Tablo 5.10 İnceleme alanındaki soğuk sulara ait ikincil element miktarları .....	60
Tablo 5.11 Suların sodyum absorpsiyon oranına göre Sınıflaması .....	61
Tablo 5.12 Suların köpürme katsayısı değerine göre Sınıflaması.....	62
Tablo 5.13 Suların tuzluluk ve sodyum miktarına göre sınıflandırılması.....	63
Tablo 5.14 Sulama sularının Wilcox’a göre sınıflaması .....	65
Tablo 5.15 Sulama sularının Wilcox sınıflamasında bor miktarına göre sınıflandırılması .....	65
Tablo 5.16 Örnekleme Yapılan Sulara Ait Fasiyes Tipi Sınıflamaları .....	68
Tablo 5.17 İnceleme alanına ait su örneklerinde çökel ürünü olarak rastlanabilecek bazı minerallerin belirtilen sıcaklıklardaki doygunluk indeksleri.....	76

# BÖLÜM BİR

## GİRİŞ

### 1.1 Çalışmanın Amacı

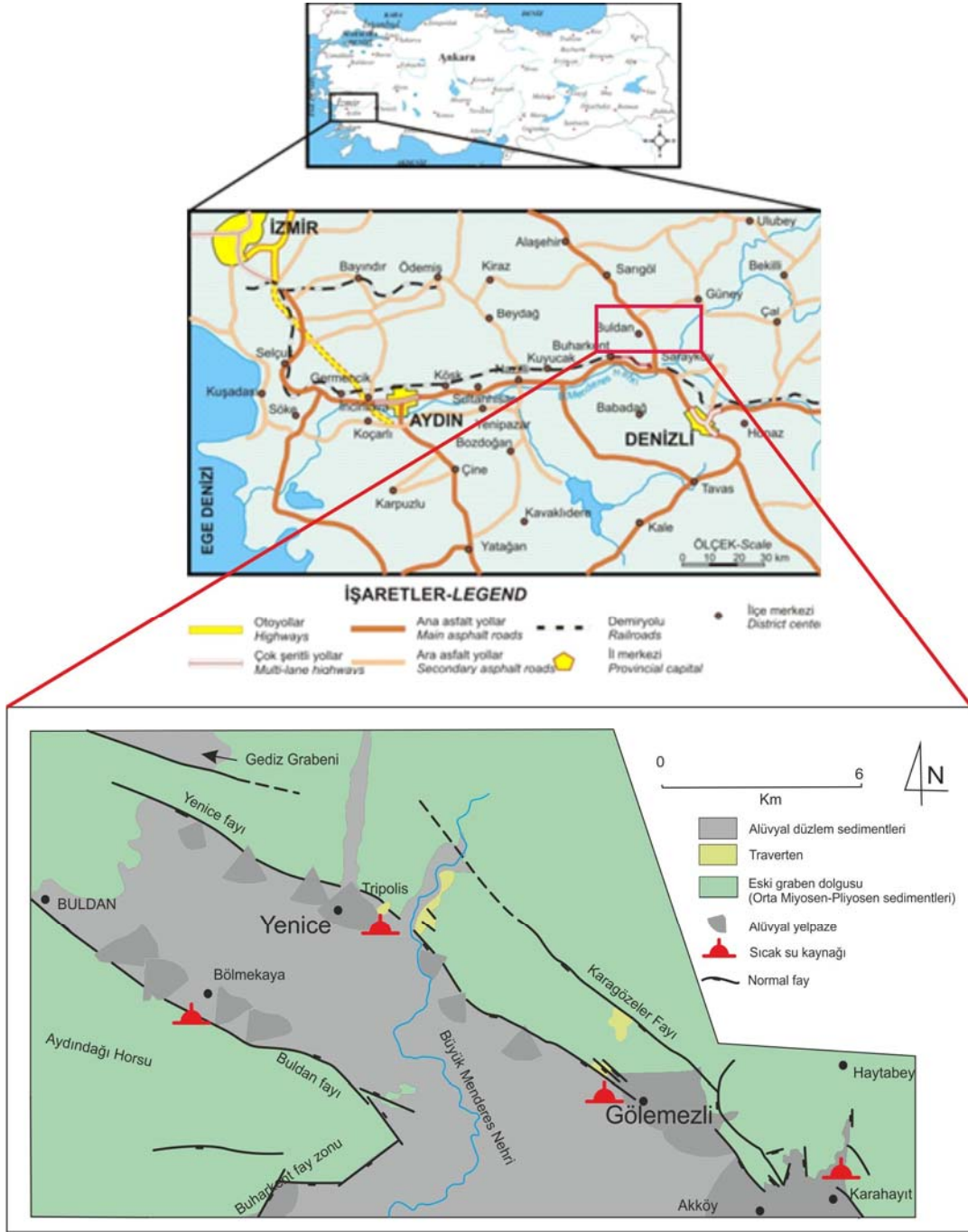
Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında, Yenicekent ve Gölemezli (Denizli) Jeotermal Alanlarının Hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Buna göre çalışma alanındaki sıcak ve mineralli suların kökeni, yeraltı suları ile ilişkileri, karışım oranları, hidrojeokimyasal özellikleri, kullanılabilirlikleri, akifer sıcaklıklarının tahmini ve kullanım alanlarına yönelik potansiyelin tespiti bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

### 1.2 Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Denizli ili içerisinde yer alan Buldan ilçesine bağlı Yenicekent alanı ile, Akköy ilçesine bağlı Gölemezli beldesini kapsamaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanı Uşak L21-c3, L22-d4 ve Denizli M22-a1, M22-b2 paftaları içerisinde 4215000-4206000 enlemleri ile 0669500- 0680000 boylamları arasında yer alır. Yenicekent sahası Gediz Grabeni'nin kuzeybatısında Yenice Horstu üzerinde bulunurken Gölemezli ise Büyük Menderes Grabeni ile Çürüksu Grabeni'nin birleşim yerinde bulunur (Şekil 1.1).

### 1.3 Çalışmada Uygulanan Yöntemler

Çalışma; ofis, arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak üç aşamada hazırlanmıştır. Ofis çalışmaları kapsamında saha ve bulunan kaynaklar hakkında bilgi toplanmış örnek alma noktaları belirlenmiştir. Arazi çalışmasında ise araziye çıkılarak kaynak ve kuyulardan, sıcak ve soğuk su örnekleri alınmıştır.



Şekil 1.1 Çalışma alanına ait yer bulduru haritası (Koçyiğit, A., 2002 ve Şengün, R., 2011'den değiştirilerek alınmıştır).

Eh, sıcaklık, pH, Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) ve elektriksel iletkenlik ölçümleri arazide yerinde yapılmıştır. Kimyasal bileşenler için (Na, K, Ca, Mg, Cl,  $\text{SO}_4$ , alkalinite,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , Al, Fe) 2'şer adet örneklenerek su örneklerinin kimyasal analizleri

ACME Analitik Laboratuvarına (Kanada) gönderilmiş ve gelen sonuçlara göre de gerekli diyagramlar ve çizelgeler hazırlanarak analizler yapılmıştır. Analizi yapılan su örnekleri, hidrojeokimyasal programlar (Aquachem 1997; Watch 2005 ve Phreeqci (Parkhurst & Appela,1999)) ile değerlendirilerek yorumlanmıştır. Bu programlar yardımıyla çalışma alanındaki sıcak ve soğuk suların jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Excel, Word ve Corel programları da raporun yazımında, şekil ve grafiklerin çizilmesinde kullanılmıştır. Çalışma alanı ve çevresinden alınan 5 adet örneğin mineral parajenezlerinin belirlenmesi için X-ışını difraksiyonu çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç mineral içeriği İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi laboratuvarında X-ışını difraktometre cihazı (Phillips X'Pert Pro marka, Ni-filtreli, CuK $\alpha$  30kV, 40mA ortamında) hizmet alımı yapılarak belirlenmiştir. Tarama hızı 2°/dak olarak alınmıştır.

### ***1.3.1 Örnekleme***

Sıcak ve soğuk suların örneklenmesinde polietilen 50 ml ve 500 ml'lik yeni örnekleme kapları kullanılmıştır. Bu kaplar kullanım öncesinde örnek alınacak su ile en az üç kez çalkalanmıştır. Katyonlar ve anyonlar için farklı örnek alımı yapılmıştır. Katyon örneği alınırken 50 ml'lik polietilen şişe içerisine hava kabarcığı olmayacak şekilde örnek süzülerek koyulmuştur ve içine pH 2'nin altına düşecek şekilde birkaç damla Nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ilave edilmiştir. Nitrik asit; iyonların bağlanarak farklı değerlerin ortaya çıkmasını önlemek amacıyla konulmaktadır. Anyon örneklemesine asit konmamış ve su 500 ml'lik polietilen şişe içerisine hava kabarcığı olmayacak şekilde konulmuştur. Örnekleme yapılan sıcak sular havayla temas ettiğinde bünyesinde barındırdığı gazlar serbest hale geçer ve ortamdan ayrılır. Gazların ortamdan ayrılması suyun bazikleşmesine sebep olduğundan Bikarbonat (HCO<sub>3</sub>) ölçümü arazide yapılmıştır(Şekil 1.2). Sülfür (SO<sub>4</sub>) ve Klorür (Cl) zamana karşı daha dayanıklıdır. Örnekler +4°C sıcaklıkta muhafaza edilmelidir.



Şekil 1.2 Arazide bikarbonat ölçümü ve örnekleme çalışması.

#### 1.4 İklim ve Bitki Örtüsü

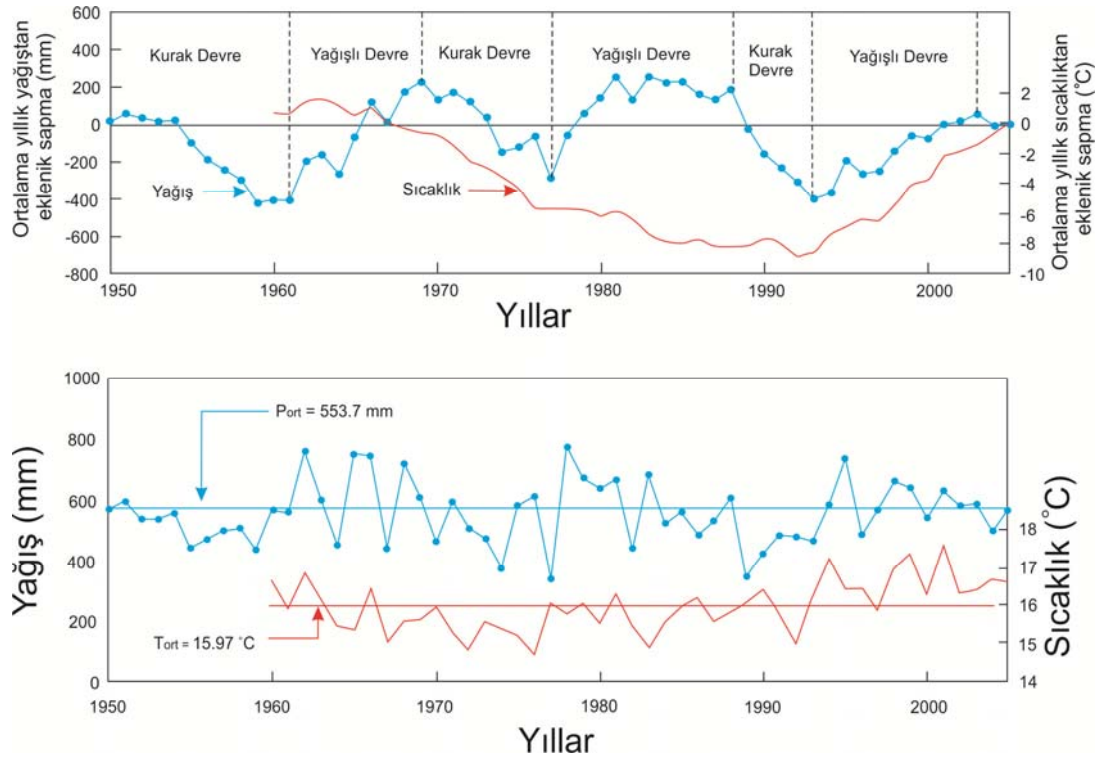
Denizli ilinin kuzey kısmı Ege güney kısmı Akdeniz bölgesine dahildir. Kıyı kesimlerinden iç bölgelere geçit yerinde olduğundan, kuzey kısmında az da olsa iç bölgelerin iklimi hissedilir. Ege bölgesi ikliminden sıcaklık olarak biraz düşük farklılıklar görülebilir. Denizli’de dağlar genel olarak denize doğru dik olduğundan denizden gelen rüzgarlara açık bulunmaktadır. Kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir.

Denizli’nin %51’i ormanlarla kaplıdır. Çayır ve meralar %10, ekili ve dikili arazi %35’tir. Ekime müsait olmayan arazi sadece %4’tür. İlin bitki örtüsünü çoğunlukla orman ağaçları ile Akdeniz iklimine has makiler meydana getirir. Ormanlarda karaçam, kızılçam, sedir, ardıç, meşe, çınar ve dişbudak gibi ağaçlar bulunur. Ormanların başladığı sınırların altında kalan dağ eteklerindeki geniş alanlar çalılık ve fundalıklarla kaplıdır(Wikipedia).



## 1.5 Yağış ve Sıcaklık

Denizli’de yıllık toplam yağış ortalaması 551,1 mm’dir. En az yağış Ağustos (8,9 mm), en fazla yağış ise Aralık (81,5 mm) ayında olur. Yıllık ortalama hava sıcaklığı 16,20 °C’dir. Temmuz ayı en sıcak (27°C), Ocak ayı en soğuk (5,9°C) aylardır (Tablo 1.1). En yüksek sıcaklık 44,4°C ile 13 Temmuz 2000 ve en düşük sıcaklık -10,5°C ile 09 Şubat 1965 tarihinde kaydedilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2012). Denizli ilindeki 1950-2005 yıllarına ait yağış ve sıcaklık değerlerinden yararlanılarak çizilmiş olan ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma ve ortalama yıllık sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri verilmiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Denizli il merkezindeki sıcaklık ve yağış dağılımları, yıllık sıcaklık ve yağış ortalamalarından eklenik sapma eğrileri (Şengün, 2011).



Şekil 1.4 1970-2011 Denizli ili yıllık yağış dağılımı (MGM, 2012)

Denizli ili yıllık yağış dağılımı incelendiğinde (1970-2011) son üç yıldaki yağışın ortalama değer üzerinde seyrettiği görülmektedir(Şekil 1.4). Şekil 1.3’de verilen 1950 ve 2005 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık eklenik sapma grafiğine bakıldığında ise yağış eğrisinin neredeyse her sekiz dokuz yılda bir periyodik bir salınım yaptığı, yıllık sıcaklık ortalamasının ise 1993’den itibaren düzenli bir şekilde artış gösterdiği göze çarpmaktadır.

Tablo 1.1 1970-2011 yılları arası Denizli ili aylık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri (MGM, 2012).

DENİZLİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1970-2011)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.9	6.9	10.1	14.6	19.9	24.8	27.6	27	22.5	16.8	11.1	7.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.6	12.0	16.0	20.6	26.3	31.4	34.5	34.3	30	23.7	16.9	11.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	2.2	2.8	5.2	9.1	13.3	17.6	20.3	19.9	15.9	11.4	6.7	3.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.5	4.3	5.5	6.5	9.1	11.2	11.5	11	9.2	6.4	4.6	3.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.9	10.9	10.8	10.6	8.2	4.6	2	1.9	2.8	5.9	7.7	11.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m <sup>2</sup> )	76.1	76.4	63	55.9	39.1	24.1	16.5	8.9	11.5	37.2	60.8	81.5
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1970-2011)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.6	25.9	30.8	35.8	37	42.4	43.9	44.4	41.6	34.4	29.3	25.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-9.5	-10.5	-7	-2	2.7	7.9	13.1	12	6.6	-0.8	-4.2	-6.3

## BÖLÜM İKİ

### JEOLOJİ

#### 2.1 Jeolojik Tarihçe

Neotektonik dönemde Anadolu ve Arap levhalarının çarpışması Anadolu Levhası'nın Doğu ve Kuzey Anadolu transform fayları boyunca batıya itilmesine neden olmuştur. Bu hareket Yunan makaslama zonu tarafından engellendiğinden Batı Anadolu'da D-B yönlü bir sıkışma rejimi gelişmiştir. Aynı zamanda Levant okyanus kabuğunun Anadolu Levhası altına dalması, Menderes Masifi altında bir anateksis zonunun oluşmasına, asit intrüzyonlar gelişmesine ve masifin yükselmesine neden olmuştur(Şengör ve Yılmaz, 1981). Tüm bu etkilerle Batı Anadolu'da Ege graben sistemi ve genellikle yüksek sıcaklıklı jeotermal sahalar gelişmiştir. Grabenlerin kenar fay zonları 100-150 km devamlılık göstermekle birlikte, bu zon, uzunlukları genellikle 8-10 km'yi geçmeyen kısa faylardan oluşmuş bir fay demeti halindedir. Bu fayların üzerinde, sürekli sismik aktivite kaydedilmektedir(Yılmaz, 2000). Sismik çalışmalar, Ege bölgesindeki K-G gerilmenin, büyük faylardaki hareketlerle ( $M>6$ ) karşılandığını işaret etmektedir(Eyidoğan ve Jackson, 1985; Jackson ve McKenzie. 1988). Batı Anadolu bölgesindeki aktif gerilme, yılda 3-4 cm hızla gelişimini sürdürmektedir. Litosferin incilmesi, bölgenin jeotermal enerji potansiyelini arttırırken, sismik aktivite birçok yıkıcı depremin de nedeni olmaktadır (Yılmaz; 2000),(Şekil 2.1).

#### 2.2 Bölgesel Jeoloji

Batı Anadolu'da binlerce ton<sup>2</sup> alan kaplayan "Menderes Masifi", KD-GB uzanımlı, yumurta biçimli bir görünüm sunar. Yaklaşık D-B uzanımlı Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Simav grabenleri Masifi dört asmasife bölerler(Dora, 1975). Masifin KB kenarı İzmir-Ankara Zonu'nun Ofiyolitik kaya topluluğuyla, G kenarı ise Toros kuşağı ile sınırlanır. Batı uzantısı Ege Denizi'ndeki Kiklad adalarında gözlenirken, doğuda parçalanarak kalın Neojen örtünün altında kaybolur (Brinkmann, 1966).

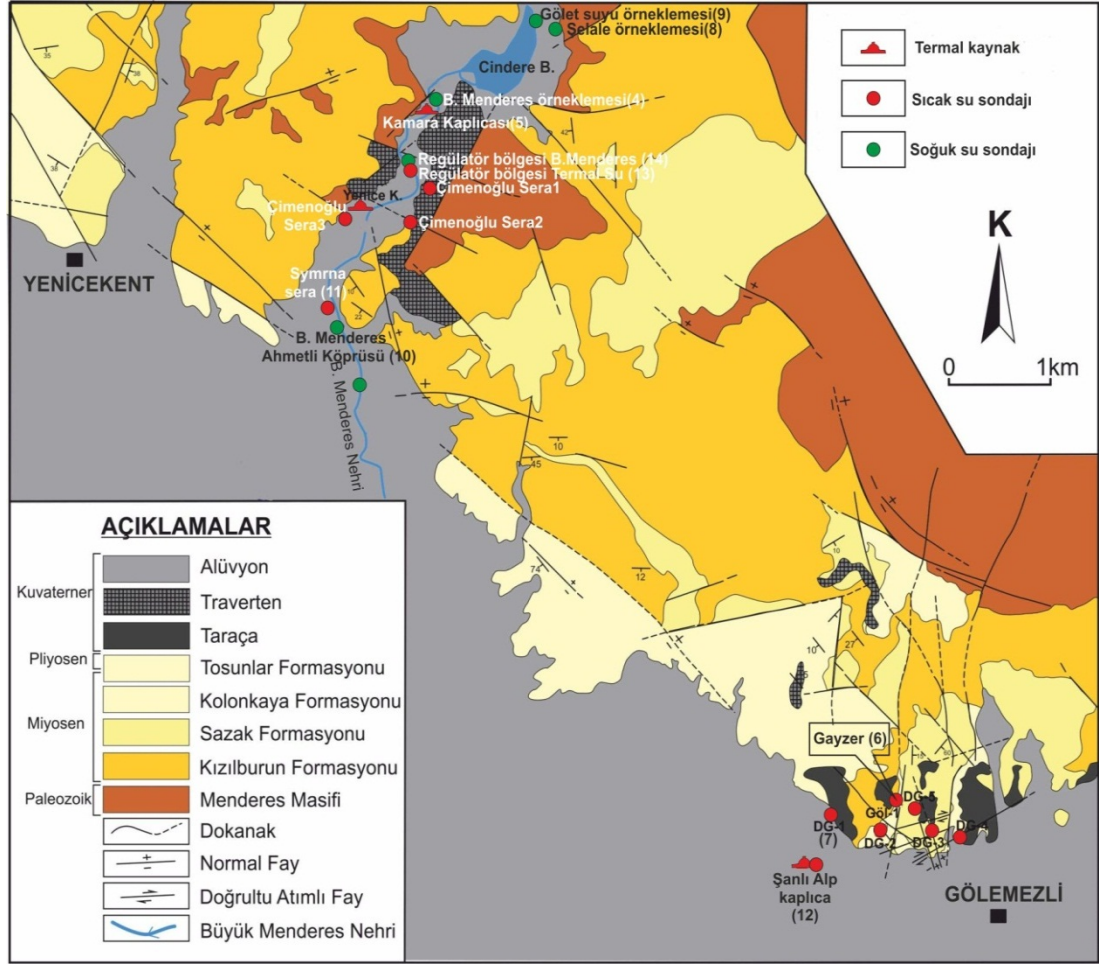
Menderes Masifi' nin temelini gözlü gnays, granitik gnays, bantlı gnays ve migmatitten yapılmış gnays birimi oluşturur. Hiçbir yerde gnaysın tabanını görmek olası değildir. Görünür kalınlığı 2-3 km' yi bulmaktadır. Gnays birimini uyumlu olarak metavolkanitler üstler. Son yıllarda gnays birimi ile metavolkanit birimi arasında yer alan, 5 - 300 m kalınlığında bir "mavi gözlü gnays" düzeyi bulunmuştur(Kun ve diğ., 1988a). Bu düzey içinde bol miktarda, gnayslaşmamış leptit kalıntılarının gözlenmesi, bunların ilkel kayanın leptitler gibi volkanik kökenli olduğunu göstermektedir(Kun ve Candan, 1987a). Gri açık pembe renkli olan metavolkanitler, kötü yapraklanmış, boynuztaşı benzeri kayalardan yapılmıştır ve kısmen porfirik doku sunarlar. Bu nedenle kayaların ilksel volkanik karakterleri hala tanınabilmektedir. Andezitten riyolite kadar değişen bir kimyasal bileşim sunarlar. Öte yandan, metavolkanitler içinde çok sık rastlanan bazı dayklar zengin anortit ve piroksen kapsarlar ve bu dinlenmiş yapılar sunarlar(Kun ve Candan, 1987b).

## **2.3 Stratigrafi**

İnceleme alanında yüzeyleyen birimler; Paleozoik yaşlı Menderes Masifi Metamorfikleri, Senozoyik yaşlı Kızılburun Formasyonu, Sazak Formasyonu, Kolonkaya Formasyonu, Tosunlar Formasyonu, Kuvaterner yaşlı Alüvyon ve Travertenler'dir(Şekil 2.2).

### **2.3.1 Menderes Masifi Metamorfikleri**

Menderes Masifi, KD-GB doğrultulu uzanan elips görünümlü metamorfik bir topluluktur. Menderes Masifi güneyinde Batı Toros (Likya) Napları, kuzeyinde ise genellikle ofiyolitik kaya topluluklarından oluşan İzmir-Ankara Zonu ile çevrilidir. Batıdaki uzantısı Ege denizindeki Siklad adalarında gözlenir. Doğuda ise Neojen örtünün altında kaybolur(Dora ve diğ., 1987).



Şekil 2.1 Yenicekent-Gölemezli çevresi jeoloji haritası (Demirel ve Tamgaç, 2004, Aydın ve Çakmakoğlu, 1990, Şengün, 2011'den değiştirilip uyarlanmıştır).

Çalışma alanının temelini Menderes Masifinin Paleozoyik yaşlı birimi oluşturur. Menderes masifi metamorfikleri gnays, mikaşist, mermer ve kuvarsitlerden oluşmuştur. Mikaşistler kıvrımlı yapıda olup sahada oldukça geniş yayılım göstermektedir. Genelde muskovit şistlerin hakim olduğu birim yer yer ince kuvars damarlarıyla kesilmiştir. Mikaşistler içinde bazı seviyelerde merccek şeklinde kalınlığı ve devamlılığı fazla olmayan mermer bantları bulunur (Karahan ve diğ., 2000).

Neojen öncesi temel kayaları Çürüksu vadisini kuzeyden ve güneyden çevreleyen dağlık alanlarda yüzeyler. Bu dağlık alanlar aynı zamanda horst alanlarıdır. Metamorfiklerin çekirdek kısımları gnayslarla, örtü kısımları ise çeşitli şistler ve

mermerlerle temsil edilir. Çürüksu havzası çevresinde daha çok şist, mermer ve örtü birimleri yaygındır(Şengün, 2011).

Menderes Masifine ait gnays, kuvarsit, kalkşist, klorit, biyotit, muskovit-şist ve mermerlerden oluşan bu metamorfikler, almandin-amfibolit ve yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmişlerdir. Bölgede fibroblastik gnays ve gözlü gnayslar yaygın olup bölgedeki birimlerin altında yer alır. Gnayslar içindeki pegmatoid damarlarının varlığı ve inceleme alanı çevresinde migmatitlerin gözlenmiş olması bölgede yüksek derecede metamorfizma koşullarına ulaşıldığı olarak yorumlanmıştır(Gökgöz, 2004).



Şekil 2.3 Çalışma alanındaki Menderes Masifi şistleri

Y A Ş	FORMASYON VE KALINLIK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
Kuvaterner	Alüvyal yelpaze, alüvyon, traverten		Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, traverten
	Tosunlar Formasyonu (50- 250m)		AÇISAL UYUMSUZLUK Az pekleşmiş çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı AÇISAL UYUMSUZLUK
Orta-geç Miyosen Geç Pliyosen	Kolonkaya Formasyonu (200-500m)		Memeli fosili; Tosunlar, Kiranyer Konglomera, kumtaşı, silttaşı
			Memeli fosili; Babadağ, Güzelpınar ve Mahmutgazi Az pekleşmiş kumtaşı, kilttaşı, silttaşı, siyah şeyl, marn, killi kireçtaşı Çamurtaşı, silttaşı, marn
Orta-Geç Miyosen	Sazak Formasyonu (150-300m)		Jips, halit, jipsli çamurtaşı ve şeyl Çörtlü kireçtaşı Memeli fosili; Pamukkale, Haytabey Kilttaşı, silttaşı, marn, çamurtaşı, killi kireçtaşı
Erken-Orta erken Miyosen	Kızılburun Formasyonu (300-450m)		Memeli fosili; Bostanyeri ve Kabağağaç Kömür, killi kireçtaşı Konglomera, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı
Paleozoik	Menderes Masifi		UYUMSUZLUK Mermer, kuvarşit, çeşitli şist ar dalanması Kalk şist, biyotit şist, klorit şist, muskovit şist, gnays, fillit, rekristalize dolomitik kireçtaşı

Şekil 2.2 Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit (Alçiçek vd., 2007, Şengün, 2011).

Çizmeli ve Kamara kaplıcaları civarında yüzeylenen birimdeki kalın mermerler genellikle şistlerin en üst seviyelerinde şistlerle ar dalanmalı olarak görülmektedir. Mermerler; genellikle koyu gri ve beyaz renkli, iri kristalli, mikalı, kırılğan, bol eklemlili, belirgin katmanlıdır(Şekil 2.4).

Kuvarsitler genellikle, gnaysların üzerinde ve şistlere geçiş zonunda görülmektedirler. Kuvarsitler; beyaz, sert, keskin, kırıklı, ince ve orta katmanlı, bol eklemli ve kırıklı ve çoğunlukla mikalıdır(Şengün, 2011).

### **2.3.2 Kızılburun Formasyonu**

Formasyon çalışma alanında Buldan ilçesine bağlı Yenicekent Kasabasında gözlenir. Kızılburun Formasyonu, çakıltası, kumtaşı, kiltası ve silttaşı birimlerinden oluşan ve Şimşek (1984) tarafından adlandırılan birimdir. Formasyon adını Kızılburun Tepe'den almaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde yayılımı oldukça fazla olan bu formasyondan derlenen makro ve mikro fosillere dayanarak bu formasyona değişik araştırmacılar tarafından farklı yaşlar verilmiştir. Formasyonunun yaşı, Taner (1974), Şimşek (1984) ve Kastelli (1971) 'e göre Alt Pliyosen, Sun (1990) 'a göre Üst Miyosen, Sözbilir (1995)'e göre Geç Miyosen- Erken Pliyosen, Alçıçek vd. (2007)'ne göre Erken-Orta Miyosen olarak verilmiştir.

Kızılburun Formasyonunun üst seviyelerinde tane boyu incelik ve karbonat miktarı artar(Göktaş, 1990). Kızılburun Formasyonu üst seviyelerinde yer alan karbonatlar killi kireçtaşı marn ve gölsel kireçtaşı olarak ayırtlanmıştır(Semiz, 2003). Formasyonun yaklaşık kalınlığı 250-300m'dir(Gürel, 1997). Killi kireçtaşları ve marnlar beyazımsı gri renkli yer yer kırıntılı ve tabakalı bir yapı sunar.





Şekil 2.4 Yenicekent Gölemezli kanal yolunda yüzlek veren Kızılburun Formasyonuna ait görünüm



Şekil 2.5 Kızılburun Formasyonu ve Menderes Masifi 'nin Yenicekent mevkiinden görünümü.

### **2.3.3 Sazak Formasyonu**

Sazak Formasyonu, altta kilitaşı, kumtaşı ve konglomera ardalanması, silisifiye marn, beyaz sarımsı marn ve gölssel kireçtaşlarından oluşur. Kilitaşı, kumtaşı ve çakilitaşı ardalanması dar bir alanda yüzeyler. Marnlar sarımsı ve boz renklerde ve gastropod içeriklidirler. Gölssel kireçtaşları ise beyaz, kırıklı, orta kalın tabakalı olup alg ve gastropod fosilleri içerir (Özler, 1996). Sazak Formasyonu karbonat çökellerinin fazla olduğu düşük enerjili bir göl ortamında çökelmiştir(Taner, 1974). Adlanma ilk kez Şimşek (1984) tarafından kullanılmış olup, formasyon adını Sazak Köyü'nden almaktadır. Akköy- Gölemezli'de, Arpaalanı Tepe, Kartmak Tepe kuzeydoğusu, Kocadüz Tepe ve güneyinde, çalışma alanının kuzeyinde, 321 rakımlı tepede, Yalnızarmut mevkiinde ve Gölemezli Tepe ile Ümmet Tepe'de yayılım göstermektedir(Şengün, 2011). Sözbilir (1995) formasyonun yaşının Geç Miyosen-Erken Pliyosen olabileceğini belirtmektedir.

### **2.3.4 Kolonkaya Formasyonu**

Kolonkaya formasyonu marn, silttaşı, çakıllı kum ve zayıf tutturulmuş kumlardan oluşmaktadır(Şekil 2.7). Formasyon tipik olarak fan delta özelliklerini yansıtmaktadır, özellikle orta taneli, zayıf tutturulmuş kumlar, silttaşları ve marnlar içerisinde çok sayıda yumuşak-çökel deformasyon yapısına rastlanmaktadır. Bu yapılardan yük kalıpları, damla yapıları, alev yapıları, kırıntılı sokulumlar (dayklar), bozulmuş tabakalar, slump yapıları ve sinsedimanter faylar formasyonda gözlenmektedir(Topal, 2006). Sazak Formasyonu'nun adlanmasını ilk kez Şimşek (1984) yapmıştır. Formasyon adını Kolonkaya Tepe'den almaktadır.

Kolonkaya Formasyonu, Akköy-Gölemezli'de; doğuda Kavakbaşı köyünün doğusunda, Arpaalanı Tepe'nin batı yamacında, Senekçi mahallesinde, Kartmak Tepe batı yamacında, batıda Gölemezli Tepe'nin batısındaki tepelerde, Buldan Yenicekent'te ise Kale tepe çevresinde yayılım gösterir(Şengün, 2011).



Şekil 2.6 Kolonkaya ve Sazak Formasyonlarının Gölemezli mevkiinden görünümü (Şengün, 2011).

### **2.3.5 Tosunlar Formasyonu**

Başlıca alacalı kırmızı ve sarımsı çakıltaşı, kumtaşı, fosilli kiltaşından oluşan formasyon Akköy- Gölemezli’de inceleme alanının batısında yaygın olarak görülür(Şekil 2.8). Çakıl taşının bileşen taneleri gnays, çeşitli şist, kuvarsit, mermer, Mesozoyik yaşlı kireçtaşları, Kızılburun, Sazak ve Kolonkaya formasyonları’na ait çakıl ve bloklardır. Birim az pekleşmiş olup, taneler kötü-iyi arasında yuvarlaklaşmıştır(Şengün, 2011).

Katmanlanma belirsiz ya da az belirgindir. Kumtaşı ve siltaşlarının rengi biraz daha koyu ve kırmızımsı sarımsı tondadır. İnce orta katmanlı olan kumtaşları ve siltaşları içinde çakıltaşı düzeyleri de içerir. Birimin belirgin özellikleri düşük kotlarda bulunması, az pekişmiş, dayanımsız olmaları ve belirsiz katmanlanma sunmalarıdır. Katmanlar genelde yatay olup kalınlıkları yaklaşık 90 cm’dir(Gökgöz, 1998). İri blokların da bu birim içinde yer almaları, gereçlerin çok yakından ve kısa sürede taşındığını gösterir. Bundan dolayı üst Pliyosen öncesi topografyanın durumuna ve su dışında kalan alanların litolojilerine göre Pliyo-Kuvaterner’de farklı

alanlarda farklı birimler çökelmiş ve kısa mesafede çökel bileşeni değişebilmiştir (Şimşek, 1984).



Şekil 2.7 Tosunlar Formasyonuna ait görünüm

Tosunlar formasyonu, graben ve horstları oluşturan büyük atımlı faylarla birlikte gelişmiştir. En büyük atımlı faylar önünde en geniş yayılımı görülmektedir. Bu birimi oluşturan katmanlardaki iri blok ve çakıllar, eski topoğrafyadan havzaya çok yakın yükseklikten taşınmış olduğu belirlenmiştir. Birim köşeli, iri taneli, bloklu, gevsek tutturulmuş, az belirgin katmanlı veya katmansız, kötü boylanmalı olduğu alanlarda yığılım ve selinti çökelti halindedir(Şimşek,1984).

### **2.3.6 Alüvyon**

Akköy-Gölemezli' de çalışma alanının güneybatısında, Buldan-Yenicekent'te Büyük Menderes Nehri'nin her iki kenarında yayılım gösterir. Özellikle çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı ardalanmasının üzerinde birimlerin ayrışma durumuna göre değişik kalınlıklarda bulunur. Birimin kalınlığı 50-100 m arasında değişir(Şekil 2.3).

## 2.4 Yapısal Jeoloji

Büyük Menderes ve Gediz Graben'lerinin kesiştiği bölgenin doğusunda kalan çöküntü alanını Şimşek(1982) Çürüksu Grabeni, Westaway (1993) ve Hancock ve diğerleri (1999) ise, Denizli Havzası olarak adlandırmıştır. Bu havza 50 km uzunluğunda 24 km genişliğinde KB-GD uzanımlı bir çöküntü havzasıdır. Havza kuzey ve güneyden normal faylarla sınırlandırılmıştır. Havza sınır fayları ve bunlara paralel ve dik gelişen birçok antitetik ve sintetik faylarla parçalanmış ve bloklara ayrılmıştır. Sınır fayları tek parça değildir ve farklı uzunlukta segmentlerden oluşur.

Sahanın şekillenmesinde rol alan K50D ve K 40-60 B doğrultulu normal faylar ile kaynakların oluşumuna neden olan K-G uzanımlı oblik fay sistemleri önemlidir. Yenicekent alanı Gediz Grabeni'nin güney kanadında, Gölemezli ise Gediz, Büyük Menderes ve Çürüksu (Denizli Havzası) Grabeni 'nin birleşim Büyük Menderes ve Gediz Grabenleri, D-B ve KD-GB uzanımlı tektonik hatlar ve kaynakların oluşumundaki ana etkendir(Şekil 2.9).



## BÖLÜM ÜÇ

### JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI

#### 3.1 Jeotermal Enerji ve Jeotermal Sistemler

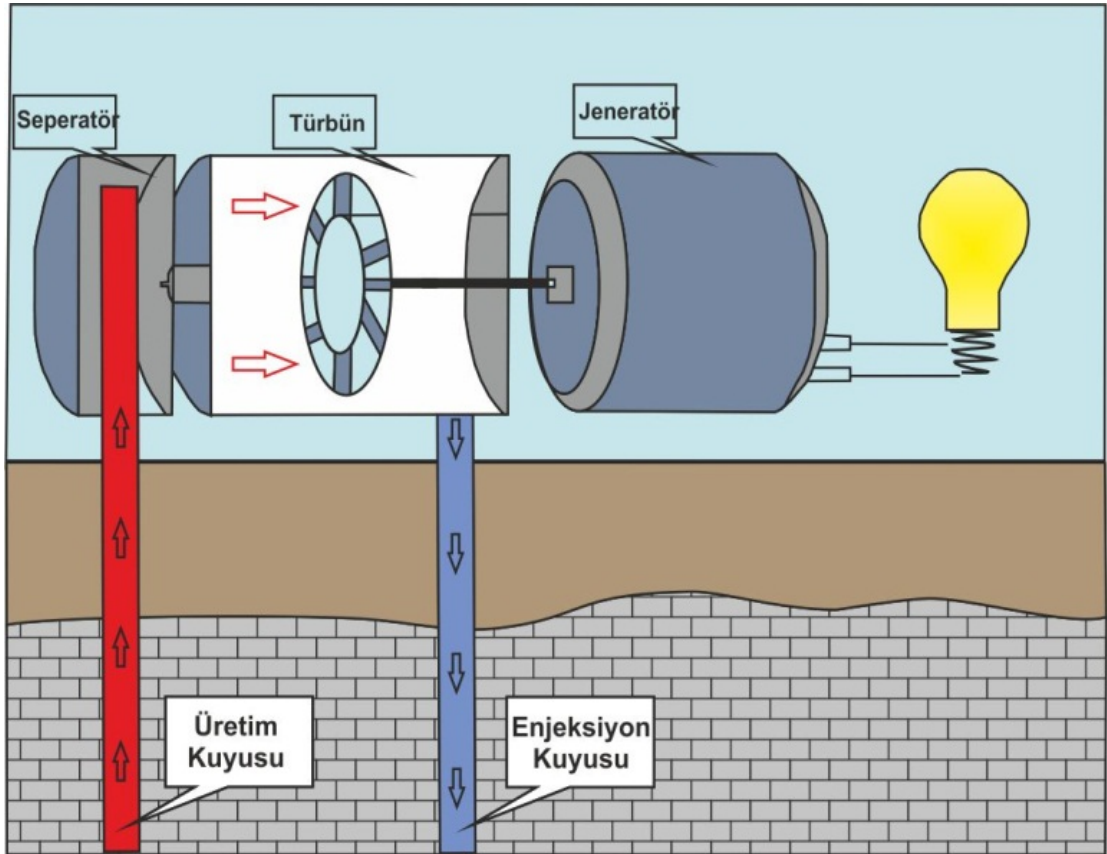
Günümüzde petrol, doğal gaz ve kömür yaygın olarak kullanılan enerji kaynakları arasındadır. Karbon bazlı olan, ısınmadan ulaşım ve elektrik enerjisi üretimine kadar birçok yerde kullanılan bu kaynaklar yakıldıklarında atmosfere bol miktarda karbondioksit, kükürt ve azotoksit salımı yapar. Bu salınım; Asit yağmurlarına, ozon tabakasının incelmesine, hava kalitesinin bozulmasına ve dolaylı olarak küresel ısınmaya neden olduğundan yapılan protokollerle fosil yakıtların kullanım alanları giderek azaltılmakta ve onların yerini sürdürülebilir ve temiz enerji kaynakları olan rüzgar, güneş, hidroelektrik ve jeotermal enerji kaynakları almaktadır.

Jeotermal enerji, yerkabuğunun işletilebilir derinliklerinde olağan dışı birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20°C den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir(Hakyemez, 1986).

Jeotermal akışkanlar derinde, yüksek sıcaklık ve basınç altında bulunur. Bu koşullar altında hazne kaya ile etkileşime giren jeotermal akışkan bünyesine çok miktarda ağır element alır. Yapılan sondaj ile yeryüzüne çıkarılan bu jeotermal akışkanın kimyası detaylı bir şekilde analiz edilmeden kullanılmamalıdır. Açılan kuyudan elde edilen sıcak suyun kullanıldıktan sonra tekrar sisteme kazandırılması için re-enjeksiyon kuyusu mutlaka açılmalı ve sistemin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

Ülkemizde 1200 sıcak su kaynağı mevcut olup, bunlardan 40 °C'nin üstünde jeotermal akışkan içeren, 140 jeotermal alan bulunmaktadır. Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli yüksek olan ülkeler arasında 7. sırada yer almaktadır. Henüz bu potansiyelin %2,97' sinden yararlanılmaktadır. Özellikle Ege ve İç Anadolu bölgeleri jeotermal enerji yataklarının bulunabileceği alanların başında gelmektedir (Baba,

2006). Yapılan son araştırmalar Doğu Anadolu bölgesinin de jeotermal enerji yatakları bakımından oldukça zengin olduğunu ortaya koymuştur. Ancak bu potansiyelden henüz yeterince yararlanılamamaktadır. Dünya standartlarına göre jeotermal kaynaklar; 150°C'nin üstünde yüksek sıcaklık, 70 C ile 150C arasında orta sıcaklık ve 70C'nin altında düşük sıcaklık kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır(Balıkesir niversitesi, 2013).



şekil 3.1 çalışma alanı çevresinde elektrik üretimi yapan alanda (Kızıldere) kullanılan jeotermal alanına ait örnek anlık flash buhar santrali (zdemir, b.t 'den değiştirip uyarlanmıştır).

Hidroelektrik santrallerde enerji üretimi; suyun yüksek bir alandan düşük bir alana hareketi esnasında trbınleri döndürmesiyle elde edilirken, Jeotermal enerjide elektrik; basınçla çıkan su buharının trbınleri döndürmesi sonucunda elde edilir. Trbının hareketi bir jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine çevrilir(şekil 3.1). Daha düşük sıcaklıklardaki sular elektrik üretimi için yetersiz olduğundan; sera işletmeciliği, kaplıca turizmi, balık çiftlikleri, konut ısıtması ve endüstriyel faaliyetlerde kullanılır(Tablo3.1).

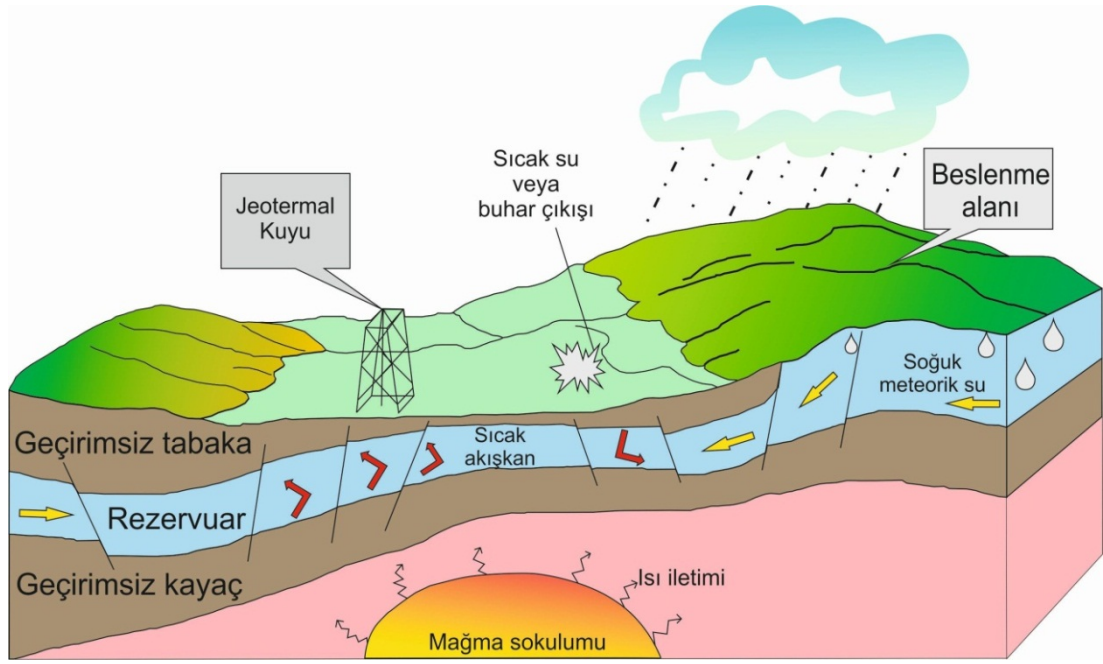


Tablo 3.1 Sıcak suların kullanım alanları(Akkuş, 2002)

Sıcaklık	Jeotermal kullanım alanları	Kullanım Şekli
180 °C	Yüksek konsantrasyonlu solusyonunun buharlaşması amonyum absorpsiyon ile soğutma	Elektrik Üretimi
170 °C	Hidrojen sülfid yoluyla ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması	Elektrik Üretimi
160 °C	Kereste, Balık vb. yiyeceklerin kurutulması	Elektrik Üretimi
150 °C	Bayer's yoluyla alüminyum eldesi	Elektrik Üretimi
140 °C	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservecilik)	Isıtma
130 °C	Şeker endüstrisi, tuz eldesi	Isıtma
120 °C	Temiz tuz eldesi, tuzluluk oranının artırılması	Isıtma
110 °C	Çimento kurutulması	Isıtma
100 °C	Organik maddeleri kurutma(Yosun, Et, Sebze vb) Yün yıkama ve kurutma	Isıtma
90 °C	Balık kurutma	Isıtma
80 °C	Ev ve sera ısıtma	Isıtma
70 °C	Soğutma (Alt sınır), sağlık tesisleri	Isıtma
60 °C	Mantar yetiştirme, banelolojik banyolar	Isıtma
40 °C	Toprak ısıtma, kent ısıtma(altsınır), sağlık tesisleri	Isıtma
30 °C	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlıktesisleri	Isıtma
20 °C	Balık çiftlikleri	Isıtma

Yeryüzünde bütün volkanik bölgelerde ve hatta volkanik faaliyeti binlerce yıl önce sona ermiş bulunan yerlerde bile, sayısız sıcak su kaynaklarının bulunması, o yörede yüzeye yakın kayaların altında ve daha derin yerlerde yüksek sıcaklığın var olduğunu gösteren delillerdir. Yerkabuğundaki ısı kaynağı magmadır. Magma içinde serbest kalan gazların basıncının zayıfladığı ve dolayısıyla volkanik faaliyet sona erdiği zaman, magma yavaş yavaş soğumaya devam eder. Bu soğuma sırasında, büyük ölçüde su buharı olmak üzere, hidroklorik asit, CO<sub>2</sub>, hidrojen, amonyum klorür vb. gazlar ortaya çıkar. Bütün bu gazlar yeraltı suyu zonu içindeki yarıklardan geçerek yeryüzüne ulaşır. İşte bu volkanik faaliyetler sırasında ortaya çıkan gazlar tarafından ısıtılan yer altı suyu ve diğer karışımlar, yeryüzüne sıcak kaynaklar olarak ulaşırlar. Yeryuvarlığının derinliklerindeki yüksek sıcaklık ile ilgili olan ve bu güçle ısınarak oluşan enerjiye jeotermal enerji adı verilmektedir(Baba, 2006).

İlk çağlardan beri ilksel amaçlı olarak yararlanılan doğal sıcak su kaynakları ilk defa 1827 yılında İtalya'da borik asit elde etmek amacıyla kullanılmıştır. 1999 yılı verilerine göre dünyadaki elektrik kurulu güç kapasitesi 8274 MWe ve 2000 yılı verilerine göre doğrudan kullanım ise 11.300 MWt'dir(Akkuş, 2002).



Şekil 3.2 Örnek jeotermal sistem (Jeotermalvakfından alınarak değiştirilmiş ve uyarlanmıştır).

