

**BALÇOVA-NARLIDERE JEOTERMAL SİSTEMİNİN
İZLEYİCİLER İLE İNCELENMESİ**

Niyazi AKSOY

**Temmuz, 2001
İZMİR**

**BALÇOVA-NARLIDERE JEOTERMAL SİSTEMİNİN
İZLEYİCİLER İLE İNCELENMESİ**

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Dokuz Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı

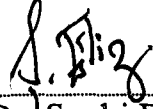
109552

Niyazi AKSOY

**Temmuz, 2001
İZMİR**

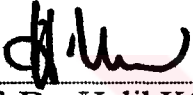
Doktora Tezi Sınav Sonuç Formu

Niyazi AKSOY tarafından Prof. Dr. Şevki FİLİZ yönetiminde hazırlanan "Balçova-Narlıdere Jeotermal Sisteminin İzleyiciler ile İncelenmesi" başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Şevki FİLİZ

Yönetici



Prof. Dr. Halil KÖSE

Jüri Üyesi

(Tez İzleme Komitesi Üyesi)



Prof. Dr. Şakir ŞİMŞEK

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Yüksel K. BİRİSOY

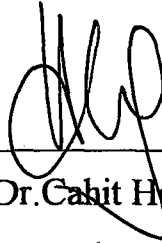
Jüri Üyesi

(Tez İzleme Komitesi Üyesi)



Prof. Dr. Faruk ÇALAPKULU

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Cahit Helvacı

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarım boyunca birlikte çalıştığım
Prof. Dr. Şevki Filiz'e

Eleştiri ve katkıları için Tez İzleme Jürisi Üyeleri
Prof. Dr. Halil KÖSE ve Prof. Dr. Yüksel K. BİRSOY'a

Projeyi, AİF projesi olarak desteklenmeye layık gören
Prof. Dr. Cahit Helvacı, Prof. Dr. Burhan Erdoğan ve özellikle öneri ve düzeltmeleri için
Prof. Dr. Şakir ŞİMŞEK'e

Projenin İzmir Valiliği tarafından desteklenmesini sağlayan
İzmir Valiliği Jeotermal Yüksek Danışma Kurulu Başkanı,
Prof. Dr. Macit TOKSOY'a

Sahada çalışmalarına belge, malzeme, eleman desteği veren
ORME Jeotermal A.Ş. ve çalışanlarına,

Projeyi destekleyen Balçova Jeotermal Enerji ve Sanayi Ltd. Şti.
Çalışanlarına ve Genel Müdür
Fasih KUTLUAY'a

Eleştiri ve öğütlerinden daima yararlandığım
Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu Kurucu Müdürü
Prof. Dr. Faruk ÇALAPKULU'na,

Çalışmalarına yardımcı olan, malzeme sağlayan arkadaşlarım,
Doç. Dr. Turgay ONARGAN,
Yrd. Doç. Dr. Zülfü DEMİRKIRAN, Ar. Gör. Gökhan ÖCAL
ve Ar. Gör. Celalettin ŞİMŞEK'e

Su, gaz ve izotop analizlerini yapan, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Kimya Laboratuvarı, Petkim Petrokimya Holding AŞ, Kalite Kontrol ve Teknik Servis
Müdürlüğü Laboratuvarı ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite
Kontrol Dairesi mensuplarına,

Harita, kuyu logları ve raporlarının sağlanmasında yardımlarını esirgemeyen
MTA Ege Bölge Müdürlüğü çalışanlarına,

Sabır ve anlayışları için,
eşim Nurdan ve oğlum Cem'e,

Teşekkür ederim.

Niyazi AKSOY

ÖZET

Balçova-Narlidere jeotermal enerji sahası, onbinlerce insanın daha rahat ve sağlıklı yaşaması için 630.000 m² kapalı alanın ısıtılmasında kullanılmaktadır. Uygulama, dünyadaki en büyük jeotermal enerjili bölgesel ısıtma projelerinden birisidir. Jeotermal akışkanın doğal dolaşımı ve re-enjeksiyonun rezervuara etkisi bu çalışmanın ana araştırma konusudur.

Çalışma alanında belirlenen 17 adet kuyu ve kaynakta periyodik su analizi, 14 örnekte oksijen-18, döteryum ve trityum analizi, 7 kuyuda kondanse olmayan gaz ölçümleri ve 4 örnekte gaz analizi yapılmıştır. Su kimyası çalışmaları sonucunda örneklenen sıcak suların genel olarak Na-HCO₃-Cl türünde, çözülmüş toplam katı madde miktarı 2000 ppm'den az, hafif tuzlu sular sınıfında ve nötr karakterli oldukları saptanmıştır. Rezervuarda kondanse olmayan gazların miktarı 1000 ppm'den daha azdır. Kaynaklar çevresinde ve çalışma alanında travertenleşme ve traverten oluşukları yoktur. Sahadaki jeotermal su "ısınmış yeraltısuyu" veya "derin klörlü sularla bolca karışmış yüzey suları" olarak tanımlanabilir. Sahaya GB yönünden yeraltısularının girdiği saptanmıştır. Hazne kaya sıcaklığı, için katyon, silika ve silika-klor karışım modellerinde yararlanılmıştır. Suların Na-K-Mg iyonları açısından dengeye ulaşmamış olması katyon jeotermometre sonuçlarını şüpheli kılmaktadır. Silika jeotermometreleri ve silika-klorür karışım modeline göre hazne kaya sıcaklığının 168-190 °C arasında olabileceği hesaplanmıştır. İzotop analizleri de çalışma alanında ¹⁸O zenginleşmesinin düşük olduğunu göstermekte, sahanın orta entalpili (<180 °C) olduğu görüşünü desteklemektedir.

Re-enjekte edilen suların rezervuardaki hareket yönleri ve hızlarını bulmak için sahada izleyici testleri yapılmıştır. Türkiye'de jeotermal bir sahada izleyici testleri ilk defa bu çalışma ile gerçekleştirilmiştir. İzleyici madde olarak uranın kullanılmış, konsantrasyon ölçümleri 0.02 ppb saptama eşiğine sahip bir fluorometre ile yapılmıştır. B-9 ve BD-2 kuyularından, birkaç ay arayla 5 kez yapılan izleyici deneyleri toplam 14 ay sürmüştür.

İzleyici testleri sonucunda, B-9 kuyusundan enjekte edilen suların sığ akifer içersinde 2.3-12.7 m/h arasında değişen hızlarda hareket ettęi, re-enjekte edilen suların yakında bulunan sığ üretim kuyularına en fazla 40 saat içersinde ulaştığı görölmüştür.

Re-enjeksiyonun üretim kuyularına olan etkisini araştırmak için kuyubaşı sıcaklıkları periyodik olarak ölçölmüştür. Çalışma dönemini içine alan bir yıllık bir gözlem sonucunda, sahadan $1.89 \cdot 10^6$ m³ üretim yapıldığı ve bunun $1.2 \cdot 10^6$ m³ 'nün re-enjekte edildiği hesaplanmıştır. Toplam re-enjeksiyonun %58'i sadece B-9 kuyusuna yapılmıştır. Basılan suların sığ akifere dağıldığı ve bunun sonucu olarak sığ akiferde yıllık 6-7 °C'lik soğuma olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma aynı kuyularda hem izleyici maddenin hem de soğumanın gözlendiği ender çalışmalardan birisi olmaktadır. B-9 kuyusuna yapılan re-enjeksiyonun aynı miktarda devamı halinde önümüzdeki 3-4 yıl içersinde sığ akiferden merkezi ısıtma sisteminde faydalanmanın olanaksız hale geleceği ortaya çıkartılmıştır. BD-2 kuyusundan yapılan re-enjeksiyon sonucu, derin üretim kuyularında soğuma belirtileri gözlenmemiştir. Ancak, bu kuyunun koruma borularında ve çimentolamasındaki sorunlar nedeniyle, özellikle yüksek debili re-enjeksiyon uygulamasında suların yüzeye kadar çıktığı ve sığ akiferde kimyasal kirlenmeye neden olduğu tesbit edilmiştir.

ABSTRACT

Balçova-Narlıdere geothermal field is used for heating of 630.000 m² closed area for the welfare of thousands of people living in the region. This application is one of the largest geothermal energy based district heating projects in the world. Natural circulation of geothermal fluid and its effect on the re-injected reservoir are the main research topics of this study.

In the study area, periodical water analyses at totally 17 wells and springs, oxygene-18, deuterium and tritium analyses at 14 localities, non-condensed gas measurements on 7 wells and gas analyses at 4 localities were performed. Results of water analyses yield that thermal waters are generally Na-HCO₃-Cl type waters, they have a neutral character and they are slightly saline waters with total dissolved solid (TDS) contents less than 2000 ppm. The amount of non-condensed gases in the reservoir is less than 1000 ppm. Travertine deposits isn't observed around the hot springs. These characteristics indicate that geothermal water in the Balçova-Narlıdere field is "heated groundwater" or "peripheral water mixed with deep chloride waters". It is determined that the presence of recharging ground waters from the SW of the field. In order to predict reservoir rock temperature, cation and silica geothermometers and silica-chloride mixing model were utilized. Results of cation geothermometers should be interpreted cautiously since waters have not been fully equilibrated with Na, K and Mg ions. On the basis of silica geothermometers and silica-chloride mixing model, reservoir temperature was estimated to be 168-190°C. Isotope analyses indicate that ¹⁸O content in the waters is low and the field has an intermediate enthalpy (<180 °C).

In order to determine flow direction and velocity of re-injected waters in the reservoir, tracer tests were performed. In Turkey, tracer tests in a geothermal field were first conducted in this study. As tracer, uranin was used and concentration measurements were carried out with flourometer which has a detection limit of 0.02 ppb. Tracer tests of B-9 and BD-2 wells

took 14 months to conduct and were repeated 5 times. Results of tests reveal that waters injected from the B-9 well flow through the shallow aquifer with a velocity of 2.3-12.7 m/h and they arrive at shallow production wells in the vicinity of re-injected waters in maximum 40 hours.

