

AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARININ HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı

109573

Kazım Mutlu CANDAŞ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

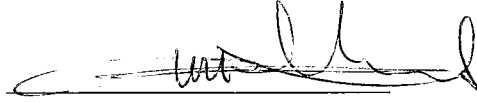
Ocak, 2001

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Mutlu CANDAS, tarafından Doç. Dr. Gültekin TARCAN yönetiminde hazırlanan “Aydın İli Jeotermal Alanlarının Hidrojeokimyasal İncelenmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

109573



Doç. Dr. Gültekin TARCAN

Yönetici



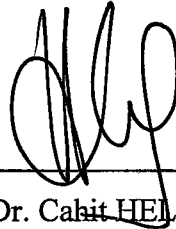
Prof. Dr. Şevki FİLİZ

Juri Üyesi



Doç. Dr. Çoşkun SARI

Juri Üyesi



Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu rapor Aydın İli jeotermal alanlarında yapılmış olan hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmaları kapsamaktadır.

Çalışmalarımı yöneten ve yönlendiren Doç. Dr. Gültekin TARCAN' na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bana tez yazımı sırasında büyük yardımları dokunan sevgili arkadaşım Fuat CİHAN ve bana her konuda desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla,

Kazım Mutlu CANDAŞ

Ocak, 2001

ÖZ

Bu çalışma Aydın İli jeotermal alanlarında yapılan hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmaları kapsamaktadır. Aydın İli merkez olmak üzere doğuya ve batıya uzanan inceleme alanında Menderes Masifi metamorfik kayaları yer almaktadır. Bunlar gnayslar, şistler, metakuvarsitler ve mermerlerdir. Menderes Masifi metamorfiklerini uyumsuzlukla Neojen yaşlı tortullar üstlerler. Bunlar ise çakıldaşı, kumtaşı, kıltaşı birimleridir. Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozu en genç oluşuklardır. Menderes Masifi metamorfik kayalarından gnays, kuvars şist ve karstik mermerler ile bazı alanlarda Neojen yaşlı çakıldaşları jeotermal sistemlerin haznesini oluştururlar. Neojen yaşlı kıltaşı ve çamurtaşı gibi geçirimsiz kayalarda örtü kaya özelliği taşırlar.

Gnayslar çatlaklı olması nedeniyle akifer özelliğinde olup, içme suyu temini edilmektedir. Şistler geçirimsiz kaya özelliği taşırlar. Mermerler erime çatlakları ve karstik boşluklar içermeleriyle akifer özelliği taşırlar. Neojen çakıldaşları gevşek tutturulmuş ve ortağ pekleşmiş özelliği ile akifer karakteri taşırlar. Kumtaşı, kıltaşı ve siltaşı ile ardalanma göstermesi özelliği ile akifer olma özelliği daha zayıftır. İnceleme alanında akifer olma özelliği taşıyan en önemli birim alüvyondur.

İnceleme alanındaki sıcak sular devirli jeotermal sistem özelliği taşırlar. Meteorik sular fay hatları ve tektonik hatlar boyunca yeraltına süzölürler. Graben tektoğine bağılı olarak yüzeye yaklaşan magma tarafından ısıtılır ve sıvılarda yoğunluk farkından dolayı ortaya çıkan konveksiyon ısı akımları ile ısınan sular tektonik hatlar boyunca yükselerek yeryüzüne ulaşrlar. İnceleme alanındaki sıcak suların yüzeye çıkış sıcaklıkları 30-65 °C arasında değişmektedir. Uygulanan çeşitli jeotermometreler yöntemi ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları ise 150-250 °C

arasında değişmektedir. Özellikle Germencik Ömerbeyli jeotermal alanında açılmış olan derin sondaj kuyularında ölçülen sıcaklıklar (203-231 °C) bu hesaplanan hazne sıcaklıklarını doğrulamaktadır.

Yeni, temiz ve tekrarlanabilen enerji kaynaklarından birisi olan jeotermal enerjiden enerji sıkıntısı çekilen yurdumuzda olabildiğince yararlanılması gerekmektedir. Özellikle Germencik Ömerbeyli ve Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanlarının yüksek sıcaklıklar içermeleri sebebiyle başta elektrik üretimi olmak üzere ısıtma, sera ve diğer kullanım alanlarının da yaygınlaştırılması gerekmektedir.

İnceleme alanındaki sıcak sular yüksek bor konsantrasyonu içermektedirler. Borun sıcaklıkla çözünürlüğünün artması ve sıcak suların değişik nedenlerle Büyük Menderes Nehri' ne karışıyor olması, yaklaşık 25.000 km²' lik bir alanı kaplayan Büyük Menderes Havzası' nda bor kirliliği gibi bir tehlikeye de neden olabilir. Bu nedenle havzadaki sıcak su kaynaklarının kullanıldıktan sonra hazneye geri basılmaları (re-enjeksiyon) gerekmektedir.

ABSTRACT

This study is about the hydrogeological and hydrogeochemical investigations of Aydın geothermal fields. In the study area metamorphic rocks of the Menderes massif are outcropped from west to east where Aydın is located at the center. These rocks are, gneisses, schists, metaquartzites and marbles. These rocks are covered by with Neogene aged sedimentary rocks, pebble stones, sandstones, claystones, by an unconformable contact. Quaternary aged alluvium and Slopewash are the youngest units observed in the study area. Gneiss' s, quartzite-schists and carstic marbles of Menderes massif and in some places Neogene aged pebble stones form the reservoir of the geothermal systems. Claystones and mudstones carry the feature of cap rock.

Due to the joints and fractures observed in the gneisses they carry the properties of aquifer and used as drinking water supply. Schist are impermeable rocks. Marbles contain dissolving spaces and have carstic properties and can be stated as aquifer. Neogene pebble stones has loose and low cemented character and aquifer property. Interbedded sandstones, claystones and siltstones have less aquiferic property. The most important unit in the study area is the alluvium as an aquifer.

Thermal waters in the study area represent cycled geothermal system. Meteoric water go under the crust along the tectonic lines and faults. According to the graben tectonics this meteoric water is heated by the rising magma and convection heat currents make it come to the surface along the tectonic lines, due to density difference in the liquids. Surface water temperatures in the study area vary between 30-65 °C. Reservoir temperatures obtained by the different geothermometer methods show 150-250 °C. Especially the temperatures obtained from the deep wells drilled in Germencik, Ömerbeyli prove the calculated reservoir temperatures (203-231 °C).

Geothermal energy, which is new, clean and renewable energy source, must be used in our country as lack of energy still goes on. Especially Germencik Ömerbeyli and Sultanhisar Salavatlı Geothermal fields should be used widely in electricity producing heating, greenhouses, as the have high temperatures.

The thermal waters in the study area show high borate concentration. Due to the high solubility of borate in thermal water and mixing of them to Büyük Menderes River should cause borate pollution in the 25.000 km² Büyük Menderes basin. For this reason thermal water in the area must be re-injected after the usage.



ÖNSÖZ

Aydın İli ilk çağlardan beri verimli toprakları, elverişli iklimi, ticaret yolları üzerinde bulunması ve jeotermal alanlara sahip olması özelliği ile insanlar için önemli bir yerleşim merkezi olmuştur.

Yeni ve yenilebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji yönünden de oldukça zengin bir potansiyele sahip olan Aydın İli jeotermal alanları en yüksek sıcaklığa ve en zengin sahalara sahiptir. 21. Yüzyıla girdiğimiz şu günlerde ülkemizde ki enerji yetersizliği kendini göstermekte, bu durumda ucuz ve aynı zamanda temiz bir enerji kaynağı olan jeotermal enerjiden daha çok yararlanılması gerekliliğini göstermektedir. Jeotermal alanlar bugünkü konum itibariyle bölge halkı tarafından sağlık amaçlı yıkanmalar dışında kullanılamamaktadır. Bu kullanılamamasının en büyük nedenlerinden birisi jeotermal akışkanların kimyasal yapılarının çevreye ve tarıma olabilecek olumsuz etkileridir.

Bu alanlarda başta MTA' lı araştırmacılar olmak üzere bir çok araştırmacı tarafından araştırmalar yapılmıştır. Ancak son yıllarda yeni yapılmış kimyasal analizler bulunmadığından, Aydın İli Jeotermal Alanlarının Hidrojeokimyasal İncelenmesi isimli proje çalışmalarımı alanın kimyasal analizleri güncelleştirilmiş ve jeotermal yapıların çevreye ve tarıma olabilecek etkileri irdelenerek belirli yaklaşımlar getirilmiştir. Yapmış olduğum bu çalışmaların Aydın halkı ve Aydın İli için yararlı olacağı düşüncesiyle projenin ortaya çıkmasını sağlayan projeyi yöneten ve yönlendiren Doç. Dr. Gültekin TARCAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
TABLolar LİSTESİ	xviii

Bölüm-1 **GİRİŞ**

1.1	Çalışma Alanının Yeri	1
1.2	Amaç ve Kapsam	1
1.3	Uygulanan Yöntemler	3
	1.3.1. Sülfat Tayini	4
	1.3.2. Klorür Tayini	4
	1.3.3. HCO_3^- ve $\text{CO}_3^{=}$ Tayini	5
	1.3.4. Ca^{++} ve Mg^{++} Tayini	5
	1.3.5. Bor Tayini	6
1.4	Aydın İli' nin Coğrafik Konumu	7
	1.4.1. Dağlar	7
	1.4.2. Ovalar	7
	1.4.2.1. Pamuk	7
	1.4.2.2. Zeytin	8
	1.4.2.3. İncir	8
	1.4.3. Akarsular	8
	1.4.4. Göller	9
	1.4.5. İklim	10
1.5	Aydın İli' nin Tarihçesi	10

1.6	Önceki Çalışmalar	13
-----	-----------------------------	----

Bölüm-2

JEOLOJİ

2.1	Bölgesel Jeoloji	15
2.1.1	Aydın Ilıcabaşı ve İmamköy Jeotermal Alanının Jeolojisi	17
2.1.2	Aydın Sultanhisar Salavatlı Jeotermal Alanının Jeolojisi	20
2.1.3	Aydın Germencik Ömerbeyli Jeotermal Alanının Jeolojisi	23
2.2	Paleozoik Yaşlı Kayalar	26
2.2.1	Gnayslar	26
2.2.2	Şistler	26
2.2.3	Mermerler	27
2.2.4	Kuvarsitler	27
2.3	Senozoyik Yaşlı Kayalar	28
2.3.1	Çakıltası Kumtaşı Kıltaşı Birimleri	28
2.3.2	Alüvyon ve Yamaç Molozu	29

Bölüm-3

AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARININ HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ

3.1	Kaya Birimlerinin Hidrojeolojik Özellikleri	30
3.1.1	Gnays Birimi	30
3.1.2	Şist Birimi	30
3.1.3	Mermer Birimi	31
3.1.4	Çakıltası, Kumtaşı, Kıltaşı Birimleri	31
3.1.5	Alüvyon	31

3.2	Aydın İli Jeotermal Alanları	32
3.2.1	Aydın İli Jeotermal Alanlarının Oluşumu	33
3.2.2	Aydın Ilıcabaşı Jeotermal Alanı	34
3.2.3	Aydın İmamköy Jeotermal Alanı	38
3.2.4	Aydın Sultanhisar Salavatlı Jeotermal Alanı	41
3.2.5	Aydın Germencik Ömerbeyli Jeotermal Alanı	43

Bölüm-4

AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

4.1	Temel Jeokimyasal Hesaplamalar	47
4.1.1.	İyonlaşma Gücü (I)	48
4.1.2.	İyon Etkinliği (AC)	49
4.1.3.	İyon Etkinlik Katsayısı (F)	49
4.2	İnceleme Alanında Örnek Alınan Su Noktaları	51
4.3	Doğal İzotoplarla (O^{18} , H^2 , H^3) Suyun Yaşı ve İzlediği Yolu Araştırılması	73
4.3.1.	Tritiyum (H^3)	73
4.3.2.	O^{18} ve D (H^2) Kararlı İzotopları	74
4.4	Jeotermal Sistemlerde Hazne Kaya Sıcaklıklarının Saptanması	78
4.4.1.	Kimyasal Jeotermometreler	79
4.4.1.1.	Kalitatif Kimyasal Jeotermometreler	79
	- SiO_2	79
	- Klorür	79
	- B, NH_4 , H_2S , Hg, Cl, Na, K, Li, Rb, Cs, As	80
	- Na / K Oranı	80
	- Traverten Çökelmeleri	80
	- Cl / $HCO_3 + CO_3$)	80
	- Mg ve Mg / Ca Oranı	80

- Cl / SO ₄	80
- Cl / F Oranı	80
- H ₂ / Diğer Gazlar (Buhar Dışında) Oranı	81
4.4.1.2. Kantitatif Kimyasal Jeotermometreler	81
4.4.1.2.1. Çözünürlüğe Bağlı Jeotermometreler	82
- Silis Jeotermometresi	82
- Silis Jeotermometre Bağıntılarının Çıkarılışı ..	83
4.4.1.2.2. İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreler	86
- Na / K Jeotermometresi	86
- Na - K - Ca Jeotermometresi.	88
- Na - K - Ca Jeotermometresinde Magnezyum Düzeltmesi	88
4.4.1.2.3. İyon Etkinliğine Bağlı Jeotermometreler	89
- İyon Etkinliğine Bağlı Na / Li Jeotermometresi	90
4.5 Su Kimyası	90
4.5.1. Suların Kimyasal Özellikleri	90
4.5.2. Suların Elektriksel İletkenliği	91
4.5.3. Suların Sertliği	92
4.5.4. Suların Kalsit, Dolomit, Jips Doygunluğu ve CO ₂ Gaz Basıncı	94
4.5.4.1. Kalsit Doygunluk İndeksi (SI _c)	94
4.5.4.2. Dolomit Doygunluk İndeksi (SI _d)	96
4.5.4.3. Jips Doygunluk İndeksi (SI _j)	97
4.5.4.4. Suda Çözünmüş Kısmi CO ₂ Basıncının (PCO ₂) Saptanması .	98
4.6 Suların Kimyasal Sınıflaması	99
4.6.1. Çözünmüş Toplam Katı Maddelere Göre Sınıflanması	100
4.6.2. Schoeller Sınıflaması	101
4.6.2.1. Klorür Derişimi	101
4.6.2.2. Sülfat Derişimi	101
4.6.2.3. Karbonat + Bikarbonat Derişimi	102
4.7 Suların Kullanma Özellikleri	102
4.7.1. Suların İçme Özellikleri	102

4.7.2. Suların Sulama Özellikleri	104
4.7.2.1. Sodyum Tehlikesi (SAR)	106
4.7.2.2. Sulama Sularının Wilcox' a Göre Sınıflaması	107
4.7.2.3. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	110
4.7.2.3.1. Genel Tuzluluk Özellikleri	110
4.7.2.3.2. Sodyum Tehlikesi Özellikleri	110
4.7.3. Suların Endüstride Kullanılma Özellikleri	112

Bölüm-5

JEOTERMAL ALANLARDAN KAYNAKLANAN BOR KİRLİLİĞİ

5.1 Bor Kirliliği	115
5.2 Bor Kirliliği İle İlgili Alınması Gerekli Tedbirler	121
5.2.1. Reenjeksiyon	122

Bölüm-6

JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM ALANLARI

6.1 Jeotermal Enerji' nin Kullanım Alanları	124
6.1.1. Jeotermal Enerjinin Dünya' da ve Türkiye' de Kullanımı	126
6.1.2. Jeotermal Enerjinin Aydın İlin' deki Kullanımı	128

Bölüm-7

SONUÇLAR

Bölüm-8

KAYNAKÇA

**EK-1 AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARINDA AÇILAN SONDAJLARIN
KİMYASAL ANALİZLERİ (Erişen ve diğ., 1996)**

**EK-2 AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARINDA AÇILAN SONDAJLARIN
KUYU LOGLARI (Kılış ve diğ., 1996)**



ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası	2
Şekil 2.1 Aydın İli' nin genelleştirilmiş jeoloji haritası (Sarıkaya, 1994' den değiştirilerek)	16
Şekil 2.2 Aydın Ilıcabaşı İmamköy jeotermal alanının jeoloji haritası (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)	18
Şekil 2.3 Aydın Ilıcabaşı İmamköy jeotermal alanlarının genelleştirilmiş kolon kesiti (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)	19
Şekil 2.4 Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanının jeoloji haritası (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)	21
Şekil 2.5 Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)	22
Şekil 2.6 Germencik Ömerbeyli jeotermal alanının jeoloji haritası (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek).	24
Şekil 2.7 Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek).	25
Şekil 2.8 Aydın İmamköy kuzeyindeki gnayslar içinde gözlenen metakuvarsit merceğinden görünüm	26
Şekil 2.9 Aydın Sultanhisar Salavatlı kaplıcası çevresindeki şistlerden görünüm	27
Şekil 2.10 Aydın İmamköy kuzeyi Neojen çökellerinden çakıltası kumtaşı kıltaşı ardalanması bir görünüm	28
Şekil 3.1 Aydın İli jeotermal alanları (Kılıkış ve diğ., 1996)	32
Şekil 3.2 Jeotermal alanların oluşum mekanizması (Filiz ve diğ., 1998)	34
Şekil 3.3 Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanının yer bulduru haritası (Kılıkış ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)	36

Şekil 3.4	Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanında açılmış Ayter 2 sondajından bir görünüm	35
Şekil 3.5	Aydın İmamköy araştırma (İ-1) kuyusu muhtemel logu (Tıkr., 2000). 39	
Şekil 3.6	Aydın Yılmazköy araştırma (Y-1) kuyusu muhtemel logu (Tıkr., 2000).	40
Şekil 3.7	Aydın Sultanhisar Salavatlı kaplıcasından bir görünüm	41
Şekil 3.8	Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanı içinde açılan AS-1 nolu sondaj kuyusundan bir görünüm	42
Şekil 3.9	Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içinde açılan sondajların yer bulduru haritası (Kılıks ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)	45
Şekil 3.10	Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içinde açılan ÖB-1 nolu sondaj kuyusundan bir görünüm	46
Şekil 3.11	Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içinde açılan ÖB-8 nolu sondaj kuyusundan bir görünüm, arka fonda Menderes Masifi metamorfikleri	46
Şekil 4.1	Ayter 1 nolu su noktasından bir görünüm	51
Şekil 4.2	Ayter 2 nolu su noktasından bir görünüm	52
Şekil 4.3	Ayter 2 nolu su noktasında görülen kabuklaşmalar	53
Şekil 4.4	Salavatlı sarısudan bir görünüm	54
Şekil 4.5	İmamköy kuzeyindeki kaynaktan bir görünüm	55
Şekil 4.6	İmamköy kuzeyindeki kaynağın, eski kaynak çıkış gözeleri ve alterasyon ürünleri.	55
Şekil 4.7	İmamköy Ilıcası 1. kaynağın tesislerinden görünüm	56
Şekil 4.8	İmamköy Ilıcası 2. kaynağın tesislerinden görünüm	57
Şekil 4.9	Bozköy (Germencik) kaplıcası kaynağından görünüm	58
Şekil 4.10	Çamur kaynağından (Germencik) bir görünüm	58
Şekil 4.11	Yağış ve doğal sularda O^{18} ile $D(H^2)$ ilişkileri (Şahinci, 1991)	76
Şekil 4.12	Germencik Ömerbeyli jeotermal alanındaki su noktalarının O^{18} ve H^2 diyagramındaki yeri (Şimşek ve diğ., 2000).	77
Şekil 4.13	Sıcaklık ($^{\circ}C$) ve SiO_2 (mg/l) çözünürlüğü	83
Şekil 4.14	Schoeller' e göre suların içilebilirlik diyagramı	105

Şekil 4.15	Wilcox diyagramına göre sulama sularının sınıflanması	109
Şekil 4.16	ABD Tuzluluk diyagramına göre sulama sularının sınıflanması	111
Şekil 5.1	Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı çevresindeki incir bahçelerinden bir görünüm	117
Şekil 5.2	Aydın İmamköy jeotermal alanı çevresindeki zeytin bahçelerinden bir görünüm	117
Şekil 5.3	Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanı çevresindeki narenciye bahçelerinden bir görünüm	121
Şekil 5.4	Jeotermal atık suların reenjeksiyon yöntemiyle geri basımı (Filiz ve diğ., 1998)	123
Şekil 6.1	Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre doğrudan kullanım alanları (Kılıkış ve diğ., 1996)	125



TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 Aydın İli sınırları içindeki su kaynakları (Uyar ve diğ., 1998)	9
Tablo 1.2 Aydın İli' nin 1929-1990 yılları meteorolojik değışkenleri (Uyar ve diğ., 1998).	11
Tablo 1.3 Aydın İli' nin 1929-1990 yılları meteorolojik değışkenleri (Uyar ve diğ., 1998' den değıştirilerek)	11
Tablo 3.1 Alüvyonda D.S.İ' nin açmış olduğı sondaj kuyuları (DSİ., 2000) . . .	31
Tablo 3.2 Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanında açılan sondajlar (Erişen ve diğ., 1996)	34
Tablo 3.3 Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanında açılan sondajlar (Erişen ve diğ., 1996)	41
Tablo 3.4 Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanında açılan sondajlar (Erşen ve diğ., 1996)	44
Tablo 4.1 Ayter-1 su noktasının kimyasal özellikleri	60
Tablo 4.2 Ayter-2 su noktasının kimyasal özellikleri	61
Tablo 4.3 Salavatlı sarısu kimyasal özellikleri	62
Tablo 4.4 Salavatlı çeşmesi kimyasal özellikleri	63
Tablo 4.5 İmamköy kuzeyi kaynağının kimyasal özellikleri	64
Tablo 4.6 İmamköy ılıcası 1. kaynağın kimyasal özellikleri	65
Tablo 4.7 İmamköy ılıcası 2.kaynağın kimyasal özellikleri	66
Tablo 4.8 Bozköy kaplıca kaynağının kimyasal özellikleri	67
Tablo 4.9 Çamur kaynağı kimyasal özellikleri	68
Tablo 4.10 Hıdırbeyli göleti yüzey suyu kimyasal özellikleri	69
Tablo 4.11 Geçmiş yıllarda yapılan kimyasal analizler	70
Tablo 4.12 Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içindeki sıcak suların ^{18}O , $^2\text{H}=\text{D}$ ve $^3\text{H}=\text{T}$ izotop analizleri	77

Tablo 4.13	Bir litre suda çözünen deneysel silis miktarı (Fournier and Potter, 1982)	82
Tablo 4.14	İnceleme alanındaki suların SiO ₂ miktarına göre hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları	85
Tablo 4.15	Na-K jeotermometresine göre saptanan hazne kaya sıcaklıkları	87
Tablo 4.16	İnceleme alanındaki suların iyon etkinliğine bağlı Na/Li jeotermometresine göre hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları	90
Tablo 4.17	Suların elektriksel iletkenliğine göre sınıflaması	91
Tablo 4.18	Suların Fransız sertliğine göre sınıflaması	93
Tablo 4.19	İnceleme alanındaki suların sertliklerine göre sınıflaması	93
Tablo 4.20	İnceleme alanındaki suların kalsit doyma indeksleri (SIc) ve yorumları	95
Tablo 4.21	İnceleme alanındaki suların dolomit doyma indeksleri (SID) ve yorumları	97
Tablo 4.22	İnceleme alanındaki suların jips doyma indeksleri (SIj) ve yorumları	98
Tablo 4.23	İnceleme alanındaki suların kısmi CO ₂ gaz basınçları (P _{CO2}) ve yorumları	99
Tablo 4.24	Su içinde çözülmüş iyonların toplam miktarlarına göre suların sınıflaması	100
Tablo 4.25	İnceleme alanındaki suların suda çözülmüş toplam iyon miktarına göre sınıflaması ve yorumu.	100
Tablo 4.26	İnceleme alanındaki suların kimyasal analiz sonuçlarına göre içilebilme özellikleri	103
Tablo 4.27	% SAR' a göre sulama suların sınıflaması	106
Tablo 4.28	İnceleme alanındaki suların % SAR' a göre sınıflaması	107
Tablo 4.29	Sulama sularının Wilcox' a göre sınıflaması (Şahinci, 1991).	107
Tablo 4.30	Sulama sularının Wilcox sınıflamasında bor miktarına göre sınıflanması	108
Tablo 4.31	İnceleme alanındaki su noktalarının sulama amaçlı Wilcox sınıflamasındaki yeri	108
Tablo 4.32	Suların köpürme özelliğinin sınıflaması	113

Tablo 4.33	İnceleme alanındaki suların köpürme özelliği	113
Tablo 4.34	Sudaki sülfat miktarına göre betonların etkime dereceleri	114
Tablo 4.35	İnceleme alanındaki su noktalarının sülfat miktarına göre betonların etkime dereceleri	114
Tablo 5.1	Bitkilerin bor mineraline karşı duyarlılıkları (Oruç, 1994' den değiştirilerek	116
Tablo 5.2	Büyük Menderes Nehri bor düzeyleri ppm(Oruç, 1994).	118
Tablo 5.3	İnceleme alanındaki bor değerleri	119
Tablo 5.4	Geçmiş yıllarda açılan sondajlardaki bor konsantrasyonları (Erişen ve diğ., 1996)	120



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Aydın İli 37-38 kuzey paralelleri ile 27-29 doğu meridyenleri arasındadır. Doğudan Denizli, batıdan Ege Denizi, güneyden Muğla, kuzeyden İzmir ve kuzeydoğudan Manisa illeri ile çevrilidir.

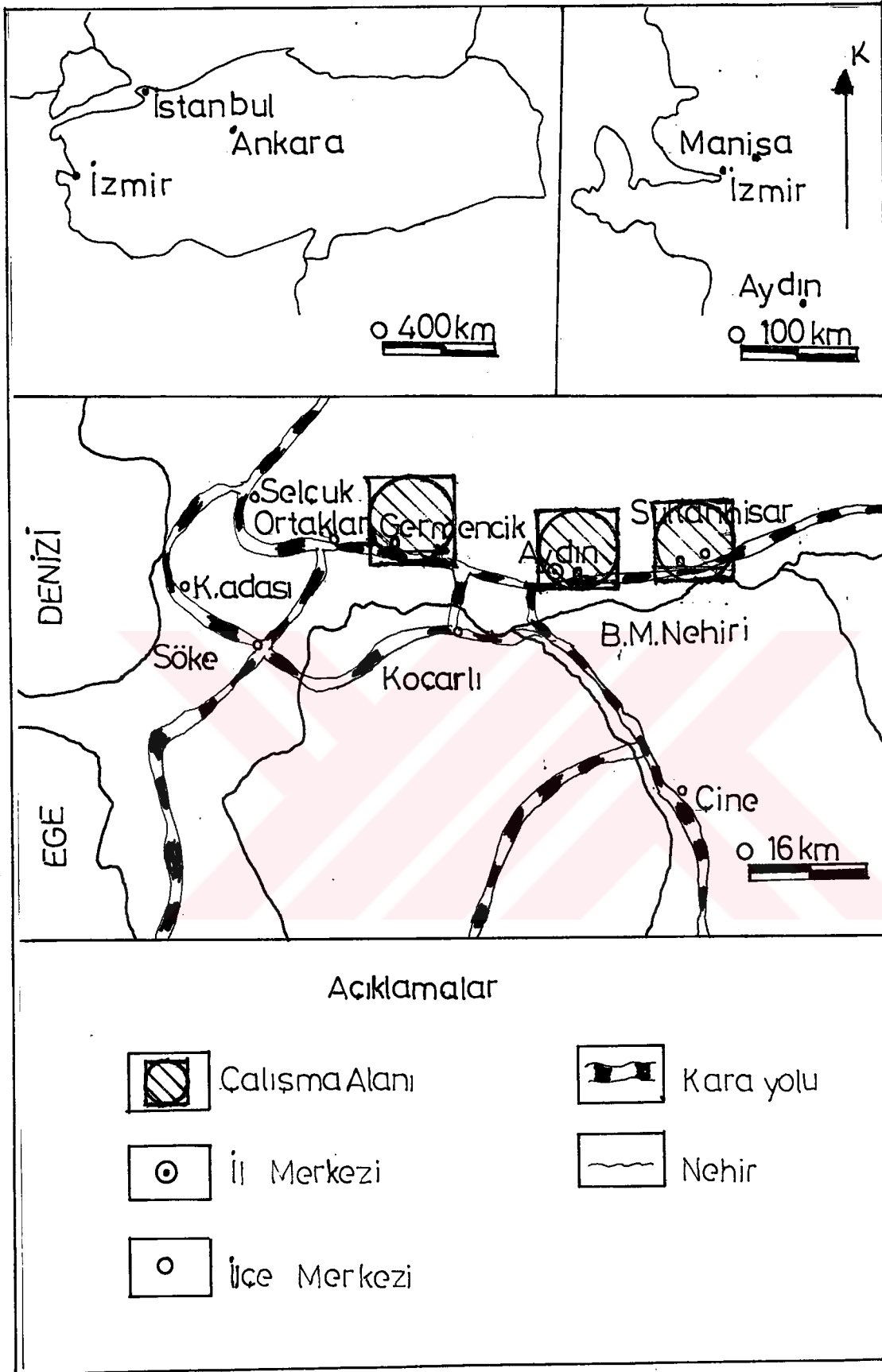
Aydın İli verimli toprakları, ılımlı Akdeniz iklimi ile yurdumuzda başta pamuk ve tütün olmak üzere endüstri bitkilerinin en çok yetiştirildiği zengin bir ildir. Aydın İli topraklarından geçen Büyük Menderes Nehri' nin alüvyonlu vadilerinde dünyanın en nefis incirleri yetiştirilir. Büyük Menderes Havzası' nın iki tarafını meydana getiren yüksekliklerin tamamı zeytin ağaçları ile kaplıdır.

1.1 Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Büyük Menderes Grabeni' nin kuzey kesimindedir. Aydın İli merkez olmak üzere doğuya doğru İmamköy, Sultanhisar, Salavatlı, batıya doğru Germencik, Ömerbeyli ilçe ve köylerini içine alır (Şekil 1.1). Aydın Ilıcabaşı ve İmamköy jeotermal alanları Aydın M 19/b3, Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanı Aydın M 20/a2, Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı Aydın M 19/a1-a3-a4 paftalarında yer alır.

1.2 Amaç ve Kapsam

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası

Yapılan çalışmalarda inceleme alanında bulunan sıcak ve soğuk sulardan örnekler alınmıştır. Alınan su örneklerinin kimyasal analizleri yapılarak geçmiş yıllardaki analizlerle karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışmada, yeraltı suyu taşıyan birimlerin hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca alandaki sıcak su noktalarının hazne kaya sıcaklıkları kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilmiş ve yer altındaki hazne kaya sıcaklıkları saptanmıştır. Yapılan kimyasal analizlerle suların kimyasal özellikleri, suların kökenleri, tarımsal, içilebilirlik ve termal amaçlarla kullanılabilme özellikleri saptanmıştır. Jeotermal atık suların çevreye ve tarıma olabilecek olan etkileri incelenmiş ve uygulanabilecek çözüm önerileri saptanmıştır. Ayrıca jeotermal enerjinin dünyada ve Türkiye’ de kullanımı ile Aydın İli’ ndeki kullanım alanlarından bahsedilmiştir.

1.3 Uygulanan Yöntemler

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu rapor 15 Mart 2000 – 15 Ocak 2001 tarihleri arasındaki çalışmaları kapsar.

Çalışmalara 20 Haziran 2000- 20.Aralık.2000 tarihleri arasında belirlenen jeotermal alanlarda saha çalışmaları yapılarak başlanmıştır. Her jeotermal alandan seçilen sıcak ve soğuk su noktaları kimyasal analiz amaçlı örneklenerek Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü jeokimya laboratuvarlarında kimyasal analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda edinilen yeni kimyasal verilerle tüm sahaların hazne sıcaklıklarının belirlenmesine yönelik tahminlerde bulunulmuştur. Arazi çalışmalarında harita, pusula, fotoğraf makinesi ve kimyasal analizler için alınan su örneklerinde steril şişeler kullanılmıştır.

Çalışmaların son aşaması edinilen bilgilerin raporlaştırılması olmuş ve bu çalışmalar da 15 Ocak 2001 tarihinde bitirilmiştir. Sonuçta bir Yüksek Lisans tezi yazılarak proje yöneticisine sunulmuştur.

1.3.1 Sülfat Tayini

Reaktifler :

- Hidroklorik asit : 1 + 1
- Baryum klorür çözeltisi : 100 gr $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1 litre distili suda çözülür.

Mebran filtreden veya özel olarak hazırlanmış filtre kağıdından süzülür. Hazırlama işlemi sırasında filtre kağıdı asit ile yıkanır.

- Metil kırmızısı indikatör çözeltisi

100 cc' lik örnek pipetle 250 cc' lik erlene alınır, 2,5 cc derişik HCl katılarak kaynatılır ve ateşten alınır. % 10' luk BaCl_2 çözeltisi katılır. Bir gece bekletilir. Mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek sabit tartıma getirilmiş kroze konup, benzen bekinde yakılır. 800-900 °C fırında 45 dakika bekletilerek desikatörde soğutulup tartılır.

$$\text{Hesaplama : } \text{SO}_4 = (\text{mg/l}) = \frac{\text{BaSO}_4 (\text{mg}) \cdot 411,5}{\text{Örnek (1)}}$$

1.3.2 Klorür Tayini

Reaktifler :

- K_2CrO_4 çözeltisi : 5 gr K_2CrO_4 100 ml suda çözülür.
- AgNO_3 çözeltisi : 30 gr AgNO_3 kristali temiz bir havanda dövülerek 105-120 °C' de kurutulur. 30 gr AgNO_3 ' ten 23,96 gr alınarak suda çözülür, 1 litreye tamamlanır.
- 25 ml klorür standardından alınıp 50 ml' ye seyreltilerek AgNO_3 titrasyonu yapılarak ayarlanır.
- Standart klorür çözeltisi : 1 ml = mg klorür, 1,648 gr NaCl su ile çözülür ve 1 litre tamamlanır. 50 ml örnek 200 ml' lik erlene konur, 0,5 ml % 10' luk K_2CrO_4 çözeltisi katılır, renk yeşilimsi sarıdan, kiremit rengine dönünceye kadar AgNO_3 çözeltisi ile titre edilir.

1 ml AgNO_3 = 0,7092 mg Cl' dir.

1.3.3 HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$ Tayini

Reaktifler :

- 0,1 N HCl çözeltisi : 8,3 ml derişik HCl 1 litre distile suya tamamlanır.
- Metil oranı çözeltisi : 0,1 gr metil oranj 100 ml suda çözülür.
- Fenolftalein çözeltisi : 1 gr fenolftalein 100 ml (% 95' lik) etonelde çözülür.

100 cc örnek pipetle erlene konur. 3 damla fenolftalein çözeltisi eklenir. Eğer eflatun rengine dönüşüyorsa renk kayboluncaya kadar 0,1 N HCl ile litre edilir.

Ardından 3 damla metil oranj çözeltisi konur, eğer renk sarıysa soğan kabuğu rengine dönene değin 0,1 N HCl ile titre edilir.

Hesaplama :

- P : Fenolftalein ile yapılan titrasyonda harcanan asit miktarı (ml)
- T : Kullanılan toplam asit miktarı (ml)

Titrasyon sonucu : P = 0 ise $\text{CO}_3^{=}$ = 0 , HCO_3^- = T

P = 1/2 T ise $\text{CO}_3^{=}$ = 2P , HCO_3^- = T – 2P' dir.

1.3.4 Ca^{++} ve Mg^{++} Tayini

Reaktifler :

- 0,01 M EDTA hazırlanışı : 3,72 gr Na_2 EDTA suda çözülüp 1 litreye tamamlanır. Standart Ca^{++} çözeltisine karşı standart hale getirilir.
- Standart Ca^{++} çözeltisinin hazırlanışı : 1 ml = 0,4 mg Ca^{++} 1 gr CaCO_3 (180 °C' de 1 saat kurutulmuş) 600 ml su ile çözülüp biraz seyreltik HCl damlatılır. 1 Litreye tamamlanır.

1 10 cc örnek pipetle erlene alınır. Bir spatül ucu calsein indikatörü atılır. 2 ml N NaOH eklenir (pH = 12,5). Renk yeşilden menekşe rengine dönene dek 0,01 M EDTA ile titre edilir.

2 10 cc örnek pipetle erlene alınır. Puffer tabletinin 1/4' ü atılarak NH_4 eklenir (pH = 9,5). Renk pembeden yeşile dönene değin 0,01 M EDTA ile titre edilir.

Hesaplama :

- Ca^{++} (mg/l) = 1' de harcanan ml EDTA [1 ml EDTA' nın (= 0,4008 mg Ca^{++}) eşdeğer Ca^{++} sı .1000/10]
- Mg^{++} (ml/l) = 2' de harcanan ml EDTA 1' de harcanan EDTA [1 ml EDTA' nın (= 0,2432 mg Mg^{++}) eşdeğer Mg^{++} sı] . 1000/10

1.3.5 Bor (B) Tayini

Bor ölçümünde minimum ışık yolu 1 cm olan ve 585 nm' de okuma alabilecek nitelikte bir spektrofotometre cihazı gerekir.

Reaktifler :

- Standart bor çözeltisi : 10 ml stok bor çözeltisi 1000 ml' ye tamamlanarak hazırlanır. Bu çözeltinin 1 ml' si 1 µgr bor içerir.
- Derişik hidroklorik asit
- Derişik sülfirik asit
- Karmin reaktifi : 920 mg karmin NF 40 yada karminik asit 1 litre derişik sülfirik asitte çözülür.

100 ml' de 100, 250, 500, 750 ve 1000 µgr B bulunacak şekilde bir seri bor çözeltisi hazırlanır ve her standarttan alınarak erlene konur. Şhit ve kalibrasyon standartları örnek ile aynı işleme tabi tutulur. 2 damla (0,1 ml) derişik HCl ilave edilir. 10 ml derişik H_2SO_4 konulduktan sonra karıştırılır ve oda sıcaklığına kadar soğutulur. 10 ml karmin reaktifi ilave edilir, karıştırılır. 45-60 dakika sonra şahit, referans olarak kullanılarak 585 nm' de absorbans okunur. Okuma sırasında hava kabarcığının bulunmamasına ve reaktiflerin iyi karışmasına özen gösterilmeli, karmin reaktifi bozulmaya uğradığı için kalibrasyon eğrisi her ölçümde yeniden çizilmelidir.

Hesaplama :

- B mg/l = µgr B (yaklaşık 22 ml' lik son hacimdeki) / ml örnek

Silisyum, lityum kolorimetrik yöntemle, sodyum ve potasyum alev fotometrisiyle tayin edilmiştir. pH, pH metreyle, elektriksel iletkenlik kondüktivimetreye ölçülmüştür.

1.4 Aydın İli' nin Coğrafik Konumu

1.4.1 Dağlar

Aydın İli' nin kuzey ve güney kesimini kaplar. Ortada kalan Büyük Menderes Nehri civarı düzlüktür. Kuzey yönünü Dinar' dan başlayıp 300 km devam eden Samsun Dağları adını alarak Ege Denizi' nde sona eren Mezikis Dağları oluşturur. Mezikis Dağları' nın bol suları Büyük Menderes Nehri' ne onbir dere halinde yayılır. Mezikis Dağları' nın en yüksek noktası 1360 m ' dir. Mezikis Sıradağlarının il içinde devam eden kısmında doğudan batıya doğru Çamlık, Oyuk, Karlık, Malgaç, Cevizli adları ile sıralanan tepeler yer alır. Oyuk, Karlık, Malgaç tepelerini meydana getiren Karadağ 1353 m yüksekliktedir. İlin güneyinde yükseklikleri 1800 m' yi bulan Çubuk, Karıncalı, Madran, Beşparmak Dağları Bafa Gölü'nü yarımçember içine alarak Ege Denizi' nde sona erer.

1.4.2 Ovalar

İlin en büyük ovası Büyük Menderes Ovası' dır. Doğudan batıya doğru uzanan vadi oluşu içinde yer alır ve 25.000 km² ' lik bir alanı kaplar. Ovanın yüzeyi Büyük Menderes Nehri' nin getirdiği alüvyonlarla kaplıdır. Ovanın genişliği bazı alanlarda 20 km² ' ye yaklaşır ve bulunduğu yörelere göre isim alır. Bunlardan bazıları Aydın Ovası, Söke Ovası, Koçanlı Ovası ve Karpuzlu Ovası gibi isimlerdir.

1.4.2.1 Pamuk

Aydın İli verimli toprakları ve ılımlı Akdeniz iklimiyle başta pamuk olmak üzere endüstri bitkilerinin en çok yetiştirildiği zengin illerden birisidir. Aydın İli pamuk yetiştirilmesine son derece uygun toprak ve iklim yapısına sahiptir. Ekim alanı olarak

Adana, verim açısından da Antalya' dan sonra ikinci sıradadır. İlde 25.000' den fazla çiftçi ailesi geçimini pamuktan sağlamaktadır. Pamuk, elyafının yanısıra küspesinde yağdan yararlanılan bir sanayi ürünüdür.

1.4.2.2 Zeytin

Türkiye' de en çok zeytin alanı olan illerden birisidir. Aydın Türkiye zeytin üretiminin % 19 ' unu karşılamaktadır. İlde yaklaşık 18.000.000'a yakın zeytin ağacı bulunmaktadır. Zeytin mahsulleri sofralık ve salamura olarak kullanıldığı gibi yağ çıkarılmasında da önemli bir yer tutmaktadır.

1.4.2.3 İncir

İncir dünyanın en eski kültür bitkilerinden birisi olduğu gibi, bütün dinlerce de kutsal sayılan bir meyvedir. İl ekonomisinde incir üretimi önemli bir yer tutar. Türkiye incir üretiminin % 60 ' lık kısmı 6 milyon incir ağacı ile Aydın İli' nden sağlanır. Bu üretimi ile Türkiye' de birinci sıradadır ve incirin anavatanıdır. İkliminin uygunluğu, nem oranının istenilen düzeyde olması ve rüzgarın incir gelişimine olumlu etkisi incir kalitesini yükseltmektedir. İncir ağaçlarının büyük bir bölümü Germencik, Ortaklar, İncirliova, Nazilli, Bozdoğan, Umurlu, Köşk İlçelerinde bulunmaktadır. Germencik jeotermal alanları çevresinde incir üretimi son 20 yıllık dönemde gerileme göstermiştir. Bu alanlarda açılan kuyulardan bırakılan sıcak suların incir ağaçlarında kurumalara ve verim düşüklüğüne sebep olduğu bilinmektedir.

1.4.3 Akarsular

Aydın İli' nin en büyük akarsuyu asırlarca taşıdığı verimli topraklarla ile hayat veren Büyük Menderes Nehri' dir. Beslenme havzası bölgenin iç kesimlerindeki çeşitli yerlerdir. İl topraklarına Denizli sınırından giren Büyük Menderes Nehri' nin Aydın İl sınırları içindeki uzunluğu 170 km' dir.

Büyük Menderes Ovası' nın eğimi düşük seviyede olduğundan ırmağın taşıdığı alüvyonlu topraklar düzgün kıvrımlar oluşturarak nehrin akış hızını yavaşlatır. Nehrin saniyede akıttığı su miktarı $95,90 \text{ m}^3$ ' dir. Yağışların arttığı mevsimlerde 700 m^3 ' e kadar çıkmaktadır.

Nehir doğu batı akış yönünde Dandalas, Akçay ve Çine Çayı' nı da içine alarak Ege Denizi' ne dökülür. Bunların dışında Büyük Menderes Nehri' ni besleyen dereler de vardır. Bunlar Köşk, Koçak, Emirdoğan, İkizdere, Malgaç, Torluk, Kısır dereleridir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Aydın İli sınırları içindeki su kaynakları (Uyar ve diğ., 1998)

SUYUN ADI	MİN.AKIM (m^3/sn)	MAX.AKIM (m^3/sn)	ORT.AKIM (m^3/sn)
B.Menderes Nehri	1,00	700	95,90
Çine Çayı	0,22	754	11,20
Akçay	0,004	467	18,51
Köşk Deresi	0,006	170	1,28
İkizdere	0,00	420	2,61
Dandalas Çayı	0,100	250	2,90

1.4.4 Göller

İlin en büyük gölü Bafa Gölü' dür. Büyük Menderes Nehri' nin körfezin ağzını doldurmasından meydana gelmiştir. Çevresi dağlık olduğundan kıyıları oldukça girintili çıkıntılıdır. Yüzölçümü 65 km^2 olan gölde kefal, sazan, levrek, yayın balıkları yaşar. Bunların dışında il sınırları içinde Karina Gölü, Azap Gölü ve Kemer, Topçam, Karpuzlu baraj gölleri bulunmaktadır.

1.4.5 İklim

Aydın İli' nde Akdeniz iklimi hakimdir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yükselti dizilerinin doğu batı yönünde ve kıyıya dikey doğrultuda oluşu deniz etkisinin içerilere kadar girmesini sağlamaktadır. Şüphesiz ki dağlık arazi yükseltileri ile taban arazileri arasında ısı ve yağış farklılıkları görülmektedir.

İlde yağışın hemen hepsi yağmur şeklinde olup, mevsimlere göre dağılışı ilkbahar aylarında 151,1 mm, yaz aylarında 17,3 mm, sonbahar aylarında 140,6 mm ve kış aylarında 368,6 mm yağış görülmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 667,6 mm' dir. Yılda ortalama 80,6 gün yağışlı, 0,2 gün kar yağışlı geçmektedir. Yağışların % 70' i kış periyodunda olmaktadır (Tablo 1.2).

Aydın İli' nde yıllık ortalama sıcaklık 17,7 °C' dir. En yüksek sıcaklık Ağustos ayında 43 °C ve en düşük sıcaklık ise Ocak ayında -11 °C olarak ölçülmüştür. Mevsimlere göre sıcaklık ortalamaları ilkbahar aylarında 15,9 °C, yaz aylarında 27,1 °C, sonbahar aylarında 18,6 °C ve kış aylarında 9,1 °C ' dir (Tablo 1.3).

1.5 Aydın İli' nin Tarihçesi

Aydın İli' ne ilk çağlarda Antheia denilirdi. Bu günkü il merkezi olan Aydın şehri Aydın Dağı' nın ovaya bakan bir yamacında yer alıyordu. M.Ö XIII. yüzyılda da Tralles adıyla anılan bu şehir bakımlı, çiçekli ve kuvvetli gibi kelimelerle nitelendirilirdi. Aydın o çağlarda da Ege Bölgesi' nin en zengin en ünlü şehirlerinden sayılırdı. M.Ö 26' da meydana gelen şiddetli depremlerle yerle bir olun şehir Bizans İmparatoru Andronikas tarafından yeniden kuruldu, yeniden yapılandırıldı ve kentte Andropolis (Andronik kenti) denildi. Aydın ve çevresinin Türk' lerin eline geçmesi 1072 Malazgirt Meydan savaşından sonra Anadolu içinde ilerleyen Selçuklular zamanıdır. Selçuklular döneminde uç beylerinden Menteş Bey kenti ele geçirmiş ve kentte Güzelhisar adını vermiştir. Beylikler döneminde yöreye Aydınoğulları egemen olmuş Aydınoğlu Mehmet Bey kentte büyük bir imar hareketinde bulunmuştur. Onun yeniden yarattığı kentte bir saygı ifadesinde bulunularak Aydın Güzelhisarı

Tablo 1.2 Aydın İli' nin 1929-1990 yılları meteorolojik değişkenleri
(Uyar ve diğ., 1998)

AYLAR	Mahalli ort.Aktüel Basınç (mb)	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Yüksek Sıcaklık (°C)	Ort. Düşük Sıcaklık (°C)	Ort. Nisbi Nem (%)	Ort. Yağış Miktarı (mm)	Ort. Kar Yağışlı Gün Sayısı	Ort. Karla Örtülmü Gün Sayısı	Ort. Toprak Sıcaklık (°C) 10 cm	Ort. Toprak Sıcaklık (°C) 20 cm
OCAK	1009.1	8.1	12.5	4.3	76	127.1	0.1	0.3	8.6	8.9
ŞUBAT	1008.5	9.5	14.6	5.1	73	96.4	0.1	---	9.3	9.6
MART	1008.0	11.4	17.1	6.2	69	70.7	---	---	12.4	12.5
NİSAN	1006.9	15.7	22.5	9.8	64	42.9	---	---	17.1	17.0
MAYIS	1006.0	20.7	27.7	14.0	60	37.5	---	---	23.6	23.2
HAZİRAN	1004.4	25.4	37.8	17.8	51	12.1	---	---	29.5	29.0
TEMMUZ	1001.4	28.2	35.8	20.0	46	3.0	---	---	32.8	32.4
AĞUSTOS	1002.0	27.6	35.7	19.9	48	2.2	---	---	32.2	31.9
EYLÜL	1006.1	23.5	31.8	16.4	54	16.9	---	---	27.0	27.3
EKİM	1009.6	18.3	25.9	12.4	64	50.8	---	---	20.5	21.1
KASIM	1010.7	13.8	20.0	9.2	74	72.9	0.2	0.3	14.8	15.4
ARALIK	1010.0	9.8	14.4	6.0	78	145.1	---	---	10.6	11.1
YILLIK	1006.9	17.7	24.2	11.8	63	677.7	---	---	19.9	20.0

Tablo 1.3 Aydın İli' nin 1929-1990 yılları meteorolojik değişkenleri
(Uyar ve diğ., 1998' den değiştirilerek)

	Rasat Süresi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Saat 7'deki toplam ort yağış miktarı mm	51	53,4	41,3	30	17,9	11,5	2,4	1	0,1	3,6	17,9	33,7	67,4
Saat 14 deki toplam ort yağış miktarı mm	51	34,8	27,8	17,7	16	7,9	3,5	1,1	0,1	3,5	18,0	23,8	38,5
Saat 21 deki toplam ort yağış miktarı mm	51	37,4	26,1	21,8	14,2	12,9	9	1,8	1,9	5,1	9,8	23,6	36,9
Ort toplam yağış miktarı mm	62	121	95,5	71,1	45,5	33,5	14	3,5	2,2	14,4	47,5	74,4	135
Günlük en çok yağış miktarı	62	67	90,5	53	48,2	51,3	46	33,2	24,4	60,1	60,6	57,3	80,2

Tablo 1.3 devam

Yağış > 0,1 mm olduğu günler sayısı	61	13,1	10	9,1	8,0	5,7	2,4	0,7	0,5	1,5	5,6	8,2	13,4
Yağış >10 mm olduğu günler sayısı	61	4,4	30,7	2,8	1,8	1,1	0,5	0,1	0,1	0,5	1,6	2,8	4,9
Yağış >50 mm olduğu günler sayısı	26	0,2	0,2	0,0	--	--	--	--	--	--	0,0	0,2	0,2
Ort. Kar yağışlı günler sayısı	36	0,0	0,0	0,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--

olarak anılmaya başlanmıştır. Bu adın uzunluğu halkın dilinde ikinci plana atılarak kent Aydın olarak anılmaya başlanmıştır.