Örneğin 60–100 °C arasındaki bir jeotermal su ile ısıtma doğrudan yapılırken, suyun aşındırıcı (korozif) maddeler içermesi ya da çökeltme eğilimi taşıması durumunda ısı değiştirici gerekmektedir. Sıcak su ve buhar bu gibi amaçlarla kullanıldıktan sonra, atık suyun yok edilmesiyle süreç tamamlanır. Dünyada mevcut jeotermal santraller 6.275 MW Kurulu gücünde olup, bu santrallerden elektrik elde edilmesinde yararlanılmakta, ısıtma amaçlı kullanım ise 13.044 MW olmaktadır. Jeotermal enerjiden en fazla yararlanan ülkelerin başında İtalya, İzlanda, Yeni Zelanda ve A.B.D. gelmektedir. İzlanda da gereksinim duyulan enerjinin yaklaşık %20'si jeotermal enerjiden karşılanmakta ve ülke nüfusunun yaklaşık yarısı jeotermal enerji ile ısıtılan konutlarda oturmaktadır(Baba, 2006).

Türkiye'de yaklaşık 5 milyon evin jeotermal enerji ile ısıtılacağı ileri sürülmektedir. Bu tahmin gerçekleşirse başta İzmir, Bursa, Aydın, Erzurum, Sakarya, Denizli ve Ağrı gibi kentlerinde yer aldığı 51 kent yerleşiminin ısıtılabilmesinde jeotermal enerji kullanılabilir(Balikesir Üniversitesi).

### 3.2 Denizli İlindeki Jeotermal Enerji Uygulamaları

Denizli ÷lkemizin en önemli jeotermal sahaları olan Kızıldere, Tekkehamam, Yenicekent, Gölemezli, Karahayıt jeotermal sahalarını bünyesinde barındırmaktadır. Kızıldere ve Tekkehamam jeotermal sahaları yüksek entalpi değeriyle elektrik enerjisi üretiminde kullanılırken, Yenicekent, Gölemezli ve Karahayıt gibi düşük entalpili sahalar kaplıca ve sera turizminde kullanılır.

MTA tarafından Yenicekent beldesinde üç adet kuyu açılmıştır(Tablo 3.2). Kuyuların ölçülen sıcaklıkları 36°C ile 65°C arasındadır. Sıcak sular bölgede jeotermal sera işletmeciliğine yönelik kullanılmaktadır. Kuyularda re-enjeksiyon uygulaması yapılmamaktadır.

Tablo 3.2 Yenice – Kamara jeotermal sahasındaki kaynaklar (Doğdu, 2006)

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik (m)	Sıcaklık (C°)	Debi (lt/sn)	Üretim Şekli
YK-1	2002	54	57	20	Pompaj
YK-2	2002	238	65	100	Artezyen
YK-3	2002	250	36	4	Artezyen

Gölemezli beldesinde Mta'nın, İl özel idarenin ve Özel teşebbüsün açmış olduğu sıcaklıkları 61°C ile 88°C arasında değişen toplam yedi adet kuyu bulunmaktadır(Tablo 3.3). Kuyuların hiç birinde re-enjeksiyon yapılmamaktadır.

Tablo 3.3 Gölemezli jeotermal sahasındaki kaynaklar (Doğdu, 2006, Denizli İl Özel idaresi, 2011)

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik (m)	Sıcaklık (C)	Debi (lt/sn)	Üretim Şekli
DG-1	2001	1500	88	15	Artezyen
DG-2	2002	696.8	72	140	Artezyen
DG-3	2002	549	68	110	Artezyen
DG-4	2003	750	66	45	Artezyen
DG-5	2003	750	62	35	Artezyen
GÖL-1	2008	604	69	120	Artezyen
Kokarcahamam	1998	110	61	6	Artezyen

Ülkemizin en büyük jeotermal enerji potansiyeline sahip Kızıldere ve Tekkehamam-Sarayköy jeotermal sahaları çalışma alanına çok yakın mesafelerde bulunmaktadır. Kızıldere jeotermal alanında yapılan sondajın kullanım sıcaklığı 240°C iken, Tekkehamam jeotermal alanında 120°C'dir. Bölgedeki jeotermal sondajlar genel olarak Büyük menderes ile Gediz grabeninin kesişim yerlerinde yani Denizli il merkezinin kuzey kısımlarında yoğunlaştırılmıştır.

Tablo 3.4 Denizli ili jeotermal kaynakları olası jeotermal potansiyelleri (Yılmaz, b.t)

Jeotermal Alanın Adı	Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> )	Kuyu - Kaynak Ölçülen Sıcaklık(C°)	Kullanım Sıcaklığı (C°)	Rezervuar Kalınlığı (km)	Olası Potansiyel (MW <sub>t</sub> )
Kızıldere	20	240	160	1	2035
Tekkehamam - Sarayköy	15	168	120	1	1037
Bölmekaya	10	85	70	0.5	140
Yenice - Kamara	3	67	55	0.5	25
Gölemezli	3	88	65	0.8	58
Karahayit - Pamukkale	10	51	45	0.2	16
<b>Toplam Potansiyel</b>					<b>3331</b>

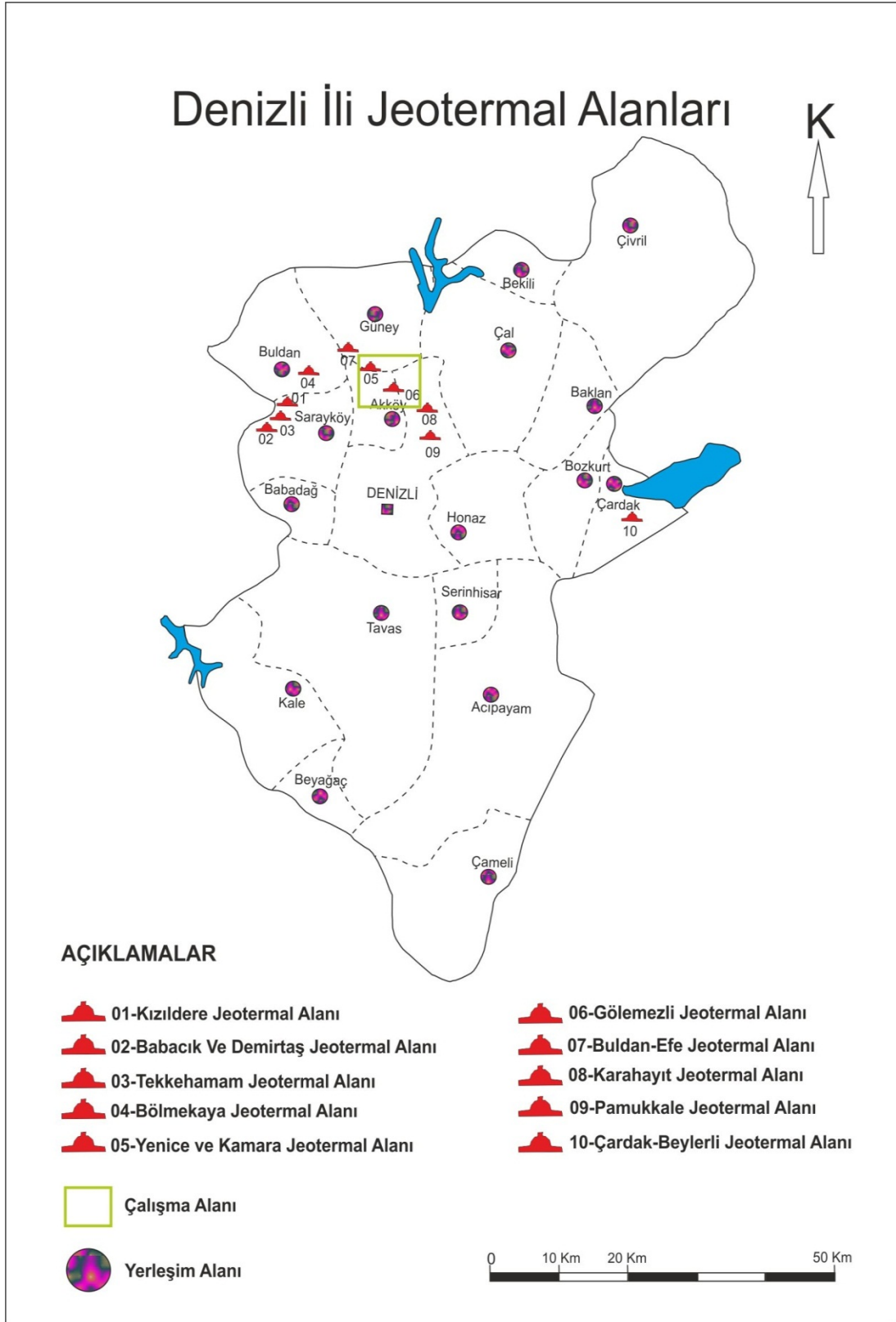
### 3.3 Jeotermal Alanların Oluşum Özellikleri

Bölgedeki gerilme tektoniğinin etkisiyle kuzey-güney yönlü açılma ve Menderes Masifi bloğunun sürekli yükselmesi sonucunda doğu-batı yönlü grabenleşme oluşmuş ve basamak fay sistemi gelişmiştir. Menderes grabeninde kıtasal kabukta incelmeye bağlı olarak yüzeye yaklaşan ve zayıflık zonları boyunca yükselen magma faaliyetleri sistemin ısı kaynağını oluşturur. Graben faylarından çok derine inenler, litosferin üst kısımlarından ısı transferi yaparak hazne kayayı ısıtırlar. Menderes masifi içindeki gabro stokları granit pegmatit dayklarının bulunması derinde yüzeye yakın yerlerde ısısını kaybetmemiş asit magmatik kayaçların bulunduğunu göstermektedir(Karahan, 2009).

Batı Anadolu'da açılma tektoniğine bağlı olarak gelişen ve derinlere kadar etkili olan kırık zonları ile sınırlandırılmış bulunan grabenler içinde tektonik yer yer volkanik faaliyetlere bağlı jeotermal sistemler oluşmuştur. Derinlere kadar inen kırık zonlarının bulunduğu graben sistemlerinde yüksek entalpili alanlar gelişmiştir. Büyük Menderes Grabeni'ndeki jeotermal alanlar devirli jeotermal sistem

özelliğindedir. Bu Jeotermal sistemlerde meteorik sular fay hatları ve tektonik kırıklar boyunca yeraltına süzülürler. Süzülen bu sular, graben tektoniğine bağlı olarak yüzeye yaklaşan magma tarafından ısıtılır. Sıvılarda yoğunluk farkından dolayı ortaya çıkan konveksiyon ısı akımları ile ısınan sular tektonik hatlar boyunca tekrar yükselerek, yeryüzüne ulaşırlar(Yurttaş, 2008).

Açılmaya bağlı gelişen horst graben tektonizması derin kırıklara ve kıtasal kabuğun incelmesine neden olmuştur. İncelen kabuktan kırıklar vasıtasıyla yükselen magma, jeotermal sistemin ısı kaynağını oluşturur. Çalışma alanında gözlenen jeotermal sistemin hazne kayasını Menderes metamorfiklerine ait gnays, karstik mermerler ve kırıklı yapıda bulunan şistler oluştururken, Neojen yaşlı geçirimsiz kilit ve çamurtaşı birimleri sistemin örtü kayasını oluşturur.



Şekil 3.3 Denizli ilinin jeotermal alanlar haritası (MTA, 2005'ten değiştirilip uyarlanmıştır).

## **BÖLÜM DÖRT**

### **HİDROJEOLOJİ**

#### **4.1 İnceleme Alanındaki Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri**

Çalışma alanı ve çevresinde temelde Menderes Masifi nin metamorfik kayaçları yer alır. Masif içerisinde bulunan mermerler, ana hazne kayayı oluştururlar. Mermerler yer yer erime boşluklu olup, tektonik etkilerle çatlaklı kırıklı bir yapı kazanmışlardır. Bu özelliklerinden dolayı yüksek porozite ve permeabilite gösterirler. Mermerler altında ve üstünde yer alan mikaşistler düşük porozite ve permeabiliteye sahiptirler. Şistler bu özellikleri ile örtü kaya konumundadırlar (Karahan ve diğ., 2000). Gnayslar çalışma alanında gerek faylanma, gerekse mermerlerle yakın ilişkide bulunmaları nedeni ile yüksek porozite ve permeabilite gösterebilmektedirler(Karamandere, 1989). Temel birimler üzerine gelen Neojen tortullarının gevşek tutturulmuş kumlu, çakıllı bölümleri yüksek porozite ve permeabiliteye sahip olup hazne özelliği gösterirler. Bu birimlerin sıkı tutturulmuş bölümleri ile killi seviyeleri ise örtü kaya konumundadır(Karahan ve diğ., 2000).

#### **4.2 Meteorolojik Su Bütçesi**

Bu bölümde çalışma alanının yağış, sıcaklık ve iklimsel özellikleri incelenmiş, 1960-2011 yılları arasında tutulan meteorolojik kayıtlardan yararlanılarak su bilanço tablosu hazırlanmış ve sonuçları yorumlanmıştır. Değerlendirmelerde incelenen jeotermal sahalara yakın mesafede olan ve uzun süreli ve güvenilir ölçümlerin yapıldığı Denizli Devlet Meteoroloji İstasyonu'nun meteorolojik verileri kullanılmıştır.

Denizli il merkezi için 1960-2011 dönemi ortalaması ve 2011 yılındaki potansiyel ve gerçek buharlaşma-terleme değerleri, karşılaştırma için Thorntwait yöntemleri ile hesaplanmıştır(Tablo 4.1).

Thornthwait' in aylık potansiyel buharlaşma- terlemeyi (ETP) veren formülü;

$$ETP = 16 \cdot \left( \frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

$$I = \sum i, \quad i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad \text{şeklindedir. Formülde;}$$

i : Sıcaklık indisi,

t : Aylık sıcaklık ortalaması (°C)

ETP : Aylık potansiyel buharlaşma- terleme miktarı (mm)

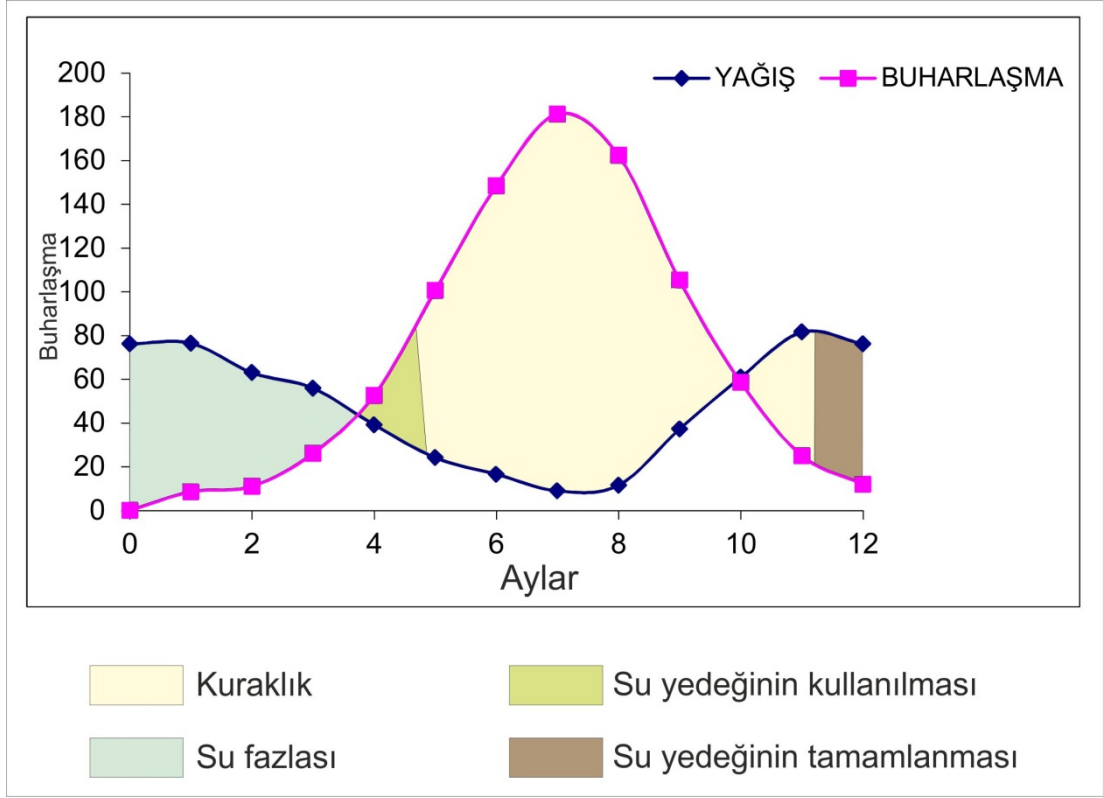
a :  $6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \times I + 0,492$  ' dir.

Bu yöntemle, 1960-2011 yılları için yıllık potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) 787,46 mm, yıllık gerçek buharlaşma-terleme (Etr) ise 377,22 mm hesaplanmıştır (Tablo 4.1). Nisan ayı sonuna kadar yağış Etp'den fazladır. Bu nedenle Etp, Etr'ye eşit olur. Yağış fazlası 178,72 mm'dir. Yağışın bir kısmı yüzeysel akışa geçer, bir kısmı da yeraltına süzülür. Kasım ayı ortasından sonra yağış Etp'den fazladır. Aralık ayı ortalarında fazla yağış zemin rezervini tamamlar.

Bu hesaplamalara göre yıllık ortalama yağışın %68'ine karşılık gelen 377,22 mm, buharlaşma terleme ile atmosfere geri dönmektedir. Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık aylarında görülen yağış fazlası toplam yağışın %32'sidir. Bu durumda Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında tarımsal sulamaya ihtiyaç vardır.

Aralık ayı sonundan nisan ayı başlarına kadar geçen sürede zemin rezervi ve yağış parametrelerine bakıldığında su fazlası dönem olarak göze çarpmaktadır. Buradaki su fazlası 178,72mm'dir. Nisan ayından mayıs ayına kadar geçen sürede ise teorik olarak 100 mm olarak alınan su yedeğinin kullanıldığı dönemdir. Mayıs ayından ekim ayına kadar geçen süre zemin rezervinin tükendiği aylardır, bu aylarda tarımsal su açığı gözlenmektedir. Mayıs ayından ekim ayı sonuna kadar geçen süre ise "kurak dönem" olarak adlandırılabilir(Şekil 4.1).





Şekil 4.1 Denizli il merkezine ait su bütçesi grafiği

1960-2011 yılları arasındaki Denizli Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılarak yapılan su bütçesi hesaplamalarına göre yıllık 178,66 mm'lik suyun yeraltına süzüldüğü hesaplanmıştır. Buna göre Denizli istasyonu için yıllık yağış miktarı 551 mm üzerinden hesaplanırsa,  $178,66 / 551 = 0,32$  değeri bulunur. Kabaca bir değerlendirme yapılacak olursa, Denizli Meteoroloji İstasyonu verilerine göre yıllık yağışın % 32'si yeraltına süzülmektedir.

Tablo 4.1 Denizli il merkezi meteoroloji verilerine göre 1960 – 2011 dönemine ait su bütçesi (Thorntwait yöntemiyle enlem değeri 38 olarak hesaplanmıştır).

AYLAR	OC	ŞUB	MART	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞUS	EYL	EK	KAS	AR	Toplam
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	5,9	6,9	10,1	14,6	19,9	24,8	27,7	27	22,5	16,8	11,1	7,3	194,6
Sıcaklık İndisi	1,28	1,62	2,89	5,06	8,09	11,29	13,35	12,84	9,74	6,26	3,34	1,77	77,53
P-ETP (mm) Potansiyel Buharlaşma Terleme	9,95	13,05	25,25	47,81	81,76	119,71	144,99	138,70	101,14	60,97	29,74	14,39	787,46
Enlem Düzeltme Katsayısı	0,9	0,8	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	-----
ETP (Düzeltilmiş) (mm) Düzeltilmiş Buharlaşma Terleme	8,45	10,96	26,01	52,59	100,56	148,45	181,24	162,28	105,18	58,53	24,98	11,94	891,17
Yağış (P) (mm)	761	76,4	63	55,9	39,1	24,1	16,5	8,9	11,5	37,2	60,8	81,5	551
Zemin Rezervi (mm)	100	100	100	100	38,53	0	0	0	0	0	35,81	100	574,34
Gerçek Buharlaşma (mm)	8,45	10,96	26,01	52,59	100,56	62,63	16,5	8,9	11,5	37,2	24,98	11,94	372,22
Su Noksanı (mm)	0	0	0	0	0	85,81	164,74	153,38	93,68	21,33	0	0	518,94
Su Fazlası (mm)	67,64	65,43	36,98	3,30	0	0	0	0	0	0	0	5,37	178,72
YAS'na Sızan Su (I)	35,20	50,32	43,65	23,47	11,73	5,86	2,93	1,46	0,73	0,36	0,18	2,77	178,66

### 4.3 İzotop Jeokimyası

İzotoplar; sıcaklık ve su kayaç etkileşimine hassasiyetlerinden dolayı jeotermal araştırmalarda etkin bir akifer izleme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Oksijen ( $\delta^{18}\text{O}$ ), Döteryum ( $\delta^2\text{H}$ ) ve Trityum izotopları termal suların kökeni, yaşı, beslenme alanı, yüksekliği ve yeraltında kalış sürelerini tahmin etmede kullanılır.

İnceleme alanı ve çevresinde yer alan kaynaklara ait sıcak su örnekleri Duraylı Oksijen ( $\delta^{18}\text{O}$ ), Döteryum ( $\delta^2\text{H}$ ) ve Trityum içerikleri bakımından incelenmiş, analiz sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir. Bu verilere göre yeraltı suyunun dolaşım sistemi ve hidrojeolojik özellikleri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Tablo 4.2 Çalışma alanında örnekleme yapılan sulara ait izotop sonuçları

No	Örnekleme yeri	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$\delta^2\text{H}$ ‰SMOW	St. Sap.	$\delta^{18}\text{O}$ ‰SMOW	St. Sap.	T (TU)	TU hata
1	Kamara kaplıcası	2120	-53,03	0,15	-8,68	0,34	0,56	0,27
2	Tosunlar sera term. K.	425	-59,67	0,09	-6,99	0,38	6,36	0,45
3	B. Menderes Kamara	685	-50,84	0,43	-7,43	0,1	3,43	0,32
4	B. Mend. Ahmetli Köp.	1653	-51,36	0,49	-7,87	0,19	2,74	0,31
5	Cindere Şelale	522	-51,76	0,21	-7,20	0,03	5,76	0,43
6	Cindere Baraj suyu	2400	-43,48	0,25	-5,61	0,22	1,36	0,35
7	Gölemzli Kaplıcası	3900	-59,42	0,18	-8,52	0,3	0,1	0,27
8	İl özel id. G-1 kuyusu	3700	-58,57	0,74	-9,02	0,38	3,63	0,37

Duraylı izotop analiz sonuçları ve örnekleme sırasında ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelere ilişkin bilgiler Tablo 4.2’ te verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere termal suların  $\delta^2\text{H}$  değerleri -59,67 ile -43,48 arasında değişirken,  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri ise -9,02 ile -5,61 arasında değişim göstermektedir. Çalışma alanındaki termal suların trityum içerikleri 0,1 ile 6,36 TU arasındadır.

Trityum atomları doğada  $1,10^{-15}$  oranında bulunur. Su içerisindeki trityum konsantrasyonu trityum birimi (TU) olarak verilmektedir. Yani  $10^{18}$  hidrojen atomuna karşı bir trityum atomunun bulunması “1 Trityum Birimi (TU)” olarak tanımlanır. Radyoaktif olmasından dolayı uğradığı zamansal değişim nedeniyle

yeraltı sularının bağıl yaşının (eskilik derecesi) belirlenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır(Çifter ve Sayın, 2002).

Tritiyum analizlerine göre sular başlıca üç grup altında toplanır. Birinci grupta yer alan sular 0 (sıfır) trityum değeri ile nükleer denemeler öncesi yağışlardan (1952 öncesi) beslenmiş sulardır. İkinci grup sular ise trityum içeriği 4 TU'dan büyük olan 5 - 10 yıllık dolaşım süreli güncel (modern) sulardır. Üçüncü grup ise sıcak suların da içinde yer aldığı 2 - 4 TU değerli sulardır. Bu suların genç yağışlardan ve eski yağışlardan beslenmiş yarı-güncel sular oldukları söylenebilir(Burçak ve diğ., 2005).

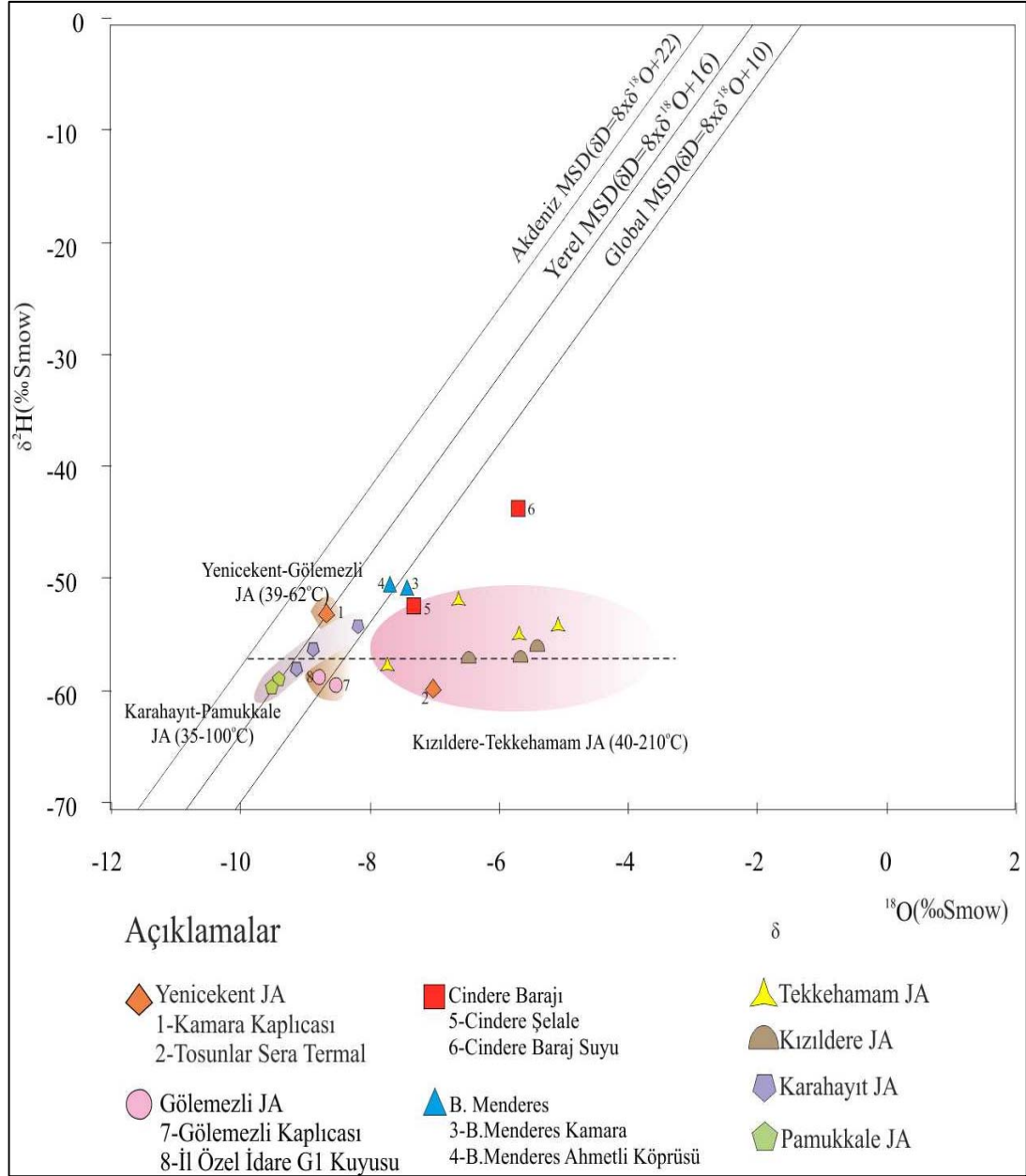
Meteorik suyun hidrojen ve oksijen izotopları arasında buharlaşma ve yoğunlaşma gibi atmosferik süreçler ile kontrol edilen doğrusal bir ilişki vardır. [ $\delta D = A \cdot \delta^{18}O + B$ ] bağıntısına göre A (eğim) ve B (döteryum fazlası) değeri, hidrolojik döngü boyunca buharlaşma, nem, yağış, iklim koşullarına ve coğrafi konuma bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle her bölgenin kendisini karakterize eden bir meteorik su vardır.  $^{18}O$  ve  $D(^2H)$  izotoplarının bu özellikleri, yeraltı sularının kökeninin belirlenmesinde doğal izleyici olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada global meteorik su doğrusu, yerel meteorik su doğrusu ve Akdeniz meteorik su doğrusu kullanılmıştır(Şekil 4.2). Su doğrularının denklemleri ve referansları aşağıdaki gibidir;

Global Meteorik Su Doğrusu (GMWL);  $\delta D = 8 \cdot \delta^{18}O + 10 \text{ ‰}$  (SMOW)

Akdeniz Meteorik Su Doğrusu;  $\delta D = 8 \cdot \delta^{18}O + 22 \text{ ‰}$  (SMOW) (Gat & Carmi, 1970)

Yerel Meteorik Su Doğrusu;  $\delta D = 8 \cdot \delta^{18}O + 16 \text{ ‰}$  (SMOW) (Şimşek, 2003)



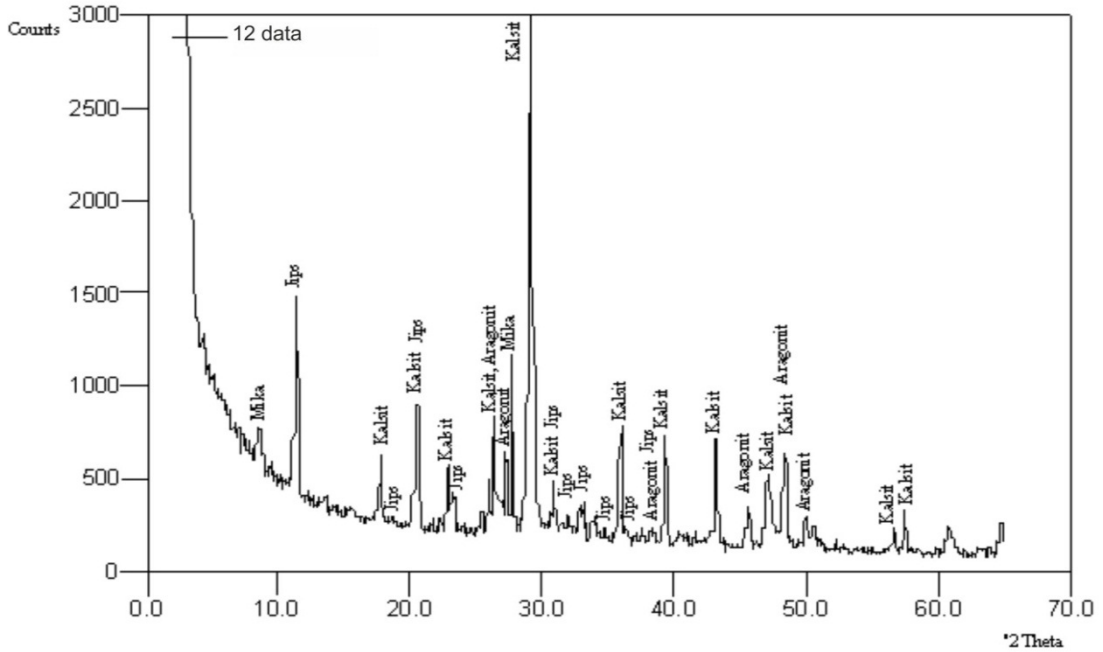
Şekil 4.2 İnceleme alanındaki suların  $\delta^{18}\text{O}$  -  $\delta^2\text{H}$  ilişkisi

İnceleme alanı içerisinde yer alan izotop analizi yapılmış sular grafiğe aktarılmıştır. Buna göre sular meteorik kökenlidir. İnceleme alanının yakınında bulunan Kızıldere jeotermal alanındaki termal suları bir doğru üzerinde yer almakta olup su kayaç etkileşimiyle Yenicekent-Gölemezli jeotermal alanındaki termal sulardan farklı özelliktedir.

#### 4.4 Kabuk Kayaç Örneklerinin Mineralojik Değerlendirilmesi

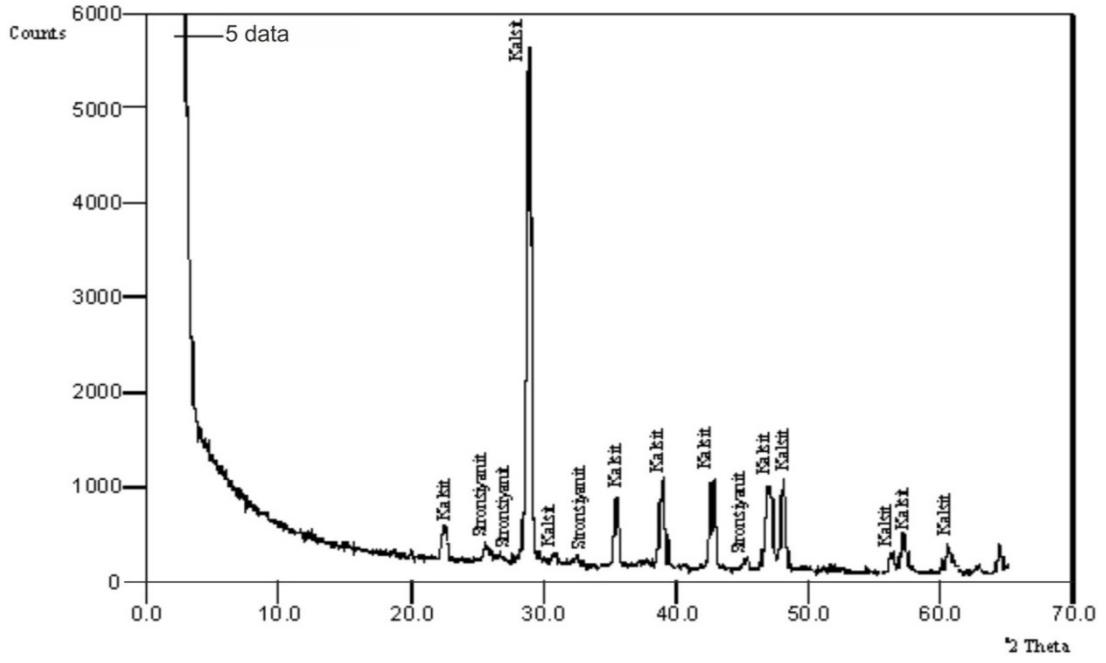
Çalışma alanı ve çevresinden alınan 5 adet örneğin mineral parajenezlerinin belirlenmesi için X-ışını difraksiyonu çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Örneklerin hepsi Denizli ili Gölemezli ve Yenicekent jeotermal alanlarına aittir.

Gölemezli jeotermal alanına ait örneğin mineral parajenezi Şekil 4.3'de verilmektedir. Şekil 4.3'de verilen örnek kalsit, aragonit, jips ve mika mineralleri gözlenmiştir. Kalsit baskın karbonat mineraliyken, aragonit buna eşlik etmektedir.

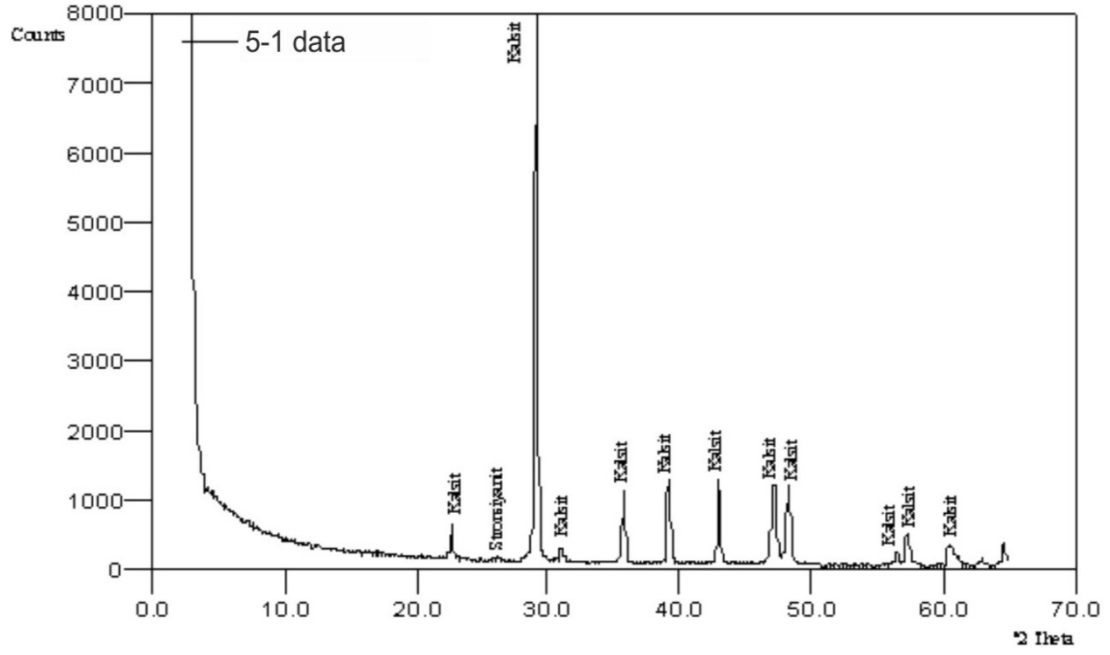


Şekil 4.3 12 nolu Şanlı Alp boru dış çeperi örneğinin XRD mineral içeriği.

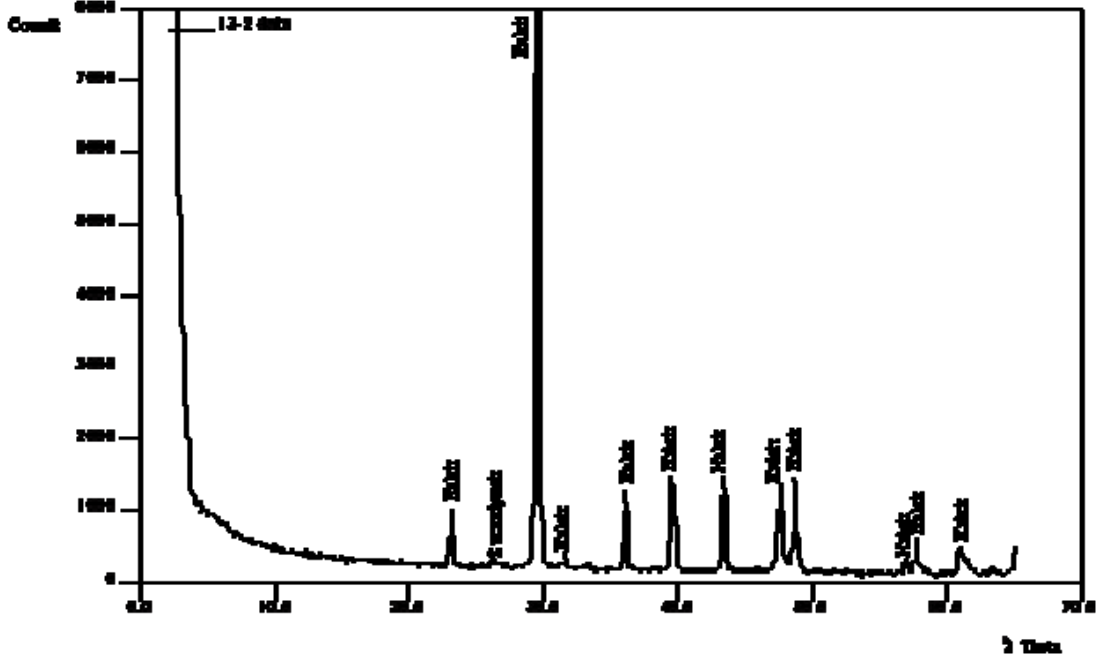
Denizli-Yenicekent jeotermal alanına ait örneklerin mineral parajenezleri Şekil 4.4, 4.5, 4.6, 4.7'de verilmektedir. Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'de verilen örneklerde baskın karbonat minerali kalsittir. Bu minerale az miktarda stronsiyanit eşlik etmektedir.



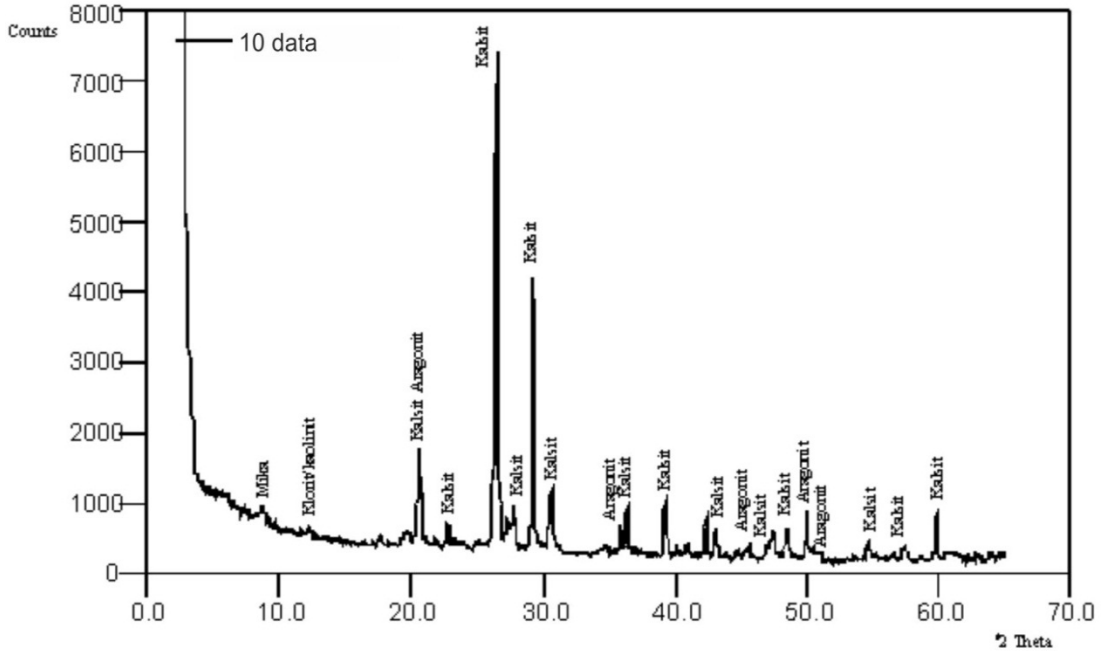
Şekil 4.4 5 nolu Kamara kaplıcası dış çeper kabuk örneğinin XRD mineral içeriği



Şekil 4.5 5 nolu Kamara kaplıcası boru iç kabuk örneğinin XRD mineral içeriği



Şekil 4.6 Kamara bölgesine ait traverten örneğinin XRD mineral içeriği



Şekil 4.7 10 nolu Ahmetli köprüsü tarım toprağı örneğinin XRD mineral içeriği

Şekil 4.7’de görüldüğü üzere Ahmetli köprüsü tarım toprağı örneğinde baskın mineral kalsittir. Bu minerale mika ve kaolinit gibi kil mineralleri eşlik etmektedir.



## BÖLÜM BEŞ

### HİDROJEOKİMYA

#### 5.1 Temel Hidrojeokimyasal Hesaplamalar

Hidrojeokimya yeraltı sularının kimyasal özelliklerinin ve kalitelerinin belirlenmesi, kökenlerinin araştırılması, yüzey ve yağış suları ile olası ilişkilerinin incelenmesi, yeraltı sularının kirlenmesi ve iyileştirilmesi gibi problemlerin çözülmesi ve benzeri araştırmalarda kullanılan hidrojeolojik çalışmaların vazgeçilmez bir parçasını oluşturur. Her jeotermal araştırma programının önemli bir kısmını da hidrojeokimyasal teknikler oluşturur. Özellikle derin sondaj öncesinde yeraltındaki akışkan ve derinlerdeki koşulların saptanmasında, yeni jeotermometre tekniklerin geliştirilmesiyle, ucuzluğu ve hızlı yorumlanabilmesi gibi bir çok avantajı da beraberinde taşımaktadır. Kavram olarak hidrojeokimyasal teknikler bir çok eser element ve izotop jeokimyasını, kaya kimyasını ve gazların jeokimyasını da kapsamaktadır(Tarcan, 2002).

Çalışma alanında 9 tanesi termal, 5 tanesi soğuk su olucak şekilde toplam 14 kaynaktan 28 adet su örnekleme yapılmıştır. Suların kimyasal analiz sonuçları tablo 5.7, Tablo 5.8, Tablo 5.9, Tablo 5.10'da verilmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre inceleme alanında yer alan sıcak ve soğuk yeraltı sularının iyon derişimleri, suların kökeni, akifer sistemleri incelenmiştir. Suların kimyasal analiz sonuçlarında kullanılan simgeler ve açıklamalar tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Suların kimyasal analiz sonuçlarında kullanılan simgeler ve açıklamalar

Kasyon simgesi	Kasyon adı	Anyon simgesi	Anyon adı	Simge	Simgelere ait açıklamalar
Na <sup>+</sup>	Sodyum	Cl <sup>-</sup>	Klorür	C	Molarite olarak derişim
Ca <sup>+</sup>	Kalsiyum	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Karbonat	F	İyon etkinlik katsayıları
K <sup>+</sup>	Potasyum	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bikarbonat	5CZ <sup>2</sup>	İyonların iyonlaşma gücü
Mg <sup>++</sup>	Magnezyum	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Sülfat	EC	Elektriksel iletkenlik
mg/l	Miligram/litre	meq/l	Milliequivalent /litre	AC	İyon etkinlikleri

Suların kaynarken köpürme katsayı  $Fo = 62 rNa^+ + 78 rK^+$  ( $r = \text{meq/l}$ ) şeklinde formülize edilmiştir.  $Fo < 60$  ise kaynarken köpürmeyen su,  $60 < Fo < 200$  ise kaynarken köpüren su ve  $Fo > 200$  ise kaynarken çok köpüren su özelliği göstermektedir (Şahinci, 1991).

Yapılan hesaplamaların hata yüzdesinin % 5' den düşük olması istenir. Analiz yapımı sırasında ortaya çıkan hatalar dışındaki %5' den yüksek hata suda tahlil edilmemiş iyon türlerinden bazılarının yüksek derişimde olabileceği şeklinde yorumlanmalıdır. Hata yüzdesi  $e = [(\sum \text{Katyon} - \text{Anyon}) / \sum \text{iyon}] \times 100$  (meq/l) şeklinde formülize edilmektedir (Ford and Williams, 1989).

SAR değeri Sodyum absorpsiyon oranı olarak tanımlanan ve sulama sularındaki  $Na^+$  katyonlarının, katyon değişim reaksiyonlarındaki göreceli aktivitesini tanımlayan orandır.  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  oranı arttıkça SAR değeri küçülür. Sulama amacıyla kullanılan ve sudaki sodyum tehlikesini belirten  $SAR = Na^+ / ((Ca^{++} + Mg^{++}) / 2)^{0.5}$  şeklinde formülize edilir.

## 5.2 İnceleme Alanındaki Sulardaki Çözünmüş Başlıca İyonlar

### 5.2.1 Kalsiyum ( $Ca^{++}$ )

Doğal sularda kalsiyumun kaynağı kalsit ( $CaCO_3$ ), aragonit ( $CaCO_3$ ), dolomit ( $CaMg(CO_3)_2$ ), jips ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), anhidrit ( $CaSO_4$ ), flüorit ( $CaF_2$ ), plajiyoklas (anortit,  $CaAl_2Si_2O_8$ ), piroksen (diyopsit,  $CaMgSi_2O_6$ ) ve amfiboller ( $NaCa_2(Mg, Fe, Al)Si_8O_{22}(OH)_2$ ) olabilmektedir. Suda bulunan  $H^+$  iyonu kalsiyumun eritilmesini kolaylaştırır. Atmosfer basıncının ve sıcaklığın artması, sudaki kalsiyum miktarını fazlalaştırır. Genel olarak yeraltı sularında  $Ca^{+2}$  miktarı 10 - 100 mg/l arasında olup, bazen bu miktarın 500 - 1000 mg/l' ye ulaştığı görülebilir. Minerallerin çözünürlüğünü etkileyen faktörler jeotermal akışkanlardaki  $Ca^{+2}$  seviyesini de etkiler. Özellikle  $CO_2$  basıncı önemlidir. Sularda kaynama sırasında  $CO_2$  miktarının azalışı, kalsit çökelimini ifade etmektedir. Yüksek Na/Ca oranı rezervuardan hızlı yükselimi gösterir. Ancak kabuklaşma ile kalsiyum kaybı

gerçekleşiyorsa bu oran gerçeği yansıtmayabilir. Kalsiyum deniz suyunda 10800 mg/l, jeotermal suda 14000 mg/l, kirlenmemiş yer altı suyunda 1–200 mg/l ve nehir suyunda 6,3 mg/l'dir (Nicholson, 1993).