In order to examine effect of re-injection on the production wells, well head temperatures were measured periodically. On the basis of one year observation, it was calculated that a total of $1.89 \times 10^6 \text{ m}^3$ water were produced in the field and $1.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ of this amount were re-injected. 58% of total re-injection was made only to the B-9 well. It was determined that waters pumped into the shallow aquifer caused 6-7°C cooling of shallow aquifer in annual base. This study is one of outstanding works where both tracer material and cooling were observed within the same wells. If re-injection into the B-9 well continues at the same amount, it was determined that shallow aquifer could not be sufficient for central heating in coming 3 or 4 years. As a result of re-injection from the BD-2 well, any cooling signs were detected in deep production wells. However, due to some problems encountered in protection pipes and cementing of this well, it was determined that waters uprise to the surface and polluted chemically shallow aquifer particularly in re-injection applications of high discharge.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Özet	
Abstract	
İçindekiler	i
Şekillerin Listesi	vi
Tabloların Listesi	ix

Bölüm Bir GİRİŞ

1.1 Jeotermal Enerji	1
1.2 Türkiye’de Jeotermal Enerji Kullanımı	3
1.2.1 Narlıdere – Balçova Jeotermal Alanı	4
1.3 Önceki Çalışmalar	7
1.4 Çalışmanın Amacı	9
1.5 Kapsam ve Çalışma Yöntemi	9

Bölüm İki

SAHANIN JEOLojİK ve HİDROJEOLojİK ÖZELLİKLERİ

2.1 Giriş	11
2.2 Stratigrafi	11
2.2.1 Paleozoyik	12
2.2.1.1 Menderes Metamorfitleri	12
2.2.2 Mesozoyik	13

2.2.2.1 İzmir Filişi	13
2.2.3 Senozoyik	17
2.2.3.1 Yeniköy Formasyonu	17
2.2.3.2 Volkanitler	17
2.2.3.3 Kuvaterner Çökelleri	17
2.3 Yapısal Jeoloji ve Magmatizma	19
2.3.1 Derinlik Kayaçları	22
2.3.2 Tektonik	23
2.4 Hidroloji ve Hidrojeoloji	23

Bölüm Üç

DOĞAL İZLEYİCİLER

3.1 Giriş	28
3.2 Jeotermal Akışkanların Kimyasal Özellikleri	29
3.2.1 Su Kimyası	29
3.2.1.1 Nötr Bileşikler	29
3.2.1.2 Katyonlar	30
3.2.1.3 Anyonlar	31
3.2.2 Gaz Kimyası	32
3.2.3 İzotop Kimyası	34
3.3 Kimyasal Verilerin Uygulamada Kullanılması	35
3.3.1 Jeotermal Suların Sınıflaması	35
3.3.2 Hazne Kaya Sıcaklığı	37
3.3.2.1 Silika Jeotermometreleri	38
3.3.2.2 Katyon Jeotermometreleri	39
3.3.3 Karışım Modelleri	42
3.3.4 İzotopların Jeotermal Sistemlere Uygulanması	44
3.4 Malzeme ve Yöntemler	46

3.4.1 Örnek Alımı	46
3.4.2 Analiz Yöntemi	51
3.4.2.1 Su Analizleri	51
3.4.2.2 Gaz Miktarı ve Gaz Bileşimi	51
3.4.2.3 İzotop Analizleri	54
3.5 Sonuçlar	55
3.5.1 Su Analizlerinin Sonuçları	55
3.5.2 Rezervuarda Gaz Miktarı ve Gazın Bileşimi	57
3.5.3 İzotop Analizlerinin Sonuçları	58
3.6 Kimyasal Verilerin Yorumlanması	59
3.6.1 Suların Türü	59
3.6.2 Hazne Kaya Sıcaklığı	60
3.6.3 Karışım	63
3.6.4 Jeotermal Suların Kökeni ve Yaşı	70
3.6.5 Sahanın Kavramsal Modeli	74

Bölüm Dört

İZLEYİCİ TESTLERİ

4.1 Giriş	77
4.2 İzleyicilerle Akış Hızı ve Rezervuar Hacminin Hesaplanması	78
4.2.1 Advectif-Dispersif Kütle Taşınımı	78
4.2.2 Rezervuar Hacmi	82
4.3 Malzeme ve Yöntem	83
4.3.1 İzleyici Maddenin Özellikleri	83
4.3.2 Konsantrasyon Ölçümü	85
4.3.3 İzleyici Madde Miktarı	87
4.3.4 Deney Düzeneği ve Örneklem	89
4.4 Sahada Yapılan İzleyici Testleri	90

4.4.1 BD-2 Kuyusunda Yapılan İzleyici Testleri	91
4.4.1.1 BD-2(I) İzleyici Geri Akış Testi	91
4.4.1.2 BD-2(II) İzleyici Testi	92
4.4.2. B-9 İzleyici Testleri	93
4.5 İzleyici Testleri Sonuçları	96
4.5.1 BD-2 İzleyici Testleri	96
4.5.2 B-9 İzleyici Testleri	102
4.6 İzleyici Testlerinin Yorumu	108
4.6.1 Derin Kuyularda Akışkan Hareketi	108
4.6.2 Sığ Kuyularda Akışkan Hareketi	110

Bölüm Beş

TERMAL PROBLEMLER

5.1 Giriş	112
5.2 Re-enjeksiyon ve Isı Transferi	113
5.2.1 Re-enjeksiyon Uygulaması	113
5.2.2 Isı Üretimi	114
5.2.3 Radyal Akışta Isı Transferi	116
5.3 Malzeme ve Yöntem	117
5.4 Sonuçlar	118
5.4.1 Üretim ve Re-enjeksiyon	118
5.4.2 Üretim Kuyularında Ölçülen Sıcaklıklar	120
5.4.2.1 Sığ Kuyuların Sıcaklığı	120
5.4.2.2 Derin Kuyuların Sıcaklığı	121
5.5 Üretim, Re-enjeksiyon ve Sıcaklık Verilerinin Yorumlanması	123
5.5.1 Üretim ve Re-enjeksiyon	123
5.5.2 Üretim Kuyularında Soğuma	125
5.5.2.1 Sığ Kuyularda Soğuma	125
5.5.2.2 Derin Kuyularda Soğuma	129

5.5.3 Soğuma Modellemesi	130
5.5.3.1 Kayaçtan Isı Kazanımına Dayalı Modelleme	130
5.5.3.2 Beslenme ve Re-enjeksiyonla Birlikte Soğuma	134

Bölüm Altı

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

6.1 Su Kimyası Çalışmaları	137
6.2 İzleyici Testleri	138
6.3 Soğuma	139

Bölüm Yedi

ÖNERİLER

140

KAYNAKLAR

143

EKLER

Ek-1 Kuyu Sondaj Logları

Ek-2 Kondanse Olmayan Gaz Miktarları

Ek-3 İzleyici Testi Verileri

Ek-3A BD-2 (I), B-9(I) ve B-9(II) İzleyici Testleri

Ek -3B B-9(II) İzleyici Testi, Kontrol Noktasından Ölçülen Konsantrasyonlar

Ek- 3C B-9(III) İzleyici Testi

Ek -3D BD-2(II) İzleyici Testi Verileri

Ek-4 Üretim, Re-enjeksiyon Debileri, Üretim Sıcaklıkları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Yer Bulduru Haritası	5
Şekil 1.2 Merkezi Isıtma Sistemi	7
Şekil 2.1 Batı Anadolu'nun Tektonik Kuşakları	12
Şekil 2.2 Çalışma Alanının Jeolojik Haritası	14
Şekil 2.4 Türkiye'nin Ana Tektonik Hatları ve Jeotermal Kaynakların Dağılımı	20
Şekil 2.5 Astenosferin Litosfere Göre Hareketi	20
Şekil 2.6 Karaburun ve Çevresindeki Magmatik Kayaçların Dağılımı	21
Şekil 2.7 Balçova Kıyı Düzlüğüne Ulaşan Suların Beslenme Alanı	24
Şekil 3.1 Entalpi- Cl Karışım Modeli	43
Şekil 3.2 Bazı Kayaçlarda SMOW'a Göre δO^{18} ve δD Miktarı	44
Şekil 3.3 Antalya Yağmur Sularında Trityum Miktarı	45
Şekil 3.4 Örnek Yerleri	48
Şekil 3.5 Gaz Örneklemeye Düzenegi	50
Şekil 3.6 Gaz Örneklerinin Alınması	51
Şekil 3.8 Cl- SO_4 - HCO_3 Üçgen Diyagramında Suların Konumu	59
Şekil 3.9 Suların Na-K-Mg Üçgen Diyagramındaki Yeri	60
Şekil 3.10 δD -Cl Değişimi	64
Şekil 3.11 δO^{18} -Cl Değişimi	65
Şekil 3.12 Örneklenen Suların Karışımı	67
Şekil 3.14 BD-2 Kuyusunun Sığ Akiferi Kirletmesi	69
Şekil 3.15 Örneklenen Suların δO^{18} - δD İlişkisi	71
Şekil 3.16 δO^{18} - δD Bileşimleri Bakımından Sahanın Batı Anadolu'daki Diğer Sahalara Göre Konumu	73
Şekil 3.17 Balçova-Narlidere Jeotermal Sahasının Kavramsal Modeli	76
Şekil 4.1 Difüzyonla Karışım	77
Şekil 4.2 (a) Sürekli, (b) Anlık, İzleyicinin Ortamda Yayılımı	79
Şekil 4.3 Dispersiyon	80