Aydın İli ilk çağlardan beri verimli toprakları, elverişli iklimi, ticaret yolları üzerinde bulunması nedeniyle önemli bir yerleşim merkezi olmuştur. Tarihi süreç içerisinde çeşitli uygarlıklara beşiklik etmiştir. Bugün ise hala geçmişin derin izlerini taşıyan güzel yurt köşelerinden birisidir. Günümüzde, tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu ve çeşitliliği, turizm olanaklarına sahip bulunması, dünyanın hiçbir yerinde eş bulunmayan tarih ve sanat eserleriyle dolu olması, jeotermal alanlarının sağlık ve şifa dağıtması, ilin önemi giderek arttırmıştır.

Aydın İli toprakları üzerinde gelmiş geçmiş birçok kavim yüksek uygarlıklar kurmuş ve bu toprakları korumak amacıyla sayısız savaşlara girmişlerdir. Bunun en taze örneği, yakın tarihte yurdumuza saldıran Yunanlı'ların ele geçirmek amacını güttükleri Aydın İli' nin de içinde bulunduğu Ege Bölgesi toprakları olmuştur. Ancak 7 Eylül 1922' de düşman yenilgiye uğratarak ordumuz tarafından kurtarılmıştır.

Bütün bu özelliklerinden ötürüdür ki tarihin çok eski çağlarından beri insanlar için önemli bir yerleşme merkezi olan Aydın' da sıcak su kaynakları da tarih boyunca, antik çağdan bu yana tüm uygarlıklar tarafından kullanılmış olup, bir çok tarihi hamam kalıntıları bulunmaktadır.

1.6 Önceki Çalışmalar

Aydın İli Türkiye’ de jeotermal enerji potansiyeli bakımından en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sahalara sahiptir. Germencik Ömerbeyli jeotermal sahası 230 °C ’ ye varan en zengin jeotermal sahadır. Bunun yanında çalışma alanı kapsamında olan Aydın Ilıcabaşı, Aydın İmamköy, Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal sahaları Aydın İli için en önemli sahalardır. Bu alanlarda başta MTA’ lı araştırmacılar olmak üzere bir çok araştırmacı tarafından jeoloji, jeofizik, jeokimya ve sondaj çalışmaları yapılmış bulunmaktadır.

Gökgöz (1984), Aydın ve yakın çevresinin hidrojeoloji isimli bitirme projesi yapmıştır.

Çakmak (1988), Ömerbeyli (Aydın-Germencik) köyü çevresinin hidrojeolojisi ve jeotermal enerji olanakları isimli bitirme projesi yapmıştır.

Khayat (1988), Germencik Kızılcapınar (Aydın) ve çevresinin hidrojeolojik incelenmesi, sıcak ve soğuk suların jeokimyasal yorumlanması isimli yüksek lisans tez çalışmalarında temeli Menderes Masifi’ ne ait çeşitli metamorfik kayaların oluşturduğunu ve bunların üzerine faylı dokanakla gözlenen çakıltası, kumtaşı, kıltaşı’ ndan oluşan Pliyosen yaşlı karasal tortulların uyumsuzlukla geldiğini belirtmektedir. Hidrojeoloji ve jeokimyasal incelemelerde çalışma alanında ki sıcak suların kökeni meteoriktir. Bu sular yağışlarla yeryüzüne ulaşp derinlere süzülerek ısınp konveksiyon akımları nedeniyle tektonik hatlar boyunca tekrar yeryüzüne çıkmaktadır. Temeldeki gnaysların ve mermerlerin hazne kaya, bunların üzerinde yer alan Pliyosen yaşlı killi düzeyler örtü kaya özelliğindedir. Hazne kaya sıcaklıklarının 150-275 °C arasında olduğu belirtilmektedir.

Karamanderesi (1997), Büyük Menderes vadisi içinde aktif olan jeotermal sahalardan Aydın Sultanhisar Salavatlı sahası ile Küçük Menderes vadisi içinde yer alan fosil jeotermal sahalardan Beydağı-Civa, Emirli- Antimuan sahaları arasındaki benzer jeolojik ilişkilerin araştırılması şeklinde bir doktora tezi yapmıştır.

Filiz, Tarcan ve Gemici (1999), Türkiye' nin en önemli jeotermal alanlarından birini oluşturan Germencik jeotermal alanında hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik incelemeler yapmışlardır. Yaptıkları hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalarla alandaki jeotermal suların yüksek entalpili çok az magmatik katkı içerebilen meteorik kökenli ve yaşlı sular olduğunu saptamışlardır. Çalışma alanındaki tüm sıcak sular sodyumlu, bikarbonat klorürlü su tipindedir. Sıcak suların kaynak sıcaklıkları 50-70 °C arasında değişmektedir. Uygulanan jeotermometreler ve karışım modelleri alanda 150-250 °C arasında değişen hazne sıcaklıklarına sahip oldukları saptanmıştır.



BÖLÜM 2

JEOLOJİ

Bu bölümde, bölgesel jeoloji ve Aydın İli jeotermal alanlarının jeolojileri daha önceki MTA çalışmalarından (Erişen ve diğ., 1996) yararlanarak ayrı, ayrı incelenmiştir. Çalışma alanı içerisinde üç ayrı kaya grubu kayalar bulunmaktadır. Bunlar Paleozoik yaşlı Menderes Masifi metamorfik kayaları, Neojen tortul kayaları ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyonlardır.

2.1 Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanının temelinde Menderes Masifi metamorfik kayaları yer almaktadır. Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi metamorfik kayalarını gnayslar, şistler, metakuvarsitler ve mermerler oluşturmaktadır. Mermerler şistlerle uyumlu yer, yer geçişli mercek ve arakatki konumundadır. Şistlerin alt seviyelerinde bulunan gnayslar bazı yerlerde şistlerin üzerine bindirme fayı ile yerleşmişlerdir.

Menderes Masifi' ne ait temel kayaların üzerini çakıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve kilitaşı ardalanmasından oluşan Neojen yaşlı kırıntılı tortullar uyumsuzlukla üstlenir.

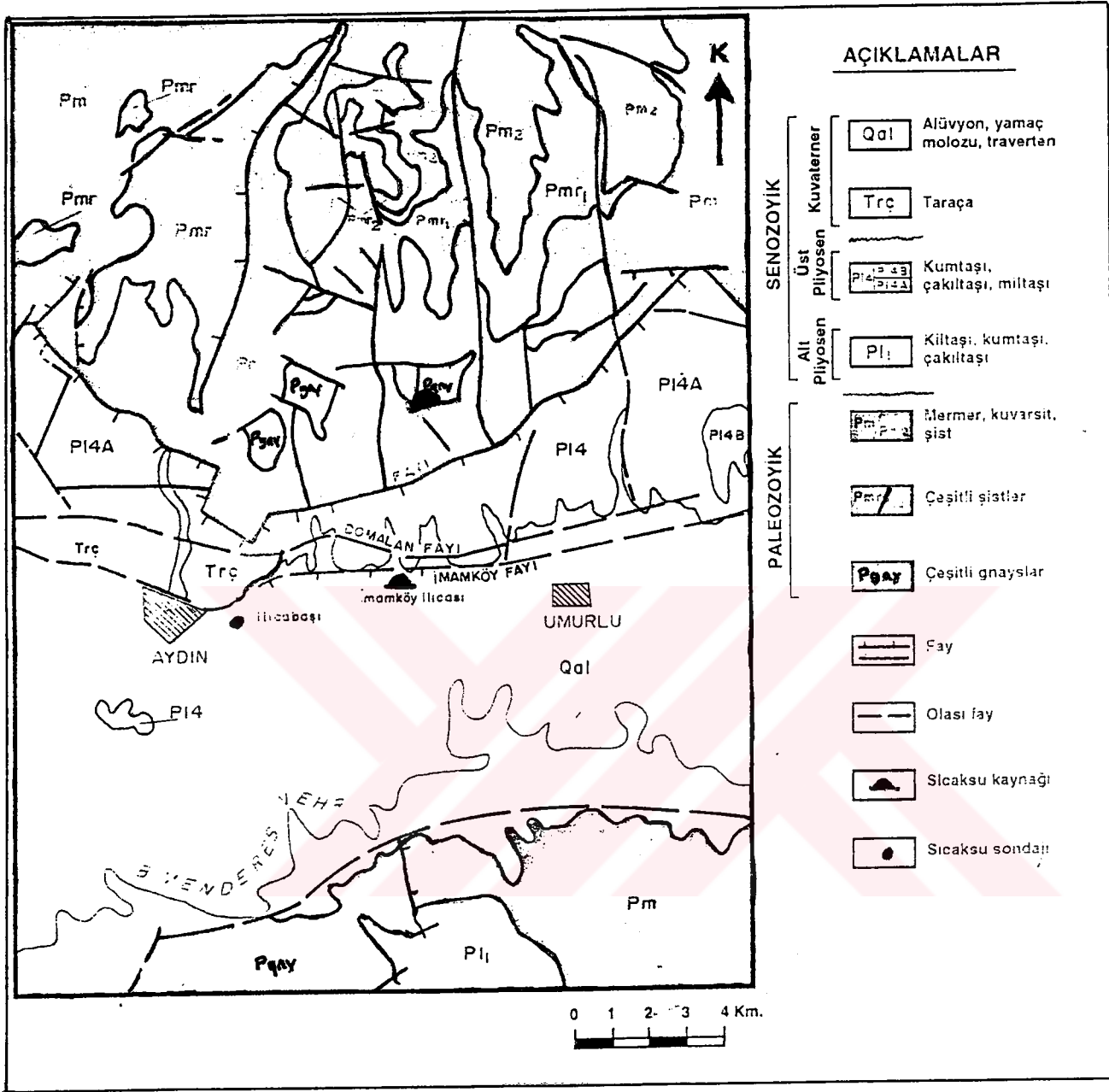
Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozu birimleri en geç oluşuklar olup, tüm birimleri uyumsuzlukla örter (Şekil 2.1).

2.1.1 Aydın Ilıcabaşı ve İmamköy Jeotermal Alanının Jeolojisi

Aydın Ilıcabaşı ve Aydın İmamköy jeotermal alanlarının jeolojisi aynıdır. Bölgenin en yaşlı kayaları, Paleozoik yaşlı mikaşistlerdir. Mikaşistlerin bazı yerlerinde gnays blokları ile yer, yer kuvarsit ve mermer yüzlekleri mevcuttur.

Tersiyer tortulları olan çakıltası, kumtaşı, miltaşı, kıltaşı birimleri diskordansla metamorfik temel üzerine otururlar. Bunlar Pliyosen yaşlı tortullardır. Çakıltaları içerisinde gnays, şist, mermer ve metakuvarsit taneleri bulunmaktadır. Çeşitli boyutlardaki taneler kötü boylanmış ve kötü yuvarlaklaşmışlardır. Alttan üstte doğru kil, mil, kum dan oluşmaktadırlar. Aydın Taraçaları (Trç) olarak isimlendirilirler ve devam ederler.

En üstte Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gözlenmektedir (Şekil 2.2-3).



Şekil 2.2 Aydın Ilıcabaşı İmamköy jeotermal alanının jeoloji haritası
(Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek).

Üst Sistem	Sistem	Seri	Simge	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
P A L E O Z O Y İ K	Ku va ter ner	Üst Pliyo sen	Qal		Alüvyon, yamaç molozu
			Trç		traverten
					uyumsuzluk
			P14		Kumtaşı, çakıltası, miltaşı
		Alt Pliyo sen	P14B		
			P14A		
					Kiltası, kumtaşı, çakıltası
			P11		
					uyumsuzluk
			P A L E O Z O Y İ K		
Pm2					
Pmr					
1-2		Çeşitli şistler			
Pgny		Çeşitli gnayslar			

Şekil 2.3 Aydın Ilıcabaşı İmamköy jeotermal alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)

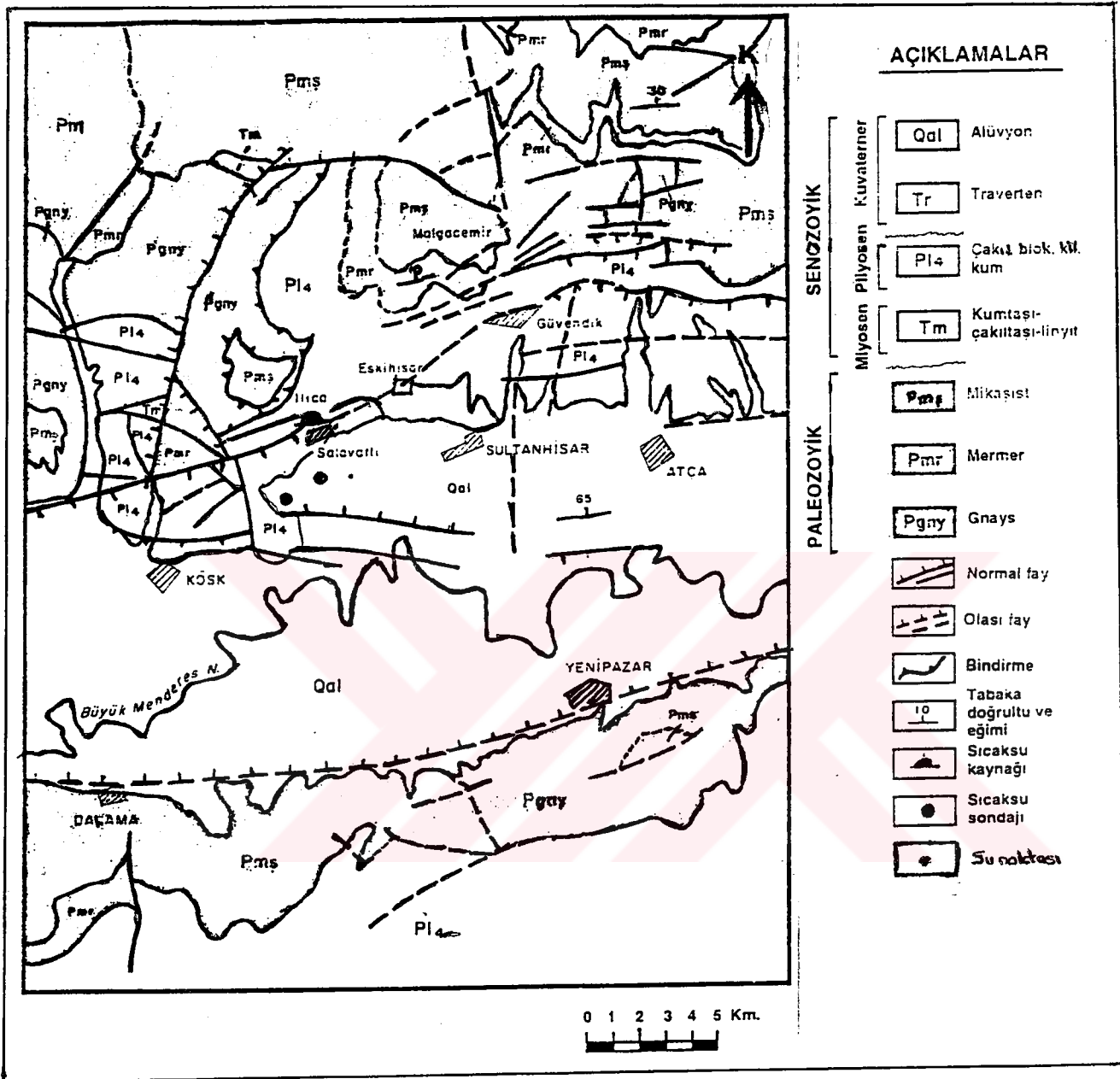
2.1.2 Aydın Sultanhisar Salavatlı Jeotermal Alanının Jeolojisi

Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanı, Paleozoik yaşı Menderes Masifi metamorfikleri ile Senozoyik yaşı tortullardan ibarettir.

Paleozoik yaşı, Büyük Menderes Grabeni' nin temelini oluşturan kristalen temel alttan üstte doğru şu şekilde sıralanmıştır. Gnayslar en altta yer alır ve feldspat, kuvars ve mika minerallerini içerirler. Mikaşistler gnaysların üzerinde yer alırlar ve yer, yer mermerlerin üzerinde de gözlenirler. Mermerlerin üzerinde geçirimsiz oldukları için iyi bir örtü oluştururlar.

Senozoyik, Neojen ve Kuvaterner' de çökelen kayalar ile temsil edilirler. Neojen Orta Miyosen ve Pliyosen yaşı çökellerden oluşur. Orta Miyosen metamorfik temel üzerine aşıl uyumsuzlukla üstler ve iri metamorfik çakıllarla başlar ve üstte doğru kumtaşı, miltaşı ve kilaşı seviyelerine geçer. Orta Miyosen' den sonra ikinci bir uyumsuzlukla Pliyosen göl çakılları gelir.

Kuvaterner' de Pliyosen çökelleri üzerine uyumsuz olarak gelen gevşek çimentolu, kumtaşı, konglomera ve çakıl, kum, kil ve mil karmaşığından oluşan alüvyon ve yamaç molozu gelişmiştir (Şekil 2.4-5).



Şekil 2.4 Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanının jeoloji haritası
(Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)

Üst Sistem	Sistem	Seri	Simge	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
P A L E O Z O Y İ K	Ku va ter ner	Pli yo sen	Qal		Alüvyon, traverten
			Tr		uyumsuzluk
			P14		Çakıl, blok, kil, kum
		Mi yo sen	Tm		Kumtaşı, çakıltası
P A L E O Z O Y İ K		Pmş		uyumsuzluk	
					Mikaşist
		Pmr			
					Mermer
		Pgny			
					Gnayslar

ÖLÇEKSİZ

Şekil 2.5 Aydın Sultanhisar Salavathı jeotermal alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)

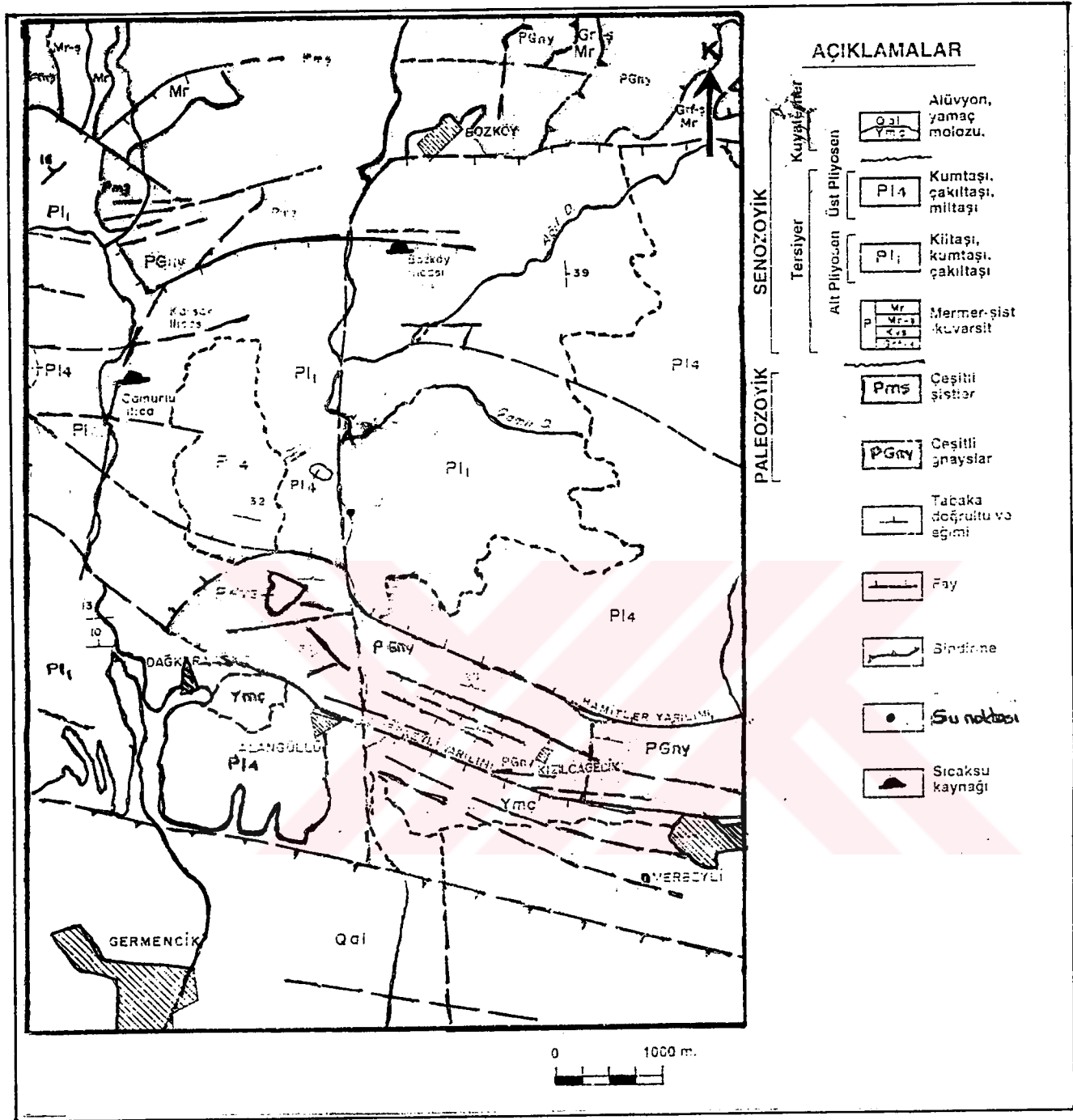
2.1.3 Aydın Germencik Ömerbeyli Jeotermal Alanının Jeolojisi

Bölgenin temelini Menderes Masifi metamorfikleri olarak adlandırılan Paleozoik yaşlı metamorfik birimler oluşturlar. Bunlar alttan üstte doğru gnays, mikaşist, mermer, kalkışist ardalanması şeklindedir. Bu temel üzerinde büyük bir stratigrafik boşluk bilinmektedir. Bu boşluk devresinde Menderes Masifin' deki tektonik gelişim olmuş, aşınma evresinden sonra ise Tersiyer sedimanları çökelmiştir.

Menderes Masifi metamorfiklerinin üzerine uyumsuz olarak Miyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı ile başlayıp kiltası, miltaşı ardalanması şekliyle devam eden tortullar yer alır. Pliyosen yaşlı çökeller açık gri renkli çakıltası, kumtaşı, kiltası ardalanması ile üst Miyosen üzerindedirler. Ayrıca Pliyosen çökellerini kestiği belirlenen genç volkanitler, Pliyosen yaşlı dasit, Pliyo-Kuvaterner yaşlı andezit ve bazaltlar gözlenirler.

En üstte çok gevşek tutturulmuş Pliyo-Kuvaterner çökelleri bulunur. Bunlar sarımsı renkli, kötü boylanmalı, kaba iri bloklu çakıllı elemanlardan oluşan gevşek tutturulmuş çakıltası, kumtaşı ardalanmasından meydana gelmiştir.

Kuvaterneri alüvyon, yamaç molozu oluşturmaktadır (Şekil 2.6-7).



Şekil 2.6 Germencik Ömerbeyli jeotermal alanının jeoloji haritası
(Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek).

Ü st Sistem	Sistem	Seri	Simge	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
K İ Y O Z O N E S	Ku va ter ner		Qal		Alüvyon, yamaç molozu
			Ymç		uyumsuzluk
	T E R S İ Y E R	Üst Pliyo sen	Pl4		Kumtaşı, çakıltası, miltaşı
		Alt Pliyo sen	Pl1		Kilitaşı, kumtaşı, çakıltası
	Pmr Pmş		Mermer, şist, kuvarsit		
			uyumsuzluk		
P A L E O Z O O N E S			Pmş		Mermer, şist, kuvarsit
					uyumsuzluk
					Çeşitli şistler
P A L E O Z O O N E S			Pgny		Mermer, şist, kuvarsit
					uyumsuzluk
					Çeşitli şistler
					ÖLÇEKSİZ

Şekil 2.7 Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Erişen ve diğ., 1996' dan değiştirilerek)

2.2 Paleozoik Yaşı Kayalar

Çalışma alanında Paleozoik yaşı kayalar metamorfik kayalardır. Gnays, şist, mermerler ve metakuvarsit birimlerinden oluşmaktadırlar.

2.2.1 Gnayslar

Çalışma alanının büyük bir bölümünü Menderes Masifi' nin temellinde yer alan gnayslar oluşturmaktadır (Şekil 2.8). Dayanımlı ve belirgin formasyonlu olan gnayslar içerisinde kuvars, feldispat ve mika mineralleri gözlenmektedir. Gözlu ve bantlı özellik gösteren gnaysların şistlerle olan dokanağı genellikle yanal ve düşey yönde geçişlidir ve bazı yerlerde faylıdır (Khayat, 1988).



Şekil 2.8 Aydın İmamköy kuzeyindeki gnayslar içinde gözlenen metakuvarsit merceğinden görünüm

2.2.2 Şistler

Çalışma alanında Menderes Masifi' nin diğer bir kayacıdır (Şekil 2.9). Çeşitli şistlerden oluşurlar. Bileşimlerine göre kuvars şist, kuvars muskovit şist, biyotit şist,

biyotit muskovit kuvars şist, muskovit klorit şist şeklinde ayrılabilirler. Ortaç dayanımlıdırlar ve değişik yönlerde gelişmiş belirgin şistozite gösterirler. Gnaysların üzerinde uyumlu ve geçişli bir dokanakla yer alan şistler bazı alanlarda daha sonra gelişen tektonik olaylar sonucunda eklem takımları, kıvrımlar ve faylar gibi yapısal elemanlar sunmuşlardır (Khayat, 1988).



Şekil 2.9 Aydın Sultanhisar Salavatlı kaplıcası çevresindeki şistlerden görünüm

2.2.3 Mermerler

Çalışma alanında ki mermerler şistlerin üzerinde geçişli ve uyumlu bir şekilde gözlenirler. Beyaz, gri, koyu gri renklerde olan mermerler bazı düzeylerde düzgün tabakalanma gösterirler (Khayat, 1988).

2.2.4 Metakuvarsitler

Çalışma alanında gözlenen metakuvarsitler beyaz, sarı ve açık sarı renklerde mercek ve arakatlı şeklinde gözlenirler (Khayat, 1988).

2.3 Senozoyik Yaşlı Kayalar

Paleozoik yaşı kayalar üzerine uyumsuz olarak kıltaşı, kumtaşı, çakıltaşı ardalanmasından oluşan ve birbirleriyle geçiş gösteren Senozoyik yaşı kırıntılı tortullar yer alır.

2.3.1 Çakıltaşı Kumtaşı Kıltaşı Birimleri

Çalışma alanında çakıltaşı, kumtaşı ve kıltaşı birimleri ardalanmalı olarak gözlenmektedirler (Şekil 2.10). Yanal ve düşey yönde birbirleriyle geçişlidirler.

Çakıltaşları çapraz tabakalı, ortaç pekleşmiş, gnays, şist, kuvarsit ve mermerlerden oluşan taneler içermektedirler.

Kumtaşları orta kaba taneli, dayanımlı ve iyi katmanlıdırlar (Khayat, 1988).

Kıltaşları orta dayanımlı ve ince katmanlıdır. Çeşitli bitki kalıntıları içerirler (Khayat, 1988).



Şekil 2.10 Aydın İmamköy kuzeyi çakıltaşı kumtaşı kıltaşı ardalanmasından bir görünüm

2.3.2 Alüvyon ve Yamaç Molozu

Alüvyonlar çalışma alanlarında düz bir topografya sunarlar ve tarım için elverişlidirler. Büyük Menderes Ovasını meydana getirirler.



BÖLÜM 3

AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARI VE HİDROJEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde kaya birimlerinin hidrojeolojik özellikleri ile Aydın İli jeotermal alanlarından bahsedilecektir. Ayrıca inceleme alanında DSİ ve MTA tarafından yapılan sondajlardan da bahsedilmiştir.

3.1 KAYA BİRİMLERİNİN HİDROJEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanındaki kaya birimleri su içeriklerine göre ayrı, ayrı incelenmiştir.

3.1.1 Gnays Birimi

Menderes Masifi' nin çekirdeğinin oluşturan gnays birimi genel olarak geçirimsiz olmakla birlikte çok fazla çatlaklı olması nedeniyle akifer özelliği taşımaktadır. Gnays birimindeki suların karakterinin oldukça iyi olması ve içme suyu özelliği taşıması nedeniyle bu birimlerden içme suyu temin edilmektedir (Khayat, 1988).

3.1.2 Şist Birimi

Çalışma alanında gnayslarla birlikte görülen temel kayalarındandır. Geçirimsiz kaya özelliği taşımaktadırlar. Ancak eklemli ve çatlaklı olan şistler eklem ve çatlakları boyunca su geçirimliliğini sağlarlar (Khayat, 1988).

3.1.3 Mermer Birimi

Çalışma alanında Paleozoik yaşlı birimler içinde hazne kaya özelliği taşımakla birlikte, jeotermal kaynaklarında kökenini oluşturlar. Akifer özelliği taşıyan bu birimin geçirimsiz şistlerle olan dokanağı kaynakları belirler. Mermer birimi içerisinde erime çatlakları, mağralar ve karstik boşluklar görülmektedir (Khayat, 1988).

3.1.4 Çakıltası, Kumtaşı, Kıltaşı Birimleri

Çalışma alanında Senozoyik çakıltası, kumtaşı, kıltaşı birimleriyle temsil edilmiştir. Çakıltası birimi gevşek tutturulmuş, ortaç pekleşmiş özelliği ile akifer karakteri taşımaktadır. Kumtaşı, kıltaşı ve silttaşı ile ardalanma göstermesi özelliği ile akifer olma özelliği daha zayıftır. Kıltaşı ise geçirimsiz özelliği ile çakıltası ve kumtaşı arasında geçirimsiz örtü kaya durumundadır (Khayat, 1988).

3.1.5 Alüvyon

Çalışma alanı içerisinde akifer özelliği taşıyan en önemli birimdir. Sulama sularının büyük bir bölümü alüvyondan temin edilmektedir. DSİ' nin alüvyonda açmış olduğu bir çok kuyu vardır. Bunlardan bazılarının debileri 15-35 l/s olduğu görülmektedir (Tablo 3.1).

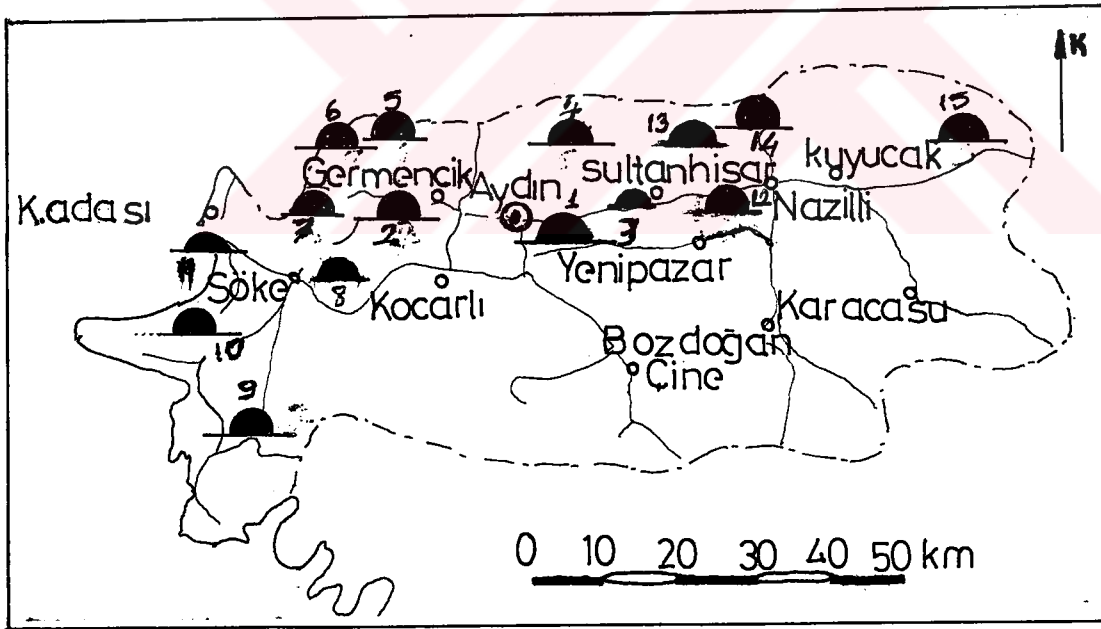
Tablo 3.1 Alüvyonda D.S.İ' nin açmış olduğu sondaj kuyuları (DSİ, 2000)

MEVKİ	DERİNLİK (m)	DEBİ (l/s)	pH	Ec	SERTLİK (Fr)
Aydın Merkez Testaş	100	33,04	6,5	1700	98
Aydın İmamköy araştırma	80	15	7,3	770	45
Sultanhisar sulama koop.	100	30	6,8	610	45
Aydın Erbeyli İncir araştırma	70	22,21	7,4	1200	56
İncirliova Akçeşme Köyü arş.	70	13,42	7,8	920	35

3.2 AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARI

Bu bölümde Aydın Ilıcabaşı , Aydın İmamköy, Aydın Sultanhisar Salavatlı ve Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Aydın İli Türkiye’ de jeotermal enerji potansiyeli bakımından en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sahalarla sahiptir. Aydın Germencik Ömerbeyli Jeotermal sahası 230 °C ’ ye varan en zengin jeotermal sahadır. Bunun yanında Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanı, Aydın İmamköy jeotermal alanı, Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanı Aydın Söke Sazlıköy jeotermal alanı, Aydın Söke Atburgazı jeotermal alanı, Aydın Kuşadası Davutlar jeotermal alanı, Aydın Kuşadası İtfaiye kuyusu çevresi jeotermal alanı, Aydın Germencik Bozköy kaplıcaları, Aydın Germencik çamur kaplıcaları, Aydın Germencik Ortaklar Gümüş kaplıcaları, Aydın Sultanhisar Güvendik kaplıcaları, Aydın Sultanhisar Malgaçemir alanı, Aydın Nazilli Gedik kaynağı, Aydın Kuyucak Ortakçı kaynaklarının bulunduğu sahalar vardır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Aydın İli jeotermal alanları (Kılış ve diğ., 1996)

- 01 Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanı
- 02 Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı
- 03 Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanı

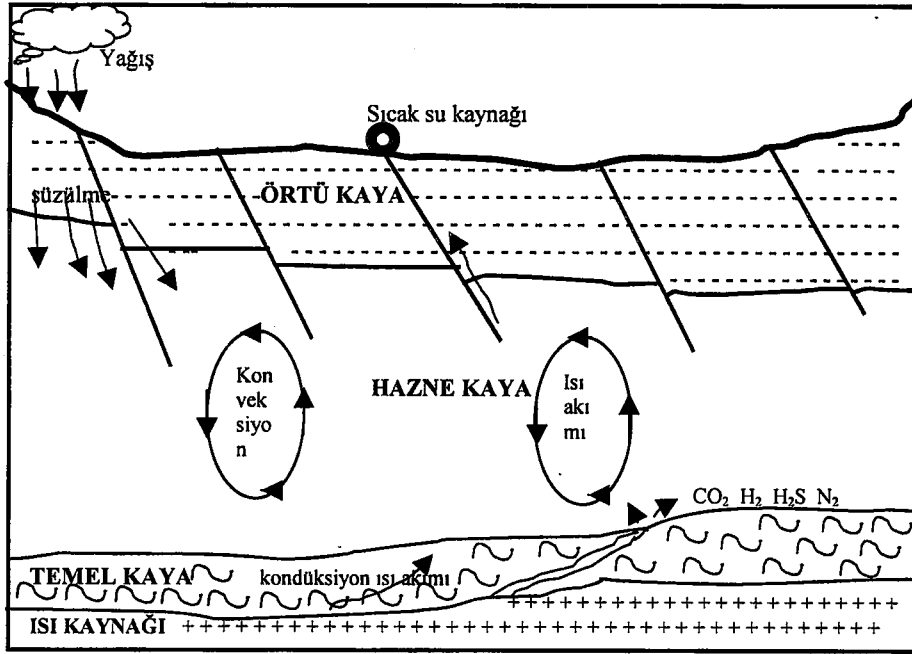
- 04 Aydın İmamköy jeotermal alanı
- 05 Aydın Germencik Bozköy kaplıcaları
- 06 Aydın Germencik çamur kaplıcaları
- 07 Aydın Germencik Ortaklar Gümüş kaplıcaları
- 08 Aydın Söke Sazlıköy jeotermal alanı
- 09 Aydın Söke Atburgazı jeotermal alanı
- 10 Aydın Kuşadası Davutlar jeotermal alanı
- 11 Aydın Kuşadası İtfaiye Kuyusu Çevresi jeotermal alanı
- 12 Aydın Sultanhisar Güvendik kaplıcaları
- 13 Aydın Sultanhisar Malgaçemir alanı
- 14 Aydın Nazilli Gedik kaynağı
- 15 Aydın Kuyucak Ortakçı kaynakları

3.2.1 Aydın İli Jeotermal Alanlarının Oluşumu

Menderes Masifi metamorfik kayaçlarından olan gnays ve kuvars şist gibi kırıklı kayalar ile karstik mermerler ile bazı alanlarda Neojen yaşlı çakıltaşları jeotermal sistemlerin haznesini oluştururlar. Neojen yaşlı kilitaşı ve çamurtaşu gibi geçirimsiz kayalar da örtü kaya özelliğindedir. Graben tektoniğine bağı olarak yüzeye yaklaşımaş mağıma ısı kaynağını oluşturur.

Batı Anadolu' da açılma tektoniğine bağı olarak gelişen ve derinlere kadar etkili olan kırık zonları ile sınırlandırılmış bulunan grabenler içinde tektonik yer, yer volkanik faaliyetlere bağı 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 süzölürler. Süzölün bu sular graben tektoniğine bağı olarak yüzeye yaklaşımaş mağıma tarafından ısıtılır. Sıvılarda yoğunluk farkından dolayı ortaya çıkan konveksiyon ısı akımları ile ısınan sular tektonik hatlar boyunca tekrar yükselerek, yeryüzüne ulaşırlar (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Jeotermal sistemlerin oluşum modeli (Filiz ve diğ., 1998)

3.2.2 Aydın Ilıcabaşı Jeotermal Alanı

Aydın Ilıcabaşı Aydın İli' nin doğusundadır (Şekil 3.3). Bu jeotermal alanın devamı Aydın İmamköy jeotermal sahasıdır. Aydın Ilıcabaşı sahasında dört adet sondaj yapılmıştır (Tablo 3.2). Aydın DSİ tarafından yapılan sıcak su sondajları 09/30434 nolu sondaj toplam 200 m delinmiştir. Soğuk su sondajı şeklinde teçhiz edilmiş olması ayrıca gerçek rezervuarın delinmemiş olmasından dolayı gayzer tipinde üretim yapılmıştır. Kuyu teçhizi yeterli olmaması nedeni ile 09/30434-B sondajı yapılmıştır. Yine 200 m delinen kuyu tam teçhizli olmaması ve gerçek rezervuarın delinmemiş olmasından dolayı gaz lifting sistemli yüzey sularını üreten kuyu yüzey borularında oluşan kabuklaşma nedeni ile kuyu üretimden kesilmiştir.

Tablo 3.2 Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanında açılan sondajlar
(Erişen ve diğ., 1996).

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Üretim Şekli
09/30434(DSİ)	---	200	100	---	Gayzer türü tıkanmış
09/30434-B(DSİ)	---	200	100	---	Gayzer türü tıkanmış

Tablo 3.2 devam

Ayter-1	1989	471,25	84,5	5-7	Gayzer türü tıkanmış
Ayter-2	1989	355	101,5	2	Gayzer türü tıkanmış

Aydın Ilıcabaşı' nda MTA tarafından 1989 yılında sıcak su arama kuyusu açılmıştır. (Şekil 3.4). 417,25 mt delinen ilk sondajda 84,5 °C sıcaklık ölçülmüştür. Açılan ikinci sondaj 355 m delinmiş 101,5 °C sıcaklık ve 2 l/s debi ölçülmüştür.

**Şekil 3.4 Aydın Ilıcabaşında açılan Ayter –1 sondajından bir görünüm**

Ayter -1 kuyu bilgi formu (Kılış ve diğ., 1996) ;

Sondaj no: Ayter-1

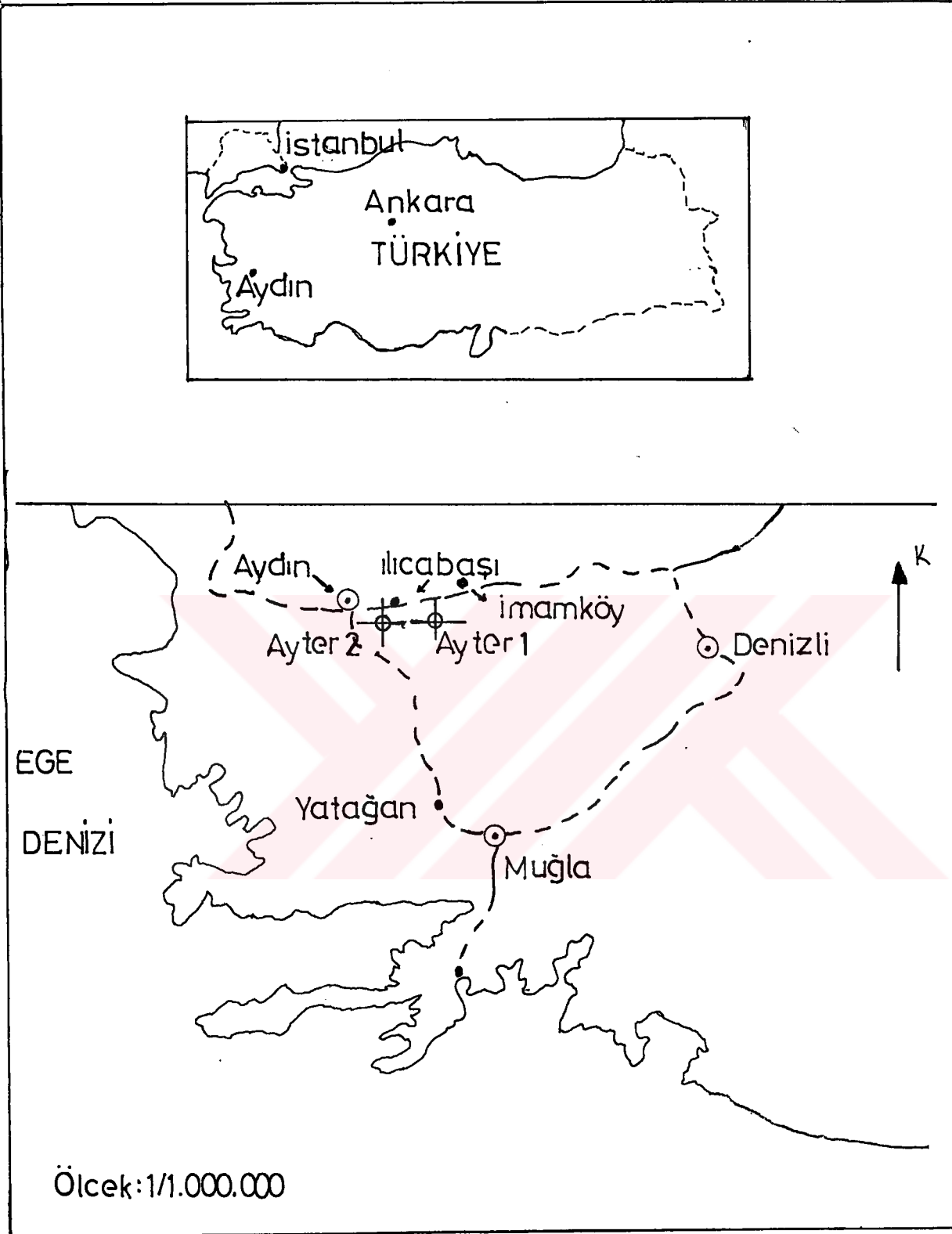
Kuyu Tipi: Sıcak su arama kuyusu

Kule: F-2500-405

Koordinatlar: X; 51407,17 Y; 50236,56 Z; 47

Başlama Tarihi: 09.08.1989

Bitiş Tarihi: 17.09.1989



Şekil 3.3 Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanında açılan sondajların yer bulduru haritası (Kılış ve diğ., 1996)

Derinlik: 471,25 m

Kuyu Teçhizi: 0,00-46,00 m 13 - 3/8'' kapalı boru

46,00-221,00 m 9 - 5/8'' kapalı boru [Üretim]

209,00-221,00 m 6 - 5/8'' kapalı boru

221,00-469,00 m 6 - 5/8'' filtreli

13 - 3/8'' ve 9 - 5/8'' kapalı borular dışarıdan çimento ile sabitleştirilmiştir.

Kuyu Ağzı: 10'' çapında 16 atm basınca dayanıklı vana monte edilmiştir.

Kuyu Dibi Sıcaklığı: Maksimum termometre ile ölçülmüş olup, 84,5 °C' dir.

Üretim Tipi: Gayzer tipinde sıcak su, buhar, gaz tipinde üretim yapılmaktadır.

Kullanım Şekli: Ayter- 1 kuyusunda yoğun gaz gelişi ve birikimi kuyu ağzında yüksek basınç meydana getirmektedir. Bu basınç değerleri 15-20 atm arasındadır.

Kuyu başına monte edilmiş ana vananın veya ana vana altına monte edilmiş yan çıkış vanasının gaz çıkışına imkan verecek şekilde açık bırakılması, ayrıca vana içerisindeki kireçlenmeyi önlemek amacıyla arasına küçük vananın veya ana vananın kapatılması gereklidir

Ayter-2 kuyu bilgi formu (Kılış ve diğ., 1996) ;

Sondaj no: Ayter-2

Kuyu Tipi: Sıcak su arama kuyusu

Kule: F-2500-405

Koordinatlar: X; 51622,61 Y; 50211,47 Z; 47

Başlama Tarihi: 14.10.1989

Bitiş Tarihi: 10.11.1989

Derinlik: 355 m

Kuyu Teçhizi: 0,00-100,00 m 9 - 5/8'' kapalı boru [çimentolu]

0,00-8,00 m 6 - 5/8'' kapalı boru

8,00-264,00 m 6 - 5/8'' filtreli boru

9 - 5/8'' kapalı borular üretim borusu olup çimento ile sabitleştirilmiştir.

Kuyu Ağzı: 10'' çapında 16 atm basınca dayanıklı vana monte edilmiştir. Ayrıca 2'' supul vana monte edilmiştir.

Kuyu Dibi Sıcaklığı: 101,5 °C Thermocouple ölçümü

Üretim Tipi: Gayzer tipinde sıcak su, buhar, gaz tipinde üretim yapılmaktadır.

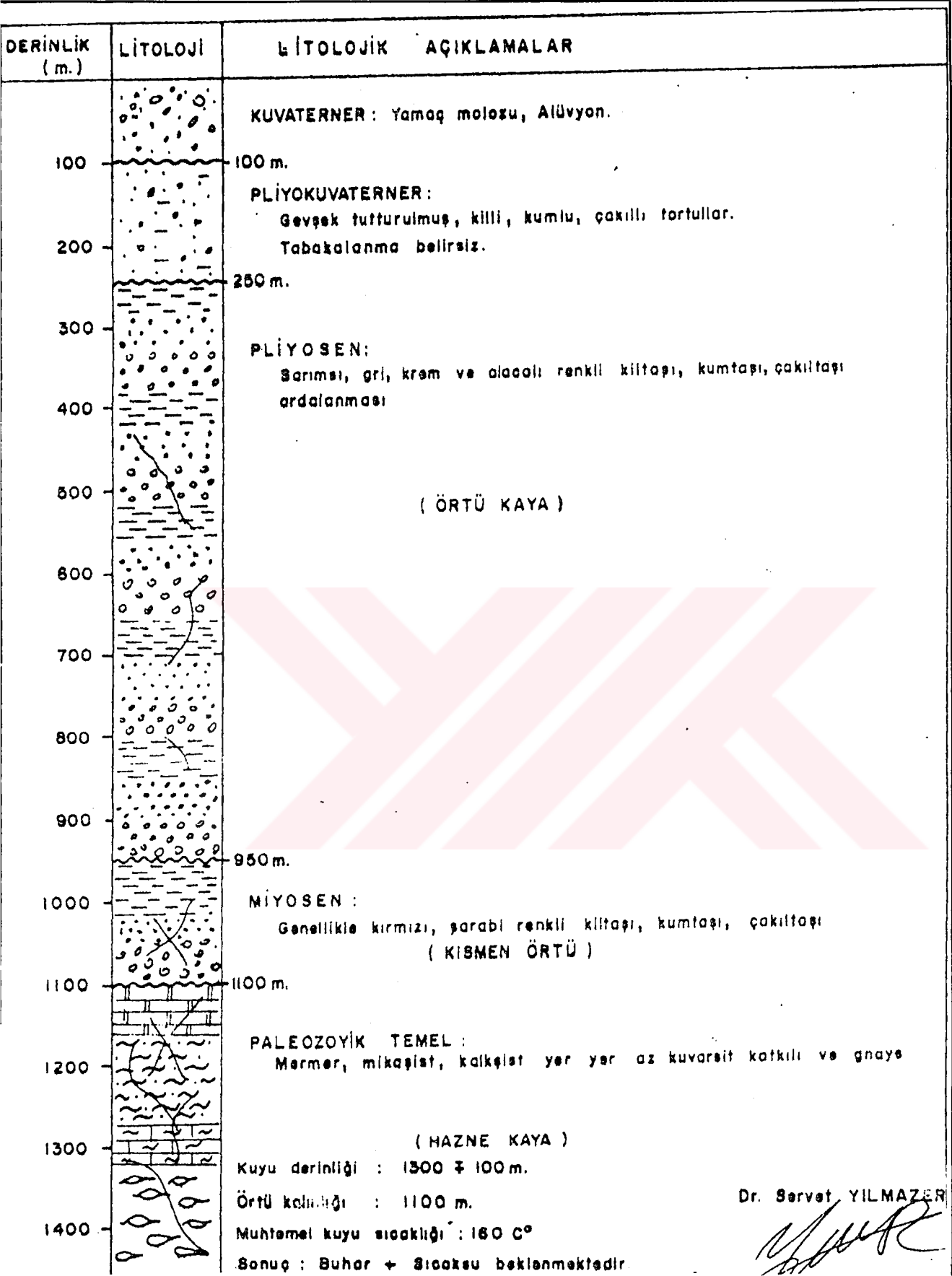
Kullanım Şekli: Ayter- 2 kuyusunda yoğun gaz gelişi ve birikimi kuyu ağzında yüksek basınç meydana getirmektedir. Bu basınç değerleri 15-20 atm arasındadır.