Çalışma alanında örnekleme yapılan suların bünyesinde bulundurdukları kalsiyumun kaynağı bölgede bulunan kireçtaşları, travertenler, jipsler ve Menderes Masifi metamorfikleri olabilir. Sıcak su örneklerindeki  $Ca^{+2}$  miktarları 131 mg/l ile 637,1 mg/l değerleri arasında değişirken (Tablo 5.7), soğuk su örnekleri 34,5 mg/l ile 97,6 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 5.8). Analizi yapılan sulardaki ortalama Kalsiyum değeri ise 272.8 mg/L'dir (Tablo 5.2).

İçme ve kullanma suları standartlarına göre suda bulunan kalsiyum miktarı 75 mg/l ile 200 mg/l arasında olması gerekir. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standartına göre; suyun kalsiyum içeriğinin uluslararası standartlarda 200 mg/l, hedeflenen değerde 75 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir (TS 266).

### 5.2.2 *Magnezyum ( $Mg^{++}$ )*

Kalsiyumdan sonra yeraltı sularında en fazla rastlanan katyondur. Doğal sularda magnezyumun kaynağı dolomit evaporit, magmatik kaya mineralleri (olivin, biyotit, hornblend) ve metamorfik kayalarda bulunan (serpantin, talk, tremolit) mineralleridir. Yüksek sıcaklıktaki jeotermal akışkanlarda magnezyumun ikincil alterasyon minerali olarak illit, montmorillonit ve özellikle kloritin yapısına kolayca katılmasından dolayı genellikle çok düşük değerlerdedir (Tarcan, 2002). Yüksek konsantrasyondaki  $Mg^{+2}$  değeri yüzeye yakın yersel kayalardan  $Mg^{+2}$  yıkanmasını (leaching) veya nispeten  $Mg^{+2}$ 'ce zengin yeraltı sularıyla ilişkiyi işaret eder.  $Mg^{+2}$  konsantrasyonu, nehir suyunda 15 mg/l, kirlenmemiş yeraltı suyunda 1–100 mg/l, deniz suyunda 1290 mg/l ve jeotermal suda maksimum 2000 mg/l'dir (Nicholson, 1993).

Çalışma alanında örnekleme yapılan suların bünyesinde bulundurdukları magnezyumun kaynağı bölgede bulunan Menderes Masifi metamorfikleri olabilir. Sıcak su örneklerindeki magnezyum ( $Mg^{+2}$ ) miktarları 29 mg/l ile 153 mg/l değerleri arasında değişirken (Tablo 5.7), soğuk su örnekleri 11 mg/l ile 101 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 5.8). Analizi yapılan sulardaki ortalama Magnezyum değeri ise 66 mg/L'dir (Tablo 5.2). İnceleme alanındaki sıcak sularda Mg miktarı Ca miktarına göre daha azdır. İçme ve kullanma suları standartlarına göre suda bulunan sülfat miktarı 50 mg/l ile 150 mg/l arasında olması gerekir. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standartına göre; suyun magnezyum içeriğinin Uluslararası ve Avrupa standartlarına göre 125 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir (TS 266).

### 5.2.3 Sodyum ( $Na^+$ )

Sodyum en fazla deniz suyunda bulunmaktadır ve NaCl şeklindedir. Çoğunlukla yeraltı sularına, plajiyoklazların ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu karışır. Magmatik ve metamorfik kayalar içinden çıkan bazı kaynaklarda 1–20 mg/l sodyum bulunmaktadır. Deniz suyunda bu miktar 10.000 mg/L civarındadır. Yeraltı sularındaki sodyumun bulunuşu mineral cinsine ve miktarına pH'a, bozunma süresine, yeraltı sularının akım hızına, ortamdaki kalsiyum iyon derişimine, yapay ve doğal kirlenme gibi etkenlere bağlıdır. Yeraltı suları sulama amaçlı kullanıldığında, özellikle killi topraklar için sodyum miktarı çok önemlidir (Tarcan 2003).

Çalışma alanında örnekleme yapılan suların bünyesinde bulundurdukları sodyumun kaynağı Menderes Masifi Metamorfikleri olabilir. Sıcak su örneklerindeki sodyum ( $Na^+$ ) miktarları 168,3 mg/l ile 908 mg/l değerleri arasında değişirken (Tablo 5.7), soğuk su örnekleri 8,6 mg/l ile 178 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 5.8). Analizi yapılan sulardaki ortalama Sodyum değeri ise 323.2 mg/L'dir (Tablo 5.2).

#### **5.2.4 Potasyum ( K<sup>+</sup> )**

Potasyum ve sodyum yer kabuğunda yaklaşık olarak eşit miktarda bulunurken; magmatik kayalarda sodyum, çökel kayalarda ise potasyum egemendir. Deniz suyundaki sodyum, potasyumun yaklaşık 28 katıdır. Yer kabuğunda potasyum miktarının büyük bir kısmı feldspatlarda bulunur (Tarcan, 2002). K<sup>+</sup> konsantrasyonu, nehir suyunda 2.3 mg/l, kirlenmemiş yeraltı suyunda 0.5–12 mg/l, deniz suyunda 399 mg/l ve jeotermal suda maksimum 2000 mg/l'dir (Nicholson, 1993).

Çalışma alanında örnekleme yapılan suların bünyesinde bulundurdukları potasyumun kaynağı Menderes Masifi Metamorfikleri olabilir. Sıcak su örneklerindeki K<sup>+</sup> miktarları 35,6 mg/l ile 149 mg/l değerleri arasında değişirken(Tablo 5.7), soğuk su örnekleri 0,7 mg/l ile 14,4 mg/l arasında değişmektedir(Tablo 5.8). Analizi yapılan sulardaki ortalama Potasyum değeri ise 52.9 mg/L'dir(Tablo 5.2).

#### **5.2.5 Klorür ( Cl )**

Yeraltı sularındaki klorür deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyu ile atmosferden gelmektedir. Genel olarak magmatik kayalardan doğan sulara taşınan klorür önemsizdir. Klorür tuzlarının büyük kaynağı evaporitlerdir. Deniz suları da yeraltı sularına klorür veren en büyük kaynaklardan biridir. Yağmur sularında klorür miktarı 1-25 mg/L olup bu değer deniz sularında 20000 mg/L ye ulaşır. Deniz suyu karışımli sıcak ve mineralli sular dışındaki sulardaki yüksek klorür içeriği sıcak akışkanın derinden geldiğini göstermektedir. Düşük klorür oranı ise bu sulara soğuk yeraltı suları karışmasından ileri gelmektedir(Yurttaş, 2008).

Çalışma alanında örnekleme yapılan sıcak suların klorür miktarları 34 mg/l ile 120.8 mg/l değerleri arasında değişirken(Tablo 5.7), soğuk su örnekleri 3 mg/l ile 139 mg/l arasında değişmektedir(Tablo 5.8). Analizi yapılan sulardaki ortalama Klorür değeri ise 63.4 mg/L'dir(Tablo 5.2). İçme ve kullanma suları standartlarına göre suda bulunan klorür miktarı 200 mg/l ile 600 mg/l arasında olması gerekir.

Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standartına göre; suyun klorür içeriğinin uluslararası standartlarda 600 mg/l, hedeflenen değerde 200 mg/l ve Avrupa standardına göre ise 600 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir(TS 266).

#### **5.2.6 Bikarbonat ( $HCO_3^-$ )**

Yeraltı sularındaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının çoğu atmosfer ve topraktaki karbondioksitten ve karbonatlı kayaçların erimesinden oluşmaktadır. Doğal sulardaki bikarbonat miktarı suyun pH ve  $CO_2$  değerine bağlıdır. pH'ın 6-10 arasında olması durumunda bikarbonat baskın iyon olup daha düşük pH değerlerinde karbonik asit ( $H_2CO_3$ ) egemen iyondur. Daha yüksek pH değerlerinde ise karbonat baskın olarak gözlenir(Erguvanlı & Yüzer, 1973).

Çalışma alanında örnekleme yapılan suların bünyesindeki bikarbonatın kaynağı travertenler, kireçtaşları, atmosferdeki ve topraktaki  $CO_2$  ile etkileşimi olabilir.. Sıcak su örneklerindeki bikarbonat ( $HCO_3^{-2}$ ) miktarları 617,5 mg/l ile 2251 mg/l değerleri arasında değişirken(Tablo 5.7), soğuk su örnekleri 293 mg/l ile 1562 mg/l arasında değişmektedir(Tablo 5.8). Analizi yapılan sulardaki ortalama Bikarbonat değeri ise 1233.9 mg/L'dir(Tablo 5.2).

#### **5.2.7 Sülfat ( $SO_4^-$ )**

Yeraltı sularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritlerden ileri gelmektedir. İçme sularındaki sülfat miktarı 25-250 mg/L arasındadır. Derin kökenli jeotermal sularda sülfat içerikleri genelde düşük olup 50 mg/L'den azdır. Hidrojen sülfürün oksidasyonu sonucunda artış gözlenebilmektedir(Yurttaş, 2008).

Çalışma alanında örnekleme yapılan suların bünyesindeki sülfatın kaynağı jipslerden kaynaklanıyor olabilir. Sıcak su örneklerindeki bikarbonat ( $HCO_3^{-2}$ ) miktarları 202 mg/l ile 4004,8 mg/l değerleri arasında değişirken(Tablo 5.7), soğuk su örnekleri 3 mg/l ile 456 mg/l arasında değişmektedir(Tablo 5.8). Analizi yapılan sulardaki ortalama Sülfat değeri ise 813.8 mg/L'dir(Tablo 5.2). İçme ve kullanma

suları standartlarına göre suda bulunan sülfat miktarı 200 mg/l ile 400 mg/l arasında olması gerekir. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standardına göre; suyun sülfat içeriğinin uluslararası standartlarda 400 mg/l, hedeflenen değerde 200 mg/l ve Avrupa standardına göre ise 250 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir(TS 266).

### 5.2.8 Silisyum ( $Si^{+2}$ )

Silis anlamı  $SiO_2$  'dir ve doğal sularda silisyumun (Si) yerine kullanılır ancak  $SiO_2$  hidratlaşmış halde  $H_4SiO_4$  veya  $Si(OH)_4$  şeklindedir. Doğal sularda çözülmüş silisin büyük bir kısmı, silikat minerallerinin kimyasal bozunumundan gelmektedir. Doğal sularda silis miktarı, genellikle 1–30 mg/l arasındadır. Yüzey sularında ortalama 14 mg/l, yeraltı sularında ise 17 mg/l 'dir. Silisin çözümlülüğünü etkileyen bir diğer neden pH'dır. Silis asit ortamda çok az çözünür. pH'ın yükselmesi ile silisin çözümlülüğü artar, pH 9'un üzerinde ise silis önemli miktarda çözünür. Si konsantrasyonu, deniz suyunda 0,0017 mg/l, nehir suyunda 0,002 mg/l, kirlenmemiş yeraltı sularında <0,001–0,05 mg/l ve jeotermal sularda ise >12 mg/l'dir (Nicholson, 1993).

Çalışma alanında örnekleme yapılan suların bünyesindeki silisin kaynağı Sazak Formasyonunun silisifiye seviyeleri ve Menderes Masifi Metamorfikleri olabilir. Sıcak su örneklerindeki silisyum ( $Si^{+2}$ ) miktarları 9,9 mg/l ile 93,5 mg/l değerleri arasında değişirken(Tablo 5.7), soğuk su örnekleri 1,4 mg/l ile 17,3 mg/l arasında değişmektedir(Tablo 5.8). Analizi yapılan sulardaki ortalama  $SiO_2$  değeri ise 74.7 mg/L'dir(Tablo 5.2).

### 5.3 İnceleme Alanındaki Sulardaki Çözülmüş İkincil İyonlar

Eser element tayinine yönelik kimyasal analizlerde suların B, Li, Al, Sr, Zn, Fe, As ve Ba içerikleri saptanmıştır. Tablo 5.9 ve Tablo 5.10 'de inceleme alanında yer alan yeraltı sularına ait eser element değerleri verilmiştir. Temel iyonlar gibi, ikincil iyonlar da suların kökeni, hidrojeokimyasal evrimleri ve kullanılabilirlikleri hakkında

bilgi vermektedir. TS 266 (1997) standartları, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standartları ve kaplıca yönetmeliği tablo 5.3' de sunulmuştur.

Tablo 5.2 Çalışma alanında örnekleme yapılan sulara ait bazı istatistiksel değerler (mg/L)

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
$K^+$	0,71	149	52,9	36,1
$Mg^{+2}$	11	153	66	42,4
$Ca^{+2}$	34,5	637,1	272,8	172,2
$Na^+$	8,6	908	323,2	231,2
$Cl^-$	3	250	63,4	45,3
$SO_4^{-2}$	3	4004,8	813,8	859,4
$HCO_3^-$	293	2727	1233,9	604,9
$SiO_2$	3,9	259,9	74,7	65,9



Tablo 5.3 TS 266 (1997) standartları, Word Health Organisation (WHO )Dünya Sağlık Örgütü içme ve kullanma Suyu Standartları ve Kaplıca yönetmeliği

TS 266		En düşük değer	En yüksek değer
Zehirli Maddeler	Kurşun	-	0.05 mg/l
	Selenyum	-	0.01 mg/l
	Arsenik	-	0.05 mg/l
	Krom	-	0.05 mg/l
	Siyanür	-	0.2 mg/l
	Kadmiyum	-	0.01 mg/l
Sağlığa etki eden maddeler	Florür ( F )	1.0 mg/l	1.5 mg/l
	Nitrat ( NO <sub>3</sub> )	-	45 mg/l
İçilebilme özelliğine göre maddeler	Renk	5 birim	50 birim
	Bulanıklık	5 birim	25 birim
	Koku ve tat	Kokusuz normal	Kokusuz normal
	Buharlaştırma kalıntısı	500 mg/l	2500 mg/l
	Demir(Fe)	0.3 mg/l	1 mg/l
	Mangan(Mn)	0.1 mg/l	0.5 mg/
	Bakır(Cu)	1 mg/l	1.5 mg/l
	Çinko(Zn)	5 mg/l	15 mg/l
	Kalsiyum(Ca)	75 mg/l	200 mg/l
	Magnezyum(Mg)	50 mg/l	150 mg/
	Sülfat(SO <sub>4</sub> )	200 mg/l	400 mg/l
	Klorür(Cl)	200 mg/l	600 mg/l
	pH	7-8,5	6.5 - 9.2
	Fenolik Maddeler	-	0.002 mg/l
	Alkali Benzin Sülfonat	0.5 mg/l	1 mg/l
Kirlenmeyi Belirten Maddeler	Toplam Organik Madde	3.5 mg/l	-

Tablo 5.3 (devamı) Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme ve kullanma Suyu Standartları

WHO		Uluslararası		Avrupa
Fiziksel ve Kimyasal Parametreler		Standart	Hedef	Standart
Bulanıklık	FTU	25	5	-
Renk		50	5	-
Koku ve Tat		Hissedilmeyecek		-
Hidrojen Sülfür	mg/l	-	-	0.05
Çinko	mg/l	15	5	5
Bakır	mg/l	1.5	0.05	0.05
Demir	mg/l	1	0.1	0.1
Mangan	mg/l	0.5	0.05	0.05
Amonyum	mg/l	-	-	0.05
Klorür	mg/l	600	200	600
Kalsiyum	mg/l	200	75	-
Sülfat	mg/l	400	200	250
Fenol Bileşikleri	mg/l	0.002	0.001	0.001
pH	mg/l	6.5 - 9.2	7 - 8,5	-
Toksit Maddeler				
Arsenik	mg/l	0.05	-	0.05
Baryum	mg/l	-	-	-
Kadmiyum	mg/l	0.01	-	0.01
Krom	mg/l	-	-	0.05
Kurşun	mg/l	0.1	-	0.1
Siyanür	mg/l	0.05	-	0.05
Magnezyum	mg/l	125	-	125
Civa	mg/l	0.001	-	-
Nitrat	mg/l	45	-	100
Selenyum	mg/l	0.01	-	0.01
Gümüş	mg/l	-	-	-

Tablo 5.3 (devamı) Kaplıca yönetmeliği

<b>Kaplıca Yönetmeliği</b>	
<b>Kimyasal Özellikleri</b>	
<b>Katyonlar</b>	
Sodyum	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Potasyum	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Amonyum	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu***
Magnezyum	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Kalsiyum	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Mangan	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Demir	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
<b>Anyonlar</b>	
Fluorür	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu*
Klorür	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Bromür	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
İyodür	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Nitrit	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu(0.05 mg/L)***
Nitrat	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu(45 mg/L)***
Sülfat	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Hidrojenfosfat	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Bikarbonat	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Hidrojen Sülfür	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
Fosfat	mg/L ve mEq /L konsantrasyonu
<b>Eser Elementler</b>	
Arsenik	mg/L
Kadmiyum	mg/L (0,003 mg/L)**
Krom	mg/L (0,05 mg/L)**
Civa	mg/L (0,001 mg/L)**
Nikel	mg/L (0,05 mg/L)**
Kurşun	mg/L (0,01 mg/L)**
Antimon	mg/L (0,01mg/L)**
Selenyum	mg/L (0,005 mg/L)**
Baryum	mg/L
Bakır	mg/L
Çinko	mg/L
Kobalt	mg/L****
Molibden	mg/L****
Vanadyum	mg/L****
Kalay	mg/L****
Gümüş	mg/L****
Alüminyum	0.2 mh/L
<b>Kirlilik Belirten Zehirli Maddeler</b>	
Siyanid	mg/L (0.01 mg/L)**

\*Florür konsantrasyonunun 1 mg/L'nin üzerinde olması halinde kullanıcılar tarafından görülecek yerlerde suyun florür içerdiği ilan edilmeli, 2 mg/L'nin üzerinde olması halinde 0 -7 yaş grubu çocuklar için içilerek kullanılmasının uygun olmadığı ilan edilmelidir.

\*\*Belirtilen değerlerin aşılması halinde bu suların içme ve inhalasyon kürlerinde kullanılması engellenmelidir.

\*\*\*Uyarı değeridir. Kirlilik belirten zehirli maddeler ile mikrobiyolojik ölçüm sonuçları da göz önüne alınarak tıbbi değerlendirmesi yapılır.

\*\*\*\* Kaynağın endüstriyel bölgelerde bulunması halinde analizi yapılacaktır.

### 5.3.1 Demir (Fe)

Demir özellikle, piroksen, amfibol, magnetit, pirit, biyotit ve granat gibi demirli minerallerin bozunumundan ortaya çıkar. Karbonlu kayalardan gelen sular da fazla miktarlarda demir iyonları izlenebilir. Kireçtaşı ve dolomitten gelen sular pH'ı 7'den fazla olduğundan çok fazla demir iyonları içerir. Sudaki tuzluluk ve asitlik arttıkça demir iyonlarının miktarı da artar(Yurttaş, 2008).

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların demir miktarları 0,001 mg/l ile 0,112 mg/l arasında iken, sıcak suların demir miktarları 0,1 mg/l ile 19,63 mg/l arasında değişim göstermektedir. İçme ve kullanma suları standartlarına göre suda bulunan demir miktarı 0,3 mg/l ile 1 mg/l arasında olması gerekir. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standardına göre; suyun demir içeriğinin uluslararası standartlarda 1 mg/l, hedeflenen değerde 0,1 mg/l ve Avrupa standardına göre ise 0,1 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir(TS 266).

### 5.3.2 Bor (B)

Suyun pH'ına bağlı olarak, Bor'un bulunuş şekli değişir. Asitli sular da (pH 6'dan az) ortoborik asit egemendir. Nötr ve alkali (pH 11'den yukarı) doğal sular da tetrapenta-hekza ve diğer poliboratlara gözlenir. Alkali metal boratlar fazla, geri kalan boratlar suda çok az çözünürler. Süperjenlerde (tuz göllerinde), boratların çökmesi kalsiyum ve magnezyum etkisindedir. Sıcaklığın yükselmesi ile boratların çözünürlükleri artar. Bu nedenle bor, hidrotermal ortamlarda hızlı, süperjenlerde (tuz göllerinde) yavaş göç eder. Borik asit, sıcak sular da çok, soğuk sular da az çözünür. Derin yeraltı sularında yüzlerce mg/L, bazı durumlarda 1 mg/L den fazla bor bulunabilir. Bor tipik halojen elementtir, buharlaşma ile yığılır, özellikle, sodalı (alkali) ortamlarda göçü hızlıdır. Çünkü, borun çökmesini etkileyen kalsiyum ve magnezyum, sodalı sular da çok az bulunur. Kurak iklimlerdeki akarsular da bor miktarı, nemli iklimlere oranla daha fazladır. Yağışsız yörelerdeki sular da bor 1E-5-9E-5 g/L arasındadır(Yurttaş, 2008).

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların bor miktarları 0,02 mg/l ile 1,62 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların bor miktarları 1,23 mg/l ile 11 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8).

### **5.3.3 Alüminyum (Al)**

Yeraltı sularında doğal süzülme nedeniyle, alüminyum oldukça azdır. Alüminyum, yer kabuğunda önemli miktarda bulunmasına karşın (%8,6), az çözünmesi nedeniyle, yeraltı sularında önemsiz miktarda bulunur. Alüminyum pH= 5-9 arasında sulara 1 ppm'den azdır. Genellikle yeraltı sularında 0,005-0,3 ppm arasında alüminyum izlenir, asit sulara, bu değer 100 ppm'e erişebilir. Alüminyumun suda bulunuşu, özellikle suyun kökenine ve maden yatakları hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir(Şahinci, 1986).

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların alüminyum miktarları 0,05 mg/l ile 0,57 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların alüminyum miktarları 0,07 mg/l ile 0,67 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8). Kaplıca yönetmeliğinde alüminyum miktarı 0,2 mg/l olarak belirtilmiştir(TS 266).

### **5.3.4 Lityum (Li)**

Lityum maden ve kaplıca sularında genelde az bulunur. Lityum'un yerin derinliklerinden yüzeye doğru derişim miktarının yükselişi belirgin değildir ve fazla bulunması zehirleyici etki yaptığından fazla bulunması istenmez.

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların lityum miktarları 0,01 mg/l ile 0,07 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların lityum miktarları 0,26 mg/l ile 1,84 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8).

### 5.3.5 Çinko (Zn)

Kıtasal kabukta ortalama 80 ppm kadar çinko bulunur. En önemli minerali çinkoblend ve simitsonit'tir. İlksel silikat ve oksitlerin yapısında izlenen çinko, bu minerallerin kimyasal bozunumu ile suda iyonlaşır. Çinko sülfidlerin kimyasal bozunumu oksitlenme tarafından kontrol edilir. Sülfidlerin yıkanması sonucu ortaya çıkan asit maden suları demir çelik sanayi ve diğer endüstriyel artıkların, kömür ve kül tozlarının yüzey sularına karışması sonucu yüzey ve yeraltı sularında çinko konsantrasyonunun artmasına sebep olur(Şahinci, 1991).

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların çinko miktarları 0,002 mg/l ile 0,05 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların çinko miktarları 0,002 mg/l ile 1,06 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8). İçme ve kullanma suları standartlarına göre suda bulunan çinko miktarı 5 mg/l ile 15 mg/l arasında olması gerekir. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standartına göre; suyun çinko içeriğinin uluslararası standartlarda 15 mg/l, hedeflenen değerde 5 mg/l ve Avrupa standardına göre ise 5 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir(TS 266).

### 5.3.6 Stronsiyum (Sr)

Kimyasal özellikleri kalsiyuma benzeyen stronsiyum, jeokimyasal sistemlerde kalsiyumla birlikte bulunur. Stronsiyum, çamur ve şeyllerde, asidik magmatik kayalarda, derin klorürlü tuzlu sularda ve hidrosferde kalsiyuma göre daha çok yığılır. Karbonatlı kayalarda klarkı %0,2 kadardır. Stronsiyumun başlıca mineralleri sölestin ( $SrSO_4$ ) ve Strantianite ( $SrCO_3$ )'dir. Sudaki stronsiyum, buharlaşma nedeniyle doygunluğa eriştiği zaman  $SrSO_4$  şeklinde çökler. Çökme ortamı jipse benzediği için genellikle jips oluşumlarıyla birlikte sölestin oluşumlarına da rastlanır. Yeraltısularında 0.01-0.1 mg/l arasında stronsiyum bulunur. Bu düşük değerlerin nedeni sölestinin çözünürlüğünün jipse göre daha az olmasıdır. 20 °C'de sölestinin çözünürlüğü 0,132 g/l, jipsin ise 2 g/l'dir(Şahinci,1986).

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların stronsiyum miktarları 0,3 mg/l ile 2,7 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların stronsiyum miktarları 1,5 mg/l ile 14,6 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8).

### **5.3.7 Arsenik (As)**

Arsenik kalkofil bir element olup hidrotermal damarlarda Au, Ag, Cu, Ni, Co gibi elementlerle, Ni-Co sülfür yataklarında, bazı uranyum damarlarında bakırlı şeyl ve kumtaşlarında, fosfatlı kayalarda ve oksitlerde izlenir. Yeraltı sularında yüksek arsenik konsantrasyonunun en önemli nedeni fillosilikat, demiroksit ve sülfür minerallerinden ayrılan arseniktir. Magnetit ve ilmenitlerde arsenik boldur. Bazalt ve diyabazlarda ortalama 2 ppm, gabrolarda 1,4 ppm, nötr kayalarda 2,1 ppm, granitlerde 1,5 ppm arsenik bulunur. Açık deniz çökellerinde arsenik, karbonlu maddelerde boldur. Arsenik kil ve şeylde 13 ppm, kumtaşları, çörtler, karbonat ve dolomitlerde 1 ppm, fosfatlı kayalarda 21 ppm, göl çökellerinde 15 ppm, denizel pelajik kırmızı çamurtaşlarında 11 ppm kadardır(Şahinci, 1991).

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların arsenik miktarları 0,001 mg/l ile 0,075 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların arsenik miktarları 0,03 mg/l ile 3 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8). İçme ve kullanma suları standartlarına göre suda bulunan maksimum arsenik miktarı 0,05 mg/l olması gerekir. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standartına göre; suyun arsenik içeriğinin Avrupa standartları ve uluslararası standartlarda 0,05 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir(TS 266)(Tablo 5.3).

### **5.3.8 Baryum (Ba)**

İki değerlikli elementler arasında iyon yarıçapı en büyük olan  $Ba^{+2}$ , iyonik bağ kurar. Magmatik kayalarda genellikle Baryum minerallerine rastlanmaz fakat birçok silikat mineral yapılarında dağınık şekilde özellikle feldispat ve mikalarda izomorfizma ile potasyum ve kalsiyumun yerine geçer. Apatit ve kalsit büyük miktarda K-feldispatta ise önemli oranda baryum bulunur. Biyotit, Amfibol ve

Piroksen 'de genel olarak baryum içerir. Mağmatik kayalarda Baryum miktarı SiO<sub>2</sub> oranına bağlı olarak artar. Dünitlerde ortalama 8,8 ppm, peridotitlerde 25 ppm, gabrolarda ve karasal toleitik bazaltlarda 246 ppm, okyanus toleitik bazaltlarda 14,5 ppm, alkali bazaltlarda 613 ppm baryum bulunur (Şahinci, 1991). İnceleme alanında baryum Menderes Masifi Metamorfikleri' nden kaynaklı olarak bulunabilir.

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların baryum miktarları 0,045 mg/l ile 0,780 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların baryum miktarları 0,033 mg/l ile 0,201 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8).

### **5.3.9 Bakır (Cu)**

Yerkabuğundaki kayalarda nabit bakır, bakır sülfürler (kalkopirit, kalkozin) ve karbonat mineralleri (malakit, azurit) halinde bulunur. Bununla birlikte bakır minerallerinin çözünürlükleri düşük olduğundan sulardaki bakır miktarının çok az kısmı doğal kökenlidir(Hem, 1985).

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların bakır miktarları 0,001 mg/l ile 0,5 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların bakır miktarları 0,003 mg/l ile 0,08 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8). İçme ve kullanma suları standartlarına göre suda bulunan bakır miktarı 1 mg/l ile 1,5 mg/l arasında olması gerekir. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standartına göre; suyun bakır içeriğinin uluslararası standartlarda 1,5 mg/l, hedeflenen değerde Uluslararası ve Avrupa standartına göre ise 0,05 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir(TS 266).

### **5.3.10 Nikel (Ni)**

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların bakır miktarları 0,001 mg/l ile 0,5 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların bakır miktarları 0,003 mg/l ile 0,08 mg/l arasında değişim göstermektedir(Tablo5.8). İçme ve kullanma suları standartlarına göre suda bulunan bakır miktarı 1 mg/l ile 1,5 mg/l arasında olması gerekir. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme ve kullanma suyu standardına göre; suyun



bakır içeriğinin uluslararası standartlarda 1,5 mg/l, hedeflenen değerde Uluslararası ve Avrupa standardına göre ise 0,05 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir(Tablo 5.3). Kaplıca yönetmeliğine göre ise nikel miktarı 0,05 mg/l olarak belirtilmiştir(TS 266).

### 5.3.11 Zirkon (Zr)

Çalışma alanında örnekleme yapılan soğuk suların zirkon miktarları 0,0001 mg/l ile 0,18 mg/l arasında iken(Tablo5.9), sıcak suların zirkon miktarları 0,002 mg/l olarak saptanmıştır(Tablo5.8).

## 5.4 Suların Fiziksel Özellikleri

Yenicekent ve Gölemezli jeotermal sahalarının araştırıldığı bu raporda; örnekleme işlemi 2011 ve 2012 yılları arasında, dönemsel olarak yapılmıştır. Örnekleme çalışması bölgedeki her kuyudan yapılmak istense de sadece yapılması mümkün olan kuyularda gerçekleştirilebilmiştir. Kuyulara ve kaynaklara ait UTM koordinatları tablo 5.4 ' te sunulmuştur. Suların Elektriksel İletkenlik (EC), Sıcaklık (T), pH gibi parametrelerinin ölçümü örnekleme yapıldığı noktada gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.4 Çalışma Alanında Yer Alan Su Kaynak ve Kuyularının UTM Koordinatları (UTM ED1950, 35. Dilim).

Örnek	Lokasyon	Kökene	Boylam (D)	Enlem (K)	Kot (m)
1	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Kuyu	672667	4213416	158
2	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Kuyu	672672	4213413	158
3	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Kuyu	672667	4213416	158
4	Kamara B. Menderes Örnekleme	Yüzey	673009	4214120	161
5	Kamara Hamamı	Kuyu	673003	4214125	167
6	Gül Termal (Gayzer)	Kuyu	677854	4207762	205
7	Şanlı Alp Yanı - İl Özel İdare	Kuyu	677539	4207118	147
8	Cindere Barajı Şelale	Yüzey	680714	4221252	336
9	Cindere Barajı gölet suyu	Yüzey	680623	4221320	282
10	B. Menderes Ahmetli Köprüsü	Yüzey	668425	4202385	137
11	Smryna	Kuyu	670682	4204087	134
12	Sanli ALP (Havuz suyu)	Kuyu	677528	4207113	151
13	B. Menderes Regulator Termal Su	Kuyu	672940	4213768	164
14	Regulator bölgesi B.Menderes	Yüzey	672940	4213768	164

#### 5.4.1 Suların Sıcaklık (°C) Değerleri

Su sıcaklığı birçok parametreye bağlı olarak değişebilir. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği Sıcak ve Mineralli Sular Komisyonunca, sıcaklığı 20 °C'den fazla olan suları “sıcak su” olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanındaki suların sıcaklıkları 14 °C ile 85 °C arasında değişmektedir. Örneklerden Kamara Büyük Menderes Nehri (4), Cindere Barajı Gölet suyu (9), Cindere Barajına Dökülen Şelale (8), Ahmetli Köprüsü (10) ve Regülatör bölgesinde (14) yapılan Büyük Menderes örnekleme haricindeki tüm sular sıcak su grubuna girmektedir (Tablo 5.7, Tablo 5.8).

#### 5.4.2 Suların Sertliği

Sularda sertlik iki şekilde gözlenmektedir. Bikarbonatların oluşturduğu geçici sertlik ve kalsiyum magnezyum sülfatların oluşturduğu kalıcı sertliktir. Geçici sertlik kaynatıldığında karbonat minerallerinin çökmesi nedeniyle giderilebilmektedir. Kalsiyum ve magnezyumun sülfat, klorür ve nitrat gibi diğer tuzlarından ileri gelen sertlik ise kaynatılarak giderilmez ve kalıcı sertlik adını alır. Suların sertliğinin belirlenmesi için Alman, İngiliz, Fransız ve USA sertliklerine ait sınıflamalar bulunmaktadır. Analizi yapılan sular Fransız sertliğine göre sınıflanmıştır. Fransız sertliğine göre suların sertliği “Sertlik = 5 x ( rCa<sup>++</sup> + rMg<sup>++</sup>) (r = mek/L)” bağıntısıyla hesaplanır, hesaplanan sonuçlar Tablo 5.5'e göre sınıflandırılır.

Tablo 5.5 Suların sertliklerine göre sınıflandırılması

Fransız Sertliği	Suyun Sınıfı
0,0-7,2	Çok Yumuşak
7,2-14,5	Yumuşak
14,4-21,5	Az Sert
21,5-32,5	Oldukça Sert
32,5-54	Sert
54<	Çok Sert

Çalışma alanındaki sıcak ve mineralli suların sertlik değerleri incelendiğinde; 1A (79.5), 1B (83.3), 2A (80), 2B (76.3), 3A (73.2) , 3B (88.5), 5A (79.1), 5B (91.8), 5C (77.25), 5D (61.7), 6A (183.4), 6B (187.6), 6C (150), 6D (207), 7 (166), 10 (75.5), 11(77.2), 12A(188.5), 12B (189.5), 12C (158) numaralı örnekler çok sert sınıfa, 4A (36.9), 4B (31.9), 4C (35), 4D (41.1) , 13 (46.5), 14 (34.85) numaralı örnekler sert grubuna, 8 (25.6) numaralı örnek oldukça sert, 9 (19.7) numaralı örnek ise az sert grubuna girmektedir.

#### **5.4.3 Suların pH Değerleri**

PH suların asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür. Çözeltide bulunan H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonunu ifade eder. OH<sup>-</sup> derişimi H<sup>+</sup> derişiminden fazla olan sular(pH>7) bazik iken, H<sup>+</sup> derişimi OH<sup>-</sup> derişiminden fazla olan sular (pH<7) asidik karakterdedir. Saf su H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları açısından dengededir ve pH değeri 7 dir. Çalışma alanındaki soğuk suların pH değerleri; 7,9 ile 9,07 arasında, sıcak suların ise 6 ile 7,5 arasında ölçülmüştür(Tablo 5.7).

#### **5.4.4 Suların Elektriksel İletkenlik ( EC ) Değerleri**

Elektriksel iletkenlik cisimlerin elektriği iletme özelliği olup 1 cm<sup>3</sup> suyun elektriksel iletkenliğine özgül elektriksel iletkenlik denir. Özgül elektriksel iletkenlik mikromho/cm olarak ifade edilir. Suyun özgül iletkenliği iyon cinsine, derişimine ve sıcaklığına bağlı olarak değişir.

Tablo 5.6 Suların elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer, 1973)

<b>EC (mikromho/cm)</b>	<b>Sınıf</b>
<250	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
>3000	Kullanılmaz

İnceleme alanındaki kuyulardan alınan suların EC değerlerine göre sınıflaması yapıldığında; 1, 2, 3, 6, 7, 11, 12 numaralı örneklerin Şüpheli – Kullanılmaz, 4,8,9,14 numaralı örneklerin İyi- Kullanılabilir, 5, 10, 13 numaralı örneklerin ise Kullanılabilir olduğu saptanmıştır(Tablo 5.6).

Tablo 5.7 İnceleme alanında yer alan sıcak suların su analizleri (EC=elektriksel iletkenlik; SAR=sodyum absorpsiyon oranı)

Örnek	Lokasyon	Tarih	EC	Tuzluluk	pH	Eh	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	Si <sup>+2</sup>	SAR	% NA
			µS/cm			mV	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	%	
1-A	Çimenoğlu Sera	03.05.2011	3230	1.8	6.86	6	1322.5	1245.7	257.3	37.4	77.9	37.4	584.9	19.1	9.02	69.2
1-B	Çimenoğlu Sera	19.03.2012	3070	1.6	6.6	22	1586.4	852.8	270.6	57.4	96.4	38.5	494.1	22.6	7.45	65.6
2-A	Çimenoğlu Sera	03.05.2011	3340	1.7	6.68	18	1725.1	1305.2	260.5	38.9	79.9	36.8	597.0	18.0	9.17	69.48
2-B	Çimenoğlu Sera	19.03.2012	2680	1.3	6.5	28	1098.3	678.6	210.2	80.4	85.3	58.2	388.8	36.0	6.12	63.8
3-A	Çimenoğlu Sera	03.05.2011	2970	1.9	6.43	2	1515.2	1089.8	204.0	38.9	79.3	54.4	546.2	25.9	8.78	70.76
3-B	Çimenoğlu Sera	19.03.2012	3180	1.6	6.5	22	1636.5	770.0	289.6	56.8	102.0	39.6	513.3	21.1	7.5	65.14
5-A	Kamara Hamamı	03.05.2011	1935	0.8	6.2	48	958.0	353.5	235.0	52.0	35.6	49.9	168.3	15.7	2.60	4.17
5-B	Kamara Hamamı	06.12.2011	2120	1.1	6	64	1013.0	459.0	278.9	50.0	44.3	55.8	249.0	19.6	3.56	4.67
5-C	Kamara Hamamı	21.07.2011	2080	0.9	6.36	37.0	1098.3	416.4	231.6	48.0	39.7	47.5	210.6	14.4	3.29	4.72
5-D	Kamara Hamamı	19.03.2012	2090	0.9	6.3	35	1475.3	573.8	236.1	63.4	45.4	49.5	218.2	15.2	3.37	4.79
6-A	Gül Termal (Gayzer)	03.05.2011	3350	1.7	7.35	-24.0	3947.7	311.6	547.4	66.0	64.0	114.0	297.0	70.1	3.02	35.3
6-B	Gül Termal (Gayzer)	21.09.2010	3900	2.3	6.3	45	1006.0	1782.0	528.0	67.0	63.5	136.0	581.0	75.7	5.83	49.25
6-C	Gül Termal (Gayzer)	19.03.2012	2900	1.4	7.5	-39	1444.9	945.6	442.8	66.8	71.2	97.6	259.0	25.3	2.9	37.92
6-D	Gül Termal (Gayzer)	21.07.2011	3520	1.8	6.95	1.0	2170.9	497.3	637.1	34.6	66.0	118.0	321.6	25.0	3.07	33.91
7	Şanlı Alp Yarı İl Özel İdare	19.03.2012	3700	2.0	6.8	3.0	1706.0	2383.4	490.3	87.6	73.5	107.0	374.4	37.8	3.99	42.85
11	Smryna	06.12.2011	490	2.2	7.12	3	2251.0	807.0	262.0	250.0	149.0	29.0	908.0	93.5	14.21	78.412
12-A	Sanli ALP (Havuz)	03.05.2011	4800	2.2	6.6	24	1360.7	1503.8	503.7	65.5	63.0	153.0	556.7	53.9	5.58	48.55
12-B	Sanli ALP (Havuz)	06.12.2011	4200	2.2	6.16	49.0	1371.6	1426.0	509.6	34.0	64.0	152.0	563.0	33.7	5.62	48.67
12-C	Sanli ALP (Havuz)	19.03.2012	4050	2.1	6.6	19	1303.3	4004.8	426.0	120.8	73.2	126.7	490.2	62.7	5.36	50.47
13	B. Menderes Regulatör	19.03.2012	1730	0.7	7.2	-19	617.5	202.0	131.0	52.2	43.4	34.2	229.9	9.9	4.62	62.32

Tablo 5.8 İnceleme alanında yer alan soğuk suların su analizleri (EC=elektriksel iletkenlik; SAR=sodyum absorpsiyon oranı)

Örnek	Lokasyon	Tarih	EC	Tuzluluk	pH	Eh	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	Si <sup>+2</sup>	SAR	% NA
			µS/cm			mV	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	%	
4-A	Kamara B. Menderes	03.05.2011	784	0.1	8.1	-65	468.6	137.8	89.0	35.0	8.2	35.9	46.3	7.7	1.05	30.37
4-B	Kamara B. Menderes	21.07.2011	737	0.1	8.13	-67.0	1562.0	104.9	77.0	39.0	5.6	31.1	50.5	6.2	1.23	34.16
4-C	Kamara B. Menderes	06.12.2011	685	0.1	7.9	-42	293.0	99.0	86.5	39.0	6.0	32.7	48.0	9.8	1.12	31.15
4-D	Kamara B. Menderes	19.03.2012	851	0.2	8.5	-88	341.7	156.6	97.7	59.2	11.7	40.9	62.2	3.5	1.33	34.76
8	Cindere Barajı Şelale	21.07.2011	425	0	8.03	-58.0	1025.1	3.0	84.7	3.0	0.7	11.0	8.6	9.5	0.23	8.86
9	Cindere Barajı Gölet Suyu	21.07.2011	522	0	9.07	- 128.0	1020.2	74.9	34.5	37.0	14.4	27.0	40.0	1.4	1.24	46.93
10	B. Menderes Ahmetli Köprüsü	06.12.2011	1653	0.8	8.4	78	369.0	456.0	136.6	139.0	9.0	101.0	178.0	17.3	2.82	44.04
14	B. Menderes Regülatör Bölgesi	19.03.2012	834	0.2	8.6	-94	368.5	143.6	82.1	57.2	10.6	35.0	63.5	1.9	1.48	38.75

Tablo 5.9 İnceleme alanındaki sıcak sulara ait ikincil(eser) element miktarları (mg/l)

Örnek Numarası	<b>B<sup>+3</sup></b>	<b>Li<sup>+</sup></b>	<b>Al</b>	<b>Sr<sup>+2</sup></b>	<b>Zn</b>	<b>Fe<sup>+3</sup></b>	<b>As</b>	<b>Ba<sup>+2</sup></b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Zr</b>
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1-A	5.9	0.82	----	6.1	0.3<	1.62	3<	0.172	----	----	----
1-B	5.29	0.72	0.10	6.4	----	----	0.292	0.056	----	----	----
2-A	5.4	0.84	----	6.3	0.3<	0.34	3<	0.201	----	----	----
2-B	3.85	0.61	0.10	5.8	----	----	0.060	0.043	----	----	----
3-A	5.1	0.8	----	6.5	1.06	0.13	3<	0.086	----	----	----
3-B	5.44	0.82	0.13	6.7	----	----	0.285	0.048	----	----	----
5-A	1.23	0.27	0.67	3.8	0.013	6.76	0.107	0.041	0.005	0.023	0.002
5-B	1.75	0.31	----	4.8	0.002	19.63	0.090	0.045	----	----	----
5-C	1.65	0.32	0.22	4.3	0.007	0.18	0.075	0.044	0.003	0.001	0.002
5-D	2.46	0.26	0.10	4.3	----	----	0.097	0.043	----	----	----
6-A	4.53	1.53	----	8.7	0.3<	10<	3<	0.200	----	----	----
6-B	9.36	1.84	----	12.7	0.009	0.1<	0.005	0.042	----	----	----
6-C	5.03	0.31	0.12	6.9	----	----	0.043	0.061	----	----	----
6-D	6.11	1	0.60	9.8	0.3	10<	0.003	0.080	0.08<	0.3<	----
7	6.24	0.86	0.12	9.6	----	----	0.057	0.056	----	----	----
11	9.9	1.68	----	8.2	0.3<	10<	3<	0.075	----	----	----
12-A	11	1.72	0.60	1.5	0.3	10<	3<	0.080	0.08<	0.3<	----
12-B	7.45	1.71	----	14.6	0.3<	16.63	3<	0.170	----	----	----
12-C	7.85	1.44	0.11	12.7	----	----	0.065	0.033	----	----	----
13	2.91	0.31	0.07	3	----	----	0.094	0.064	----	----	----

Tablo 5.10 İnceleme alanındaki soğuk sulara ait ikincil (eser) element miktarları (mg/l)

Örnek Numarası	B <sup>+3</sup>	Li <sup>+</sup>	Al	Sr <sup>+2</sup>	Zn	Fe <sup>+3</sup>	As	Ba <sup>+2</sup>	Cu	Ni	Zr
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
4-A	0.19	0.03	0.09	1	0.0061	0.09	0.009	0.081	0.003	0.005	0.0006
4-B	0.17	0.03	0.10	0.9	0.0032	0.07	0.015	0.079	0.001	0.004	0.002
4-C	0.17	0.03	---	0.9	0.05	0.001<	0.015	0.780	----	----	----
4-D	1.62	0.04	0.57	1.2	----	----	0.075	0.078	----	----	----
8	0.02	0.01	0.20	0.3	0.002	0.001<	0.004	0.139	0.5	0.2	0.18
9	0.24	0.07	0.05	0.6	0.008	0.112	0.027	0.045	0.003	0.003	0.0001
10	0.42	0.05	---	2.7	0.002	0.001<	0.001	0.059	----	----	----
14	1.06	0.05	0.05	1.1	----	----	0.035	0.076	----	----	----



#### 5.4.5 Eh (Oksidasyon-redüksiyon potansiyeli) (mV)

Okside olmuş veya indirgenmiş şekilde bulunan herhangi bir maddenin, standart şartlar da hidrojene göre elektron çekimini ölçen bir elektrokimyasal ölçümdür. Negatif redoks potansiyeli kuvvetli bir indirgeyici ortamı, pozitif redoks potansiyeli kuvvetli bir oksitleyici ortamı belirtir (Tarcan, 2004). Alandaki örneklerin Eh değerleri -128 mV ile 78 mV arasında değişmektedir (Tablo 5.7, Tablo 5.8).

#### 5.4.6 Tuzluluk

Bir sıvının iletken olabilmesi için elektrik akımının iletilmesini sağlayan serbest elektronları içermesi gerekir. Saf su nötr olduğu için elektriği iletmez. Suyun içerisindeki Tuz miktarının artışı, suyun elektrik iletkenliğinin artışıyla doğru orantılıdır. Alınan örneklerin tuzlulukları 0.001 ile 2.3 arasında değişmektedir.

### 5.5 Sıcak ve Soğuk Yeraltı Sularının İçilebilme ve Kullanılabilme Özellikleri

Yöredeki yeraltı sularının içme ve kullanıma uygunluğu suların EC, SAR, Sodyum yüzdesi, Çözünmüş madde miktarı, köpürme katsayıları (Fo) ve bazı diyagramlar yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

$$\% rNa = [ ( rNa + rK ) \times 100 / ( rNa + rK + rCa + rMg ) ]$$

SAR =  $rNa / [ ( rCa^{++} + rMg^{++} ) / 2 ]^{0.5}$  bağıntısı ile bulunur. r = mek / L ' dir. Tablo 5.11'deki gibi sınıflanır.

Tablo 5.11 Suların Sodyum Absorpsiyon Oranı'na (SAR) göre Sınıflaması (Sahinci, 1991a)

SAR	SINIF
<10	Çok iyi özellikte sulama suları
10-18	İyi özellikte sulama suları
18-26	Kullanılabilir özellikte sulama suları
>26	Kullanılmaz özellikte sulama suları

İnceleme alanında yapılan su örneklemelelerinde; 11 numaralı kuyunun (Smryna) SAR değeri 14 olarak hesaplandığı için “İyi özellikte sulama suları” sınıfa, diğer bütün kuyuların ise SAR değeri 10 dan küçük olduğu için “Çok iyi özellikte sulama suları” sınıfına girmektedir.

Suların kaynarken köpürme katsayısı ( $F_o$ ) =  $62 r_{Na^+} + 78 r_{K^+}$  ( $r = \text{mek/L}$ ) bağıntısıyla bulunur ve sular köpürme katsayısı değerine göre tablo 5.12’deki gibi sınıflanır.

Tablo 5.12 Suların Köpürme Katsayısı Değerine ( $F_o$ ) göre Sınıflaması ( Sahinci, 1991a).