Şekil 4.4 Gözlenen ve Teorik Ortalama Varış Zamanı	81
Şekil 4.5 İzleyici Profilleri	82
Şekil 4.6 Uranin Konsantrasyonunun Sıcaklıkla Değişimi	84
Şekil 4.7 Uranin İçin Sıcaklık Yarılanma Ömrü İlişkisi	85
Şekil 4.8 GGUN-FL02 Fluorometresinin Işık Filtre Sistemi	86
Şekil 4.9 GGUN-FL02 Fluorometre	87
Şekil 4.10 İzleyici Testi Yapılan Re-enjeksiyon ve Üretim Kuyuları	90
Şekil 4.11 BD-2(I) Deneyinde İzleyicinin Hazırlanması ve Kuyuya Basılması	92
Şekil 4.12 B-9 (II-III) İzleyici Testlerinde İzleyicinin Kuyuya Basılması	94
Şekil 4.13 B-9 (II) İzleyici Testinde Kontrol Noktasından Sürekli Ölçme	95
Şekil 4.14 BD-2 İzleyici Geri Akış Testi	98
Şekil 4.15 BD-2 (I) Testinde BD-3 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	99
Şekil 4.16 BD-2 (II) Testinde BD-3 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	99
Şekil 4.17 BD-2 (I) Testinde BD-4 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	100
Şekil 4.18 BD-2 (II) Testinde BD-4 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	100
Şekil 4.19 BD-2 (I) Testinde BD-6 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	101
Şekil 4.20 BD-2 (II) Testinde BD-6 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	101
Şekil 4.21 B-9 (II) Testinde B-4 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	103
Şekil 4.22 B-9 (III) Testinde B-4 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	103
Şekil 4.23 B-9 (II) İzleyici Testinde Kontrol Noktasındaki İzleyici Konsantrasyonu	104
Şekil 4.24 B-9 (II) Testinde B-10 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	105
Şekil 4.25 B-9 (III) Testinde B-10 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	105
Şekil 4.26 B-9 (II) Testinde B-11 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	106
Şekil 4.27 B-9 (III) Testinde B-11 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	106
Şekil 4.28 B-9 (II) Testinde BTF-3 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	107
Şekil 4.29 B-9 (III) Testinde BTF-3 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili	107
Şekil 4.30 Sahada Elde Edilen İzleyici Hızları	109
Şekil 4.31 Re-enjeksiyon Öncesi ve Sonrası Akışkan Hareketleri	111
Şekil 5.1 Gözeneklilik, İzleyici Hızı, Termal Hız ve Enerji İlişkisi	115
Şekil 5.2 Çatlaklı Ortamda Radyal Akış	116

Şekil 5.3 Kuyularda Sıcaklık ve Debi Ölçümü	118
Şekil 5.4 Sığ Kuyularda Soğuma	120
Şekil 5.5 BD-3 Kuyusu Sıcaklık Değişimi	121
Şekil 5.6 BD-4 Kuyusu Sıcaklık Değişimi	122
Şekil 5.7 BD-6 Kuyusu Sıcaklık Değişimi	122
Şekil 5.8 BD-7 Kuyusu Sıcaklık Değişimi	123
Şekil 5.9 Sığ Kuyularda Re-enjeksiyon ve Üretim	124
Şekil 5.10 Derin Kuyularda Re-enjeksiyon ve Üretim	125
Şekil 5.11 B-4 Kuyusunda Soğuma	126
Şekil 5.12 B-10 Kuyusunda Soğuma	126
Şekil 5.13 Termal Cepenin B-4 Kuyusuna Ulaşması	127
Şekil 5.14 Termal Cepenin B-10 Kuyusuna Ulaşması	127
Şekil 5.15 B-11 Kuyusunda Soğuma	128
Şekil 5.16 Sığ Kuyularda Soğuma Miktarı	129
Şekil 5.17 30 kg/s Debide Re-enjeksiyonda Soğuma	131
Şekil 5.18 200 m Uzaklıkta Değişik Debilerde Sıcaklık	132
Şekil 5.19 Düşey Soğuma	133
Şekil 5.20 B-4 Kuyusunda Soğuma ve Model Çözüm	135
Şekil 5.21 B-10 Kuyusunda Soğuma ve Model Çözüm	135
Şekil 5.20 B-11 Kuyusunda Soğuma ve Model Çözüm	136

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1 Yeryüzünün Tahmini Jeotermal Enerji Potansiyeli	2
Tablo 1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Verimleri	2
Tablo 2.1 Balçova ve Çevresinde Ortalama Sıcaklık – Yağış Değerleri	25
Tablo 3.1 Silika Jeotermometreleri	38
Tablo 3.2 Na/K Jeotermometreleri	40
Tablo 3.3 Na-K-Ca Jeotermometresi	40
Tablo 3.4 Mg Düzeltmeli Na-K-Ca Jeotermometresi	41
Tablo 3.5 Na-Li Jeotermometresi	53
Tablo 3.6 K-Mg ve Li-Mg Jeotermometreleri	42
Tablo 3.7 Örnekleme Yerleri	47
Tablo 3.8 Su Analizinde Uygulanan Yöntem	52
Tablo 3.9 Gaz Bileşimi Analizleri, Yöntem ve Hassasiyetleri	54
Tablo 3.10 İzotop Analizleri Yöntem ve Hassasiyetleri	55
Tablo 3.11 Balçova Yöresi Sıcak ve Soğuk Su Analiz Sonuçları	56
Tablo 3.12 Kondanse Olmayan Gazların Miktarları	57
Tablo 3.13 Kondanse Olmayan Gazların Hacimsel Bileşimi	57
Tablo 3.14 Örneklerin İzotopik Bileşimi	58
Tablo 3.15 Silika Jeotermometre Değerlendirmesine Göre Sıcaklıklar	61
Tablo 3.16 Katyon Jeotermometrelerine Göre Sıcaklıklar	62
Tablo 3.17 Örneklenen Suların Döteryum Fazlası	74
Tablo 4.1 Sahada Yapılan İzleyici Testleri ve Süreleri	91
Tablo 4.2 BD-2 Kuyusunda Denemelerde Kullanılan İzleyici Miktarları	93
Tablo 4.3 BD- 2(II) İzleyici Çalışmasında Kuyuların Ortalama Debileri	93
Tablo 4.4 B-9 Kuyusunda Denemelerde Kullanılan İzleyici Miktarları	96
Tablo 4.5 B-9 İzleyici Denemelerinde Gözlem Kuyularının Ortalama Debileri	96

Tablo 4.6 Derin Rezervuarda İzleyici Hızı	102
Tablo 4.7 B-9 Kuyusu II. Ve III. İzleyici Testi Sonuçları	108
Tablo 5.1 Üretim ve Re-enjeksiyonun Kuyulara Göre Dağılımı	119
Tablo 5.2 Sahadan Yapılan Üretim ve Re-enjeksiyon Miktarları	119
Tablo 5.3 Üretim Debisi Kuyubaşı Sıcaklığı İlişkisi	130
Tablo 5.4 Modelde Kullanılan Büyüklükler	130



BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji dünyanın iç ısısının yeryüzüne taşınması sonucu elde edilen bir enerji kaynağıdır. Gezegenin merkezinde sıcaklık 7000-8000 °C, dış uzayda ise -150°C' dir. Doğal olarak dünyadan dış uzaya doğru bir ısı transferi olmakta ve dünya soğumaya çalışmaktadır. Yeryüzünde ısı akısının ortalama değeri 30-50 mW/m² arasındadır. Isı akısının yüksek değerlere çıktığı bölgeler jeotermal sahaları oluşturmaktadır.

Jeotermal enerji kaynakları, ısı kaynağının yeryüzüne yaklaşması ile oluştuğu için bulunduğu yerler, yeryüzünün bölgesel ve yerel jeolojisine bağlıdır. Isı kaynağı, akışkan ve geçirgen ortam, bir jeotermal sistemi oluşturan ana unsurlardır. Jeotermal sistemlerde suyun esas görevi ısı enerjisini taşımaktır. Isı kaynağının bulunması halinde diğer iki unsur olmasa da, ısı enerjisi üretimi mümkündür. Örneğin, sıcak ve içerisinde su bulunmayan geçirimsiz kayalar, "Sıcak kuru kayalar", yapay olarak çatlatılarak, ortama su enjekte edilmekte, suyun geri üretimi ile su ile birlikte ısı da elde edilmektedir.

Isı kaynağı jeotermal sistemin temel ögesidir. Yerkürede ısı kaynağı yaratabilecek olaylar beş grupta toplanmaktadır: (1) Ergimiş magmanın kabuk içine yükselmesi, (2) tektonik hareketler sonucu kabuğun incelerek magmaya olan uzaklığın azalması, (3) yüzey sularının çok derinlerde (2-6 km) sirkülasyonu sonucu normal ısı gradyanı ile ısınarak ısının taşınması, (4) termal iletkenliği çok düşük olan kil ve şeyl gibi birimlerin daha derinlerdeki kayaları örterek ısıyı izole etmesi, (5) radyoaktif elementlerden ışıyım yoluyla çıkan ısı enerjisidir (Lund, Lienau ve Lunis, 1998). Elektrik enerjisi üretiminde ve ısıtmacılıkta kullanılan sahaların tamamında (1) ve (2)' de belirtilen mekanizma geçerlidir.