Kuyu başına monte edilmiş ana vananın veya ana vana altına monte edilmiş yan çıkış vanasının gaz çıkışına imkan verecek şekilde açık bırakılması, ayrıca vana içerisindeki kireçlenmeyi önlemek amacıyla arasına küçük vananın veya ana vananın kapatılması gereklidir

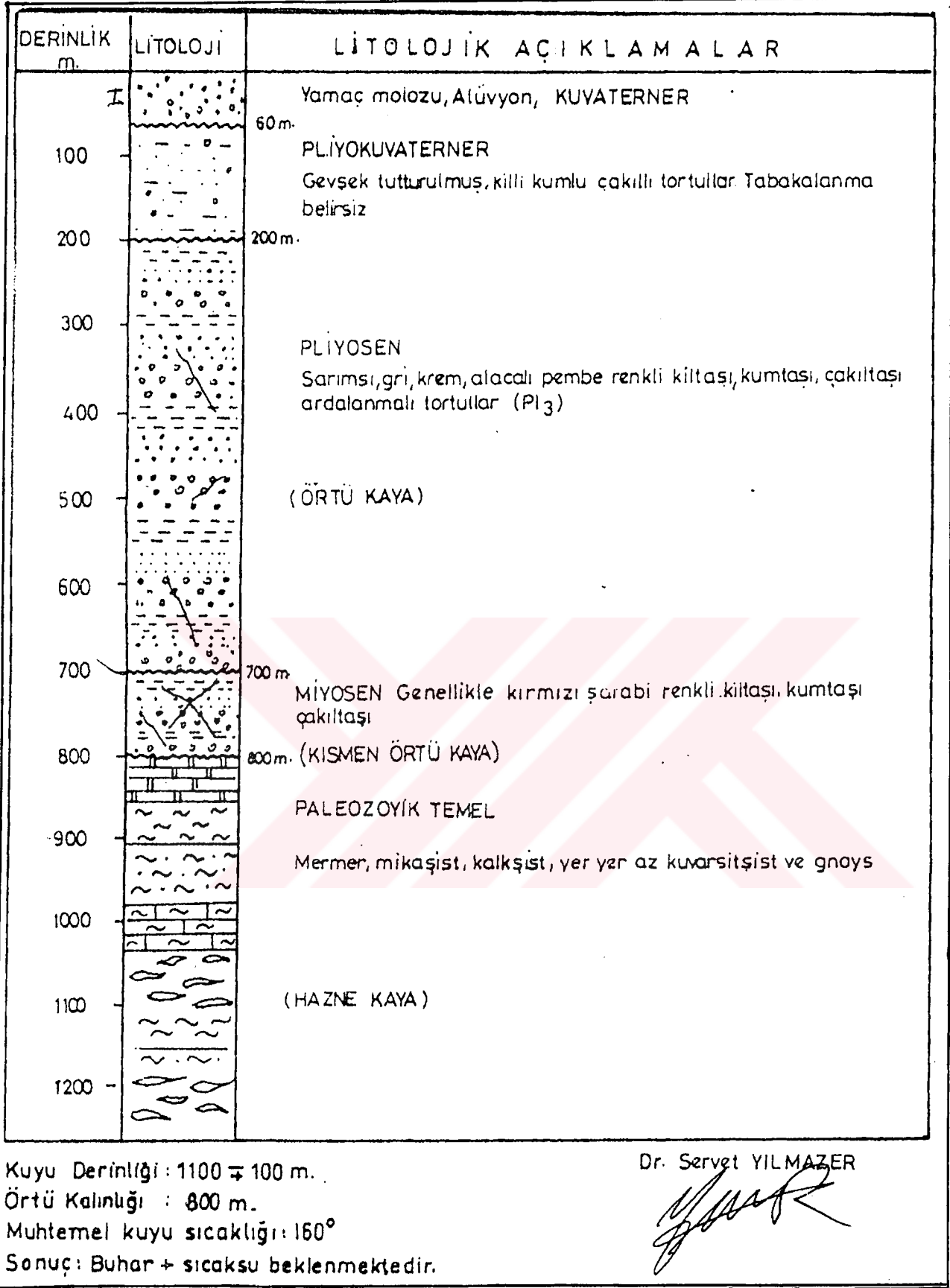
3.2.3 Aydın İmamköy Jeotermal Alanı

Aydın İmamköy jeotermal alanı Aydın İli' nin doğusundadır ve Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanının devamıdır. Aydın İmamköy sahasında iki kaynak vardır. Birisi İmamköy' ün kuzeyinde, diğeri de Nardere kaynağıdır. Aydın İmamköy kaynakları çok düşük debili, düşük sıcaklıklı 35,5-38,5 °C kaynaklardır. Fay zonundan boşalan bir kaynak olması metamorfik temele yakın yüzeylemesi ve sahanın üst boşalım bölgesinde yer alan kaynağın metamorfiklerden gelen soğuk su karışımı olması nedeni ile düşük ısılı olması doğaldır.

Bu alanda açılan araştırma kuyuları vardır (Şekil 3.5-6). Bunlar İmamköy ve Yılmazköy araştırma kuyularıdır. İmamköy araştırma kuyusu 1300 m delinmiş ve 160 °C sıcaklık ölçülmüştür. Yılmazköy araştırma kuyusu 1100 m delinmiş aynı sıcaklık tespit edilmiştir.



Şekil 3.5 Aydın İmamköy (İ-1) araştırma kuyusu muhtemel logu (Tıkr , 2000)



Şekil 3.6 Aydın Yılmazköy(Y-1) araştırma kuyusu muhtemel logu

(Tıkr , 2000)

3.2.4 Aydın Sultanhisar Salavatlı Jeotermal Alanı

Aydın Sultanhisar Salavatlı Jeotermal Alanı Aydın İli' nin doğusunda yer alır. Salavatlı kasabasının içerisinde halen işletilen 38 °C sıcaklıkta 0,5 l/s debili hamam tesislerinde bulunan kaynaklardır (Şekil 3.7). Sahada 1987-1988 yıllarında yapılan sondaj çalışmaları vardır. Bunlar AS-1 ve AS-2 nolu derin jeotermal araştırma kuyularıdır (Şekil 3.8, Tablo 3.3). Yapılan sondajlarda 172 °C sıcaklıklı 300-330 ton/saat üretim debili rezervuarın varlığı ortaya çıkarılmıştır.

Tablo 3.3 Aydın Sultanhisar Salavatlı Jeotermal Alanında açılan sondajlar
(Erişen ve diğ., 1996)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (t °C)	Debi (l/s)	Üretim Şekli
AS-1	1987	1510	167	93,8	A
AS-2	1987	962	172	---	---



Şekil 3.7 Aydın Sultanhisar Salavatlı kaplıcasından bir görünüm



Şekil 3.8 Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal sahası içinde yapılan AS-1 nolu sondaj kuyusundan bir görünüm

Aydın Salavatlı-1 Jeotermal Kuyusu Bilgi Formu (Kılış ve diğ., 1996);

Sondaj No : Aydın Sultanhisar

Mevkii : Salavatlı

Kuyu No : AS-1

Kuyu Tipi : Jeotermal enerji araştırma kuyusu

Kule Tipi : 2 DH 75 A

Koordinatları : X;93365,37 Y;96555,19 Z;131,50 vana üstü

Son Derinlik : 1510

Başlama Tarihi : 06.04.1987

Bitiş Tarihi : 20.07.1987

Zaman : 103 gün

Tabandan Rotary Bushing Yüksekliği : 2,80 m

Kule Sahibi : MTA

Muhafaza Boruları : 20'' kapalı [kondüktör borusu]

0,00-85,50 m 13 3/8'' kapalı [ara muhafaza borusu]

0,00-263,76 m 9 5/8'' kapalı üretim borusu

0,00-716,50 m 8 1/2'' open hole [üretim borusu]

Sonuç : Buhar, sıcak su, gaz 167 °C sıcaklık debi 337,8 ton/hr akışkan

Aydın Köşk Yavuzköy (AS-2) Jeotermal Kuyusu (Kılış ve diğ., 1996) ;

Sondaj No : Aydın Sultanhisar

Mevkii : Yavuzköy

Kuyu No : AS-2

Kuyu Tipi : Jeotermal enerji araştırma kuyusu

Kule Tipi : 2 DH 75 A

Koordinatları : X;92475,69 Y;95529,59 Z;124,38 rotary tablası

Son Derinlik : 962

Başlama Tarihi : 03.10.1987

Bitiş Tarihi : 21.01.1988

Zaman : 110 gün

Tabandan Rotary Bushing Yüksekliği : 2,80 m

Kule Sahibi : MTA

Muhafaza Boruları : 20'' yüzey muhafaza borusu [kapalı]

0,00-59,36 m 13 3/8'' kapalı [ara muhafaza borusu]

0,00-299,51 m 9 5/8'' kapalı üretim borusu

0,00-767,78 m 8 1/2'' open hole [üretim borusu]

767,78-962 m

Sonuç : Buhar, sıcak su, gaz 172 °C sıcaklık debi 330,0 ton/hr akışkan

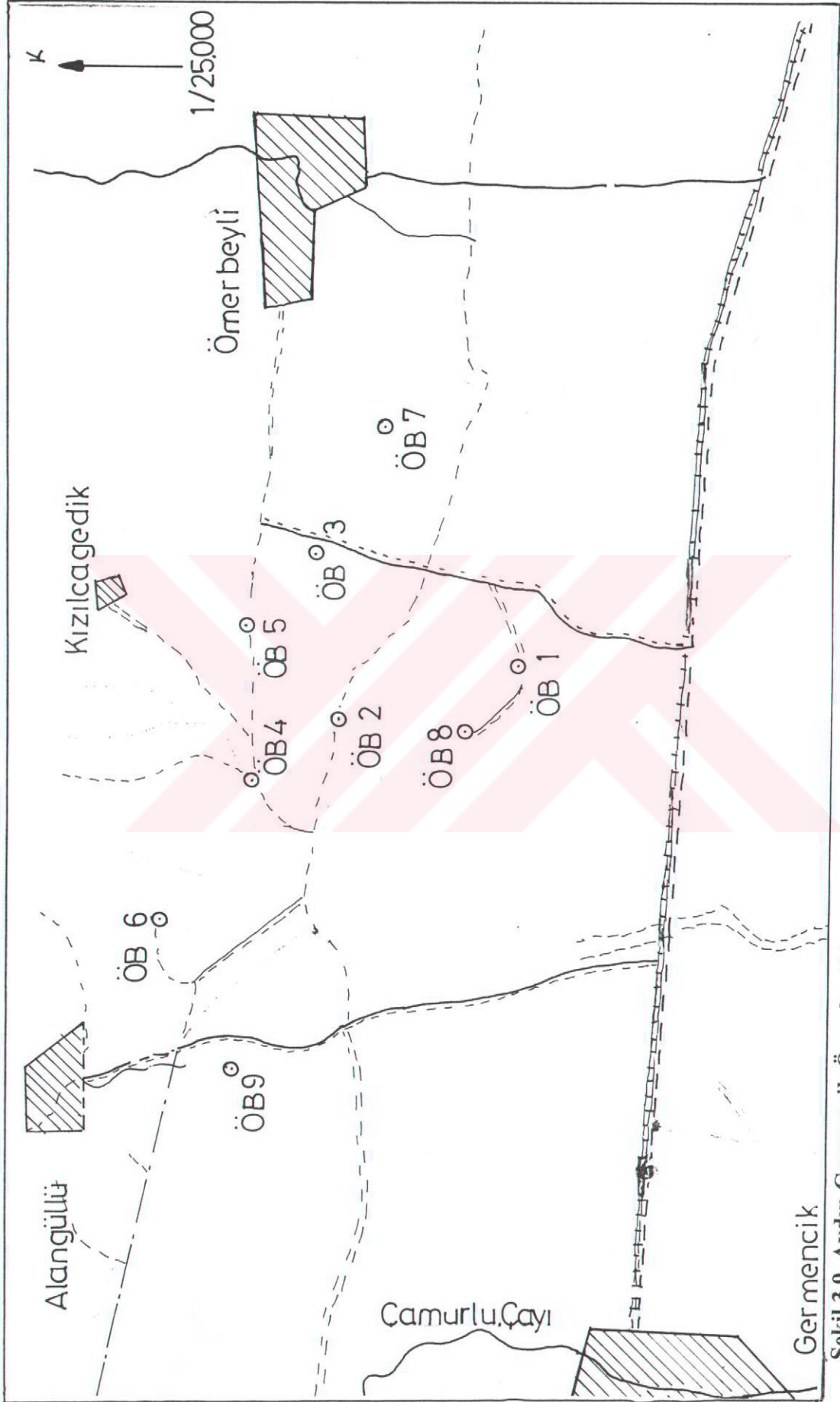
3.2.5 Aydın Germencik Ömerbeyli Jeotermal Alanı

Aydın Germencik Ömerbeyli Jeotermal Alanı Aydın İli' nin batısında yer alır. Bozkoy kaplıcası 59 °C sıcaklıkta, 1,5-2 l/s debili, çamur kaynağı ise 65 °C sıcaklıkta ve 2,5 l/s debili kaynaklardır. Germencik Ömerbeyli jeotermal sahasında

açılmış dokuz adet derin sondaj kuyusu bulunmaktadır (Şekil 3.9-10-11). Germencik Ömerbeyli jeotermal alanında yoğun sıcak su kaynağı ve sahasının sıcaklığının yüksek olduğu bilinmektedir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4 Germencik Ömerbeyli Jeotermal Alanında açılmış sondajlar
(Erişen ve diğ., 1996)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Debi (l/s)	Üretim Şekli
ÖB-1	1982	1000	203	Gayzer tipi	Gayzer tipi
ÖB-2	1982	975,50	231	25	4,5-7 kg/cm ²
ÖB-3	1983	1196,70	230	65	13-15 kg/cm ²
ÖB-4	1984	285	213	180-100	15 kg/cm ²
ÖB-5	1984	1302	221	65	6 bar
ÖB-6	1984	1100	221	140	15 bar
ÖB-7	1985	2398	203	65	2,8 kg/cm ²
ÖB-8	1986	200	219,87	120	5,5 kg/cm ²
ÖB-9	1986	1464,70	223,8	145	7 kg/cm ²



Şekil 3.9 Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içinde açılan sondajların yer bulduru haritası (Kılış ve diğ., 1996' dan değiştirilerek



Şekil 3.10 Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içinde açılan ÖB-1 nolu sondaj kuyusundan bir görünüm



Şekil 3.11 Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içinde açılan ÖB-8 nolu sondaj kuyusundan bir görünüm, arka fonda Menderes Masifi metamorfikleri

BÖLÜM 4

AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde çalışma alanında bulunan sıcak su ve soğuk sulardan alınan su örneklerinin kimyasal analizleri yapılmış ve daha önce yapılan analizlerle karşılaştırmaları yapılmıştır.

Ayrıca alandaki suların içme, sulama ve endüstride kullanma özellikleri yapılan kimyasal analizlerden yola çıkılarak ayrıntılı olarak incelenmiştir.

4.1 TEMEL JEOKİMYASAL HESAPLAMALAR

Bu çalışmada 8 sıcak su ve 2 soğuk su noktası olmak üzere toplam 10 su noktası pilot olarak seçilmiş ve bu noktalardan örnek alınarak kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu su noktaları ve kimyasal özellikleri çalışmanın ilerleyen bölümlerinde belirtilecektir. Yapılan bazı temel jeokimyasal tanımlamalar ve kimyasal formüller Şahinci, 1991' den alınmıştır.

Kimya analizlerinde, yeraltı sularında en çok bulunan Anyonlar Cl^- , $SO_4^{=}$, HCO_3^- , $CO_3^{=}$ ve Katyonlar Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} değerleri ile Si, Li ve B değerleri litrede miligram (mg/l) olarak bulunmuştur. Ayrıca bu noktaların pH ve elektriksel iletkenlikleri de ölçülmüştür.

Su içindeki iyonlar, litrede gram veya miligram olarak tanımlanır. Sudaki iyonlar milyonda bir anlamına gelen "ppm" olarak gösterilir. Litrede miligram ile ppm arasındaki bağıntı şöyledir.

$$\text{ppm (mg/kg)} = (\text{mg/l}) / \text{suyun özgül ağırlığı}$$

Suyun özgül ağırlığı çoğunlukla 1 olarak kabul edildiğinden ppm ile mg/l eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Bazı kimyasal incelemelerde iyonların su içindeki ağırlıkları yerine kimyasal tepkimeye giren miktarların saptanması istenir. Kimyasal tepkimelerde iyonların miktarı litrede miliekivalan (mek/l) ve molarite (mol/l) olarak tanımlanabilir.

$$\begin{aligned} \text{mek/l} &= (\text{mg/l}) / (P/Z) & P &= \text{İyonun atom ağırlığı} \\ \text{Molarite} &= (\text{mg/l}) / P \cdot 10^{-3} & Z &= \text{İyon değeri} \end{aligned}$$

Sudaki anyon ve katyonların mek/l toplamaları birbirine eşit olmalıdır. Anyon ve katyonların kimyasal analizlerinde yapılabilecek hata aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$e = 100 \cdot (rp - rn) / (rp + rn)$$

rp = Sudaki toplam katyon miktarı (mek/l)

rn = Sudaki toplam anyon miktarı (mek/l)

e, % 2' den küçük veya eşit olmalıdır. Bu çalışma kapsamında tarafımızdan yapılan analizlerin bir çoğu kabul edilebilir hata sınırı içindedir. Bir kısmında oldukça fazla hata çıkmaktadır. Bu durum kimyasal analiz sırasında tüm iyonları tahlil edilememiş olması, analiz sırasında yapılan hatalar, suyun alındığı tarihten analize kadar geçen süre içinde bir kısım iyonların çökmesi, kullanılan aletlerin yeterince hassas olmaması ve benzeri nedenlerden kaynaklanmaktadır.

4.1.1 İyonlaşma Gücü (I)

Büyüklik olarak iyonların her birinin stokiyometrik molaritesinin (C) yarısı ile iyon değeri (z) karesinin çarpımına eşittir (Şahinci, 1991).

$$I = 0,5 (C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + \dots + C_n Z_n^2) = 0,5 \sum C_i Z_i^2$$

Eğer iyonların mek/l değerleri alınır ise iyonlaşma gücü şöyle bulunur;

$$I = [(rNa^+ / 2) + (rK^+ / 2) + (rCl^- / 2) + (rHCO_3^- / 2) + rCa^{++} + rMg^{++} + rSO_4^{--}] \times 10^{-3}$$

Bağıntıda $r = mek/l'$ dir.

4.1.2 İyon Etkinliği (AC)

Tuzların suda çözünürlüğünün iyonlar arası kimyasal tepkime hızlarını etkileyen nedenlerden biridir. İyon etkinliği ile bir iyonun tahlil edilen derişimi (C) arasında şu bağıntı vardır (Şahinci, 1991).

$$AC = F \times C$$

AC = İyon etkinliği (gerçek derişim)

F = İyon etkinlik katsayısı

C = Görünür derişin (molarite)

4.1.3 İyon Etkinlik Katsayısı (F)

İyon etkinlik katsayısı boyutsuzdur ve genellikle birden küçük olduğunda gerçek derişim, görünür derişimden küçüktür. Böylece çözeltilerde bulunan iyonlar, derişimlerinden çok etkinlikleri gerçek derişimleri ile tepkimeleri denetlerler.

İyon etkinlik katsayısının saptanması için değişik bağıntılar verilmiştir. Bunlardan bazıları şunlardır;

a. Debye Hückel Bağlantısı :

$$\log F = -A z_i^2 \sqrt{I} \quad \dots \dots (I < 0,01 \text{ için})$$

Genişletilmiş Debye Hückel bağlantısı;

$$\log F = -A z_i^2 \sqrt{I} / (1 + B a) \quad \dots \dots (I < 0,1 \text{ için})$$

b. Gültenberg Bağlantısı :

$$\log F = -A z_i^2 \sqrt{I} / (1 + \sqrt{I}) \quad \dots \dots (I < 0,1 \text{ için})$$

c. Davies Bağlantısı :

$$\log F = -A z_i^2 (\sqrt{I} / 1 + \sqrt{I}) - 0,2 I \quad \dots \dots (I < 0,5 \text{ için})$$

İyon etkinlik katsayılarının (F) hesabı için iyonlaşma gücü (molarite olarak) 0,1 ' den düşük olan sularda **Debye Hückel** ($\log F = -A Z_i^2 I^{0,5} / 1 + B r_0 I^{0,5}$) bağlantısı kullanılır. A ve B sabitleri sıcaklık ve basınca bağlı parametreler olup, 25 °C ve 1 atm basınç koşullarında 0,51 ve 0,33 değerlerine sahiptir. Ancak hesaplamalar kaynak çıkış sıcaklığına göre yapılmalıdır.

İyonlaşma gücü 0,1 ile 0,5 arasında olan suların iyon etkinlik katsayısının hesabında ise **Davies bağlantısı** ($\log F = -A Z_i^2 (I^{0,5} / 1 + I^{0,5} - 0,2 I)$) kullanılır (Filiz, Tarcan ve Gemici,1998).

I = İyonlaşma gücü

F = İyon etkinlik katsayısı

Z = Değerlik

A = Sıcaklığa bağlı sabittir.

Suda çözülmüş iyonların yüzde değerleri anyonlar ve katyonlar olmak üzere ayrı, ayrı ele alınmıştır.

4.2 İNCELEME ALANINDA ÖRNEK ALINAN SU NOKTALARI

Ayter-1 (Aydın-İlçabaşı)

Aydın İli' nin hemen doğusundadır. M.T.A tarafından 1989 yılında açılan 471,25 m delinen kuyudan 5-7 l/s debi ve 84,5 °C (kuyu dibi) sıcaklık saptanmıştır. Yapılan sondajlarla bu bölgede ki sıcak suların yüzey suları oldukları saptanmış daha derine inildiği takdirde ana rezervuara yönelik iyi verilen olabileceği ve daha yüksek sıcaklıkların beklenebileceği tahmin edilmektedir. Alınan su örneğinin yüzey sıcaklığı 45 °C' dir ve debisi düşüktür (Şekil 4.1, Tablo 4.1). pH: 7,03 , iletkenlik 7430 $\mu\text{mho/cm}$ olan su sodyum, bikarbonat, sülfat fasiyes tipindedir. Bor içeriği 52,25 mg/l ile yüksek değerdedir. Kaplıca tesisleri yoktur ve şu an bölge halkı tarafından yıkanmalar için kullanılmaktadır.



Şekil 4.1 Ayter-1 nolu su noktasından bir görünüm

Ayter-2 (Aydın-İlçabaşı)

Aydın İli' nin doğusunda Ayter-1 sondajının 100 m kadar batısındadır (Şekil 4.2, Tablo 4.2). Ayter 2 sondajı yine M.T.A tarafından 1989 yılında açılmış, 355 m

delinmiş ve 2 l/sn debi tespit edilmiştir. Bu sondaj kuyusundan çıkan verilerde Ayter 1 verilerini desteklemektedir. Kuyu dibi sıcaklığı 101,5 °C' e, yüzey sıcaklığı 55 °C llmřtir. Debisi düşüktür. Çok fazla doygun kalsiyum karbonat içerdikleri için çok seri yüzey kabuklaşmaları oluşmuştur. Ayter 2 sondaj kuyusunun çevresinde bu kabuklaşmalar belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir (şekil 4.3). pH : 6,91 , iletkenlik 5400 $\mu\text{mho/cm}$ olan su sodyum, bikarbonat, sülfat fasiyes tipindedir. Bor içeriği 49,25 mg/l ile yüksek değerdedir. Çevredeki halk yıkanmak için bu suları kullanmaktadırlar.



şekil 4.2 Ayter-2 nolu su noktasından bir görünüm



Şekil 4.3 Ayter-2 nolu su noktasında görülen kabuklaşmalar

Sarısı (Sultanhisar-Salavatlı)

Sultanhisar Salavatlı kasabası içerisinde alınan bu su örneği halk tarafından sarısı olarak adlandırılmaktadır(Şekil 4.4, Tablo 4.3). 27 °C sıcaklığı, 0,25 l/s debisi vardır. pH:6,1 , iletkenlik 1731 $\mu\text{mho/cm}$ olan su kalsiyum, bikarbonat, sülfat fasiyes tipindedir. 0,48 mg/l bor içermektedir.

Salavatlı Çeşmesi (Sultanhisar-Salavatlı)

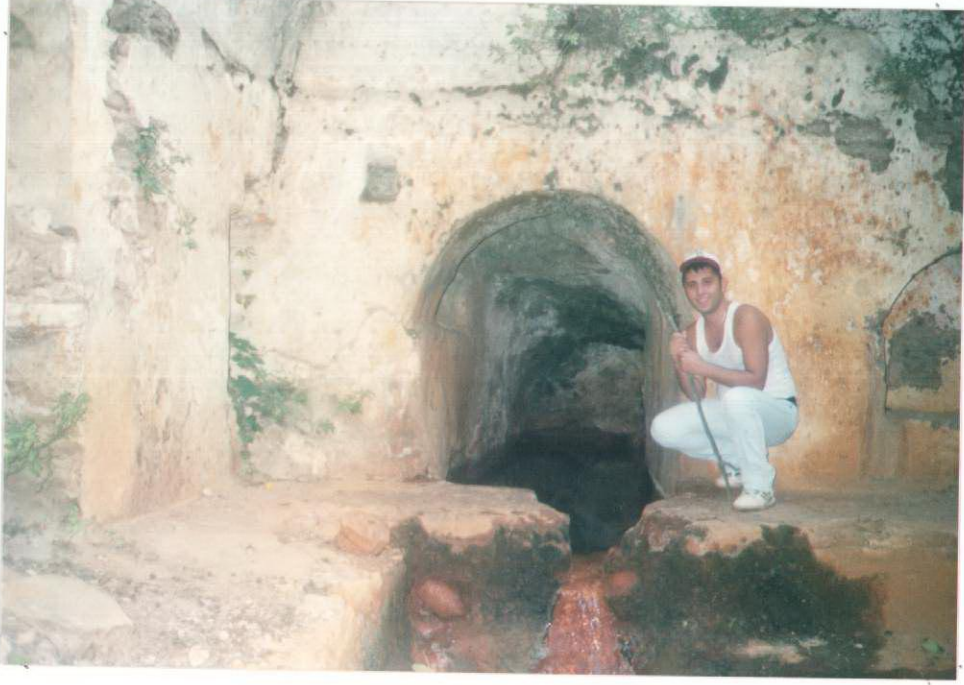
Salavatlı' ya gelmeden yol güzergahı üzerindeki çeşmeden alınan su örneğidir (Tablo 4.4). Alüvyon içerisinde. pH:7,52 , iletkenlik 967 $\mu\text{mho/cm}$ olan su magnezyum, kalsiyum, bikarbonat, sülfat fasiyes tipindedir.



Şekil 4.4 Salavatlı sarısudan bir görünüm

İmamköy Kuzeyindeki Kaynak

İmamköy ılıcasının kuzeyindeki kaynaktır (Şekil 4.5, Tablo 4.5). Osmanlılardan veya daha eski çağlardan kalma kubbe görülmektedir. Gnayslardan çıktığı gözlenen kaynağın sıcaklığı 37°C ve debisi $0,5 \text{ l/s}$ dir. Kaynağın eski zamanlardaki çıkış gözeleri ile alterasyon ürünleri çevrede görülebilmektedir (Şekil 4.6). pH : 6,43 , iletkenlik $1709 \mu\text{mho/cm}$ olan su kaynağı magnezyum, kalsiyum, bikarbonat, sülfat fasiyes tipindedir. Bor içeriği $0,48 \text{ mg/l}$ den daha azdır.



Şekil 4.5 İmamköy kuzeyindeki kaynaktan bir görünüm



Şekil 4.6 İmamköy kuzeyindeki kaynağın, eski kaynak çıkış gözeleri ve alterasyon ürünleri

İmamköy Ilcası 1. Kaynak

Aydın İli' ne 6 km uzaklıkta ve İmamköy' ün yaklaşık 1 km kadar kuzeyindedir. Neojen' den çıkan kaynağın sıcaklığı 37 °C ve debisi 2 l/s' dir. 1968 yılında açılan bir sondaj sonrası ortaya çıkmış olup, İmamköy kuzeyindeki kaplıca buraya taşınmıştır. Mevcut konumuyla kendiliğinden (artezyen) akmakta olup, iki ayrı hamam tesisi olarak işletilmektedir (Şekil 4.7, Tablo 4.6). pH: 6,9 , iletkenlik: 1244 $\mu\text{mho/cm}$ olan su magnezyum, kalsiyum, bikarbonat, sülfat fasiyes tipindedir. Şuan ilkel tesislerde kaplıca tedavilerinde kullanılmaktadır. Böbrek taşları ve ağrılı hastalıklar için şifalıdır. Ayrıca romatizma, mayasıl, ülser ve siyetik gibi hastalıklara da iyi geldiği söylenmektedir.



Şekil 4.7 İmamköy ılcası 1. kaynağın tesislerinden görünüm

İmamköy Ilcası 2. Kaynak

Bu kaynakta 1. kaynak gibi Neojen' den gelmektedir. 35 °C sıcaklıktadır (Şekil 4.8, Tablo 4.7). pH:6,43 , iletkenlik: 1841 $\mu\text{mho/cm}$ olan su sodyum, kalsiyum, magnezyum, bikarbonat, sülfat fasiyes tipindedir. Bu kaynakta ilkel tesislerde kaplıca tedavilerinde kullanılmaktadır.



Şekil 4.8 İmamköy Ilıcası 2. kaynağın tesislerinden görünüm

Bozköy Kaplıca Kaynağı (Germencik)

Aydın İli' nin batısında yer alan Germencik İlçesi' nin kuzeyinde ve ilçeye 10 km uzaklıktadır. Yeni yapılmış modern bir tesis bulunmaktadır. 59 °C sıcaklıkta olan kaynağın debisi 1-2 l/s' dir (Şekil 4.9, Tablo 4.8). pH: 6,86 , iletkenlik 7020 $\mu\text{mho/cm}$, olan su sodyum, bikarbonat, klor fasiyes tipindedir. Bor içeriği 59,75mg/l ile yüksek değerdedir. Romatizma ve ağrılı hastalıklarla, siyatik ve böbrek taşlarına da iyi geldiği bilinmektedir. Banyo yolu ile damar açıcı ve yatıştırıcı özelliklere sahiptir. Aynı işletmeye ait olan yerde iki adet derin sondaj kuyusu bulunmaktadır.

Çamur Kaynağı

Bozköy kaplıcası yolu üzerindedir. Kaynağın sıcaklığı 65 °C' dir (Şekil 4.10, Tablo 4.9). pH :7,4 , iletkenlik: 6890 $\mu\text{mho/cm}$ olan su sodyum, bikarbonat, klor fasiyes tipindedir. Bor içeriği 59,75 mg/l ile yüksek değerdedir. Suyun çıktığı yerde oluşan çamurun ağrılı hastalıklara iyi geldiği söylenmektedir.



Şekil 4.9 Bozköy (Germencik) kaplıcası kaynağından görünüm



Şekil 4.10 Çamur kaynağından(Germencik) bir görünüm

Hıdırbeyli Göleti Yüzey Suyu

Germencik İlçe sınırları içinde yer alan göletten alınan su örneğidir (Tablo 4.10). pH : 8,6 , iletkenlik 1975 $\mu\text{mho/cm}$ ' dir. Sodyum, klor, magnezyum, bikarbonat fasiyes tipinde olan gölet suyunda 7,26 mg/l bor bulunmaktadır. Bor oranının yüksek olması çevredeki sıcak suların göletin sularına karışıyor olabilme olasılığı ile açıklanabilir.

Yorum

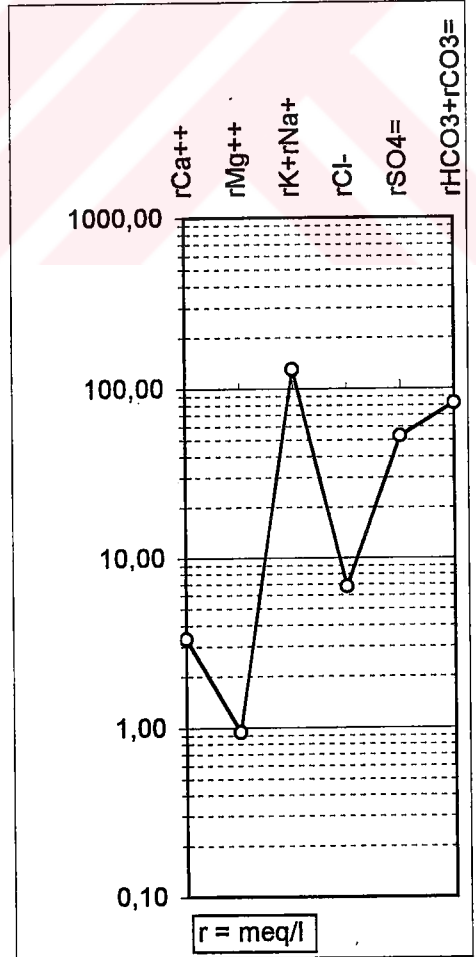
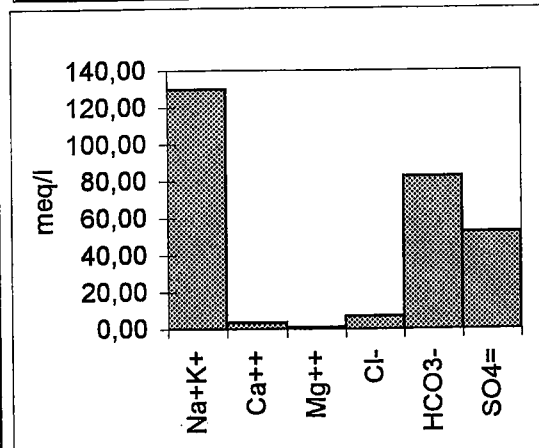
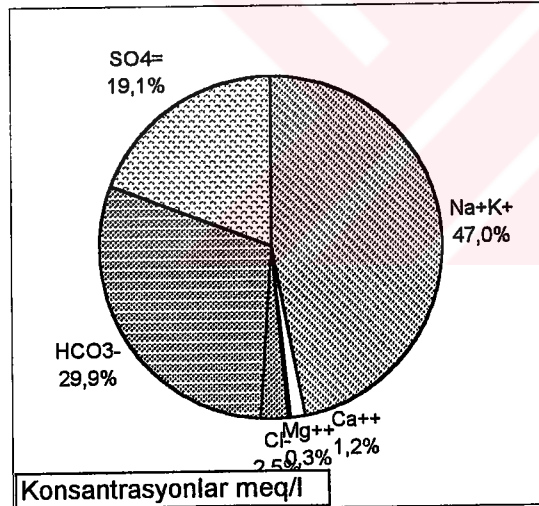
İnceleme alanlarında yapılan kimyasal analizler tablo 4.11' de verilmiştir. Bu tablo ile karşılaştırmalar yaptığımızda görülen farklılıkların sebebinin analizlerin yapımında farklı standartlar kullanılması ile açıklanabilir.

Yapılan kimyasal analizlerin geçmiş yıllarda yapılan analizlerle olan farklılıkları Ayter 1 ve Ayter 2 su noktaları için Erişen ve diğ., 1996 örneklerinin kuyu dibiden alınan örnekler ile yapıldığını, bu çalışmadaki suların yüzeyden alınan su örnekleri ile yapıldığından kaynaklanıyor olması ile açıklanabilir. İmamköy 1. ve 2. kaynaklarının ise İÜ Tıp Fak., 1975 kimyasal analizler ile karşılaştırıldığında büyük bir uyum söz konusudur. Bu suların sıcaklıklarını aynen korudukları ve sıcaklıklarında bir değişimin olmadığı görülmektedir. pH' ları, iletkenlikleri ve iyon değerlerinde büyük benzerlikler görülmektedir. Ancak İmamköy 2. kaynağının 1971' den bu yana sodyum değerinde büyük bir artışın olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak; geçmiş yıllarda yapılan kimyasal analizler ile bu çalışmada yapılan kimyasal analizlerdeki farklı sonuçlar, her yıl değişen teknik olanaklar ve analizlerin yapımı sırasındaki kişisel hatalar ile açıklanabilir.

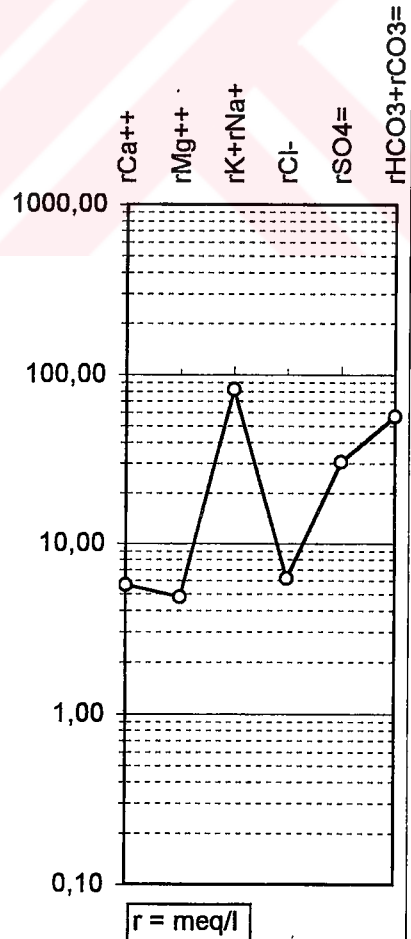
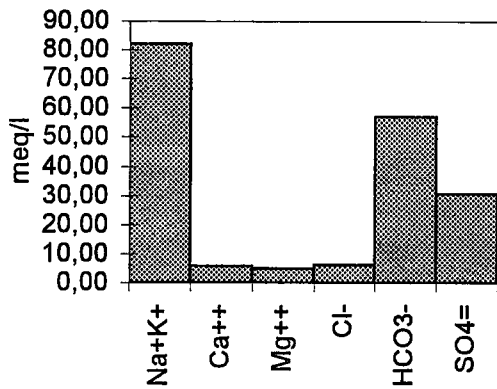
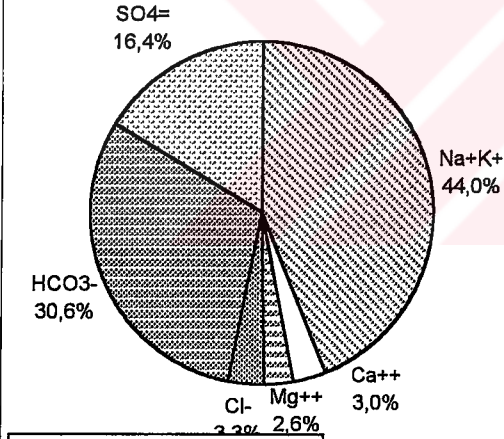
Tablo 4.1 Ayter-1 su noktasının kimyasal özellikleri

Örnek Adı: Ayter -1				°C :	45	pH(-logH)		7,03
Örnekleme Tarihi : 13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(µmho/cm)		7430
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	2867	124,71	93,16	91,4	0,12471	0,0624	0,72	0,0896
K ⁺	191	4,89	3,65	6,1	0,00489	0,0024	0,70	0,0034
Ca ⁺⁺	67	3,33	2,49	2,1	0,00167	0,0033	0,32	0,0005
Mg ⁺⁺	11	0,94	0,70	0,4	0,00047	0,0009	0,38	0,0002
Cl ⁻	240	6,76	4,77	3,1	0,00676	0,0034	0,70	0,0047
HCO3 ⁻	5026	82,40	58,15	64,5	0,08240	0,0412	0,72	0,0592
SO4 ⁼	2522	52,53	37,07	32,4	0,02627	0,0525	0,27	0,0070
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				133,869	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		3135,9	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				141,698	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		7788,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				275,567	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		10923,9	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,166	% e (Hata Yüzdesi)		-2,84	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				85,342	Sertlik (Fr)		21,35	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,050	rCa/rMg Oranı		3,56	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,635	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-0,82	
SId (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,491	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-0,40	
Fo (Köpürme Katsayısı)				8113,3	Si (mg / l)	Li (mg/l) : 8,59		81,80
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO3-SO4					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		52,25	



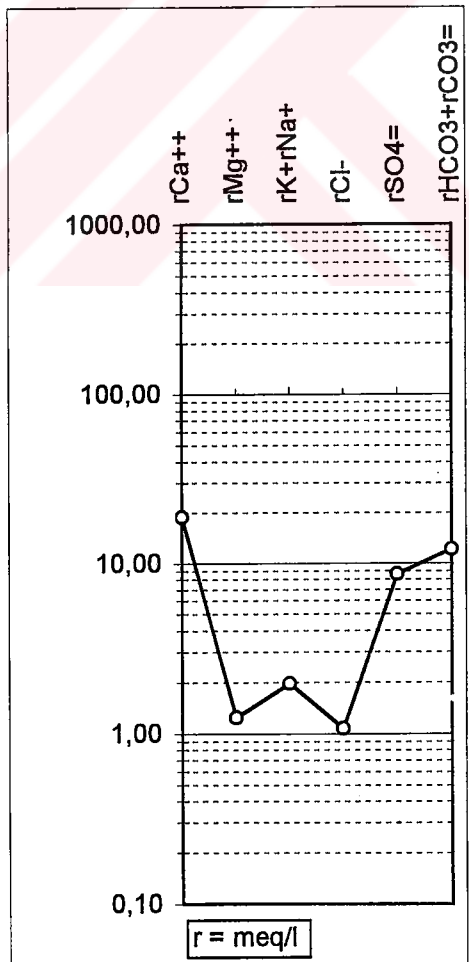
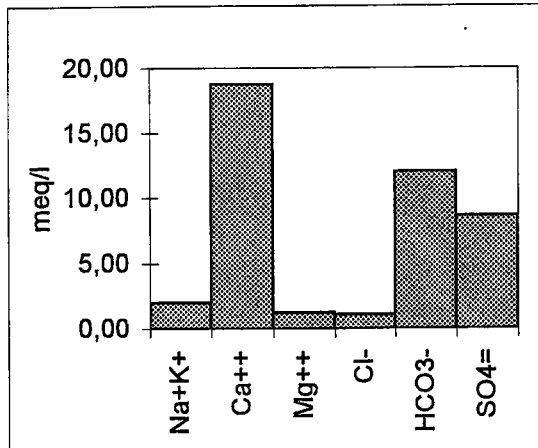
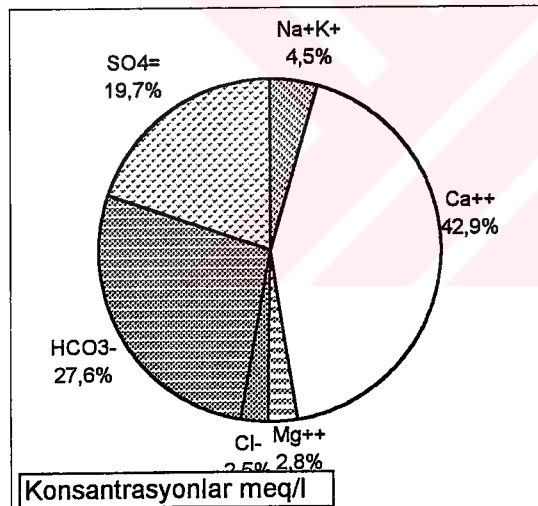
Tablo 4.2 Ayter-2 su noktasının kimyasal özellikleri

Örnek Adı: Ayter-2				°C :	55	pH(-logH)		6,91
Örnekleme Tarihi : 13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(μmho/cm)		5400
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1789	77,82	84,18	84,3	0,07782	0,0389	0,74	0,0578
K ⁺	161	4,14	4,47	7,6	0,00414	0,0021	0,72	0,0030
Ca ⁺⁺	114	5,67	6,13	5,4	0,00283	0,0057	0,36	0,0010
Mg ⁺⁺	59	4,82	5,21	2,8	0,00241	0,0048	0,40	0,0010
Cl ⁻	220	6,20	6,61	4,3	0,00620	0,0031	0,72	0,0045
HCO3 ⁻	3477	57,00	60,76	67,3	0,05700	0,0285	0,74	0,0423
SO4 ⁼	1470	30,61	32,63	28,4	0,01531	0,0306	0,30	0,0047
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				92,440	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		2122,5	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				93,815	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		5166,5	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				186,256	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		7289,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,114	% e (Hata Yüzdesi)		-0,74	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				33,982	Sertlik (Fr)		52,44	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,071	rCa/rMg Oranı		1,18	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,642	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-0,73	
SId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,733	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-0,42	
Fo (Köpürme Katsayısı)				5147,2	Si (mg / l)	Li (mg/l) : 8,33		77,90
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO3-SO4					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		49,25	



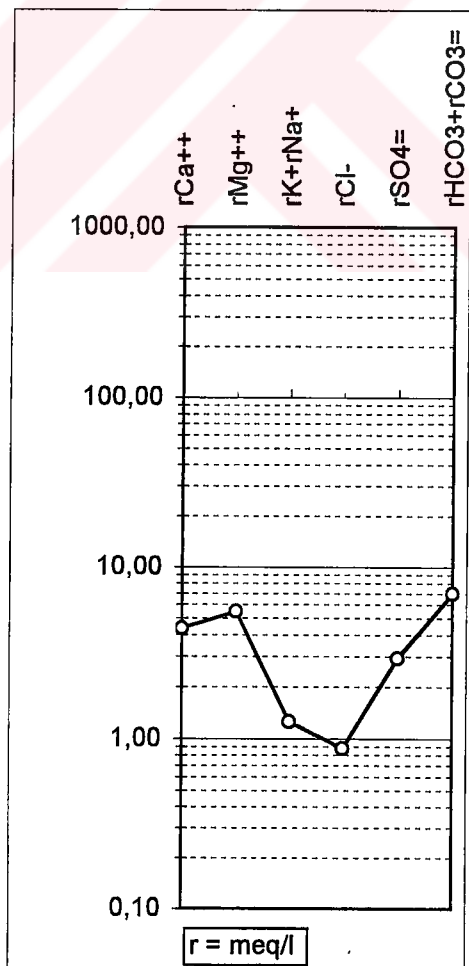
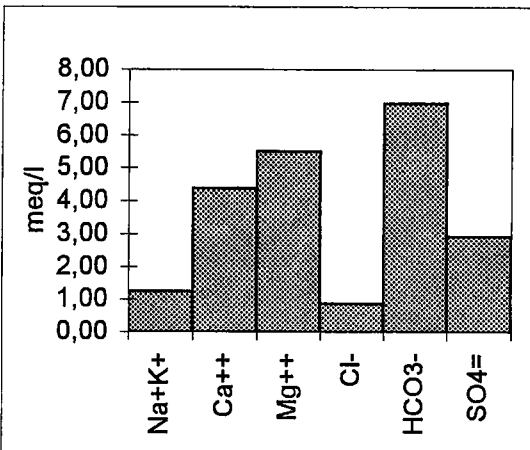
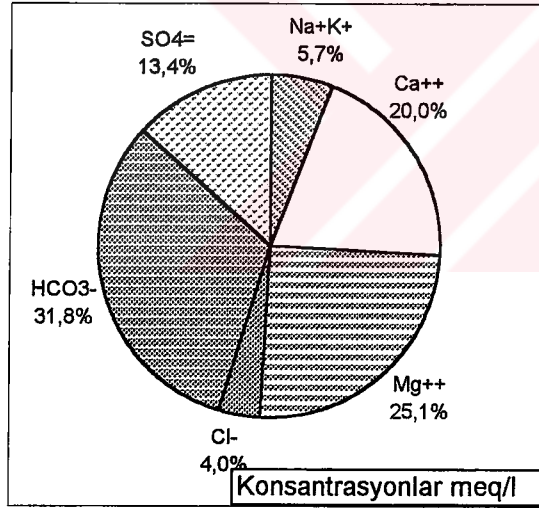
Tablo 4.3 Salavatlı sarısu kimyasal özellikleri