<b>Fo</b>	<b>Sınıf</b>
<60	Kaynarken köpürmeyen su
60-200	Kaynarken köpüren su
>200	Kaynarken çok köpüren su

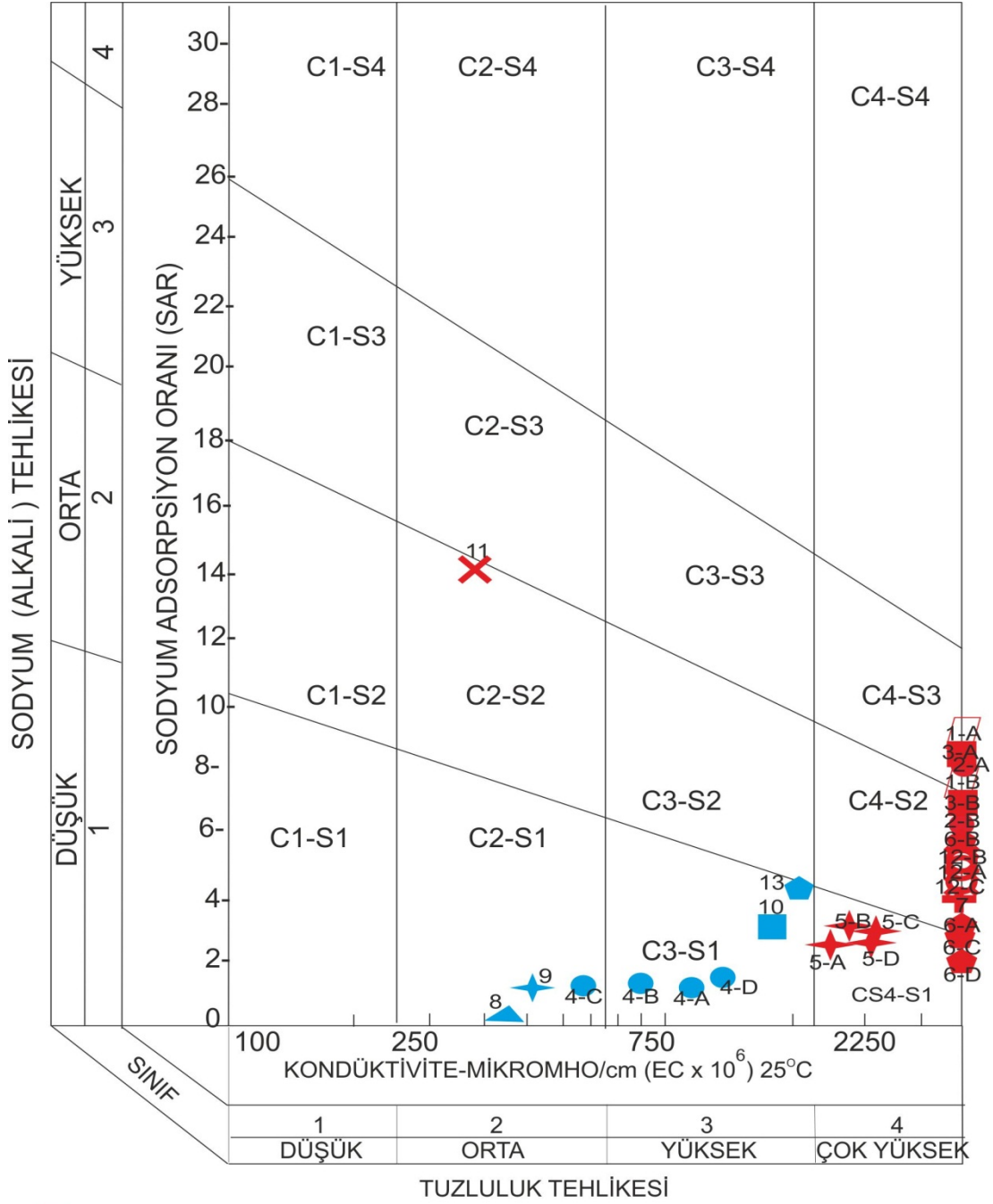
Tablo 5.12’e göre inceleme alanındaki 8 numaralı örnek kaynarken köpürmeyen, 4,9 ve 14 numaralı örnekler kaynarken köpüren su, diğer örneklemelemler ise kaynarken çok köpüren sular sınıfına girmektedir. Örneklerin  $F_o$  değerleri Ek’ler de verilmiştir.

### **5.5.1. Sularının ABD Tuzluluk Diyagramına Göre Sınıflaması**

Sodyum iyonu yüzdesi (% Na) ve Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) sulama suları sınıflamasında kullanılan önemli bir özelliktir. Sulama suları sınıflandırılmasında en çok ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılır. Bu Diyagram için suyun 25°C deki kondüktivitesi ve sodyum adsorbsiyon oranının bilinmesine gerek vardır. Tablo 5.13’ de suların tuzluluk ve sodyum miktarına göre sınıflandırılması verilmiştir. ABD Tuzluluk diyagramına göre, inceleme alanındaki suların geneli C4-S1, C4-S2, C4-S3 (Çok tuzlu ve farklı sodyum içerikli sular) grubundayken, 8, 9, 4C örnekleri C2-S1 (Orta tuzlulukta ve Az sodyum içerikli sular) grubuna, 4A, 4B, 4D, 10, 13 örnekleri ise C3-S1 (Fazla tuzlu ve Az sodyumlu sular) grubuna girmektedir.

Tablo 5.13 Suların tuzluluk ve sodyum miktarına göre sınıflandırılması

<b>Tuzluluğa Göre Alt Sınıflar</b>	C1	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.
	C2	Orta tuzlulukta su. Orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılmaz
	C3	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
	C4	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenajı yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir.
<b>Sodyum Miktarına Göre Alt Sınıflar</b>	S1	Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun.
	S2	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun
	S3	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.
	S4	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılmaz.



- |                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Çimenoğlu Sera              | 8 Cindere Barajına Dökülen Şelale |
| 2 Çimenoğlu Sera              | 9 Cindere Barajı Gölet Suyu       |
| 3 Çimenoğlu Sera              | 10 Ahmetli Köprüsü Büyük Menderes |
| 4 Kamara Büyük Menderes Nehri | 11 Smyrna                         |
| 5 Kamara Hamamı               | 12 Şanlı Alp                      |
| 6 Gayzer                      | 13 Büyük Menderes Regulator Suyu  |
| 7 İl Özel İdare Kuyusu        |                                   |

Şekil 5.1 İnceleme alanındaki suların tuzluluk ve sodyum miktarına göre diyagram üzerindeki gösterimi (ABD Tuzluluk Diyagramı)

### 5.5.2 Suların Wilcox'a Göre Sınıflaması

Wilcox sulama sularının % Na, klorür, sülfat, bor ve elektriksel iletkenliğe karşı duyarlılıklarına göre sınıflar(Tablo 5.14 ve Tablo 5.15).

Tablo 5.14 Sulama sularının Wilcox 'a göre sınıflaması (Şahinci, 1991)

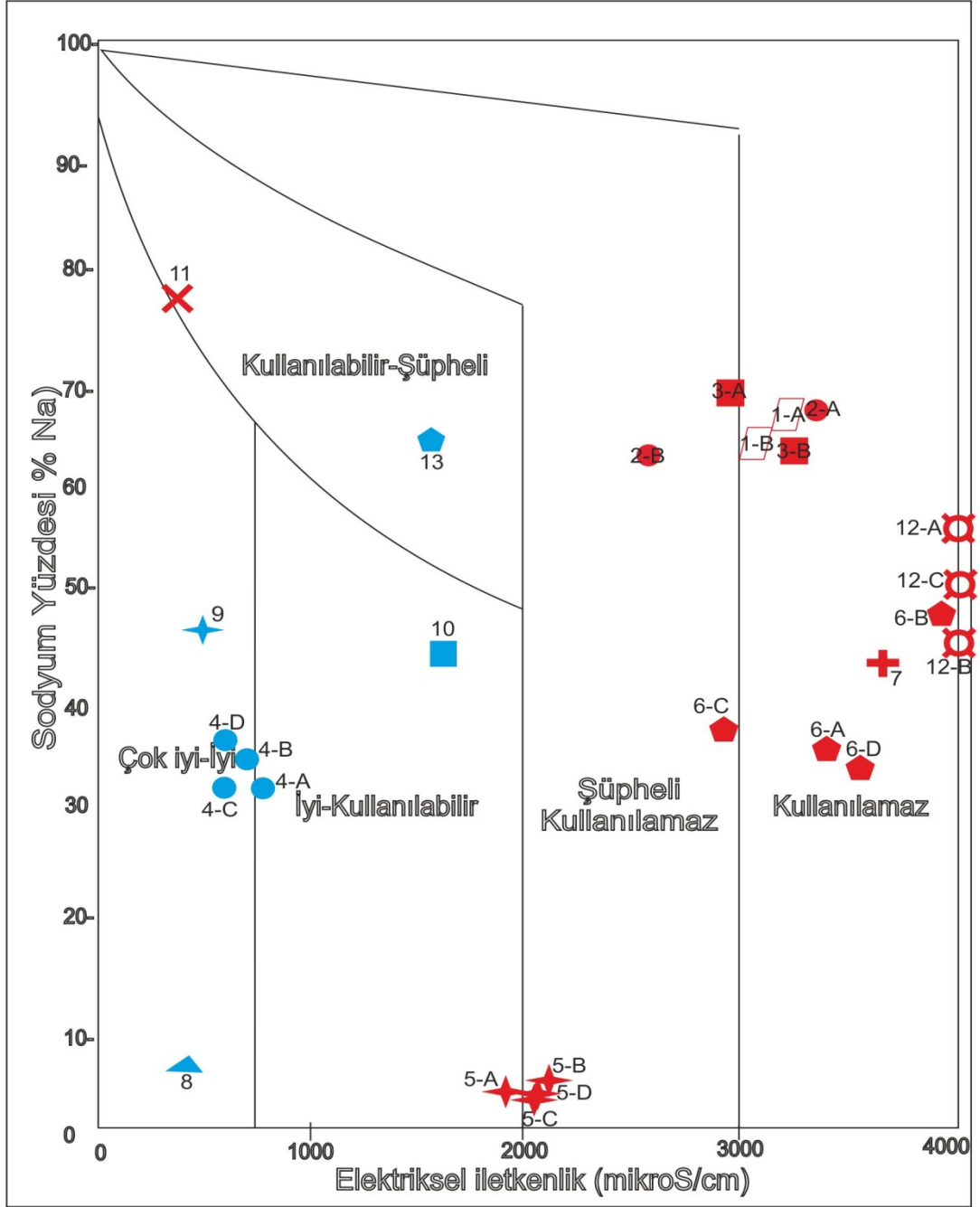
Suyun Sınıfı	%Na	rCI	rSO4	EC(µmho/cm)
Çok iyi	<20	<4	<4	<250
iyi	20-40	4-7	4-7	250-750
Kullanılabilir	40-60	7-12	7-12	750-2000
Şüpheli	60-80	12-20	12-20	2000-3000
Kullanılmaz	>80	>20	>20	>3000

Tablo 5.15 Sulama sularının Wilcox sınıflamasında bor miktarına göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991).

Suyun Sınıfı	Suda bulunan Bor (mg/L)		
	Duyarlı bitkiler	Yarı dayanıklı bitkiler	Az dayanıklı bitkiler
Çok iyi	<0,33	<0,36	<1
İyi	0,33-0,67	0,67-1,33	1,00-2,00
Kullanılabilir	0,67-1,00	1,33-2	2,00-3,00
Şüpheli	1,00-1,25	2-2,5	3,00-3,75
Kullanılmaz	>1,25	>2,5	>3,75

Suda bulunan Bor miktarına göre sulama sınıfı yapıldığında; Soğuk suların hepsinin bitki sulamasına uygun olduğu, termal sulardan ise Kamara hamamı dışındakilerin sulama suyu olarak kullanımının elverişsiz olduğu gözlenmiştir.

Düşey ekseninde Yüzde Sodyum miktarı (% Na) ve yatay ekseninde Elektriksel iletkenlik (EC) miktarına dayalı suların sulama amacıyla kullanıma uygunluğunu belirten Wilcox diyagramı şekil 5.2 'de gösterildiği gibidir. Çalışma alanından alınan su örnekleri yapılan kimyasal analizlere göre diyagrama yerleştirilmiştir. Buna göre; 4A, 4B, 4C, 4D, 8, 9 numaralı örnekler “çok iyi” , 10 numaralı örnek “iyi-kullanılabilir”, 11 ve 13 numaralı örnekler “kullanılabilir-şüpheli” sınıfına girmektedir. 11 (Smryna) numaralı örnek hariç olmak üzere örnekleme yapılan diğer termal sular “şüpheli kullanılamaz” ve “kullanılamaz” sınıflarına girmiştir.



- |   |                               |   |                                   |
|---|-------------------------------|---|-----------------------------------|
|  | 1 Çimenoğlu Sera              |  | 8 Cindere Barajına Dökülen Şelale |
|  | 2 Çimenoğlu Sera              |  | 9 Cindere Barajı Gölet Suyu       |
|  | 3 Çimenoğlu Sera              |  | 10 Ahmetli Köprüsü Büyük Menderes |
|  | 4 Kamara Büyük Menderes Nehri |  | 11 Smyrna                         |
|  | 5 Kamara Hamamı               |  | 12 Şanlı Alp                      |
|  | 6 Gayzer                      |  | 13 Büyük Menderes Regulator Suyu  |
|  | 7 İl Özel İdare Kuyusu        |   |                                   |

Şekil 5.2 Sulama sularının Wilcox'a göre sınıflaması

## 5.6 Sıcak ve Mineralli Suların Fasiyes Tipleri ve Sınıflaması

Yöredeki sıcak ve mineralli suların hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla inceleme alanındaki kaynaklardan ve MTA'nın, Denizli İl Özel İdaresinin ve Özel Teşebbüslerin açmış olduğu sondajlardan su örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerin kimyasal analiz değerleri irdelenerek sıcak suların fasiyes tipleri, doygunluk değerleri ve kullanılabilirlikleri belirlenmiştir.

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) sınıflamasında ise suda çözülmüş başlıca anyon ve katyonlardan ayrı ayrı olmak üzere mek/L olarak %20'den fazla çözülmüş bulunan iyonlar su tipini belirtmektedir (Baskan ve Canik, 1983). Bu çalışmada hidrokimyasal fasiyes kavramı IAH sınıflamasına göre uyarlanarak kullanılmıştır. Bu sınıflamaya göre termal sular genel olarak Na>Ca>Mg ve HCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>>Cl şeklinde olup Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> su tipini yansıtmaktadırlar. Soğuk sular ise genel olarak baskın iyon içermeyen su tipindedir.

Çalışma alanında bu amaçla 9 tanesi termal, 5 tanesi soğuk su olacak şekilde toplam 14 kaynaktan 28 adet su örnekleme yapılmıştır. 1, 2 ve 3 numaralı Çimenoglu Sera'ya ait su örnekleri incelendiğinde suların genel olarak Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> tipinde olduğu saptanmıştır. Kamara bölgesinde yapılan Büyük Menderes nehri örnekleme ile (4) Regülatör bölgesinde yapılan Büyük Menderes nehri örnekleme (14) benzer sonuçlar vermiş, suların Ca-Mg-Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> tipinde olduğu saptanmıştır. 5 numaralı örnek olan Kamara hamamının su tipi ise; Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> su tipindedir. Gül Termale ait su örnekleme (6) ise genel olarak Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> su tipindedir. İl özel idarenin açmış olduğu kuyu (7) Ca-Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> su tipindeyken, Smyrna (11) sondaj kuyusuna ait su örneği Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> su tipindedir. Cindere baraj göletinden yapılan su örnekleme Mg-HCO<sub>3</sub> su tipindeyken (9), baraja dökülen dere (8) Ca-HCO<sub>3</sub> su tipindedir. 12 numaralı Şanlı Alp termale ait suların analizi yapıldığında; suların genel olarak Ca-Na-Mg-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> tipinde olduğu saptanmıştır (Tablo 5.16).

Tablo 5.16 Örnekleme Yapılan Sulara Ait Fasiyes Tipi Sınıflamaları

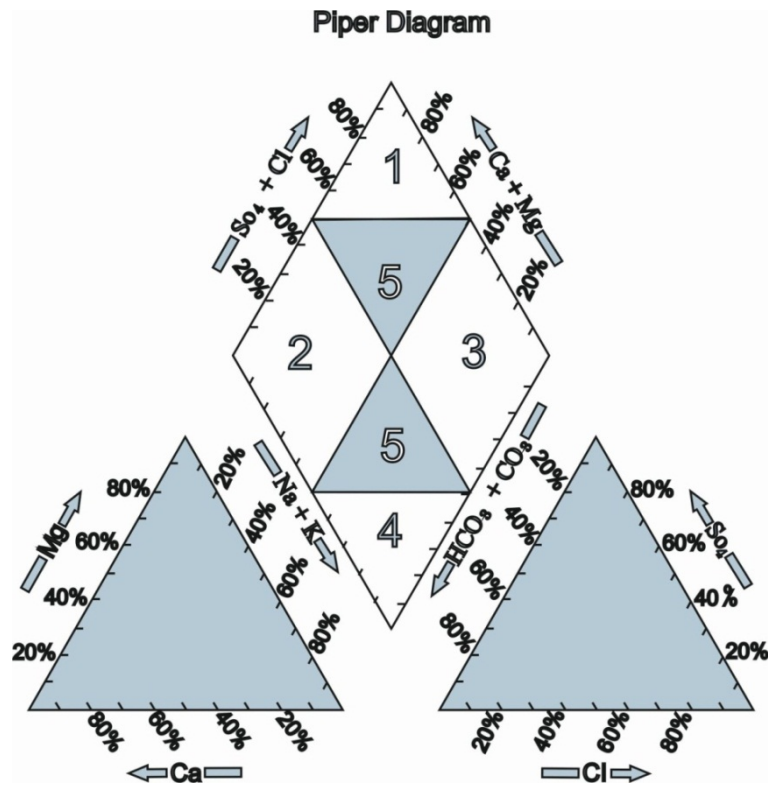
Örnek	Lokasyon	Fasiyes tipi
1-A	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Na-Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
1-B	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
2-A	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
2-B	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
3-A	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
3-B	Çimenoğlu Sera YENİCEKENT	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
4-A	Kamara Hamamı B. Menderes	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
4-B	Kamara Hamamı B. Menderes	Ca-HCO <sub>3</sub>
4-C	Kamara Hamamı B. Menderes	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
4-D	Kamara Hamamı B. Menderes	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
5-A	Kamara Hamamı	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
5-B	Kamara Hamamı	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
5-C	Kamara Hamamı	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
5-D	Kamara Hamamı	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
6-A	Gül Termal (Gayzer)	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>
6-B	Gül Termal (Gayzer)	Ca-Na-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
6-C	Gül Termal (Gayzer)	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
6-D	Gül Termal (Gayzer)	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>
7	Şanlı Alp Yanı - İl Özel İdare	Ca-Na-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
8	Cindere Barajı Şelale	Ca-HCO <sub>3</sub>
9	Cindere Barajı Gölet Suyu	Mg-HCO <sub>3</sub>
10	B. Menderes-Ahmetli Köprüsü	Mg-Na-Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
11	Smryna	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
12-A	Sanli ALP (Havuz)	Ca-Na-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
12-B	Sanli ALP (Havuz)	Ca-Na-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
12-C	Sanli ALP (Havuz)	Na-Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
13	B. Menderes Regulator Termal Su	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
14	B. Menderes Regulator Nehir Suyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>

Piper (üçgen) ve Scholler (yarı logaritmik) diyagramları iyonların topluca tek bir diyagramda görüntülenmesine olanak tanıyarak, benzer ve farklı kökenli suların karşılaştırılmasında sağladığı kolaylık bakımından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardır. Sıcak su noktalarının kökensel ilişkileri Piper ve Schoeller diyagramları ile incelenmiştir. Genelindeki örnekleme ve analizi gerçekleştirilen nokta sayısının fazlalığı dikkate alındığında, fasiyes türlerinin dağılımı ve bu fasiyes türlerinin oluşumuna etki eden fiziko-kimyasal süreçlerin ayırt edilmesine olanak vermesi açısından Piper diyagramı kullanılmıştır. Yakın veya komşu sahalarda



bulunan su noktalarının kökensel ilişkileri ise Schoeller diyagramları ile değerlendirilmiştir.

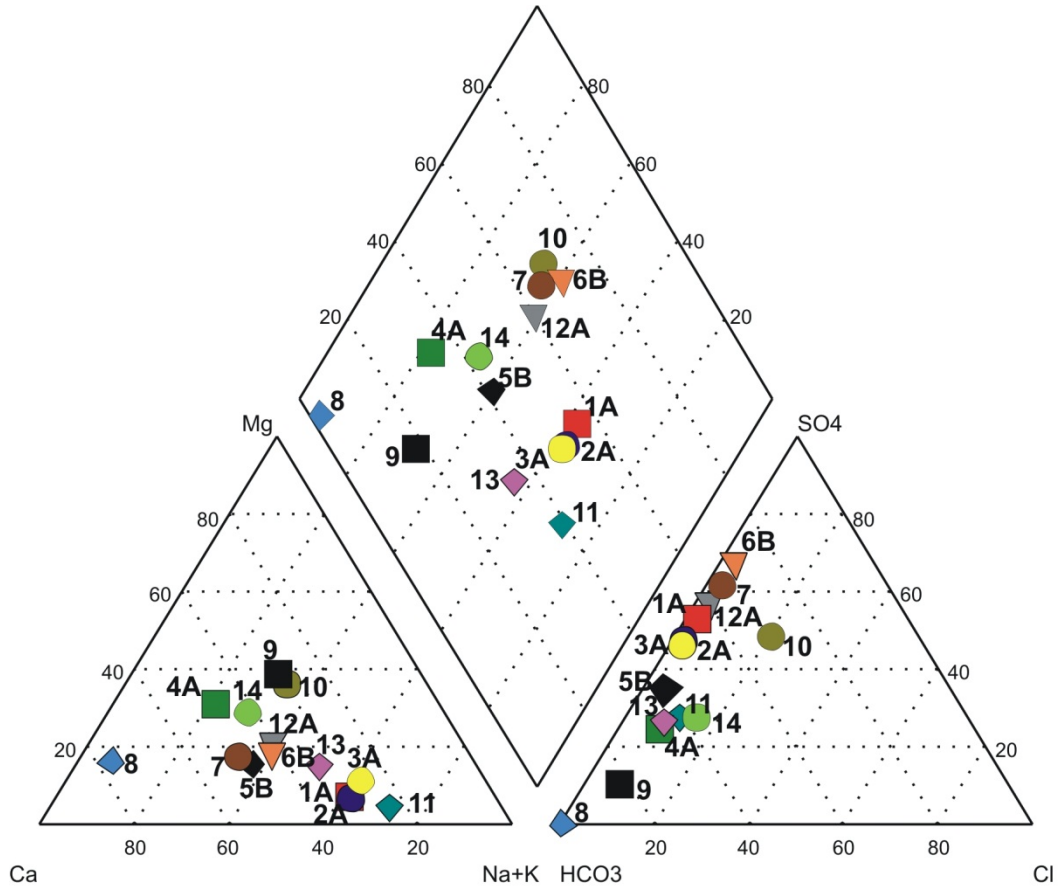
Piper diyagramı; Anyon ve katyonların (% mek/L cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların hidrokimyasal fasiyes tiplerinin görülmesinde, dörtgen ise suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır.



Açıklamalar:

1. Bölgede karbonat olmayan sertliği %50 den fazla olan sular
2. Bölgede CO<sub>3</sub> sertliği %50'den fazla olan sular
3. Bölgede karbonat alkalileri %50 den fazla olan sular
4. Bölgede, karbonat olmayan alkalitesi %50 den fazla olan sulardır.
5. Karışık sulardır

Şekil 5.3 Piper diyagramı ve açıklamaları (Piper, 1953)



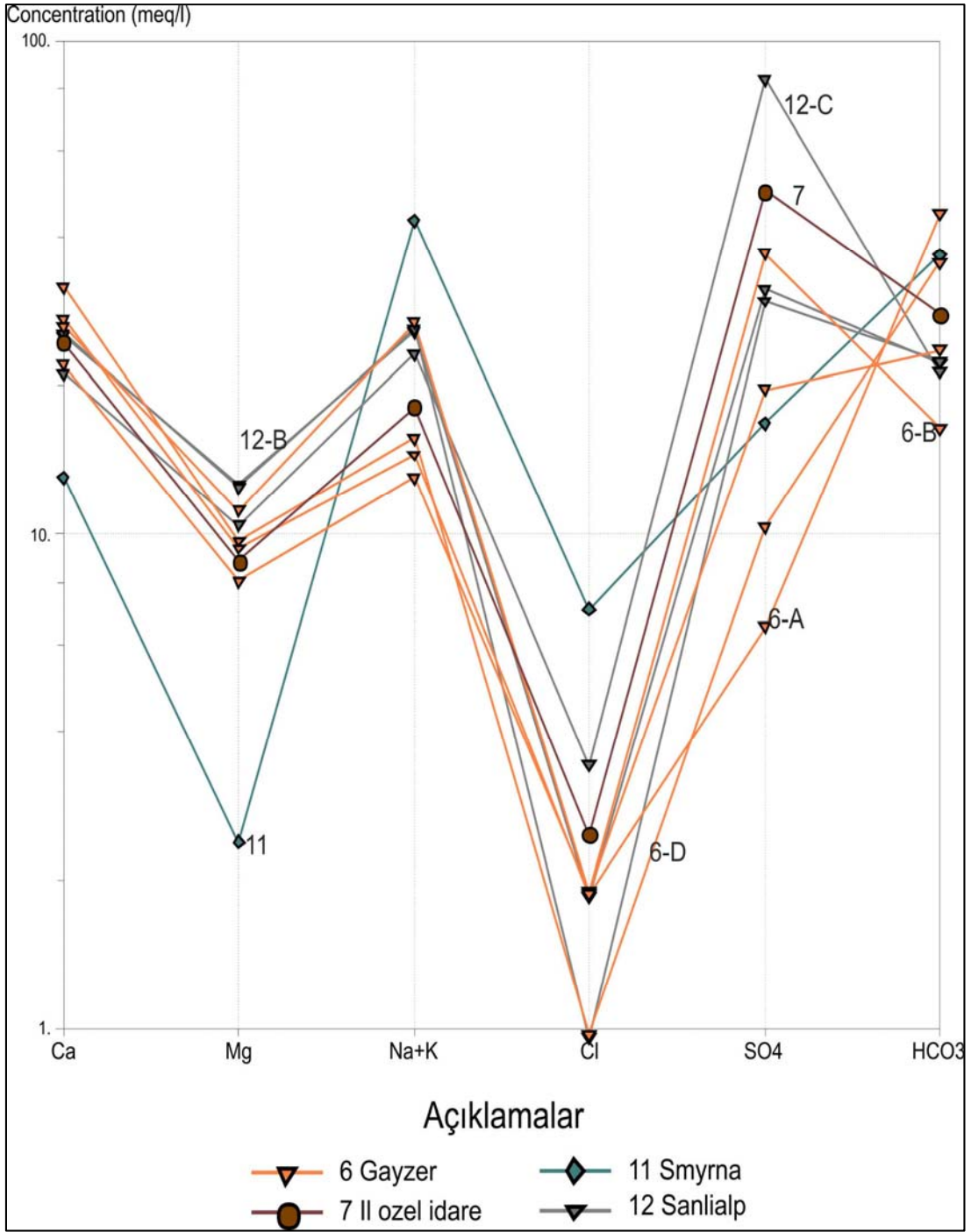
Şekil 5.4 İnceleme alanında yer alan su örneklerinin Piper üçgen diyagramındaki görünüşleri

Piper diyagramına göre, inceleme alanındaki 4A,5B,8, 9,14 örnek numaralı sular 2. Bölgede CO<sub>3</sub> sertliği %50'den fazla olan sular sınıfına, 1A, 2A, 3A, 6B, 7, 10, 11, 12A, 13 numaralı sular ise 5. Bölgede yer alarak Karışık sular sınıfına girmektedir(Şekil 5.4).

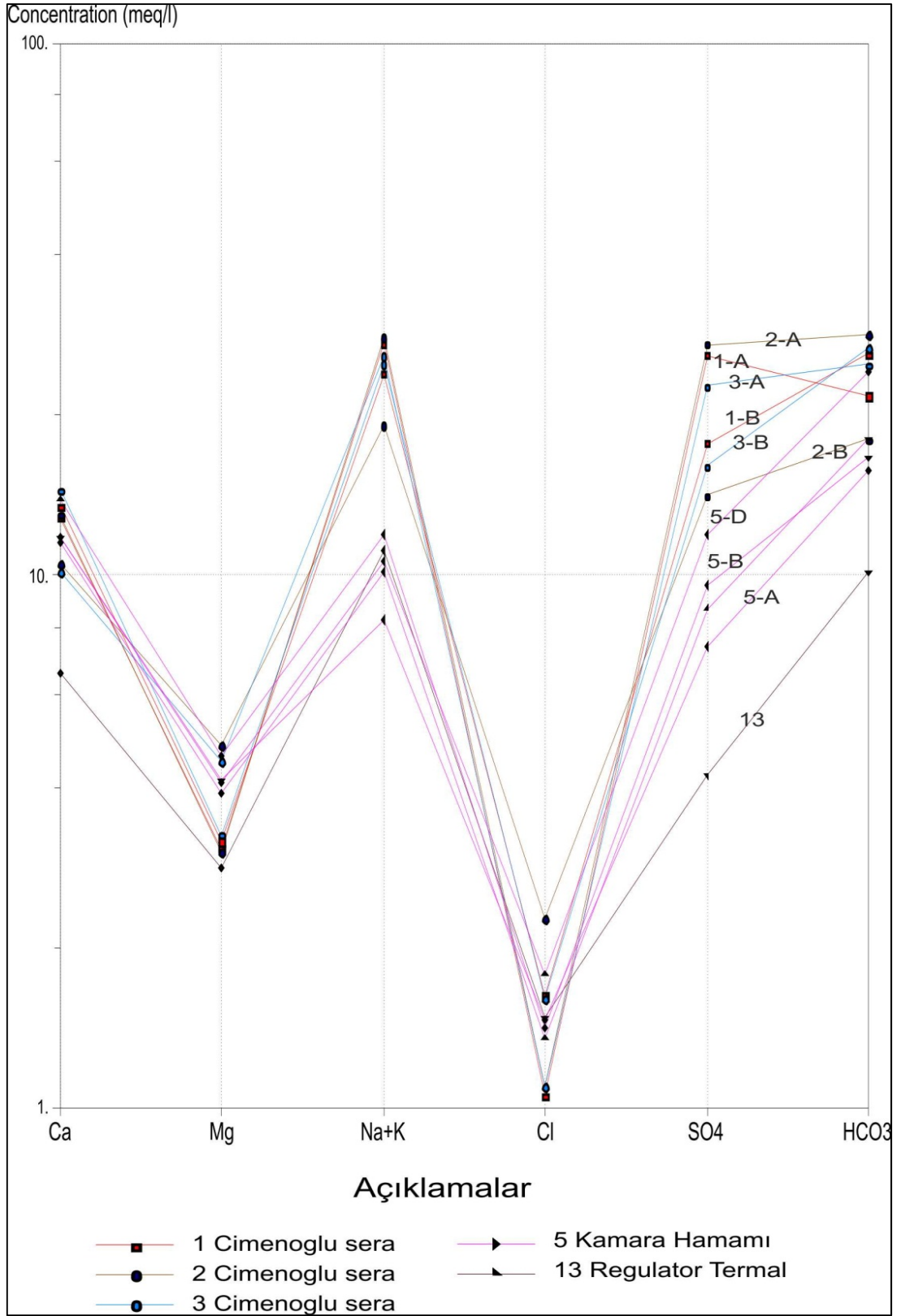
Schoeller diyagramı; Bu diyagramda yatay eksene belirli aralıklar ile iyonlar sıralanır. Düşey eksen logaritmik ölçeklidir. Bir su örneği, bu diyagramda gösterilirken, her iyonun mek/L degeri, kendine ait logaritmik eksende işaretlenerek elde edilen noktalar birleştirilir. Birleştirilen noktalar, kırık çizgileri oluşturmakta ve bu çizgiler bir su örneğini temsil etmektedir. Schoeller diyagramında benzer kökenli, aynı akifere ve beslenme alanına sahip sular benzer dağılım gösterirler. İnceleme alanına ait suların Scholler diyagramında yorumlanması şekil 5.5, 5.6, 5.7' de gösterilmiştir. Schoeller diyagramına göre inceleme alanında sıcak ve soğuk sular olmak üzere iki farklı grup gözlenmektedir. İki grup mineral parajenezi açısından büyük bir değişiklik sunmamasına karşın sıcak ve soğuk suların karışımı gözlenmektedir.

Suların Scholler diyagramına göre sınıflamasına bakıldığında inceleme alanında ki termal ve soğuk yeraltı suları genel olarak benzer kökenlidir. Cindere barajına dökülen dere suyu diğer sulardan farklı olup Ca-HCO<sub>3</sub> su tipindedir.

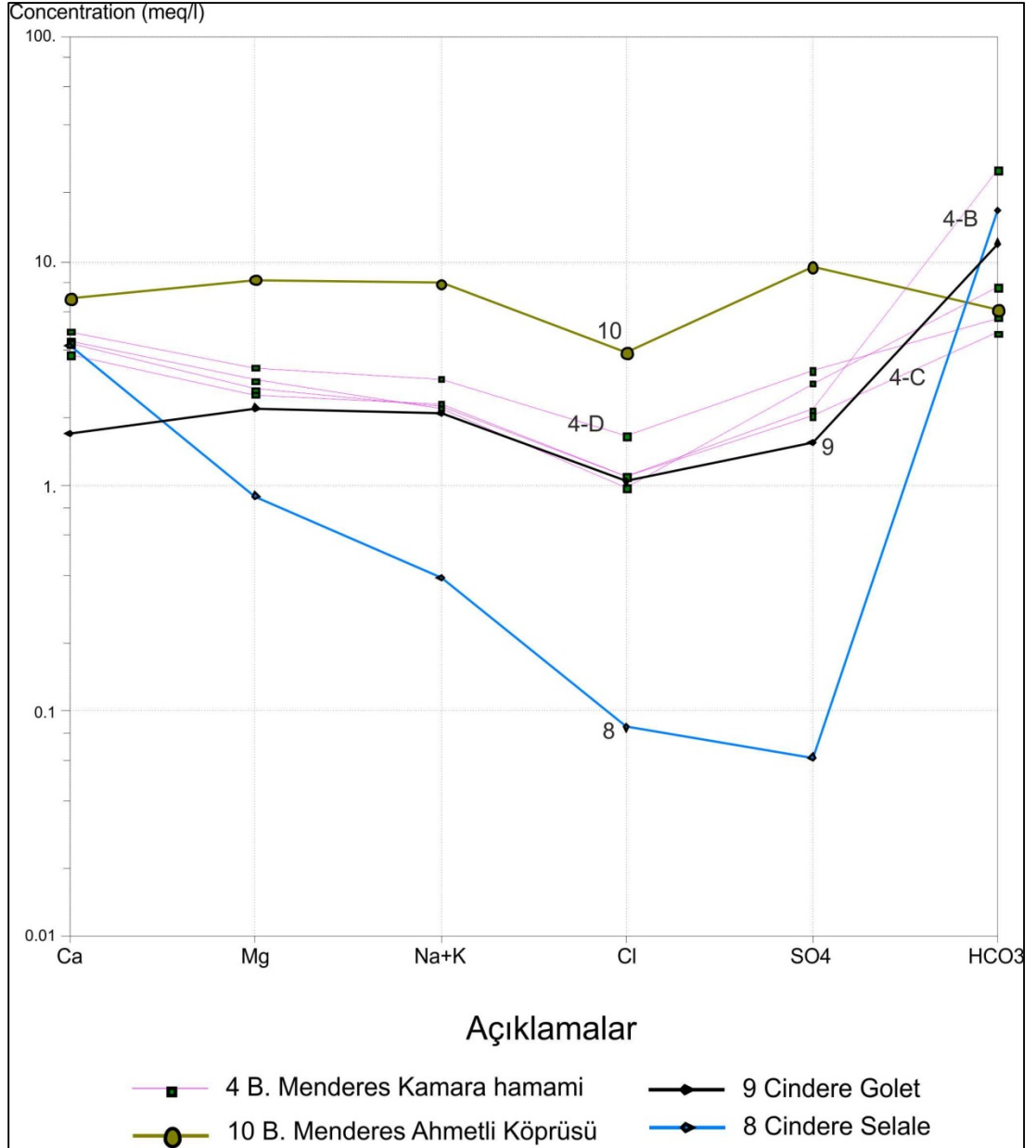
Suları isimlendirmek, birbiri ile karşılaştırmak, iyonlar arası etkileşimleri araştırmak ve kökeni ile ilgili yorum yapabilmek amacıyla suların hidrojeokimyasal fasiyes tipinin belirlenmesine yönelik çeşitli yöntemler önerilmiştir. Hidrojeokimyasal fasiyes kavramı, suların içerdikleri başlıca iyonların oranlarına dayalı olarak sınıflandırılması esasına dayanmaktadır. Suda çözünen başlıca iyonlardan anyonlar ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere mek/L cinsinden %50'den fazla olan iyonlar hidrokimyasal fasiyes tipini belirtmektedir. Eğer iyonların hiçbirisi miktar olarak %50'yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir.



Şekil 5.5 Gölemezli Jeotermal alanında yer alan su örneklerinin yarı logaritmik Schoeller diyagramındaki görünüşleri



Şekil 5.6 Yenicekent jeotermal alanında yer alan su örneklerinin yarı logaritmik Schoeller diyagramındaki görünüşleri



Şekil 5.7 Çalışma alanında yer alan soğuk su örneklerinin yarı logaritmik Schoeller diyagramındaki görünümleri

### 5.7 Suların Mineral Doymuluk İndeksleri

Farklı kullanım alanlarıyla insanlığa hizmet eden termal suların bir yerden bir yere taşınması sırasında kabuklaşma yada korozyon gibi çok önemli sorunlar yaşanabilmektedir. Bu sorunların yaşanmasında suyun mineral doymuluğu, çökme ve çözülme özellikleri büyük ölçüde etkindir.

Genellikle çökel ürünü olarak gözlenen kalsit, dolomit ve jips minerallerinin farklı sıcaklık değerlerinde mineral doygunluk indekslerinin hesaplanması ve diyagramının çizilmesi, bu sorunların önlenmesinde etkin rol oynamaktadır. Bunun için kullanılan mineral sıcaklık diyagramlarında Pozitif doygunluk indeksi çökeltici özelliği, negatif doygunluk indeksi ise çözüldürücü özelliği ifade etmektedir.

Bu çalışmada Aquachem ve Watch 2005 programları yardımıyla minerallerin farklı sıcaklık değerlerindeki doygunluk indeksi değerleri saptanmıştır (SI= log Q/K). Mineral doygunluk indeksi hesaplamalarında basınç 1 atm olarak alınmış ve pH sabit tutulmuştur. Saptanan bu değerler Microsoft Excel programına aktararak mineral sıcaklık denge diyagramı oluşturulmuştur. Diyagramın oluşturulmasında sıcaklık değerleri her 30°C’de bir arttırılmış ve grafiğin 30-180°C arasında yer alması sağlanmıştır(Tablo 5.17). Kalsit, Dolomit ve Jips gibi minerallerin doygunluk indeksi değerleri elde hesaplanmış ve EK-1’de her örnek için ayrı ayrı olacak şekilde verilmiştir. Ek-1 de kullanılan doygunluk indeksi bağlantıları aşağıdaki gibidir;

$$\text{Kalsit Doygunluk İndeksi ( SIC )} = \log [(a\text{Ca}^{+2})(a\text{HCO}_3^{-2}) K_2 / K_c 10^{-\text{pH}}]$$

$$\text{Dolomit Doygunluk İndeksi (SID)} = \log [(a\text{Ca}^{+2})(a\text{Mg}^{+2})(a\text{HCO}_3^{-})^2 (K_2)^2 / K_D 10^{-\text{pH}}]$$

$$\text{Jips Doygunluk İndeksi ( SIJ )} = \log [(a\text{Ca}^{+2})(a\text{SO}_4^{-2}) / K_j]$$

Mineral sıcaklık denge diyagramı irdelendiğinde, bazı minerallerin denge konumundayken kesiştiği noktalar gözlenmektedir. Bu noktaların sıcaklık değerleri hazne kaya sıcaklığı olarak yorumlanabilir. Yorumlamaların daha net yapılabilmesi amacıyla diyagram üzerindeki noktalar karşılık geldiği sıcaklık değeriyle gösterilmiştir(Şekil 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16).

Tablo 5.17 İnceleme alanına ait su örneklerinde çökel ürünü olarak rastlanabilecek bazı minerallerin belirtilen sıcaklıklardaki doygunluk indeksleri

Örnek No : 1A Yenicekent Sera								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuars	SiO <sub>2</sub> (a)
30	-0.69	0.50	0.64	0.33	0.83	-0.5	0.75	-0.49
60	-0.48	0.81	0.93	0.03	1.45	-0.5	0.36	-0.71
90	-0.09	1.20	1.31	-0.23	1.90	-0.4	0.03	-0.89
120	0.41	1.63	1.72	-0.45	2.16	-0.3	-0.25	-1.05
150	0.96	2.09	2.17	-0.64	2.25	-0.2	-0.49	-1.18
180	1.46	2.45	2.52	-0.81	2.03	-0.2	-0.7	-1.31

Örnek No : 2A Yenicekent Sera								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuars	SiO <sub>2</sub> (a)
30	-0.69	0.42	0.56	0.31	0.65	-0.49	0.72	-0.51
60	-0.48	0.73	0.85	0.00	1.28	-0.50	0.33	-0.73
90	-0.09	1.13	1.24	-0.25	1.75	-0.43	0.01	-0.91
120	0.40	1.58	1.67	-0.47	2.05	-0.34	-0.27	-1.07
150	0.94	2.04	2.12	-0.66	2.16	-0.25	-0.51	-1.21
180	1.40	2.40	2.47	-0.83	1.97	-0.27	-0.72	-1.33

Örnek No : 3A Yenicekent Sera								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuars	SiO <sub>2</sub> (a)
30	-0.83	0.02	0.16	0.47	0.12	-0.63	0.88	-0.36
60	-0.61	0.34	0.46	0.16	0.77	-0.63	0.49	-0.57
90	-0.23	0.76	0.86	-0.10	1.28	-0.57	0.17	-0.76
120	0.27	1.22	1.32	-0.31	1.62	-0.47	-0.11	-0.91
150	0.80	1.70	1.78	-0.50	1.77	-0.39	-0.35	-1.04
180	1.26	2.07	2.14	-0.67	1.62	-0.41	-0.56	-1.16



Tablo 5.17 devamı İnceleme alanına ait su örneklerinde çökel ürünü olarak rastlanabilecek bazı minerallerin belirtilen sıcaklıklardaki doygunluk indeksleri

Örnek No : 5B Kamara Kaplıcaları								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuvars	SiO2(a)
30	-0.95	-0.31	-0.17	0.34	-0.64	-0.75	0.76	-0.48
60	-0.74	0.03	0.15	0.04	0.06	-0.76	0.37	-0.70
90	-0.35	0.46	0.56	-0.22	0.62	-0.70	0.04	-0.88
120	0.15	0.94	1.03	-0.44	1.01	-0.60	-0.23	-1.03
150	0.70	1.42	1.50	-0.62	1.18	-0.49	-0.47	-1.16
180	1.21	1.77	1.84	-0.79	0.98	-0.46	-0.68	-1.28

Örnek No : 6B Gayzer - Gültermal								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuvars	SiO2(a)
30	-0.35	0.09	0.23	0.94	0.25	-0.15	1.35	0.11
60	-0.14	0.42	0.54	0.63	0.90	-0.16	0.96	-0.11
90	0.24	0.83	0.94	0.37	1.40	-0.10	0.63	-0.29
120	0.74	1.30	1.39	0.15	1.72	0.00	0.36	-0.44
150	1.31	1.76	1.84	-0.03	1.82	0.12	0.12	-0.58
180	1.86	2.10	2.17	-0.20	1.52	0.19	-0.09	-0.69

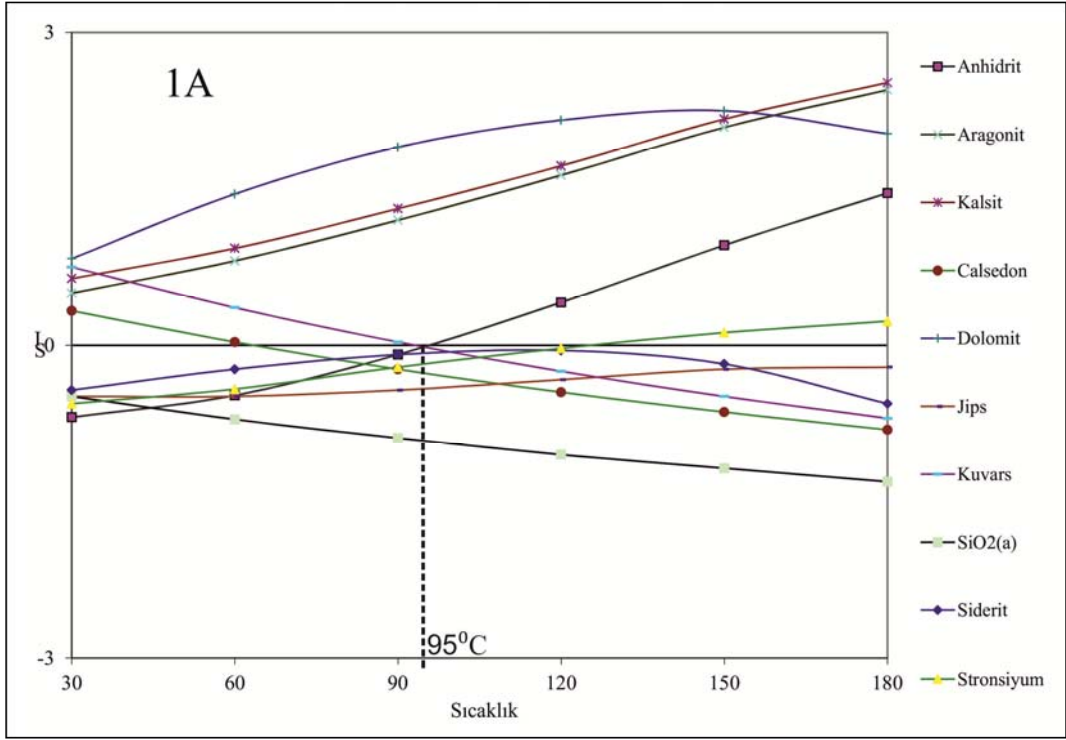
Örnek No : 7 İl Özel İdare								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuvars	SiO2(a)
30	-0.30	0.72	0.86	0.63	1.43	-0.10	1.05	-0.19
60	-0.09	1.03	1.15	0.33	2.03	-0.11	0.66	-0.41
90	0.30	1.41	1.52	0.07	2.46	-0.05	0.33	-0.59
120	0.79	1.84	1.94	-0.15	2.71	0.05	0.05	-0.75
150	1.34	2.30	2.38	-0.34	2.79	0.15	-0.19	-0.88
180	1.85	2.66	2.73	-0.51	2.56	0.18	-0.40	-1.01

Tablo 5.17 devamı İnceleme alanına ait su örneklerinde çökel ürünü olarak rastlanabilecek bazı minerallerin belirtilen sıcaklıklardaki doygunluk indeksleri

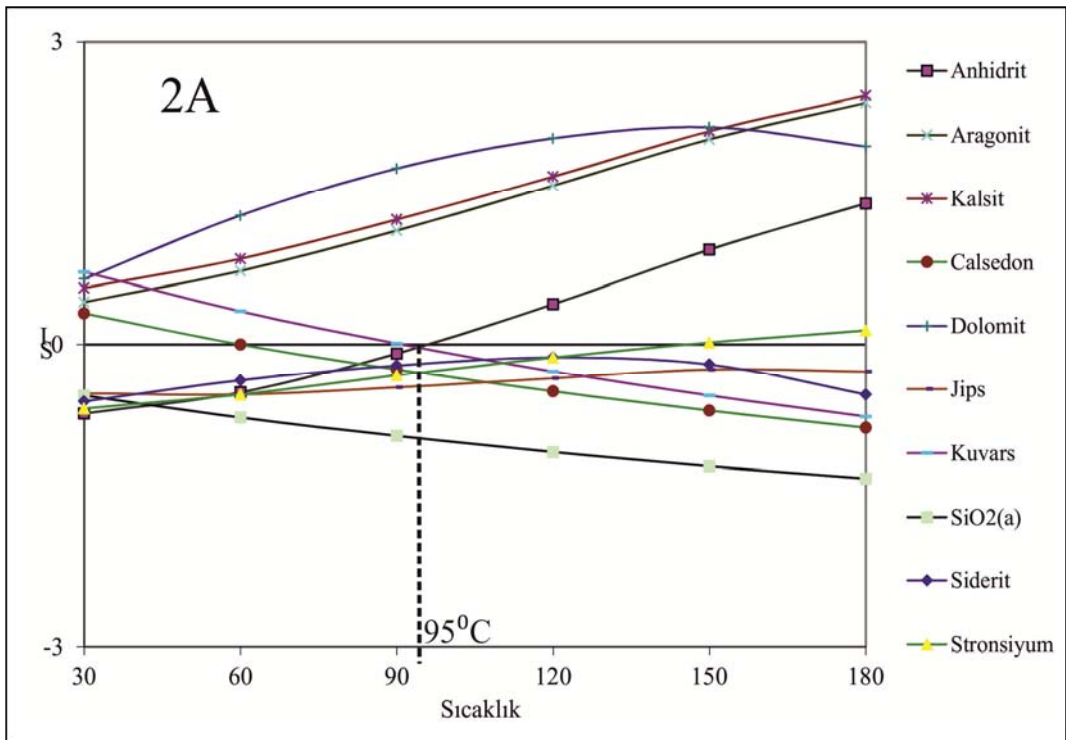
Örnek No : 11 Smryna								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuvars	SiO2(a)
30	-0.89	1.00	1.14	1.03	1.73	-0.70	1.44	0.20
60	-0.69	1.28	1.41	0.72	2.32	-0.71	1.05	-0.02
90	-0.31	1.62	1.73	0.46	2.70	-0.66	0.72	-0.20
120	0.17	1.99	2.08	0.24	2.87	-0.58	0.44	-0.36
150	0.69	2.39	2.47	0.04	2.87	-0.50	0.20	-0.50
180	1.13	2.69	2.76	-0.13	2.56	-0.54	-0.02	-0.62