Yer kabuğu büyük bir enerji deposudur. İlk 10 km'sinde bulunan ısı enerjisi

insanoğlunun bugünkü tüketim hızı ile 6 milyon yıllık enerji ihtiyacını karşılamaya yeterlidir (Lund vd., 1998). Bu örnek ve jeotermal enerjinin tüketimdeki küçük payı, yeni teknolojilerin geliştirilmesi gereğini göstermektedir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Yeryüzünün Tahmini Jeotermal Enerji Potansiyeli (Geo-Heat Center,1998)

Kaynak	Karasal Kaynaklar ⁽¹⁾		Kullanımı İçin İhtiyaç Duyulan Gelişim Alanı
	Enerji (Joule)	Petrol Eşdeğeri (bbl)	
Magmatik Sistemler (yüzeyden itibaren 10 km' ye kadar olan kısım)	15*10 ²⁴	2,4*10 ¹⁵	Hidrotermal İkincil üretim ⁽²⁾
Kabuktaki Isı ⁽³⁾ (yüzeyden 3-10 km)	490*10 ²⁴	79*10 ¹⁵	İkincil üretim
Termal Akiferler	810*10 ¹⁸	130*10 ⁹	
Basıncılı Havzalar (0-6.9 km)	2,5*10 ²⁴	410*10 ¹²	Petrol sahaları ve hidrotermal
Toplam Petrol Rezervi (bbl) ⁽⁴⁾ (karşılaştırma için)		5,3*10 ¹²	

- (1) Antartika hariç
(2) Örneğin, sıcak kuru kayaların kullanımı
(3) Magmatik sistemler, termal akiferler ve basınçlı havzalar hariç
(4) Ham petrol, ağır petrol, tar ve bitümlü şistler dahil

Yeni, yenilenebilir ve çevre dostu olarak tanımlanan jeotermal enerji, kendi alternatifi olabilecek kaynaklarına göre daha yüksek bir verime ve kurulu güce sahiptir (Tablo 1.2). Jeotermal enerji dışında kalan diğer temiz enerji kaynakları gece ve gündüze, rüzgar şiddetine ya da hava koşullarına bağımlı iken jeotermal enerjide böyle bir bağımlılık yoktur.

Tablo 1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Verimleri (Geo-Heat Center,1999)

Kaynak	Kurulu Güç *MW _e	Toplam Pay %	Yıllık Üretim GWh/yıl	Toplam Pay %
Jeotermal	8 150	53,9	42 053	79,6
Rüzgar	6 050	44,6	9 933	18,8
Güneş	175	1,3	229	0,4
Dalga	742	2,0	2	1,2
Toplam	15 117	100	52 817	100

* MW_e, MW (megawatt) güç birimidir. 1 W= 1Joule/s, M, mega= 10⁶, G, giga, 10⁹. e, harfi kaynağın elektrik enerjisi üretiminde kullanıldığını gösterir. e, yerine t, kullanıldığında termal kullanım anlaşılmalıdır.

Jeotermal santrallerden 19 ayrı ülkede 8150 MW_e elektrik üretilmekte, 27 ülkede ise 11000 MW_e değerinde enerji doğrudan kullanılmaktadır. ABD'de jeotermal elektrik santrallerinin toplam gücü 2850 MW_e olup, üretilen enerji büyük ölçekli 4 nükleer enerji santralının üretimine eşit değerdedir. Filipinler ve El-Salvador gibi ülkeler elektrik enerjisi ihtiyaçlarının %40'ını jeotermal kaynaklardan sağlamaktadır (Koenig, 1983).

Jeotermal enerji, fosil yakıtlara oranla çok daha az çevre kirliliğine neden olmaktadır. CO₂ emisyonu fosil kaynaklı yakıtlara göre 50 kat, H₂S emisyonu ise 3 kat daha azdır (Murphy ve Niitsuma;1999). Elektrik enerjisi üretiminde maliyet sahadaki su buhar oranı, kuyu derinlikleri gibi parametrelere bağlı olarak değişir, genelde diğer kaynaklara göre biraz daha pahalıdır.

1.2 Türkiyede Jeotermal Enerji Kullanımı

Alp-Himalaya tektonik kuşağı üzerinde yer alan Türkiye önemli bir jeotermal potansiyele sahiptir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) verilerine göre Türkiye'de 600'den fazla jeotermal kaynak bulunmaktadır (MTA,1996). Bu kaynakların bir kısmı tarihsel dönemlerde tedavi amacıyla kullanılmıştır. Batı Anadolu'da yer alan bir çok antik kentte doğal sıcak suların kullanıldığını belgeleyen taşıma hatları ve hamam kalıntıları vardır.

Türkiye'de, kaplıcalar dışında, modern anlamda jeotermal enerji kullanımı 1964 yılında Gönen'de (Balıkesir) başlamıştır. Halen Gönen'de 16 MW_t kapasiteli otel, konut ve sera ısıtmacılığı uygulaması devam etmektedir (Mertoğlu, Mertoğlu ve Başarır,1994). Afyon, Sandıklı (Afyon), Simav (Kütahya), Kızılcahamam (Bolu), Kırşehir ve İzmir'de 52.000 KE* alan jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır (Şimşek, 2001).

Dikili, Aliğa (İzmir), Turgutlu, Salihli (Manisa) Afyon, Kırşehir, Aydın, Denizli gibi yerleşim birimleri jeotermal ısıtmaya yönelik büyük potansiyele sahiptir. 2000 yılı sonu verilerine göre Türkiye'de işletmeye alınmış merkezi ısıtma, balneoloji, sera ve endüstriyel kullanımdaki kurulu güç büyüklüğü 493 MW_t'a ulaşmıştır (Şimşek, 2001).

* KE, Konut Eşdeğeri teriminin kısaltılmış ifadesidir. 1 KE, 100m² kapalı alanı temsil eder.

Türkiye’de bilinen tüm jeotermal alanlar su baskın sahalar olup, Kızıldere (Denizli) ve Germencik (Aydın) sahaları yüksek entalpili, elektrik enerjisi üretimine elverişli, diğer sahalar ise düşük entalpili sahalardır. Kızıldere sahasında 1965 yılında başlayan çalışmalar sonucunda 1984 yılında 20.4 MW_e gücünde bir elektrik santrali kurulmuştur. Santral ortalama 10 MW_e kapasite ile çalışmaktadır. Kızıldere Jeotermal Enerji Sahası’nda elektrik üretiminde kullanılan kuyuların sıcaklıkları 193-242 °C, derinlikleri ise 515-2261 metreler arasında değişmektedir. Sahada bulunan karbondioksit gazı 120.000 ton/yıl kapasiteli bir tesisle kurubuz üretiminde kullanılmaktadır. Henüz re-enjeksiyon yapılamayan sahada bu sorunun çözümlenmesi ve ilave yatırımla 25-30 MW_e üretim yapılması mümkündür.

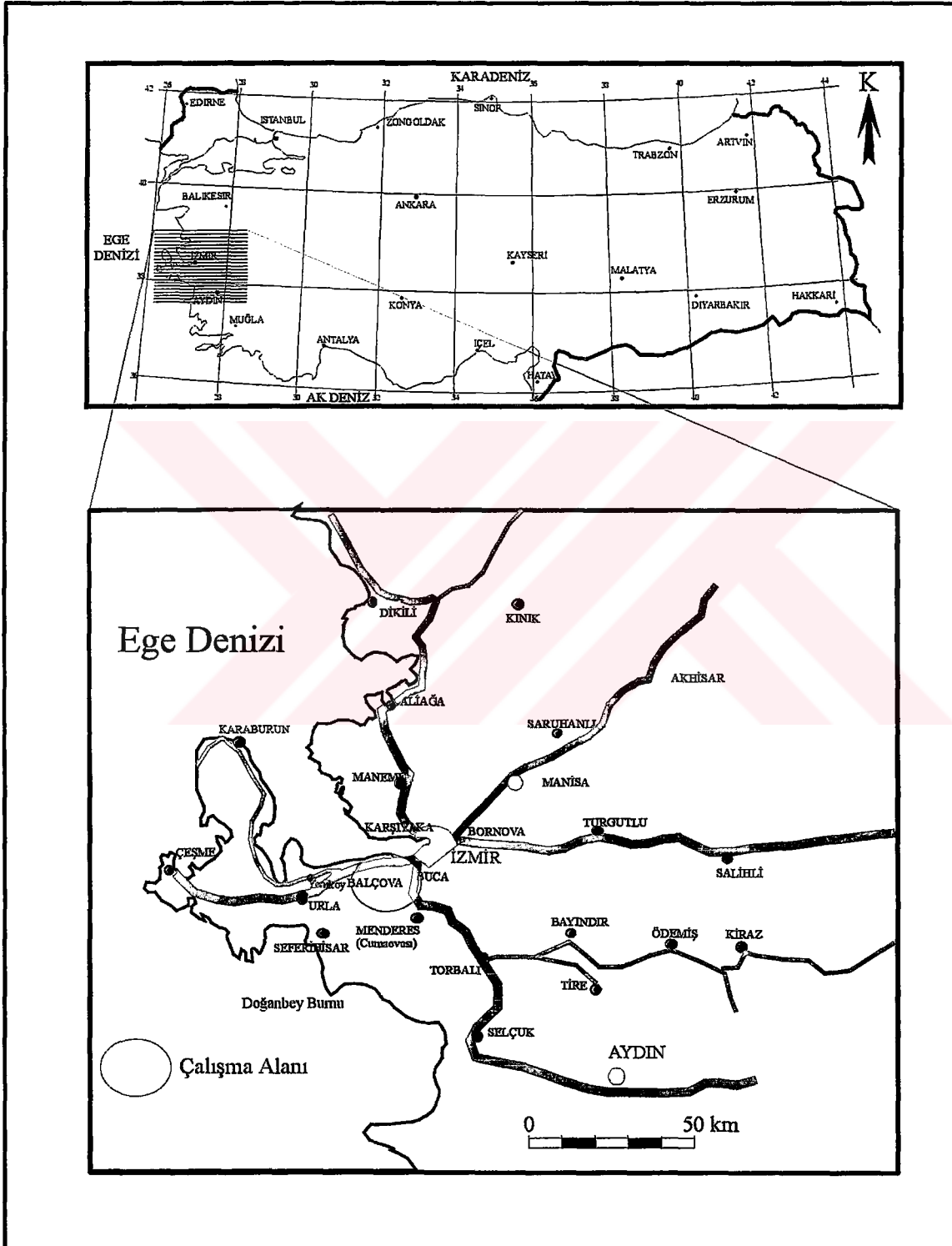
1.2.1 Narlıdere – Balçova Jeotermal Alanı

Narlıdere-Balçova jeotermal alanı, İzmir il merkezi Konak’ın yaklaşık 10 km batısındadır (Şekil 1.1). Balçova kaplıcaları ya da Agamemnon Ilıcaları olarak bilinen ve günümüzde üzerinde İl Özel İdaresine ait otellerin kurulu olduğu ve büyük bir kısmı yerleşime açılmış olan alanı kapsar. Çalışma alanı mitolojik değere sahiptir. Homeros’un İlyada’sında, Truva’nın fatihi ve krallar kralı olarak geçen Kral Agamemnon’un Truvayı aldıktan sonra yaralı askerleri ve ağır yaralı kızının buradaki kaplıcalarda şifa bulduğu anlatılmaktadır (Sezgin, 2001).