Örnek Adı: Sarısu				°C :	27	pH(-logH)		6,1
Örnekleme Tarihi :13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(µmho/cm)		1731
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	40	1,74	7,93	9,1	0,00174	0,0009	0,84	0,0015
K ⁺	9	0,23	1,04	2,0	0,00023	0,0001	0,83	0,0002
Ca ⁺⁺	376	18,74	85,38	85,4	0,00937	0,0187	0,53	0,0049
Mg ⁺⁺	15	1,24	5,66	3,4	0,00062	0,0012	0,55	0,0003
Cl ⁻	38	1,07	4,93	3,2	0,00107	0,0005	0,83	0,0009
HCO3 ⁻	734	12,04	55,46	62,0	0,01204	0,0060	0,84	0,0101
SO4 ⁼	413	8,60	39,61	34,8	0,00430	0,0086	0,49	0,0021
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				21,952	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			439,6
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				21,708	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			1185,1
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				43,661	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			1624,7
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,036	% e (Hata Yüzdesi)			0,56
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,550	Sertlik (Fr)			99,92
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,052	rCa/rMg Oranı			15,09
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0,104	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)			-0,38
SID (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0,582	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-0,24
Fo (Köpürme Katsayısı)				125,7	Si (mg / l)			47,20
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Ca-HCO3-SO4					B ⁺⁺⁺ (mg / l)			0,48



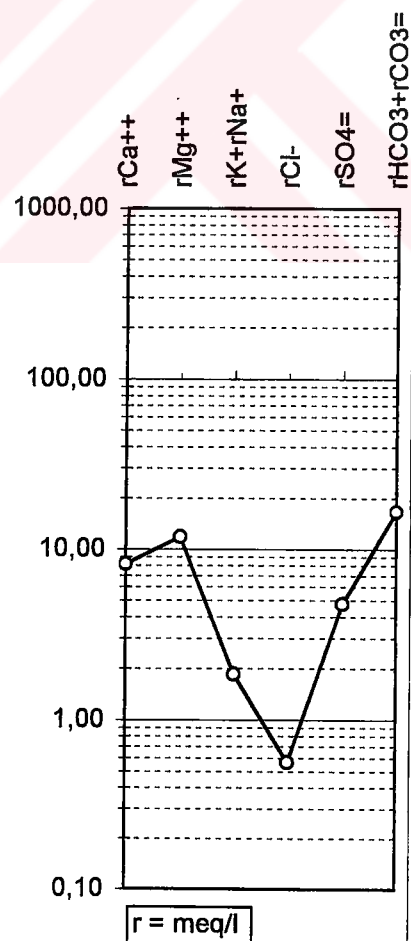
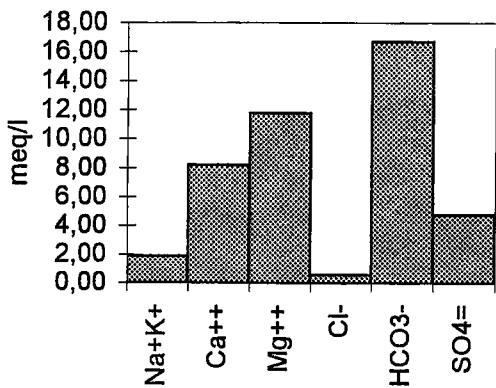
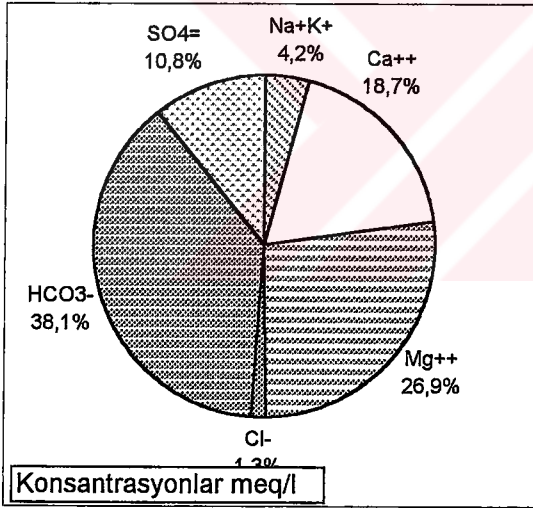
Tablo 4.4 Salavatlı çeşmesi kimyasal özellikleri

Örnek Adı: Salavatlı çeşmesi				°C :	17	pH(-logH)		7,52
Örnekleme Tarihi : 13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(μmho/cm)		967
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	22	0,95	8,53	11,6	0,00095	0,0005	0,88	0,0008
K ⁺	12	0,30	2,72	6,3	0,00030	0,0002	0,87	0,0003
Ca ⁺⁺	88	4,37	39,33	46,6	0,00219	0,0044	0,62	0,0014
Mg ⁺⁺	67	5,49	49,42	35,5	0,00275	0,0055	0,64	0,0018
Cl ⁻	31	0,87	8,12	5,2	0,00087	0,0004	0,87	0,0008
HCO ₃ ⁻	425	6,96	64,71	71,3	0,00696	0,0035	0,88	0,0061
SO ₄ ⁼	140	2,92	27,17	23,5	0,00146	0,0029	0,60	0,0009
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				11,115	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		188,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				10,757	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		595,9	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				21,873	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		783,9	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,017	% e (Hata Yüzdesi)		1,64	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,427	Sertlik (Fr)		49,32	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,088	rCa/rMg Oranı		0,80	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,538	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-1,33	
SId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,694	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-1,87	
Fo (Köpürme Katsayısı)				82,4	Si (mg / l)		46,50	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Mg-Ca-HCO3-SO4					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		< 0,48	



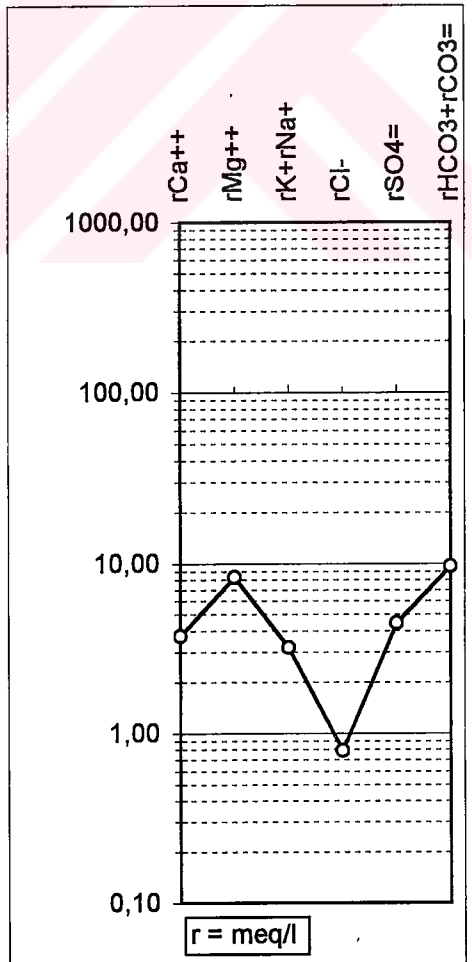
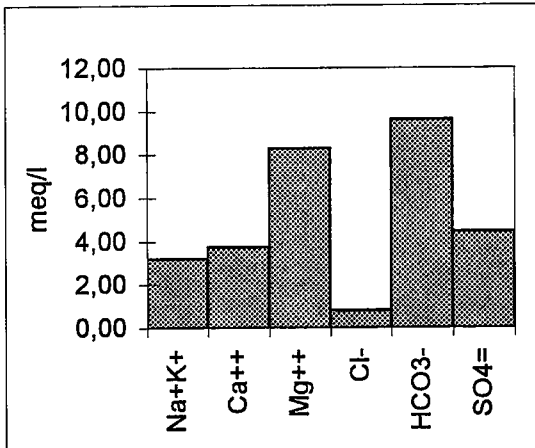
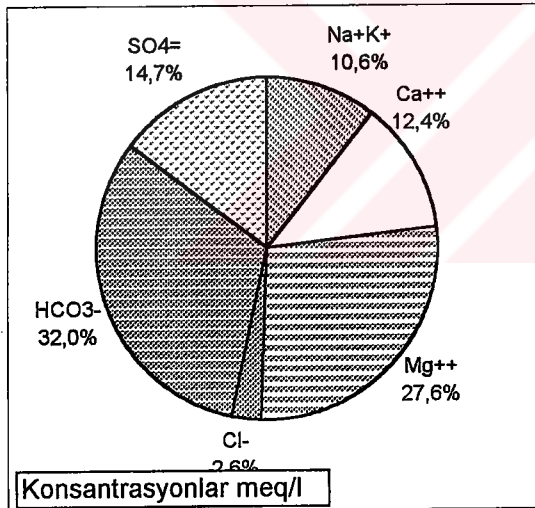
Tablo 4.5 İmamköy kuzeyi kaynağının kimyasal özellikleri

Örnek Adı: İmamköy kuzeyi kaynağı				°C:	37	pH(-logH)		6,43
Örnekleme Tarihi : 13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(μmho/cm)		1709
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	23	1,00	4,57	6,3	0,00100	0,0005	0,84	0,0008
K ⁺	33	0,85	3,92	9,2	0,00085	0,0004	0,83	0,0007
Ca ⁺⁺	164	8,16	37,48	45,1	0,00408	0,0082	0,53	0,0022
Mg ⁺⁺	143	11,77	54,03	39,4	0,00588	0,0118	0,56	0,0033
Cl ⁻	20	0,56	2,57	1,6	0,00056	0,0003	0,83	0,0005
HCO ₃ ⁻	1016	16,66	75,84	80,4	0,01666	0,0083	0,84	0,0140
SO ₄ ⁼	228	4,74	21,59	18,0	0,00237	0,0047	0,50	0,0012
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				21,782	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		362,9	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				21,963	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		1263,7	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				43,744	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		1626,6	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,034	% e (Hata Yüzdesi)		-0,41	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,316	Sertlik (Fr)		99,66	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,026	rCa/rMg Oranı		0,69	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,008	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-1,00	
SID(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,199	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-0,42	
Fo (Köpürme Katsayısı)				128,4	Si (mg / l)		69,50	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Mg-Ca-HCO3-SO4				B ⁺⁺⁺ (mg / l)		< 0,48		



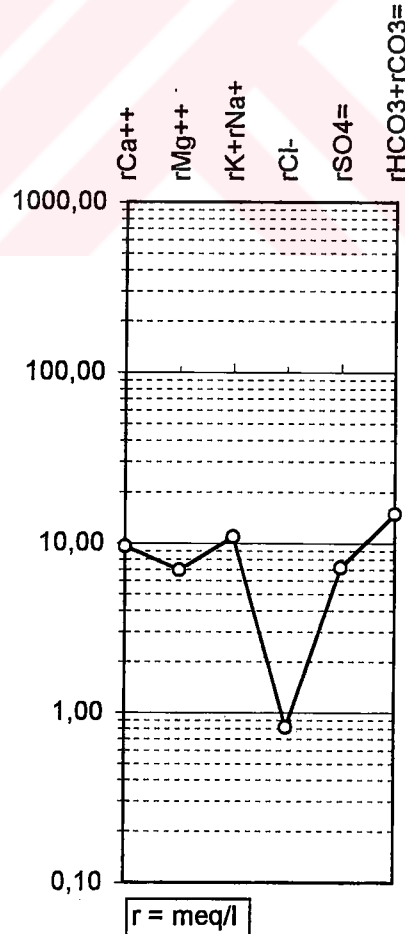
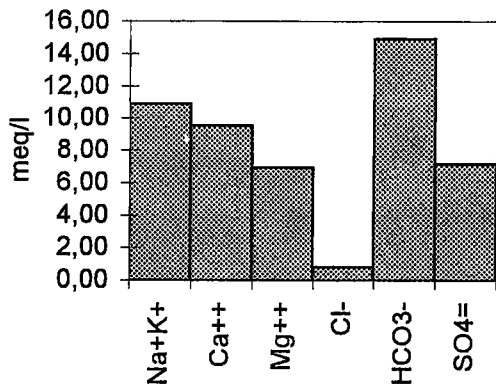
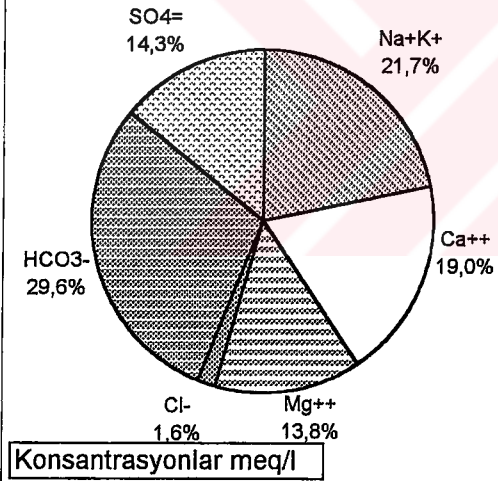
Tablo 4.6 İmamköy ilçası 1.kaynağın kimyasal özellikleri

Örnek Adı: İmamköy 1.kaynak				°C :	37	pH(-logH)		6,9
Örnekleme Tarihi : 13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(μmho/cm)		1244
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	56	2,42	15,92	21,3	0,00242	0,0012	0,86	0,0021
K ⁺	30	0,77	5,06	11,5	0,00077	0,0004	0,85	0,0007
Ca ⁺⁺	75	3,73	24,57	28,7	0,00187	0,0037	0,57	0,0011
Mg ⁺⁺	101	8,27	54,45	38,5	0,00414	0,0083	0,59	0,0025
Cl ⁻	28	0,79	5,33	3,4	0,00079	0,0004	0,85	0,0007
HCO3 ⁻	586	9,60	64,81	70,9	0,00960	0,0048	0,86	0,0082
SO4 ⁼	212	4,42	29,86	25,7	0,00221	0,0044	0,54	0,0012
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				15,193	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		261,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				14,812	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		825,9	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				30,005	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		1086,9	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,023	% e (Hata Yüzdesi)		1,27	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,987	Sertlik (Fr)		60,03	
rCl / (rSO4+rHCO3) Oranı				0,056	rCa/rMg Oranı		0,45	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0,057	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-1,29	
SIId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,224	LogPCO2(CO2) Kısmi Basıncı		-1,12	
Fo (Köpürme Katsayısı)				209,9	Si (mg / l)		64,10	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Mg-Ca-HCO3-SO4				B ⁺⁺⁺ (mg / l)		< 0,48		



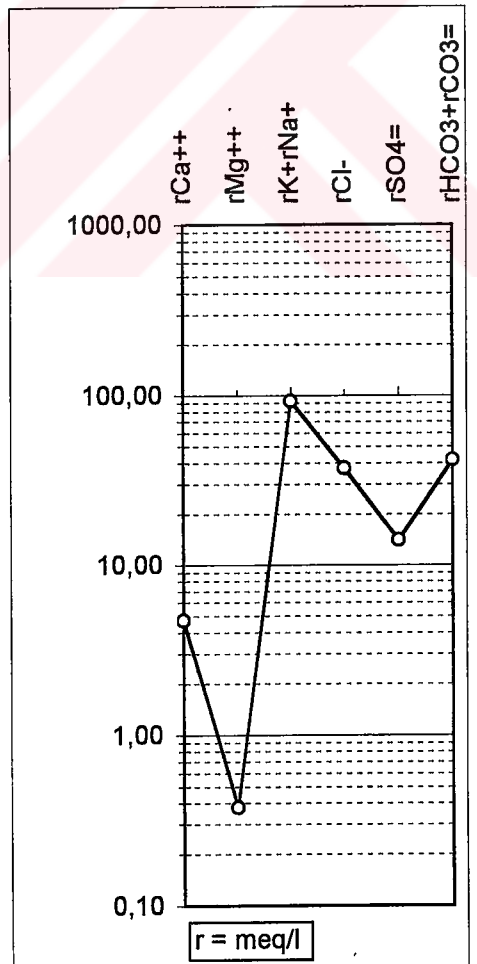
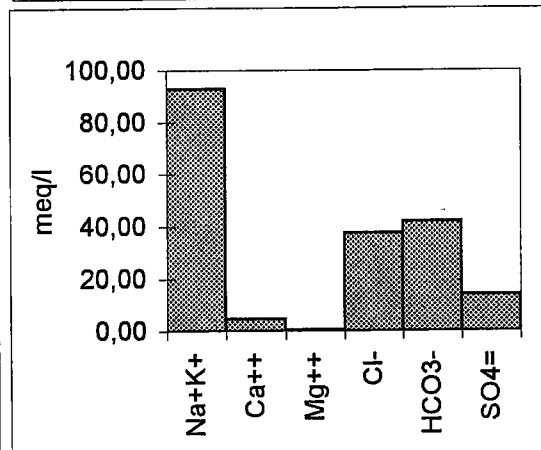
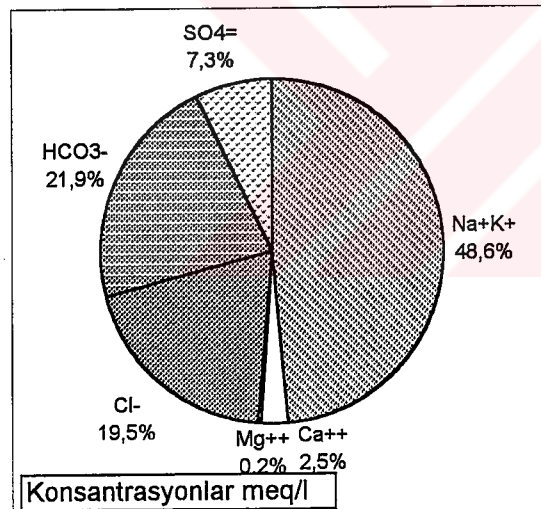
Tablo 4.7 İmamköy ilçası 2.kaynağın kimyasal özellikleri

Örnek Adı: İmamköy 2.kaynak				°C :	35	pH(-logH)		6,43
Örnekleme Tarihi :13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(μmho/cm)		1841
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	227	9,88	36,14	41,9	0,00988	0,0049	0,84	0,0083
K ⁺	39	1,01	3,68	7,2	0,00101	0,0005	0,83	0,0008
Ca ⁺⁺	191	9,52	34,83	35,2	0,00476	0,0095	0,53	0,0025
Mg ⁺⁺	84	6,93	25,36	15,6	0,00347	0,0069	0,55	0,0019
Cl ⁻	29	0,82	3,58	2,3	0,00082	0,0004	0,83	0,0007
HCO3 ⁻	908	14,88	65,10	70,9	0,01488	0,0074	0,84	0,0125
SO4 ⁼	344	7,16	31,32	26,8	0,00358	0,0072	0,49	0,0018
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				27,337	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		541,4	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				22,856	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		1280,3	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				50,193	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		1821,7	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,037	% e (Hata Yüzdesi)		8,93	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				3,444	Sertlik (Fr)		82,27	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,037	rCa/rMg Oranı		1,37	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,024	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-0,76	
SId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,067	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-0,47	
Fo (Köpürme Katsayısı)				690,8	Si (mg / l)	Li (mg/l) : 0,12		83,30
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Ca-Mg-HCO3-SO4				B ⁺⁺⁺ (mg / l)				< 0,48



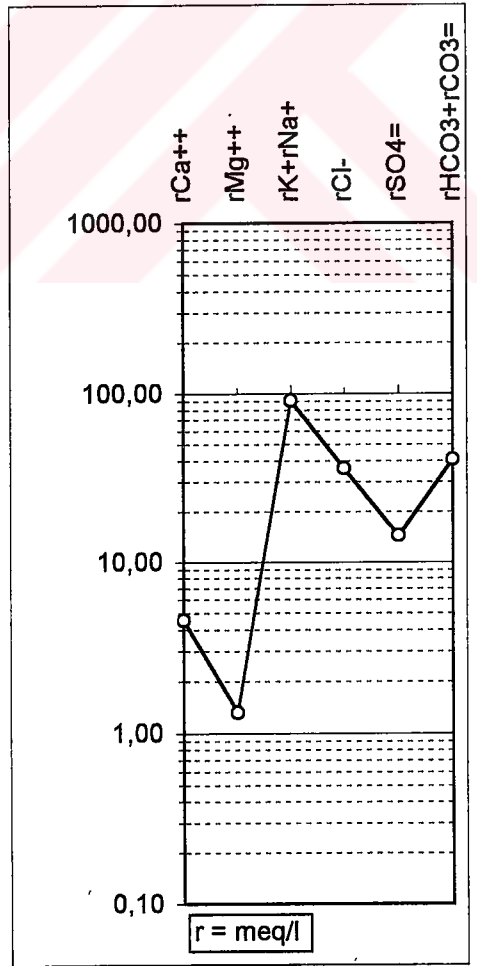
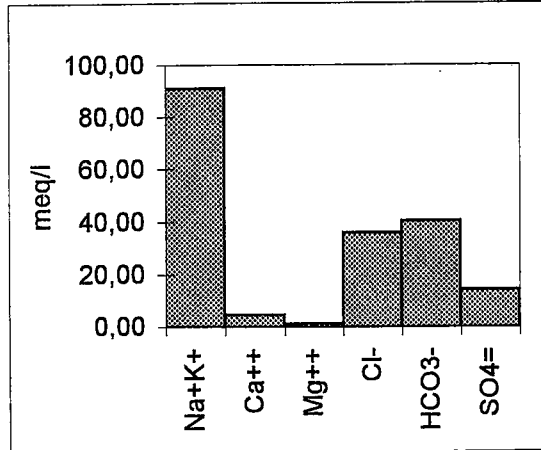
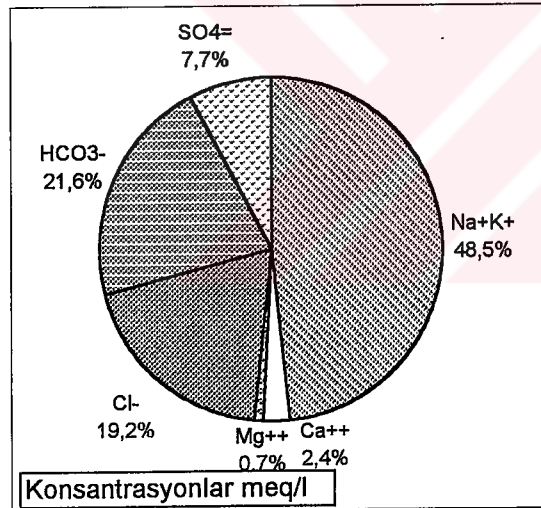
Tablo 4.8 Bozköy kaplıca kaynağının kimyasal özellikleri

Örnek Adı: Bozköy kaplıca kaynağı				°C :	59	pH(-logH)		6,86
Örnekleme Tarihi :13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(µmho/cm)		7020
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	2072	90,14	92,07	91,1	0,09014	0,0451	0,76	0,0682
K ⁺	104	2,66	2,72	4,6	0,00266	0,0013	0,74	0,0020
Ca ⁺⁺	95	4,73	4,83	4,2	0,00237	0,0047	0,38	0,0009
Mg ⁺⁺	5	0,38	0,39	0,2	0,00019	0,0004	0,43	0,0001
Cl ⁻	1325	37,35	40,10	29,1	0,03735	0,0187	0,74	0,0276
HCO3 ⁻	2552	41,84	44,93	56,1	0,04184	0,0209	0,76	0,0317
SO4 ⁼	669	13,94	14,97	14,7	0,00697	0,0139	0,33	0,0023
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				97,907	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		2275,4	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				93,125	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		4546,3	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				191,032	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		6821,7	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,105	% e (Hata Yüzdesi)		2,50	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				56,399	Sertlik (Fr)		25,54	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,670	rCa/rMg Oranı		12,51	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,414	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-1,09	
SID(Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0,010	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-0,50	
Fo (Köpürme Katsayısı)				5796,0	Si (mg / l)		Li (mg/l) : 11,93	149,40
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO3-Cl					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		59,75	



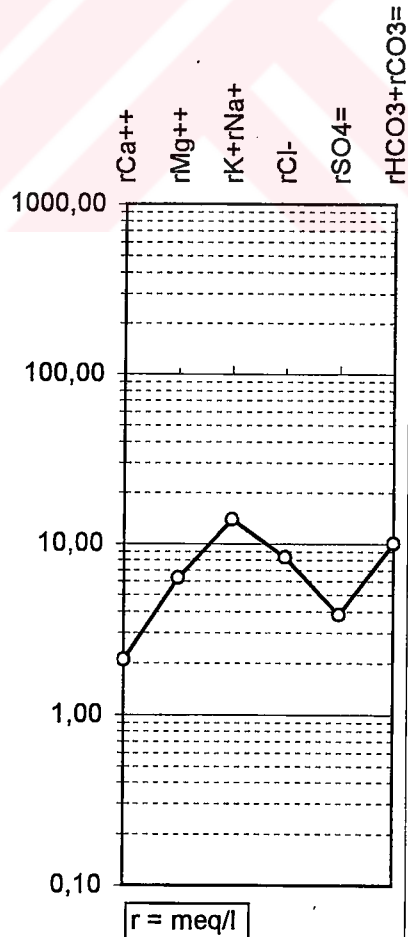
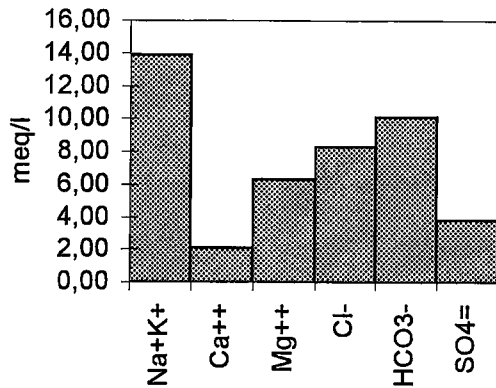
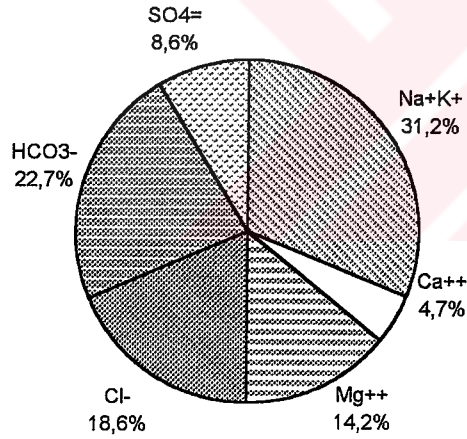
Tablo 4.9 Çamur kaynağı kimyasal özellikleri

Örnek Adı: Çamur kaynağı				°C:	65	pH(-logH)		7,4
Örnekleme Tarihi : 13.12.2000				Lab. :	D.E.Ü.Jeo	EC(µmho/cm)		6890
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	2035	88,52	91,50	91,1	0,08852	0,0443	0,74	0,0659
K ⁺	91	2,34	2,42	4,1	0,00234	0,0012	0,73	0,0017
Ca ⁺⁺	92	4,57	4,72	4,1	0,00229	0,0046	0,36	0,0008
Mg ⁺⁺	16	1,32	1,36	0,7	0,00066	0,0013	0,40	0,0003
Cl ⁻	1275	35,94	39,59	28,8	0,03594	0,0180	0,73	0,0261
HCO3 ⁻	2469	40,48	44,59	55,7	0,04048	0,0202	0,74	0,0301
SO4 ⁼	690	14,37	15,83	15,6	0,00718	0,0144	0,31	0,0022
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				96,746	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			2233,9
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				90,784	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			4433,9
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				187,530	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			6667,8
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,104	% e (Hata Yüzdesi)			3,18
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				51,597	Sertlik (Fr)			29,43
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,655	rCa/rMg Oranı			3,47
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,893	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)			-1,14
SId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,749	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-1,06
Fo (Köpürme Katsayısı)				5670,7	Si (mg / l)	Li (mg/l) : 9,97		126,50
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO3-Cl					B ⁺⁺⁺ (mg / l)			59,75



Tablo 4.10 Hıdırbeyli göleti yüzey suyu kimyasal özellikleri

Örnek Adı: Hıdırbeyli Göleti yüzey su				°C :	17	pH(-logH)		8,6
Örnekleme Tarihi : 13-12-2000				Lab. :	DEÜ Jeo.	EC(μmho/cm)		1975
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	292	12,71	57,13	64,1	0,01271	0,0064	0,85	0,0108
K ⁺	45	1,15	5,16	9,8	0,00115	0,0006	0,84	0,0010
Ca ⁺⁺	42	2,10	9,42	9,2	0,00105	0,0021	0,54	0,0006
Mg ⁺⁺	77	6,29	28,29	16,8	0,00315	0,0063	0,57	0,0018
Cl ⁻	294	8,29	33,47	25,1	0,00829	0,0041	0,84	0,0070
HCO ₃ ⁻	615	10,08	40,72	52,6	0,01008	0,0050	0,85	0,0085
SO ₄ ⁼	184	3,83	15,47	15,7	0,00192	0,0038	0,51	0,0010
CO ₃ ⁼	77	2,56	10,34	6,6	0,00128	0,0026	0,52	0,0007
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				22,241	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		455,4	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				24,758	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		1169,6	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				46,999	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		1625,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,031	% e (Hata Yüzdesi)		-5,36	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				6,204	Sertlik (Fr)		41,93	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃ +rCO ₃) Oranı				0,503	rCa/rMg Oranı		0,33	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1,358	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-1,63	
SIđ (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1,602	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-2,88	
Fo (Köpürme Katsayısı)				877,3	Si (mg / l)	Li (mg/l) : 0,94		15,60
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Cl-Mg-HCO ₃				B ⁺⁺⁺ (mg / l)			7,26	



Tablo 4.11 devam

İmaköy İlçası 2. Kaynak	1971	35.5	1700	6.56	22.6	7.2	162.4	69.7	20	610	240	İÜ Tıp Fakültesi, 1975
İmamköy İlçası 2. Kaynak	2000	35	1841	6.43	227	39	191	84	29	908	344	Mutlu, 2000 Bu çalışma,
Germencik Bozköy Kaplıcası	---	62	---	7.2	1375	68	42	38	1189	2190	128	Erişen ve diğ., 1996
Germencik Bozköy Kaplıcası	2000	59	7020	6.86	2072	104	95	5	1325	2552	669	Mutlu, 2000 Bu çalışma,
Germencik Çamur Kaynağı	1971	65	11100	6.42	1198	107	67.2	37.4	1050	1952	27.3	İÜ Tıp Fakültesi, 1975
Germencik Çamur Kaynağı	2000	65	6890	7.4	2035	91	92	16	1275	2469	690	Mutlu, 2000 Bu çalışma,
Germencik ÖB-1 Sondajı	1982	203	---	--	1355	45	50	16	1586	1172	37	Erişen ve diğ., 1996
Germencik ÖB-2 Sondajı	1983	231	7200	9	1830	189	1.6	0	1359	1525	71	Erişen ve diğ., 1996
Germencik ÖB-3 Sondajı	1984	230	7100	8.78	1775	170	1.6	0.5	1818	1342	204	Erişen ve diğ., 1996
Germencik ÖB-4 Sondajı	1984	213	5400	7.71	1420	135	12	1.7	1500	1440	37	Erişen ve diğ., 1996
Germencik ÖB-5 Sondajı	1984	221	3000	8.43	1387	128	8.4	6.8	1454	1409	46	Erişen ve diğ., 1996
Germencik ÖB-6 Sondajı	1985	221	6200	8.7	1775	180	3.6	<0.1	1882	1202	64	Erişen ve diğ., 1996
Germencik ÖB-7 Sondajı	1988	203	4200	7.53	1100	132	19	6.1	855	1837	51	Erişen ve diğ., 1996

Tablo 4.11 devam

Germencik ÖB-8 Sondajı	1986	219.87	6600	8.87	1550	15	8	243	1528	1317	45	Erişen ve diğ., 1996
Germencik ÖB-9 Sondajı	1987	223.8	6500	8.6	1750	105	4.8	1.2	1819	1376	133	Erişen ve diğ., 1996
Germencik Hıdırbeyli Göleti	2000	17	1975	8,6	292	45	42	77	294	615	184	Mutlu, 2000 Bu çalışma,

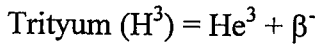
4.3 DOĞAL İZOTOPLARLA (O^{18} , H^2 , H^3) SUYUN YAŞI VE İZLEDİĞİ YOLUN ARAŞTIRILMASI

Hidrojeolojik çevrimin çeşitli kesimlerindeki su hareketlerinin incelenmesi için O^{18} , H^2 , H^3 izotopları bir izleyici olarak kullanılırlar ve hidrojeolojik sistemlerle ilgili gerek statik ve gerekse dinamik parametrelerin saptanması olanağını sağlarlar.

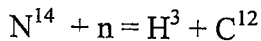
İzotoplar arasında özellikle döteryum ($H^2=D$), trityum ($H^3=T$) ve O^{18} , kaynakların beslenme alanlarının ve kökenlerinin belirlenmesinde su-hazne kayaç ilişkilerinin saptanmasında, suların bağıl yaşlarının ve jeotermal sistemlerinin saptanmasında, jeotermal sistemlerin hazne kaya sıcaklıklarının saptanmasında ve sıcak-soğuk su karışımları gibi sorunların çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmada uygulanan yöntemlerde kullanılan izotop analizleri Şimşek ve diğ., 2000 ile Filiz ve diğ., 1999' dan alınmıştır.

4.3.1 Trityum (H^3)

İzotop hidrojeolojisinde çoğunlukla su molekülünün $H^3H^1O^{16}$, $H^1H^1O^{18}$ ve $H^1H^1O^{16}$ türleri kullanılır. Bunlardan H^3 (trityum) hidrojenin radyoaktif izotopu olup yarılanma yaşı 12,26 yıldır. Eski beta ışınımı yaydığından kolayca radyoaktif sayaçlarda saptanabilir.



Trityum' un doğal ve yapay iki kökeni vardır. Doğal kökeni kozmik ışınlardaki nötronların (n) N^{14} üzerine etkimesiyle oluşur.



Trityum' un yapay kökeni nükleer patlamalardır. 1952 yılından sonra atmosferde nükleer denemeler sonucu trityum miktarı hızla artmıştır. Yağışlarda doğal trityum miktarı, bölge ve iklim kuşaklarına bağlı olarak 5-20 trityum birimi (UT) arasında

iken nükleer patlamalar sonucu binlerce trityum birimine erişmişlerdir. Bir trityum birimi (UT), $1 \times 10^{18} \text{H}^1$ atomunun içindeki bir atom trityum miktarıdır.

Radyoaktif izotoplarda parçalanma hızı yan etkilerle değişmez.

$$N_t = N_0 \cdot e^{-at}$$

bağıntısı, çürüme ile zaman arasındaki doğrusal ilişkiyi verir. Bağıntıda ;

N_t = t anındaki radyoaktif atom sayısı,

N_0 = Başlangıçtaki radyoaktif atom sayısı

a = Radyoaktif çürüme katsayısı

t = Zaman olarak verilmiştir.

Bağıntıyı “e” tabanından kurtarıp trityum radyoaktif çürüme katsayısını “a” yerine koyarsak trityum yarı ömrü,

$$t_{1/2} = \ln 2 / 0,0564 = 12,268 \text{ yıl olarak bulunur.}$$

4.3.2 O^{18} ve $\text{D} (\text{H}^2)$ Kararlı İzotopları

O^{18} ve H^2 (döteryum), su molekülünün duraylı izotoplarındandır. Bunların ölçümleri kütle spektrometresinde yapılmakta ve sonuçlar % 0 δ ile gösterilmektedir. δ değerleri uluslar arası başvuru standardı olarak kabul edilmiş olan SMOW (Standart Mean Ocean Water)’ a göre verilmektedir. SMOW, Atlas okyanusu sularının çeşitli noktalarından alınmış deniz suyunun bir karışımıdır. 1 δ yaklaşık olarak 2 ppm O^{18} ve 0,3 ppm H^2 , yi karşılamaktadır. δ ’ nın tanım eşitliği CRAIG tarafından 1961’ de geliştirilen bağıntıyla tanımlanır (Filiz, 1982).

$$\delta = (\text{Örneğin izotop oranı} / \text{Standart izotop oranı} - 1) \cdot 1000$$

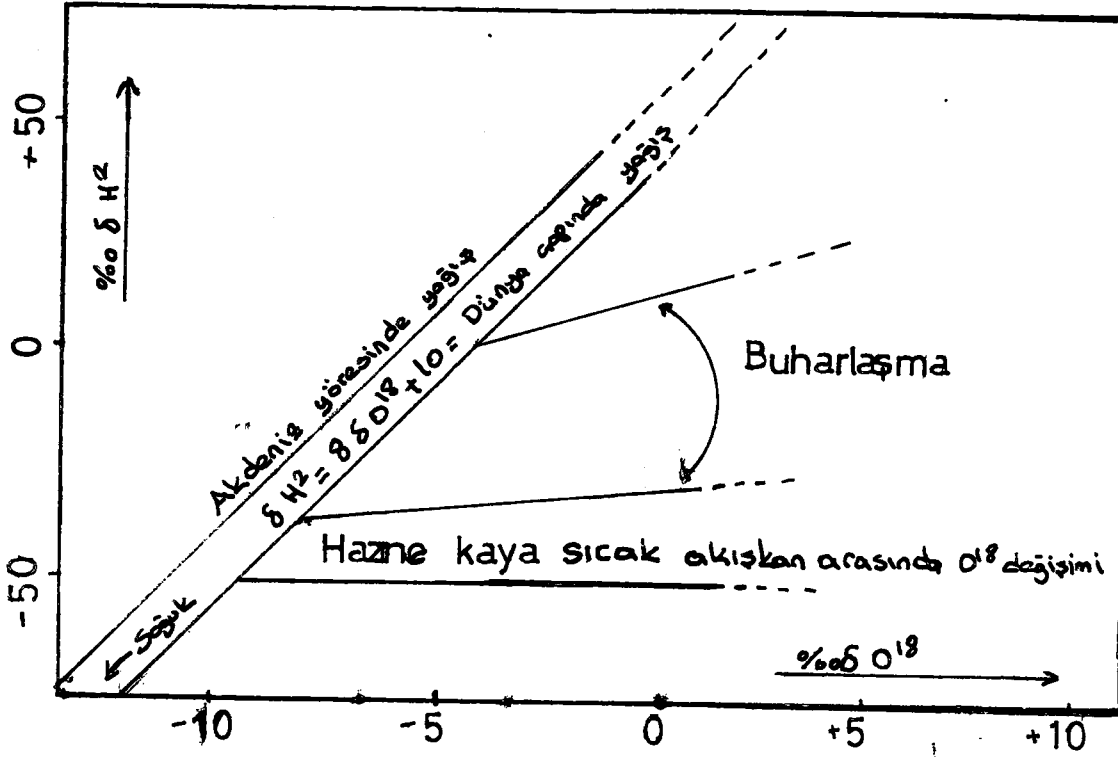
Ölçüm duyarlılıkları O^{18} için yaklaşık olarak $\% 0,1 \delta$, H^2 için $\% 2 \delta$ dır. Okyanuslar, hidrojeolojik devrin başlangıcını ve sonunu oluşturması nedeni ile herhangi bir suyun içerdiği O^{18} miktarı okyanus suları ile karşılaştırılır. Eğer suyun deltası -5 ise bu suyun ağır izotopları, okyanus suları ortalamasına (SMOW)' a göre $\% 0,5$ fakirdir. Tersine delta $+5$ ise, konu edilen suyun ağır izotopları (SMOW)' a göre $\% 0,5$ daha zengindir. Yerküresinde doğal sulardaki O^{18} miktarı çok değişiktir. Sahra ortalarında $+30$ ' a erişen suyun deltası, güney kutbu kar sularında -55 ' e düşer. Döteryum' da benzer özellik gösterir (Sahrada $+150 \delta H^2$, güney kutbu kar sularında $-150 \delta H^2$).

Buharlaşma ve hazne kaya yapısındaki minerallerle akışkan (su) arasındaki kimyasal tepkimelerde H ve O değişimi, suyun ilkel izotop yapısını etkiler. Suyun hafif izotopları buharlaşma ile ortamdan kolayca ayrılırken, ağır izotoplar sıvı fazda zenginleşir. Buharın yoğunlaşmasında öncelikle ağır izotoplar sıvı faza geçer ve geride kalan artık buhar, ağır izotoplarca fakirleşir.

Böylece birbirini izleyen aynı bulut kütesinden gelen yağışlarda, bulutlar yağışlarının bir kısmını yüksek bölgelere bıraktıklarından, kıta içlerine düşen yağışlar ağır izotoplarca fakirleşir. Şiddetli buharlaşma etkisinde kalan suların ağır izotopları buharlaşma göstermeyen sulara göre fazladır (Şekil 4.11). Ağır izotop zenginleşmesi, buharlaşmanın şiddetiyle orantılıdır. Bununla birlikte aynı yörede farklı buharlaşma etkisinde kalan sular O^{18} döteryum arasında doğrusal bir ilişki gösterirler.

$$\% \delta H^2 = a \% \delta O^{18} + b$$

Bağıntıda “a”, 3’ ten büyük, 8’ den küçüktür, “b” ise 10’ dan küçüktür. Buharlaşma doğrusunun eğimi, yağış doğrusunun eğiminden azdır ve yağış eğrisinin sağında, altında yer alır. Bu iki doğrunun kesim noktası, buharlaşmadan önceki suyun izotop içeriğini tanımlar (Şekil 4.11).

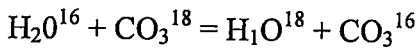


Şekil 4.11 Yağış ve doğal sularda O^{18} ile $D (H^2)$ ilişkileri (Şahinci, 1991)

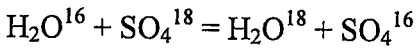
$$\delta D = 8 \delta O^{18} + 22 \quad \text{Akdeniz yöresindeki yağış}$$

$$\delta D = 8 \delta O^{18} + 10 \quad \text{Dünya çapında yağış}$$

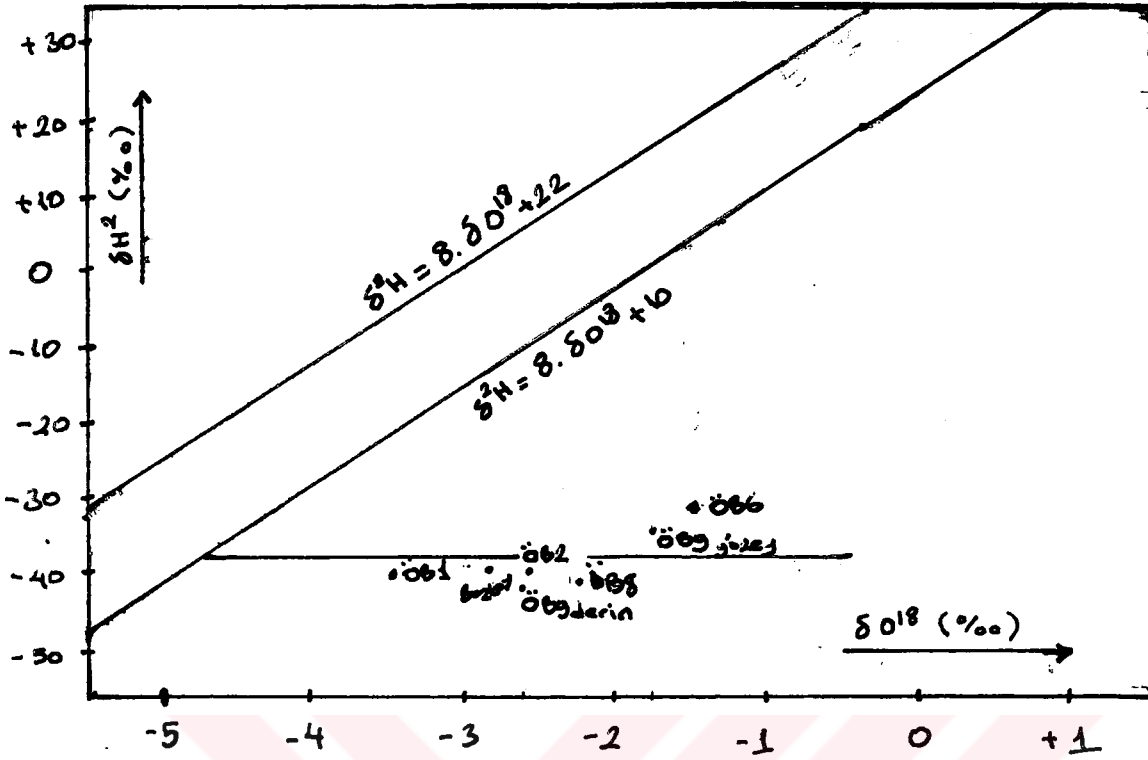
Jeotermal sistemlerin hazne kayalarını oluşturan silikat ve karbonat mineralleri, genellikle O^{18} ce zengindir. Kimyasal tepkime sonucu, hazne kayadaki sıcak akışkanın O^{18} oranı artar.



ya da ;



Çok yüksek sıcaklıkta kaya-akışkan arasındaki O^{18} oranları bire erişir. Buna karşın kayalarda hidrojen mineralleri yok denecek kadar az olduğundan, döteryum miktarında fazla değişiklik gözlenmez. Böylece δO^{18} ve δH^2 diyagramları üzerinde termal sular soğuk yeraltı sularının ve yağış sularının sağında yer alır (Şekil 4.11). Şekil 4.11 ve şekil 4.12' da yatay bir doğru üzerinde hazne kaya içindeki akışkanın ısı alışverişine bağlı O^{18} evrimi gözlenebilir. Bu doğrunun yağış suları doğrusunu kestiği nokta ilksel suyun izotop yapısını belirler.



Şekil 4.12 Germencik Ömerbeyli jeotermal alanındaki su noktalarının O^{18} - H^2 diyagramındaki yeri (Şimşek ve diğ., 2000).

Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içerisinde yapılan izotop analizleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 4.12). Yapılan izotop analiz sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde yüksek entalpili, meteorik kökenli (çok az magmatik bileşen içerebilen yaşlı sular (trityum içermediklerinden en az 50 yıllık) olarak yorumlanabilir (Filiz ve diğ., 1999).

Tablo 4.12 Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı içindeki sıcak suların ^{18}O , $^2H=D$ ve $^3H=T$ izotop analizleri

Germencik Ömerbeyli	$\delta^{18}O$ (‰)	$\delta^2H=D$ (‰)	δ^3H (TU)	KAYNAK
Bozköy	-2,78	-40,45	0,89	Şimşek ve diğ., 2000
ÖB-2	-2,64	-41,20	0,23	Şimşek ve diğ., 2000
ÖB-9(Yüzey)	-1,74	-37,90	0,64	Şimşek ve diğ., 2000
ÖB-9(Derin)	-2,6	-41,40	---	Filiz ve diğ., 1999

Tablo 4.12 devam

ÖB-8	-2,27	-41,90	0,50	Şimşek ve diğ., 2000
ÖB-1	-3,53	-40,20	0,69	Şimşekve diğ., 2000
ÖB-6	-1,3	-33	<1	Filiz ve diğ., 1999

4.4 JEOTERMAL SİSTEMLERDE HAZNE KAYA SICAKLIKLARININ SAPTANMASI

Yüzeye erişen sularının sıcaklıkları, genellikle hazne kaya içindeki sıcaklıklardan düşüktür. Sıcak suların yeraltında yüzeye erişirken dokanakta bulunduğu kayalarla ısı alış veriş, soğuk yeraltı suları ile karışımı, hazne kaya sıcaklığının atmosferle ilişkisini kesen geçirimsiz örtü kayaların ince olması veya bulunmayışı gibi nedenler, suların sıcaklıklarının azalmasında başlıca etkindir.

Suların yeraltında izledikleri yol ne kadar kısa ve ne kadar debileri yüksekse sıcaklıkları o oranda hazne kaya sıcaklığına yakındır. Sıcak suların hazne kayadaki sıcaklıkları, verimleri ve kimyasal özellikleri ekonomik yönden büyük önem taşımaktadır.

Sıcak suların hazne kayadaki sıcaklıkları, verimleri ve kimyasal özellikleri ekonomik yönden çok büyük önem taşır. Hazne sıcaklığının saptanmasında çok değişik yöntemler önerilmiştir. Bunlardan bazıları doğal izotop jeotermometreleri, sıg ve derin kuyularda ölçülen sıcaklıklardan yararlanarak hazne kaya sıcaklığının tahmini, jeotermal alanlarda izlenen hidrotermal alterasyon sonucu oluşan kil minerallerinin incelenmesi ve kimyasal jeotermometreler gibi yöntemlerdir. Ancak hazne kayadaki suların sıcaklığı, verimleri ve diğer gerçek bilgiler, hazne kayaya değin inen kuyuların incelenmesinden elde edilir. Sondajların çok pahalı ve bazı durumlarda ekonomik olmaması, her zaman hazne kayaya inilememesi, uzun zaman alması gibi nedenlerle diğer bilimsel incelemelerin olumlu sonuç verdiği yerlerde açılmalıdır.

4.4.1 Kimyasal Jeotermometreler

Diğer Jeotermometre yöntemlerine göre, kimyasal tahlilleri ucuz ve kısa sürede yapıldığından, jeotermal araştırmalarda hazne kaya sıcaklığının tahmininde kimyasal jeotermometrelerden daha fazla yararlanılmaktadır.

Kimyasal jeotermometreler kalitatif ve kantitatif olmak üzere iki bölümde incelenebilir.

4.4.1.1 Kalitatif Kimyasal Jeotermometreler

Bir çok kalitatif jeotermometreler, uçucu elementlerin sıcak akışkanlarda ve zeminde görelî miktarların, dağılımlarına veya zemin gazlarındaki oranlarına dayanır. Termal akışkanlarda bulunan bazı element, bileşik ve oranların sıcaklık hakkında verdikleri görelî bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

SiO₂ : Hazne kaya sıcaklığı hakkında en iyi bilgi veren silistir ve kuvarsın dengelenmesi yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Yüksek sıcaklıktaki suda, yaklaşık 180 °C’ de başlayan silis çökmesi, sıcaklığın düşmesi ile hızla artar. Klorürce fakir, asid sular 100 °C civarında kayalardaki silikatları bozundurarak amorf silisce çok zenginleşebilir. 140 °C ‘ nin üzerinde, örtü kaya tıkama malzemesi olarak genellikle kuvars ve kalseduan izlenir. Opal, kristobalit örtü kaya oluşturmuşsa düşük sıcaklığı belirler. Doğal gayzerlerde, yüzeyde amorf silis veya kristalleşmiş silis çökelleri, hazne kaya sıcaklığının 180 °C veya daha fazla olabileceğini gösterir.