Örnek No : 12A ŞanlıAlp								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuvars	SiO2(a)
30	-0.44	0.51	0.65	0.79	1.16	-0.24	1.20	-0.04
60	-0.24	0.83	0.95	0.48	1.81	-0.26	0.81	-0.25
90	0.14	1.23	1.33	0.22	2.29	-0.11	0.49	-0.44
120	0.64	1.67	1.76	0.00	2.58	-0.11	0.21	-0.59
150	1.19	2.12	2.20	-0.19	2.66	0.00	-0.03	-0.73
180	1.72	2.44	2.51	-0.35	2.35	0.05	-0.24	-0.85

Örnek No : 13 Büyük Menderes regülatör bölgesi termal su								
Sıcaklık(C°)	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Kalsedon	Dolomit	Jips	Kuvars	SiO2(a)
30	-1.46	0.41	0.55	0.04	0.91	-1.27	0.46	-0.78
60	-1.25	0.72	0.84	-0.27	1.58	-1.27	0.07	-1.00
90	-0.86	1.09	1.19	-0.52	2.05	-1.21	-0.26	-1.18
120	-0.36	1.50	1.59	-0.75	2.31	-1.11	-0.54	-1.34
150	0.20	1.95	2.03	-0.94	2.38	-0.99	-0.78	-1.48
180	0.76	2.30	2.37	-1.11	2.08	-0.91	-1.00	-1.60

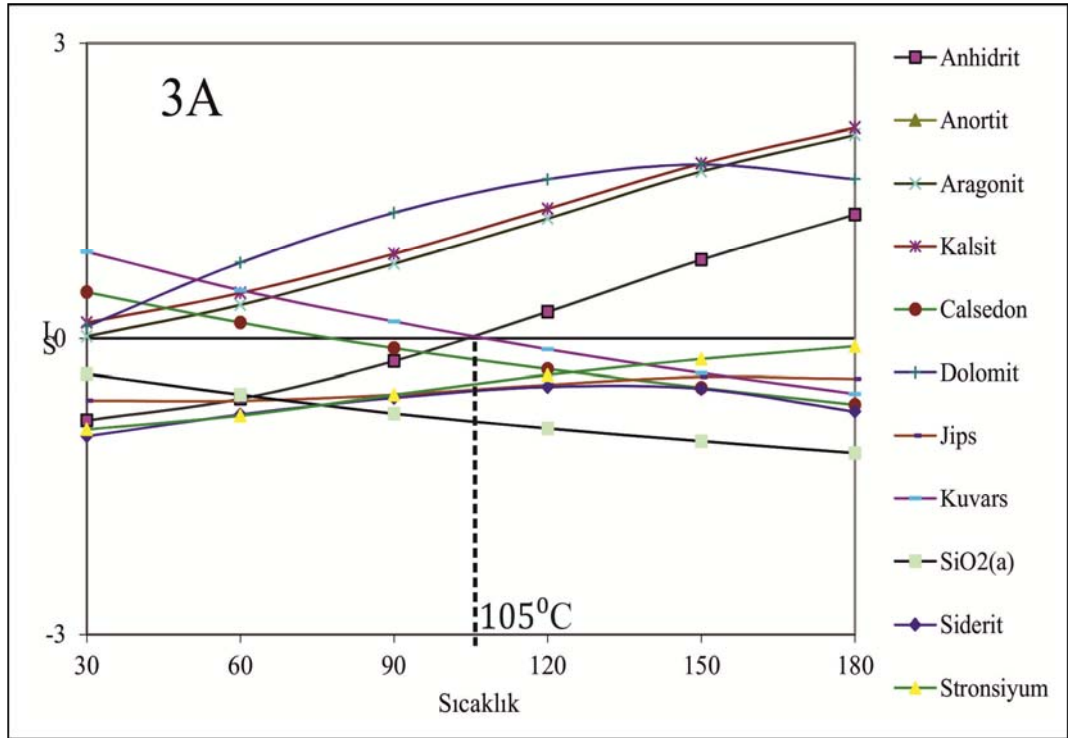


Şekil 5.8 1 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı



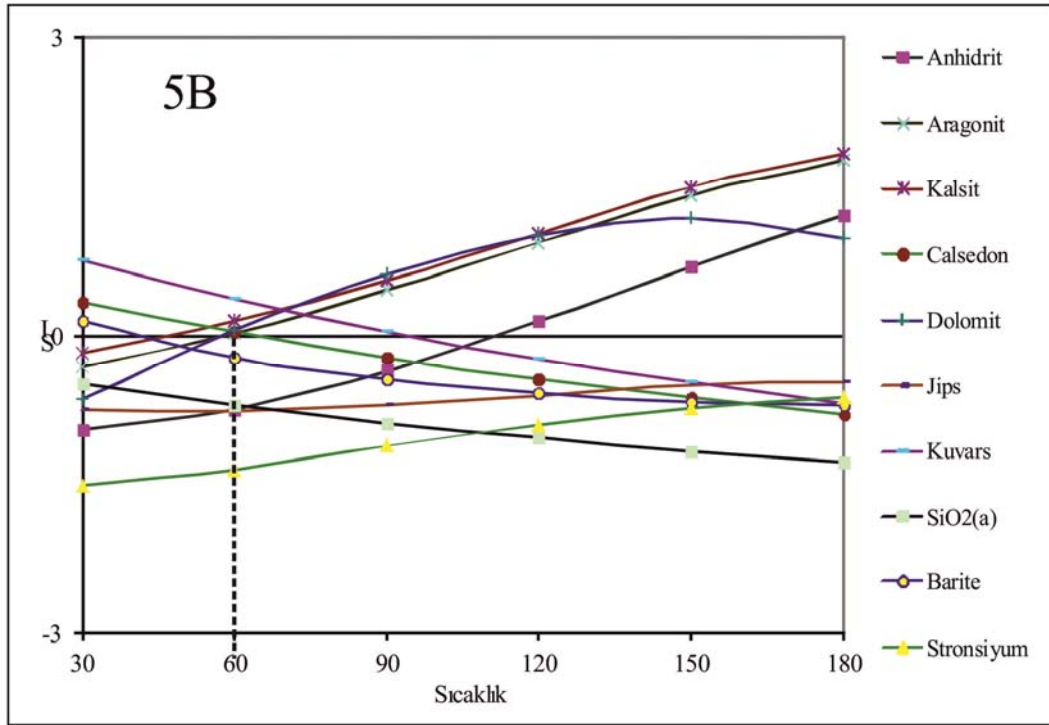
Şekil 5.9 2 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı

1 ve 2 numaralı örnek sularının mineral doygunluk indeksleri incelendiğinde çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre su; tüm sıcaklıklarda aragonit, kalsit ve dolomit minerallerince aşırı doygundur, 90°C'nin altında kuvars mineralini çöktürücü özellik sergilerken 90°C'nin üzerine çıktığında minerali çözündürücü bir özelliğe bürünür. Kalsedon minerali 60°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doymamış halde bulunmaktadır. Anhidrit minerali 95°C'ye kadar suda doymamış haldeyken, 95°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doygun hale geçer. Amorf silis, Jips ve Siderit mineralleri ise tüm sıcaklıklarda doymamış özelliktedir.



Şekil 5.10 3 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı

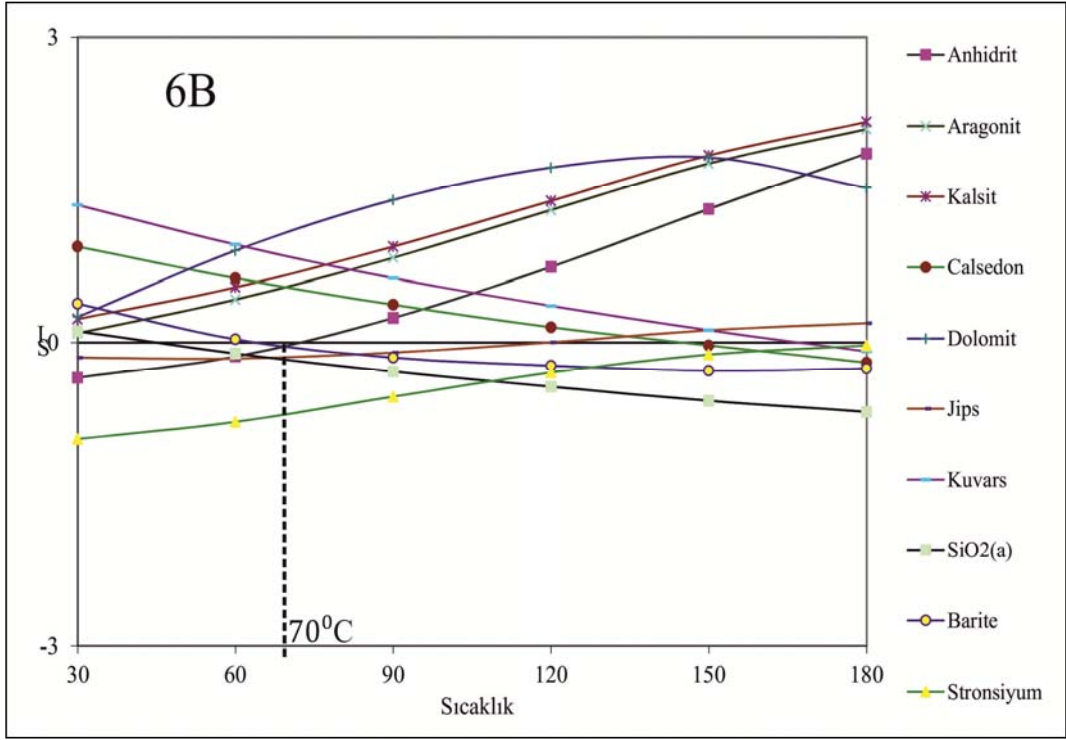
3 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi incelendiğinde; suyun tüm sıcaklık değerlerinde aragonit, dolomit ve kalsit minerallerini çöktürücü özellikte olduğu gözlenmektedir. Su 105°C'nin altında kuvars mineralini çöktürücü özellik sergilerken 105°C'nin üzerine çıktığında minerali çözündürücü bir özelliğe bürünür. Kalsedon minerali 75°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doymamış halde bulunmaktadır. Anhidrit minerali 105°C'ye kadar suda doymamış haldeyken, 105°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doygun hale geçer. Amorf silis, Jips, stronsiyum ve Siderit mineralleri ise tüm sıcaklıklarda doymamış özelliktedir.



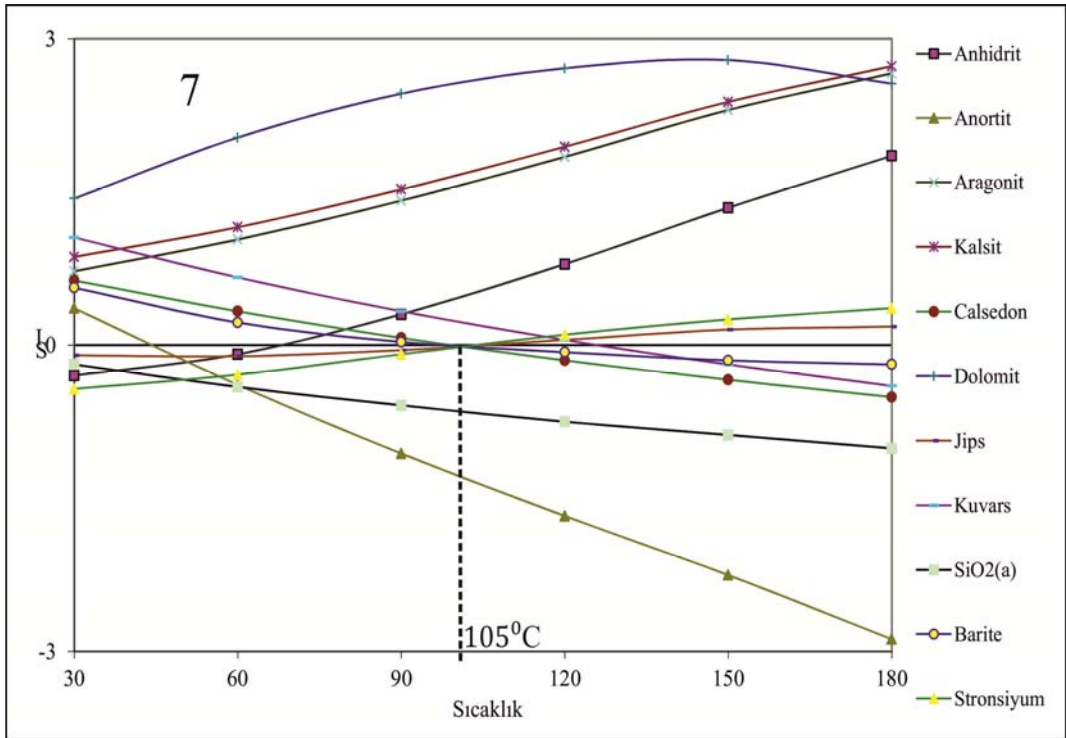
Şekil 5.11 5 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı

5 numaralı su örneğinin mineral doygunluk indeksi incelendiğinde; suyun tüm sıcaklık değerlerinde stronsiyum, amorf silis ve kuvars minerallerini çözüdürücü özellikte olduğu gözlenmektedir. Anhidrit minerali 110°C'ye kadar suda doymamış haldeyken, 110°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doymun hale geçer. 60 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda su dolomit, kalsit ve aragonit minerallerine doymun özellik sergiler. Kalsedon minerali 60°C'nin, kuvars minerali 90°C'nin, Barit minerali ise 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doymamış halde bulunmaktadır.

6 numaralı örneğin mineral doygunluk indeksi incelendiğinde; suyun her sıcaklık değerinde dolomit, kalsit, aragonit minerallerini çökeltilici özellikte olduğu gözlenmektedir. Kalsedon minerali 135°C'nin, kuvars minerali 150°C'nin, Amorf silis 45°C'nin, Barit minerali ise 65°C'nin, üzerindeki sıcaklıklarda suda doymamış halde bulunmaktadır. Anhidrit minerali 70°C'nin, jips minerali ise 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda çökelmiş halde bulunmaktadır.

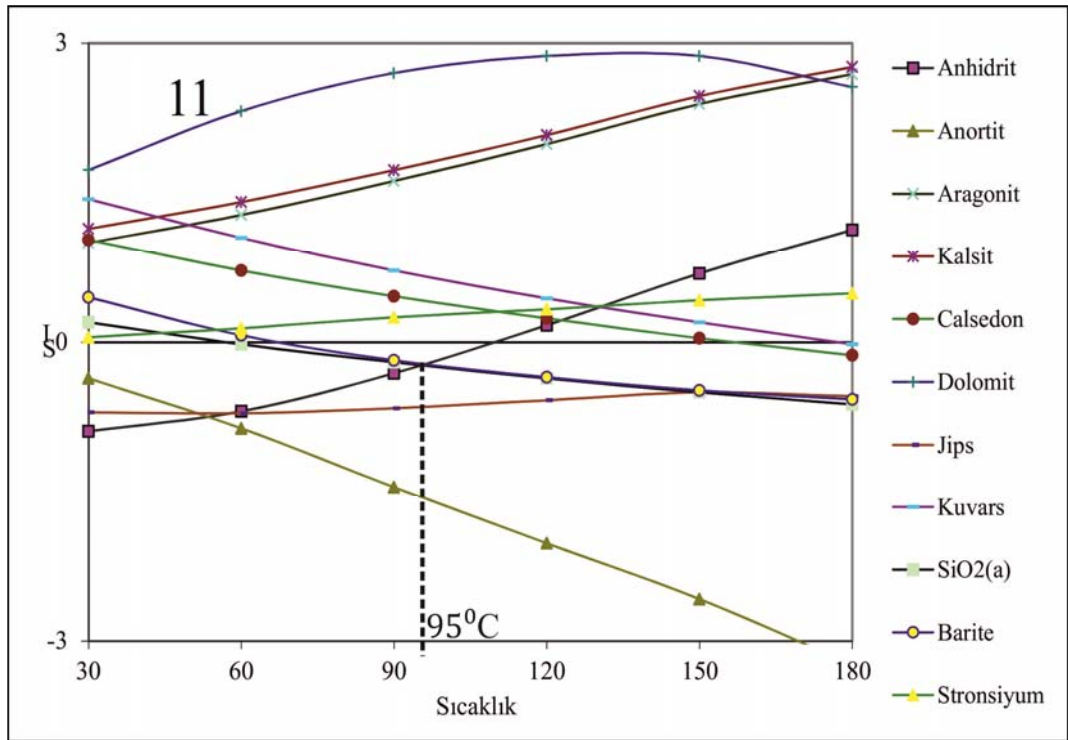


Şekil 5.12 6 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı



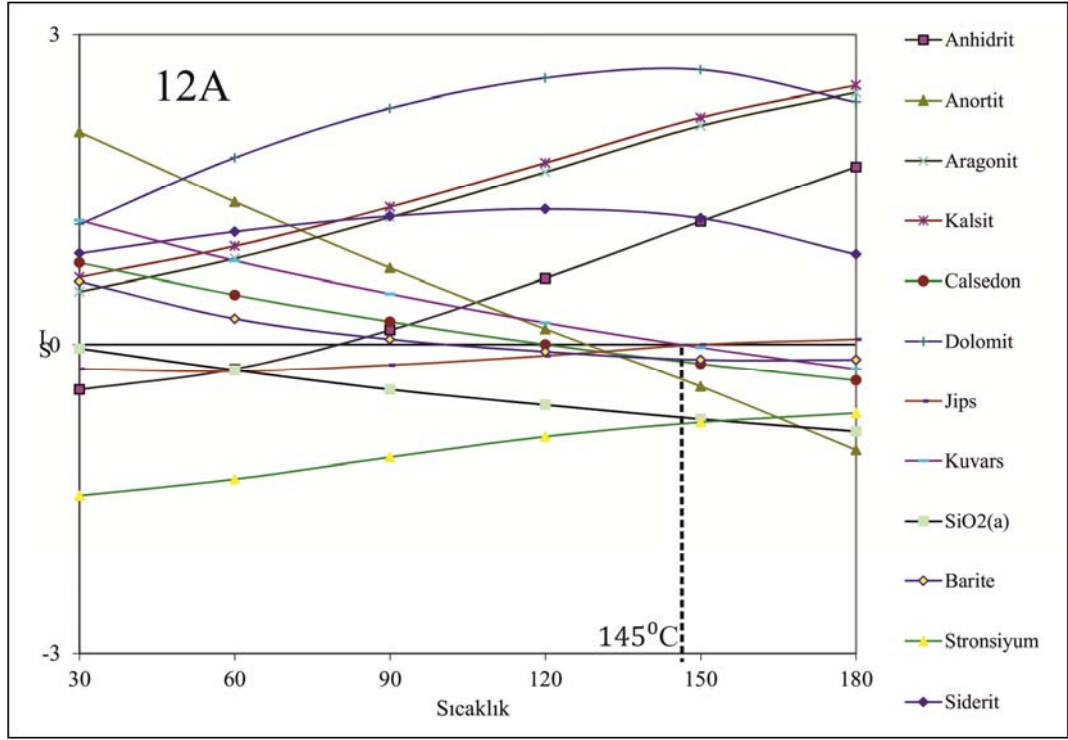
Şekil 5.13 7 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı

7 numaralı örneğin mineral doygunluk indeksi incelendiğinde; su her sıcaklık değerinde dolomit, kalsit ve aragonit minerallerini çöktürücü özelliğindedir. Kalsedon minerali ve barit minerali 105°C'nin, kuvars minerali 120°C'nin, anortit minerali ise 45°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doymamış halde bulunmaktadır. Anhidrit minerali 60°C'ye kadar suda doymamış haldeyken, 60°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doymun hale geçer. Stronsiyum ve jips mineralleri 105 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doymun hala geçerler.



Şekil 5.14 11 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı

11 numaralı örneğin mineral doygunluk indeksi incelendiğinde; suyun her sıcaklık değerinde aragonit, kalsit ve dolomit minerallerini çöktürücü özellik sergilediği gözlenmektedir. Amorf silis 45°C'nin, barit minerali 60°C'nin, kalsedon minerali 160°C'nin, kuvars minerali ise 175°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda çözünür halde bulunmaktadır. Su 110°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda anhidrit mineralini çöktürücü özellik gösterir. Jips ve anortit ise her sıcaklık değerinde suda çözünür halde bulunmaktadır.

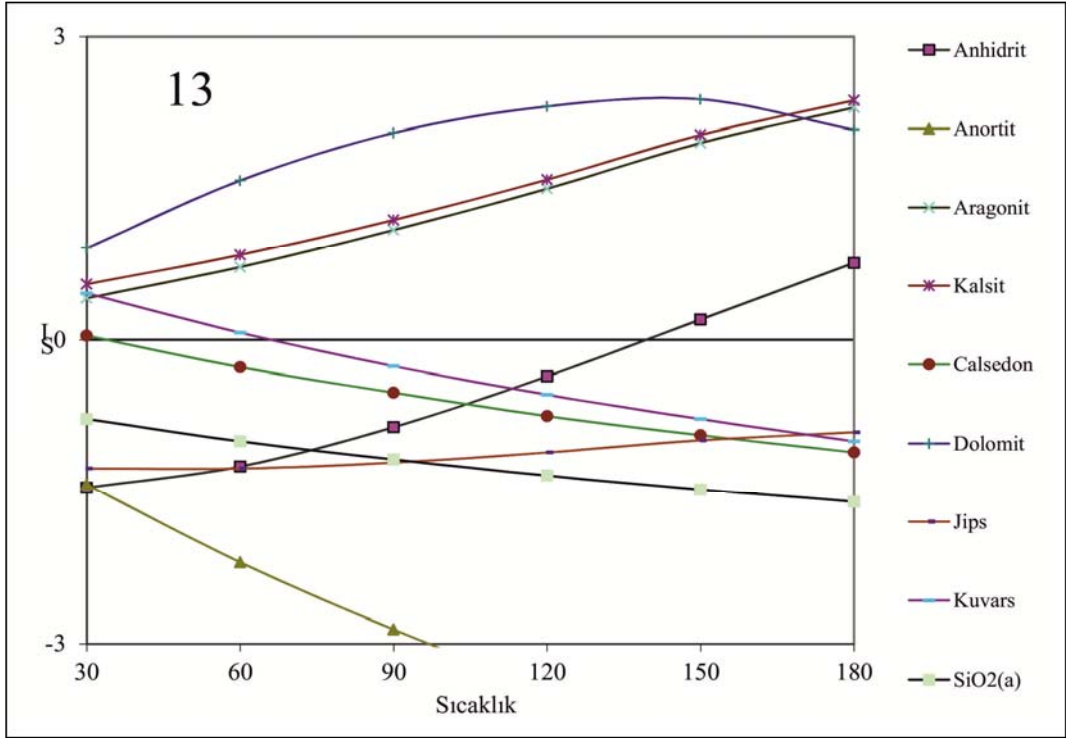


Şekil 5.15 12 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı

12 numaralı örneğin mineral doygunluk indeksi incelendiğinde; suyun her sıcaklık değerinde aragonit, kalsit, siderit ve dolomit minerallerini çöktürücü özellik sergilediği gözlenmektedir. Barit minerali 110°C'nin, kalsedon minerali 120°C'nin, anortit 130°C'nin, kuvars minerali ise 145°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda çözünür halde bulunmaktadır. Anhidrit minerali 80°C'nin, jips minerali ise 145°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda çökelmiş halde bulunurlar. Amorf silis ve stronsiyum mineralleri suyun her sıcaklık değerinde çözülmüş halde bulunurlar.

12 numaralı alana ait örneğin mineral parajenezi Şekil 4.3'de verilmektedir. Kalsit ve Aragonitin baskın karbonat minerali oluşu, yapılan XRD analizlerinde gözlenmiştir. Mineral doygunluk indeksi diyagramlarından da benzer sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir.





Şekil 5.16 13 numaralı su örneğinin farklı sıcaklıklardaki mineral doygunluk indeksi diyagramı

13 numaralı örneğin mineral doygunluk indeksi incelendiğinde; suyun her sıcaklık değerinde Aragonit, kalsit, dolomit minerallerini çöktürücü özellik sergilediği görülmektedir. Kalsedon minerali 32°C'nin, kuvars minerali ise 32°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda çözünür halde bulunmaktadır. Anhidrit minerali 145°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda suda doymamış halde bulunmaktadır. Amorf silis, jips ve anortit mineralleri ise suyun her sıcaklık değerinde doymamış halde bulunurlar.

Alınan tüm örneklerdeki çeşitli minerallerin doygunluk indeksi değerlerinin sıcaklıkla değişim grafikleri incelendiğinde dolomit, kalsit ve aragonit su ile doymamış özelliktedir ( $SI > 0$ ). Amorf silis minerali tüm diyagramlarda doygunluk altı değerler vermekte olup su bu mineralleri çözüldürücü özelliktedir.

## 5.8 Jeotermometre Uygulamaları

Termal sular yer altında farklı sıcaklık ve basınç koşullarında bulunur ve bulunduğu kayaç ile etkileşime girer. Bu etkileşim rezervuar kayaçın mineralojisine bağlı olarak su kimyasında değiştirir. Jeotermometreler su kimyasındaki bu

değişimden yola çıkarak rezervuar sıcaklığını hesaplamaya yönelik oluşturulmuş denklemlerdir.

Jeotermometre eşitlikleri kullanılış şekillerine göre ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; Birleşik (kombine) Jeotermometre uygulamaları ve Kimyasal jeotermometre uygulamalarıdır. Kimyasal jeotermometre uygulamaları da kendi içerisinde Silis jeotermometreleri ve katyon jeotermometreleri olarak ikiye ayrılır.

Her jeotermometre kendi içerisinde bulunduğu hidrojeokimyasal durumu yansıtır, bu nedenle bazı jeotermometreler yapılan hesaplamalarda afaki değerler vermiştir. Bu duruma yüzeyde ölçülen sıcaklık değerinden daha düşük akifer sıcaklığı veren K-Mg jeotermometresi bir örnektir. Amorf Silis (Fournier 1977), Amorf Silis (Arnorsson, 1995), Alfa ve Beta Kristobali (Fournier 1977) ve Magonit (Gislason ve diğ., 1996) gibi Silis jeotermometreleride benzer olumsuz sonuçları verdiğiinden tablolarda gösterilmemiştir.

Jeotermometre hesaplamalarında ve grafik çizimlerinde Aquachem ve Watch 2005 programları kullanılmıştır. Grafik ve tablo sonuçları dikkatli bir şekilde irdelenmiş ve yorumlamanın daha gerçekçi sonuçlara ulaşması hedeflenmiştir. Çalışma alanına ait rezervuar kayacın sıcaklığının belirlenmesinde SiO<sub>2</sub>, Na-K, Na-K-Ca, Na-K-Ca-Mg-Li jeotermometrelerinden yararlanılmıştır.

### ***5.8.1 Kimyasal Jeotermometre Uygulamaları***

Çalışma alanında seçilmiş olan sıcak su örneklerinin, akifer sıcaklıklarını hesaplamada kullanılan bir diğer yöntem ise kimyasal jeotermometre uygulamalarıdır. Kimyasal jeotermometre eşitlikleri kullandıkları kimyasal reaksiyonlar açısından başlıca iki sınıfa ayrılmaktadır. Bunlardan biri; mineralin sıcaklığa bağlı çözünürlüğünü temel alan jeotermometre yani Silis jeotermometreleri, diğeri ise çözünmüş iyonların sıcaklığa bağlı iyon takas (ion exchange) reaksiyonlarına dayanan jeotermometre yani katyon jeotermometreleridir (Na-K, Na-Ca, Na-K-Ca, K-Mg, Li-Na vb.) (Doğdu, 2004).

### 5.8.1.1. Silis Jeotermometreleri

Silis jeotermometreleri, silisin su içerisindeki çözünürlüğüne bağlı jeotermometrelerdir. Silisin çözünürlüğü sıcaklık ve basınç ile değişim gösterir. Silis minerali su içerisinde; kuvars, kalsedon, kristabolit, opal ve amorf gibi çeşitli formlarda bulunur. Bu formlar su içerisinde birbirinden farklı kinetik özellik gösterir. Bu farklılıktan yararlanarak hazne kaya sıcaklığını tahmin etmede kullanılan silis jeotermometreleri her silis formu için farklı hesaplamalar içerir.

Yüksek sıcaklıklarda akifer kayaktan yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökeliği gözlenmektedir. Sıcaklığı 180°C den düşük olan jeotermal sistemlere kalsedon jeotermometresi, 180°C den daha yüksek jeotermal sistemlerde ise kuvars jeotermometresinin uygulanması daha uygun görülmektedir (D'Amore ve Arnorsson, 2000).

Kuvars çözünürlüğüne bağlı jeotermometreler, hazne kaya sıcaklığının saptanmasında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu jeotermometreler 150–225°C sıcaklıklar arasında iyi sonuç vermektedirler. Daha yüksek sıcaklıklarda hazne kayadan yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökeliği gözlenir. Bu nedenle sıcaklığı 225°C' nin üzerindeki hazne kayalardan gelen sularda gerçek sıcaklığı yansıtmaz (Tarcan, 2002).

Çalışma alanında örnekleme yapılan sıcak ve mineralli suların analiz sonuçları kullanılarak silis jeotermometre hesaplamaları yapılmış ve hesaplamada kullanılan bağıntılar Tablo 5.18'de sunulmuştur. Amorf Silis (Fournier 1977), Amorf Silis (Arnorsson, 1995), Alfa ve Beta Kristobali (Fournier 1977) ve Magonit (Gislason et al. 1996) jeotermometreleri ölçülen su sıcaklığından daha düşük ya da negatif değerler içerdiğinden tabloya dahil edilmemiştir. Tablo 5.19'de görüldüğü üzere silis jeotermometreleri ile sıcak suların akifer sıcaklıkları 36 °C ile 181 °C arasında değişmektedir.

Tablo 5.18 Hesaplaması yapılan SiO<sub>2</sub> jeotermometre bağıntıları (Tüm derişimler mg/L, \*=mol/L ).

No	Jeotermometre	Jeotermometre Bağıntıları	Referans
1	<b>Kuvars</b> (adyabatik soğuma 25-250 °C)	$t = 1309 / (5,19 - \log \text{SiO}_2) - 273,15$	Fournier, 1977
2	<b>Kuvars</b> (maxs. Buharlaşma, 100°C)	$t = 1522 / (5,75 - \log \text{SiO}_2) - 273,15$	Fournier, 1977
3	<b>Kalsedon</b>	$t = -42,2 + 0,28831 \text{SiO}_2 - 3,6686 \times 10^{-4} \text{SiO}_2^2 + 3,1665 \times 10^{-7} \text{SiO}_2^3 + 77,034 \times \log \text{SiO}_2$	Fournier and Potter, 1982
4	<b>Kuvars</b> (adyabatik soğuma)	$t = -53,5 + 0,11236 \text{SiO}_2 - 3,6686 \times 10^{-4} \text{SiO}_2^2 + 3,1665 \times 10^{-7} \text{SiO}_2^3 + 77,034 \times \log \text{SiO}_2$	Fournier and Potter, 1982
5	<b>Kuvars</b> 25 - 900 °C	$t = -42,2 + 0,11236 \text{SiO}_2 - 3,6686 \times 10^{-4} \text{SiO}_2^2 + 3,1665 \times 10^{-7} \text{SiO}_2^3 + 77,034 \times \log \text{SiO}_2$	Fournier and Potter, 1982
6	<b>Kuvars</b>	$t = -55,3 + 0,3659 \text{SiO}_2 - 5,3954 \times 10^{-4} \text{SiO}_2^2 + 5,5132 \times 10^{-7} \text{SiO}_2^3 + 74,36 \times \log \text{SiO}_2$	Arnorrsson et al., 1988
7	<b>Kuvars</b> (adyabatik soğuma 0-350 °C)	$t = -66,9 + 0,1378 \text{SiO}_2 - 4,9727 \times 10^{-4} \text{SiO}_2^2 + 1,0468 \times 10^{-7} \text{SiO}_2^3 + 87,841 \times \log \text{SiO}_2$	Arnorrsson et al., 1989
8	<b>Kalsedon</b>	$t = 1032 / (4,69 - \log \text{SiO}_2) - 273,15$	Fournier, 1977
9	<b>Kuvars</b> (Buhar kaybı)	$t = 1164 (4,9 - \log \text{SiO}_2) - 273,15$	Arnorrsson et al., 1983
10	<b>Kalsedon* (mol/kg)</b>	$t = 1101 / (0,11 - \log \text{SiO}_2) - 273,15$	Arnorrsson et al., 1983

Tablo 5.19 Hesaplaması yapılan SiO<sub>2</sub> jeotermometre sonuçları (tüm derişimler mg/L, \*=mol/kg)

Jeotermometre	1A 58°C	2A 52°C	3A 36°C	5B 46°C	6B 53°C	7 54°C	11 85°C	12A 49°C	13 30°C
<b>1-Kuvars</b> (adyabatik soğuma 25-250 °C)	93	90	107	94	166	126	180	145	66
<b>2-Kuvars</b> (maxs. Buharlaşma, 100°C)	95	92	107	96	157	123	168	140	71
<b>3-Kalsedon</b>	93	91	107	94	166	126	181	145	66
<b>4-Kuvars</b> (adyabatik soğuma)	71	69	82	72	128	97	138	112	47
<b>5-Kuvars</b> 25 - 900 °C	93	91	107	94	166	126	181	145	66
<b>6-Kuvars</b>	79	76	93	80	156	113	172	134	51
<b>7-Kuvars</b> (adyabatik soğuma 0-350 °C)	80	78	94	81	148	112	161	129	52
<b>8-Kalsedon</b>	62	59	77	63	143	98	159	120	34
<b>9-Kuvars</b> (Buhar kaybı)	81	78	96	82	159	116	175	137	53
<b>10-Kalsedon</b>	63	60	77	64	138	96	152	116	36

### 5.8.1.2 Katyon Jeotermometreleri

Bir çözeltildeki iyonların aynı yüklü başka iyonlarla yer değiştirmesinden yola çıkarak oluşturulmuş jeotermometrelerdir. Na/K jeotermometresi, Na – K – Ca Jeotermometresi ve Magnezyum Düzeltmeli Na – K – Ca jeotermometresi katyon jeotermometrelerine birer örnektir. Her jeotermometre bağıntısı kendi içerisinde bulunduğu hidrojeokimyasal durumu yansıttığından, aynı element kullanılmasına karşın farklı formüller doğmuştur(Tablo 5.20).

Mutlu 1999'a göre; katyon jeotermometreleri, belirli çözünmüş elementlerin oranlarını sabitleyen sıcaklık bağımlı değişim reaksiyonlarını esas almaktadır. Oluşum birlikteliği gösteren alkali feldspatlar arasındaki Na<sup>+</sup> ve K<sup>+</sup> değişimi katyon jeotermometrelerinin esas alındığı temel için verilebilecek en güzel örnektir.

Na/K jeotermometreleri suda fazla miktarda Ca<sup>++</sup> iyonu bulunuyorsa, hazne kaya sıcaklığı hesaplamalarında yüksek değerler verir. Na/K jeotermometrelerinin uygulanacağı sıcak suların pH değeri nötre yakın veya hafif alkali, karbonat çökelmelerinin oluşmaması, log ( $\sqrt{\text{Ca}} / \text{Na}$ ) değerinin 0,5'ten az olması koşulları aranmalıdır. Na/K jeotermometreleri, nötr ve alkali, alkali klorürlü, 180-350°C sıcaklıktaki hazne kayadan gelen sulara iyi sonuçlar vermektedir(Ozen, 2002).

Na-K-Ca jeotermometrelerinde Ca/Na (mol/l) oranının birden büyük olduğu durumlarda Na/K jeotermometre bağıntıları, hazne kaya sıcaklığı hesaplamalarında çok yüksek değerler vermektedir(Özen, 2002). Jeotermometrenin bu olumsuz yönünü gidermek için Fournier ve Truesdell (1973) tarafından aşağıdaki bağıntı geliştirilmiştir.

$$t \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{1647}{\log (\text{Na} / \text{K}) + B \log (\sqrt{\text{Ca}} / \text{Na}) + 2,24} - 273,15$$

Bağıntıda Na, K, Ca, mol/l olarak alınır. B bir katsayıdır. Eğer  $\log (\sqrt{Ca} / Na)$  değeri (-) ise  $B = 1/3$ , (+) ise  $B = 4/3$  olarak bağıntıya konur. Ayrıca  $B = 4/3$  olarak hesaplanan hazne kaya sıcaklığı  $100^{\circ}\text{C}$ ' den fazla ise  $B = 1/3$  alınarak hazne kaya sıcaklığı tekrar hesaplanabilir.

Tablo 5.20 Hesaplaması yapılan Na/K jeotermometre bağıntıları (Tüm derişimler mg/L, \*=mol/L).

No	Jeotermometre	Jeotermometre Bağıntıları	Referans
1	Na/K	$t=856/(0,857+\log\text{Na/K})-273,15$	Truesdell 1976
2	Na/K	$t=1217/(1,483+\log\text{Na/K})-273,15$	Fournier, 1979
3	Na/K	$t=833/(0,78+\log\text{Na/K})-273,15$	Tonani, 1980
4	Na/K	$t=933/(0,933+\log\text{Na/K})-273,15$	ARNÓRSSON et al., 1983
5	Na/K	$t=1319/(1,699+\log\text{Na/K})-273,15$	ARNÓRSSON et al., 1983
6	Na/K	$t=1178/(1,47+\log\text{Na/K})-273,15$	Nieva and Nieva, 1987
7	Na/K	$t=1390/(1,75+\log\text{Na/K})-273,15$	Giggenbach et al.,1988
8	Na/Ca	$t=1096,7/(3,08-\log\text{Na/K})-273,15$	Tonani, 1980
9	K-Ca	$t=1930/(3,861-\log\text{K/Ca})-273,15$	Tonani, 1981
10	Li/Mg	$t=2200/(5,47+\log\text{Li/Mg}^2)-273,15$	Kharaka and Mariner, 1989
11	Na/Li	$t=1590/(0,779+\text{LOGNa/Li})-273,15$	Kharaka et al., 1982
12	K-Ca	$t=1930/(3,861-\log\text{K/Ca}^{1/2})-273,15$	Tonani, 1981
13	Mg/Li	$t=1900/(4,67+\log(\text{Mg}^{1/2}/\text{Li}))-273,15$	Kharaka and Mariner, 1989
14	Li*	$t=2258/(1,44-\log\text{Li})-273,15$	Fouillac and Michard, 1981

Tablo 5.21'de Na/K jeotermometrelerinden elde edilen akifer sıcaklıkları verilmiştir. Suların karışım oranlarına, su-mineral denge durumuna göre  $198^{\circ}\text{C}$ ' den  $293^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşan çok çeşitli akifer sıcaklık değerleri elde edilmiştir. İnceleme alanındaki sıcak suların kaynak çıkış sıcaklıkları ve açılan jeotermal kuyuların akifer sıcaklıkları göz önüne alındığında bu alandaki sıcak suların akifer sıcaklıkları için Na-Li, Mg-Li ve Li jeotermometrelerinin daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 5.21 Çalışma alanındaki sıcak suların katyon jeotermometreleriyle hesaplanan akifer sıcaklıkları

Jeotermometre	1A	2A	3A	5B	6B	7	11	12A	13
Ölçülen Sıcaklık	58°C	52°C	36°C	46°C	53°C	54°C	85°C	49°C	30°C
1-Na/K	221	222	232	260	198	274	248	202	268
2-Na/K	253	253	262	283	234	294	274	237	290
3-Na/K	230	231	242	271	205	287	259	209	281
4-Na/K	226	227	236	262	204	276	252	208	270
5-Na/K	239	240	247	265	223	275	258	225	271
6-Na/K	229	230	237	258	211	268	249	214	264
7-Na/K	256	257	264	283	239	293	275	242	289
8-Na/K	229	229	238	261	210	272	251	213	268
9-K-Mg	-29	-30	-26	-11	-9	-16	-45	-7	-17
10-Li/Mg	205	204	215	265	198	228	170	204	251
11-Na/Li	165	165	167	158	212	192	180	210	163
12-K-Ca	335	336	346	288	291	305	393	292	315
13-Mg/Li	70	71	64	41	74	57	94	71	46
14-Li*	148	148	147	117	177	149	173	174	117

### 5.8.2 Birleşik Jeotermometre Uygulamaları

Giggenbach (1988) hazırladığı diyagramla suları içerdikleri Na, K ve Mg iyonlarının mg/L değerlerine dayalı olarak sınıflamıştır. Bu sınıflamaya göre I. Bölgeye düşen sular; su kayaç ilişkisi açısından kısmen dengede, II. Bölgeye düşen sular ise Su-kayaç ilişkisi bakımından kimyasal dengenin sağlanmamış olduğu sulardır.

Giggenbach (1988)'ın hazırladığı bu diyagramı Fornier 1990 yılında revize etmiş ve diyagram şimdiki halini almıştır. Buna göre diyagram üç bölgeden oluşmaktadır. I. bölgede; Su kayaç ilişkisi bakımından dengedeki sular, II. Bölgede; Kısmen dengelenmiş sular ve III. Bölgede; ham sular bulunmaktadır. Fornier II. ve III.

bölgelerin ayrımını, oluşturduğu “Olgunluk derecesi” (Maturity index) kavramına dayandırmıştır(Tablo5.22). Olgunluk indeksi (MI) 2.0’ın altında bulunan sular ham sular sınıfına girerken (III. Bölge), olgunluk indeksi değeri 2.0’ın üzerinde bulunan sular ise kısmen veya tamamen olgunlaşmış, su-kaya ilişkisi dengede olan sular sınıfına girmektedir (I. Ve II. Bölge). Burada bahsedilen olgunlaşma su-kayaç arasındaki kimyasal dengeye karşılık gelmektedir. Na-K-Mg jeotermometrelerinin sağlıklı sonuçlar verebilmesi için örneklerin mg/L değerlerinin diyagramda dengelenmiş sular sınıfına (I.bölge) düşmesi gerekmektedir.

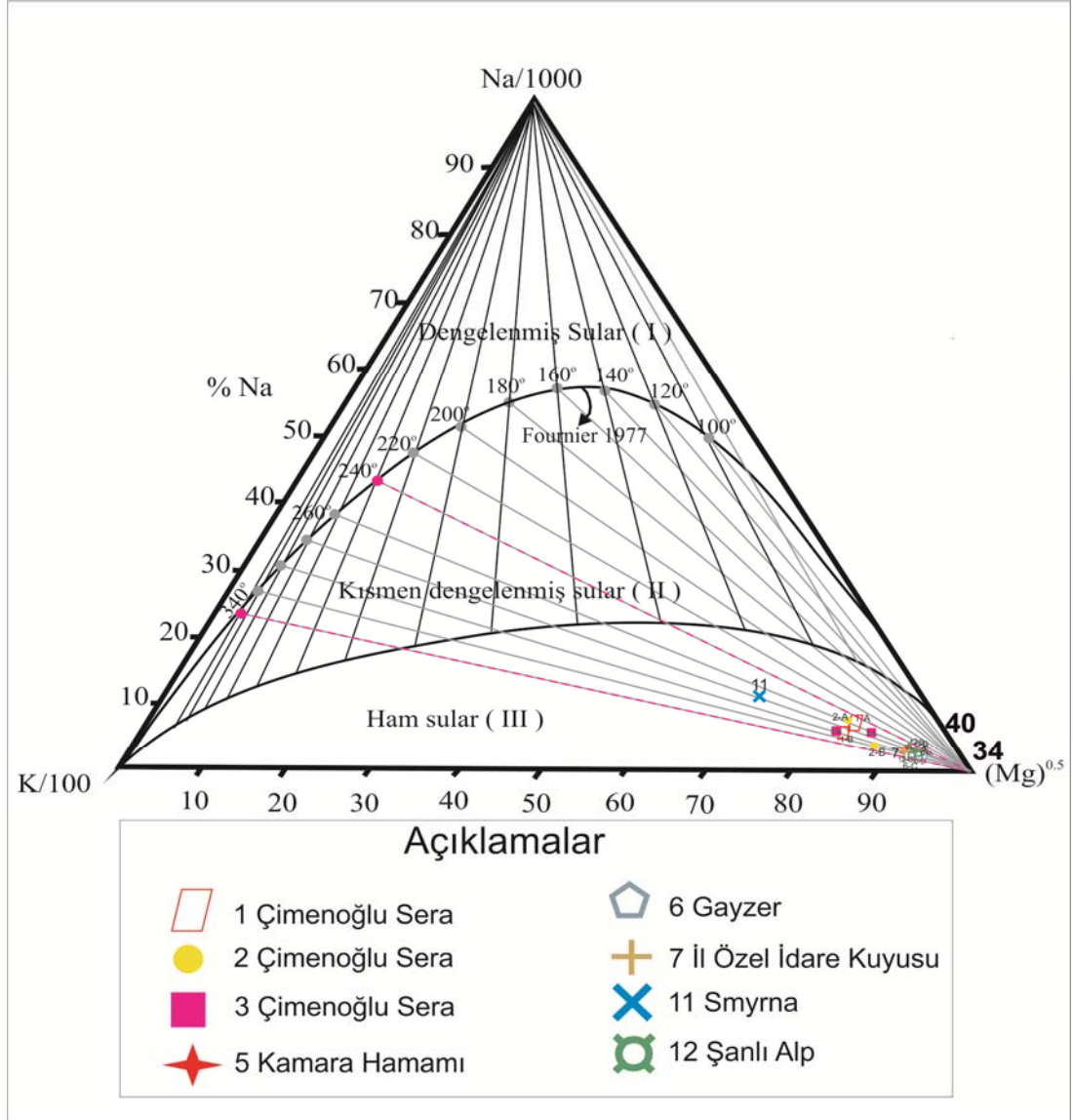
$$\text{Olgunluk indeksi (MI)} = [0.315\log(K_2/Mg)] - [\log(K/Na)] \text{ (Giggenbach, 1988)}$$

Tablo 5.22 Olgunlaşma İndeksi (MI) değerleri

Örnek No	1A	2A	3A	5B	6B	7	11	12A	13
Ölçülen Sıcaklık	58°C	52° C	36°C	46°C	53°C	54°C	85°C	49°C	30°C
MI	1.57	1.58	1.49	1.24	1.42	1.24	1.69	1.39	1.27

Alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları mg/L cinsinden hesaplanarak diyagrama yerleştirilmiştir. Buna göre çalışma alanında örnekleme yapılan sıcak sular 240 °C ile 340 °C arasında hazne kaya sıcaklığına sahiptir(Şekil 5.17). Ancak suların ham sular sınıfında yer alıyor olması (III. Bölge) bu değerlerin sağlıklı olmadığını göstermektedir (Giggenbach, 1988).





Sekil 5.17 İnceleme alanındaki sıcak suların Na-K-Mg üçgen diyagramındaki görünümü ve su kayac denge sıcaklıkları

## BÖLÜM ALTI

### SONUÇLAR

Alandaki en yaşlı birim şist, gnays, mermer ve kalkıştleri barındıran Paleozoyik yaşlı Menderes Masifidir. Menderes Masifi üzerine sırasıyla Senozoyik yaşlı Kızılburun Formasyonu, Sazak Formasyonu, Kolonkaya Formasyonu ve Tosunlar Formasyonu gelir. Bunları üzerleyen en genç birim ise Kuvaterner yaşlı alüvyon ve travertenlerdir. Açılmaya bağlı gelişen horst graben tektonizması derin kırıklara ve kıtasal kabuğun incelmesine neden olmuştur. İncelen kabuktan kırıklar vasıtasıyla yükselen mağma, jeotermal sistemin ısı kaynağını oluşturur. Kuvaterner yaşlı Alüvyon, Sazak Formasyonundaki ait silisifiye kireçtaşları ve Menderes Masifine ait bol kırık çatlaklı şist ve mermerler hazne kaya özelliği gösterirken, Kolonkaya ve Tosunlar Formasyonları Sazak formasyonunu ve Menderes masifini üzerleyerek örtü kaya özelliği gösterir.