Türkiye’de jeotermal amaçlı ilk sondaj kuyusu 1962 yılında Balçova’da delinmiştir. Derinliği 40 m olan ilk kuyuda 124 °C sıcak su bulunmuştur (MTA, 1996). Sahanın sıcaklık dağılımını ve yüksek sıcaklığa sahip bölgeleri çıkarmak amacıyla, sahada başlangıçta 10 adet gradyan kuyusu* açılmıştır. Daha sonra delinen 11 yeni kuyuya, kuyu içi eşanjörleri** indirilerek ısı üretimi yapılmıştır.

* Gradyan kuyusu, sıcaklığın derinlikle değişimini araştırmak için delinen sığ kuyulardır.

** Eşanjör (heat exchanger), sıcak suyun ısınıp, daha soğuk bir akışkana transfer etmek için kullanılan aygıtlardır. Kuyu içi eşanjörleri, kuyuya indirilen “U” şeklinde borular olup, bir taraftan soğuk su basılarak diğer taraftan ısınmış su üretiminde kullanılır.



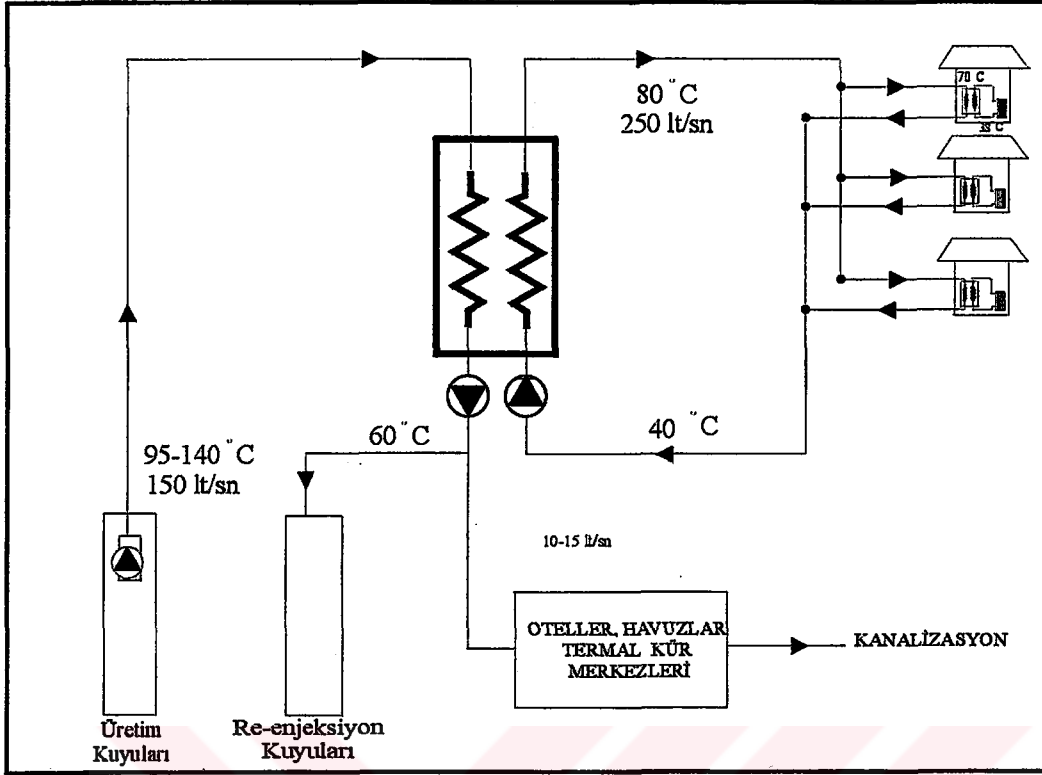
Şekil 1.1 Yer Bulduru Haritası

Sahada, önceden kullanılan kuyu içi eşanjörleri 1988 yılında sökülerek bu kuyulara pompalar yerleştirilmiştir. Üretilen sıcak su ile, Narlıdere ve Balçova'nın bir kısmında bölgesel ısıtma uygulamasına başlanılmıştır. Isıtma sisteminin büyümesiyle daha fazla sıcak su ihtiyacı olmuştur. 1994 yılından sonra MTA tarafından derin kuyular açılmıştır. 140 °C sıcaklık ve pompa ile 150 m³/saat debide üretim yapabilen bu kuyular sayesinde sistemin yükü derin kuyulara aktarılmıştır.

Narlıdere-Balçova jeotermal sahasında 25.000 KE ısıtma ve 5.000 KE soğutma yapılması planlanmış olmasına rağmen, sadece ısıtma projesi uygulanmıştır.

Isıtma sisteminden 2000 yılı sonu itibarı ile 6500 abone faydalanmakta ve 630.000 m² kapalı alan ısıtılmaktadır. Sistem ayrıca konutlara sıcak su da sağlamaktadır. Bu nedenle sahada sürekli bir üretim yapılmaktadır. Kuyulardan üretilen toplam debi mevsime ve dış ortam sıcaklığına bağlı olarak 10-120 l/s arasında değişmektedir. Merkezi ısıtma için iki ısıtma merkezi inşa edilmiştir. Balçova'da bulunan ısı merkezi 50.000.000 kcal/saat, Narlıdere'de bulunan merkez ise 10.000.000 kcal/saat kapasiteye sahiptir. Sahada, gelecekteki olası genişlemeye olanak sağlamak için iki ayrı ısıtma merkezi yeri daha belirlenmiştir (ORME, 2000).

Isıtma sistemi üç ayrı kapalı devre halinde çalışmaktadır. Birinci (primer) devrede kuyulardan üretilen sular ısıtma merkezine taşınmakta, burada ısı eşanjörlerinden geçirilen akışkanın sıcaklığı 55-65 °C'ye kadar düşürülerek, ısı enerjisi ikinci (sekonder) devreye aktarılmakta, daha sonra bu sular re-enjeksiyon (geri basım) kuyularına, havuzlara, otellere ve kür merkezlerine iletilmektedir. İkinci devrede tatlı su dolaştırılmakta binaların altında bulunan ısı eşanjörleri ile binalar ısıtılmaktadır (Şekil 1.2)



Şekil 1.2 Merkezi Isıtma Sistemi

1.3 Önceki Çalışmalar

Sahada ağırlıklı olarak jeotermal sistemi araştırmaya yönelik jeokimya, jeoloji, jeofizik ve sondajlı çalışmalar yapılmış olup, rezervuarın işletilmesine yönelik olarak MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) tarafından kuyuların açılması sırasında yapılan bazı sıcaklık ve basınç ölçümlerinin dışında bir çalışma yoktur.

Çalışma alanı ve çevresinin jeolojisi Akartuna, (1962), Öngür, (1972), İzdar (1975), Eşder ve Şimşek (1975), Konuk (1977), Yılmaz, Şimşek ve Gümüş (1977), Gümüş, (1979), Yılmaz (1988) tarafından çalışılmıştır. Araştırmacılar, bölgede çok geniş bir alanı kapsayan İzmir filişinin Menderes Metamorfitlerinin üzerine taşındığı konusunda görüş birliğine varmışlardır.

Tezcan, (1962), Tezcan, (1966), Ekingen, (1970) ve Drahor (1983), Ercan, Drahor ve Atasoy, (1986), sahada rezistivite, gravite, doğal uçuşma yöntemleri ile jeofizik çalışmalar yapmışlardır. Tezcan, (1962), Balçova kaynağı, Ilıca Deresi ve doğu kısımları ile deniz

arasında kalan alanı çalışmıştır. Bu çalışmada sıcak su ve soğuk su arasındaki rezistivite farkından yararlanılarak, sıcak suyun alüvyon içerisindeki yayılımı araştırılmıştır. Sahanın kuzeydoğu bölümünde, deniz suyu etkisi ile düşük rezistivite gösteren bölgenin dışında, araştırma alanının jeotermal sularından etkilendiği, düşük rezistivite dağılımının Balçova kaynağından itibaren kuzeydoğu ve kuzeybatı olmak üzere iki ana yönde uzandığı ortaya çıkartılmıştır. Kuzey doğrultulu uzanan ve daha sonra Agamemnon II fayı olarak adlandırılan fay, olası fay olarak işaretlenmiştir. Fayın doğrultusu K30D, açısı 79° olarak hesaplanmıştır. Fay hattında 1963 yılında S-1, S-2 ve S-3A sondajları yapılmış ve 124 °C sıcaklıkta jeotermal su bulunmuştur (Tezcan, 1966). Doğal uçlaşma çalışmalarıyla Ercan vd. (1986), Agamemnon II fayının sıcak su taşıdığını, Ilıca deresinin Batısı ve Doğusunda kalan (İnciraltı yol kavşağı) bölgenin 1100-1300 m derinlikte odak noktası olduğunu belirtmişlerdir

Dominco (1970), sahadaki sıcak suların fayların kesişme noktalarından çıktığını, sıcak suyun derin haznedeki geldiğini ve yüzeye gelene kadar bir miktar soğuduğunu belirtmiştir. Yılmaz (1988), sahada jeokimya ve hidrojeoloji çalışması yaparak, sahayı düşük, orta ve yüksek sıcaklıklı bölgeler olarak üç bölümde haritalamıştır. Conrad, Hipfel ve Satır (1995), sahadaki suları düşük iyon konsantrasyonuna sahip sodyum sülfatlı ve bikarbonatlı su olarak sınıflamışlar, bir örnek üzerinde O¹⁸ ve D (döteryum) izotoplarının analizini yaparak, sıcak suyun soğuk yüzey sularına oranla çok az bir O¹⁸ zenginleşmesi gösterdiğini belirtmişler ve muhtemel hazne kaya sıcaklığının 140 °C civarında olabileceğini açıklamışlardır. Tarcan, Filiz ve Gemici (1999), sahadaki suların Na-HCO₃-Cl-SO₄ tipli, düşük iyon derişimli, ısınmış yeraltı suyu ve suyun kalsit, aragonit, kalsedon ve kuvarsa doygun olduğunu belirtilmiştir. Vengosh, Helvacı ve Karamandere (2001), suyun kökenine yönelik olarak yaptıkları çalışmada sahadaki termal suların denizel kökenli olmadığını açıklamışlardır.