Yapılan kimyasal analizler sonucunda inceleme alanındaki sıcak suların silis miktarları yüksektir. Bu nedenle söz konusu sıcak su noktalarının hazne kaya sıcaklıkları yüksektir.

Klorür : Hazne kaya sıcaklığı 150 °C’ nin üzerindeki sularda genellikle 150 ppm’ den fazla klorür (kökeni deniz suyu olanlar dışında) ender sıcak su

sistemlerinde (200 °C' nin üzerinde) ise 40 ppm' in altındadır. Klorür, sıcak su sistemi ile buhar sistemini ayıran en önemli kriterdir. Bir çok klorür tuzları sıcak sularda çözünür ve sıcak sistemlerde bol bulunur. 400 °C' de bile klorür tuzlarının uçuculuğu önemsizdir. Bu nedenle, düşük basınçlı buhar sistemlerinde klorür azdır, 50 ppm' in üzerinde klorür izlenirse sıcak su sistemini belirler (Şahinci,1991).

B, NH₄, H₂S, Hg, Cl, Na, K, Li, Rb, Cs, As : Bu gibi element ve bileşiklerin bir veya bir kısmının suda fazla bulunması, hazne kaya sıcaklığının yüksek olabileceğini gösterir.

Na / K Oranı : Bu oranın yüksekliği, genellikle hazne kaya sıcaklığının fazla olabileceğini işaret eder. Özellikle bu oran, 20/1 – 8/1 arasında anlamlıdır. Bu oran ile hesaplanan hazne kaya sıcaklığı, suyun geldiği başlangıç derinlik veya yatay uzaklığın sıcaklığını tanımlar. Yüzeydeki sıcak suyun kimyasal tahlillerine göre silis jeotermometresi ile hesaplanan hazne kaya sıcaklık değeri, Na/ K ile bulunandan küçük ise akışkanın hazne kayadan yüzeye gelişi sırasında soğuk sular ile karışmış olabileceği vurgulanır.

Traverten Çökelmeleri : Hazne kaya sıcaklığının düşük olduğunu (100 °C civarında) gösterir. Ancak bikarbonatlı sular yer altında soğuduktan sonra kireçtaşlarından geçmiş ise, hazne kaya sıcaklığı yüksek olabilir.

Cl / (HCO₃ + CO₃) : Bu oran yüksek ise hazne kaya sıcaklığı fazla olabilir.

Mg ve Mg / Ca Oranı : Mg ⁺⁺ miktarı ve Mg / Ca oranı küçük ise hazne kaya sıcaklığı yüksek olabilir.

Cl / SO₄ Oranı : Bu oran yüksek ise hazne kaya sıcaklığı yüksektir.

Cl / F Oranı : Bu değer fazla ise hazne kaya sıcaklığı da yüksek olabilir.

H₂ / Diğer Gazlar (Buhar Dışında) Oranı : Bu oran yüksek ise hazne kaya sıcaklığı fazladır. Sıcaklığın düşmesi ile hidrojen diğer gazlara oranla azalır.

4.4.1.2. Kantitatif Kimyasal Jeotermometreler

Kantitatif kimyasal jeotermometrelerin kullanılmasında bazı varsayımlar göz önünde bulundurulur. Bunlardan bazıları şunlardır.

- Sıcak sulardaki kimyasal maddelerin oluşması için gerekli kimyasal tepkimeler hazne kaya ve su arasında gerçekleşmektedir.
- Sıcaklık saptamasında gerekli maddelerin ortaya çıkması için oluşan kimyasal tepkimeler devamlıdır ve tepkimelerin hammaddesi hazne kayada boldur.
- Hazne kaya sıcaklığında kaya ve su arasında kimyasal denge gerçekleşmiştir.
- Hazne kayadan yüzeye erişen sıcak suyun, soğuma sonucunda kimyasal yapısı değişmez veya yeni bir kimyasal denge gerçekleşmez.
- Hazne kayadan gelen sıcak suların, soğuk yeraltı ve yüzey suları ile bir karışımı söz konusu değildir.

Bu varsayımların ilk üçü SiO₂ ve Na- K-Ca jeotermometreleri için kullanılır. Son iki varsayım tam olarak gerçeği yansıtmaz. Çünkü hazne kayadan yüzeye doğru gelen sıcak suyun soğuması veya soğuk suların karışımı ile kimyasal yapısı değişebilir. Kantitatif kimyasal jeotermometreler çözünürlüğe, iyon değişimine ve iyon etkinliğine bağlı olmak üzere üçe ayrılır.

4.4.1.2.1. Çözünürlüğe Bağlı Jeotermometreler

Silis Jeotermometresi

Kuvars çözünürlüğüne bağlı jeotermometreler, hazne kaya sıcaklığının saptanmasında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu jeotermometreler 150-225 °C sıcaklıklar arasında iyi sonuç vermektedir. Daha yüksek sıcaklıklarda hazne kayadan yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökelişi gözlenir. Bu nedenle sıcaklığı 225 °C' nin üzerindeki hazne kayalardan gelen sulara gerçek sıcaklığı yansıtmaz.

Silis jeotermometreleri, kimyasal tepkimeyi etkileyen hazne kaya sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına dayanılarak hazırlanmıştır. Silisyumun sıcaklıkla çözünürlüğü artmaktadır. Silisin bu özelliğinden yola çıkılarak çeşitli sıcaklıklar için jeotermometre bağıntıları hazırlanmıştır.

Silis Jeotermometre Bağıntılarının Çıkarılışı

1 Litre suda çözünen deneysel silis miktarları aşağıda verilmiştir. Bu değerler $1/T$ °K cinsinden ve $\log \text{SiO}_2$ olarak ele alınırsa aşağıdaki değerler bulunur (Tablo 4.13).

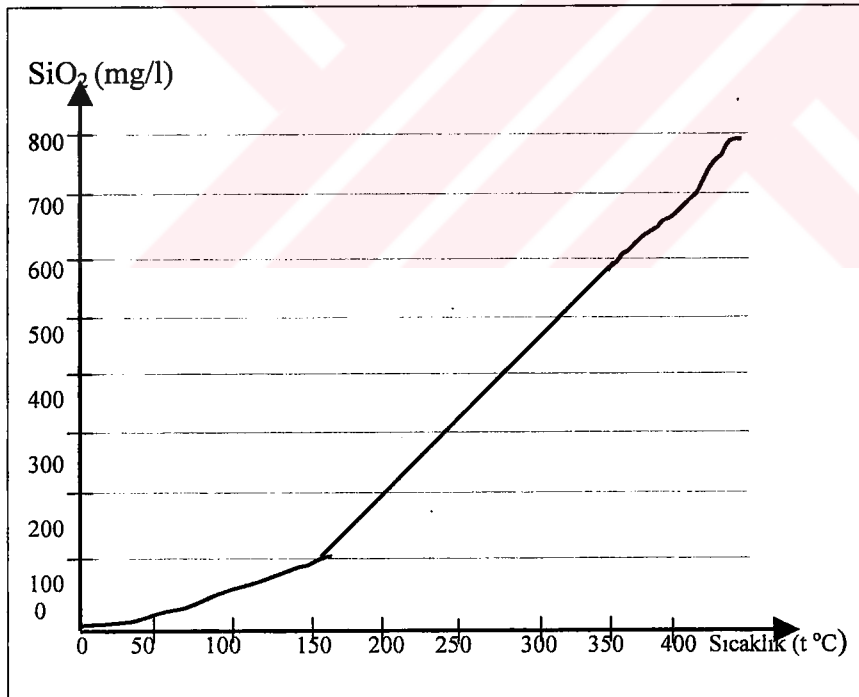
Tablo 4.13 Bir litre suda çözünen deneysel silis miktarı
(Fournier and Potter, 1982)

T (°C)	SiO ₂ (mg/l)	T (°K)	1/T (°K)x 10 ³	LogSiO ₂
0	2	273,15	3,66	0,30
25	7	298,15	3,35	0,85
50	13	323,15	3,09	1,11
75	25,5	348,15	2,87	1,41
100	46	373,15	2,68	1,66
125	79	398,15	2,51	1,90
150	126	423,15	2,36	2,10

Tablo 4.13 devam

175	190	448,15	2,23	2,28
200	271	437,15	2,11	2,43
225	367	498,15	2,00	2,56
250	471	523,15	1,91	2,67
275	571	548,15	1,82	2,76
300	660	573,15	1,74	2,82
325	738	598,15	1,67	2,87

Bu hesaplanan değerleri önce sıcaklık (t °C) yatay eksene, SiO₂ (mg/l) olarak düşey eksene denk gelecek şekilde her sıcaklık değerine karşılık gelen SiO₂ miktarı belirlenerek eğri çizilir. Yaklaşık olarak 175-250 °C arasında eğrinin doğrusallık taşıdığı görülür (Şekil 4.13).

Şekil 4.13 Sıcaklık (t °C) ve SiO₂ (mg/l) çözünürlüğü

Tam bir doğrusallık elde etmek için SiO₂ nin logaritmik değerleri düşey eksene 1/T °K x (10³) değerleri de yatay eksene denk gelecek şekilde işaretlenir ve yine yatay eksende t °C değerleri işaretlenerek eğri çizilir (Şekil 4.13).

Şekil 4.13 'de görüldüğü gibi egride 50-175 °C arasında bir doğrusallık gözlenmektedir. O halde verilen örnekte bulunacak olan hazne kaya sıcaklığının saptanmasını sağlayan bağıntı 50-175 °C sıcaklıkları arasında geçerlidir.

Bağıntıyı çıkarmak için log SiO₂ değerlerine (düşey eksene) y, 1/T (°K)x10³ değerlerine de x dersek, Şekil 4.13' deki doğrusallık gösteren kısmın denklemi y= a+bx şeklinde gösterilebilir. a ve b değerleri en küçük kareler yöntemi ile bulunur.

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x (\sum xy)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}, \quad b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

log C = 5,117-1298 (1000 / T) bağıntısı elde edilir.

$$y = a - bx$$

$$\log C = 5,117 - 1291,8 / 2 \quad C = \text{SiO}_2 \text{ (mg/l)}$$

$$T = 1291,8 / 5,117 - \log C \text{ ve } t (^{\circ}\text{C})' \text{ ye çevrilirse}$$

$$t ^{\circ}\text{C} = (1291,8 / 5,117 - \log C) - 273,15 \text{ bağıntısı elde edilir.}$$

Yukarıda örnekte uygulanan yolla değişik araştırmacılar değişik silisyum jeotermometre bağıntıları önermişlerdir. Düşük sıcaklıklarda kalseduan, amorf silis veya kristobalit silisin suda çözünürlüğünü denetler (Fournier ve Truesdel, 1973). Silisin allotrop çeşitleri sıcaklığa bağlı olarak 160 °C' de kuvars, 120-160 °C

arasında kuvars veya kalseduan, 120 °C' nin altında yalnızca kalseduan'dır (Arnorsan, 1975). 250 °C' ye kadar hazne kaya sıcaklığını veren bağıntılar şunlardır ;

Amorf silis	$t^{\circ}\text{C} = 731 / (4,52 - \log C) - 273,15$
Beta kristobalit	$t^{\circ}\text{C} = 781 / (4,51 - \log C) - 273,15$
Alfa kristobalit	$t^{\circ}\text{C} = 1000 / (4,78 - \log C) - 273,15$
Kuvars	$t^{\circ}\text{C} = 1309 / (5,19 - \log C) - 273,15$
Kalseduan	$t^{\circ}\text{C} = 1032 / (4,69 - \log C) - 273,15$

Silisin değişik koşullarda soğumasına bağlı hazne kaya sıcaklıklarını veren bağıntılar şöyledir ;

Kuvars adyabatik soğuma	$t^{\circ}\text{C} = 1533,5 / (5,768 - \log C) - 273,15$
Kuvars iletimi ile soğuma	$t^{\circ}\text{C} = 1315 / (5,205 - \log C) - 273,15$
Kalseduan iletimi ile soğuma	$t^{\circ}\text{C} = 1015,1 / (4,655 - \log C) - 273,15$

Bağıntılarda C, sıcak sulardaki SiO₂' yi tanımlar ve mg/l olarak alınır. İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının SiO₂ değerleri sırası ile şöyledir. Buna göre yukarıda ki bağıntılarla hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları aşağıda belirtilmiştir (Tablo 4.14) .

Tablo 4.14 İnceleme alanındaki suların SiO₂ miktarına göre hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları

Su Noktası	Alfa kristobalit	Kalseduan	Kuvars	Kuvars adyabatik soğuma	Kuvars iletim ile soğuma
Ayter-1	120,70	148,24	170,72	161,63	170,50
Ayter-2	117,32	144,49	167,44	158,94	167,23

Tablo 4.14 devam

Sarısu	86,82	110,77	137,45	134,04	137,40
İmamköy kuzey	109,99	136,37	160,29	153,05	160,12
İmamköy 1.kaynak	104,92	130,76	155,32	148,95	155,18
İmamköy 2.kaynak	121,95	149,62	171,93	162,62	171,70
Bozköy kap.	165,83	198,51	213,82	196,38	213,34
Çamur kaynağı	152,38	187,77	201,12	186,25	200,72

4.4.1.2.2. İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreler

İyon değişim denge sabitleri sıcaklığın etkisindedir. Suda iyon değişimine uğrayan bir çok mineral bulunur ve bunlar jeotermometre olarak kullanılabilir.

Na / K Jeotermometresi

Bu jeotermometreler suda fazla miktarda Ca^{++} 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, $\log (\sqrt{Ca / Na})$ değerinin 0,5' ten az olması koşulları aranmalıdır. Na / K jeotermometreleri, nötr ve alkali, alkali klorürlü, 180-350 °C sıcaklıktaki hazne kayadan gelen sularda iyi sonuçlar vermektedir.

Değişik araştırmacılar tarafından geliştirilen Na / K jeotermometre bağıntılarından bazıları şunlardır (Şahinci, 1991).

Hazne kaya sıcaklığı 25-250 °C arası ;

$$t^{\circ}C = 933 / [\log (Na / K) + 0,933] - 273,15$$

$$t^{\circ}C = 1319 / [\log (Na / K) + 1,966] - 273,15$$

Hazne kaya sıcaklığı 100-275 °C arası ;

$$t^{\circ}\text{C} = 855,6 / [\log (\text{Na} / \text{K}) + 0,857] - 273,15$$

$$t^{\circ}\text{C} = 777 / [\log (\text{Na} / \text{K}) + 0,70] - 273,15$$

Hazne kaya sıcaklığı 100-300 °C arası ;

$$t^{\circ}\text{C} = 1217 / [\log (\text{Na} / \text{K}) + 1,48] - 273,15$$

Bu çalışma alanında yapılan kimyasal analizler sonucunda sıcak su noktalarından elde edilen Na^+ ve K^+ değerleri şöyledir;

SU NOKTASI	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)
Ayter -1	2867,1	190,6
Ayter-2	1789,0	161,3
Bozköy kaplıcası	2072,3	103,7
Çamur kaynağı	2035,1	91,2

Buna göre sıcak su noktalarında elde edilen Na / K jeotermometresine göre hazne kaya sıcaklıkları tablo 4.15 de belirtilmiştir.

Tablo 4.15 Na-K jeotermometresine göre saptanan hazne kaya sıcaklıkları

Su Noktası	1.Bağıntı (°C)	2.Bağıntı (°C)	3.Bağıntı (°C)	4.Bağıntı (°C)	5.Bağıntı (°C)
Ayter-1	168,96	146,51	147,49	140,8	184,88
Ayter-2	198,77	165,05	176,69	172,37	209,02
Bozköy kaplıcası	144,67	130,58	123,32	115,21	164,61
Çamur kaynağı	135,70	124,85	114,70	106,05	157,18

Na - K - Ca Jeotermometresi

Özellikle Ca / Na (mol/l) oranının birden büyük olduğu durumlarda Na / K jeotermometre bağıntıları, hazne kaya sıcaklığı hesaplamalarında çok yüksek değerler vermektedir. Bu olumsuz yönü gidermek için Fournier ve Truesdell (1973) tarafından şöyle bir bağıntı önerilmektedir.

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

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

Bu çalışmada Na-K-Ca jeotermometresine göre su noktalarının hazne kaya sıcaklıkları Ayter-1: $160,38^{\circ}\text{C}$, Ayter-2: $163,95^{\circ}\text{C}$, İmamköy kuzeyi kaynağının $56,05^{\circ}\text{C}$, İmamköy 1.kaynağının $148,18^{\circ}\text{C}$, İmamköy 2.kaynağının $123,23^{\circ}\text{C}$, Bozköy kaplıca kaynağının $140,04^{\circ}\text{C}$ ve Çamur kaynağının $135,43^{\circ}\text{C}$ olarak saptanmıştır.

Na- K- Ca Jeotermometresinde Magnezyum Düzeltmesi

Fournier ve Potter (1979), Na- K- Ca jeotermometre bağıntısında bazı koşullarda düzeltmeler yapılmasını önermişlerdir. Buna göre düzeltme katsayısı (R) şu bağıntı ile bulunur.

$$R = (\text{Mg} / \text{Mg} + \text{Ca} + \text{K}) \times 100$$

Bağıntıda iyonlar mek/l olarak alınır. Eğer R, 50' den büyük ise, suların oldukça soğuk bir ortamdan geldiği ve hazne kaya sıcaklığının, kaynakta ölçülen sıcaklığa

yakın olduğu düşünülebilir. Bu nedenle Na - K - Ca bağıntısından elde edilen yüksek hazne kaya sıcaklıklarında bazı düzeltmeler yapılması gereklidir.

Bulunan hazne kaya sıcaklığı 70 °C' nin altında ise düzeltme yapılmaz. Tersine hazne kaya sıcaklığı 70 °C' den fazla ve 5-50 arasında veya daha yüksek ise aşağıda belirtilen bağıntılardan yararlanarak düzeltmeler yapılabilir ve hazne kaya sıcaklığından çıkarılır.

$$t \text{ } ^\circ\text{C} = 10,66 - 4,71 R + 325,87 (\log R)^2 - [1,032 - 10^5 (\log R)^2 / T] - [1,968 \times 10^7 - (\log R)^2 / T^2] + 1,605 \times 10^7 (\log R)^3 / T^2$$

Eğer R, 0,5-5 arasında ise şu bağıntı kullanılır ;

$$t \text{ } ^\circ\text{C} = -1,03 + 59,971 (\log R) + 145,05 (\log R)^2 - 36711 (\log R)^2 / T - 1,67 \times 10^7 (\log R) / T^2$$

Bağıntılarda t °C, magnezyum düzeltme sıcaklığı (°C), R, düzeltme katsayısı, T, Na- K- Ca jeotermometresinde hesaplanan hazne kaya sıcaklığıdır (°K).

Bu çalışmada R değerleri Ayter-1 10,26, Ayter-2 32,94, Sarısu 2,88, İmamköy kuzeyi kaynağı 56,64, İmamköy 1.kaynağın 64,76, İmamköy 2.kaynağın 39,69, Bozköy kaplıca kaynağının 4,89, Çamur kaynağının 16,03 olarak saptanmıştır. Saptanan R değerleri 70' den küçük olduğu için magnezyum düzeltmesi yapılmasına gerek yoktur.

4.4.1.2.3. İyon Etkinliğine Bağlı Jeotermometreler

Bu tür jeotermometrelerde sıcak akışkanların kimyasal tahlillerinde bulunan iyon değerleri yerine bu iyonları hesaplanan iyon etkinlikleri kullanılır. İyon etkinliğine dayalı kalseduan, Na / K ve Na / Li jeotermometreleridir.

İyon Etkinliğine Bağlı Na / Li Jeotermometresi

Bu tip jeotermometreler için sıcak suyun içerdiği çözünmüş tuz miktarına bağlı olarak, iki değişik Na / Li jeotermometre bağıntısı verilmiştir.

Toplam çözünmüş tuz miktarı 0,30 mol/ kg' dan az sıcak akışkanlar için;

$$t^{\circ}\text{C} = 1000 / 0,38 + \log (\text{Na} / \text{Li}) - 273,15$$

Toplam çözünmüş tuz miktarı 0,30' a eşit veya daha fazla sıcak akışkanlar için;

$$t^{\circ}\text{C} = 1195 / 0,13 + \log (\text{Na} / \text{Li}) - 273,15$$

Bağıntılarda a_{Na^+} ve a_{K^+} mol/ kg alınır. İnceleme alanındaki bazı su noktalarının hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları tablo 4.16' da verilmiştir.

Tablo 4.16 İnceleme alanındaki suların iyon etkinliğine bağlı Na/Li jeotermometresine göre hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları

SU NOKTASI	HESAPLANAN SICAKLIK (°C)
Ayter-1	173,67
Ayter-2	211,82
İmamköy 2. kaynak	52,79
Bozkoy kaplıca kaynağı	232,41
Çamur kaynağı	217,05

4.5 SU KİMYASI

4.5.1 Suların Kimyasal Özellikleri

Çalışma alanındaki sular, içerdikleri anyon ve katyon miktarlarına (mek/l) göre şöyle sınıflanabilir.

Katyonlar :

$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$ Ayter1, Ayter2, İmamköy 2. kay., Bozköy kap., çamur kay.

$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++}$ Hıdırbeyli göleti yüzey suyu

$\text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{++}$ Sarısu

$\text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ Salavatlı çeşmesi, İmamköy kuzeyi kay., İmamköy 1.kay.

Anyonlar :

$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{=}$ Bozköy kaplıca kaynağı, çamur kaynağı, Hıdırbeyli göleti

$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{=} > \text{Cl}^-$ Ayter1, Ayter2, Sarısu, Salavatlı çeşmesi, İmamköy kuzeyi Kaynağı, İmamköy 1.kaynak, İmamköy 2.kaynak

4.5.2 Suların Elektriksel İletkenliği

Saf su elektriği çok az geçirdiğinden, iyi bir yalıtkandır. Ancak, saf suya çok az miktarda karıştırılan mineral çözeltisi, suyun iletkenliğini yükseltir. 1 cm^3 suyun elektriksel iletkenliğine " özgül elektriksel iletkenlik" denir. Suyun özgül iletkenliği iyon cinsine, derişimine ve sıcaklığına bağlıdır. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla artar ve birbirleriyle karşılaştırmak için, genellikle 25°C ' ye indirgenerek verilir. Suların elektriksel iletkenliği yüksek ise, çürütme özelliği fazladır.

25°C ' de saf suyun iletkenliği 0,055 mikromho' dur. Laboratuvar da elde edilen saf suların elektriksel iletkenlikleri 0,5 ile 5 mikromho ; içilecek suların 30-2000 ; çok tuzlu petrol sularının ise 10000 mikromho' dan fazladır (Tablo 4.17).

Tablo 4.17 Suların elektriksel iletkenliğine göre sınıflaması

EC	SUYUN SINIFI
< 250	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
>3000	Kullanılmaz

4.5.3 Suların Sertliği

Sertlik, su içinde çözünmüş halde bulunan Ca^{++} ve Mg^{++} bileşiklerinden ileri gelen bir özelliktir. Bu bileşiklerin çoğu Ca^{++} ve Mg^{++} 'un oluşturdukları bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Ca^{++} ve Mg^{++} bikarbonatlarından ileri gelen sertliğe " geçici sertlik " denir ve ısıtılmakla CaCO_3 ve MgCO_3 çökerek bu sertlik giderilir. Suyun ısıtılarak geçici sertliğin giderilmesinin oldukça pahalı olması nedeniyle kimyasal yöntemler uygulanır. Suyu amonyak ve sönmüş kireç katıldığında geçici sertlik, karbonat tuzları şeklinde çökeler. Sudaki sertlik ise Ca^{++} ve Mg^{++} 'un karbonatlarından başka tuzlardan ileri gelir ve ısıtılarak giderilemez. Bu sertliği azaltmak için suya Na_2CO_3 konur. Kalıcı ve geçici sertliklerin toplamı ise toplam sertliği oluşturur (Şahinci, 1991).

Suların sertliğini gidermek için sulara boraks, trisodyum, fosfat, sodyum, metasilikat gibi maddeler atılır. Bu maddeler, bazik özellikleri nedeniyle, sudaki bikarbonatları karbonat tuzları ile, anyonları ise Ca^{++} ile birleşerek çözünmeyen çökelleri oluştururlar.

Zeolitler olarak tanımlanan sodyum alümina silikatların bünyelerindeki Na^+ iyonları, sudaki Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları ile yer değiştirerek suyun yumuşamasını sağlar. Günümüzde zeolitlerden daha etkin yapay iyon değiştiriciler (reçineler) suların yumuşatılmasında kullanılmaktadır.

Suların sertliğini ölçmek için değişik yöntemler vardır. Bir Alman sertliği 100 ml suda bulunan 1 mg Ca^{++} miktarıdır. Bir İngiliz sertliği 70 ml suda bulunan 1 mg CaCO_3 'dür. Bir Fransız sertliği ise 100 ml suda bulunan 1 mg CaCO_3 miktarı ile tanımlanır.

$$1 \text{ Fransız Sertliği} = 0,56 \text{ Alman Sertliği} = 0,5 \text{ İngiliz Sertliği}$$

Suların sertliği özel olarak hazırlanmış sabun çözeltileri veya değişik kimyasal yöntemlerle doğrudan saptanır. Ancak bazı bağıntılarla suların sertliği hesap

edilebilir.

$$\text{Toplam Sertlik} = 0,2497 \text{ Ca}^{++} + 0,4115 \text{ Mg}^{++}$$

Ca^{++} ve Mg^{++} , mg/l' dir. Bu bağıntı Fransız Sertliğini verir. Suların sertliği basit olarak Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının mek/l cinsinden toplamını 5 ile çarpmakla Fransız sertliği cinsinden bulunur. Suları sertliklerine göre sınıflamak mümkündür. Suların Fransız sertliğine göre sınıflaması şöyledir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18 Suların Fransız sertliğine göre sınıflaması

FRANSIZ SERTLİĞİ	SUYUN SINIFI
0,0-7,2	Çok Yumuşak
7,2-14,5	Yumuşak
14,5-21,5	Az Sert
21,5-32,5	Oldukça Sert
32,5-54	Sert
54' ten fazla	Çok Sert

İnceleme alanındaki suların yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre Fransız sertlik değerleri aşağıda belirtilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19 İnceleme alanındaki suların sertliklerine göre sınıflaması

SU NOKTASI	SERTLİĞİ (Fr)	SINIFI
Ayter-1	21,35	Az sert
Ayter-2	52,44	Sert
Sarısu	99,92	Çok sert
Salavatlı çeşmesi	49,32	Sert
İmamköy kuzeyi kaynağı	99,66	Çok sert
İmamköy 1.kaynak	60,03	Çok sert
İmamköy 2. kaynak	82,27	Çok sert
Bozköy kaplıcası kaynağı	25,54	Oldukça sert

Tablo 4.19 devam

Çamur kaynağı	29,43	Oldukça sert
Hıdırbeyli göleti	41,93	Sert

Bu sınıflamaya göre inceleme alanındaki sulardan Ayter-1 az sert su sınıfına, Bozköy kaplıca kaynağı ile çamur kaynağı oldukça sert, Ayter-2, Salavatlı çeşmesi, Hıdırbeyli göleti sert, Sarısu, İmamköy kuzeyi kaynağı, İmamköy 1. ve 2. kaynaklar çok sert su sınıfına girerler.

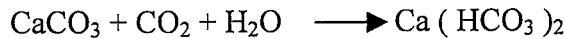
4.5.4 Suların Kalsit, Dolomit, Jips Doygunluğu ve CO₂ Gaz Basıncı

Suların kalsit, dolomit ve sülfat gibi tuzlarla doyumluğu hakkında bilgi edinmek çok önemlidir. Sondaj kuyuları ve su dağıtım borularında oluşacak kimyasal çökeller sorun yaratabilir. Bu nedenle, açılan kuyu ve kaptaj yapılacak kaynak sularında kimyasal çökeltme özelliklerinin önceden bilinmesi gerekir.

Suların kalsit, dolomit ve sülfat doyumluğu ile CO₂ basınçları, grafik ve hesaplama yöntemleri ile bulunabilir. Bu çalışmada, yalnızca hesaplama yöntemleri üzerinde durulacaktır.

4.5.4.1 Kalsit Doygunluk İndeksi (SI_c)

CaCO₃' ün suda çözünmesi su içinde çözünmüş halde bulunan CO₂ gazı ile doğru orantılıdır. CO₂ gazının etkisiyle çözünen CaCO₃' ün kimyasal denklemi şöyledir (Şahinci, 1991).



Suyun sıcaklığına göre kalsit doyumluk indeksi (SI_c) şöyledir.

$$\text{SI}_c = \log [(\text{aCa}^{++}) (\text{aCO}_3^{--})] / K_c \quad K_c = \text{CaCO}_3 \text{ denge sabitidir.}$$

25 °C ve 1 atm basınç koşulları için $a\text{CO}_3^{=}$ değeri ;

$(a\text{Ca}^{++}) (a\text{CO}_3^{=}) / (a\text{CaCO}_3) = K_c = 10^{-8,3}$ bağıntısında

$(a\text{H}^+) (a\text{CO}_3^{=}) / (a\text{HCO}_3^-) = K_2 = 10^{-8,3}$ bağıntısından çekilerek yerine konur. K_2 HCO_3^- ün denge sabitidir. a ise iyon etkinliğini (mol/l) tanımlanır.

$$a\text{CO}_3^{=} = K_2 (a\text{HCO}_3^-) / (a\text{H}^+) \quad (a\text{H}^+ = 10^{-\text{pH}})$$

Bu durumda $\text{SIc} = \log (\text{IAPc} / K_c)$ olur.

$$\text{SIc} = \log [(a\text{Ca}^{++}) (a\text{HCO}_3^-) K_2] / K_c \cdot 10^{-\text{pH}}$$

$$K_2 / K_c = 0,01 \text{ (sabit)}$$

$$\text{SIc} = \log [(a\text{Ca}^{++}) (\text{HCO}_3^-) 0,01] / 10^{-\text{pH}}$$

$$\text{IAPc} = (a\text{Ca}^{++}) (a\text{HCO}_3^-) K_2 / 10^{-\text{pH}}$$

$\text{SIc} > +0,1$ ise suda CaCO_3 çökmesi izlenir.

$-0,1 > \text{SIc} > +0,1$ ise su CaCO_3 ' ce doygundur.

$\text{SIc} < -0,1$ ise su CaCO_3 çözündürür.

Buna göre inceleme alanındaki suların yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre SIc değerleri ve yorumları aşağıdaki tablo 4.20' da verilmiştir.

Tablo 4.20 İnceleme alanındaki suların kalsit doyma indeksleri (SIc) ve yorumları

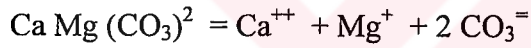
SU NOKTASI	SIc DEĞERİ	YORUMU
Ayter-1	0,635	CaCO_3 çökeler
Ayter-2	0,642	CaCO_3 çökeler

Tablo 4.20 devam

Sarısı	-0,104	CaCO ₃ çözündürür
Salavatlı çeşmesi	0,538	CaCO ₃ çökelir
İmamköy kuzeyi kaynağı	0,008	CaCO ₃ ' ce doygundur
İmamköy 1.kaynak	-0,057	CaCO ₃ ' ce doygundur
İmamköy 2.kaynak	0,024	CaCO ₃ ' ce doygundur
Bozköy kaplıca kaynağı	0,414	CaCO ₃ çökelir
Çamur kaynağı	0,893	CaCO ₃ çökelir
Hıdırbeyli göleti	1,358	CaCO ₃ çökelir

4.5.4.2 Dolomit Doygunluk İndeksi (SId)

Dolomit çözünürlüğü, CaCO₃' de olduğu gibi, su içinde çözünmüş CO₂ gazına bağlıdır. Dolomitin sudaki çözünürlüğü ;



Dolomit doygunluk indeksi (SId) şöyledir ;

$$\text{SId} = \log [(\text{aCa}^{++}) (\text{aMg}^{++}) (\text{aCO}_3^{--})^2 / \text{Kd}]^{1/2}$$

yada ;

$$\text{SId} = \log [\text{IAPd} / \text{Kd}]^{1/2}$$

$$\text{IAPd} = (\text{aCa}^{++}) (\text{aMg}^{++}) (\text{aHCO}_3^-)^2 (\text{K}_2)^2 / 10^{-2\text{pH}}$$

Kd, dolomit denge sabitidir. 25 °C ve 1 atm koşulları için Kd = 10⁻¹⁷, dir. (aCa⁺⁺), (aMg⁺⁺) ve (aHCO₃⁻)² söz konusu iyonların etkinlikleri mol/l' dir. SId' nin yorumu kalsit doyuma indeksine benzer. Burada K₂ = 10^{-10,3}, dür.

$SI_d > +0,1$ ise dolomit çökmesi izlenir.

$+0,1 > SI_d > -0,1$ ise su dolomitçe doygundur.

$SI_d < -0,1$ ise su dolomiti çözündürür.

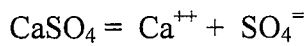
İnceleme alanındaki suların yapılan kimyasal analizleri sonucunda elde edilen dolomit doygunluk indeksleri ve yorumları aşağıdaki tablo 4.21' de verilmiştir.

Tablo 4.21 İnceleme alanındaki suların dolomit doyma indeksleri (SI_d) ve yorumları

SU NOKTASI	SI_d DEĞERİ	YORUMU
Ayter-1	0,491	Dolomit çökeliir
Ayter-2	0,733	Dolomit çökeliir
Sarısu	-0,582	Dolomiti çözündürür
Salavatlı çeşmesi	0,694	Dolomit çökeliir
İmamköy kuzeyi kaynağı	0,199	Dolomit çökeliir
İmamköy 1.kaynak	0,224	Dolomit çökeliir
İmamköy 2.kaynak	0,067	Dolomitçe doygundur
Bozköy kaplıca kaynağı	-0,010	Dolomitçe doygundur
Çamur kaynağı	0,749	Dolomit çökeliir
Hıdırbeyli göleti	1,602	Dolomit çökeliir

4.5.4.3 Jips Doygunluk İndeksi (SI_j)

Sülfat iyonları yeraltı sularında daha çok kalsiyum iyonları ile dengededir. $CaSO_4$ ' ün suda çözünürlüğü şöyledir.



Jips doyma indeksi yukarıdaki kimyasal dengeye göre şöyle yazılabilir ;

$$SI_j = \log [(aCa^{++}) (aSO_4^{--}) / K_{CaSO_4}]$$

K_{CaSO_4} , kalsiyum sülfatın denge sabitidir. 25 °C ve 1 atm koşullarında $K_{CaSO_4} = 10^{-2,31}$, dir. SI_j ' nin yorumu kalsit doygunluk indeksinde olduğu gibidir. Buna göre inceleme alanındaki suların jips doygunluk indeksleri ve yorumları aşağıdaki tablo 4.22' de verilmiştir.

Tablo 4.22 İnceleme alanındaki suların jips doyma indeksleri (SI_j) ve yorumları

SU NOKTASI	SI_j DEĞERİ	YORUMU
Ayter-1	-0,82	$CaSO_4$ çözündürür
Ayter-2	-0,73	$CaSO_4$ çözündürür
Sarısu	-0,38	$CaSO_4$ çözündürür
Salavatlı çeşmesi	-1,33	$CaSO_4$ çözündürür
İmamköy kuzeyi kaynağı	-1,00	$CaSO_4$ çözündürür
İmamköy 1.kaynak	-1,29	$CaSO_4$ çözündürür
İmamköy 2.kaynak	-0,76	$CaSO_4$ çözündürür
Bozköy kaplıca kaynağı	-1,09	$CaSO_4$ çözündürür
Çamur kaynağı	-1,14	$CaSO_4$ çözündürür
Hıdırbeyli göleti	-1,63	$CaSO_4$ çözündürür

4.5.4.4 Suda Çözünmüş Kısmi CO_2 Basıncının (PCO_2) Saptanması

Suda çözünmüş CO_2 gazının su ile yaptığı tepkimenin denge sabiti aşağıda verilmiştir.

$$K_{CO_2} = a_{H_2CO_3} / P_{CO_2}$$

Bağıntıda K_{CO_2} , CO_2 ' nin denge sabitidir. 1 atm ve 25 °C sıcaklık koşullarında $K_{CO_2} = 10^{-1,46}$, dir.

Yukarıdaki bağıntıda $a_{H_2CO_3}$ yerine ;

$(aH^+) (aHCO_3^-) / (aH_2CO_3) = K_1 = 10^{-6,35}$ bağıntısındaki karşılığı konursa suda çözünmüş kısmi CO_2 gazının basıncı şöyle bulunur.

$$P_{CO_2} (atm) = (aH^+) (aHCO_3^-) / K_1 \cdot K_{CO_2}$$

$aH^+ = 10^{-pH}$, $K_1 = 10^{-6,35}$, $K_{CO_2} = 10^{-1,46}$ olarak alınırsa inceleme alanındaki suların kısmi karbondioksit gaz basınçları tablo 4.23' de verilmiştir.

Atmosferdeki CO_2 gazının kısmi basıncı $10^{-3,5}$ atm' dir. Eğer sudaki kısmi CO_2 basıncı (P_{CO_2}) atmosferdeki kısmi CO_2 basıncından büyük ise karbonat (kalsit veya dolomit) çökmesi izlenebilir ve suların tümü atmosfer kısmi basıncından yüksek olduğundan gaz çıkışlıdır.

Tablo 4.23 İnceleme alanındaki suların kısmi CO_2 gaz basınçları (P_{CO_2}) ve yorumları

SU NOKTASI	Log P_{CO_2}	YORUMU
Ayter-1	-0,40	Karbonat çökebilir
Ayter-2	-0,42	Karbonat çökebilir
Sarısu	-0,24	Karbonat çökebilir
Salavatlı çeşmesi	-1,87	Karbonat çökebilir
İmamköy kuzeyi kaynağı	-0,42	Karbonat çökebilir
İmamköy 1.kaynak	-1,12	Karbonat çökebilir
İmamköy 2.kaynak	-0,47	Karbonat çökebilir
Bozköy kaplıca kaynağı	-0,50	Karbonat çökebilir
Çamur kaynağı	-1,06	Karbonat çökebilir
Hıdırbeyli Göleti	-2,88	Karbonat çökebilir

4.6 SULARIN KİMYASAL SINIFLAMASI

Kimyasal sınıflama, yeraltı sularının kökeni, egemen ve toplam çözünmüş iyon miktarı, değişik formasyonlardan gelen suların karşılaştırılması, içme, kullanma, endüstri ve tarımda kullanılabilirlik özellikleri gibi bir çok sorunların yanıtlanmasında

yardımcı bir faktördür.

Bir çok farklı kimyasal sınıflama vardır. Bu çalışmada suların çözünmüş toplam katı maddelere göre sınıflaması ile Schoeller sınıflamasına değinilmiştir. Ayrıca ilk bakışta istenilen özelliklerin kolayca saptanabilmesi ve karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla Schoeller yarı logaritmik diyagram kullanılmıştır.

4.6.1 Çözünmüş Toplam Katı Maddelere Göre Sınıflanması

Su içinde çözünmüş iyonların toplam miktarlarına göre, yeraltı suları şöyle sınıflanabilir (Şahinci, 1991), (Tablo 4.24).

İnceleme alanından alınan suların sınıflaması tablo 4.25' de verilmiştir.

Tablo 4.24 Su içinde çözünmüş iyonların toplam miktarlarına göre suların sınıflaması

SUYUN NİTELİĞİ	SUDA ÇÖZÜNMÜŞ TOPLAM İYON (mg/l)
Tatlı Sular	0 – 1000
Hafif Tuzlu Sular	1000 – 10000
Tuzlu Sular	10000 – 100000
Çok Tuzlu Sular	100000' den fazla

Tablo 4.25 İnceleme alanındaki suların suda çözünmüş toplam iyon miktarına göre sınıflaması ve yorumu

SU NOKTASI	SUDA ÇÖZÜNMÜŞ TOPLAM İYON	SUYUN NİTELİĞİ
Ayter-1	10923,9	Tuzlu sular
Ayter-2	7289,0	Hafif tuzlu sular
Sarısu	1624,7	Hafif tuzlu sular
Salavatlı çeşmesi	783,9	Tatlı sular
İmamköy kuzeyi kaynağı	1626,6	Hafif tuzlu sular

Tablo 4.25 devam

İmamköy 1.kaynak	1086,9	Hafif tuzlu sular
İmamköy 2.kaynak	1821,7	Hafif tuzlu sular
Bozköy kaplıca kaynağı	6821,7	Hafif tuzlu sular
Çamur kaynağı	6667,8	Hafif tuzlu sular
Hıdırbeyli Göleti	1625,0	Hafif tuzlu sular

Bu sınıflamaya göre inceleme alanındaki sulardan Salavatlı çeşmesi tatlı sular, Ayter-1 tuzlu sular, diğer su noktalarının hepsi hafif tuzlu sular sınıfına girmektedir.

4.6.2 Schoeller Sınıflaması

Schoeller, suları klorür, sülfat, karbonat miktarına, iyon, baz değişimine ve anyon katyon derişim ilişkilerine göre sınıflar. İnceleme alanındaki sular, klorür, sülfat ve karbonat, bikarbonat derişimine göre sınıflanmıştır (Şahinci, 1991).

4.6.2.1 Klorür Derişimi

- **Hiper Klorürlü Sular** : Klorür miktarı 700 mek/l' den doygunluğa kadar olan sulardır.
- **Klorotalasik Sular** : Klorür miktarı 420-700 mek/l arasında olan sulardır.
- **Klorürce Zengin Sular** : Klorür miktarı 140-420 mek/l arasındaki sulardır.
(Devamlı içilebilen sularda bulunabilecek en yüksek klorür miktarı 40 mek/l' dir.)
- **Orta Klorürlü Sular** : Klorür miktarı 40-140 mek/l arasındaki sulardır.
- **Oligoklorürlü Sular** : Klorür miktarı 15-40 mek/l arasındaki sulardır.
- **Olağan Klorürlü Sular** : Klorür miktarı 15 mek/l' den az olan sulardır. (Yeraltı sularında çoğunlukla klorür miktarı 10 mek/l' den azdır.)

4.6.2.2 Sülfat Derişimi

- **Hiposülfatlı Sular** : Sülfat miktarı 58 mek/l' den fazla olan sulardır. (Deniz sularında ortalama 58 mek/l sülfat bulunur.)

- **Sülfatlı Sular** : Sülfat miktarı 24-58 mek/l arasındaki sulardır. (İçme suları için sülfat üst sınırı 24 mek/l' dir.)
- **Oligosülfatlı Sular** : Sülfat miktarı 6-24 mek/l arasındaki sulardır.
- **Olağan Sülfatlı Sular** : Sülfat miktarı 6 mek/l' den az olan sulardır.

4.6.2.3 Karbonat + Bikarbonat Derişimi

- **Hiperkarbonatlı Sular** : $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ toplamı 5 mek/l' den fazla olan sulardır.
- **Olağan Karbonatlı Sular** : $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ toplamı 2-7 mek/l arasında olan sulardır.
- **Hipokarbonatlı Sular** : $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ toplamı 2 mek/l' den az olan sulardır.

İnceleme alanındaki sulardan Bozköy kaplıca kaynağı ile çamur kaynağı klorür derişimine göre oligoklorürlü sular sınıfına girerler. Diğer su noktalarının hepsi olağan klorürlü sulardandır. Sülfat derişimine göre Ayter-1 ve Ayter-2 su noktaları sülfatlı sular sınıfına girerler, İmamköy 2. kaynak, Bozköy kaplıca kaynağı ve çamur kaynağı oligosülfatlı sular sınıfına girerler. Diğer su noktalarının hepsi olağan sülfatlı sular sınıfındadırlar. İnceleme alanındaki suların hepsi bikarbonat içermekte ve bu oran 5 mek/l' den fazla olduğu için hiperkarbonatlı sular sınıfındadırlar.

4.7 SULARIN KULLANMA ÖZELLİKLERİ

Doğal suların çok değişik kullanma alanları vardır. Bu kullanma alanları suyun kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlıdır. Bir çok yazar tarafından değişik sınıflamalar yapılmıştır. Bu çalışmada incelenen suların içme ve sulamada kullanılabilirliği araştırılmıştır.

4.7.1 Suların İçme Özellikleri

Suların içme özelliklerinin saptanması, iklim koşullarına, su potansiyeline ve jeolojik formasyonlara bağlı olarak ülkeden ülkeye değişir. Genel olarak içme

sularının sıcaklığı 7-10 °C arasında bulunmaktadır. 5 °C alt sınır, 18 °C üst sınır kabul edilir. İncelene alanındaki suların sıcaklıkları 18 °C' nin üzerindedir (Şahinci, 1991).

İçme suları renksiz ve kokusuz olmalıdır. İçinde hastalık yapan hiçbir bakterinin bulunmaması gerekir. Elektriksel iletkenlik (EC) 2200 mikro mho/cm' yi, toplam sertlik (Fransız) 45' i, buharlaşma kalıntısı 1500 mg/l' yi, klorür miktarı 750 mg/l' yi geçmemelidir. İyi bir içme suyunda toplam iyon miktarı 7,5 mek/l' yi geçmez. 15 mek/l' den daha fazla toplam iyonu bulunan sular ancak zorunlu koşullarda içilebilir. İçme ve kullanma sularının pH' ı, 7-8,5 arasında değişir. İçme suları aşındırıcı, çürütücü ve kabuk yapıcı olmamalıdır. Schoeller tarafından geliştirilen ve suyun EC, sertlik (Fr), Na⁺, Cl⁻, SO₄⁻ (mg/l) miktarına göre suların içilebilirlik diyagramı oldukça yaygındır. Aşağıdaki tabloda suların kimyasal analiz sonuçlarına göre içilebilme özellikleri verilmiştir (Şekil 4.14).

İnceleme alanındaki suların Schoeller içilebilirlik sınıflamasına göre Ayter1, Ayter2, Bozköy kaplıca kaynağı, çamur kaynağı zorunlu olmadıkça içilemeyen sular sınıfına girer, giğer su noktalarından sarısu, Salavatlı çeşmesi, İmamköy kuzeyi kaynağı, İmamköy 1. ve 2. kaynakları ve Hıdırbeyli göleti suları içilebilir sular sınıfında girerler (Tablo 4.26).

Tablo 4.26 İnceleme alanındaki suların kimyasal analiz sonuçlarına göre içilebilme özellikleri

SU NOKTASI	EC (µho/cm)	SERTLİK (Fr)	Na ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)
Ayter-1	7430	21,35	2867	240	2522
Ayter-2	5400	52,44	1789	220	1470
Sarısu	1731	99,92	40	38	413
Salavatlı çeşmesi	967	49,32	22	31	140
İmamköy kuzeyi kaynağı	1709	99,66	23	20	228
İmamköy 1. kaynak	1244	60,03	56	28	212
İmamköy 2. kaynak	1841	82,27	227	29	344

Tablo 4.26 devam

Bozköy kaplıca kaynağı	7020	25,54	2072	1325	669
Çamur kaynağı	6890	29,43	2035	1275	690
Hıdırbeyli göleti	1975	41,93	292	294	184

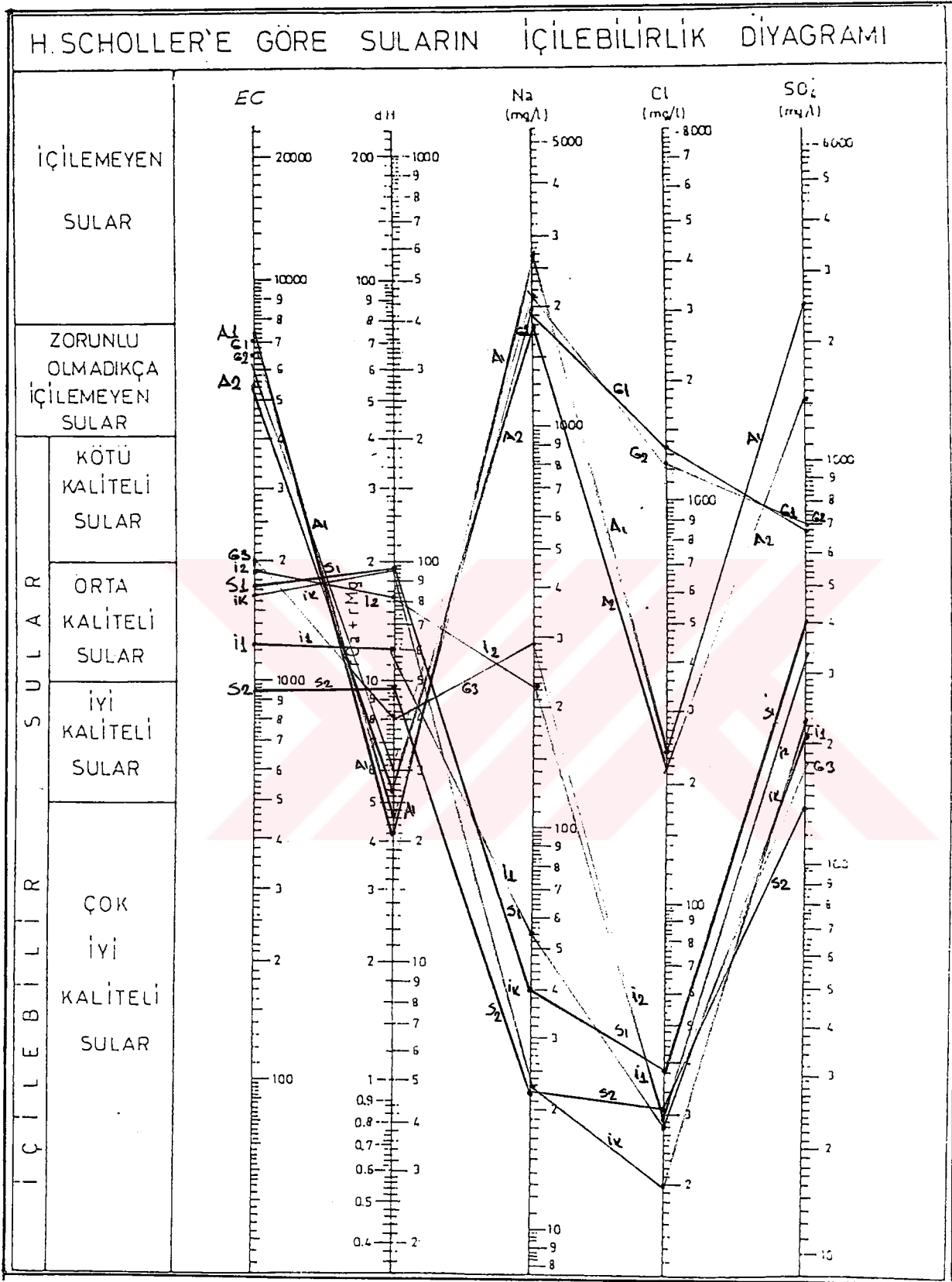
4.7.2 Suların Sulama Özellikleri

Suda çözülmüş iyon miktarı fazla ise bitkilere ve tarımsal toprağa fiziksel ve kimyasal yollarla etkiyerek verimi düşürür. Bu iyonların fiziksel etkisi, bitki yapısındaki hücrelerde osmotik basıncı azaltarak suların dal ve yapraklara erişmesini engeller. Kimyasal yolla ise bitki metabolizmasını bozarlar. Tuzlu sulardaki sodyum, zemindeki kalsiyum iyonları ile yer değiştirerek toprağın geçirgenliğini ve havalanmasını azaltır. Dolayısıyla bitkilerin gelişmesi yavaşlar. Bitkilerin sudaki tuzlara karşı dirençleri farklı olduğundan, sulama için kullanılan suların tuz derişiminin üst sınırını vermek güçtür.