Denizli ili yıllık yağış dağılımı incelendiğinde (1970-2011) son üç yıldaki yağışın ortalama değer üzerinde seyrettiği görülmektedir. 1950 ve 2005 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık eklenik sapma grafiğine bakıldığında ise yağış eğrisinin neredeyse her sekiz dokuz yılda bir periyodik bir salınım yaptığı, yıllık sıcaklık ortalamasının ise 1993'den itibaren düzenli bir şekilde artış gösterdiği saptanmıştır. Aralık ayı sonundan Nisan ayı başlarına kadar geçen sürede zemin rezervi ve yağış parametrelerine bakıldığında su fazlası dönem olarak göze çarpmaktadır. Nisan ayından Mayıs ayına kadar geçen süre ise su yedeğinin kullanıldığı dönemdir. Mayıs ayından Ekim ayına kadar geçen süre zemin rezervinin tükendiği aylardır, bu aylarda tarımsal su açığı gözlenmektedir.

Duraylı izotop analiz sonuçlarına göre termal suların  $\delta^2\text{H}$  değerleri -59,67 ile -43,48 arasında değişirken,  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri ise -9,02 ile -5,61 arasında değişim göstermektedir.  $\delta^2\text{H}$  ve  $\delta^{18}\text{O}$  sonuçlarına göre sular meteorik kökenlidir. Çalışma alanındaki termal suların trityum içerikleri ise 0,1 ile 6,36 TU arasındadır ve en az 50 yıllık dolaşım süresine sahip sulardır.

Çalışma alanında 9 tanesi termal, 5 tanesi soğuk su olmak üzere toplam 14 su noktasından yağışlı ve kurak dönemde toplam 28 adet su örnekleme yapılmıştır. Yenicekent sera sıcak suları incelendiğinde genel olarak Na-Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> su tipinde olduğu saptanmıştır. Kamara hamamı ve Gölemezli termal alanına ait sıcak sular ise genel olarak; Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> su tipindedir. Çalışma alanındaki yüzey suları ve soğuk sular baskın iyon içermeyen su tipindedirler.

Alınan tüm örneklerdeki çeşitli minerallerin doygunluk indeksi değerlerinin sıcaklıkla değişim grafikleri incelendiğinde dolomit, kalsit ve aragonit mineralleri su ile doygun özelliktedir (SI>0). Amorf silis tüm diyagramlarda doygunluk altı değerler vermekte olup su bu minerali çözüdürücü özelliktedir. Ayrıca çalışma alanındaki kuyuların boru dış ve iç çeperlerinden alınan kabuk örneklerinin XRD sonuçları incelendiğinde baskın mineral olarak kalsit, dolomit ve aragonit minerallerinin çökeltme eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Özetle sıcak suların kullanımları sırasında üretim ve iletim hatlarında bu minerallerin çökeltmek kabuklaşma problemlerine neden olacağı düşünülmektedir.

Silis jeotermometreleri ile sıcak suların akifer sıcaklıkları 36°C ile 181°C arasında hesaplanırken, Na/K jeotermometrelerinde sıcak suların akifer sıcaklıkları 198°C ile 293°C arasında hesaplanmıştır. İnceleme alanındaki sıcak suların kaynak çıkış sıcaklıkları ve açılan jeotermal kuyuların akifer sıcaklıkları göz önüne alındığında bu alandaki sıcak suların akifer sıcaklıkları için Na-Li, Mg-Li ve Li jeotermometrelerinin (57°C - 210°C) daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir.

Yapılan örnekleme kimyasal analiz sonuçları diyagrama yerleştirilerek birleşik jeotermometre hesabı yapılmış ve sıcak suların 240°C ile 340°C arasında hazne kaya sıcaklığına sahip olduğu gözlenmiştir. Ancak suların ham sular sınıfında yer alıyor olması bu suların katyon jeotermometre sonuçlarına şüpheyle bakılması gerektiğini göstermektedir (Giggenbach, 1988).

Çalışma alanında termal suların kullanım sonrası B. Menderes nehrine boşaltıldıkları gözlenmiştir. Termal suların boşalım alanlarında yapılan örneklemelelerde suların yüksek oranda Civa, Bor, Lityum ve Arsenik elementleri içerdiği ancak akım yönünde yapılan diğer örneklemelelerde konsantrasyonun azaldığı saptanmıştır. Sudaki bu elementlerin toprağa karıştığı düşünülmektedir. Bitki ve insan sağlığı açısından zararlı olan bu elementlerin toprağa karışmasını önlemek ve sistemin sürdürülebilirliğini sağlamak için çalışma alanındaki jeotermal kuyularda re-enjeksiyon uygulaması yapılması gerekmektedir.

Yenicekent jeotermal alanında açılan sondajlarda elde edilen akifer sıcaklıkları Gölemezli jeotermal alanındaki akifer sıcaklıklarıyla kıyaslandığında Yenicekent jeotermal alanındaki mevcut jeotermal potansiyelin, Gölemezli jeotermal alanına göre daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Yüksek entalpili kuyular hedeflenerek yapılacak sondajların, Yenicekent sahasının geliştirilmesinde olumlu bir adım olacağı düşünülmektedir. Gölemezli jeotermal alanında gerçekleştirilen düşük metrajlı sondajlarda 50°C- 60°C lik su sıcaklıklarının elde edilmesi bölgenin kaplıca turizmi açısından gelişmesine olanak sağlamaktadır. Denizli İl Özel İdaresi'nin geçmişte yaptığı derin sondajlardan beklenen sıcaklığı elde edememesine karşın, sondaj sonrası kuyuların işletmesini özel teşebbüse bırakması ve bununla seracılık faaliyetlerinin gelişmesi bölge ekonomisine olumlu katkı sunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Akkuş, I. (2002). *Jeotermal Uygulamalar ve MTA. Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (JENARUM) Yaz Okulu ders notları*. İzmir, 1-33
- Alçıçek, H., Varol, B., ve Özkul, M. (2007). Sedimentary facies, depositional environments and palaeogeographic evolution of the Neogene Denizli Basin of SW Anatolia, Turkey. *Sedimentary Geology*, 202, 596-637.
- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E. ve Svavarsson, H. (1983). The Chemistry of Geothermal Waters in Iceland. III. Chemical Geothermometry in Geothermal Investigations. *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 47, 567-577.
- Arno'rsson S. (1995). Scaling problems and treatment of separated water before injection. In: WGC-95, book of course on injection technology, *International Geothermal Association*, Florence, 65-77
- Aydın, H. ve Çakmaköğlu, A. (1990). *Denizli Yöresi Jeoloji Haritaları*, Uşak L21-c3, L22-d4 ve Denizli M22-a1, M22-b2 paftaları, MTA.
- Baba, A. (2006). *Hidrojeoloji Ders Notları*, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü
- Balıkesir Üniversitesi Gönen Jeotermal Enerji Enstitüsü, (2013). *Jeotermal Enerjinin Kullanım Şartları*, 20 Mayıs 2012, <http://jeotermal.balikesir.edu.tr/jeotermal6.php>.
- Başkan, M.E. ve Canık, B. (1983). *AIH Türkiye sıcak ve mineralli sular haritası*, MTA No:189, Ankara, 80p.
- Brinkmann, R. (1966). Geotektonische Gliederung von West Anatolien, *M.T.A. Dergisi*, 66, 61 - 74.

- Burçak, M., Kaya, C., Kılıç, A. R. ve Akdoğan, N. (2005). Exploration of the Heat Source and Geothermal Possibilities of the Aksaray Region, Central Anatolia, Turkey, *Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey*, 24-29 April 2005.
- Çifter, C. ve Sayın, M. (2002). İzotopların Hidrolojide Kullanılması. *1. Ulusal Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu*, 21-25 Ekim 2002, 1-14, Adana.
- D'Amore, F. ve Arnórsson, S. (2000). *Geothermometry*. S. Arnórsson, (Ed.), *Isotopic And Chemical Techniques In Geothermal Exploration, Development And Use* (152-199). International Atomic Energy Agency, Vienna, 351 s.
- Demirel, V. ve Kahraman, S. (2003). *Denizli Belediyesi Adına Yapılan Denizli-Gölemezli (DG-3, DG-4, DG-5) kuyularına ait kuyu Bitirme Raporu*,
- Doğdu, N. (2004). Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü Denizli Bölgesi Jeotermal Enerji Raporu, *Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri 2005*.
- Doğdu, N. (2006). Büyük Menderes Grabeni'nde Jeotermal Enerji Arama Çalışmaları, *TMMOB Jeotermal enerji çalıştay raporu*.
- Dora, O.Ö. (1975). Menderes Masifinde alkali feldispatların yapısal durumları ve bunların petrojenetik yorumlarla kullanılması. *18. Türkiye Jeoloji Bülteni*, 111-126.
- Dora, O.Ö., Savaşçın, M.Y., Kun, N., ve Candan, O. (1987). Menderes Masifinde Post Metamorfik Plütonlar, *Yerbilimleri*, 14., 79-89.
- Erguvanlı, K. , & Yüzer, E. (1973). Yeraltı Suları jeolojisi (hidrojeolojisi) İ.T.Ü. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü, Maçka, İstanbul.

- Eyidoğan, H. ve Jackson, J. (1985). A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquakes of 1969-70 in western Turkey: implication for the nature and geometry of deformation in the continental crust. *Geophys. Journal of Royal Astronomical Society* 81, 569-607.
- Ford, D.C ve Williams, P.W. (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*, Unwin Hyman Ltd., London, 601 p.
- Fournier, R. O. (1990). *The Interpretation of Na-K-Mg Relations in Geothermal Waters*. Geoth. Res. Council Trans., 14, 1421-1425.
- Fournier, R.O. (1979). *A Revised Equation for the Na/K Geothermometer*, *Geothermal Resources Council Transactions*, 3, 221-224.
- Fournier, R.O. (1977). *Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems*, *Geothermics*, 5, 41-50.
- Fournier, R. O. And Tuesdall, A. (1973). An Empirical Na-K-Ca Geothermometer for Natural Waters. *Geochim. et Cosmochim Acta*, V 37.
- Fournier, R. O. And Potter R.W. (1982). A Revised and Expanded Silice (Quartz) Geothermometer. *Geothermal Research Council Bull.* V.11. pp. 9.
- Fouillac, C. and Michard, G. (1981). *Sodium/Lithium ratio in water applied to the geothermometry of geothermal waters*. *Geothermics*. V. 10, p.55-70.
- Gat, J.R. And I. Carmi (1970). Evolution in the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranean Sea area. *Journal of Geophysical Research*, 75, pp. 3039–3048.
- Giggenbach, W.F. (1988). *Geothermal solute equilibria - Derivation of Na-K-Mg-Ca Geothermometers* *Geochim. et Cosmochim Acta*, 52, 2749-2765.

Gislason, A. And Assthorsson, O.S. (1996). Food of capelin in the subarctic waters of north of Iceland. ICES C.M. /L 32, 15 p.

Gökgöz, A. (1998). *Geochemistry of the Kızıldere-Tekkehamam-Buldan-Pamukkale Geothermal Fields, Geothermal Training Programme Reports*, 115-156, Reykjavik, Iceland.

Gökgöz, F. (2004). *Buldan Yöresi (Denizli) Metamorfik Kayaçlarının Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 96 sy., Denizli.

Gürel, H. (1997). Kaklık ve Dolayının Jeolojik İncelenmesi, Pamukkale Üniv. Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 73s. (yayımlanmamış).

Hakyemez, Ş. (1986). Jeotermal Enerji ve Yasal Durumu, *Jeomorfoloji dergisi*, 14, 13-17 s.

Hancock, P. L., Chalmers, R. M. L., Altunel, E. ve Çakır, Z. (1999). "Travertines using travertines in active fault studies", *Journal of Structural Geology*, 21, 903-916 s.

Hem, J.D. (1985). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural waters. US Geol. Surv. Water-Supply Pap. 2254, third ed.

Jackson, J. A. ve McKenzie, D. (1988). Rates of active deformation In the Aegean Sea and surrounding areas, *Basin Res.*, 1, 121-128.

Jeotermal Enerji Kaynaklarını Araştırma ve Değerlendirme Vakfı (JEVAK),  
*Jeotermal Enerji Nedir*, Mayıs 2012, [www.jeotermalvakfi.org.tr/jeoenerji.html](http://www.jeotermalvakfi.org.tr/jeoenerji.html).

Karahan, Ç. (2009). *Aydın Çiftlik Aç-1 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu*, MTA derleme No: 11183.



- Karahan, Ç., Kara, İ., Özkan, R. ve Ceyhan, S. (2000). *Aydın- Alangüllü –Bozköy sıcaksu sondajı (A-2) Kuyu bitirme raporu*, M.T.A derleme no 10469.
- Karamanderesi, İ.H., Aksoy N ve Çiçekli K. (1989). *Aydın Alangüllü (A-1) sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu*, M.T.A derleme no 8725.
- Kastelli, M. (1971). *Denizli vilayeti güneyinin jeoloji incelemesi ve jeotermal alan olanakları*, MTA rapor no:4573. (Yayımlanmamış).
- Khraka, Y.K. And 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*, pp. 99-117.
- Koçyiğit, A. (2005). The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension basin-fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. *Geodin. Acta* 18 (3/4), 167–208.
- Kun N., Candan, O. ve Dora, O.Ö. (1988a). Kiraz-Birgi yöresinde (Ödemiş-Menderes Masifi) metavolkanitlerinin (leptitlerin) varlığı: *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 32, 21-35.
- Kun, N. ve Candan, O. (1987a). Ödemiş Asmasıfi'ndeki leptitlerin dağılımı, konumları ve oluşum koşulları, TBAG-688 nolu proje, 133 s.
- Kun, N. ve Candan, O. (1987b). Menderes Masifi'ndeki erken paleozoik yaşlı bazik damar kayaları, *Hacettepe Üniversitesi Yer Bil Dergisi* c, 14.
- Minissale And Duchi (1988). *Geotermometry on fluis circulating in a carbonate rezervoir in North-central Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 35, 237-253p.

- Maden Tetkik ve Arama (MTA), (2005). Denizli İli Jeotermal Alanları – Yenicekent Gölemezli Jeotermal Alanı. MTA Genel Müdürlüğü, *Türkiye Jeotermal Envanteri*, Ankara.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), (2012). *Denizli ili yıllık yağış dağılımı*, 20 Mayıs 2012, <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx#sfU..>
- Mutlu, H. (1999). Kimyasal Modellemedeki Temel Prensipler, JENARUM *Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yaz Okulu Ders Notları*, İzmir, 38-54 s.
- Nicholson, K. (1993). *Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques*. Springer-Verlag, Berlin, 263p.
- Nieva, D. and Nieva, R. (1987). *Development in Geothermal Energy in Mexico, par 12-A Cationic Composition Geothermometer for Prospection of Geothermal Resources*. Heat Recovery Systems and CHP, 7, 243-258p.
- Özdemir, A. (b.t). *Jeotermal Enerji ve Elektrik Üretimi*, 20 Mayıs 2012, [www.geka.org.tr/yukleme/dosya/5f60844e55155eb66280abe69e42aa51.pdf](http://www.geka.org.tr/yukleme/dosya/5f60844e55155eb66280abe69e42aa51.pdf)
- Özen, T. (2002). *Dikili sıcak ve soğuk su kaynaklarının hidrojeolojik incelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, *Yüksek Lisans Tezi*, 57-59s.
- Özler, H.M. (1996). *Büyük menderes Havzası Yukarı Çürüksu kesiminin hidrojeoloji incelemesi*, İstanbul Üniv., Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 175s, (Yayınlanmamış).
- Piper, A.M. (1953). *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses*. U.S. Geol. Surv. Ground Water, No:12.

- Semiz, B. (2003). *Denizli Volkanitlerinin Jeolojik, Petrografik ve Petrokimyasal Olarak İncelenmesi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bil. Enst., 31-34 s.
- Şahinçi, A. (1991). *Doğal suların jeokimyası*, Reform Matbaası, Beyler, İzmir, 548.
- Sahinci, A. (1991a). *Doğal suların jeokimyası*. Reform Matbaası, Beyler, İzmir, 548.
- Şahinci, A. (1986). *Yeraltı suları jeokimyası*, MM/JEO 86, İzmir.
- Şahinci, A. (1991). *Doğal suların jeokimyası*. Reform Matbaası, İzmir, 546s.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengün, R. (2011). Yenicekent ve Gölemezli çevresinin hidrojeolojisi bitirme tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi (Yayınlanmamış), 13-54s.
- Şimşek, Ş. (2003). *Hydrogeological and isotopic survey of geothermal fields in the Büyük Menderes graben, Turkey* Hacettepe University, Engineering Faculty, Geological (Hydrogeology) Engineering Department, 06532 Beytepe, Ankara, Turkey Received 2 April 2003; accepted 23 June 2003.
- Şimşek, Ş. (1984). *Aydın-Germencik-Omerbeyli field of Turkey. Seminar on Utilisation of Geothermal Energy for Electric Power Production and Space Heating*, 14-17 May, Florence, Italy. Sem. Ref. No. EP/SEM.9/R.37.
- Şimşek, Ş. (1982). Geology, geochemistry and geothermal model of the Kızıldere Field: First Turkish Italian seminar on geothermal energy, vol. 11, Ankara-Kızıldere.
- Sözbilir, H. (1995). Stratigraphy and provenance of the Paleocene-Eocene Alakaya Basin in the Denizli Province, southwestern Turkey, *IESCA*, 1, 309-329.

- Sun, S. (1990). *Denizli - Uşak arasının jeolojisi ve linyit olanakları. M.T.A. raporu*, No.9985.
- Tamgaç, Ö.F, Demirel, V., (1999). Denizli-Gölemezli jeotermal enerji aramaları etüt raporunda, bölgeye ait jeotermal amaçlı jeolojik harita alımı ve jeofizik rezistivite etüdü, *MTA dergisi*.
- Taner, G. (1974). Denizli bölgesi Neojenin paleontolojik ve stratigrafik etüdü, *MTA dergisi*, 82, 89-27.
- Tarcan, G. (2004). *Mineral saturation and scaling tendencies of waters discharged from wells (>150°C) in geothermal areas of Turkey*, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 142 (2005) s. 253-283.
- Tarcan, G. (2002). Jeotermal Su Kimyası, Jeotermalde yerbilimsel uygulamalar, *JENERIUM Yaz okulu ders notları*, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, İzmir Yayın No:306, s:198-245.
- Tonanni, F. (1980). *Some remarks of the application of geochemical techniques in geothermal exploratin*. Proceedings, Adv. Eur. Geoth. Res. Second Symp., Strasbourg, 428-443.
- Topal, S. (2006). Kolonkaya formasyonunda ki yumuşak-çökel deformasyon yapıları ve tetikleme mekanizmaları Denizli Havzası, ATAG 10, Poster Sunumu.
- Truesdell, A. H. (1976). *Summary of section III geochemical techniques in geothermal exploration*. In: Proceedings. II: United Nations Syposium on the Devalopment and Use of Geothermal Resources. San Francisco, 1975, Vol.1, Washington D. C., U. S. Goverment Printing Office.
- TS-266. (1997). *Türk Standartları İçme Suları*. UDK 663.7.543, 32 s.

Yılmaz, Y. (2000). Ege Bölgesinin Aktif Tektoniği. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000). Bildiriler, s. 3-14, 24-27 Mayıs 2000, İzmir.

Yılmaz, S. (b.t). *Batı Anadolu'nun Olası Jeotermal Potansiyelinin Belirlenmesi*, 7s.

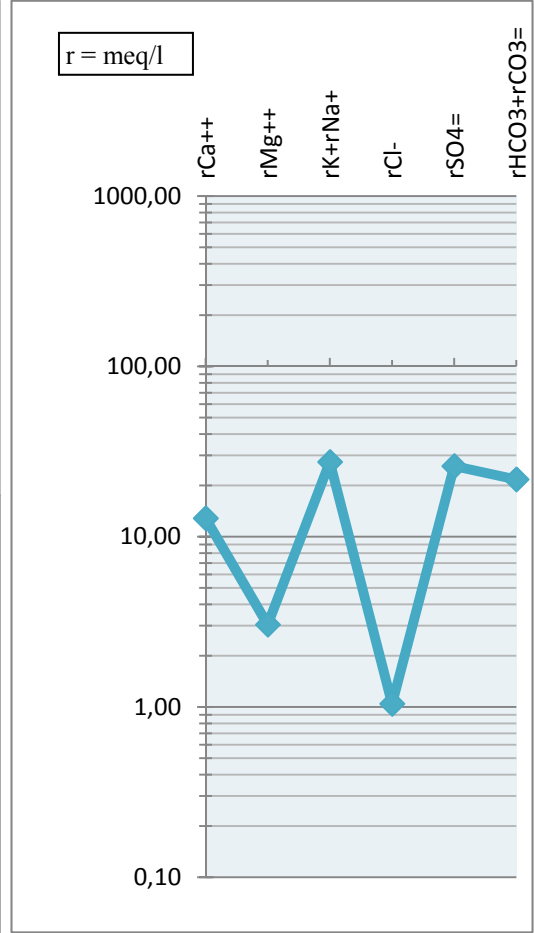
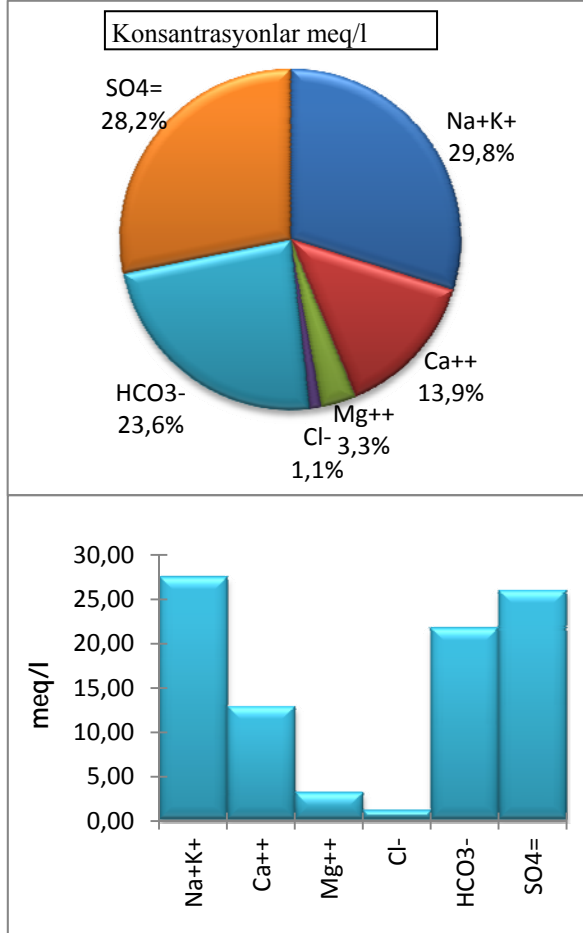
Yurttaş, Ö. (2008). *Ilicabaşı jeotermal alanının(Aydın) hidrojeolojisi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri fakültesi yüksek lisans tezi.

Westaway, R. (1993). Neogene evolution of the Denizli region of Western Turkey. *Journal of Structural Geology*, 15, 37-53.

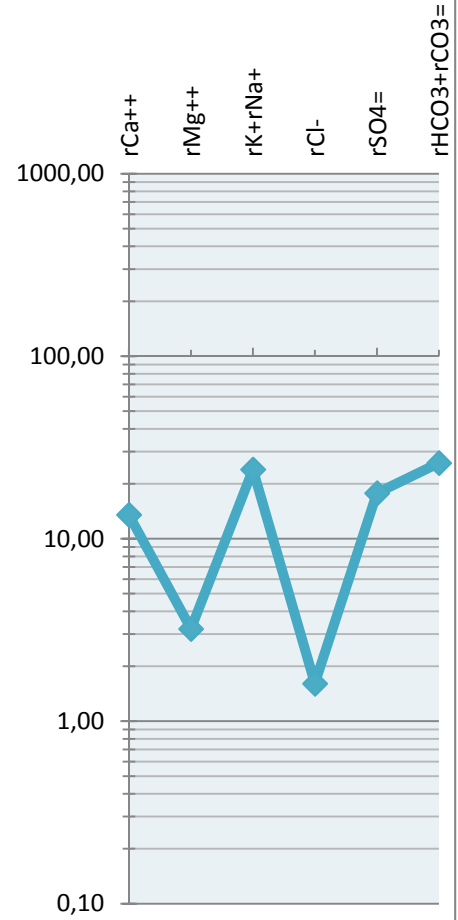
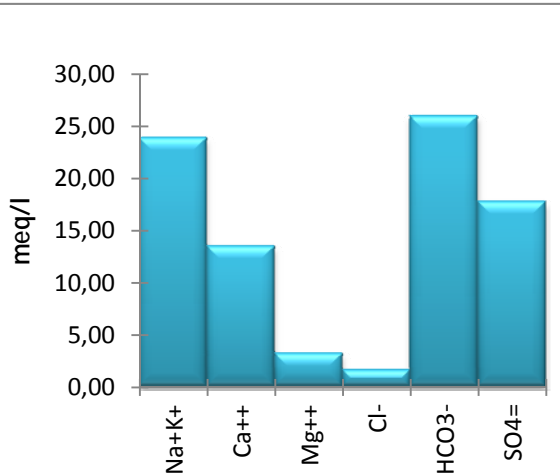
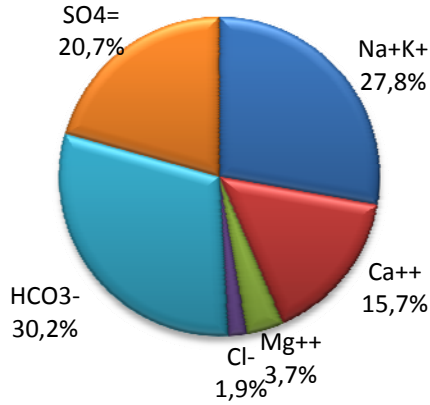
WHO (World Health Organisation) (2005). *Dünya Sağlık Örgütü İçme ve Kullanma Suyu Standartları*.

**EKLER**  
**ÖRNEKLEMESİ YAPILAN SULARIN**  
**HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 1A			672667/4213416			pH(-logH)		6.86		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			03.05.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		3230	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	585	25.45	58.75	61.1	0.02545	0.0127	0.80	0.0203		
K <sup>+</sup>	78	2.00	4.62	8.2	0.00200	0.0010	0.79	0.0016		
Ca <sup>++</sup>	257	12.82	29.61	26.9	0.00641	0.0128	0.45	0.0029		
Mg <sup>++</sup>	37	3.04	7.03	3.9	0.00152	0.0030	0.49	0.0007		
Cl <sup>-</sup>	37	1.04	2.14	1.4	0.00104	0.0005	0.79	0.0008		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1322	21.67	44.53	50.7	0.02167	0.0108	0.80	0.0173		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1246	25.96	53.33	47.8	0.01298	0.0260	0.41	0.0053		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				43.313		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				957.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				48.673		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2605.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				91.986		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				3562.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.067		% e (Hata Yüzdesi)				-5.83
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				9.034		Sertlik (Fr)				79.34
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.022		rCa/rMg Oranı				4.21
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.717		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.21
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.432		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.80
Fo (Köpürme Katsayısı)				1733.6		Si (mg / l)				19.10
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Na-Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				5.90

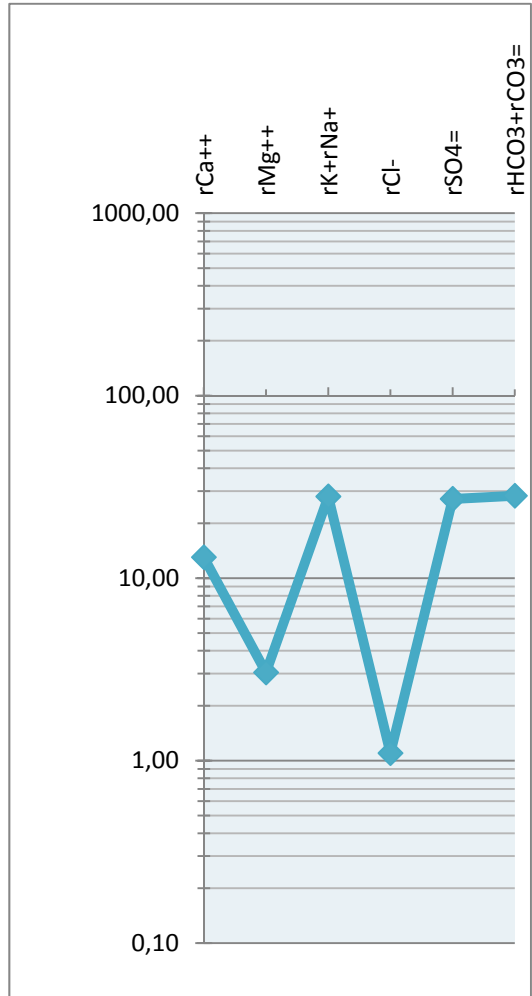
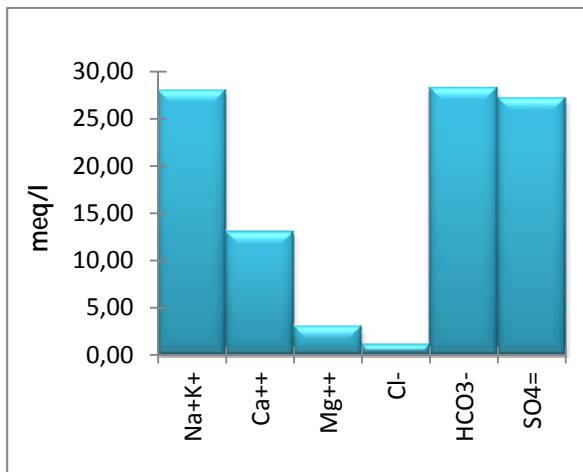
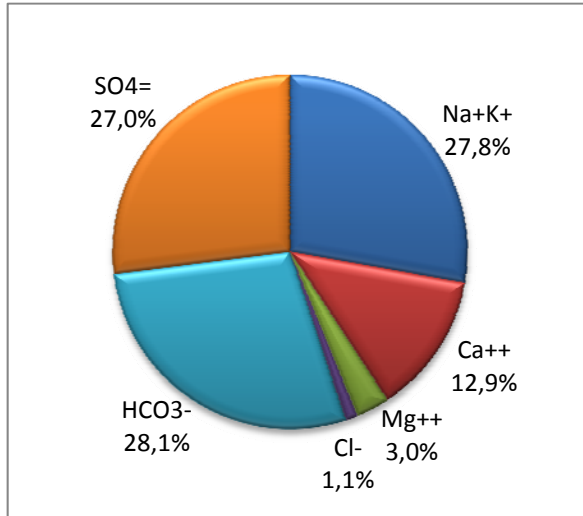


Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 1B			672667/4213416			pH(-logH)		6.6		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		30070	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	494	21.49	52.82	54.9	0.02149	0.0107	0.80	0.0173		
K <sup>+</sup>	96	2.46	6.05	10.7	0.00246	0.0012	0.79	0.0020		
Ca <sup>++</sup>	271	13.52	33.24	30.1	0.00676	0.0135	0.46	0.0031		
Mg <sup>++</sup>	39	3.21	7.88	4.3	0.00160	0.0032	0.50	0.0008		
Cl <sup>-</sup>	57	1.61	3.54	2.3	0.00161	0.0008	0.79	0.0013		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1586	26.00	57.30	63.5	0.02600	0.0130	0.80	0.0209		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	853	17.77	39.16	34.2	0.00889	0.0178	0.42	0.0037		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				40.679		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				900.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				45.377		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2496.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				86.057		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				3396.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.060		% e (Hata Yüzdesi)				-5.46
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				7.429		Sertlik (Fr)				83.65
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.037		rCa/rMg Oranı				4.22
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.574		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.32
Sid (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.288		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.46
Fo (Köpürme Katsayısı)				1524.2		Si (mg / l)				22.60
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Ca- HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				5.29

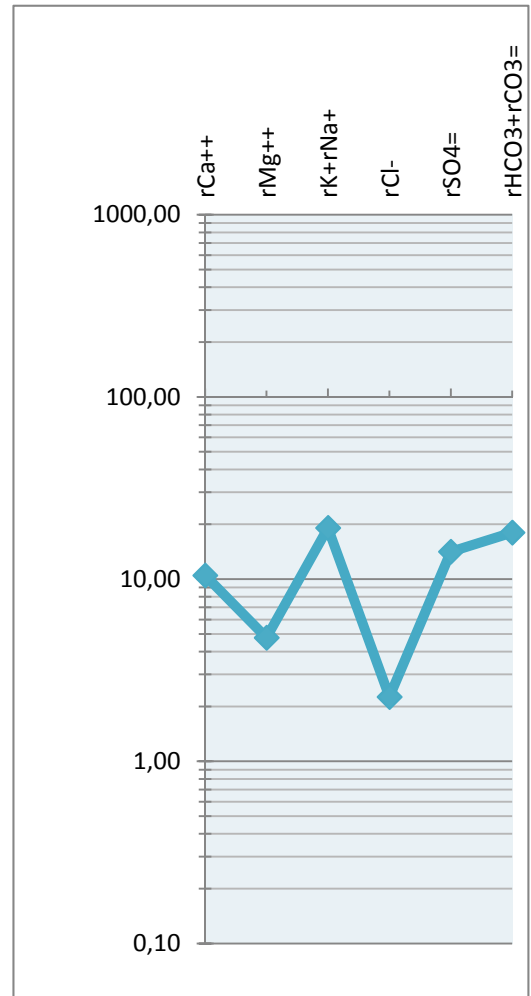
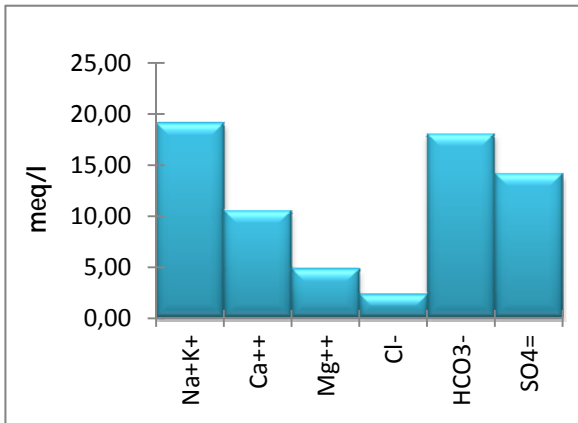
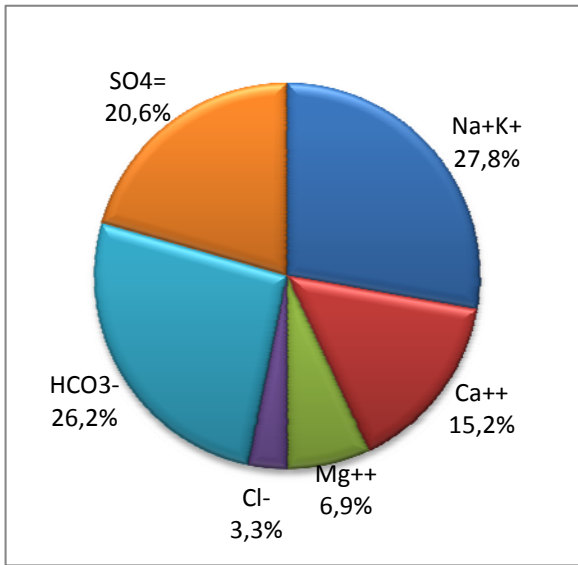




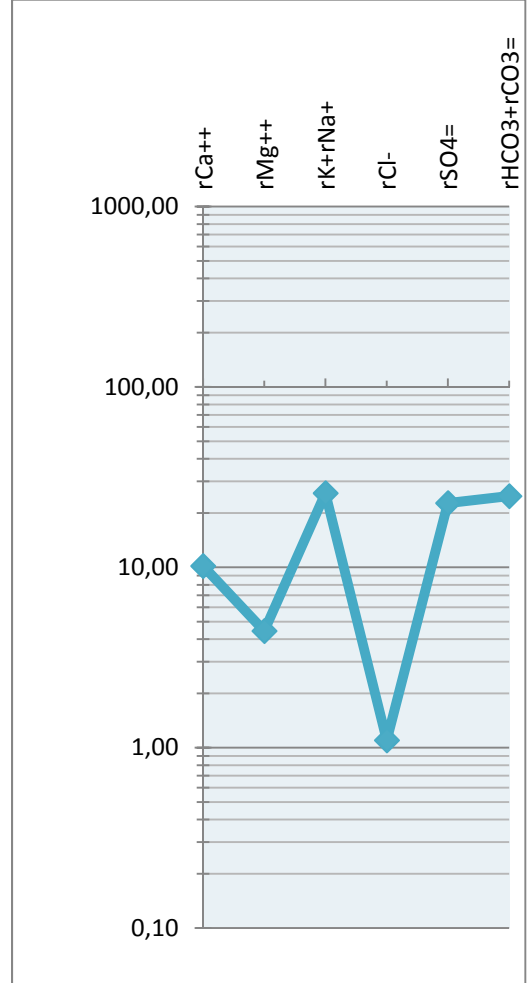
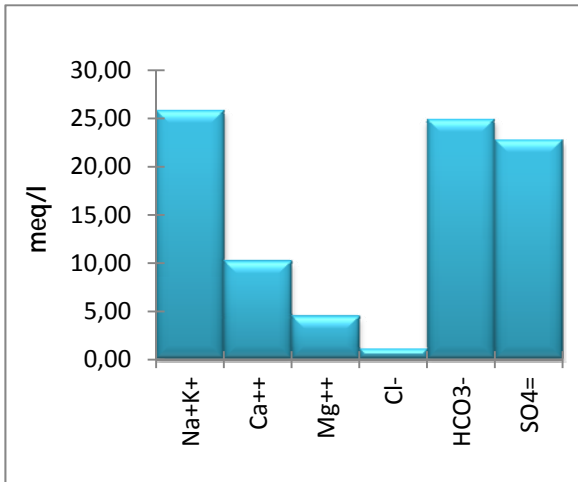
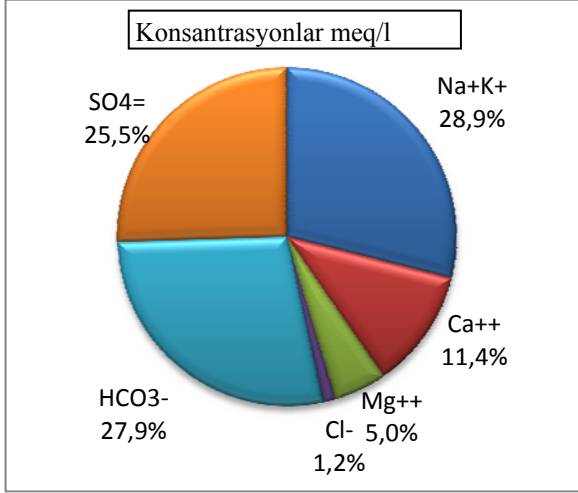
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 2A			672667/4213416			pH(-logH)	6.68		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			03.05.2011	Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)	3340		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	597	25.97	58.90	61.2	0.02597	0.0130	0.79	0.0206	
K <sup>+</sup>	80	2.05	4.65	8.2	0.00205	0.0010	0.78	0.0016	
Ca <sup>++</sup>	261	13.02	29.54	26.8	0.00651	0.0130	0.44	0.0029	
Mg <sup>++</sup>	37	3.04	6.90	3.8	0.00152	0.0030	0.48	0.0007	
Cl <sup>-</sup>	39	1.10	1.94	1.3	0.00110	0.0005	0.78	0.0009	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1725	28.28	49.99	56.2	0.02828	0.0141	0.79	0.0224	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1305	27.19	48.06	42.5	0.01359	0.0272	0.40	0.0054	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				44.086	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				975.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				56.565	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				3069.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				100.651	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				4044.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.072	% e (Hata Yüzdesi)				-12.40
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				9.162	Sertlik (Fr)				80.33
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.020	rCa/rMg Oranı				4.28
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.648	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.20
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.360	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.51
Fo (Köpürme Katsayısı)				1770.0	Si (mg / l)				18.00
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Na-Ca- HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)				5.40



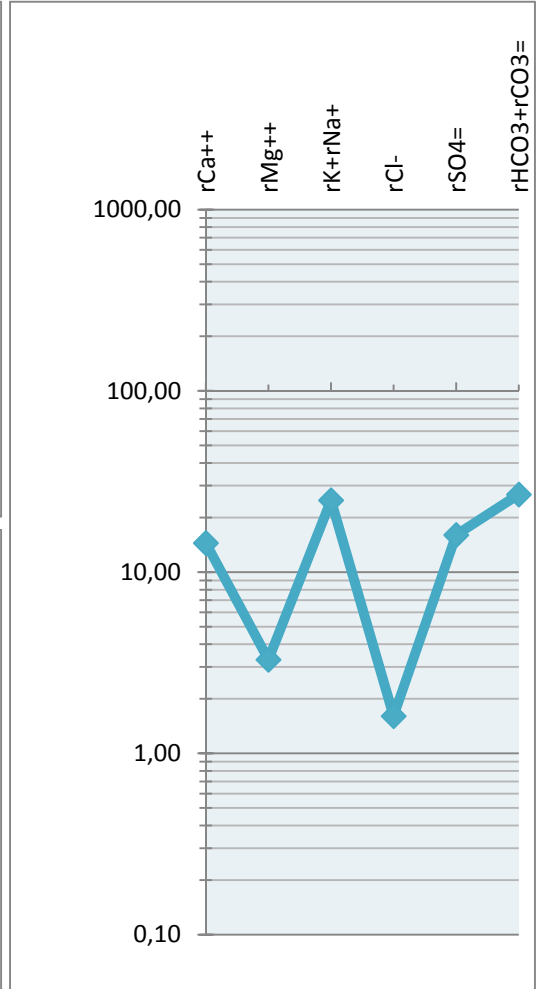
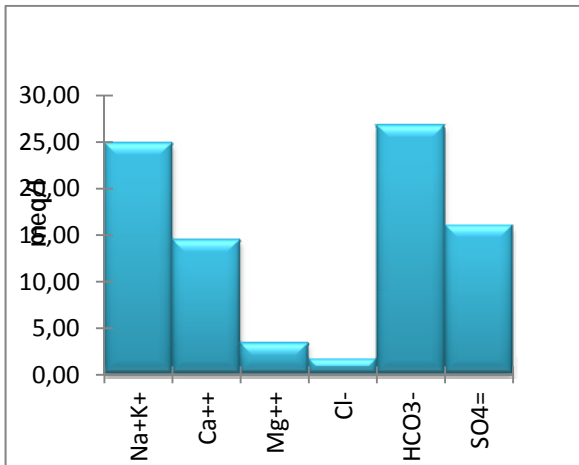
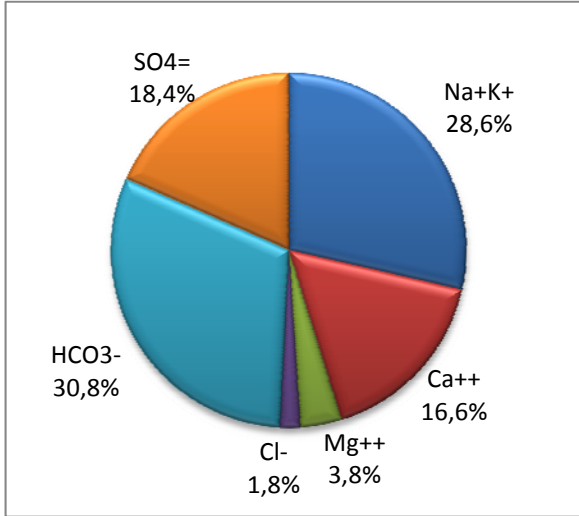
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 2B			672667/4213416			pH(-logH)		6.5		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		2680	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	389	16.92	49.26	52.4	0.01692	0.0085	0.82	0.0138		
K <sup>+</sup>	85	2.18	6.35	11.5	0.00218	0.0011	0.81	0.0018		
Ca <sup>++</sup>	210	10.48	30.51	28.3	0.00524	0.0105	0.49	0.0025		
Mg <sup>++</sup>	58	4.77	13.89	7.8	0.00238	0.0048	0.52	0.0012		
Cl <sup>-</sup>	80	2.25	6.55	4.3	0.00225	0.0011	0.81	0.0018		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1098	18.00	52.32	59.1	0.01800	0.0090	0.82	0.0147		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	679	14.15	41.12	36.6	0.00707	0.0141	0.45	0.0032		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				34.349		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				742.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				34.401		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				1857.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				68.749		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				2599.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.049		% e (Hata Yüzdesi)				-0.08
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				6.128		Sertlik (Fr)				76.24
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.070		rCa/rMg Oranı				2.20
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.234		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.48
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.087		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.51
Fo (Köpürme Katsayısı)				1219.1		Si (mg / l)				36.00
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Na-Ca- HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				3.85



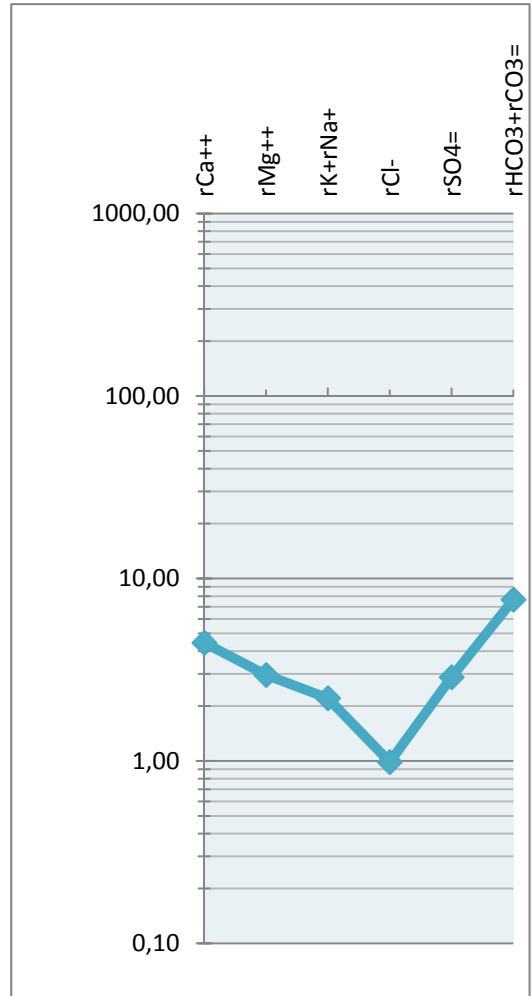
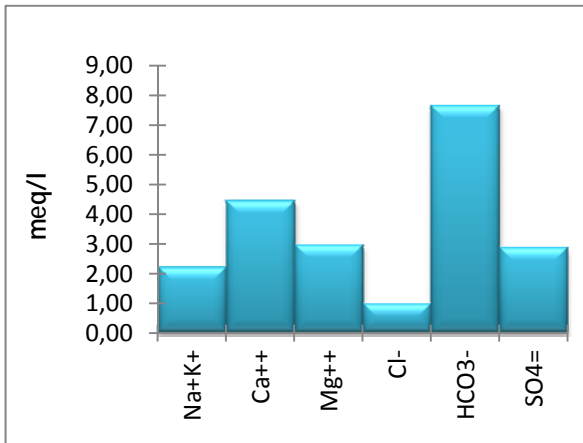
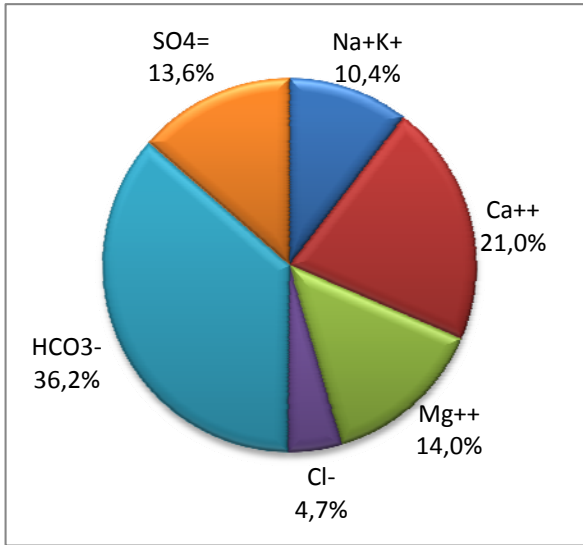
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 3A			672667/4213416			pH(-logH)		6.43		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			03.05.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		2970	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	546	23.75	58.79	61.8	0.02375	0.0119	0.80	0.0190		
K <sup>+</sup>	79	2.03	5.01	8.9	0.00203	0.0010	0.79	0.0016		
Ca <sup>++</sup>	204	10.18	25.20	23.1	0.00509	0.0102	0.46	0.0023		
Mg <sup>++</sup>	54	4.44	10.99	6.1	0.00222	0.0044	0.49	0.0011		
Cl <sup>-</sup>	39	1.10	2.26	1.5	0.00110	0.0005	0.79	0.0009		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1515	24.84	51.06	57.3	0.02484	0.0124	0.80	0.0199		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1090	22.71	46.68	41.2	0.01135	0.0227	0.41	0.0047		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				40.396		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				883.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				48.644		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2644.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				89.039		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				3527.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.063		% e (Hata Yüzdesi)				-9.26
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				8.784		Sertlik (Fr)				73.10
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.023		rCa/rMg Oranı				2.29
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.254		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.35
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.101		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.31
Fo (Köpürme Katsayısı)				1630.5		Si (mg / l)				25.90
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Na-Ca- HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				5.10