Sahada, yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak jeoloji ve su kimyasına yönelik yürütülmesine rağmen özellikle su kimyası çalışmalarında, kondanase olmayan gazların miktarı ve bileşimi hakkında hiçbir çalışma yapılmamıştır. İzotop analizleri ise çok sınırlı sayıda olup, O¹⁸ ve D analizleri ile yetinilmiş, bunları tamamlayıcı bir özelliği olan trityum izotopu analizi bugüne kadar yapılmamıştır. Yapılan çalışmaların tamamı sahada kuyu açılmadan veya sığ kuyularda yapılmıştır, derin kuyular açıldıktan sonra kapsamlı bir jeotermal akışkan kimyası çalışması da yoktur.

Sahanın bölgesel ısıtma amacıyla kullanıma başlamasıyla birlikte, sahada re-enjeksiyon yapılmaktadır. Literatürde re-enjeksiyon ve izleyici testleri ile ilgili sayısız çalışma bulunmaktadır. Stefansson, (1997), Şimşek, (1999), Horne, (1987), Horne, Gilardi ve Bouett, (1985), Okandan, (1987), Kocabaş ve Horne, (1987) re-enjeksiyonun jeotermal sahalarda uygulaması, kazançları ve sorunlarını araştırmışlardır. Bodvarsson, (1972), re-enjeksiyonun yapılan kuyulardan belirli uzaklıktaki noktalarda oluşan soğumaları incelemiştir.

Bugüne kadar ülkemizde hiçbir jeotermal sahada izleyici testi çalışması yapılmamıştır. İzleyiciler ile birlikte re-enjeksiyon sonucu soğuma konusu da daha önce çalışılmamıştır. Stefansson (1997) tarafından belirtildiğine göre izleyici ve termal cephenin üretim kuyularında birlikte gözlemlendiği pek az çalışma vardır. Bu çalışma onlardan birisi olmaktadır.

1.4 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Balçova–Narlidere jeotermal sistemindeki jeotermal akışkanın kökeni, yaşı, diğer sular ile karışımı, ortalama beslenme yüksekliği, maksimum hazne kaya sıcaklığının hesaplanması, üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasında ilişki olup olmadığının incelenmesi, ilişki var ise, re-enjekte edilen suların üretim kuyularına doğru akış hızlarının ve bu kuyulara olası etkilerinin araştırılmasıdır.

1.5 Kapsam ve Çalışma Yöntemi

Çalışmanın birinci bölümünde; jeotermal enerjinin tanımı yapılarak jeotermal enerjinin dünyada ve Türkiye’deki uygulamaları açıklanmış, Narlıdere-Balçova jeotermal alanı ve ısıtma sistemi tanıtılmıştır.

Önceki çalışmalardan derlenen sahanın jeolojisi ve hidrojeolojisine ikinci bölümde yer verilmiş, sahaya yakın su havzalarının su bilançosu çıkartılmıştır.

Üçüncü bölümde jeotermal akışkanın kökeni, türü, kimyasal bileşimi, yaşı, karışım ve rezervuar sıcaklığı araştırılmıştır. Bu amaçla sahada belirlenen 17 adet kuyu ve kaynaktan alınan örneklerde su kimyası, gaz miktarı ve bileşimi ve Oksijen-18, döteryum ve trityum analizleri yapılmıştır.

Dördüncü bölümde; sahaya re-enjekte edilen suların hareketleri, akış hızları, re-enjeksiyon kuyuları ile üretim kuyuları arasındaki bağlantı incelenmiştir. Bu amaçla, B-9 ve BD-2 re-enjeksiyon kuyularına izleyici madde basılarak gözlem kuyularından konsantrasyon ölçümleri yapılmıştır. İzleyici madde olarak uranın kullanılmış, konsantrasyon ölçümleri 0.02 ppb saptama eşiğine sahip fluorometre ile yapılmıştır. Bu çalışma Türkiye'de bir jeotermal sahada yapılan ilk izleyici deneyidir. Re-enjeksiyon kuyularına, birkaç ay aralıklı olarak, 5 kez izleyici madde basılmış ve toplam 14 ay süren gözlemler yapılmıştır.

Beşinci bölümde; izleyici testleri sonucunda, izleyici maddenin kısa sürede ulaştığı üretim kuyularında re-enjeksiyon sonucu soğuma olup olmadığı araştırılmış ve bazı üretim kuyularındaki soğumalar tartışılmıştır. Bu amaçla üretim kuyularında bir yıl süreli periyodik debi ve kuyubaşı sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.

Çalışmanın bütününe ait sonuçlar ve yorumlar altıncı, öneriler bölümde sunulmuştur.

BÖLÜM İKİ

SAHANIN JEOLJİK VE HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ

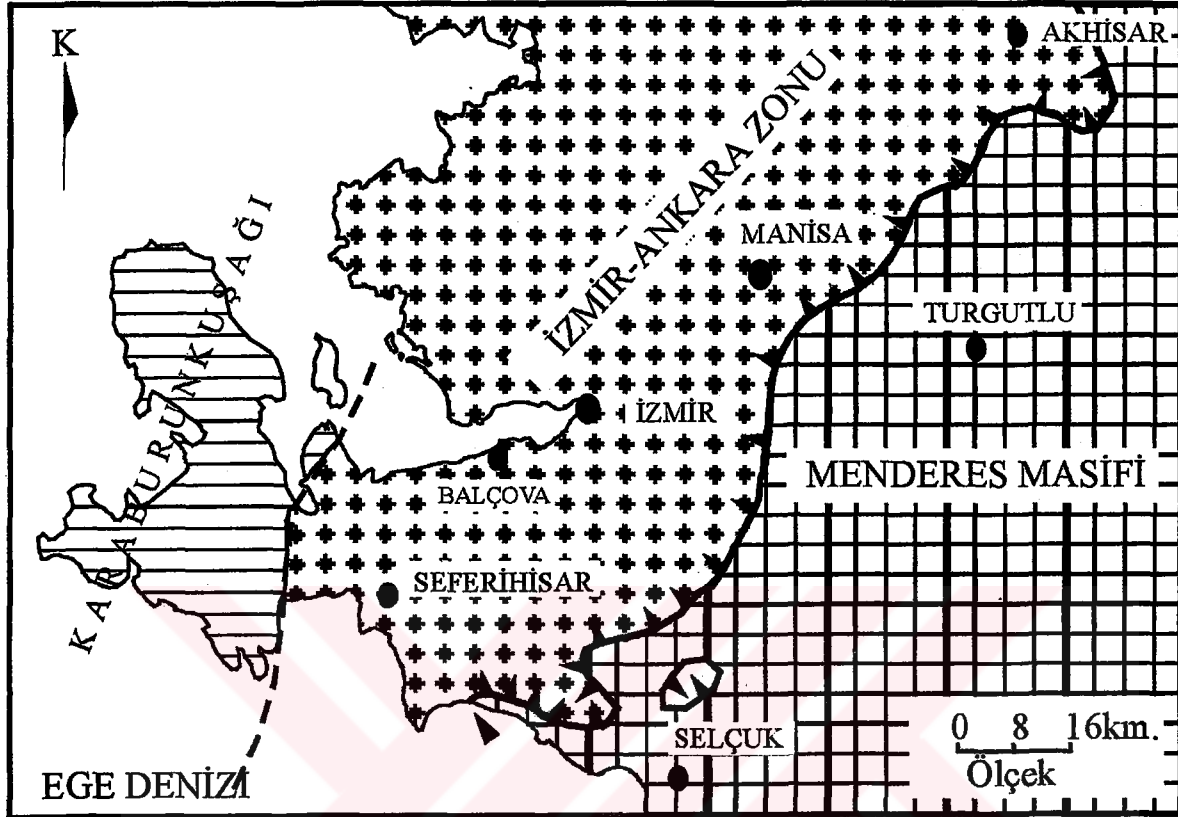
2.1 Giriş

Bu bölümde, bölgenin genel jeolojisi ve stratigrafisi anlatılmış ve jeotermal sistemin en önemli unsuru olan ısı kaynağının, tektonizma ile olan ilgisi açıklanmıştır. Çalışma alanı ve çevresinde daha önce yapılmış bulunan jeolojik ve hidrojeolojik araştırmalardan önemli ölçüde yararlanılmıştır.

2.2 Stratigrafi

İzmir ve yöresinde üç farklı tektonik kuşak olduğu Erdoğan, (1990), tarafından belirtilmektedir (Şekil 2.1). Araştırmacıya göre: Bu kuşaklardan en doğudaki, Menderes Masifi, altta çok kalın gnays ve mikaşist birimleri ile bunun üzerinde yer alan mermer istifinden oluşmuştur. Menderes Masifinin batısında İzmir-Ankara Zonu adıyla anılan Üst Kretase yaşlı tektonik kuşak bulunmaktadır. Bu kuşak Akhisar çevresinde ofiyolitik karmaşıkla temsil edilir, daha güneyde İzmir çevresinde ise filişin baskın olduğu birimlerden yapıldır. İzmir-Ankara Zonunun batısında ise Karaburun kuşağı bulunmaktadır. Karaburun kuşağı platform koşullarında çökelmiş kalın bir Mesozoyik karbonat istifinden oluştuğu belirtilmektedir.