Bitki gelişmesi ile su kalitesi arasındaki ilgi yanında toprağın akaçlaması da önemli yer tutar. Geçirgenliği fazla, akaçlaması iyi tarım topraklarında su, tuzlu da olsa bitkilerin gelişmesini engellemez. Tersine geçirgenliği ve akaçlaması kötü zeminlerde su az tuzlu olsa bile, bitki köklerinde tuz birikimleri oluşarak bitkilerin gelişmesi güçleşir.

Sonuç olarak ; bitkilerin gelişmesini su kalitesinden başka toprağın cinsi, geçirgenliği, akaçlaması, iklim koşulları, kullanılan su miktarı, bitki türü, sulama şekilleri ve uygulanan yetiştirme yöntemleri gibi özellikleri de etkiler.

Sulama sularının kimyasal özelliklerini saptamak için çeşitli yöntemler önerilmiştir.



Şekil 4.14 Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı

4.7.2.1 Sodyum Tehlikesi (SAR)

Sulama sularında sodyum iyonunun fazla olması, toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltır. Sulamadan sonra zeminin üst yüzeylerinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engellenir. Ayrıca bitkiler için zehirli bir ortam yaratır. Sudaki sodyum miktarı % olarak şöyle bulunur (Şahinci, 1991).

$$\% Na = 100 (Na + K) / (Ca + Mg + K + Na)$$

Yukarıdaki bağıntının farklı biçimde ifadesi şöyledir ;

$$\text{Sodyum Adsorption Ratio (SAR)} = Na / \sqrt{(Ca + Mg) / 2}$$

Bağıntılarda, iyonlar mek/l olarak alınır.

SAR' a göre sulama suları aşağıdaki şekilde sınıflanabilir (Tablo 4.27).

Tablo 4.27 % SAR' a göre sulama sularının sınıflaması

SUYUN NİTELİĞİ	SAR (%)
Çok iyi özellikteki sulama suları	< 10
İyi özellikteki sulama suları	10-18
Orta özellikteki sulama suları	18-26
Fena özellikteki sulama suları	> 26

İnceleme alanındaki su noktaları SAR' a göre sınıflaması aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 4.28). Buna göre inceleme alanındaki sulardan Ayter1, Ayter2, Bozköy kaplıca kaynağı ve çamur kaynağı fena özellikteki sulama suları sınıfına girerler. Diğer su noktaları ise çok iyi özellikteki sulama suları sınıfına girer.

Tablo 4.28 İnceleme alanındaki suların % SAR' a göre sınıflaması

SU NOKTASI	SAR (%)	SUYUN NİTELİĞİ
Ayter-1	85,342	Fena özellikteki sulama suları
Ayter-2	33,982	Fena özellikteki sulama suları
Sarısu	0,550	Çok iyi özellikteki sulama suları
Salavatlı çeşmesi	0,427	Çok iyi özellikteki sulama suları
İmamköy kuzeyi kaynağı	0,316	Çok iyi özellikteki sulama suları
İmamköy 1. kaynak	0,987	Çok iyi özellikteki sulama suları
İmamköy 2. kaynak	3,444	Çok iyi özellikteki sulama suları
Bozköy kaplıca kaynağı	56,399	Fena özellikteki sulama suları
Çamur kaynağı	51,597	Fena özellikteki sulama suları
Hıdırbeyli göleti	6,204	Çok iyi özellikteki sulama suları

4.7.2.2 Sulama Sularının Wilcox' a Göre Sınıflaması

Wilcox sulama sularını % Na, klorür, sülfat, bor ve elektriksel iletkenliğe karşı duyarlılıklarına göre sınıflar (Tablo 4.29).

Wilcox ayrıca dikey ekseninde % Na miktarı ve yatay ekseninde EC miktarını belirten suların sulama amacıyla kullanılmasına ilişkin diyagram geliştirmiştir (Şekil 4.15). Verilen EC yatay ekseninde bulunarak, bu noktadan yatay eksene bir dik çıkılır ve % Na' dan çizilen paraleli kestiği nokta suyun özelliğini verir.

İnceleme alanındaki suların % Na, rCl, rSO₄, EC ve bor(B) değerleri tablo 4.31' de verilmiştir. Burada "r" mek/l' yi tanımlar.

Tablo 4.29 Sulama sularının Wilcox' a göre sınıflaması (Şahinci, 1991)

SUYUN SINIFI	% Na	rCl	r SO ₄ ⁼	EC (mmho/cm)
Çok iyi	< 20	< 4	< 4	< 250
İyi	20-40	4-7	4-7	250-750
Kullanılabilir	40-60	7-12	7-12	750-2000

Tablo 4.29 devam

Şüpheli	60-80	12-20	12-20	2000-3000
Kullanılmaz	> 80	> 20	> 20	> 3000

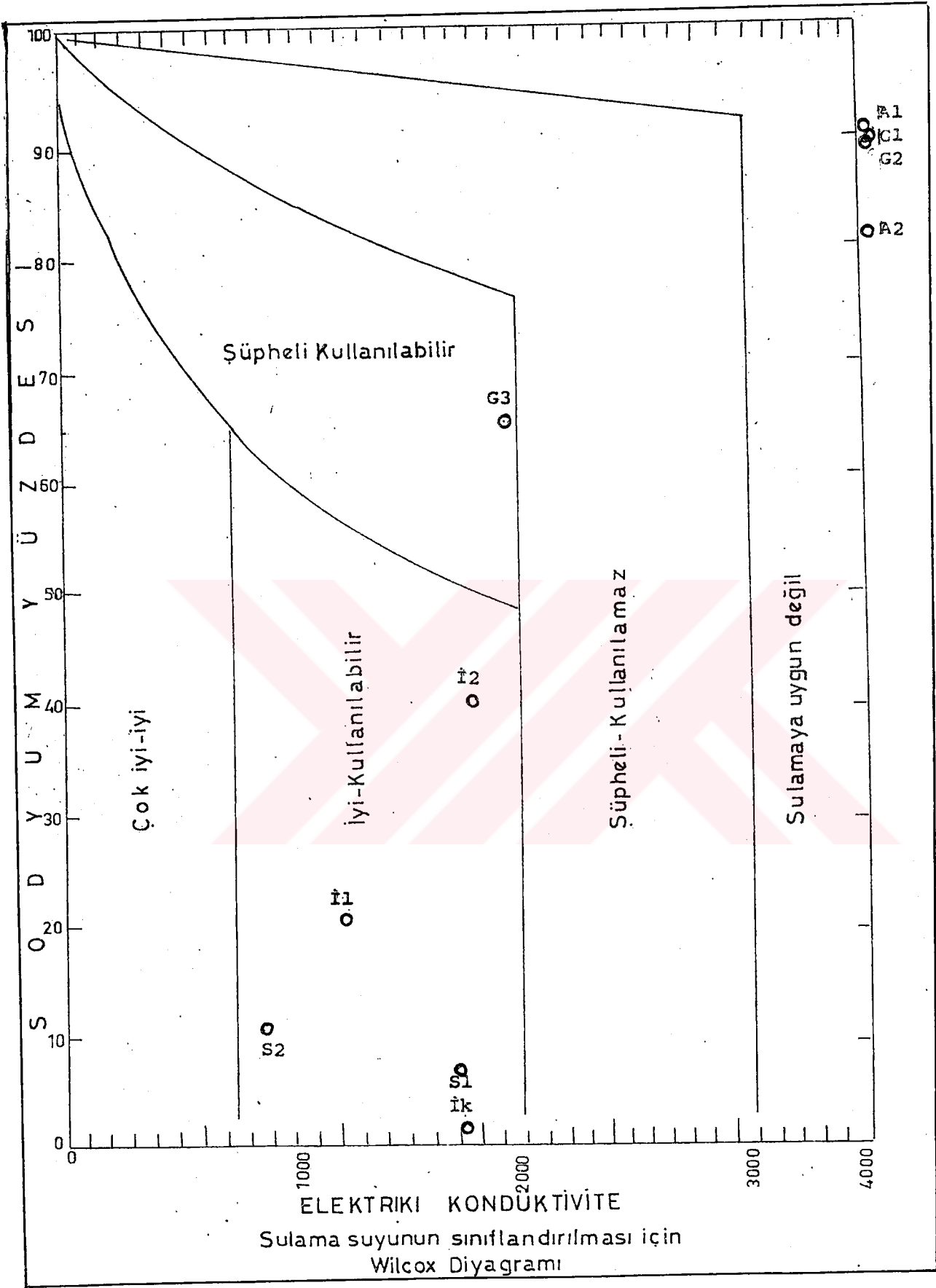
Wilcox sınıflamasında bor miktarında göz önüne almış ve bor miktarlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflama yapmıştır (Tablo 4.30).

Tablo 4.30 Sulama sularının Wilcox sınıflamasında bor miktarına göre sınıflaması

SUYUN SINIFI	SUDA BULUNAN BOR (mg/l)		
	DUYARLI BİTK.	YARI DAYANIKLI BİTK.	AZ DAYANIKLI BİTK.
Çok iyi	< 0,33	< 0,67	< 1,00
İyi	0,33-0,67	0,67-1,33	1,00-2,00
Kullanılabilir	0,67-1,00	1,33-2,00	2,00-3,00
Şüpheli	1,00-1,25	2,00-2,50	3,00-3,75
Kullanılmaz	> 1,25	> 2,50	> 3,75

Tablo 4.31 İnceleme alanındaki su noktalarının sulama amaçlı Wilcox sınıflamasındaki yeri

SUYUN SINIFI	% Na	r Cl	rSO ₄ ⁼	EC (mmho/cm)	B(mg/l)
Ayter-1	93,16	6,76	52,53	7430	52,25
Ayter-2	84,18	6,20	30,61	5400	49,25
Sarısu	7,93	1,07	8,60	1731	0,48
Salavatlı çeşmesi	8,53	0,87	2,92	967	---
İmamköy kuzeyi kaynağı	4,57	0,56	4,74	1709	---
İmamköy 1. kaynak	15,92	0,79	4,42	1244	---
İmamköy 2. kaynak	36,14	0,82	7,16	1841	---
Bozköy kaplıca kaynağı	92,07	37,75	13,94	7020	59,75
Çamur kaynağı	91,50	35,94	14,37	6890	59,75
Hıdırbeyli göleti	57,13	8,29	3,83	1975	7,26



Şekil 4.15 Wilcox diyagramına göre sulama sularının sınıflanması

Wilcox diyagramına göre Ayter-1, Ayter-2, Bozköy kaplıca kaynağı ve çamur kaynağı sulamaya uygun olmayan kullanılamaz su sınıfına girer. Sarısu, Salavatlı çeşmesi, İmamköy kuzeyi kaynağı, İmamköy 1. kaynak ve İmamköy.2 kaynak su noktaları iyi kullanılabilir, Hıdırbeyli göleti su noktası şüpheli kullanılabilir su sınıfına girer.

4.7.2.3 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

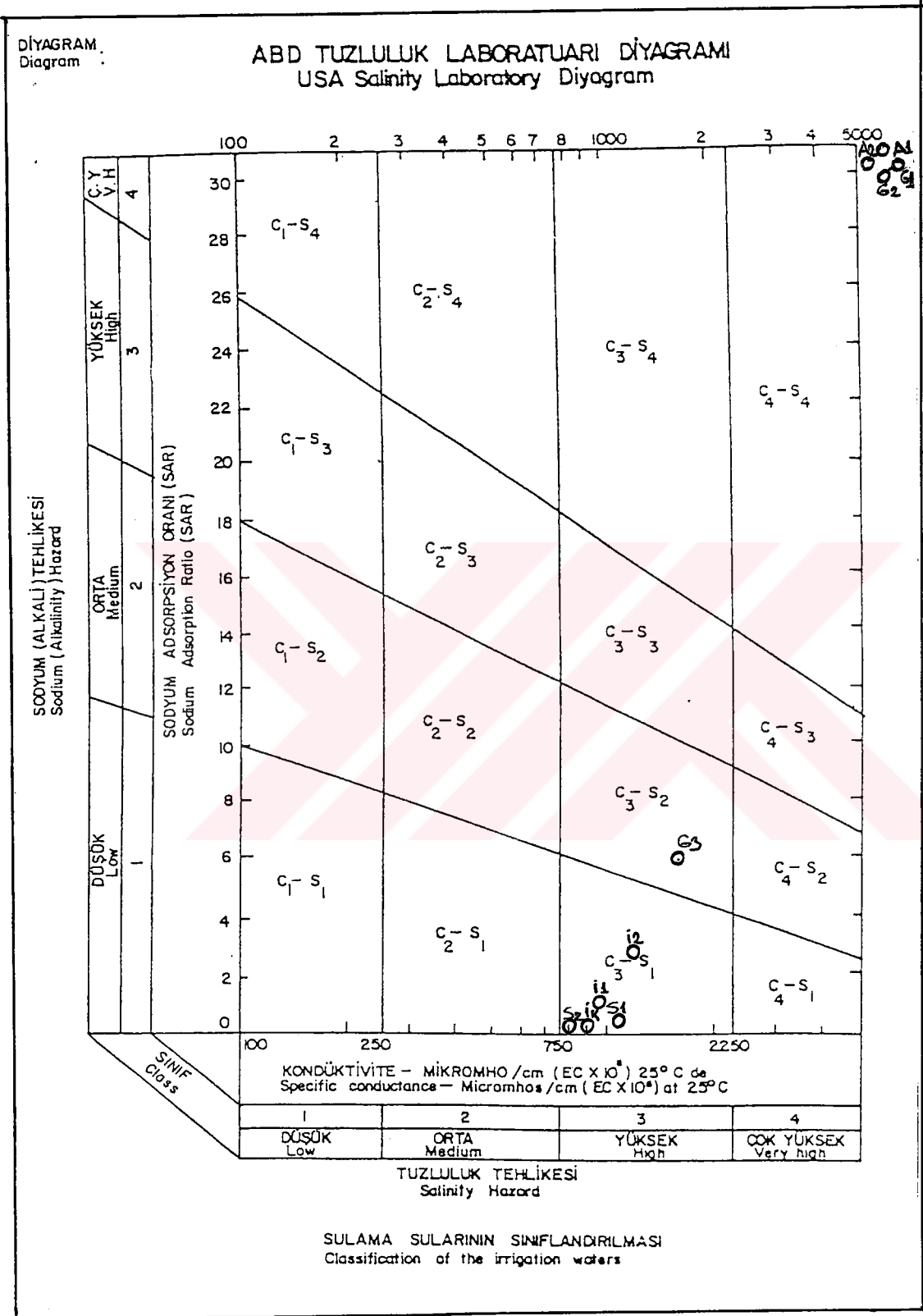
Wilcox diyagramında bazı değişiklikler yapılarak hazırlanan bu diyagramda sulama suları 16 sınıfa ayrılmıştır. Düşey ekseninde SAR değeri, yatay ekseninde EC bulunur. Suyun sınıfının saptanması Wilcox diyagramında olduğu gibidir (Şekil 4.16). Bu diyagramın yorumu şöyledir.

4.7.2.3.1 Genel Tuzluluk Özellikleri

- **C₁ (EC 250 mmho/cm' den az), az tuzlu sular :** Her toprakta tüm bitkilerin sulamasına uygundur.
- **C₂ (EC 250-750 mmho/cm), orta tuzlu sular :** Orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir.
- **C₃ (EC 750-2250 mmho/cm), tuzlu sular :** Akaçlaması kötü olan arazilerde ve sulamalarda kullanılmaz. Zeminde tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa tuza karşı dayanıklı bitkiler seçilmelidir.
- **C₄ (EC 2250 mmho/cm' den fazla), çok tuzlu sular :** Geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir. Tuza karşı çok dayanıklı bitki türleri seçilmelidir.

4.7.2.3.2 Sodyum Tehlikesi Özellikleri

- **S₁ (az sodyumlu sular) :** Hemen, hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.
- **S₂ (orta sodyumlu sular) :** Geçirgen veya bol gipsli arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılabiliyorsa özellikle bu tip sular



Şekil 4.16 ABD Tuzluluk diyagramına göre sulama sularının sınıflanması

kullanılmalıdır.

- **S₃ (yüksek sodyumlu sular)** : Bir çok toprak cinslerinde sodyum tehlikesi olabilir. Çok iyi geçirgen ve akaçlama gösteren arazilerde bol su kullanarak belirli sürelerde yapılacak kimyasal analizlerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir.
- **S₄ (çok yüksek sodyumlu sular)** : Genel olarak sulama için uygun değildir. Ancak suyun toplam tuz miktarı düşük ise sulamada kullanılabilir.

Böylece C₁S₁, C₂S₁, C₃S₁ her tür sulamada, C₄S₁, C₃S₂ bazı özel koşullarda kullanılabilir. C₄S₂, C₄S₃ ve C₄S₄ sulamada kullanılmaz.

İnceleme alanındaki sulardan Ayter1, Ayter2, Bozköy kaplıca kaynağı ve çamur kaynağı C₄S₄ su sınıfına girmektedir ve sulamada kullanılmaz. Sarısu, Salavatlı çeşmesi, İmamköy kuzeyi kaynağı İmamköy 1. kaynak ve İmamköy 2. kaynak su noktaları C₃S₁ su sınıfına girerler ve her tür sulamada kullanılabilirler. Diğer su noktası olan Hıdırbeyli göletinin suları C₃S₂ sınıfına girmektedir ve bazı özel koşullarda kullanılabilir.

4.7.3 Suların Endüstride Kullanılma Özellikleri

Endüstride kullanılan suların özellikleri, kullanma amacına göre değişir. Buhar kazanlarında kullanılan sularda köpürme çok önemlidir. Suların köpürmesi, kaynama sırasında su yüzeyine biriken köpüklerden ileri gelir. Bu olayda su fışkırmaları ve önemli su değişimleri buharlaşmayı, kazan sistemlerini olumsuz yönde etkiler. Suların kaynarken köpürmesinin nedeni, su yüzeyinde sodyum ve potasyum tuzlarınca çok zengin bir zar tabakasının oluşmasıdır. Suyun kaynarken köpürmesi (F), aşağıdaki bağıntıya göre sınıflanır (Şahinci, 1991).

$$F = 62 rNa^+ + 78 rK^+ \quad (r = \text{mek/l})$$

Bu bağıntıya göre suların köpürme özelliği aşağıdaki tablo 4.32' de verilmiştir.

Tablo 4.32 Suların köpürme özelliğinin sınıflaması

F DEĞERİ	SUYUN NİTELİĞİ
$F < 60$	Kaynarken köpürmeyen sular
$60 < F < 200$	Kaynarken köpüren sular
$F > 200$	Kaynarken çok köpüren sular

İnceleme alanındaki suların köpürme özellikleri tablo 4.33’ da verilmiştir. Bu sınıflamaya göre inceleme alanındaki sulardan Sarısu, Salavatlı çeşmesi ve İmamköy kuzeyindeki kaynağın kaynarken köpüren sular sınıfına girmektedir. Diğer su noktaları kaynarken çok köpüren sular sınıfına girmektedir.

Tablo 4.33 İnceleme alanındaki suların köpürme özellikleri

SU NOKTASI	F DEĞERİ	YORUMU
Ayter-1	8113,3	Kaynarken çok köpüren sular
Ayter-2	5147,2	Kaynarken çok köpüren sular
Sarısu	125,7	Kaynarken köpüren sular
Salavatlı çeşmesi	82,4	Kaynarken köpüren sular
İmamköy kuzeyi kaynağı	128,4	Kaynarken köpüren sular
İmamköy 1. kaynak	209,9	Kaynarken çok köpüren sular
İmamköy 2. kaynak	690,8	Kaynarken çok köpüren sular
Bozköy kaplıca kaynağı	5796,0	Kaynarken çok köpüren sular
Çamur kaynağı	5670,7	Kaynarken çok köpüren sular
Hıdırbeyli göleti	877,3	Kaynarken çok köpüren sular

Beton yapımında kullanılan sularda genellikle sülfat, 150 mg/l ve serbest CO₂, 20 mg/l üst sınır olarak kabul edilir. Suda sülfatın derişim miktarı betonun parçalanmasında önemlidir. Suda bulunan sülfat miktarına göre betonların etkiye dereceleri şöyledir (Tablo 4.34).

Tablo 4.34 Sudaki sülfat miktarına göre betonların etkime dereceleri

ETKİME DERECESESİ	SUDAKİ SO_4^{--} (mg/l)
Pratik olarak yok	0-150
Etkime var	150-1000
Önemli	1000-2000
Çok önemli	> 2000

Bu sınıflamaya göre inceleme alanındaki suların betona etkime dereceleri tablo 4.35' de verilmiştir. Bu sınıflamaya göre ise inceleme alanındaki sulardan Ayter-1 su noktasının betona etkisi çok önemlidir. Ayter-2 su noktası önemli, Salavatlı çeşmesinde ise pratik olarak yoktur. Diğer su noktalarında betona etkime vardır.

Tablo 4.35 İnceleme alanındaki su noktalarının sülfat miktarına göre betonların etkime dereceleri

SU NOKTASI	SO_4^{--} (mg/l)	YORUMU
Ayter-1	2522	Çok önemli
Ayter-2	1470	Önemli
Sarısu	413	Etkime var
Salavatlı çeşmesi	140	Pratik olarak yok
İmamköy kuzeyi kaynağı	228	Etkime var
İmamköy 1. kaynak	212	Etkime var
İmamköy 2. kaynak	344	Etkime var
Bozköy kaplıca kaynağı	669	Etkime var
Çamur kaynağı	690	Etkime var
Hıdırbeyli göleti	184	Etkime var

BÖLÜM 5

JEOTERMAL ALANLARDAN KAYNAKLANAN BOR KİRLİLİĞİ

İnsanların ve diğer canlıların yaşamında suyun çok büyük önemi vardır. Ancak giderek artan nüfus, hızlı gelişen endüstri ve sayıları hızla artan fabrikalar suların çok çabuk kirlenmesine neden olmaktadır.

Bu bölümde Büyük Menderes Havzası'nın can damarı olan Büyük Menderes Nehri'ne yörenin bor(B) içeriği yüksek yeraltı sıcak su kaynakları bakımından zengin ve bu suların değişik amaçlarla çıkarılarak enerji üretimi, ısıtma, kaplıca gibi değişik amaçlarla kullanıldıktan sonra atık suların Büyük Menderes Nehri'ne karışması sonucu neden olan bor kirliliği incelenerek alınması gereken tedbirler saptanmıştır.

5.1 Bor Kirliliği

Bor su kirliliğine yol açan kimyasal parametrelerden birisidir. Doğada en az rastlanılan elementlerden olan biri olan bor periyodik tabloda üçüncü grubun en hafif aynı zamanda asidik ve metalik olmayan tek elementidir. Kimyasal bileşiklerini daima oksijen ile oluşturur. Üç değerli olmasına karşın B^{+3} katyonuna yüksek iyon potansiyelinden ($i=13,0$) ve düşük iyon çapından ($0,23 \text{ Å}$) dolayı doğada hiç rastlanmaz. Örneğin $B_2(SO_4)_3$ veya $B(NO_3)_3$ tuzları doğada yoktur. Bunun yerine bor atomu üç oksijen atomu ile birleşerek BO_3^{-3} grupları veya BO_4^{-5} oluşturur. Suyun pH'ına bağlı olarak borun bulunuş şekli değişir. Asitli sularda ($pH \leq 6$) ortoborik asit egemendir (H_3BO_3) egemendir. Nötr veya alkali doğal sularda tetra-penta-hekza ve diğer poliboratlara gözlenir. Süperjende (düşük sıcaklık ve basınç ortamı)

boratların çökmesi kalsiyum ve magnezyum etkisindedir. Sıcaklığın yükselmesi ile çözünürlüğü artar. Bu nedenle bor hidrotermal ortamlarda hızlı, süperjende yavaş göç eder. Borun bilinen 112 mineralinin çoğu (% 60' ı) süperjende bulunur ve bunlara borat denir. Hipojende (yüksek sıcaklık ve basınç ortamı) borosilikatlar vardır. Örneğin turmalin, datolit, danburit birer hipojen mineralidir (Filiz, Irmak, & Tarcan, 1994).

Bitkiler için gerekli elementler arasında bulunan bor (B) 'un noksanlığı kadar, fazlalığı da bitkilere zarar vermektedir. Hemen, hemen bütün organizmalarda bor bulunur. Çiçeklerde, meyvelerde, mısırdaki bor miktarı fazladır. Bor bitkilerin büyümesinde büyük etkisi vardır. Özellikle pirinç, patates, domates, pamuk tütün gibi bitkiler bor severdir. Ayrıca bor bitkileri bazı hastalıklardan korur (polen, tohum strilliği gibi). Az miktarda bor tarımda verimi arttırıcı özelliği taşımakla beraber, fazlası zehirleyicidir. Ancak bazı bitkiler topraktaki bor miktarının arttısından etkilenmez, yalnızca kendi gereksinimi kadarını soğurur. Yonca bora karşı dayanıklıdır (Tablo 5.1). Meyve ve zebzeler bor yönünden daha zengindirler ve 10-50 ppm' e kadar bor içerebilirler. İnsan vücudunda 30 ppm' e kadar boş bor görülebilir. Meyve zebzelerle insan vücuduna giren bor organizma tarafından tutulmaz ve idrar ile atılır. İnsan vücudunda tutulan bor 2-5 mg/gün ile 10-20 mg/gün arasında değişir.

Tablo 5.1 Bitkilerin bor (B) mineraline karşı duyarlılıkları
(Oruç, 1994' den değiştirilerek)

DAYANIKLIKLARI	DEĞER(mg/l)	BİTKİLER
Hassas Bitkiler	0,3-1,0 mg/l	Limon, Şeftali, İncir, Üzüm, Ceviz
Yarı Hassas Bitkiler	1,0-2,0 mg/l	Biber, Zeytin, Pamuk, Buğday, Arpa,Mısır
Dayanıklı Bitkiler	2,0-3,0 mg/l	Marul, Lahana, Bakla, Yonca,Soğan

Bölgenin belli başlı tarımsal ürünlerinden olan incir bora karşı hassas bitkiler sınıfına girerken zeytin ve pamuk yarı hassas bitkiler sınıfına girmektedir (Şekil 5.1-2).



Şekil 5.1 Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanı çevresindeki incir bahçelerinden bir görünüm



Şekil 5.2 Aydın İmamköy jeotermal alanı çevresindeki zeytin bahçelerinden bir görünüm

Aydın İli jeotermal alanlar yönünden oldukça zengin bir il olması Büyük Menderes Nehri' nin ve havzanın bor (B) yönünden kirlenmesine sebep olmaktadır. Aydın Ilıcabaşı ve İmamköy, Aydın Sultanhisar Salavatlı, Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal enerji tesisleri ve havzada açılan ve açılacak olan jeotermal kuyuların atıklarında bulunan bor (B) minerali havzanın kirlenmesinde önemli rol oynamakta ve tarımsal faaliyetlerde ciddi tehlikeler yaratmaktadır.

Jeotermal atık sular Büyük Menderes Nehri' nde bor artışına sebep olduğu gibi, sıcaklık artışına tuzluluk ve sodyum artışlarına da sebep olmaktadır. Büyük Menderes Havzası' nın can damarı olan Büyük Menderes Nehri' nin değişik noktalarından alınan su örneklerinde yüksek bor (B) seviyelerine rastlanmıştır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2 Büyük Menderes Nehri bor düzeyleri ppm (Oruç, 1994)

SU ÖRNEĞİ ALINAN NOKTA	BOR MİKTARI (ppm)
Feslek Reğlatörü	0,80
Nazilli Köprüsü	0,78
Çine Köprüsü	0,73
Koçarlı Köprüsü	0,69
Bağarası Köprüsü	0,74
Balat Köprüsü	0,74

Büyük Menderes Nehrin' de görülen yüksek bor değerleri jeotermal atık suların nehrin sularına karıştığıнын göstermektedir. Denizli Kızıldere jeotermal enerji santralinden nehre bırakılan atık sular ile ileride işletilmesi düşünülen Sultanhisar Salavatlı ve Germencik Ömerbeyli jeotermal alanlarındaki derin kuyularından bırakılacak atık suların da nehre gideceği düşünülürse havzada meydana gelebilecek bor kirliliği artacaktır. Oysa Büyük Menderes Havzası için verilen kritik değer 0,67-1.0 mg/l kullanılabilir değerleri aşmamalıdır.

İnceleme alanından alınan su noktalarında bor yüksek değerler taşımaktadır (Tablo 5.3).

Tablo 5.3 İnceleme alanındaki bor değerleri

SU NOKTASI	BOR DEĞERLERİ (mg/l)
Ayter-1	52,25
Ayter-2	49,25
Sarısı	0,48
Salavatlı çeşmesi	< 0,48
İmamköy kuzeyi kaynağı	< 0,48
İmaköy 1. kaynak	< 0,48
İmamköy 2. kaynak	< 0,48
Bozköy kaplıca kaynağı	59,75
Çamur kaynağı	59,75
Hıdırbeyli göleti	7,26

İnceleme alanındaki sulardan sıcaklıkları yüksek olan su noktalarının bor içeriklerinde yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle Germencik jeotermal alanı içindeki su noktalarının bor konsantrasyonları yüksek değerler taşımaktadır. Ayrıca Hıdırbeyli göletinin de bor konsantrasyonu yüksektir. Buda bu alandaki sıcak su kaynaklarının göletin sularına karıştığını göstermektedir. Göletin sularıyla sulanan incir bahçelerinde bor konsantrasyonu yüksek olduğu için verim düşüklüğü olması doğaldır. Geçmiş yıllarda açılan sondaj kuyuları ve ileride açılacak olan sondajlarının atık suları incir ağaçlarında önce sürgünlerde kurumalara ve daha sonra kalite bozulmaları şeklinde zararlar verdiği tespit edilmiştir. İl için önemli kültür bitkisi olan incir, ihraç edilmesiyle de il ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır. Bu durumda jeotermal atık suların mutlak bir şekilde tarıma olabilecek olumsuz etkisinin ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Tablo 5.4 Geçmiş yıllarda açılan sondajlardaki bor konsantrasyonları
(Erişen ve diğ., 1996)

KUYU ADI	TARİH	SICAKLIK(°C)	BOR (mg/l)
Ayter-1	1988	65-77,5	45
Ayter-2	1989	80	39
ÖB-1	1982	203	45
ÖB-2	1983	231	71
ÖB-3	1984	230	68
ÖB-4	1984	213	55
ÖB-5	1984	221	56
ÖB-6	1985	221	74
ÖB-7	1988	203	56
ÖB-8	1986	219,87	--
ÖB-9	1987	223,8	68
AS-1	1987	162	54
AS-2	1988	171,4	42

Turuçgiller bora karşı çok duyarlıdırlar. Sulama sularında 0,5 ppm' den fazla bor içeriği gelişmesini dudurur. Aydın İli içerisinde 1.400.000 dolayında narenciye ağacı bulunmaktadır (Şekil 5.3). Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanında açılan ve ileride işletilecek olan kuyuların yüksek bor konsantrasyonları narenciye bahçelerine zarar vereceği bilinmektedir. Özellikle Nazilli, Kuyucak çevresinde ki naranciye bahçelerinde kurumalar, tespit edilmiştir (Oruç, 1994). Ayrıca bahçe sahipleri narenciye ağaçlarının yapraklarının yer, yer zamansız sarardığı ve verim düşüklüğü olduğunu ilgili kuruluşlara da bildirmişlerdir.



Şekil 5.3 Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanı çevresindeki naranciye bahçelerinden bir görünüm

5.2 Bor Kirliliği İle İlgili Alınması Gerekli Tedbirler

Büyük Menderes Havzası sahip olduğu iklim, toprak özellikleri ve sulama imkanı ile ülkemizin yüksek tarımsal potansiyele sahip havzalarındandır. Yaklaşık 25.000 km², lik bir yağış toplama alanına sahip olan havzanın yıllık su potansiyeli $16,3 \cdot 10^9$ m³, havzaya can veren Büyük Menderes Nehri' nin taşıdığı yıllık su miktarı ise $2,3 \cdot 10^9$ m³ dolayındadır. Ayrıca Aydın İli 18 milyon zeytin, 6 milyon incir, 1,4 milyon naranciye ağacı ve 90 bin ha pamuk alanı ile büyük bir tarımsal potansiyele sahiptir. Buda dolayısıyla, bor kirliliği ile bu kadar büyük bir alanın elden çıkması demektir.

15,4 MW güçte olan Denizli-Kızıldere jeotermal enerji santrali yılda 70 milyon Kws elektrik sağlamaktadır. Enerji sıkıntısı çekmekte olan yurdumuzda yeni ve ucuz yenilebilir ve çevre dostu olma gibi olumlu özellikleri nedeniyle jeotermal enerjiden olabildiğine yararlanılması gerekmektedir. Denizli-Kızıldere jeotermal

yenilebilir ve çevre dostu olma gibi olumlu özellikleri nedeniyle jeotermal enerjiden olabildiğine yararlanılması gerekmektedir. Denizli-Kızıldere jeotermal enerji santralının sıcak atık suları doğrudan Büyük Menderes Nehri' ne verilmektedir. Yüksek bor konsantrasyonuna sahip olan bu suların soğuk yeraltı sularına veya yüzey sularına karışıyor olması tarımsal alanlar için büyük tehlikeler yaratmaktadır. Sonuç olarak kısa vadeli ve uzun vadeli çözüm önerileri getirilmiştir.

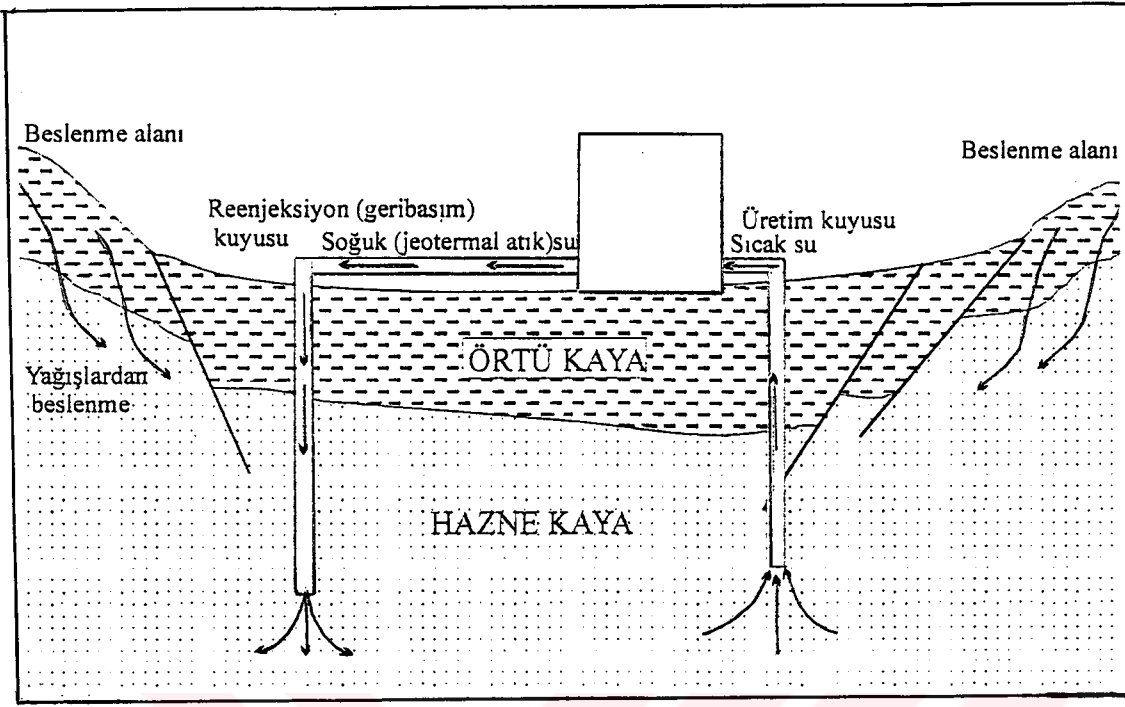
Kısa vadeli olarak Büyük Menders Nehri' nde kurulu Feslek regülatöründen sulanan tarım arazisinde bor kirliliği hat safhaya ulaşmadan Denizli-Kızıldere jeotermal enerji santralının sulama dönemlerinde durdurulması düşünülmektedir.

Uzun vadeli önlem olarak Denizli-Kızıldere, Germencik-Ömerbeyli, Sultanhisar-Salavatlı, Aydın-Ilıcabaşı ve İmamköy jeotermal alanlarında yapılması planlanan üretimlerde atık sıcak suların yer altına (hazneye) geri verilmesi (reenjeksiyon) önerilmektedir. Bu reenjeksiyon olası bor kirlenmesinin yanı sıra haznedeki jeotermal rezervin beslenmesi açısından da önemlidir.

5.2.1 Reenjeksiyon

Jeotermal sular yüksek mineral konsantrasyonlarına sahiptirler. Jeotermal suların kullanıldıktan sonra çevreye bırakılması, çevreye ve tarıma büyük zararlar vermektedir. Bu sulardan kurtulmanın en ucuz ve en kolay yolu tekrar yeraltına basılmasıdır. Bu işlem reenjeksiyon olarak adlandırılmaktadır (Şekil 5.4).

Reenjeksiyon ile çevre kirliliği önlenecek, toprağı, suları ve bitkileri zararlı elementlerden korumuş olacaktır. Ayrıca atık sudaki termal enerji tekrar kazanılacak, üretim nedeniyle oluşan basınç düşüm hızı azaltılacak ve rezervuarın yapay olarak beslenmesi sağlanacaktır. Rezervuar basıncının düşümünün yüzeyde oluşturduğu çökme ve kaymalar önlenmiş olacak ve sahanın ekonomik ömrünün uzatılmasında sağlanmış olacaktır.



Şekil 5.4 Jeotermal atık suların reenjeksiyon yöntemiyle geri basımı
(Filiz ve diğ., 1998)

BÖLÜM 6

JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM ALANLARI

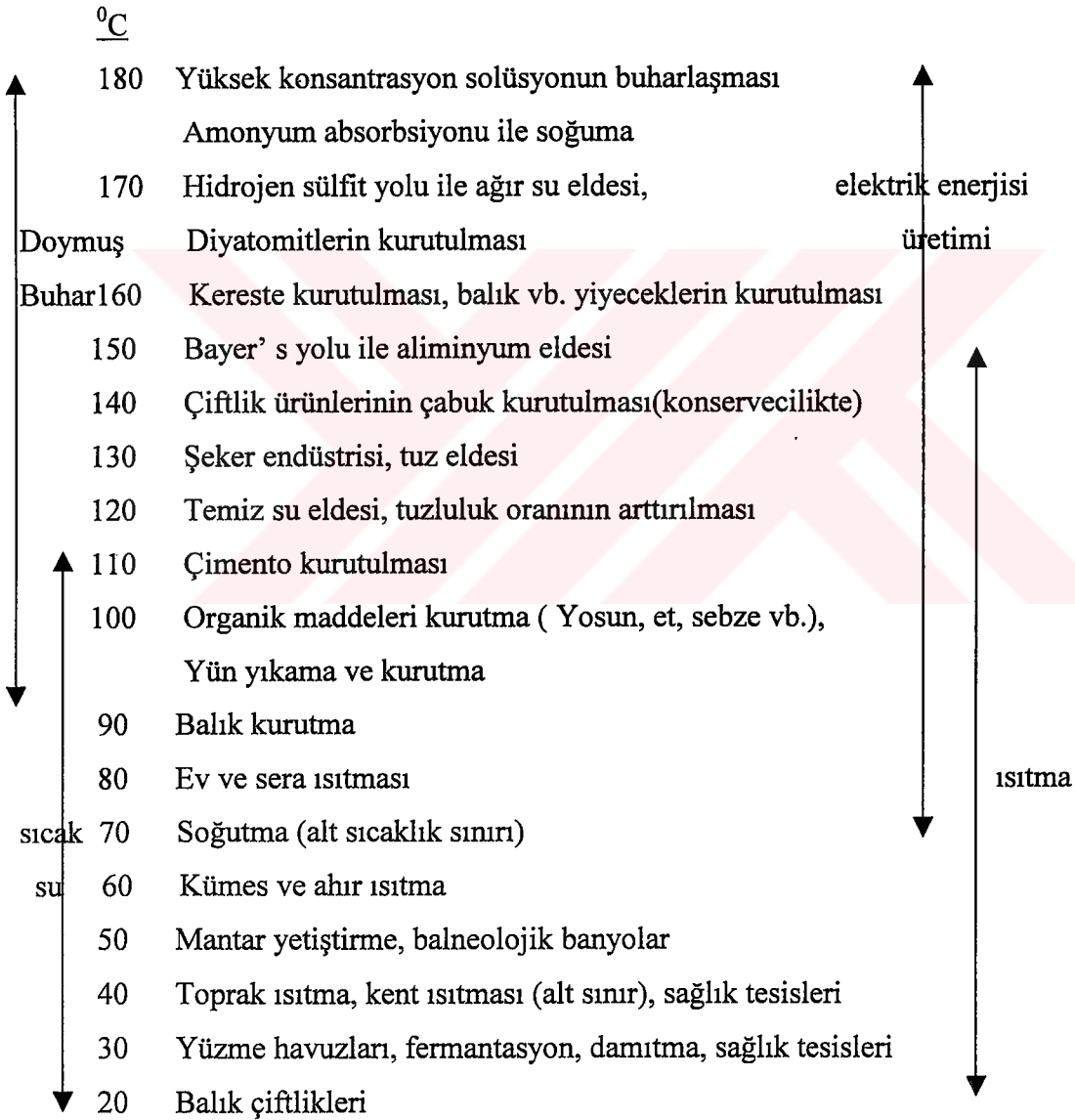
Jeotermal enerji yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcaqsu, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaçların içerisindeki ısı enerjisidir. Başka bir yaklaşımla jeotermal enerji yerin derinliklerinden yüzeye doğru iletilen ısının kullanılabilmesi şeklinde de tanımlanabilir. Bu bölümde jeotermal enerjinin dünyada, Türkiye ve Aydın İlin’ deki kullanımından kısaca bahsedilecektir.

6.1 Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

Jeotermal enerjiden üretim teknolojisi, yer ısının akışkanlar ve sondajlar aracılığı ile yüzeye çıkartılması ve bu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi, ısı enerjisi şeklinde doğrudan kullanımı, endüstri ve turizm alanlarında kullanılması şeklindedir (Şekil 6.1).

Günümüzde gelişen teknolojiler sayesinde jeotermal akışkan taşıma hattında 0,1-0,3 °C/km sıcaklık kaybı olmakta ve bu da uzak mesafeli jeotermal ısıtma sistemlerinin uygulanması mümkün olmaktadır. Jeotermal akışkanın enerjisi özel olarak dizayn edilmiş 1-1,5 °C yaklaşım sıcaklığına sahip çok yüksek verimli eşanjörle kapalı çevrimde sirküle edilen temiz suya aktarılmaktadır. Enerjinin aktarılmasından sonra doğal jeotermal akışkan suyu mevcut termal tesislere verilmekte veya re-enjeksiyon boru hattı ile yeniden yer altına gönderilmektedir. Böylece rezervuarın üretkenliği artmakta ve bor veya tuzluluktan bitki örtüsüne zarar verilmemektedir.

Türkiye’ de ki jeotermal akışkanlar çoğunlukla kalsiyum karbonat veya kalsiyum sülfat orjinli olmakta ve ve buna bağlı olarakta kabuklaşma problemleri yaratmaktadır. Türkiye’ de bugünün teknolojisi ile kabuklaşmaya karşı jeotermal akışkanın kısmi basıncı artırılarak CO₂ gazı sıvı hale dönüştürülmekte veya üretim kuyusunun derinliklerine kimyasal inhibitör enjekte edilmektedir. Korozyona karşı alınan önlemler ise kısmen inhibitör kullanımı, PE, PVC, PPC, epoxy elyaf veya polyester, özel çelik borular, paslanmaz çelik veya titanyum plaka tip eşanjörlerin kullanımı olmaktadır.



Şekil 6.1 Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre doğrudan kullanım alanları (Kılış ve diğ., 1996)

6.1.1 Jeotermal Enerji' nin Dünya' da ve Türkiye' de Kullanımı

Dünyada ki önemli jeotermal sahalar dünya' nın jeolojik yapısına bağlı olarak genç tektonizma ve volkanizma kuşakları üzerinde yer alır. Bu kuşaklar;

And Volkanik kuşağı; Güney Amerika' nın batı sahillerinde bulunan bu kuşak Venezüella, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin' i kapsamaktadır. Bu kuşak çok sayıda aktif volkanizmanın gelişmesine yol açmıştır.

Alp Himalaya Kuşağı; Hindistan Platosu ile Avrasya Platosunun çarpışması sonucu oluşan bu kuşak Dünya' nın en büyük jeotermal kuşağıdır. 150 km. genişliğinde ve 3000 km. uzunluğunda olan bu kuşak İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Çin, Burma ve Tayland' ı kapsamaktadır.

Doğu Afrika Rift Sistemi; Aktif olan bu sistem Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya, Dibuti gibi ülkeleri içine alır.

Karayip Adaları; Bu adalarda aktif volkanizmanın hakim olduğu kuşakta önemli potansiyel görülmektedir.

Orta Amerika Volkanik Kuşağı; Guetemala, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panama' yı etkileyen bu kuşak aktif çok sayıda jeotermal sistemin oluşmasına yol açmıştır.

Bunların dışında; Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Doğu Çin, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelenda, İzlanda, Meksika, Kuzey ve Doğu Avrupa, Bağımsız Devletler Topluluğu gibi ülkelerin bulunduğu bölgelerde farklı tektonik oluşumlar nedeniyle verimli jeotermal sahalar bu kuşaklarda yerleşmişlerdir.

Bugün için jeotermal enerji Dünya' da enerji sektöründe % 0,2 ' lik bir kısmında yer almaktadır. Ancak bazı ülkelerde bu oran büyük ölçüde değişmektedir. Örneğin

Filipinler’ de jeotermal santraller toplam kapasitenin % 17’ sidir. Bu gün için Dünya’ da 6.275,3 MWe kurulu güçle elektrik üreten santraller vardır.

Jeotermal enerjinin diğer kullanım alanları ise, sıcaklık farklılıkları dolayısı ile oldukça farklıdır. Bunlar bitki ve balık yetiştirilmesi, hayvan çiftliklerinin, cadde ve havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri ve turistik tesislerde kullanılmaktadır. Bunların dışında yiyeceklerin kurutulması ve sterilizasyonunda, konservecilikte, ağaç kaplama sanayinde, kağıt ve dokuma endüstrisinde ağartma maddesi olarak, derilerin kurutulması ve işlenmesinde, şeker, ilaç, pastörize süt fabrikalarında, soğutma tesislerinde, ayrıca akışkanın içindeki kimyasal maddelerin eldesinde kullanılmaktadır. 40 °C’ den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkan, binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve de sıcak kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. Seraların ısıtılması ile turfanda sebzecilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmaktadır. Tropikal bitki (Japonya), balık (Filipinler, Çin, İzlanda) ve timsah yetiştiriciliği (Japonya’ da) yapıldığı bilinmektedir. Kimyasal madde üretiminde amonyum bikarbonat, amonyum sülfat, potasyum, klorür İtalya, Japonya, Filipinler, Meksika ve Amerika Birleşik Devletlerinde jeotermal akışkan içindeki CO₂’ den kuru buz elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Ülkemizin tektonik açıdan etkili bir zon üzerinde bulunması, jeolojik ve meteorolojik koşullarında uygun olması, ülkemize jeotermal enerji yönünden oldukça avantajlı bir konum sağlamaktadır. Türkiye jeotermal kaynaklar zenginliği açısından dünyanın ilk yedi ülkesi arasında yer almaktadır (Yıldız, 1998).