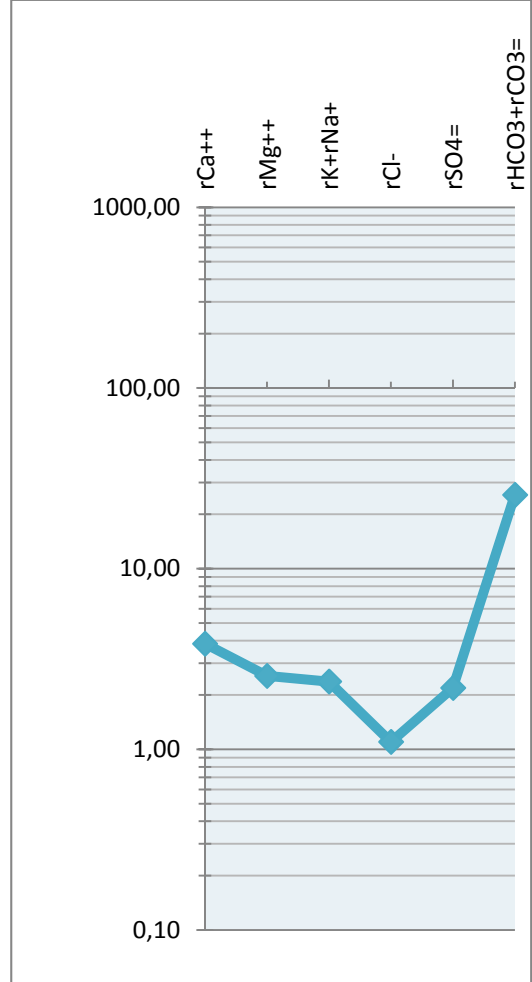
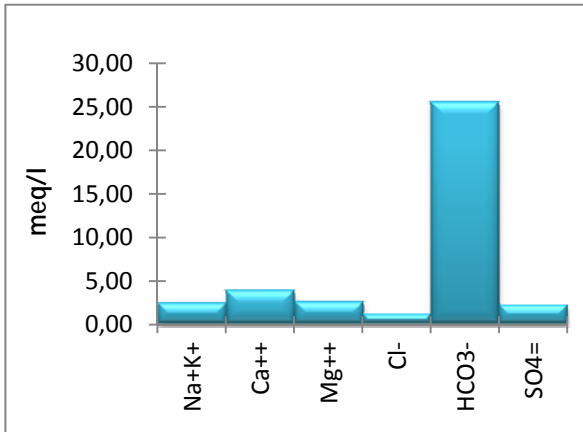
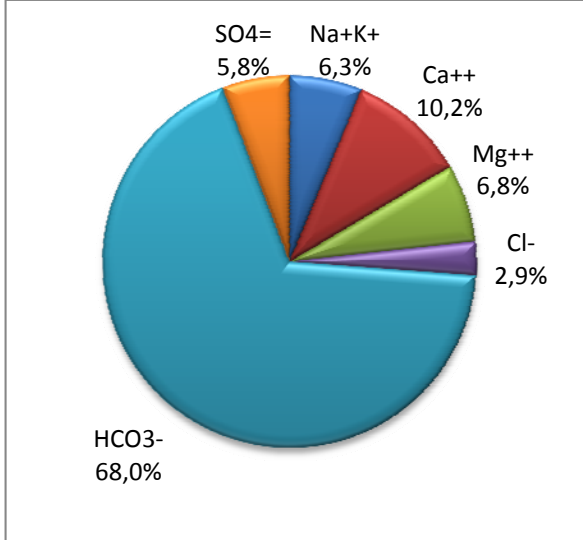
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 3B			672667/4213416			pH(-logH)		6.5		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		3180	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	513	22.31	52.27	54.3	0.02231	0.0112	0.80	0.0180		
K <sup>+</sup>	102	2.62	6.13	10.8	0.00262	0.0013	0.79	0.0021		
Ca <sup>++</sup>	290	14.47	33.90	30.7	0.00724	0.0145	0.46	0.0033		
Mg <sup>++</sup>	40	3.29	7.71	4.2	0.00164	0.0033	0.50	0.0008		
Cl <sup>-</sup>	57	1.61	3.61	2.3	0.00161	0.0008	0.79	0.0013		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1637	26.84	60.33	66.4	0.02684	0.0134	0.80	0.0216		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	770	16.04	36.06	31.3	0.00802	0.0160	0.42	0.0034		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				42.690		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				945.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				44.484		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2464.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				87.174		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				3409.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.060		% e (Hata Yüzdesi)				-2.06
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				7.488		Sertlik (Fr)				88.80
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.037		rCa/rMg Oranı				4.40
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.517		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.34
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.222		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.35
Fo (Köpürme Katsayısı)				1587.5		Si (mg / l)				21.20
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Na-Ca- HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				5.44



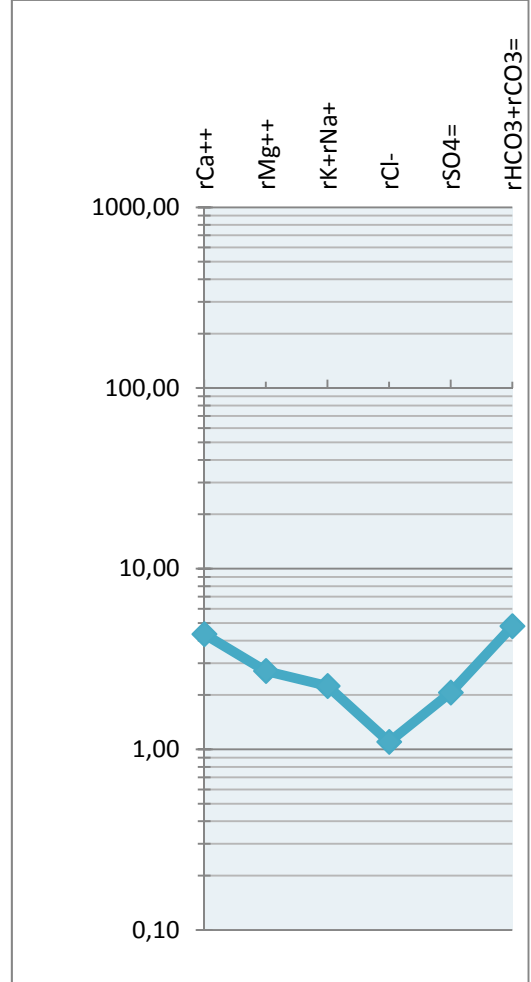
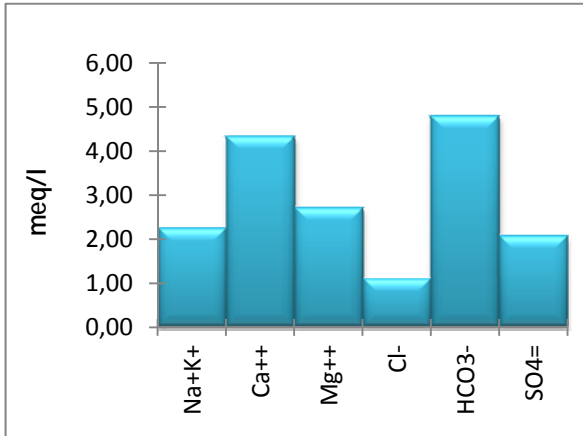
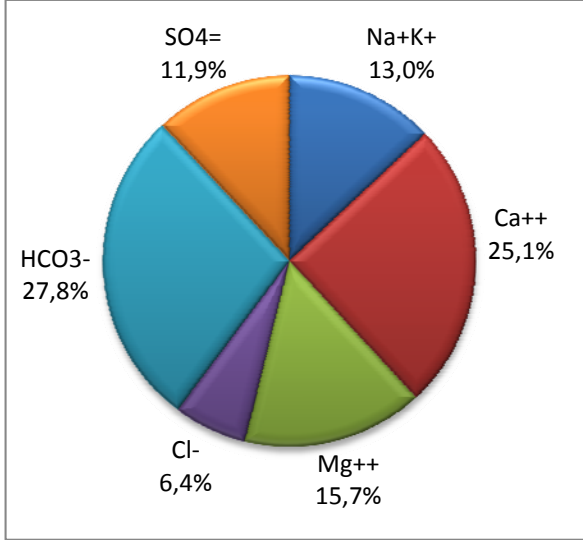
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 4A			673009/4214120			pH(-logH)		8.1		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			03.05.2011	Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		784		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	46	2.00	20.83	25.7	0.00200	0.0010	0.88	0.0018		
K <sup>+</sup>	8	0.21	2.14	4.5	0.00021	0.0001	0.88	0.0002		
Ca <sup>++</sup>	89	4.44	46.22	49.7	0.00222	0.0044	0.62	0.0014		
Mg <sup>++</sup>	36	2.96	30.81	20.1	0.00148	0.0030	0.64	0.0010		
Cl <sup>-</sup>	35	0.99	8.57	5.5	0.00099	0.0005	0.88	0.0009		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	467	7.66	66.47	73.0	0.00766	0.0038	0.88	0.0068		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	138	2.88	24.96	21.6	0.00144	0.0029	0.60	0.0009		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				9.608		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				179.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				11.517		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				640.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				21.125		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				819.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.016		% e (Hata Yüzdesi)				-9.04
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				1.040		Sertlik (Fr)				37.01
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.094		rCa/rMg Oranı				1.50
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.232		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.31
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.160		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-2.45
Fo (Köpürme Katsayısı)				140.1		Si (mg / l)				7.70
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca- Mg- HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				0.19



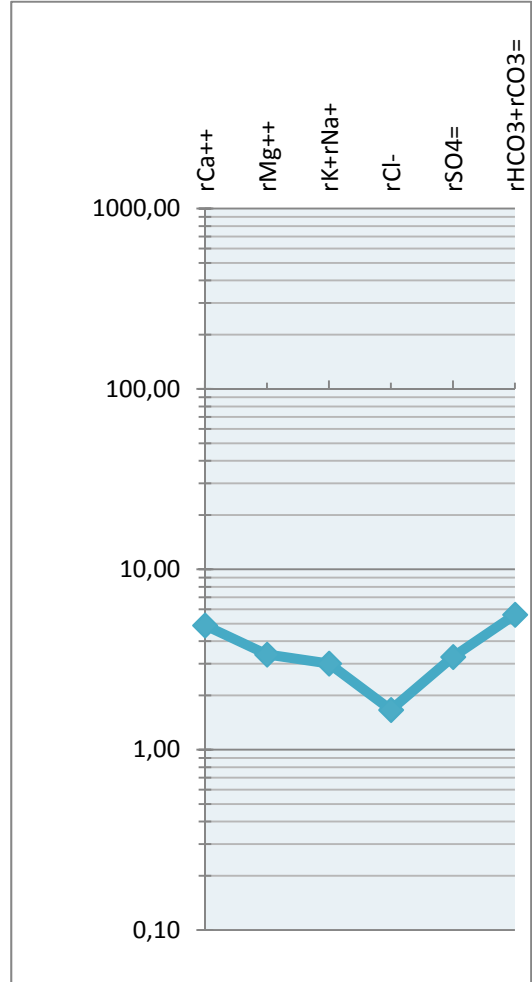
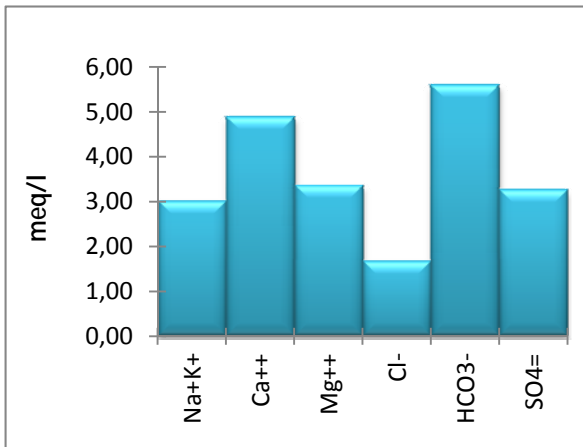
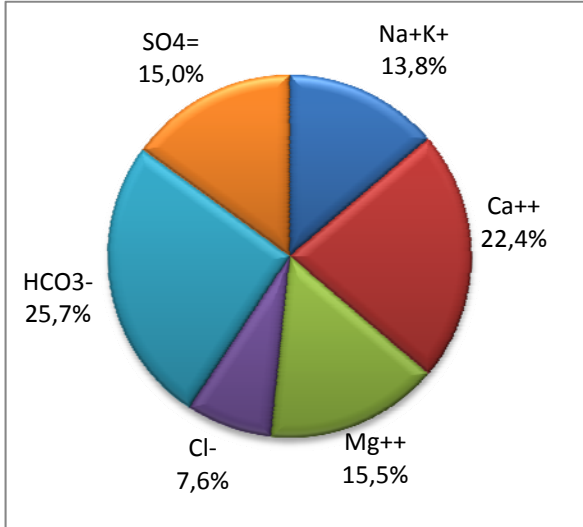
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 4B			673009/4214120			pH(-logH)		8.13		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			21.07.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		737	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	51	2.22	25.31	30.9	0.00222	0.0011	0.86	0.0019		
K <sup>+</sup>	6	0.15	1.76	3.6	0.00015	0.0001	0.86	0.0001		
Ca <sup>++</sup>	77	3.84	43.84	46.7	0.00192	0.0038	0.58	0.0011		
Mg <sup>++</sup>	31	2.55	29.09	18.8	0.00127	0.0025	0.60	0.0008		
Cl <sup>-</sup>	39	1.10	3.80	2.3	0.00110	0.0005	0.86	0.0009		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1562	25.61	88.62	91.6	0.02561	0.0128	0.86	0.0221		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	105	2.19	7.57	6.2	0.00109	0.0022	0.55	0.0006		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				8.764		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				165.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				28.893		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				1706.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				37.657		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				1871.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.023		% e (Hata Yüzdesi)				-53.45
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				1.241		Sertlik (Fr)				31.96
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.040		rCa/rMg Oranı				1.51
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.680		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.56
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.609		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-1.97
Fo (Köpürme Katsayısı)				149.5		Si (mg / l)				6.20
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				0.17



Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 4C			673009/4214120			pH(-logH)		7.9		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			06.12.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		685	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	48	2.09	22.46	27.6	0.00209	0.0010	0.89	0.0019		
K <sup>+</sup>	6	0.15	1.65	3.4	0.00015	0.0001	0.89	0.0001		
Ca <sup>++</sup>	87	4.34	46.70	50.0	0.00217	0.0043	0.65	0.0014		
Mg <sup>++</sup>	33	2.71	29.19	19.0	0.00136	0.0027	0.66	0.0009		
Cl <sup>-</sup>	39	1.10	13.80	9.0	0.00110	0.0005	0.89	0.0010		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	293	4.80	60.30	68.0	0.00480	0.0024	0.89	0.0043		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	99	2.06	25.89	23.0	0.00103	0.0021	0.63	0.0006		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				9.297		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				174.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7.965		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				431.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				17.262		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				605.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.013		% e (Hata Yüzdesi)				7.72
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				1.112		Sertlik (Fr)				35.28
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.160		rCa/rMg Oranı				1.60
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.837		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-1.43
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.751		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-2.45
Fo (Köpürme Katsayısı)				141.4		Si (mg / l)				9.80
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				0.17

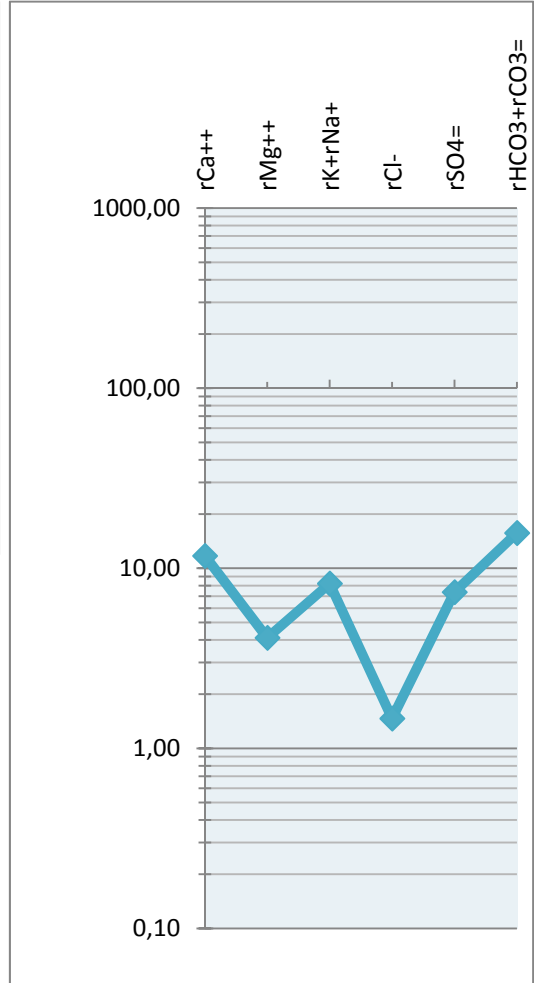
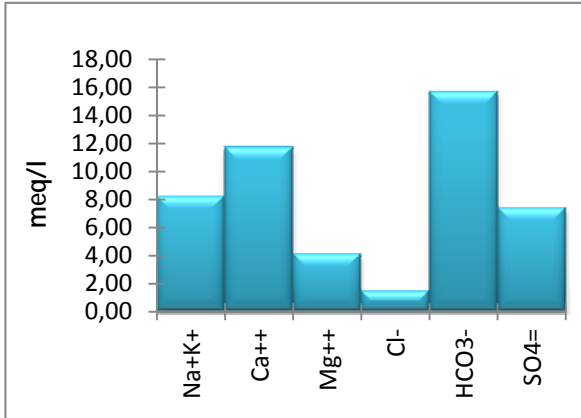
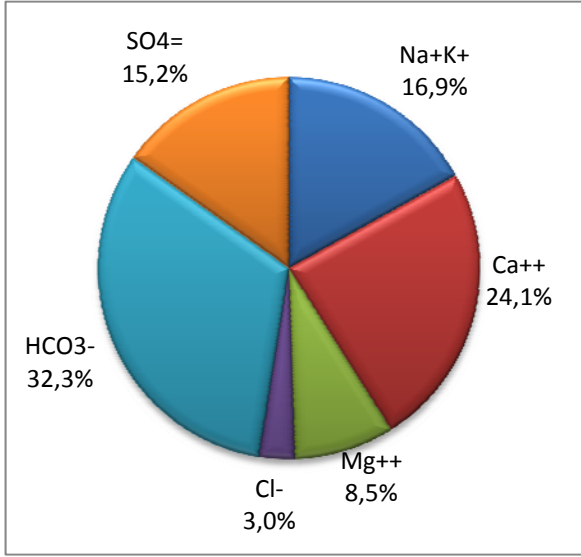


Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 4D			673009/4214120			pH(-logH)	8.5		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012	Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)	851		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	62	2.70	23.94	29.1	0.00270	0.0013	0.88	0.0024	
K <sup>+</sup>	12	0.31	2.73	5.6	0.00031	0.0002	0.87	0.0003	
Ca <sup>++</sup>	98	4.89	43.41	46.0	0.00245	0.0049	0.62	0.0015	
Mg <sup>++</sup>	41	3.37	29.93	19.2	0.00169	0.0034	0.64	0.0011	
Cl <sup>-</sup>	59	1.66	15.78	10.6	0.00166	0.0008	0.87	0.0015	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	342	5.61	53.19	61.3	0.00561	0.0028	0.88	0.0049	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	157	3.27	31.03	28.1	0.00164	0.0033	0.60	0.0010	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				11.266	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			213.0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				10.540	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			558.0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				21.807	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			771.0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.017	% e (Hata Yüzdesi)			3.33	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				1.327	Sertlik (Fr)			41.31	
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.187	rCa/rMg Oranı			1.45	
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.532	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-1.22	
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.468	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı			-2.99	
Fo (Köpürme Katsayısı)				191.2	Si (mg / l)			3.50	
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			1.62	

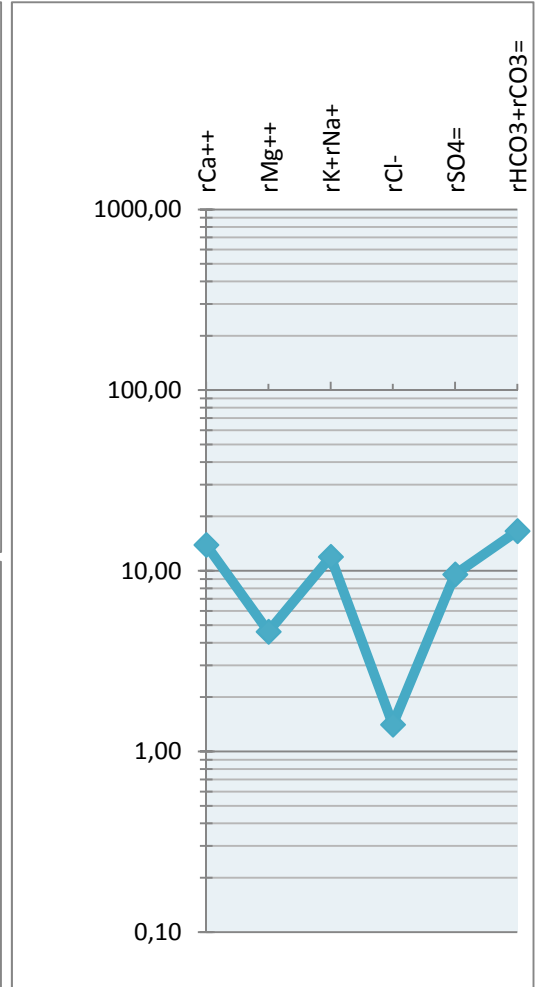
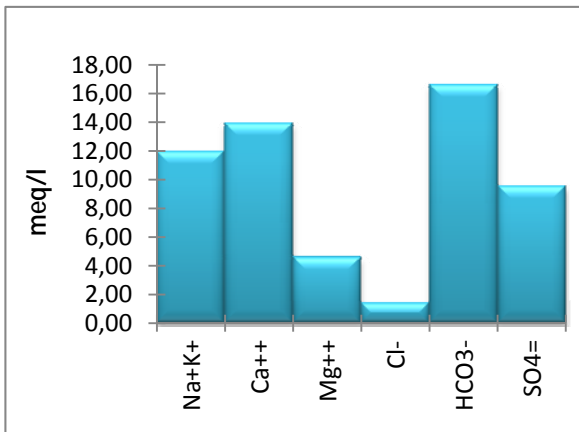
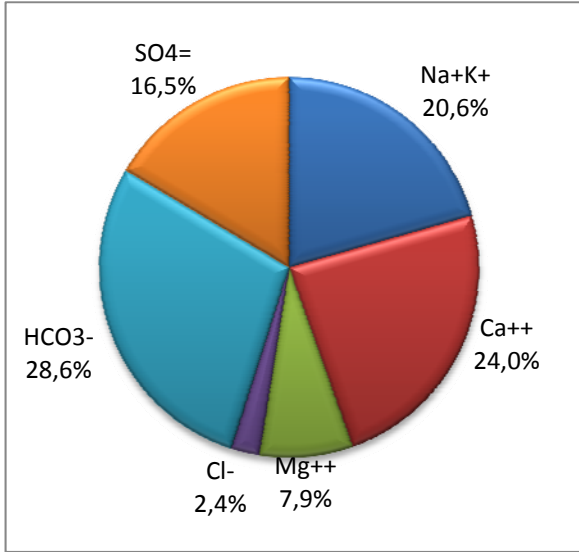




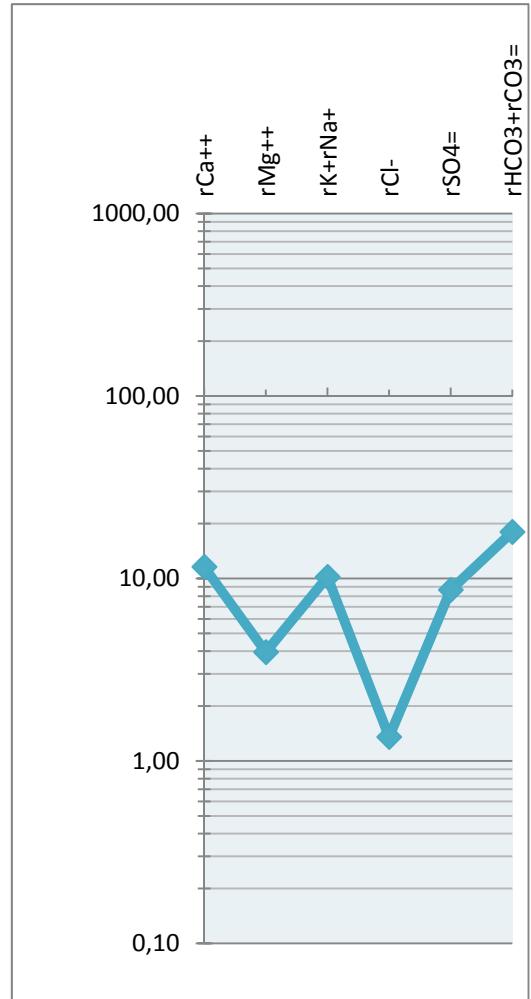
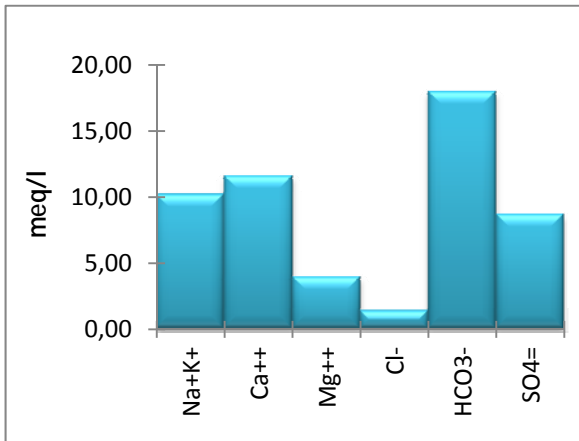
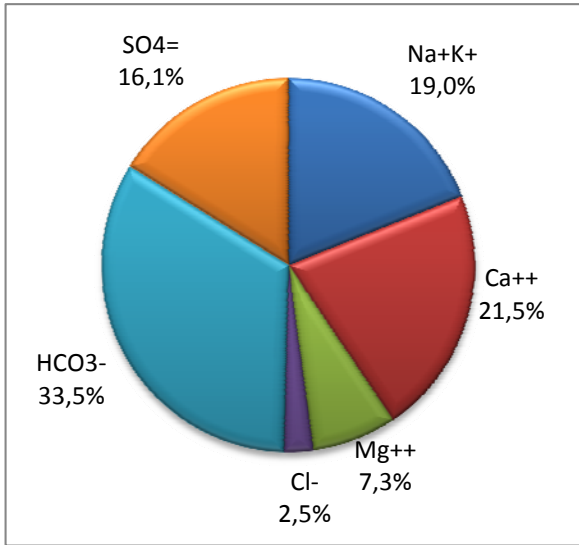
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 5A			673003/4214125			pH(-logH)		6.2
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			03.05.2011	Tunalı (1980)		1935	3230	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC
Na <sup>+</sup>	168	7.31	30.36	34.4	0.00731	0.0037	0.84	0.0061
K <sup>+</sup>	36	0.92	3.84	7.4	0.00092	0.0005	0.83	0.0008
Ca <sup>++</sup>	235	11.73	48.72	48.1	0.00586	0.0117	0.52	0.0031
Mg <sup>++</sup>	50	4.11	17.08	10.2	0.00206	0.0041	0.55	0.0011
Cl <sup>-</sup>	52	1.47	5.97	3.8	0.00147	0.0007	0.83	0.0012
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	958	15.70	63.98	70.2	0.01570	0.0079	0.84	0.0132
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	354	7.38	30.05	26.0	0.00369	0.0074	0.49	0.0018
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				24.069	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			489.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				24.546	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			1364.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				48.615	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			1853.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.036	% e (Hata Yüzdesi)			-0.98
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				2.597	Sertlik (Fr)			79.19
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.064	rCa/rMg Oranı			2.85
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0.033	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)			-0.64
SID (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0.239	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı)			-0.26
Fo (Köpürme Katsayısı)				525.1	Si (mg / l)			15.70
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			1.23



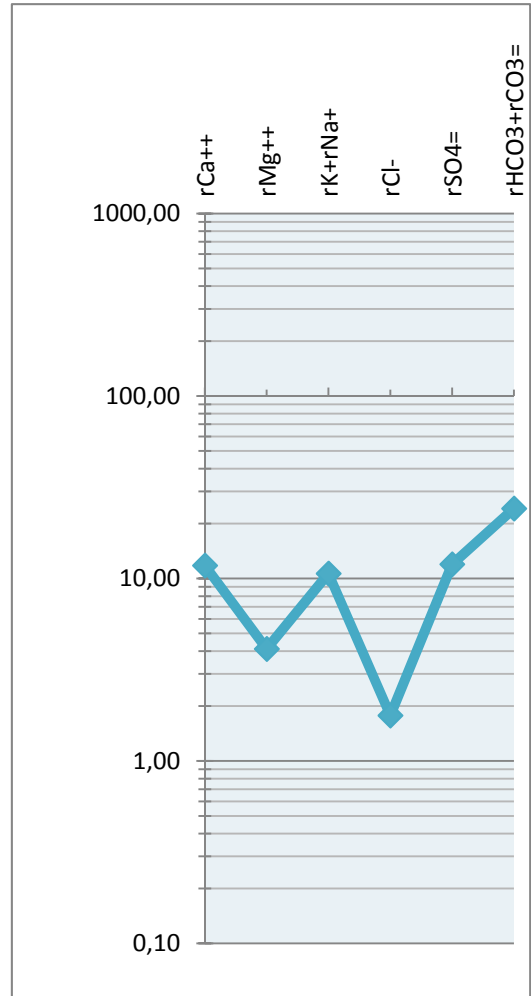
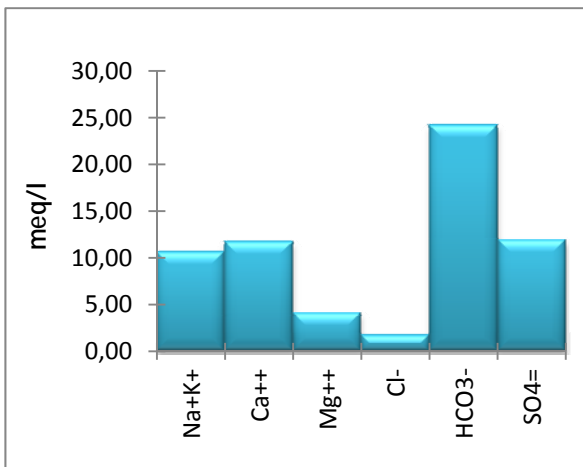
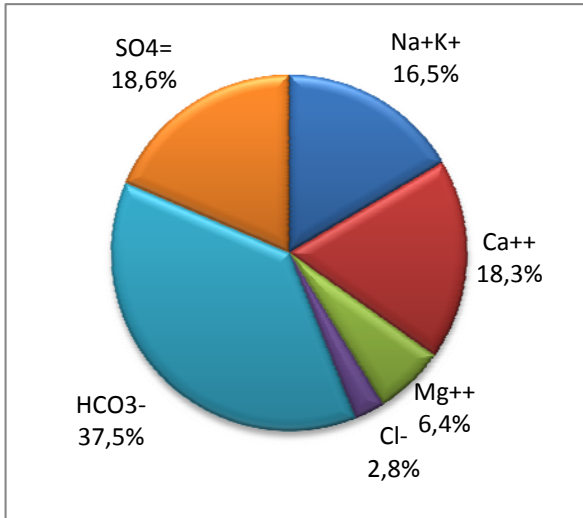
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 5B			673003/4214125			pH(-logH)		6		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			06.12.2011	Tunalı (1980)		2120	3230			
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	249	10.83	35.53	39.6	0.01083	0.0054	0.83	0.0089		
K <sup>+</sup>	44	1.13	3.70	7.0	0.00113	0.0006	0.82	0.0009		
Ca <sup>++</sup>	279	13.92	45.67	44.4	0.00696	0.0139	0.50	0.0035		
Mg <sup>++</sup>	56	4.61	15.11	8.9	0.00230	0.0046	0.53	0.0012		
Cl <sup>-</sup>	50	1.41	5.11	3.3	0.00141	0.0007	0.82	0.0012		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1013	16.61	60.22	66.6	0.01661	0.0083	0.83	0.0137		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	459	9.56	34.67	30.2	0.00478	0.0096	0.47	0.0022		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				30.486	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			628.0		
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				27.578	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			1522.0		
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				58.065	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			2150.0		
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.043	% e (Hata Yüzdesi)			5.01		
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				3.559	Sertlik (Fr)			92.64		
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.054	rCa/rMg Oranı			3.02		
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0.159	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)			-0.50		
SID(Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0.376	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı)			-0.04		
Fo (Köpürme Katsayısı)				759.5	Si (mg / l)			19.60		
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			1.75		



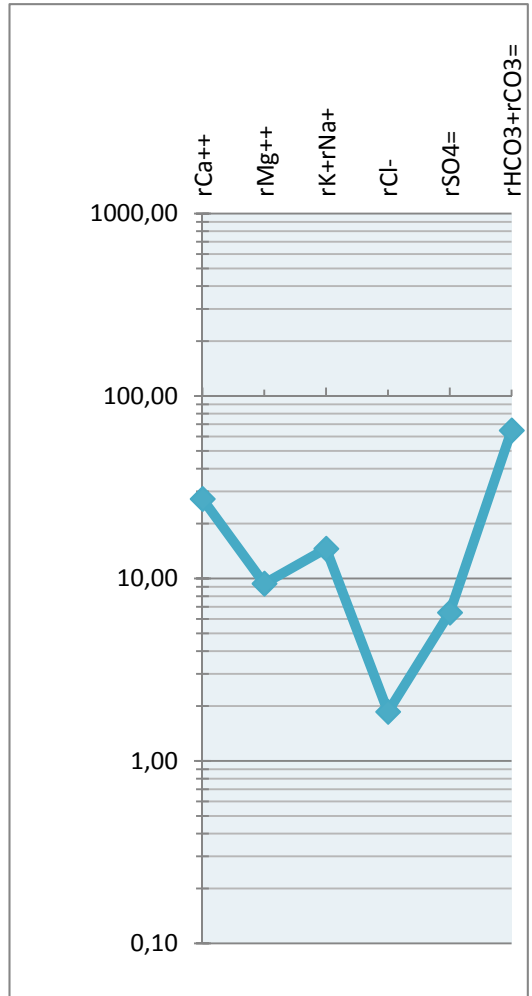
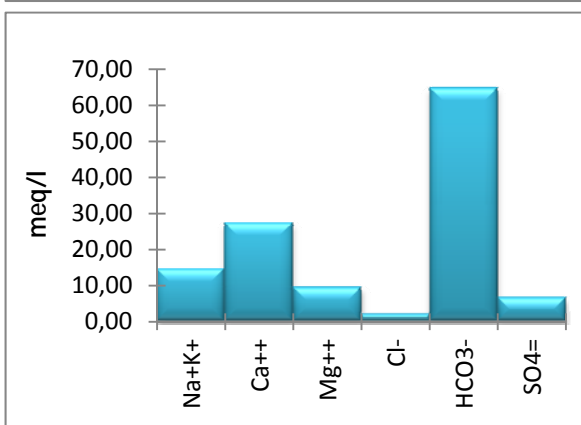
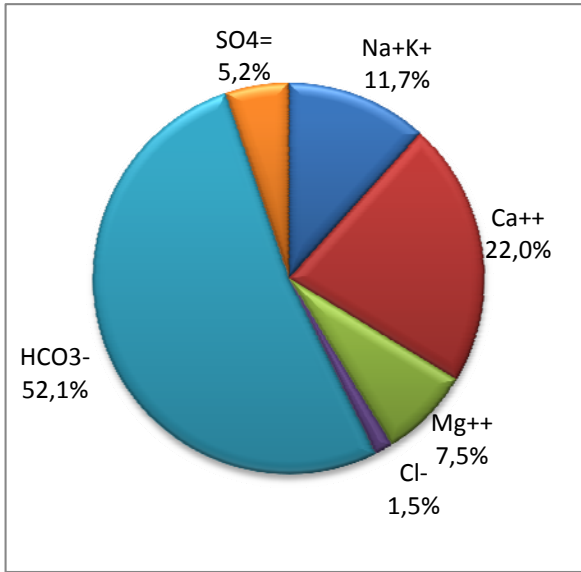
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 5C			673003/4214125			pH(-logH)		6.36		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			21.07.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		2080	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	211	9.18	35.67	39.7	0.00918	0.0046	0.83	0.0076		
K <sup>+</sup>	40	1.03	3.99	7.5	0.00103	0.0005	0.82	0.0008		
Ca <sup>++</sup>	232	11.58	45.00	43.7	0.00579	0.0116	0.51	0.0030		
Mg <sup>++</sup>	48	3.95	15.34	9.0	0.00197	0.0039	0.54	0.0011		
Cl <sup>-</sup>	48	1.35	4.83	3.1	0.00135	0.0007	0.82	0.0011		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1098	18.00	64.24	70.3	0.01800	0.0090	0.83	0.0150		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	416	8.67	30.93	26.6	0.00433	0.0087	0.48	0.0021		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				25.728		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				531.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				28.020		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				1562.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				53.747		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				2093.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.039		% e (Hata Yüzdesi)				-4.26
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				3.294		Sertlik (Fr)				77.62
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.051		rCa/rMg Oranı				2.93
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.169		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.60
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0.042		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.36
Fo (Köpürme Katsayısı)				649.0		Si (mg / l)				14.40
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				1.65



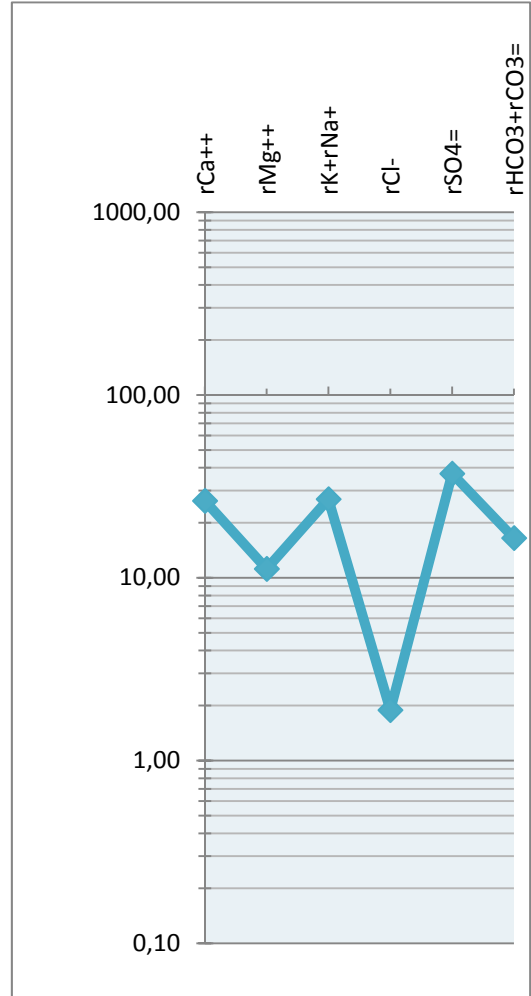
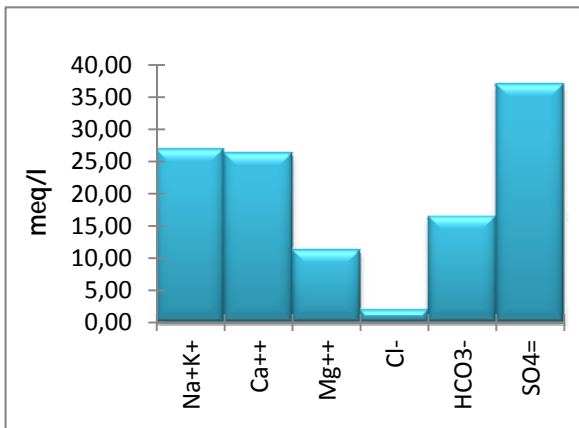
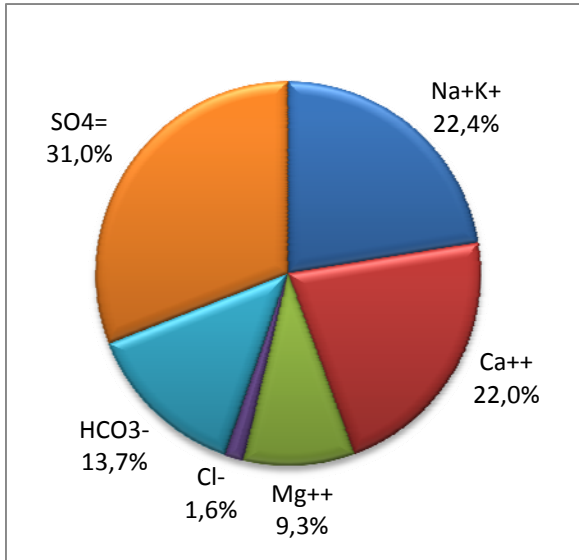
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 5D			673003/4214125			pH(-logH)		6.3		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012	Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		2090		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	218	9.48	35.75	39.7	0.00948	0.0047	0.82	0.0078		
K <sup>+</sup>	45	1.15	4.35	8.2	0.00115	0.0006	0.81	0.0009		
Ca <sup>++</sup>	236	11.78	44.40	43.0	0.00589	0.0118	0.49	0.0029		
Mg <sup>++</sup>	50	4.11	15.50	9.1	0.00206	0.0041	0.53	0.0011		
Cl <sup>-</sup>	63	1.78	4.68	3.0	0.00178	0.0009	0.81	0.0014		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1475	24.18	63.78	69.8	0.02418	0.0121	0.82	0.0199		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	574	11.96	31.54	27.2	0.00598	0.0120	0.46	0.0027		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				26.525	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			549.0		
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				37.914	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			2112.0		
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				64.439	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			2661.0		
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.046	% e (Hata Yüzdesi)			-17.68		
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				3.364	Sertlik (Fr)			79.44		
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.049	rCa/rMg Oranı			2.86		
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.222	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-0.49		
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.017	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı			-0.18		
Fo (Köpürme Katsayısı)				677.9	Si (mg / l)			15.20		
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			2.46		



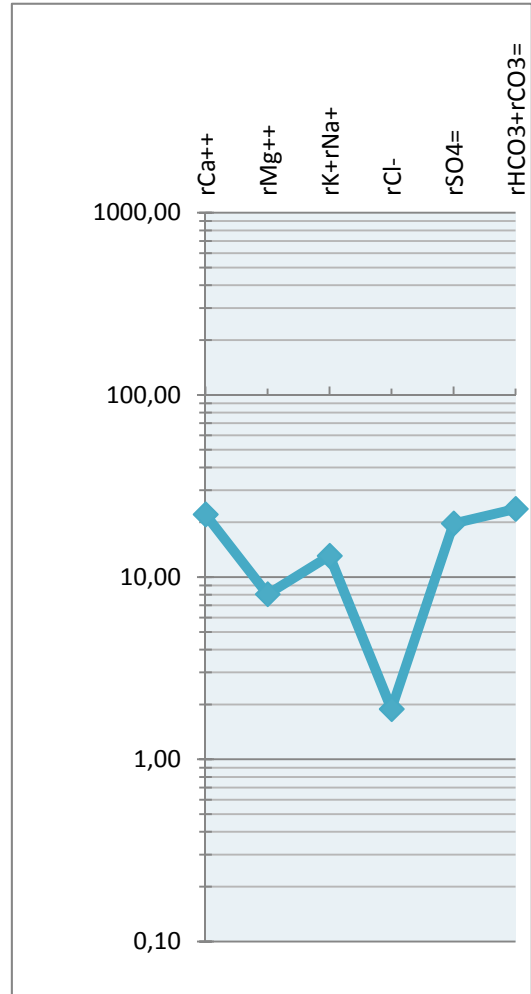
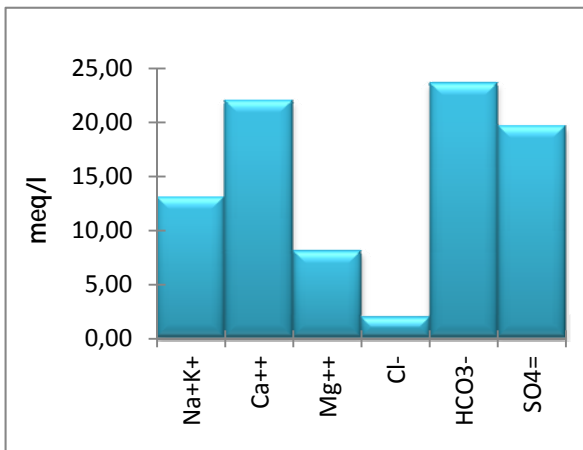
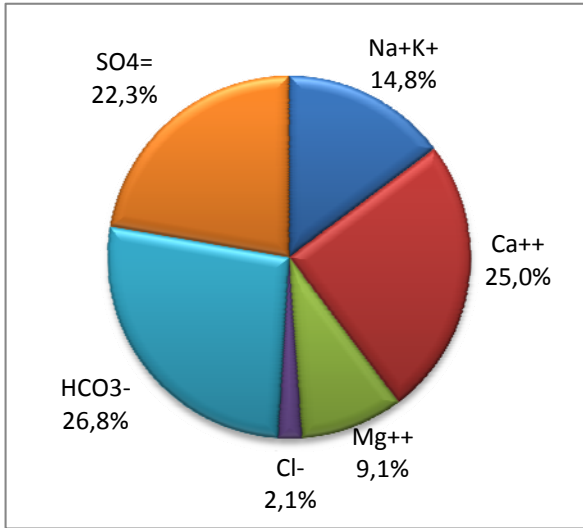
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 6A			677854/4207762			pH(-logH)		7.35		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			03.05.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		3350	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	297	12.92	25.22	29.1	0.01292	0.0065	0.78	0.0101		
K <sup>+</sup>	64	1.64	3.20	6.3	0.00164	0.0008	0.77	0.0013		
Ca <sup>++</sup>	547	27.30	53.28	53.5	0.01365	0.0273	0.42	0.0058		
Mg <sup>++</sup>	114	9.38	18.30	11.2	0.00469	0.0094	0.46	0.0022		
Cl <sup>-</sup>	66	1.86	2.55	1.5	0.00186	0.0009	0.77	0.0014		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3948	64.72	88.56	91.3	0.06472	0.0324	0.78	0.0506		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	312	6.50	8.89	7.2	0.00325	0.0065	0.37	0.0012		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				51.230		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				1022.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				73.082		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				4326.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				124.312		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				5348.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.084		% e (Hata Yüzdesi)				-17.58
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				3.017		Sertlik (Fr)				183.35
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.026		rCa/rMg Oranı				2.91
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.975		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.54
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.773		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.83
Fo (Köpürme Katsayısı)				929.0		Si (mg / l)				70.10
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				4.53