Çalışma alanı, İzmir Ankara Zonunda yer almaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.1 Batı Anadolu'nun Tektonik Kuşakları (Erdoğan, 1990)

2.2.1 Paleozoyik

Çalışma alanının ve çevresinde Paleozoyik Menderes metamorfitleeri ile temsil edilmektedir.

2.2.1.1 Menderes Metamorfitleeri

Çalışma alanında tabanda Menderes metamorfitleeri yer almaktadır (Eşder, 1990). Menderes Masifi'ne ait kaya birimleri masifin değişik kesimlerinde Phillipson (1911)'den bu yana bir çok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Bu çalışmaların ortak bulgularına göre; Menderes Masifinin temeli gözlü gnays, granitik gnays ve bantlı gnayslardan yapıldır (Kun ve Candan, 1987a). Gnaysların üzerine uyumlu olarak metavolkanitler (leptit)

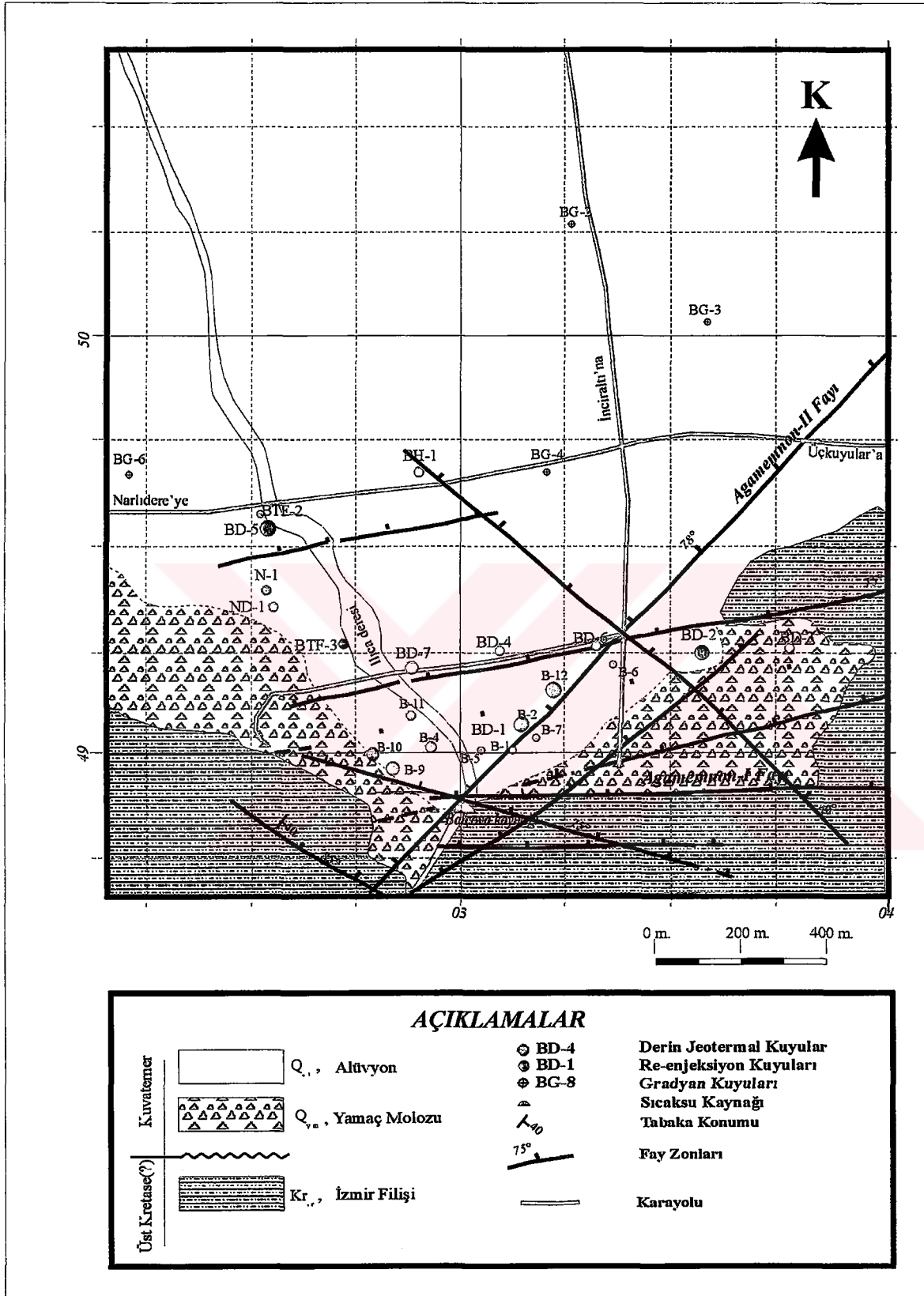
gelmektedir (Kun, 1983; Kun ve Candan, 1987a) Metavolkanitleri (leptitler) Triyas-Ordovisyen yaşlı örtü birimleri üstlemektedir. Bu örtü serisi, şistler ile başlar, üst düzeylerde fillit ve kalkşistler ile arakatmanlıdır (Başarı, 1970; Dora, 1975; Alkanoğlu, 1978; Evirgen, 1984; Kun ve Candan, 1987b; Dora, Savaşın, Kun ve Candan, 1987; Baykal 1988; Candan ve Kun, 1989). Şistleri, yaşları çeşitli araştırmacılar tarafından Üst Triyas-Üst Kretase olarak belirtilen mermerler, uyumlu olarak üstlemektedir. Altta şistler ile ardalanmalı olan ve iyi katmanlanma sunan mermerler, güneyde üst düzeylerde kilometrelerce uzanımlı zımpara cevherlerini içermekte olup muhtemelen Jura yaşlıdır. Mermerler, daha üst seviyelerde ise Üst Kretase yaşlı Rudist fosillerini içermektedir. Çine Asmasifinde bu karbonatlı istif Paleosen'e kadar kesintisiz olarak devam etmekte ve kırmızı mermerler ile temsil olmaktadır (Dürr, 1975; Çağlayan, Öztürk, Sav ve Akat, 1980).

2.2.2 Mesozoyik

Çalışma alanında Mesozoyik, Üst Kretase Paleosen yaşlı İzmir Filişi ile temsil edilmektedir.

2.2.2.1 İzmir Filişi

Bölgede yüzeyleyen en eski kaya birimi, İzmir Ankara Zonunun bir üyesi olan İzmir filişidir. Bu birimi, Yeniköy formasyonu uyumsuzlukla örtmektedir. İzmir filişi, çalışma alanında Balçova Kaplıcalarından güneye doğru, İlica Deresi boyunca, çalışma alanı çevresinde ise güneybatıya doğru Seferihisar, Doğanbey, Gümüldür; doğuda Bornova, Kemalpaşa; batıda, Güzelbahçe civarında gözlenmektedir (Şekil 2.2). Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.2 Çalışma Alanının Jeolojik Haritası (Yılmaz, 1988; Çetiner 2000, Karamandersi, 2000)

Bölgede oldukça geniş bir alan kaplayan İzmir filizi fillit, radyolarit, metaçakıldaşı, metakumtaşı, kireçtaşı, denizaltı volkanizması ürünleri olan serpantinit ve diyabaz araldanmasından oluşmuştur. Menderes metamorfiteilerin üzerine bindirmeyle gelmiştir (Erdoğan, 1990; Eşder, 1990).

İzmir filizi içerisinde yer alan fillitler, grimsi kahve renkli kalk-şeyl, çamur-şeyl türünde kayalardır. Çalışma alanının güneyinde Efemçukuru ve Payamlı köyleri çevresinde mostra verirler.

Derin deniz fasiyesini temsil eden koyu kırmızı renkli radyolaritler, tabakalı, kıvrımlı ve kırıklıdır. Çalışma alanının batısında Güzelbahçe civarında mostra verirler.

Çalışma alanının güneyinde mostra veren metakumtaşlarının bileşenlerini, küçük ve orta taneli metamorfik kaya kırıntıları, kuvars ve çört, çimentosunu ise kil ve ince kırıntılılar oluşturmakta ve alanın güneyinde kireçtaşlarına dereceli geçiş sunmaktadırlar.

Çalışma alanının güneydoğusunda, Uzundere çevresinde gözlenen Metaçakıldaşları kristalen şist çakılları, radyolarit ve mermer çakıllarından yapıldır.

İzmir filizi içinde bulunan kireçtaşları siyahımsı gri beyaz renklere olup bol kırıklı karstik yapıdadır. Çalışma alanının güney batısında Seydiköy çevresinde gözlenirler. İzmir Ankara Zonunda yer alan kireçtaşları Erdoğan, (1990), tarafından sığ denizel fasiyede platform türü kireçtaşları olarak tanımlanmakta ve boylarının 20 km'ye kadar ulaşabildiği belirtilmektedir.

İzmir filizi içinde yer alan ofiyolitik kayalar serpantinit ve diyabazdan oluşmaktadır. Serpantinit ve diyabazlar çalışma alanının güneybatısında Karabelen Tepenin güneyinde yüzlek vermektedir. Yılmaz (1988)'e göre serpantinit ve diyabazların filiz ile olan sınırını oluşturan dokanıklarda kırılma ve ezilmelerin varlığı, kayaların bir zorlama

nedeniyle yüzelediğini göstermektedir. Araştırmacılar Filişin yaşının Üst Kretase olduğunu vurgulamışlardır (Eşder, vd., 1975; Akartuna, 1962; Yılmaz vd., 1977; Yılmaz, 1988)

2.2.3 Senozoyik

Çalışma alanında Senozoyik, Miyosen yaşlı Yeniköy formasyonu, Pliyosen yaşlı volkanitler ve Kuvaterner yaşlı çökeller ile temsil edilmektedir.