Türkiye’ de jeotermal enerji araştırmaları MTA tarafından 1962 yılında sıcak su kaynakları envanteri şeklinde başlamıştır. 1968 Yılında 204 °C sıcaklıklı Kızıldere jeotermal sahası bulunmuş ve ilk jeotermal elektrik üretimi MTA’ da imal edilerek kurulan 0,165 Mwe kapasiteli Denizli Kızıldere Jeotermal Pilot Santrali, Kızıldere-Savcılar ve Korutaş köylerine ücretsiz elektrik enerjisi sağlanmıştır. Şu anda Türkiye’ de jeotermal elektrik üretimi kurulu gücü 17 Mwe olan Kızıldere Jeotermal Santralin’ den gerçekleştirilmektedir. Yıllık enerji üretimi 70 milyon KWh kapasitededir. Ayrıca bu santrale entegre olarak yılda 40.000 ton CO₂ üretimi

gerçekleştirilmiştir.

6.1.2 Jeotermal Enerji' nin Aydın İlin' deki Kullanımı

Aydın İli Türkiye' deki en büyük jeotermal sahalara sahip bulunmaktadır. Bu sebeple Aydın İl merkezinden başlayarak 90 km boyunca 8 km enindeki bir alanda bölgedeki jeotermal enerjinin en rasyonel kullanımını hedefleyen Aydın Belediyesi' nin hazırlamış olduğu master planı bulunmaktadır. Aydın Entegre Mega Jeotermal Enerji Projesi kentsel ısıtma, soğutma, sera ısıtması, kültür balıkçılığı, elektrik üretimi, sanayi proses ısısı temini, kimyasal madde üretimi, kullanım sıcak su temini gibi ihtiyaçların karşılanması amaçlanmıştır. Proje dört bölümden oluşmaktadır.

I. Bölüm: Aydın Belediyesi sınırları içinde kalan alandaki uygulamaları konu almaktadır. Bu bölümde jeotermal saha olarak Aydın Belediye sınırları içinde bulunan Ilıcabaşı sahasının kullanılması öngörülmektedir. Bu bölümde Aydın kent merkezinde 25.000 konut bölgesel ısıtma, soğutma, yaz-kış sıcak su temini 150.000 m² organize sera bölgesi ve organize sanayi bölgesine enerji temini ile elektrik üretimi hedeflenmiştir.

II. Bölüm: Bu alanda Aydın Belediyesi dışında Ovaeymir, Çeştepe ve Tepecik beldeleri ile onbir adet köy yerleşimini içine alan ayrıca kentin batı-doğu gelişme hattında kalan iki büyük sera bölgesini kapsayan uygulamaları içermektedir. Bu bölümde de Ilıcabaşı jeotermal sahasının değerlendirilmesi öngörülmektedir.

III. Bölüm: Aydın' ın Batı Bölgesi; Aydın kentinden Ortaklar beldesine kadar olan 30 km uzunluğundaki bölgeyi kapsamaktadır. Bu bölge için Germencik Ömerbeyli jeotermal sahası değerlendirilecektir. Ayrıca ORMET tarafından elektrik enerjisi üretimi için santral kurulması projesi başlatılmıştır.

IV. Bölüm: Aydın' ın Doğu Bölgesi; Aydın kentinden Kuyucak ilçesine kadar 58 km uzunluğundaki alanı kapsamaktadır. Bu bölgedeki uygulamalar için Salavatlı jeotermal sahasının değerlendirilmesi öngörülmektedir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

İnceleme alanında Menderes Masifi metamorfik kayaları yer alır. Bunlar Paleozoik yaşlı gnays, şist, mermerler ve metakuvarsitlerdir. Bunları Neojen yaşlı kırıntılı tortullar uyumsuzlukla üstlerler. Alüvyon ve yamaç molozunu Kuvaterner yaşlı birimler oluşturmaktadır.

İnceleme alanında bulunan birimlerden metamorfik kayalar jeotermal alanlarının hazne kayalarını kırıntılı tortullar ise örtü kaya sistemini oluşturmaktadır.

İnceleme alanında sekiz sıcak su, iki soğuk su noktası olmak üzere toplam on su noktasından su örnekleri alınmıştır.

İnceleme alanında Ayter-1, Ayter-2, Sarısu, İmamköy kuzeyi kaynağı, İmamköy 1. kaynak, İmamköy 2. kaynak, Bozköy kaplıca kaynağı ve çamur kaynağı sıcak su noktalarını, Salavatlı çeşmesi ve Hıdırbeyli göleti soğuk su noktalarını oluşturmaktadır.

Alınan su örnekleri D.E.Ü. Müh. Fak. jeokimya laboratuvarında kimyasal analizleri yapılarak Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, Si, Li^+ ve B^{+++} miktarları (mg/l) ile Ec ve pH değerleri saptanmıştır.

İnceleme alanlarındaki jeotermal alanlar devirsel jeotermal sistem özelliğindedir. Meteorik sular fay hatları ve tektonik hatlar boyunca yeraltına süzülürler ve graben tektoğine bağlı olarak yüzeye yaklaşan magma tarafından ısıtılır ve ısınan sular tekrar tektonik hatlar boyunca yükselerek yeryüzüne ulaşır.

İnceleme alanındaki sıcak sulardan Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanının suları sodyum bikarbonat sülfat su tipinde, Aydın Sultanhisar Salavatlı jeotermal alanındaki su noktalarından sarısu kalsiyum bikarbonat sülfat, su tipinde, Aydın İmamköy jeotermal alanının sularından İmamköy kuzeyi kaynağı ile İmamköy 1. kaynak magnezyum kalsiyum bikarbonat sülfat, İmamköy 2. kaynağın suları sodyum kalsiyum magnezyum bikarbonat sülfat su tipinde, Aydın Germencik Ömerbeyli jeotermal alanının suları sodyum bikarbonat klorürlü su tipindedir. Soğuk su noktalarından Salavatlı çeşmesi magnezyum kalsiyum bikarbonat sülfat su tipinde, Hıdırbeyli göleti sodyum klorür magnezyum bikarbonat su tipindedir.

İnceleme alanındaki sıcak suların yüzey sıcaklıkları 30-65 °C arasında değişmektedir.

Jeotermometre bağıntıları ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları yüksek sıcaklıklar (150-250 °C) vermektedir. Germencik Ömerbeyli jeotermal alanında açılmış derin sondaj kuyularının sıcaklıkları (203-231 °C) hesaplanan hazne kaya sıcaklıklarını doğrulamaktadır.

Scholler sınıflamasına göre inceleme alanındaki sulardan Bozköy kaplıca kaynağı ile çamur kaynağı oligoklorürlü sular sınıfına girerler. Diğer su noktaları olağan klorürlü su sınıfına girerler.

İnceleme alanındaki sular sülfat derişimlerine göre Aydın Ilıcabaşı jeotermal alanındaki sular sülfatlı sular, Germencik Ömerbeyli jeotermal alanının ve İmamköy 2. kaynak oligosülfatlı sular sınıfına girerler. Diğer su noktalarının hepsi olağan sülfatlı su sınıfına girerler.

İnceleme alanındaki suların hepsi bikarbonat içermektedirler ve hiperkarbonatlı sular sınıfına girerler.

İnceleme alanındaki suların sertlikleri yüksektir.

İnceleme alanındaki su noktalarının kalsit, dolomit, jips doygunluğu ve CO₂ kısmi gaz basıncı ile endüstride kullanılma açısından irdelenmiştir.

İnceleme alanındaki tüm sıcak sular bikarbonatlıdır ve yüksek bor derişimine sahiptir. Germencik Hıdırbeyli göleti su noktasında da bor konsantrasyonunun yüksek olması bu bölgedeki sıcak suların derelere boşaldığını ve bu nedenle de bor kirliliğine neden olduğu saptanmıştır.

Jeotermal enerjiden, enerji sıkıntısı çekilen yurdumuzda başta Germencik Ömerbeyli ve Sultanhisar Salavatlı jeotermal sahalarından elektrik enerjisi üretimi ile yararlanılmalı, Aydın Ilıcabaşı ve İmamköy jeotermal sahalarından da seralarda, şehir ısıtmacılığında, sıcak su temininde ve modern sağlık tesisleri ile yararlanılmalıdır.

İnceleme alanında görülen bor kirliliğinin önlenmesi için ileride açılacak olan sondajlarda reenjeksiyon planlaması yapılması gerekmektedir.

BÖLÜM 8

KAYNAKÇA

- Arnorsson, S. (1978). Aquifer Chemistry of Four High Temperature Geothermal System in Iceland. Geochimica et Cosmochimica Acta, 42, 523-536.
- Aydın, G., Seferoğlu, S. (1999). Aydın Yöresinde Kullanılan Bazı Sulama Sularının Bor Konsantrasyonlarının Bitki Beslenmesi ve Toprak Kirliliği Açısından İncelenmesi. A.D.Ü. Proje No:Togtag-1767, Aydın.
- Aksoy, N. (1997). Kızıldere (Denizli) Jeotermal Enerji Sahasının Reenjeksiyon Olanakları. D.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir (Yayınlanmamış).
- Canik, B. (1998). Hidrojeoloji. A.Ü. Fen Fak. Ankara, 232-237, 244-251.
- Çakmak, H., (1988). Ömerbeyli (Aydın-Germencik) Köyü Çevresinin Hidrojeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları. D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl. Bitirme Projesi, İzmir (Yayınlanmamış).
- D.S.İ., (2000). Yer altı Suları Daire Başkanlığı. Sözlü Görüşme.
- Erişen, B., Akkuş, İ., Uygur, N & Koçak, A.(1996). Türkiye Jeotermal Envanteri, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara. 64-86.
- Filiz, Ş., (1982). Ege Bölgesindeki Önemli Jeotermal Alanların O^{18} , H^2 , H^3 , C^{13} İzotoplarıyla İncelenmesi. Doçentlik Tezi. E.Ü.Y.B.F. (Yayınlanmamış)

Filiz, Ş., Tarcan, G., ve Irmak, U., (1994). Gediz Havzası Yeraltı Sularındaki Bor Kirlenmesi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Ankara, Sayı:9, 483-491.

Filiz, Ş., Tarcan, G. Ve Gemici, Ü. (1998). Çevre Jeolojisi ve Yeraltı Suyu Kimyası Dersleri Aydın-Denizli-Alaşehir-Salihli Jeotermal Alanları Teknik Gezi Klavuzu. D.E.Ü., Jeoloji Müh. Böl., İzmir. 15.

Filiz, Ş., Tarcan, G. ve Gemici, Ü. (1999). Germencik (Aydın) Jeotermal Alanlarının Hidrojeokimyasal Açidan İncelenmesi. D.E.Ü., Müh. Fak. Fen ve Mühendislik Dergisi., Cilt:1, Sayı: 1, 41-64. İzmir.

Fournier, R.O., Truesdell, A.H. (1973). An Empirical Na-K-Ca Geothermometer for Natural Waters. Geochim. et Cosmochim. Acta, vol.37 pp.1255-1275.

Fournier, R.O., Potter, R.W.(1979). Magnesium Correction to the Na-K-Ca Chemical Geothermometer. Geochim. et Cosmochim. Acta, vol.43 pp. 1543-1550.

Fournier, R.O., Potter, R.W. (1982). A Revised and Expanded Silice (Quartz) Geothermometer. Geothermal Research Concil Bull. v.11, p 3-9.

Gökgöz, A., (1984). Aydın ve Yakın Çevresinin Hidrojeolojisi. D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl. Bitirme Projesi, İzmir (Yayınlanmamış).

Güneş, C., (2000). Kütahya Gediz Abide ve Murat Dağı Jeotermal Alanlarının Jeolojik Hidrojeolojik İncelenmesi Sıcak ve Soğuk Suların Jeokimyasal Yorumlanması. D.E.Ü. Jeoloji Müh. Böl. Staj Raporu, İzmir.10-11, (Yayınlanmamış).

İ.Ü.T.F. (1975). Türkiye Maden Suları. İstanbul. 4-11, 32-35.

- Khayat, J. R. (1988). Germencik-Kızılcapınar (Aydın) ve Çevresinin Hidrojeolojik İncelenmesi, Sıcak ve Soğuk Suların Jeokimyasal Yorumlanması. D.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir (Yayınlanmamış).
- Karamandere, İ.H., (1997). Geology And Hydrothermal Alteration Processes In The Salavatlı Aydın Geothermal Field. Doktora Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü., İzmir.
- Kılıç, B., Doğan, A.M., Dokuz, İ., Harmanlı, a., & Karagül, N.İ., (1996). Aydın Entegre Mega Jeotermal Enerji Projesi. T.C. Aydın Belediyesi Jeotermal Bölge Isıtma Soğutma Elektrik Üretimi Organize Pilot Sera ve Sanayi Uygulamaları Fizibilite Master Etüdü. Cilt :1-2-3. Aydın.
- Oruç, N., (1994). Büyük Menderes Havzası' da Jeotermal Enerji Üretimi ve Bor Kirliliği. Pamukkale Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl. Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu' 94. Denizli, 350-358 say.
- Şahinci, A. (1991). Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri. D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Yayınları, İzmir, 83-131.
- Şahinci, A., (1991). Doğal Suların Jeokimyası. D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Yayınları, İzmir, 175-244
- Şimşek, Ş., Doğdu, S.M., Akan, B.,& Yıldırım, N., (2000). Chemical And Isotopic Survey Of Geothermal Reservoirs In Western Anatolia, Turkey. Proceeding Word Geothermal Congress. Ankara.1765-1170.
- Tarcan, G., (1989). Urla-İçmeler (İzmir) ve Çevresinin Jeolojik ve Hidrojeolojik İncelenmesi, Yeraltı Sularının Jeokimyasal Yorumlanması. Yüksek Lisans Tezi D.E.Ü. Fen Bilimleri Enst., İzmir, 16-19., (Yayınlanmamış).
- Tıkkır, D., (2000). Aydın Belediyesi Çevre Müdürü, Sözlü Görüşme.

Uyar, M., Sert, M.E., Alyörük, Z., Avşar, B., Özçakan, B.H., & Ceylan, H., (1998).

Aydın İli Çevre Durum Raporu. T.C.Çevre Bakanlığı Aydın Valiliği İl Çevre
Müdürlüğü. Aydın.

Yıldız, İ., (1998). Jeotermal Su Kaynaklarının Türk Tarımında Kullanım Olanakları.

A.D.Ü. Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Aydın,63-69 Say.



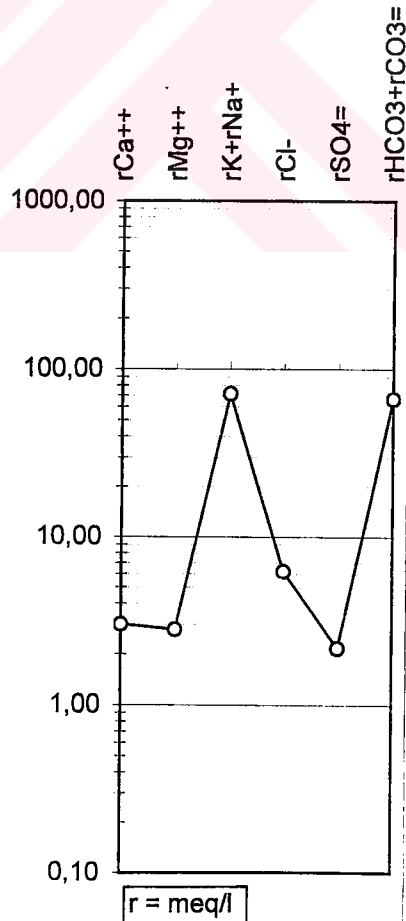
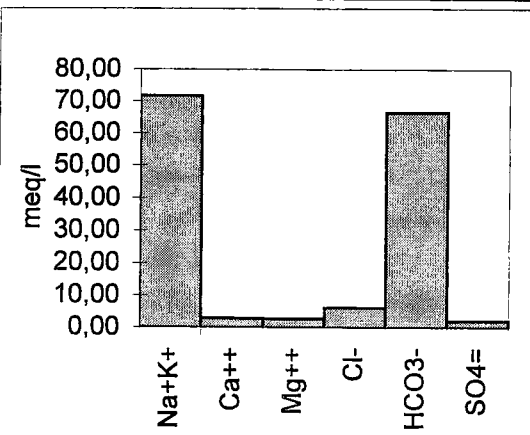
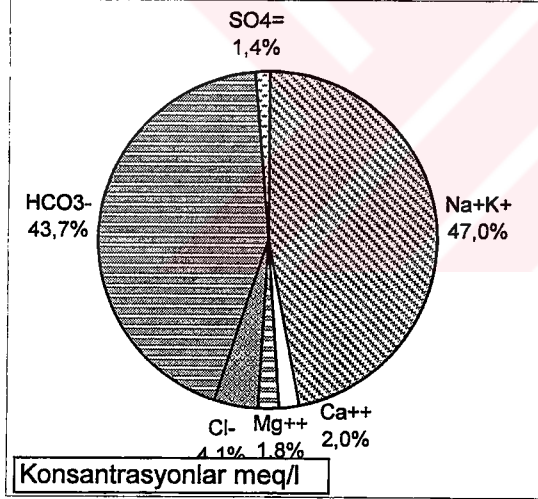
EK-1

**AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARINDA
AÇILAN SONDAJLARIN KİMYASAL
ANALİZLERİ**

(Erişen ve diğ., 1996)

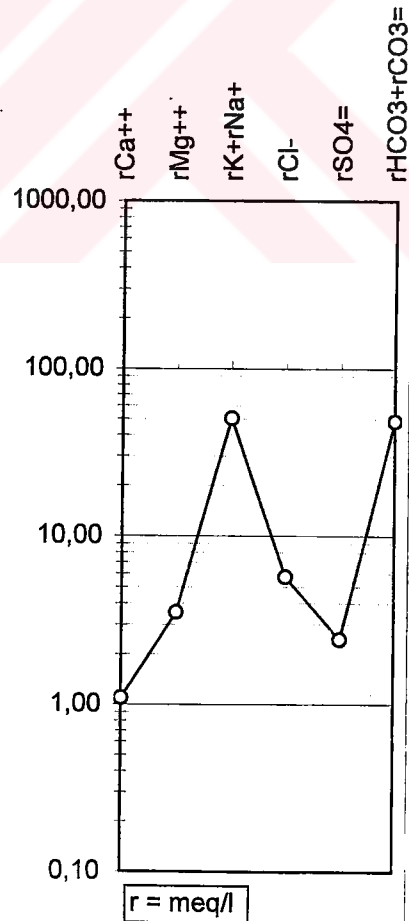
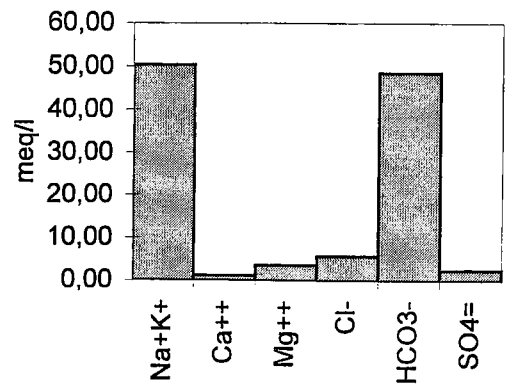
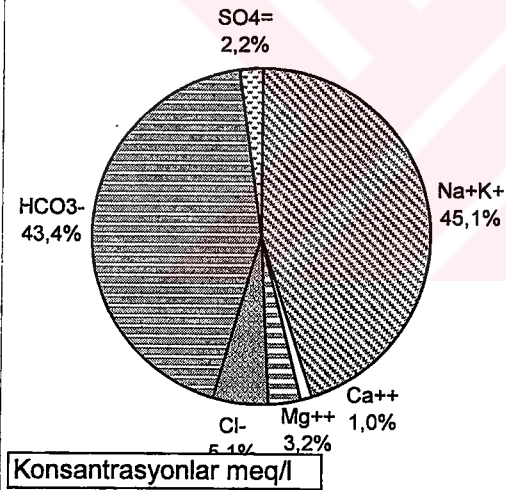
EK

Örnek Adı: Ayter-1				°C :	65-77,5	pH(-logH)		8,07
Örnekleme Tarihi : 18.10.1988				Lab. :		EC(μmho/cm)		6000
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1560	67,86	87,74	86,8	0,06786	0,0339	0,75	0,0512
K ⁺	144	3,69	4,77	8,0	0,00369	0,0018	0,74	0,0027
Ca ⁺⁺	60	2,99	3,87	3,3	0,00150	0,0030	0,37	0,0006
Mg ⁺⁺	34	2,80	3,62	1,9	0,00140	0,0028	0,41	0,0006
Cl ⁻	220	6,20	8,28	5,0	0,00620	0,0031	0,74	0,0046
HCO3 ⁻	4058	66,52	88,83	92,6	0,06652	0,0333	0,75	0,0502
SO4 ⁼	104	2,17	2,89	2,4	0,00108	0,0022	0,32	0,0004
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				77,338	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		1798,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				74,892	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		4382,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				152,230	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		6180,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,080	% e (Hata Yüzdesi)		1,61	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				39,880	Sertlik (Fr)		28,95	
rCl / (rSO4+rHCO3) Oranı				0,090	rCa/rMg Oranı		1,07	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1,616	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-2,11	
SId (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1,725	LogPCO2(CO2) Kısmi Basıncı		-1,51	
Fo (Köpürme Katsayısı)				4495,0	SiO2 (mg / l)		64,00	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO3					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		45,00	



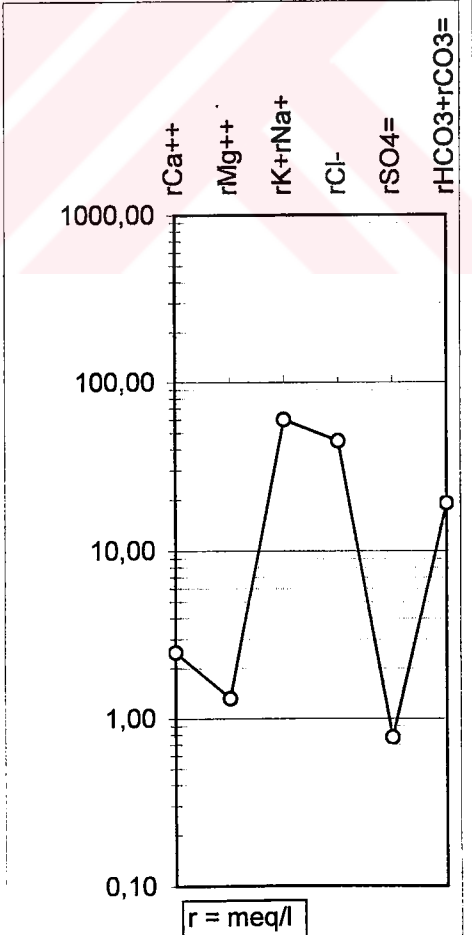
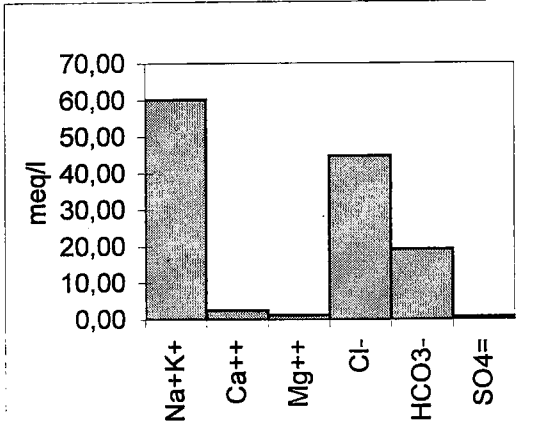
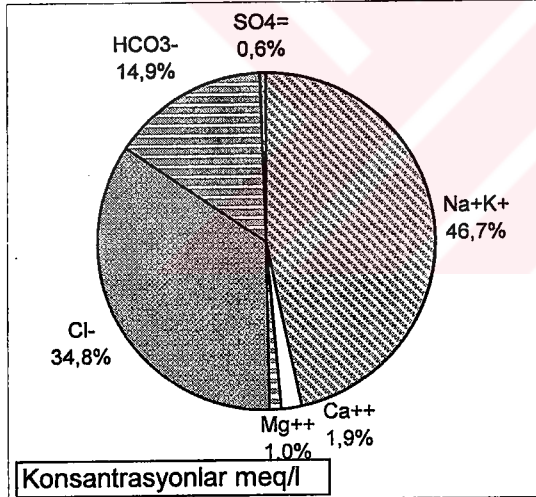
EK

Örnek Adı: Ayter-2			°C :		80	pH(-logH)		8,2
Örnekleme Tarihi : 05.12.1989			Lab. :			EC(µmho/cm)		3700
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1080	46,98	85,58	84,8	0,04698	0,0235	0,78	0,0365
K ⁺	128	3,28	5,98	10,1	0,00328	0,0016	0,76	0,0025
Ca ⁺⁺	22	1,10	2,00	1,7	0,00055	0,0011	0,41	0,0002
Mg ⁺⁺	43	3,54	6,44	3,4	0,00177	0,0035	0,45	0,0008
Cl ⁻	203	5,72	10,12	6,2	0,00572	0,0029	0,76	0,0044
HCO ₃ ⁻	2952	48,39	85,57	90,2	0,04839	0,0242	0,78	0,0376
SO ₄ ⁼	117	2,44	4,31	3,6	0,00122	0,0024	0,36	0,0004
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)			54,893		Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		1273,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)			56,553		Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		3272,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)			111,446		Toplam İyon Miktarı (mg/l)		4545,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)			0,059		% e (Hata Yüzdesi)		-1,49	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)			30,862		Sertlik (Fr)		23,17	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı			0,113		rCa/rMg Oranı		0,31	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)			1,225		SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-2,40	
SIId (Dolomit Doygunluk İndeksi)			1,599		LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-1,76	
Fo (Köpürme Katsayısı)			3168,6		SiO ₂ (mg / l)		75,00	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO ₃			B ⁺⁺⁺ (mg / l)				39,00	



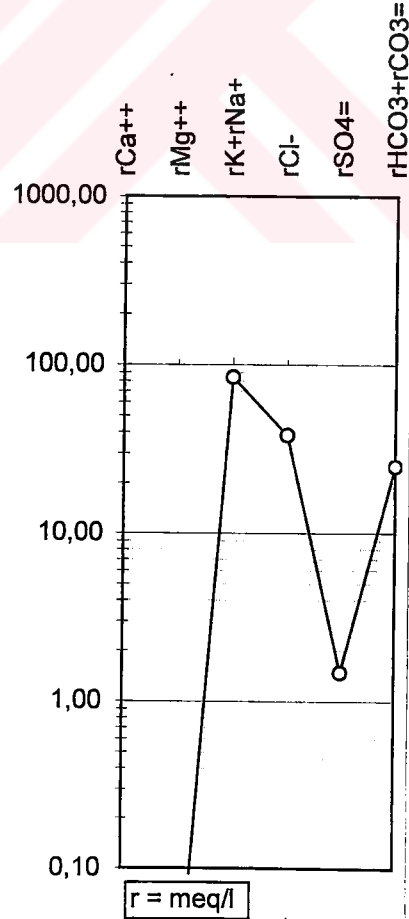
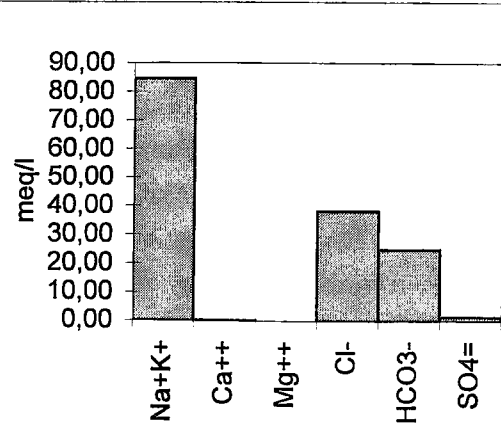
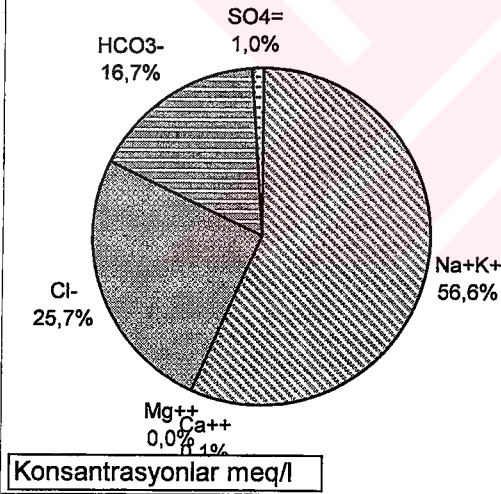
EK

Örnek Adı: ÖB-1				°C :	203	pH(-logH)		0
Örnekleme Tarihi : 03.11.1982				Lab. :		EC(μmho/cm)		0
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1355	58,94	92,23	92,4	0,05894	0,0295	0,77	0,0453
K ⁺	45	1,15	1,81	3,1	0,00115	0,0006	0,75	0,0009
Ca ⁺⁺	50	2,50	3,90	3,4	0,00125	0,0025	0,39	0,0005
Mg ⁺⁺	16	1,32	2,06	1,1	0,00066	0,0013	0,43	0,0003
Cl ⁻	1586	44,70	69,11	56,7	0,04470	0,0224	0,75	0,0337
HCO3 ⁻	1172	19,21	29,70	41,9	0,01921	0,0096	0,77	0,0148
SO4 ⁼	37	0,77	1,19	1,3	0,00039	0,0008	0,35	0,0001
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				63,903	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			1466,0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				64,686	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			2795,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				128,590	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			4261,0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,067	% e (Hata Yüzdesi)			-0,61
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				42,698	Sertlik (Fr)			19,05
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				2,237	rCa/rMg Oranı			1,90
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-7,039	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)			-2,58
SId (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-7,057	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			6,03
Fo (Köpürme Katsayısı)				3744,2	SiO ₂ (mg / l)			140,00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Cl-HCO3					B ⁺⁺⁺ (mg / l)			45,00



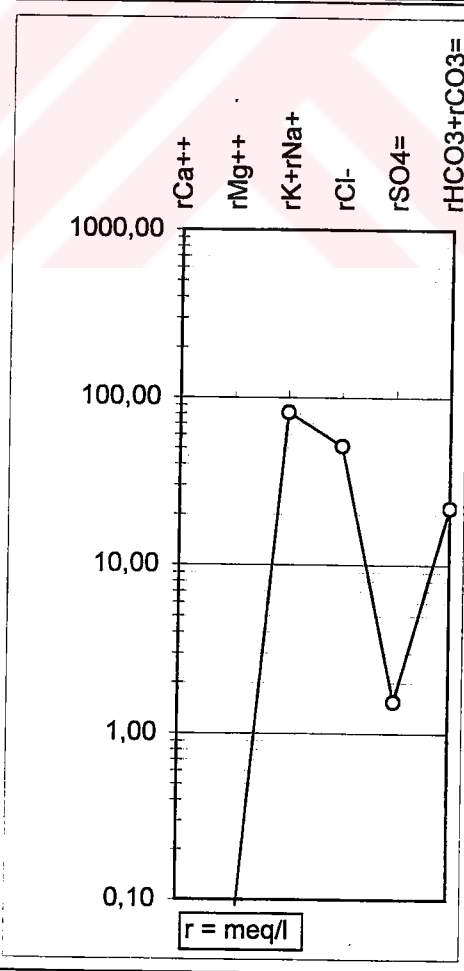
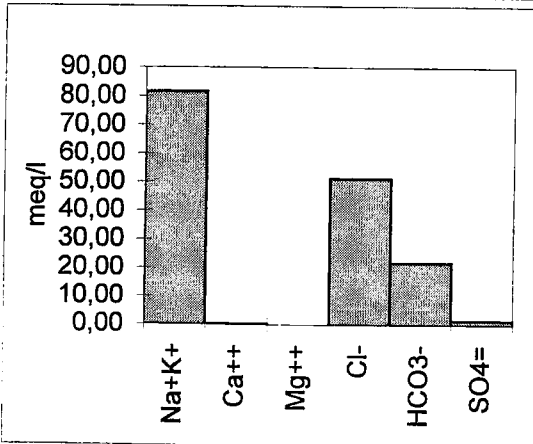
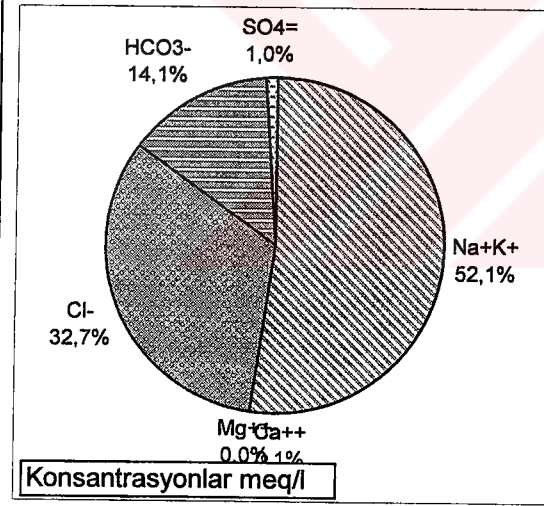
EK

Örnek Adı: ÖB-2					°C :	231	pH(-logH)		9
Örnekleme Tarihi : 07.06.1983					Lab. :	EC(µmho/cm)			7200
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	1830	79,60	94,16	90,6	0,07960	0,0398	0,76	0,0604	
K ⁺	189	4,85	5,73	9,4	0,00485	0,0024	0,74	0,0036	
Ca ⁺⁺	2	0,08	0,09	0,1	0,00004	0,0001	0,38	0,0000	
Mg ⁺⁺	0	0,01	0,01	0,0	0,00000	0,0000	0,42	0,0000	
Cl ⁻	1359	38,30	59,13	46,0	0,03830	0,0192	0,74	0,0285	
HCO3 ⁻	1525	25,00	38,59	51,6	0,02500	0,0125	0,76	0,0190	
SO4 ⁼	71	1,48	2,28	2,4	0,00074	0,0015	0,33	0,0002	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)					84,534	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			2020,7
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)					64,784	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			2955,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)					149,318	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			4975,7
İyonlaşma Gücü (mol/l)					0,075	% e (Hata Yüzdesi)			13,23
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)					379,339	Sertlik (Fr)			0,44
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı					1,447	rCa/rMg Oranı			9,71
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)					0,558	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)			-3,83
SIđ(Dolomit Doygunluk İndeksi)					0,187	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-2,86
Fo (Köpürme Katsayısı)					5313,2	SiO ₂ (mg / l)			160,00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Cl-HCO3					B ⁺⁺⁺ (mg / l)			71,00	



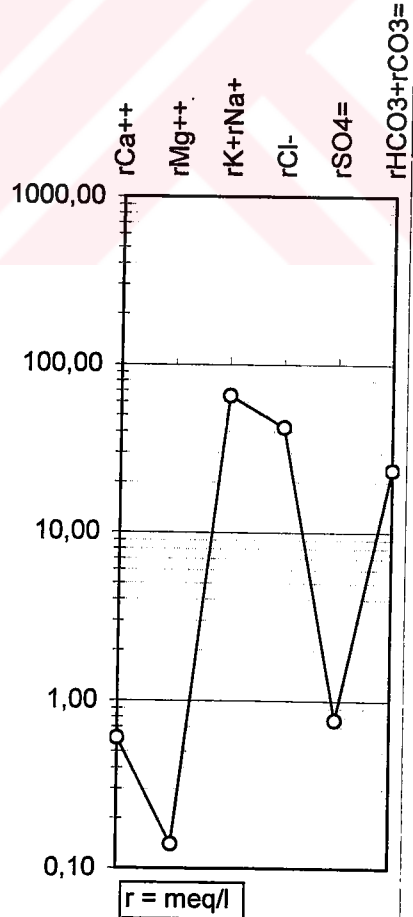
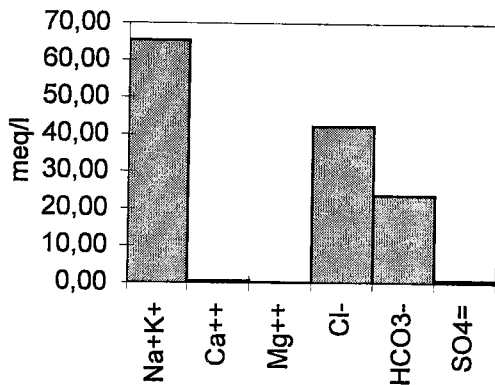
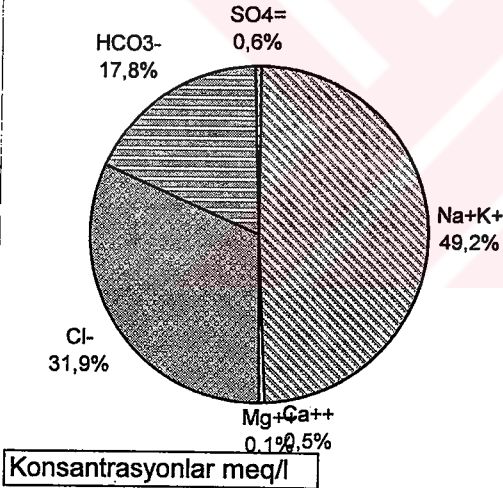
EK

Örnek Adı: ÖB-3				°C :	230	pH(-logH)		8,78
Örnekleme Tarihi : 26.07.1984				Lab. :		EC(µmho/cm)		7100
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1775	77,21	94,52	91,2	0,07721	0,0386	0,76	0,0583
K ⁺	170	4,36	5,34	8,7	0,00436	0,0022	0,74	0,0032
Ca ⁺⁺	2	0,08	0,10	0,1	0,00004	0,0001	0,37	0,0000
Mg ⁺⁺	1	0,04	0,05	0,0	0,00002	0,0000	0,42	0,0000
Cl ⁻	1818	51,24	68,52	56,2	0,05124	0,0256	0,74	0,0379
HCO ₃ ⁻	1342	22,00	29,42	41,5	0,02200	0,0110	0,76	0,0166
SO ₄ ⁼	74	1,54	2,06	2,3	0,00077	0,0015	0,33	0,0003
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				81,687	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		1947,1	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				74,783	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		3234,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				156,471	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		5181,1	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,079	% e (Hata Yüzdesi)		4,41	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				313,947	Sertlik (Fr)		0,60	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				2,177	rCa/rMg Oranı		1,94	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,274	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-3,83	
SI _d (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,253	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı)		-2,70	
Fo (Köpürme Katsayısı)				5126,9	SiO ₂ (mg / l)		55,00	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Cl-HCO ₃					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		68,00	



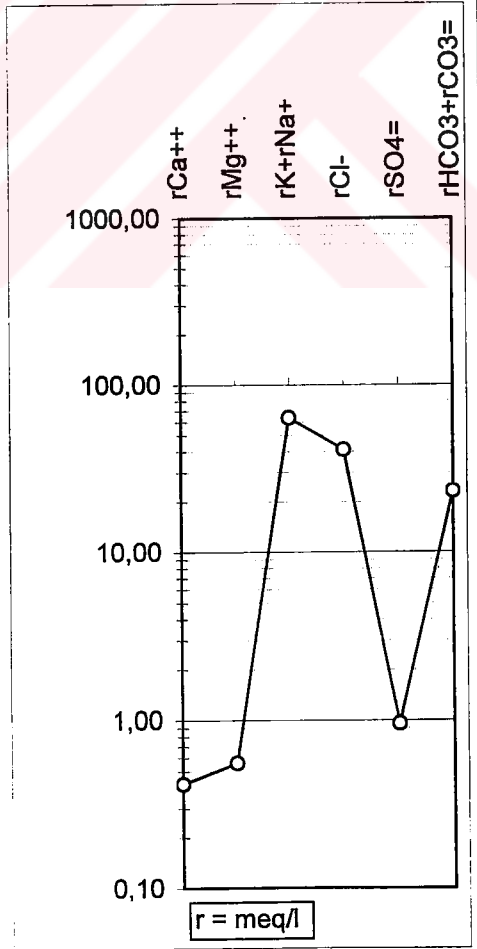
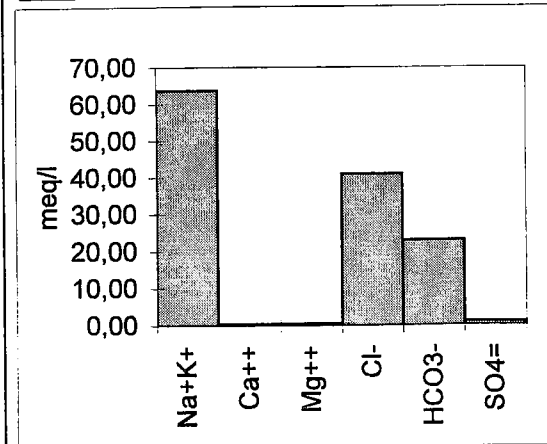
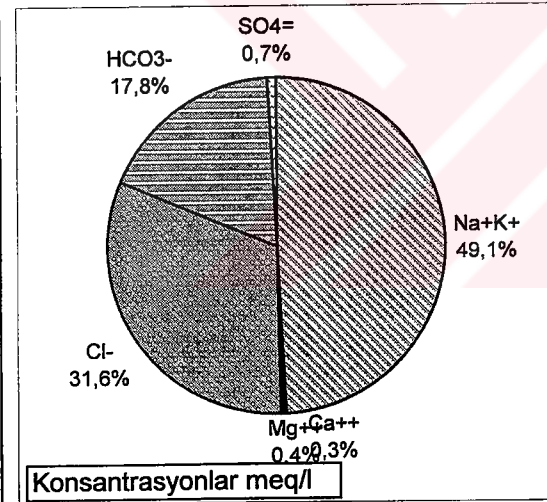
EK

Örnek Adı: ÖB-4					°C :	213	pH(-logH)		7,71
Örnekleme Tarihi : 26.07.1984					Lab. :	EC(μmho/cm)			5400
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	1420	61,77	93,63	90,5	0,06177	0,0309	0,77	0,0474	
K ⁺	135	3,46	5,25	8,6	0,00346	0,0017	0,75	0,0026	
Ca ⁺⁺	12	0,60	0,91	0,8	0,00030	0,0006	0,39	0,0001	
Mg ⁺⁺	2	0,14	0,21	0,1	0,00007	0,0001	0,43	0,0000	
Cl ⁻	1500	42,28	63,43	50,4	0,04228	0,0211	0,75	0,0319	
HCO3 ⁻	1440	23,61	35,42	48,4	0,02361	0,0118	0,77	0,0181	
SO4 ⁼	37	0,77	1,16	1,2	0,00039	0,0008	0,35	0,0001	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				65,966	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				1568,7
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				66,656	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				2977,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				132,622	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				4545,7
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,067	% e (Hata Yüzdesi)				-0,52
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				101,638	Sertlik (Fr)				3,69
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				1,734	rCa/rMg Oranı				4,28
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,139	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-3,20
SId (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0,056	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı				-1,59
Fo (Köpürme Katsayısı)				4099,5	SiO ₂ (mg / l)				53,00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Cl-HCO ₃					B ⁺⁺⁺ (mg / l)				55,00



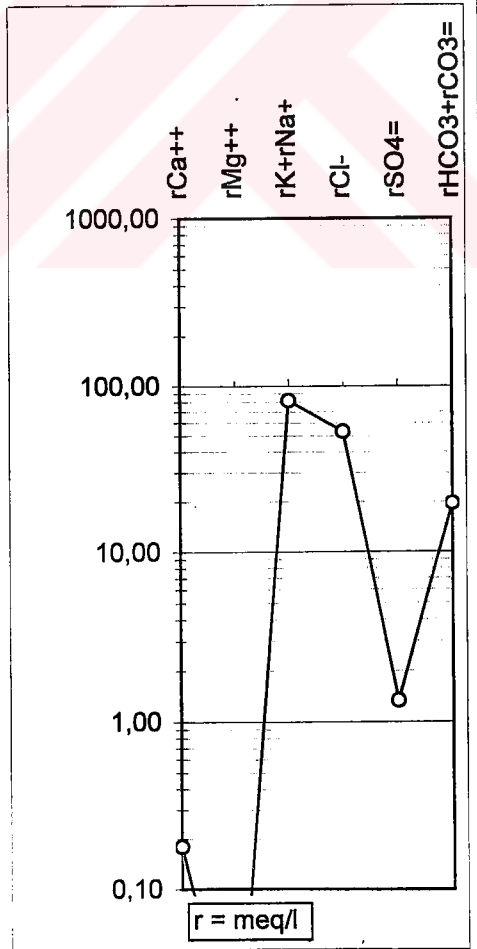
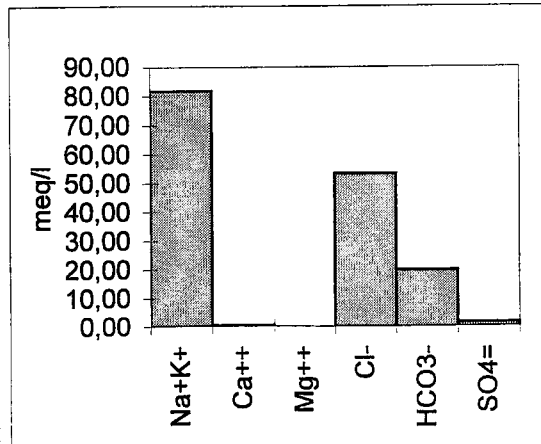
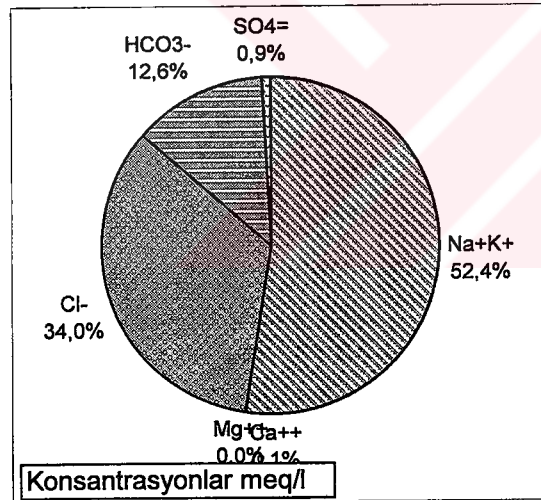
EK

Örnek Adı: ÖB-5			°C :		221	pH(-logH)		8,43
Örnekleme Tarihi : 08.01.1984			Lab. :			EC(µmho/cm)		3000
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1387	60,33	93,40	90,6	0,06033	0,0302	0,77	0,0464
K ⁺	128	3,28	5,08	8,4	0,00328	0,0016	0,76	0,0025
Ca ⁺⁺	8	0,42	0,65	0,5	0,00021	0,0004	0,40	0,0001
Mg ⁺⁺	7	0,56	0,87	0,4	0,00028	0,0006	0,43	0,0001
Cl ⁻	1454	40,98	63,01	50,0	0,04098	0,0205	0,76	0,0310
HCO ₃ ⁻	1409	23,10	35,51	48,4	0,02310	0,0115	0,77	0,0178
SO ₄ ⁼	46	0,96	1,47	1,6	0,00048	0,0010	0,35	0,0002
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				64,591	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				65,039	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				129,630	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,066	% e (Hata Yüzdesi)			
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				86,258	Sertlik (Fr)			
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				1,704	rCa/rMg Oranı			
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,698	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)			
SID (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,881	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			
Fo (Köpürme Katsayısı)				3996,5	SiO ₂ (mg / l)			
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Cl-HCO ₃					B ⁺⁺⁺ (mg / l)			



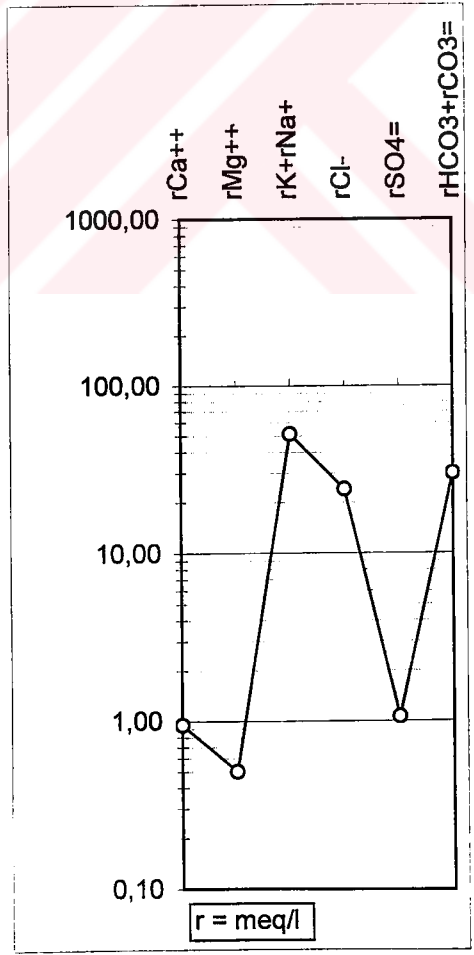
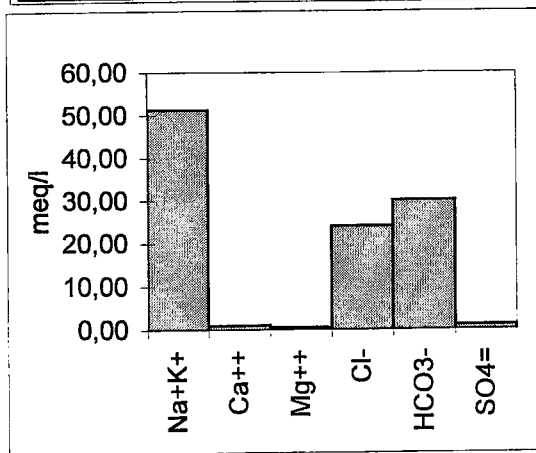
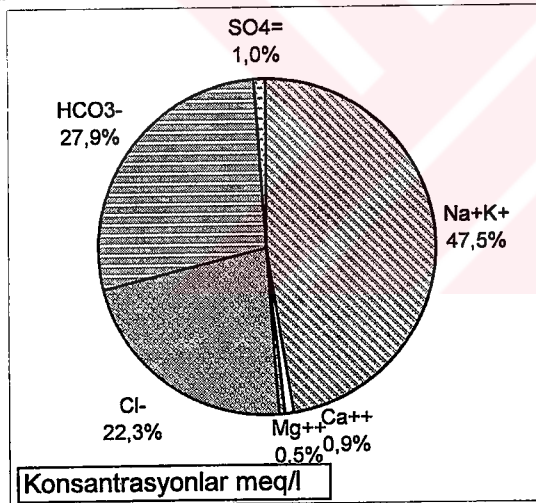
EK