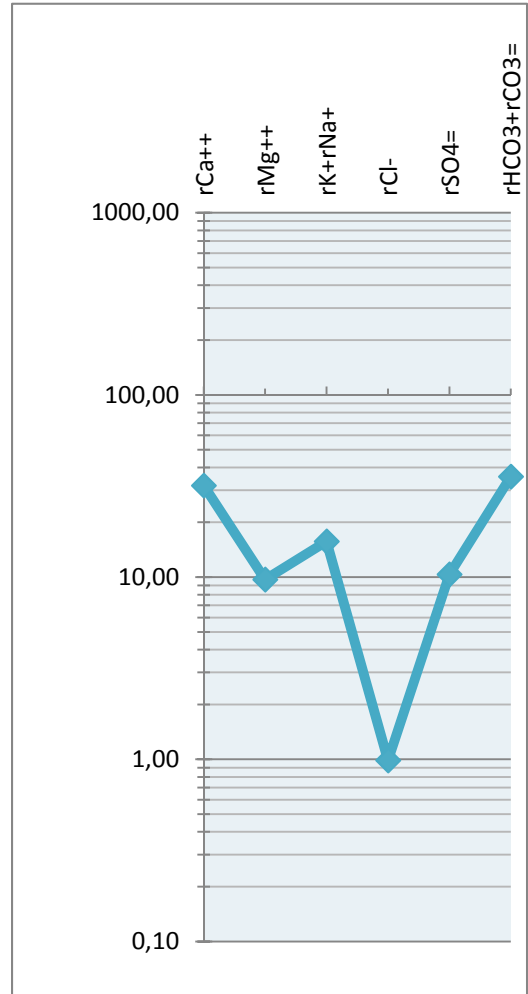
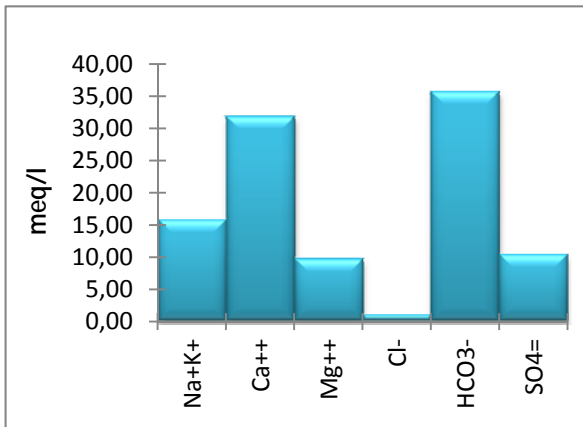
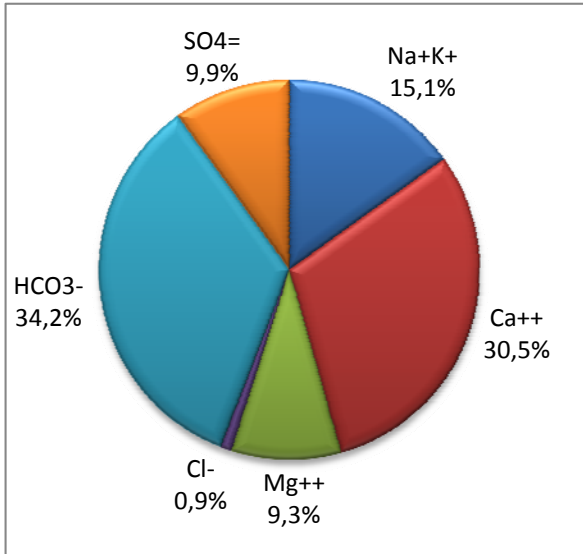
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 6B			677854/4207762			pH(-logH)		6.3		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			21.09.2010		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		3900	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	581	25.27	39.21	44.4	0.02527	0.0126	0.77	0.0195		
K <sup>+</sup>	64	1.64	2.55	4.9	0.00164	0.0008	0.76	0.0012		
Ca <sup>++</sup>	528	26.35	40.88	40.3	0.01317	0.0263	0.40	0.0053		
Mg <sup>++</sup>	136	11.18	17.35	10.4	0.00559	0.0112	0.45	0.0025		
Cl <sup>-</sup>	67	1.89	3.40	2.3	0.00189	0.0009	0.76	0.0014		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1006	16.49	29.71	35.2	0.01649	0.0082	0.77	0.0127		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1782	37.13	66.89	62.4	0.01856	0.0371	0.35	0.0066		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				64.444		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				1309.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				55.505		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2855.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				119.950		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				4164.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.097		% e (Hata Yüzdesi)				7.45
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				5.834		Sertlik (Fr)				187.66
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.035		rCa/rMg Oranı				2.36
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.292		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				0.16
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.138		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.38
Fo (Köpürme Katsayısı)				1694.9		Si (mg / l)				75.70
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				9.36



Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 6C			677854/4207762			pH(-logH)		7.5		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		2900	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	259	11.27	26.05	29.7	0.01127	0.0056	0.80	0.0090		
K <sup>+</sup>	71	1.82	4.21	8.2	0.00182	0.0009	0.78	0.0014		
Ca <sup>++</sup>	443	22.11	51.11	50.9	0.01105	0.0221	0.44	0.0049		
Mg <sup>++</sup>	98	8.06	18.63	11.3	0.00403	0.0081	0.48	0.0019		
Cl <sup>-</sup>	67	1.89	4.17	2.7	0.00189	0.0009	0.78	0.0015		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1445	23.69	52.31	58.8	0.02369	0.0118	0.80	0.0188		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	946	19.71	43.52	38.5	0.00985	0.0197	0.40	0.0039		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				43.251		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				871.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				45.285		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2458.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				88.537		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				3329.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.069		% e (Hata Yüzdesi)				-2.30
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				2.901		Sertlik (Fr)				150.82
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.044		rCa/rMg Oranı				2.74
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.626		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.10
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.435		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-1.40
Fo (Köpürme Katsayısı)				840.5		Si (mg / l)				25.30
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				5.03

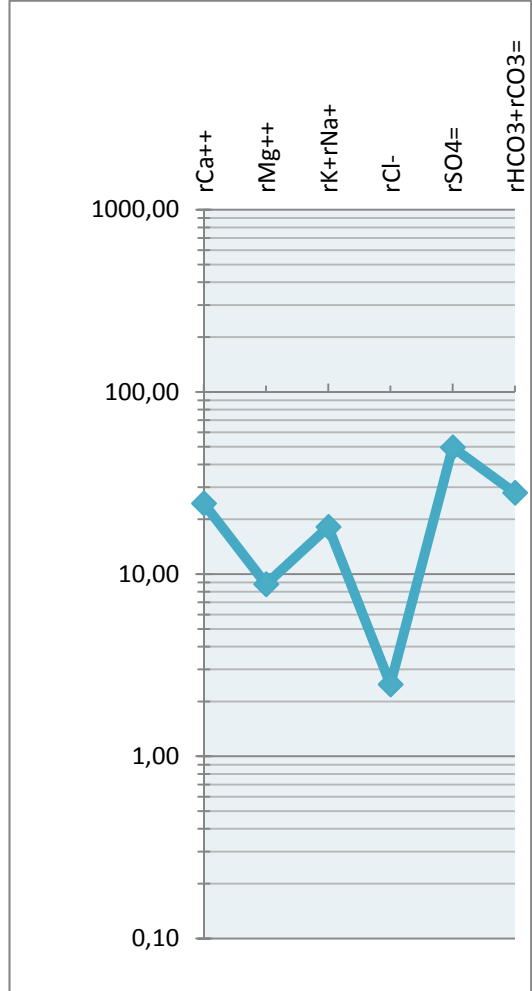
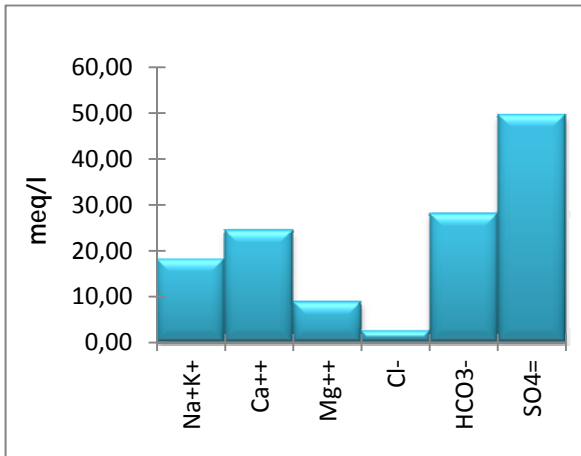
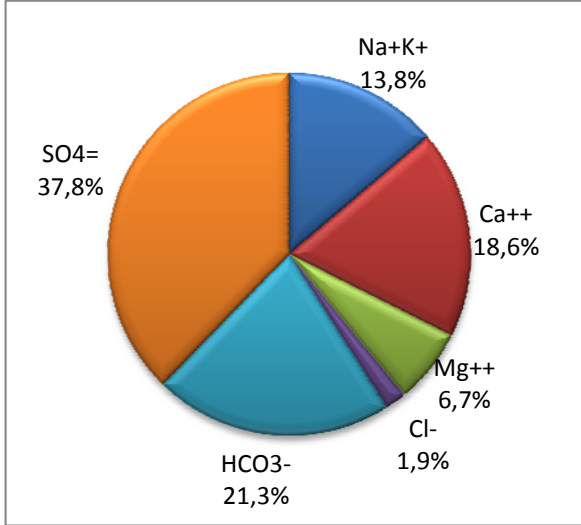


Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 6D			677854/4207762			pH(-logH)		6.95		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			21.07.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		3520	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	322	14.01	24.49	28.2	0.01401	0.0070	0.79	0.0110		
K <sup>+</sup>	66	1.69	2.96	5.8	0.00169	0.0008	0.77	0.0013		
Ca <sup>++</sup>	637	31.79	55.58	55.7	0.01589	0.0318	0.43	0.0068		
Mg <sup>++</sup>	118	9.70	16.97	10.3	0.00485	0.0097	0.47	0.0023		
Cl <sup>-</sup>	35	0.99	2.10	1.3	0.00099	0.0005	0.77	0.0008		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2171	35.59	75.84	80.3	0.03559	0.0178	0.79	0.0280		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	497	10.35	22.06	18.4	0.00518	0.0104	0.38	0.0020		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				57.189		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				1143.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				46.931		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2703.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				104.120		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				3846.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.078		% e (Hata Yüzdesi)				9.85
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				3.075		Sertlik (Fr)				207.45
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.021		rCa/rMg Oranı				3.28
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.393		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				-0.26
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.164		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.68
Fo (Köpürme Katsayısı)				1000.4		Si (mg / l)				25.00
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				6.11

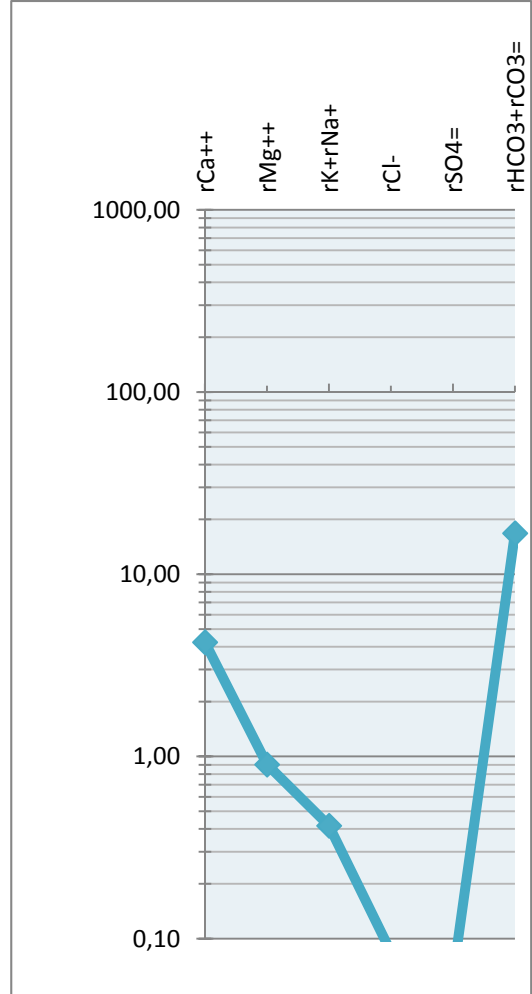
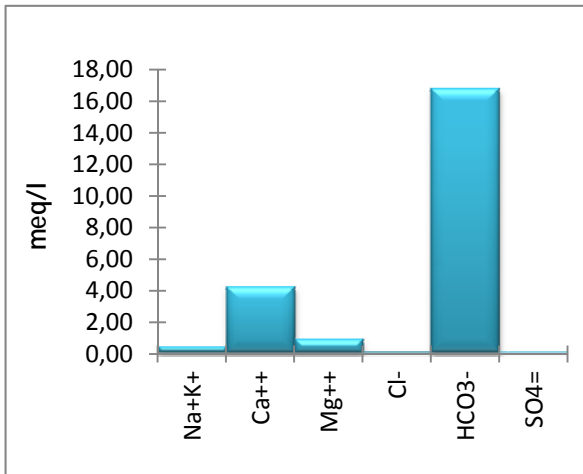
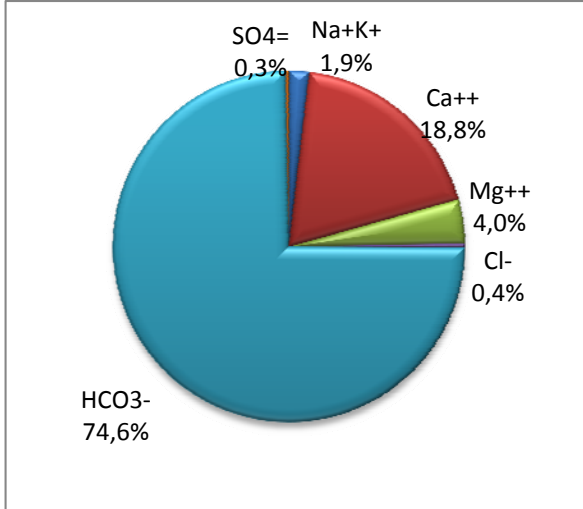




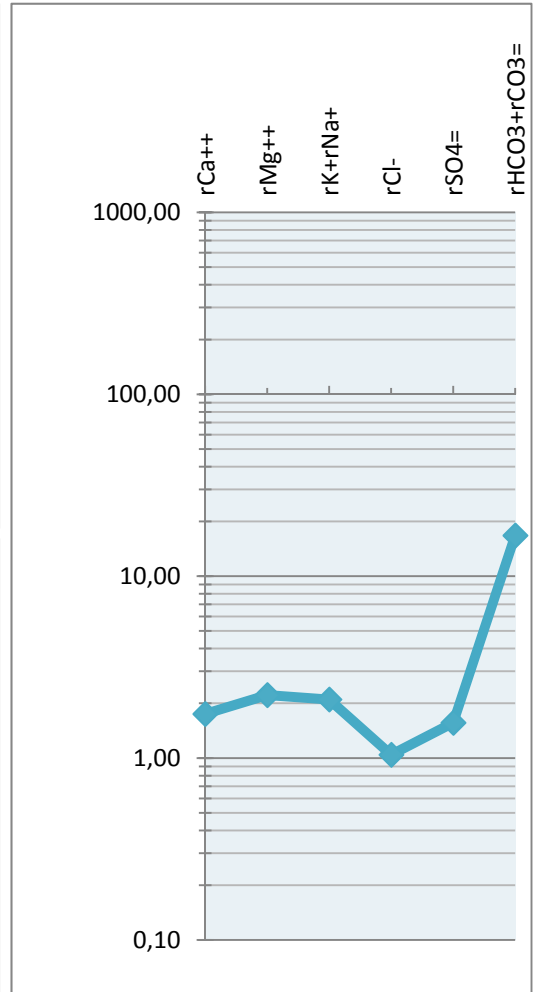
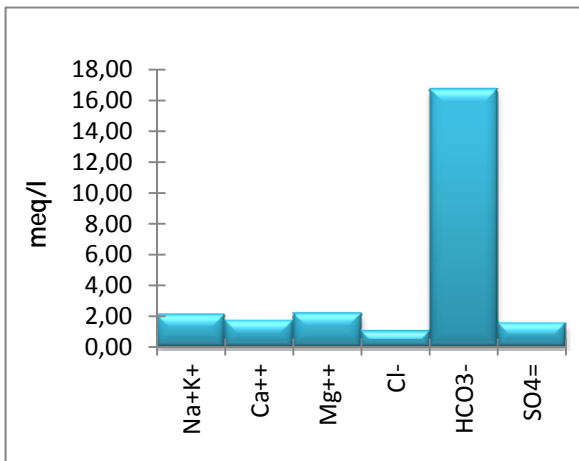
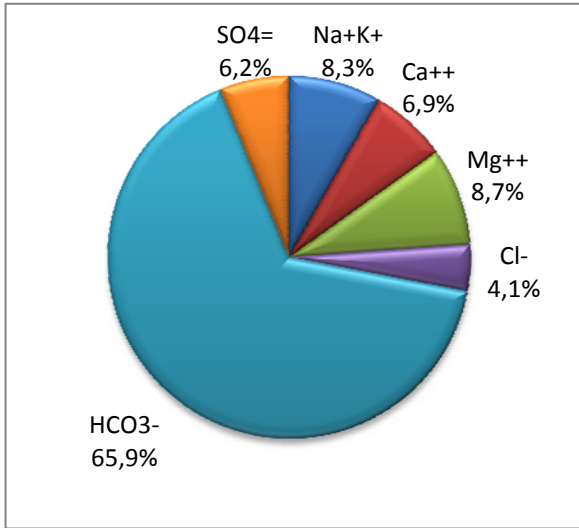
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 7			677539/4207118			pH(-logH)		6.8		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012	Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		3700		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	374	16.27	31.64	35.8	0.01627	0.0081	0.76	0.0124		
K <sup>+</sup>	74	1.90	3.69	7.1	0.00190	0.0009	0.75	0.0014		
Ca <sup>++</sup>	490	24.45	47.56	46.9	0.01223	0.0245	0.39	0.0048		
Mg <sup>++</sup>	107	8.80	17.11	10.2	0.00440	0.0088	0.44	0.0019		
Cl <sup>-</sup>	88	2.48	3.10	2.1	0.00248	0.0012	0.75	0.0019		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1706	27.97	34.92	40.8	0.02797	0.0140	0.76	0.0214		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	2383	49.65	61.98	57.1	0.02482	0.0496	0.34	0.0085		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				51.416	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				1045.0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				80.093	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				4177.0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				131.509	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				5222.0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.107	% e (Hata Yüzdesi)				-21.81	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				3.990	Sertlik (Fr)				166.25	
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.032	rCa/rMg Oranı				2.78	
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.973	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				0.22	
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.784	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.65	
Fo (Köpürme Katsayısı)				1156.6	Si (mg / l)				37.80	
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)				6.24	



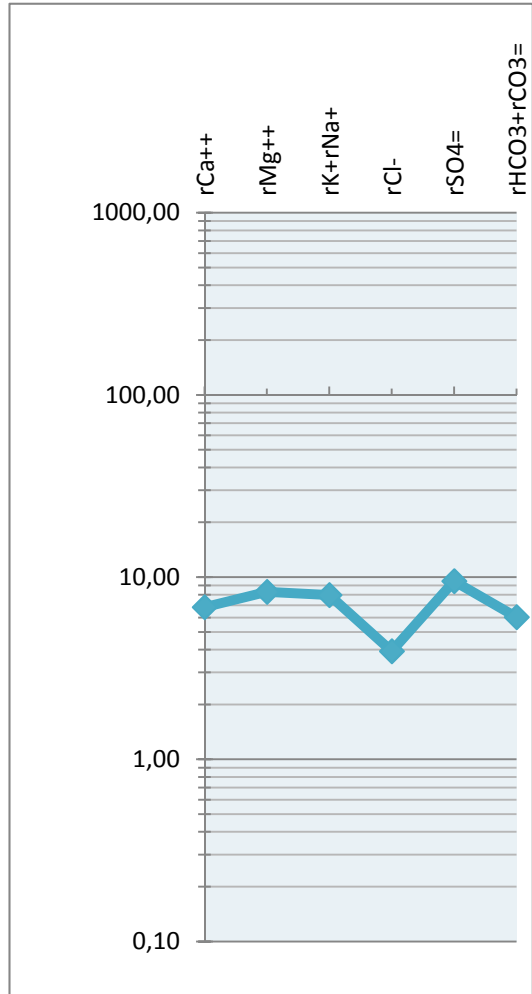
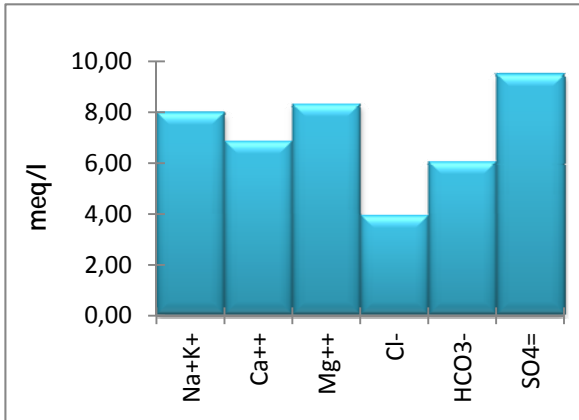
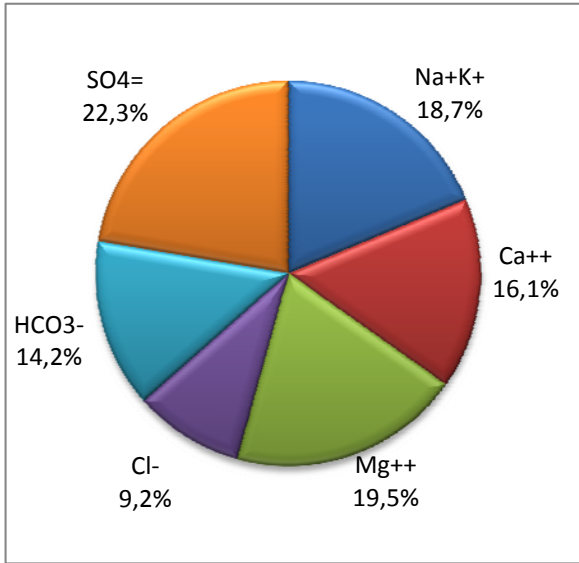
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 8			680714/4221251			pH(-logH)		8.03	
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			21.07.2011	Tunalı (1980)		425		3230	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	9	0.39	7.04	8.5	0.00039	0.0002	0.89	0.0003	
K <sup>+</sup>	1	0.03	0.46	0.9	0.00003	0.0000	0.88	0.0000	
Ca <sup>++</sup>	85	4.24	76.24	80.2	0.00212	0.0042	0.64	0.0014	
Mg <sup>++</sup>	11	0.90	16.26	10.4	0.00045	0.0009	0.66	0.0003	
Cl <sup>-</sup>	3	0.08	0.50	0.3	0.00008	0.0000	0.88	0.0001	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1025	16.80	99.13	99.4	0.01680	0.0084	0.89	0.0149	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	3	0.06	0.37	0.3	0.00003	0.0001	0.62	0.0000	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				5.563	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				106.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				16.950	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				1031.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				22.514	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				1137.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.014	% e (Hata Yüzdesi)				-50.58
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0.244	Sertlik (Fr)				25.73
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.005	rCa/rMg Oranı				4.69
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.496	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-2.97
SID (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.176	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı)				-2.04
Fo (Köpürme Katsayısı)				26.3	Si (mg / l)				9.50
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-HCO <sub>3</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)				0.02



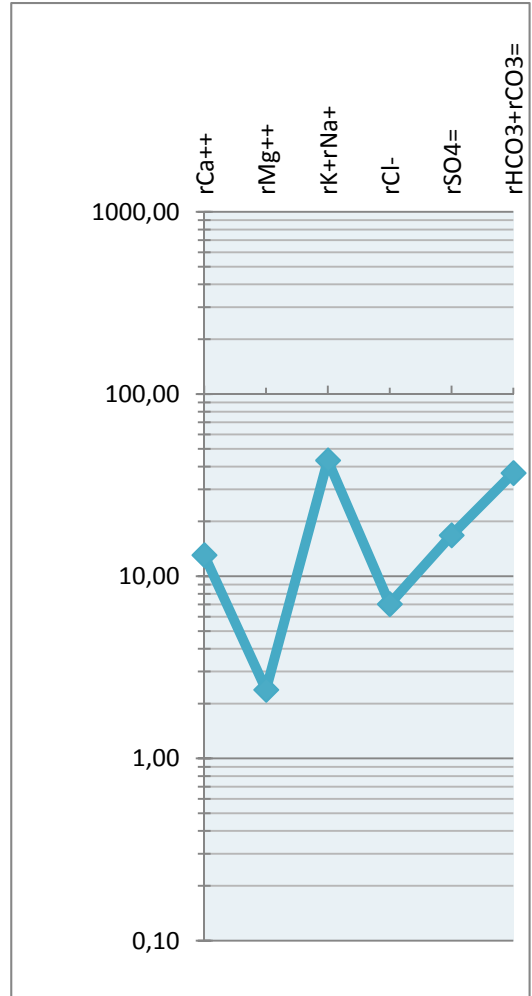
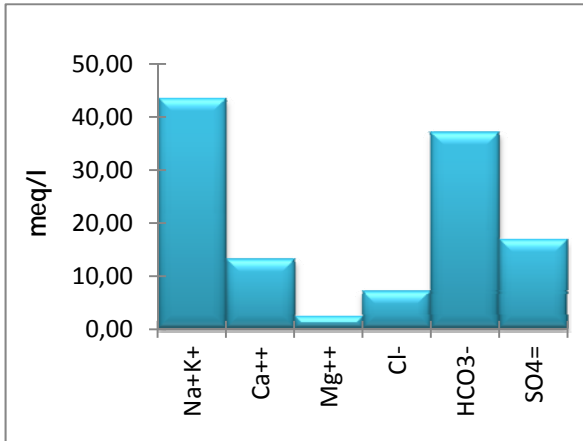
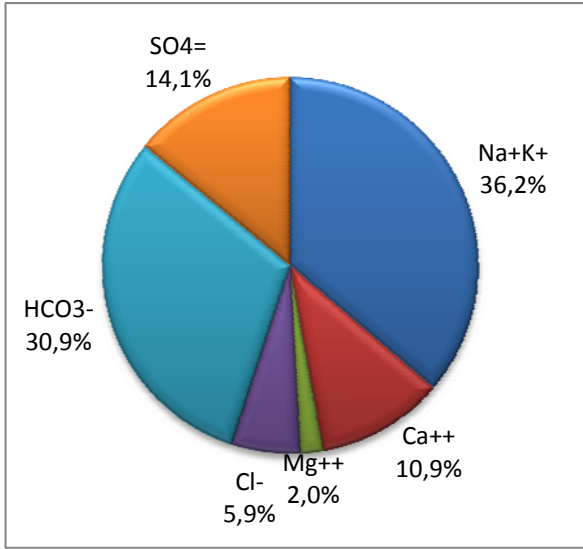
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 9			680623/4221320			pH(-logH)		9.07	
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			21.07.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		522
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	40	1.74	28.68	34.5	0.00174	0.0009	0.88	0.0015	
K <sup>+</sup>	14	0.36	5.92	12.1	0.00036	0.0002	0.88	0.0003	
Ca <sup>++</sup>	35	1.75	28.79	30.2	0.00087	0.0017	0.63	0.0005	
Mg <sup>++</sup>	27	2.22	36.61	23.3	0.00111	0.0022	0.64	0.0007	
Cl <sup>-</sup>	37	1.04	5.40	3.3	0.00104	0.0005	0.88	0.0009	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1020	16.72	86.52	90.1	0.01672	0.0084	0.88	0.0148	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	75	1.56	8.08	6.6	0.00078	0.0016	0.61	0.0005	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				6.066		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			116.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				19.327		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			1132.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				25.392		Toplam İyon Miktarı (mg/l)			1248.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.015		% e (Hata Yüzdesi)			-52.22
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				1.235		Sertlik (Fr)			19.83
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.057		rCa/rMg Oranı			0.79
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				2.137		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-1.98
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				2.205		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı			-3.08
Fo (Köpürme Katsayısı)				135.9		Si (mg / l)			1.40
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Mg-HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)			0.24



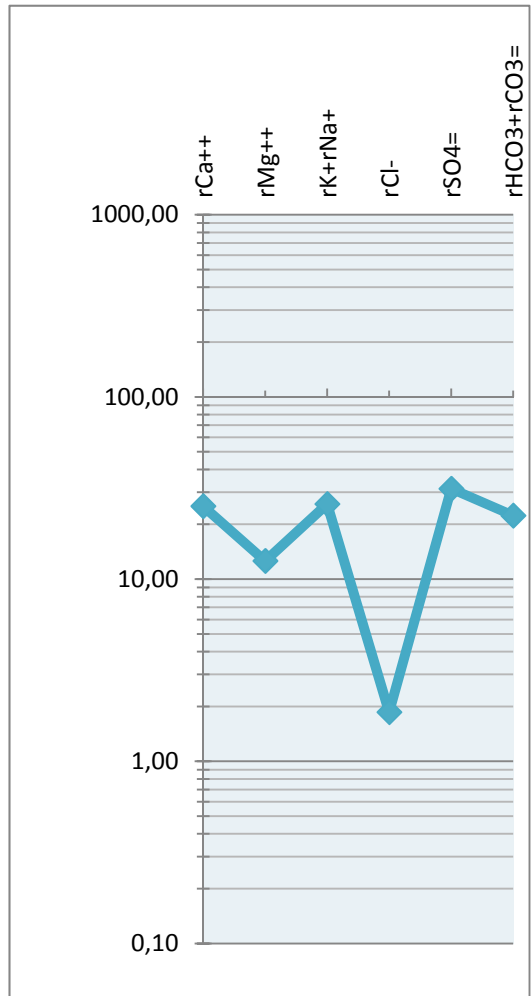
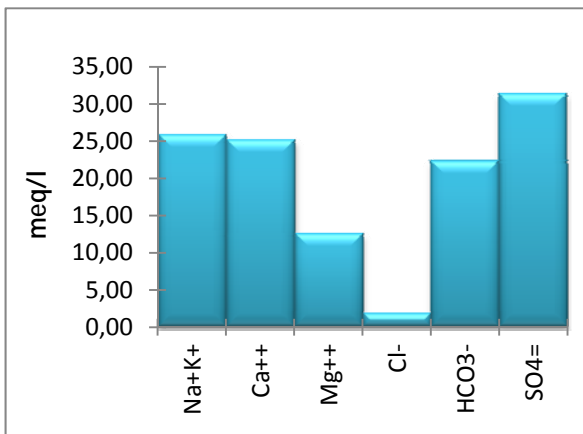
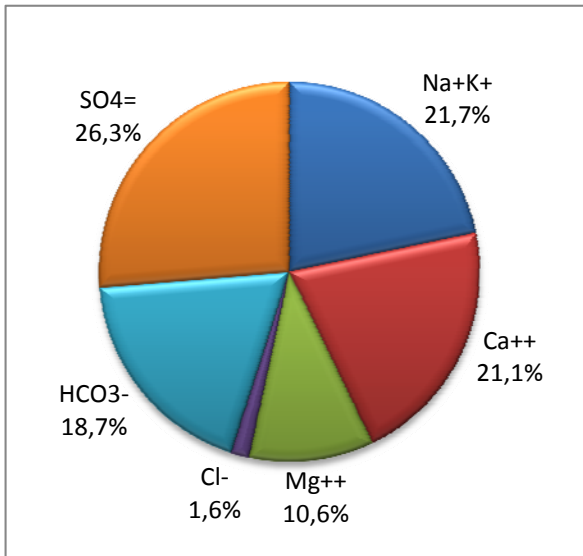
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 10			668425/4202385			pH(-logH)		8.4	
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			06.12.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		1653
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	178	7.74	33.49	41.9	0.00774	0.0039	0.84	0.0065	
K <sup>+</sup>	9	0.23	1.00	2.1	0.00023	0.0001	0.83	0.0002	
Ca <sup>++</sup>	137	6.84	29.57	32.2	0.00342	0.0068	0.53	0.0018	
Mg <sup>++</sup>	101	8.31	35.93	23.8	0.00415	0.0083	0.56	0.0023	
Cl <sup>-</sup>	139	3.92	20.14	14.4	0.00392	0.0020	0.83	0.0033	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	368	6.03	31.02	38.2	0.00603	0.0030	0.84	0.0051	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	456	9.50	48.84	47.4	0.00475	0.0095	0.50	0.0024	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				23.116		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			425.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				19.451		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			963.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				42.566		Toplam İyon Miktarı (mg/l)			1388.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.034		% e (Hata Yüzdesi)			8.61
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				2.814		Sertlik (Fr)			75.71
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.252		rCa/rMg Oranı			0.82
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.526		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-0.75
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.589		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı			-2.87
Fo (Köpürme Katsayısı)				498.0		Si (mg / l)			17.30
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Mg-Na-Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)			0.42



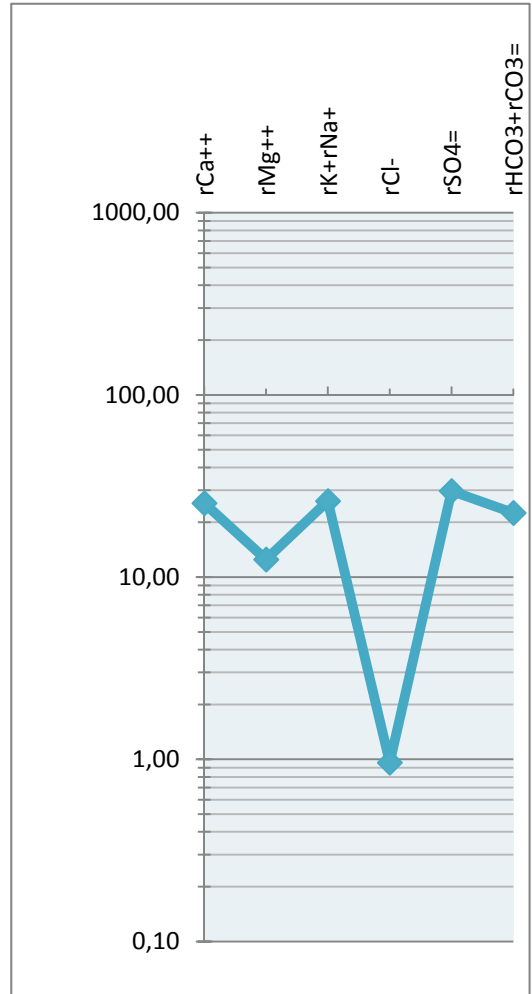
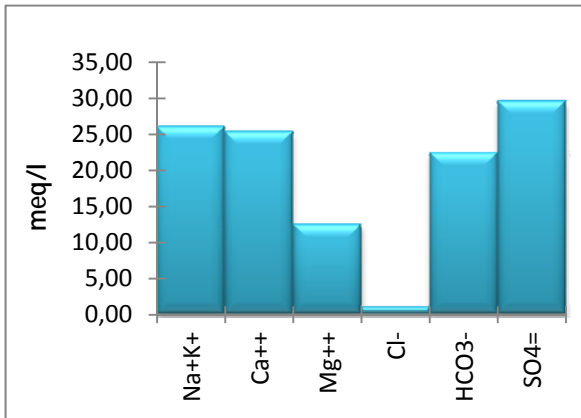
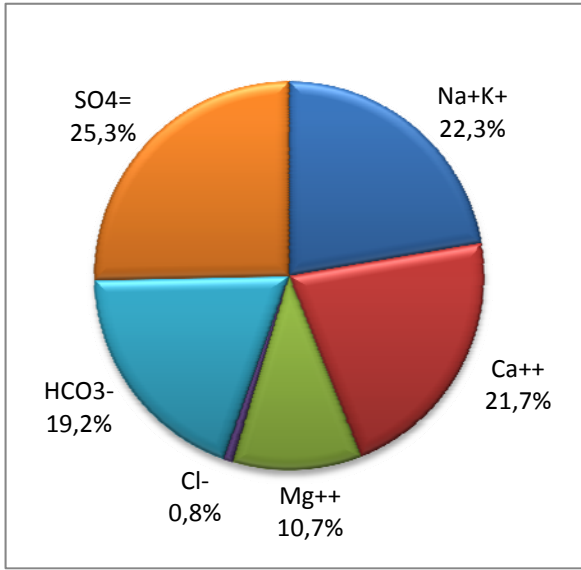
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 11			670682/4204087			pH(-logH)		7.12
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			06.12.2011	Tunalı (1980)		490		3230
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC
Na <sup>+</sup>	908	39.50	67.20	67.4	0.03950	0.0197	0.79	0.0312
K <sup>+</sup>	149	3.82	6.50	11.1	0.00382	0.0019	0.78	0.0030
Ca <sup>++</sup>	262	13.07	22.24	19.4	0.00654	0.0131	0.43	0.0028
Mg <sup>++</sup>	29	2.38	4.06	2.2	0.00119	0.0024	0.47	0.0006
Cl <sup>-</sup>	250	7.05	11.60	7.6	0.00705	0.0035	0.78	0.0055
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2251	36.90	60.73	68.0	0.03690	0.0185	0.79	0.0291
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	807	16.81	27.67	24.4	0.00841	0.0168	0.39	0.0033
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				58.775	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			1348.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				60.761	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			3308.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				119.535	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			4656.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.076	% e (Hata Yüzdesi)			-1.66
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				14.206	Sertlik (Fr)			77.29
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.131	rCa/rMg Oranı			5.48
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.197	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-0.42
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.856	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı			-0.84
Fo (Köpürme Katsayısı)				2746.7	Si (mg / l)			93.50
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			9.90



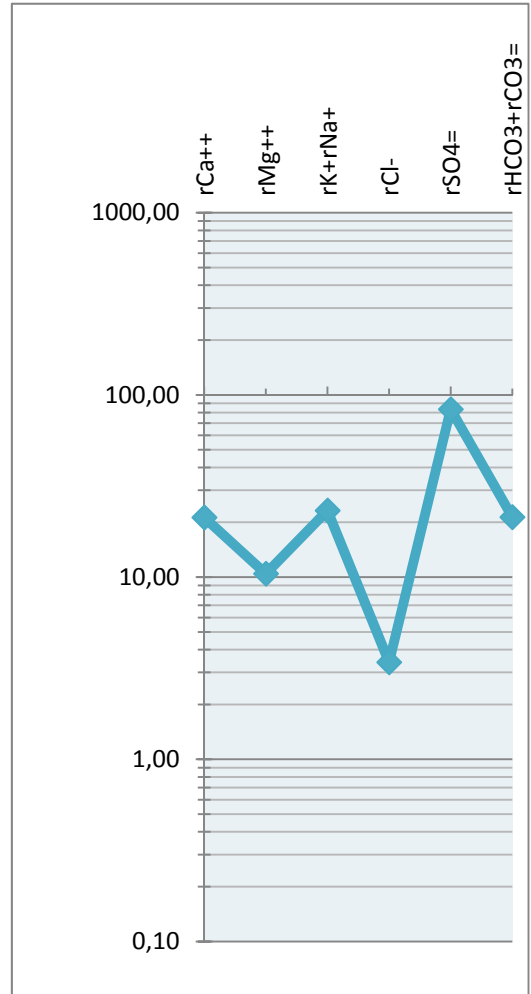
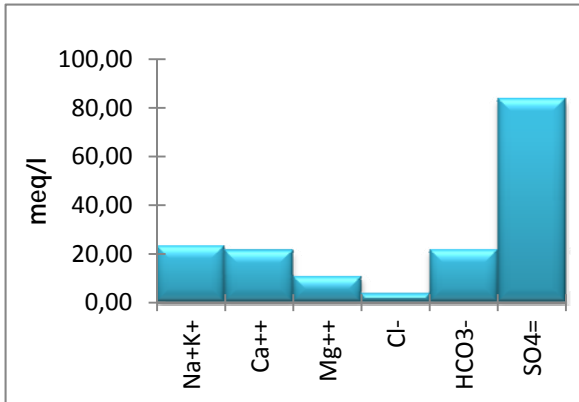
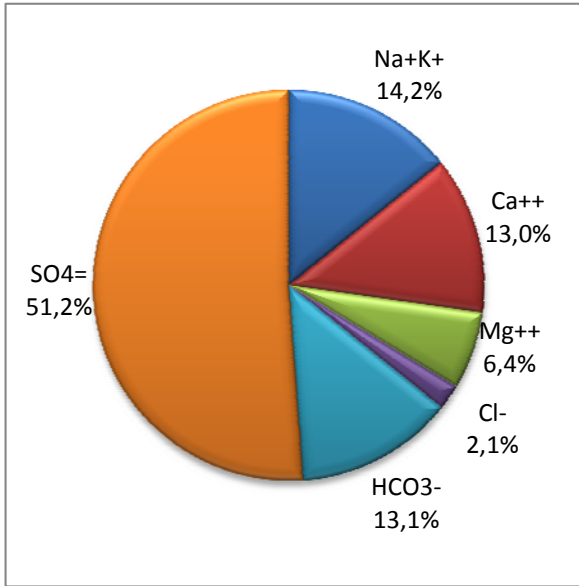
Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 12A			677528/4207113			pH(-logH)		6.6		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			03.05.2011		Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		4800	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	557	24.23	38.11	43.6	0.02423	0.0121	0.77	0.0188		
K <sup>+</sup>	63	1.62	2.54	4.9	0.00162	0.0008	0.76	0.0012		
Ca <sup>++</sup>	504	25.15	39.56	39.5	0.01257	0.0251	0.41	0.0051		
Mg <sup>++</sup>	153	12.58	19.79	12.0	0.00629	0.0126	0.45	0.0028		
Cl <sup>-</sup>	66	1.86	3.35	2.3	0.00186	0.0009	0.76	0.0014		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1361	22.31	40.20	46.4	0.02231	0.0112	0.77	0.0173		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1504	31.33	56.45	51.3	0.01567	0.0313	0.36	0.0056		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				63.575		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				1277.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				55.505		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2931.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				119.080		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				4208.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.094		% e (Hata Yüzdesi)				6.78
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				5.578		Sertlik (Fr)				188.66
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.035		rCa/rMg Oranı				2.00
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.708		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				0.07
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.590		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.54
Fo (Köpürme Katsayısı)				1628.1		Si (mg / l)				53.90
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				11.00



Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 12B			677528/4207113			pH(-logH)		6.16	
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			06.12.2011			Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC	
Na <sup>+</sup>	563	24.49	38.22	43.7	0.02449	0.0122	0.78	0.0190	
K <sup>+</sup>	64	1.64	2.56	5.0	0.00164	0.0008	0.76	0.0012	
Ca <sup>++</sup>	510	25.45	39.72	39.6	0.01272	0.0254	0.41	0.0052	
Mg <sup>++</sup>	152	12.50	19.51	11.8	0.00625	0.0125	0.45	0.0028	
Cl <sup>-</sup>	34	0.96	1.80	1.2	0.00096	0.0005	0.76	0.0007	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1372	22.49	42.31	48.4	0.02249	0.0112	0.78	0.0174	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1426	29.71	55.89	50.4	0.01485	0.0297	0.36	0.0054	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				64.079		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				53.158		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				117.237		Toplam İyon Miktarı (mg/l)			
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.092		% e (Hata Yüzdesi)			
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				5.622		Sertlik (Fr)			
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.018		rCa/rMg Oranı			
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.280		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.157		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı			
Fo (Köpürme Katsayısı)				1646.3		Si (mg / l)			
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Na-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)			
						7.45			

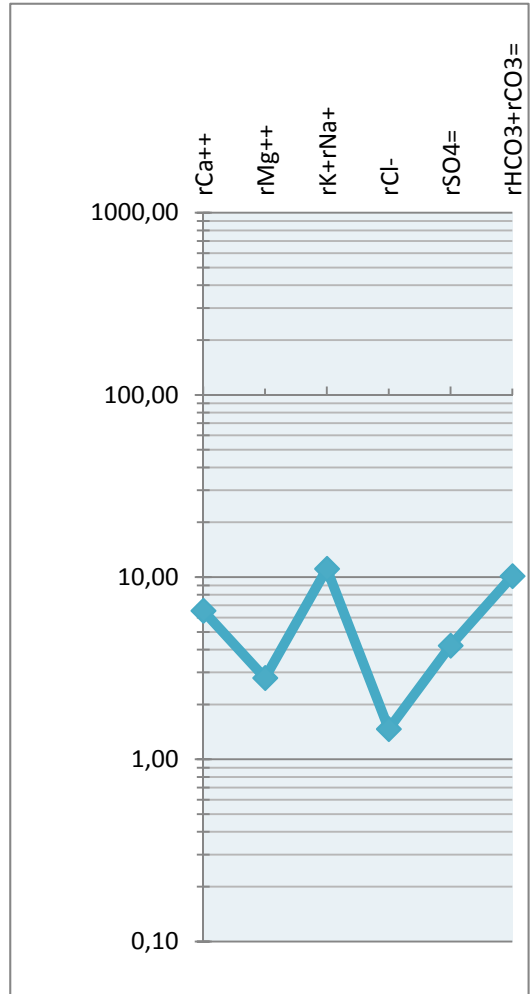
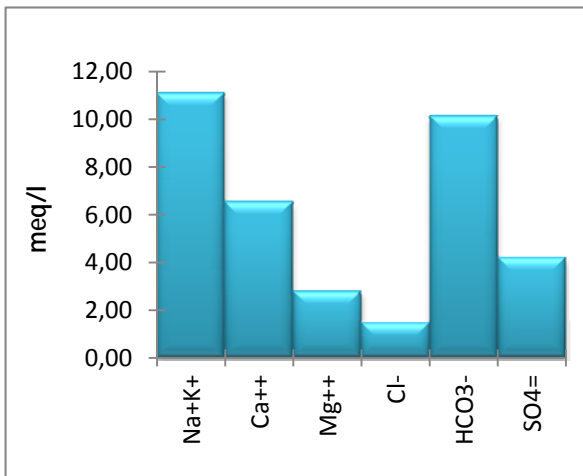
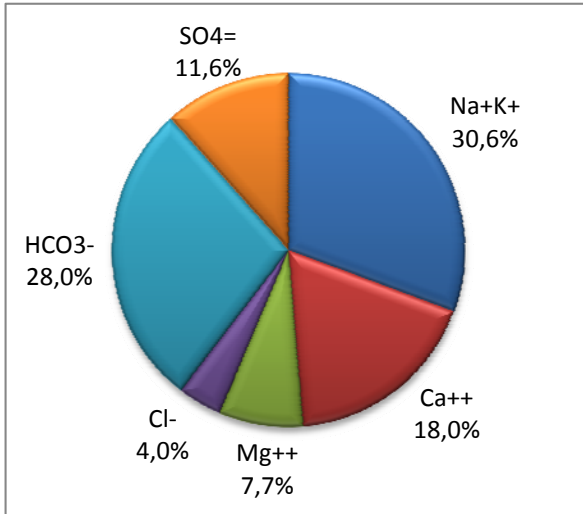


Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 12C			677528/4207113			pH(-logH)		6.6		
Örneklenme Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012	Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		4050		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	490	21.31	38.83	43.9	0.02131	0.0107	0.75	0.0159		
K <sup>+</sup>	73	1.87	3.41	6.5	0.00187	0.0009	0.73	0.0014		
Ca <sup>++</sup>	426	21.26	38.73	38.2	0.01063	0.0213	0.37	0.0039		
Mg <sup>++</sup>	127	10.44	19.03	11.4	0.00522	0.0104	0.41	0.0022		
Cl <sup>-</sup>	121	3.41	3.15	2.2	0.00341	0.0017	0.73	0.0025		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1303	21.36	19.74	24.0	0.02136	0.0107	0.75	0.0159		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	4005	83.44	77.11	73.8	0.04172	0.0834	0.31	0.0129		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				54.887		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				1116.0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				108.209		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				5429.0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				163.096		Toplam İyon Miktarı (mg/l)				6545.0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.139		% e (Hata Yüzdesi)				-32.69
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				5.353		Sertlik (Fr)				158.51
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.033		rCa/rMg Oranı				2.04
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.552		Slj (Jips Doygunluk İndeksi)				0.31
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.435		LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı				-0.58
Fo (Köpürme Katsayısı)				1467.4		Si (mg / l)				62.70
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Na-Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>						B <sup>+++</sup> (mg / l)				7.85





Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 13			672940/4213768			pH(-logH)		7.2		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012	Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		730		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	230	10.00	48.95	52.5	0.01000	0.0050	0.86	0.0086		
K <sup>+</sup>	43	1.10	5.39	9.8	0.00110	0.0006	0.85	0.0009		
Ca <sup>++</sup>	131	6.54	31.98	29.9	0.00327	0.0065	0.57	0.0019		
Mg <sup>++</sup>	34	2.80	13.68	7.8	0.00140	0.0028	0.59	0.0008		
Cl <sup>-</sup>	52	1.47	9.27	6.0	0.00147	0.0007	0.85	0.0012		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	618	10.13	64.10	70.9	0.01013	0.0051	0.86	0.0087		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	202	4.21	26.63	23.2	0.00210	0.0042	0.54	0.0011		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				20.440	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			438.0		
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				15.805	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			872.0		
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				36.245	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			1310.0		
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.025	% e (Hata Yüzdesi)			12.79		
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				4.631	Sertlik (Fr)			46.66		
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.102	rCa/rMg Oranı			2.34		
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0.569	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-1.06		
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0.403	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı			-1.44		
Fo (Köpürme Katsayısı)				706.3	Si (mg / l)			9.90		
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			2.91		



Örnek Adı ve Yeri (X/Y) : 14			672940/4213768			pH(-logH)		8.6		
Örneklem Tarihi ve Kaynak:			19.03.2012	Tunalı (1980)		EC(µmho/cm)		834		
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ <sup>2</sup>	F	AC		
Na <sup>+</sup>	64	2.78	27.74	33.3	0.00278	0.0014	0.88	0.0025		
K <sup>+</sup>	11	0.28	2.81	5.7	0.00028	0.0001	0.88	0.0002		
Ca <sup>++</sup>	82	4.09	40.77	42.7	0.00205	0.0041	0.63	0.0013		
Mg <sup>++</sup>	35	2.88	28.68	18.2	0.00144	0.0029	0.65	0.0009		
Cl <sup>-</sup>	57	1.61	15.08	10.0	0.00161	0.0008	0.88	0.0014		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	369	6.05	56.77	64.7	0.00605	0.0030	0.88	0.0053		
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	144	3.00	28.15	25.3	0.00150	0.0030	0.61	0.0009		
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				10.036	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			192.0		
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				10.656	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			570.0		
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				20.692	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			762.0		
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0.015	% e (Hata Yüzdesi)			-3.00		
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				1.491	Sertlik (Fr)			34.85		
rCl / (rSO <sub>4</sub> +rHCO <sub>3</sub> ) Oranı				0.178	rCa/rMg Oranı			1.42		
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1.596	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-1.32		
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1.536	LogPCO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ) Kısmi Basıncı			-3.05		
Fo (Köpürme Katsayısı)				194.6	Si (mg / l)			1.90		
Hidrokimyasal fasiyesi tipi: Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>					B <sup>+++</sup> (mg / l)			1.06		