Örnek Adı: ÖB-6				°C :	221	pH(-logH)		8,7
Örnekleme Tarihi : 05.03.1985				Lab. :		EC(μmho/cm)		6200
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1775	77,21	94,14	90,6	0,07721	0,0386	0,76	0,0583
K ⁺	180	4,62	5,63	9,2	0,00462	0,0023	0,74	0,0034
Ca ⁺⁺	4	0,18	0,22	0,2	0,00009	0,0002	0,37	0,0000
Mg ⁺⁺	0	0,01	0,01	0,0	0,00000	0,0000	0,42	0,0000
Cl ⁻	1882	53,05	71,60	59,8	0,05305	0,0265	0,74	0,0393
HCO3 ⁻	1202	19,70	26,60	38,2	0,01970	0,0099	0,76	0,0149
SO4 ⁼	64	1,33	1,80	2,0	0,00067	0,0013	0,33	0,0002
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				82,011	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		1958,7	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				74,084	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		3148,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				156,094	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		5106,7	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,079	% e (Hata Yüzdesi)		5,08	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				251,914	Sertlik (Fr)		0,94	
rCl / (rSO4+rHCO3) Oranı				2,521	rCa/rMg Oranı		21,84	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,499	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-3,54	
SId (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0,047	LogPCO2(CO2) Kısmi Basıncı		-2,67	
Fo (Köpürme Katsayısı)				5146,9	SiO2 (mg / l)		41,00	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Cl-HCO3					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		74,00	



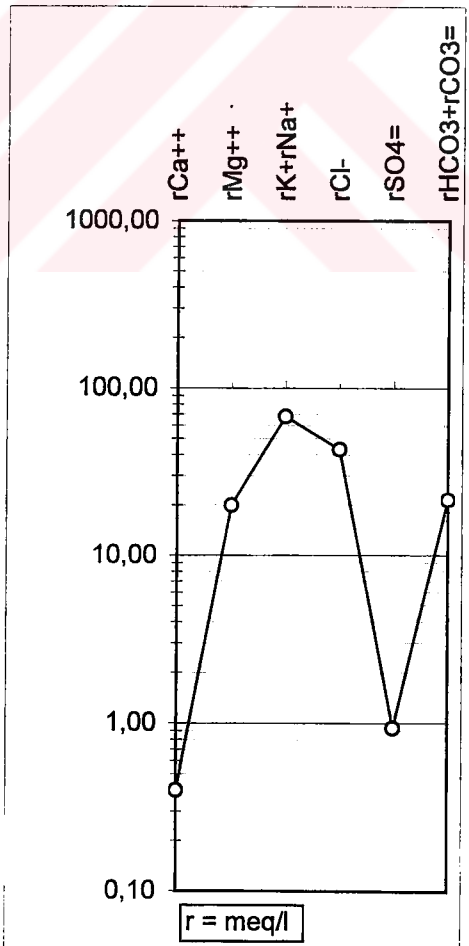
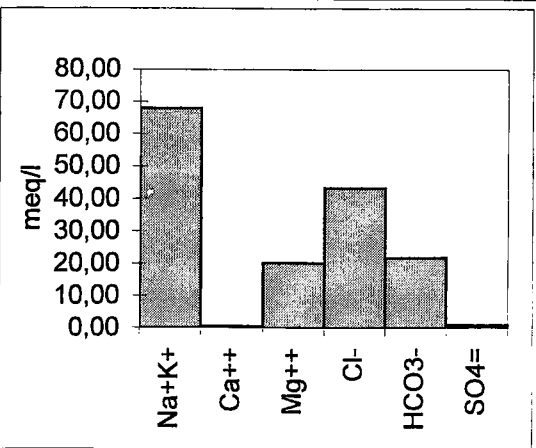
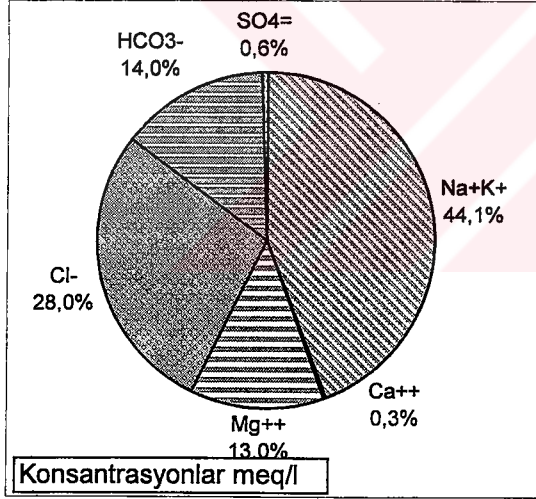
EK

Örnek Adı: ÖB-7				°C :	203	pH(-logH)		7,53
Örnekleme Tarihi : 14.04.1988				Lab. :		EC(μmho/cm)		4200
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1100	47,85	90,82	87,5	0,04785	0,0239	0,78	0,0374
K ⁺	132	3,38	6,42	10,5	0,00338	0,0017	0,77	0,0026
Ca ⁺⁺	19	0,95	1,80	1,5	0,00047	0,0009	0,42	0,0002
Mg ⁺⁺	6	0,50	0,95	0,5	0,00025	0,0005	0,45	0,0001
Cl ⁻	855	24,10	43,60	31,2	0,02410	0,0120	0,77	0,0186
HCO3 ⁻	1837	30,11	54,48	67,0	0,03011	0,0151	0,78	0,0236
SO4 ⁼	51	1,06	1,92	1,9	0,00053	0,0011	0,37	0,0002
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				52,681	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			1257,1
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				55,276	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			2743,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				107,957	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			4000,1
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,055	% e (Hata Yüzdesi)			-2,40
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				56,198	Sertlik (Fr)			7,25
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,773	rCa/rMg Oranı			1,89
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,298	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)			-2,81
SIđ (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,278	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-1,30
Fo (Köpürme Katsayısı)				3230,5	SiO ₂ (mg / l)			214,00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO3-Cl					B ⁺⁺⁺ (mg / l)			56,00



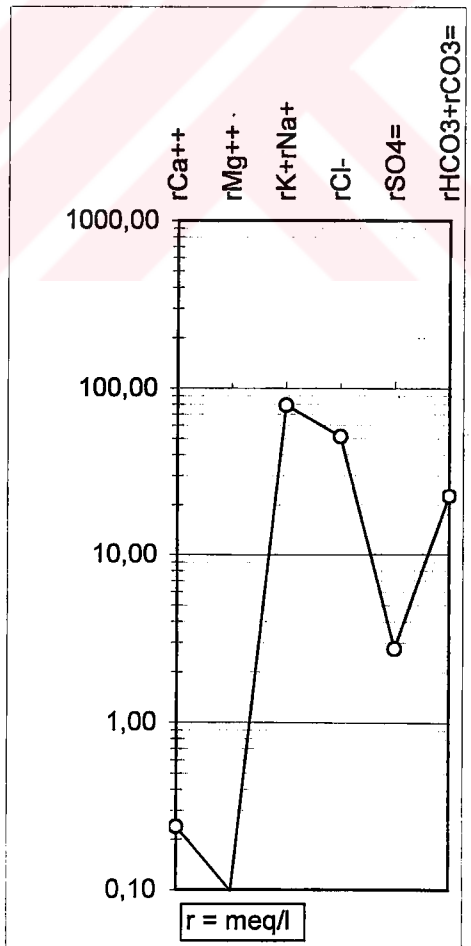
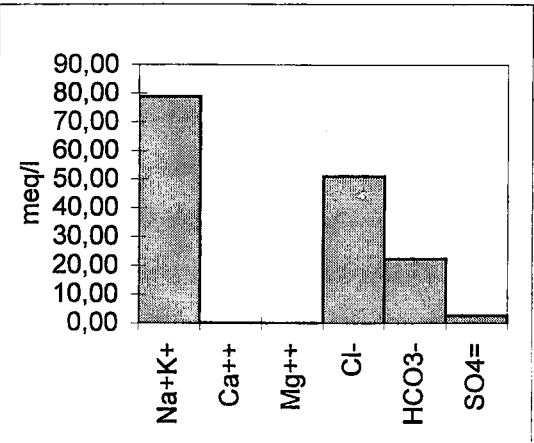
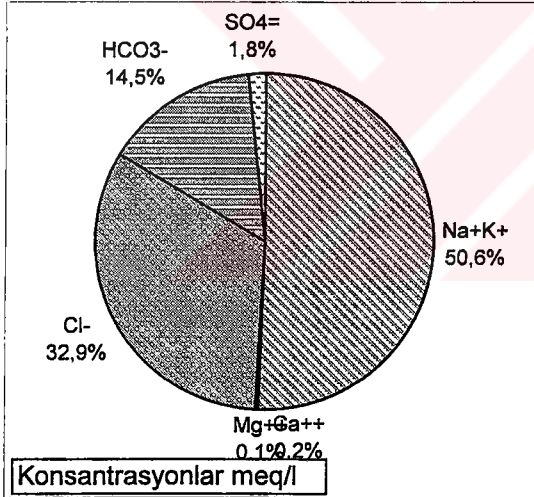
EK

Örnek Adı: ÖB-8				°C :	219,87	pH(-logH)		8,87
Örnekleme Tarihi : 22.07.1986				Lab. :		EC(μmho/cm)		6600
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1550	67,42	76,45	85,4	0,06742	0,0337	0,75	0,0504
K ⁺	15	0,38	0,44	0,8	0,00038	0,0002	0,73	0,0003
Ca ⁺⁺	8	0,40	0,45	0,4	0,00020	0,0004	0,36	0,0001
Mg ⁺⁺	243	19,98	22,66	13,4	0,00999	0,0200	0,41	0,0040
Cl ⁻	1528	43,07	65,66	52,9	0,04307	0,0215	0,73	0,0315
HCO3 ⁻	1317	21,59	32,91	45,6	0,02159	0,0108	0,75	0,0161
SO4 ⁼	45	0,94	1,43	1,6	0,00047	0,0009	0,31	0,0001
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				88,188	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		1816,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				65,595	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		2890,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				153,783	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		4706,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,088	% e (Hata Yüzdesi)		14,69	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				21,119	Sertlik (Fr)		101,91	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				1,912	rCa/rMg Oranı		0,02	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1,036	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-3,38	
SId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				2,011	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-2,80	
Fo (Köpürme Katsayısı)				4210,1	SiO ₂ (mg / l)		286,00	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Mg-Cl-HCO3					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		-	



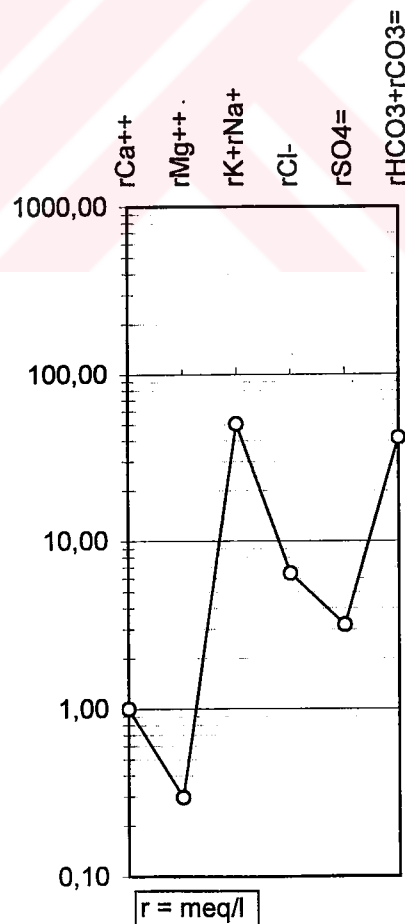
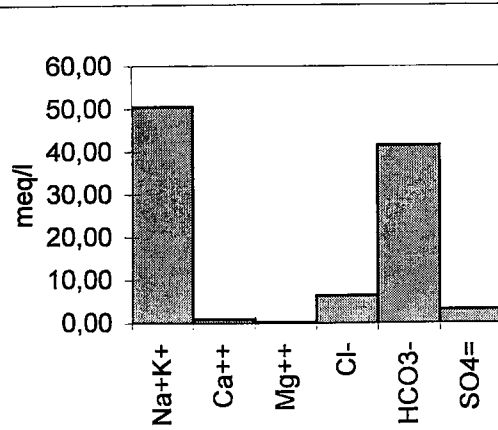
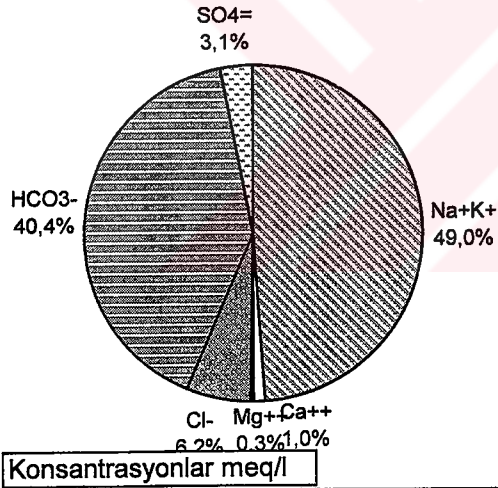
EK

Örnek Adı: ÖB-9				°C :	223,8	pH(-logH)		8,6
Örnekleme Tarihi : 12.05.1987				Lab. :		EC(μmho/cm)		6500
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1750	76,12	96,17	94,0	0,07612	0,0381	0,76	0,0575
K ⁺	105	2,69	3,40	5,6	0,00269	0,0013	0,74	0,0020
Ca ⁺⁺	5	0,24	0,30	0,3	0,00012	0,0002	0,37	0,0000
Mg ⁺⁺	1	0,10	0,12	0,1	0,00005	0,0001	0,42	0,0000
Cl ⁻	1819	51,27	66,93	54,7	0,05127	0,0256	0,74	0,0379
HCO3 ⁻	1376	22,56	29,45	41,3	0,02256	0,0113	0,76	0,0170
SO4 ⁼	133	2,77	3,62	4,0	0,00139	0,0028	0,33	0,0005
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				79,151	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		1861,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				76,598	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		3328,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				155,749	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		5189,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,079	% e (Hata Yüzdesi)		1,64	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				185,107	Sertlik (Fr)		1,69	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				2,024	rCa/rMg Oranı		2,43	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,581	SIj(Jips Doygunluk İndeksi)		-3,10	
SId(Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,512	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-2,51	
Fo (Köpürme Katsayısı)				4929,4	SiO ₂ (mg / l)		286,00	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-Cl-HCO3					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		68,00	



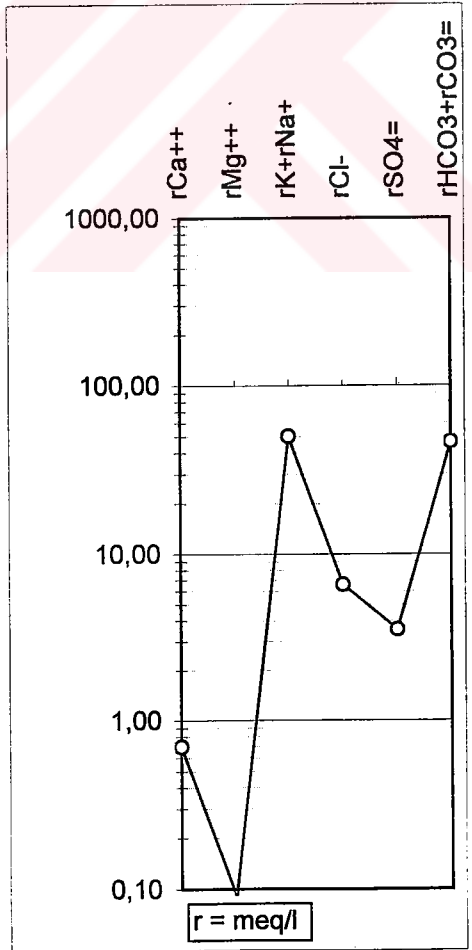
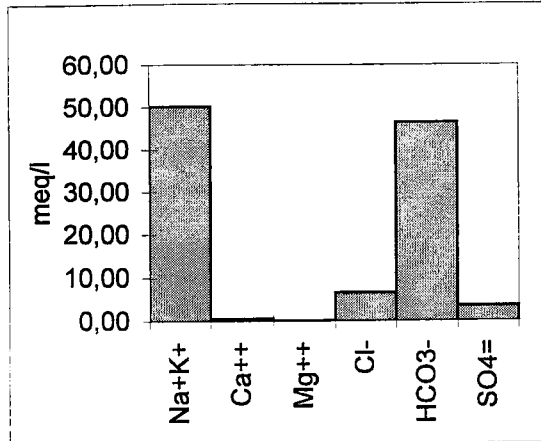
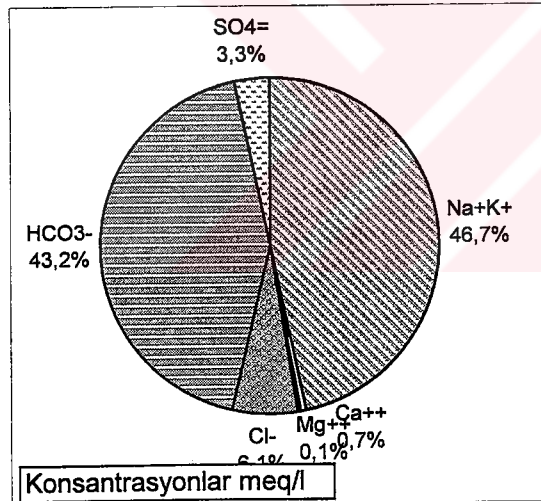
EK

Örnek Adı: AS-1				°C :	162	pH(-logH)		7,1
Örnekleme Tarihi : 24.09.1987				Lab. :		EC(µmho/cm)		3400
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1100	47,85	92,54	89,9	0,04785	0,0239	0,78	0,0375
K ⁺	100	2,56	4,96	8,2	0,00256	0,0013	0,77	0,0020
Ca ⁺⁺	20	1,00	1,93	1,6	0,00050	0,0010	0,42	0,0002
Mg ⁺⁺	4	0,30	0,57	0,3	0,00015	0,0003	0,46	0,0001
Cl ⁻	228	6,43	12,54	7,8	0,00643	0,0032	0,77	0,0050
HCO3 ⁻	2540	41,64	81,24	87,0	0,04164	0,0208	0,78	0,0327
SO4 ⁼	153	3,19	6,22	5,2	0,00159	0,0032	0,38	0,0006
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				51,705	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			1223,6
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				51,253	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			2921,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				102,958	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			4144,6
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,054	% e (Hata Yüzdesi)			0,44
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				59,483	Sertlik (Fr)			6,47
rCl / (rSO4+rHCO3) Oranı				0,143	rCa/rMg Oranı			3,37
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,035	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)			-2,30
SId (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0,110	LogPCO2(CO2) Kısmi Basıncı			-0,73
Fo (Köpürme Katsayısı)				3166,5	SiO2 (mg / l)			100,00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO3					B ⁺⁺⁺ (mg / l)			54,00



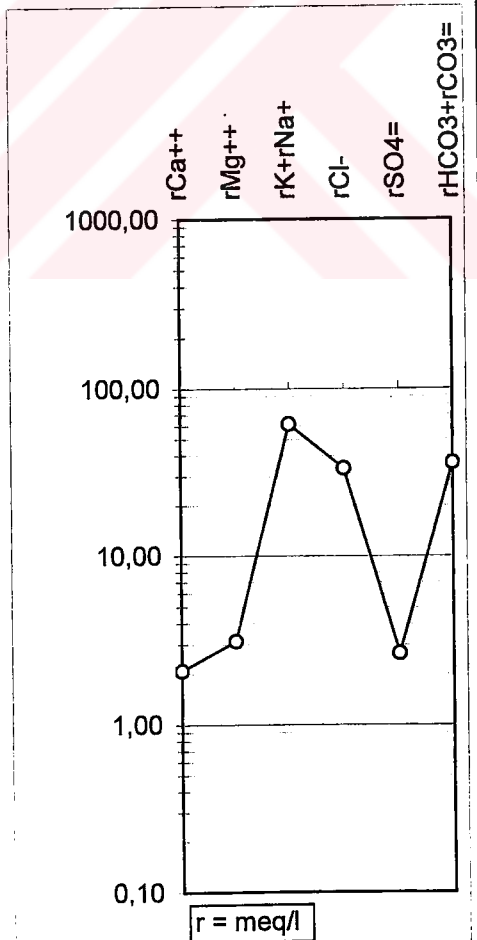
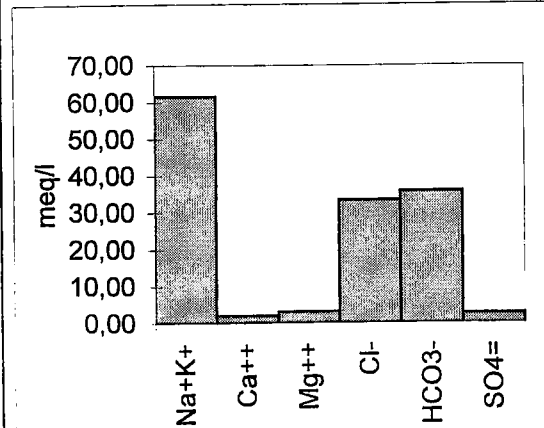
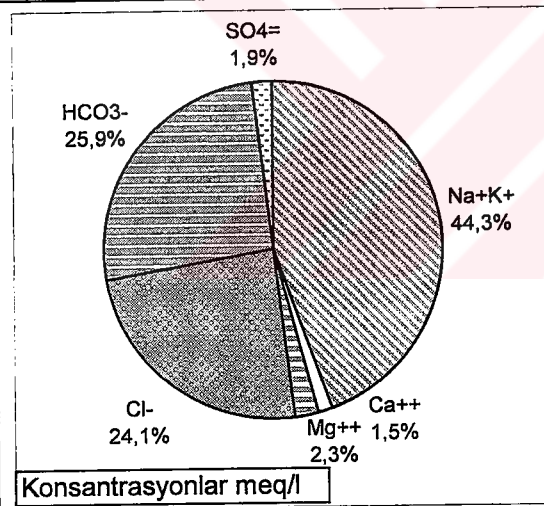
EK

Örnek Adı: AS-2				°C :	171,4	pH(-logH)		7,67	
Örnekleme Tarihi : 1988				Lab. :		EC(μmho/cm)		4600	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC	
Na ⁺	1100	47,85	93,92	91,3	0,04785	0,0239	0,78	0,0374	
K ⁺	90	2,31	4,53	7,5	0,00231	0,0012	0,77	0,0018	
Ca ⁺⁺	14	0,70	1,37	1,2	0,00035	0,0007	0,42	0,0001	
Mg ⁺⁺	1	0,09	0,18	0,1	0,00005	0,0001	0,45	0,0000	
Cl ⁻	233	6,57	11,62	7,2	0,00657	0,0033	0,77	0,0050	
HCO3 ⁻	2831	46,41	82,11	87,5	0,04641	0,0232	0,78	0,0363	
SO4 ⁼	170	3,54	6,27	5,3	0,00177	0,0035	0,37	0,0007	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				50,944	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)				1205,1
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				56,519	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)				3234,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				107,462	Toplam İyon Miktarı (mg/l)				4439,1
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,056	% e (Hata Yüzdesi)				-5,19
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				76,175	Sertlik (Fr)				3,95
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,131	rCa/rMg Oranı				7,72
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,491	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)				-2,42
SId (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,166	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı				-1,25
Fo (Köpürme Katsayısı)				3146,5	SiO ₂ (mg / l)				178,00
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO3					B ⁺⁺⁺ (mg / l)				42,00



EK

Örnek Adı: Bozköy kaynağı				°C :	62	pH(-logH)		7,2
Örnekleme Tarihi : 12.05.1987				Lab. :		EC(µmho/cm)		0
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	% mg/l	C (mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	1375	59,81	89,57	90,3	0,05981	0,0299	0,77	0,0458
K ⁺	68	1,74	2,61	4,5	0,00174	0,0009	0,75	0,0013
Ca ⁺⁺	42	2,10	3,14	2,8	0,00105	0,0021	0,39	0,0004
Mg ⁺⁺	38	3,13	4,68	2,5	0,00156	0,0031	0,43	0,0007
Cl ⁻	1189	33,51	46,49	33,9	0,03351	0,0168	0,75	0,0252
HCO ₃ ⁻	2190	35,90	49,81	62,4	0,03590	0,0180	0,77	0,0275
SO ₄ ⁼	128	2,67	3,70	3,6	0,00133	0,0027	0,34	0,0005
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				66,773	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		1523,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				72,081	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		3507,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				138,854	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		5030,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,073	% e (Hata Yüzdesi)		-3,82	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				37,018	Sertlik (Fr)		26,10	
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,869	rCa/rMg Oranı		0,67	
SIc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,352	SIj (Jips Doygunluk İndeksi)		-2,13	
SID (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,560	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-0,90	
Fo (Köpürme Katsayısı)				3844,1	SiO ₂ (mg / l)		134,00	
Hidrokimyasal fasiyes tipi: Na-HCO ₃ -Cl					B ⁺⁺⁺ (mg / l)		44,00	



EK-2

**AYDIN İLİ JEOTERMAL ALANLARINDA
AÇILAN SONDAJLARIN KUYU LOGLARI**

(Kılış ve diğ., 1996)

1:52:22 1:52:22 1:52:22

Ek: 00-00,01

— ۱۰۰ —

**AYDIN - GERMENCİK - ÖMERBEYLİ ÖB-2 JEOTERMAL SONDAJ
KUYU BITİRME LOGU**

X = 93.525.3 Y = 56.190.3 Z = 71 m.

İlk. Tar: 17-8-1987
Gül. Tar: 20-11-1987

ÜST SİSTEM	SİSTEM	ALT SİSTEM	SERİ	MUHAFAZA BORUSU	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİK AÇIKLAMA	ÇAMUR KAÇAKLARI	ÇAMUR ÇIKIŞ SICAKLIK ÖLÇÜLERİ
								20 40 60 80 100
S E N O Z O Y İ K	T E R S İ Y E N	M İ Y O S E N	P L İ Y O K V A T E R N E R (P I L) İ N Ç	19 1/2"	25	ALÜVYON: Sarımsı, grimsi / renkli		Ek: 09-02-22
				8"	40	Çok az kırıllı çakıl.		
				13 3/4"	80	KILLI ÇAKIL. Sarımsı, plasek kırıllı çakıl.		
				222,75	120	KİL ÇAKIL		
P A L E O Z O Y İ K			P L İ Y O S E N		160	KİL + ÇAKIL		
					200	ÇAKIL + KİL		
					240	ÇAKIL + KİL	242 m.	
					280	Sarı renkli KİL + ÇAKILTAŞI		
					320	Çok az kırmızı kil çimentolu çakıltaşı.		
					360	KİL ve KILLI ÇAKIL		
					400	KİL + ÇAKIL	305 m.	
					440	KILLI ÇAKILTAŞI		
					480	KILLI - KILLI ÇAKIL yer yer az kırıllı, boz renkli konglomera		
					520	Karui: Vıyne çurüğü renkli, gnays, mikasist kuvarts, gnays, kuvartsit alternan iyi çimentolu çakıltaşı.	510 m. 2 m²	
					560	Boz renkli konglomera kil, mil çimentolu.		
					600	Boz renkli kumtaşı kong. mikasist ardalanması	663 m.	
					640	GNAYS - KUVARSSİST	700 m.	
					680	Karui: ALBİT GNAYS	6 m² kaçak	
					720	MİKASİST - KALKŞİST	750 m.	
					760	KUVARSSİST - İNÇ MERMER.	775 m.	
					800	MERMER + SİST	810 m.	
					840	ardalanması dol pirlilli	820 m. - 2 m²	
					880	İnce kristallen MERMER	830 m. - 3 m²	
					920	BIYOTİT - MUSKOVİT	900 m. - 2 m²	
					960	KUVARSSİST		

43 31.79 m.

011 . Tel: 12-12-2222

١٠٠٠

KUYU BİTİRME LOGU

X = 41.525.1 Y = 55.421.8 Z = 81.8

NY 44-14612-3-12004
101 . . 146127-6-12004

[illegible]

KUYU BİTİRME, LOGU

Date of: 10-5-1986
 Date: 11-6-1986

[illegible]

AYDIN-GERMENCİK-ÖMERBEYLİ.ÖB-6 JEOTERMAL SONDAJ
KUYU BİTİRME LOGU

P. A. I. E. O. Z. O. Y. I. K.										S. E. R. S. I. Y. E. R. K.				T. E. R. S. I. Y. E. R. K.				ÜST SİSTEM SİSTEM				A. T. S. S. I. Y. E. R. K.				S. E. R. S. I. Y. E. R. K.				LİTOLOJİK AÇIKLAMA				ÇAMUR KAÇARLARI				ÇAMUR ÇIKIŞ SICAKLIK ÖLÇÜLERİ				20 40 60 80 100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
										P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.				P. I. D. O.			

AYDIN - GERMENCİK - ÖMERBEYLİ (ÖB- 8) JEOTERMAL
SONDAJ KUYU BİTİRME LOGU

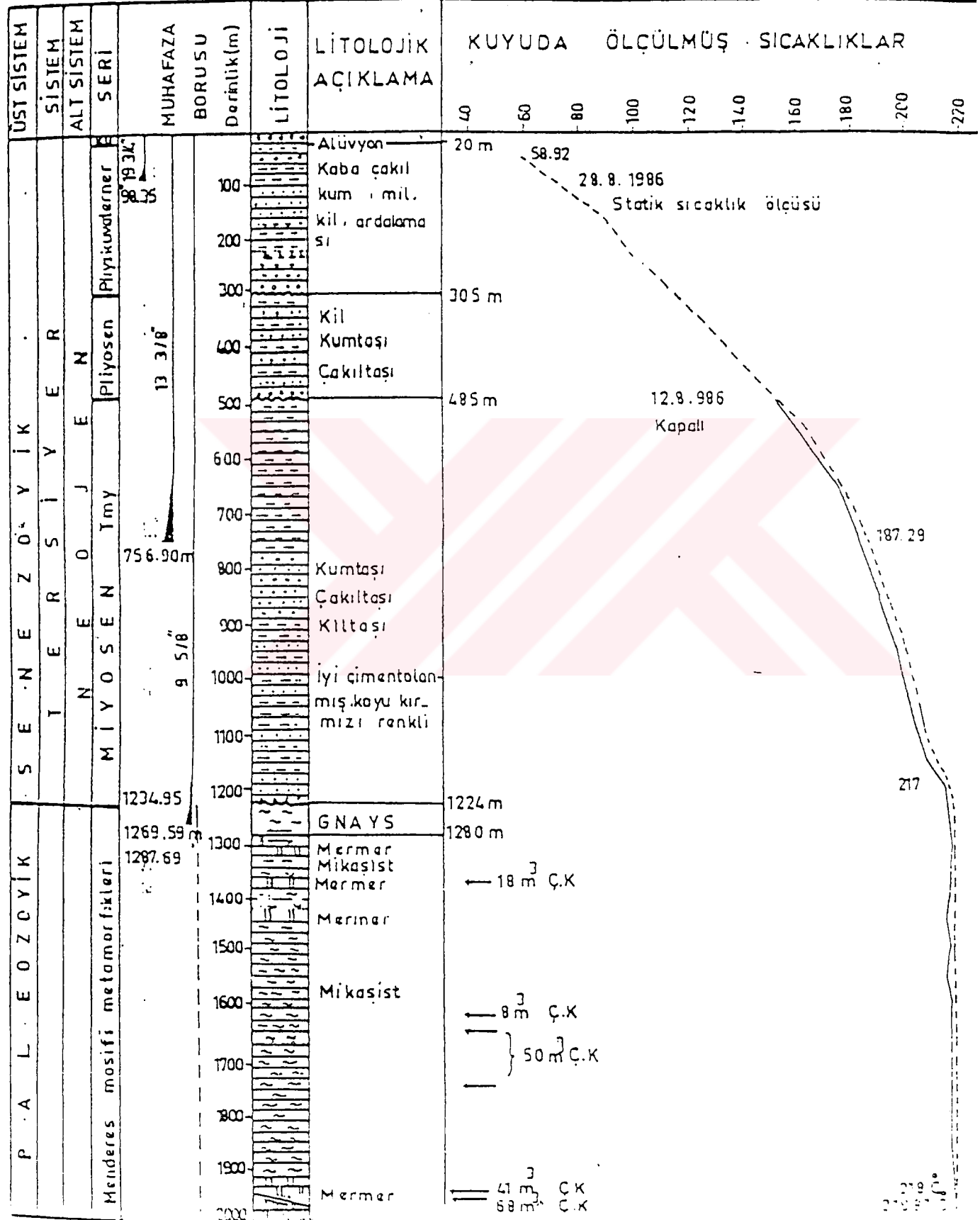
2.610 Y=56 098.84 Z= 56.80 m vana üstü

Başlama tarihi: 30.1.1986

DERİNLİK: 2000 m

ÖLÇEK: 1/10.000

Bitiş tarihi: 25.5.1986



AYDIN - GERMENCİK - ÖMERBEYLİ (ÖB-9) JEOTERMAL

SQNBAJ KUYU BİTİRME LOGU

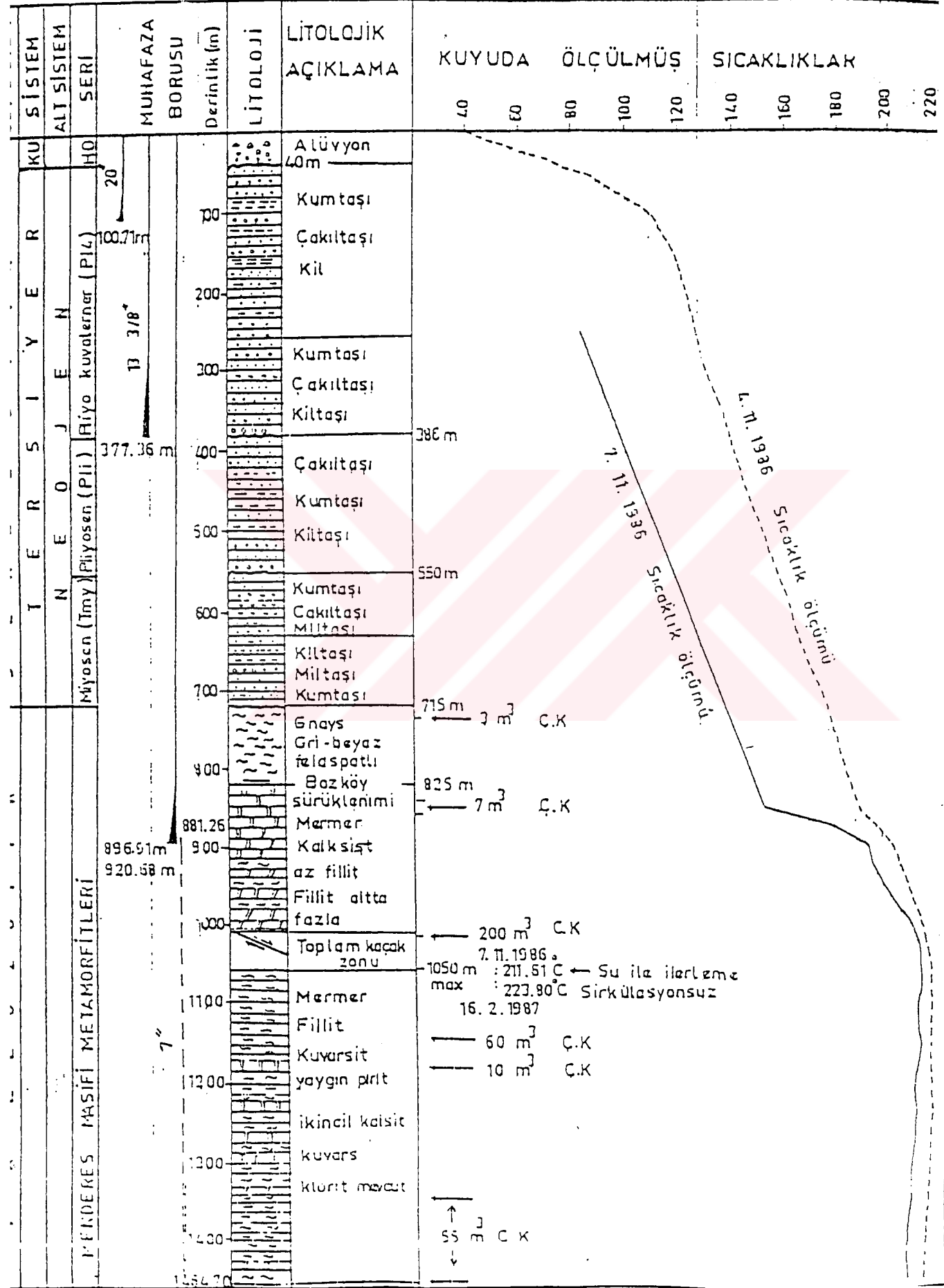
Başlama tarihi: 27.8.1986

Bitiş tarihi: 3.11.1986

Y=54782.48 Z=68.60 m.

RİNLİK: 1464.70 m

ÖLÇEK: 1/6600



AYDIN - SULTANHISAR - SALAVATLI (AS-1) JEOTERMAL SONDAJ KUYU

BITİRME LOGU

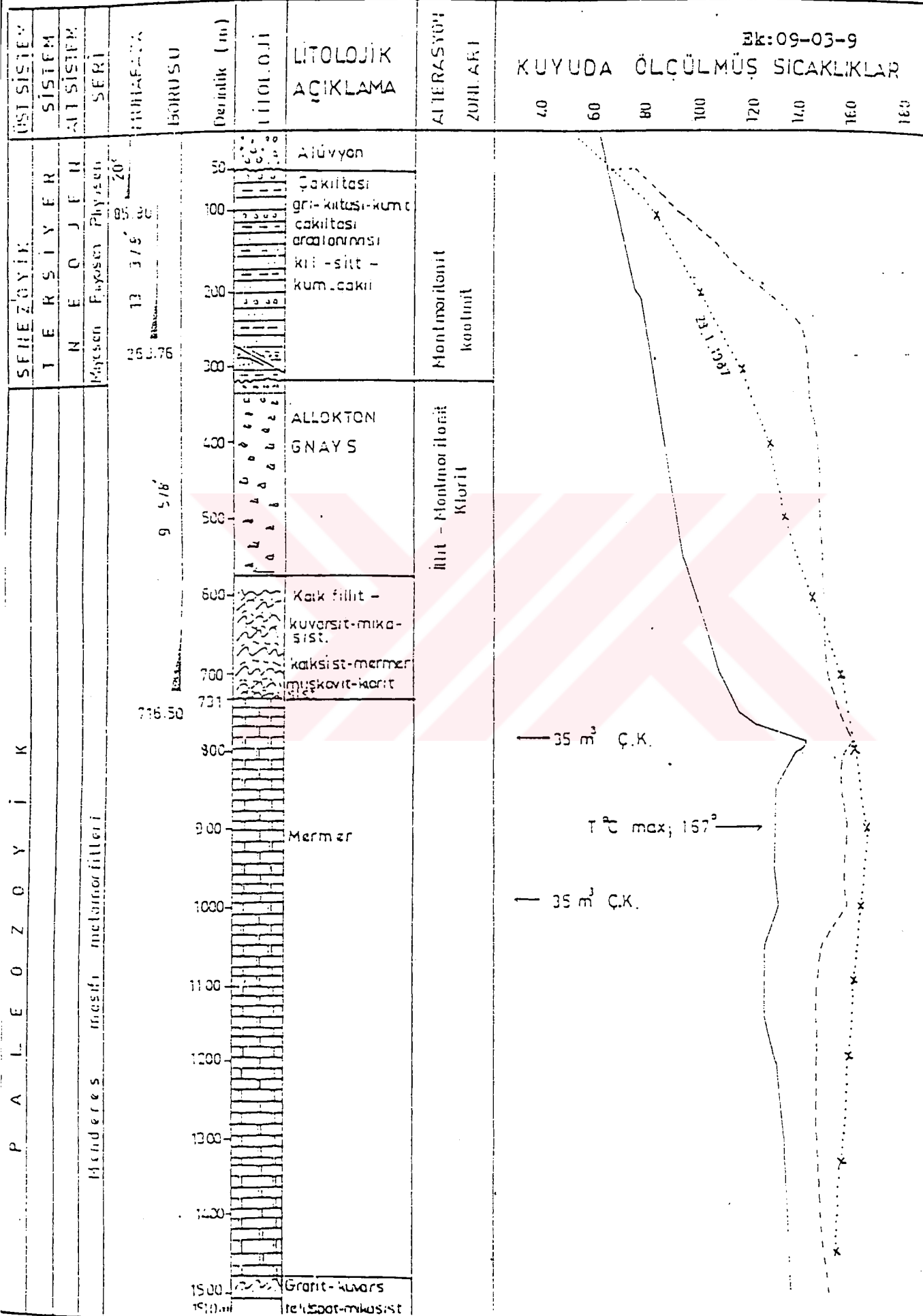
Başlama tarihi: 6.4.987

55.37 Y = 96655.19 Z = 131.50 Vana Üstü

Bitiş tarihi: 20.7.987

SON DERİNLİK: 1510m

ÖLÇEK: 1/5600



AYDIN — KÖSK — YAVUZKÖY (AS-2) JEOTERMAL
SONDAJ KUYU BİTİRME LOGU

X = 92.475.53
Y = 95.529.59
Z = 104.38 Rotary

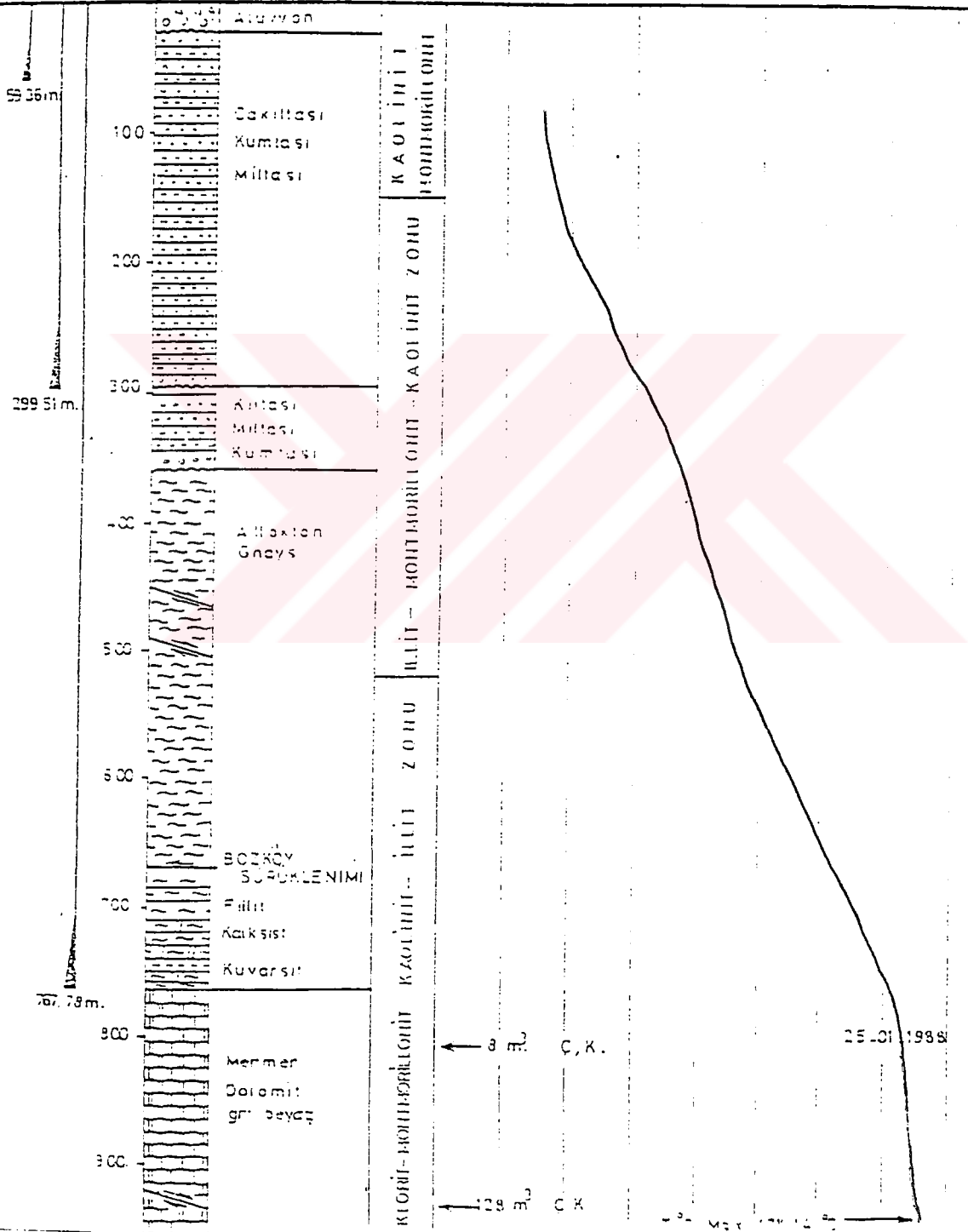
Başlama tarihi : 03-10-1987
 Bitiş tarihi : 20-01-1988

Ek:09-03-11
Ölçek : 1-5.000

JUST SYSTEM	SYSTEM	JUST SYSTEM	SYSTEM
40	60	80	100
120	160	180	150

SEENQZ OY I K
T E R S I Y E R
N E O J E N
P L I Y O S E H

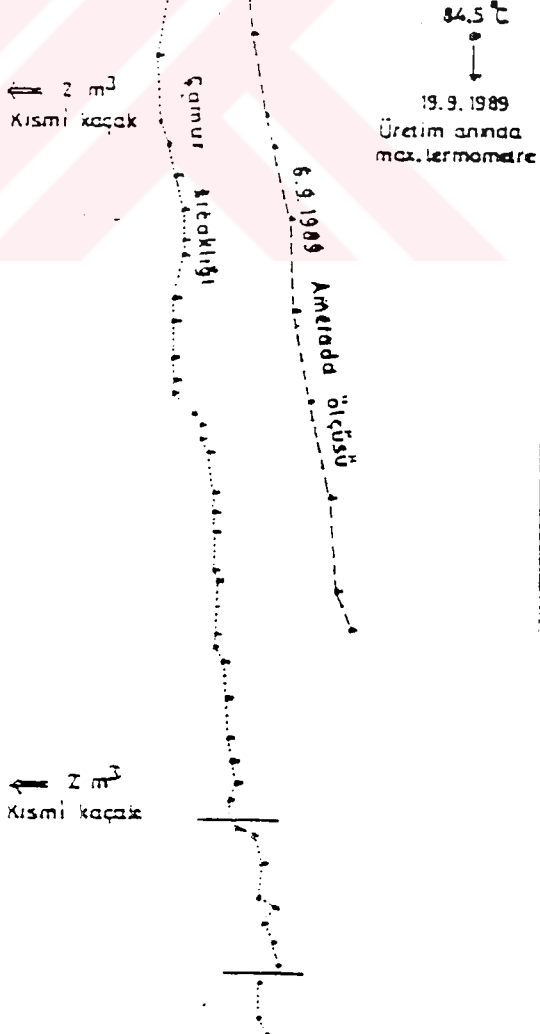
P A L E O Z O Y I K
MEHDERES MASIFI ME TAMOREKIE R



**AYTER-1 (AYDIN) ILICABAŞI SICAKSU KUYUSU
BİTİRME LOGU**

ÖLÇEK : 1 / 2000

SERİ	KUYU TECHİZİ	DERİNLİK m	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK AÇIKLAMA	S I C A K L I K °C					
					30	40	50	60	70	80 90
M i y o s e n	KUYU TECHİZİ 17 1/4" Kuyu çapı 13 3/8" 12 1/4" 9 5/8" 6 5/8" Liner Kuyu çapı 6 1/4"	25		Rotary tablası Alüvyon						
		100		Aydın taraçaları, eski akarsu aküvyon dokuları, Metamorfik elemanlı, sarımsı, yer yer gri, yeşil killi, milli ince ve kaba kum, çakıl. Taneler kuvars, mikaşist, kalkışistten ibaret. Hematit ve ilmonitli.						
		200		Kırmızı renkli, killi milli ince ve kaba kum, çakıl. Taneler kuvars, mikaşist, kalkışistten ibaret. Yer yer yoğun alterasyon kil ve kalsit zonları.						
		300		Alterasyon Kalsit Kil						
		400		Alterasyon Kalsit Kil						
				Alterasyon Kalsit Kil						
K A R O T	KUYU TECHİZİ 17 1/4" Kuyu çapı 13 3/8" 12 1/4" 9 5/8" 6 5/8" Liner Kuyu çapı 6 1/4"	25		KAROT Çeyrek tutturulmuş iri bloklu konglomera. Bloklar; mermer, kuvaşist ve şist elemanlı						



ÖLÇEK : 1 / 2000

3
 T.C. YÜREKÖĞÜ İLİM KÜLTÜR
 DOKÜMANTASYON MERKEZİ
 Kütüphane,