2.2.3.1 Yeniköy Formasyonu

Çakıltaş, kumtaşı, kiltası, miltaş kireçtaşı ve linyit birimlerinden oluşan Yeniköy formasyonu çalışma alanının doğusu ve güneydoğusunda gözlenmektedir. Formasyon tabanda kötü boylanmış yer yer bloklu orta ve kalın katmanlı çakıltaşları ile başlar üstte doğru linyitli kumtaşı, kireçtaşı ve kiltası ardalanması ile devam etmektedir. Yeniköy formasyonunun en üstü çakıltaş, kumtaşı çakıllı kumtaşı beyaz renkli algli kireçtaşı ardalanması ve volkano sedimanter birimler olan tuf ve tüfitler ile temsil edilmektedir.

Formasyonun alt dokanağı İzmir filişi ile uyumsuz olup çoğu yerde faylıdır. Formasyon içinde bulunan fosil bulgularına göre Alt Pliyosen, Dasiyen veya Dasiyen civarı yaş verilmiştir (Akartuna, 1962).

2.2.3.2 Volkanitler

Çalışma alanı ve yakın çevresinde asidik ve bazik karakterli volkanik kayalar gözlenmektedir. Önceki araştırmacılar, volkanitleri Kadifekale ve Cumaovası volkanitleri adı altında incelemişler ve yaş olarak Alt-Orta Miyosen ile Üst Miyosen volkanitlerini ayırmışlardır (Türkecan, Ercan ve Sevin, 1998). Kadifekale andezitleri inceleme alanının dışında oldukça geniş bir yayılıma sahiptir. Cumaovası volkanitleri ise sahanın güneyinde mostra vermektedir.

Kadifekale Andezitleri

İzmir'in yakın çevresinde, Hatay, Göztepe, Kadifekale ve Karşıyaka da gözlenen andezitler siyah, pembe yeşil renkli, genellikle biotit hornblend ve piroksen andezitleri şeklinde olup önceki araştırmacılar tarafından Kadifekale andezitleri olarak isimlendirilmiştir (Yılmaz, 1988).

Cumaovası Volkanitleri

Cumaovası volkanitlerini aglomera, tuf-tüfitler ve riyolitler oluşturmaktadır. Çalışma alanının güneydoğusu ile güneybatısında gözlenen bu volkanitler, Eşder vd. (1975), tarafından Cumaovası volkanitleri olarak isimlendirmiştir.

İnceleme alanının güneydoğusunda yer alan aglomera ve tüfler Yeniköy formasyonunun üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Riyolitler ise çalışma alanının güney ve güneybatısında yer yer filiş içerisinde gelişmiş sil ve yer yer de Neojen birimlerini kesen riyolitik dayklar şeklindedir.

2.2.3.3 Kuvaterner Çökeller

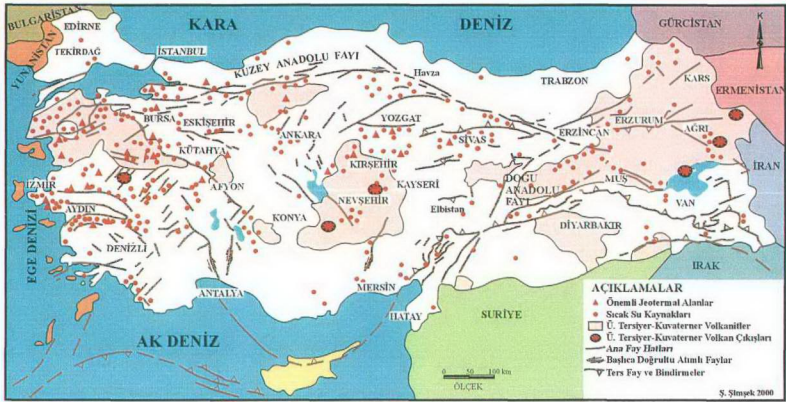
Çalışma alanında Kuvaterner, dere vadileri boyunca gözlenen çakıl kum ve kilden oluşan yeni alüvyonlar, kum ve çakıldan oluşan alüvyonlar ve normal fayların oluşturduğu yükseltelerin eteklerinde gözlenen yamaç molozları temsil ile edilmektedir. Kum ve çakıllardan oluşan, gevşek dokulu alüvyon güneyden kuzeye doğru giderek 150 m kalınlığa ulaşmaktadır (Tezcan, 1962).

İnceleme sahasında yeni alüvyonlar aktif dere yatakları boyunca, öbekler halinde gözlenmektedir. Alüvyonlar ise çalışma alanının kuzeyinde oldukça geniş bir alanı kaplamaktadır. Yamaç molozları, Agamemnon I fayının kuzeyinde, Balçova'nın güneyindeki vadinin batı yamacında gözlenmektedir. Yamaç molozları, normal fayların yükselmesine bağlı olarak faya yakın kesimlerde oluşmuşlardır, kuzeye doğru incelenerek

alüvyonlara geçiş yapmaktadırlar. Yamaç molozu gevşek tutturulmuş, köşeli çakıllardan oluşmuştur. Alüvyonlar çakıl, kum ve kilden oluşmuş orta ve kötü boylanmalıdır.

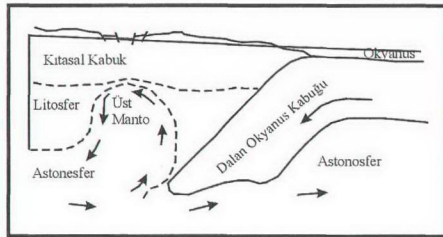
2.3 Yapısal Jeoloji ve Magmatizma

Türkiye halen aktif olan Alp-Himalaya Tektonik Kuşağında yer almaktadır. Bu kuşak aynı zamanda dünyanın en önemli deprem kuşaklarından birisi olup tüm dünyadaki deprem enerjinin %15-20'si bu kuşaktan açığa çıkmaktadır. Plaka hareketleri, Batı Anadolu'nun bugünkü jeolojik görünümünü almasında başlıca etken olmuştur. Ege ve Anadolu Plakalarının altına doğru dalmakta olan Afrika ve Arap Plakaları, Anadolu Plakasını Pliyosen'den başlayarak batıya doğru hareket ettirmektedir (Şaraoğlu ve Yılmaz, 1987) (Şekil 2.4). Bu hareketin itici gücü Kuzey ve Doğu Anadolu faylarının yarattığı gerilimdir. Çekme ve yükselme kuvvetlerinin etkisi altında olan Ege Plakası, Anadolu Plakasının batısında yer alır. Batı Anadolu günümüzde aktif K-G gerilme deformasyonu etkisindedir. Kuzey Anadolu Fayı ile Doğu Anadolu Fayının sınırladığı levhacığın birleşme noktasından başlayarak 20 mm/yıl hızla batı yönünde ilerlerken, Batı Anadolu'da güneybatıya yönelmekte Yunan Hendeği üzerine ilerlemektedir. Diğer yandan Batı Anadolu K-G doğrultulu bir gerilmeye ve yükselmeye uğramakta, buna bağlı olarak bölge yılda 30-60 mm gerilmektedir. Bu hareketlerin sonucu olarak D-B gidişli grabenler gelişmektedir. Batı Anadolu'da yaklaşık D-B uzantılı 10 kadar graben vardır. Bunların en önemlileri, kuzeyden-güneye doğru: Edremit, Bakırçay, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Kerme grabenleridir. Bornova Ovası ve İzmir Körfezi çöküntü çukurları da bu hareketler sonucu oluşmuştur. Aynı zamanda bu tektonik hatlar boyunca jeotermal sahalar oluşmuştur (Şekil 2.4). Grabenleri sınırlayan faylar boyunca bölgede sismik aktivite vardır. Bölgedeki, yapısal çizgiler KD-GB ve D-B doğrultularda yoğunluk gösterir. Anadolu ve Yunan ana karasında 40 km'yi aşan kıta kabuk kalınlığı, Ege Denizi'ne doğru 30 km'ye kadar düşmekte, gerilmenin en fazla olduğu alanlarda, Ege Denizi içinde, 28 km'ye kadar düşmektedir (Yılmaz, 2000).



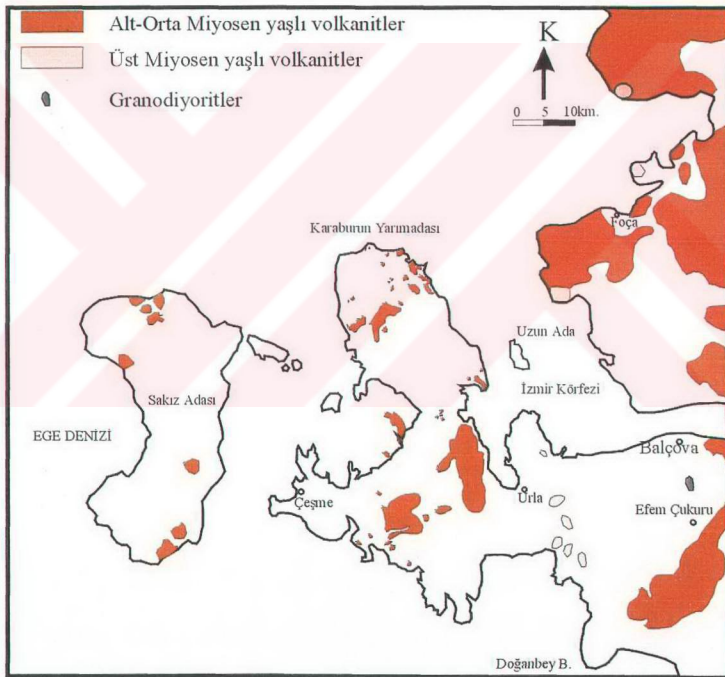
Şekil 2.4 Türkiye'nin Ana Tektonik Hatları ve Jeotermal Kaynakların Dağılımı
(Şimşek, 2001)

Afrika Plakasının dalması ile, Ege ve Anadolu Plakalarında, kabukta sıcaklık artmış ve volkanik etkinlikler başlamıştır (Şekil 2.5). Ege bölgesinde magmatizma Geç Oligosende başlamıştır (Yılmaz, 2000). Batı Anadolu'daki magmatik kayalar kabuksal kökenli olup, yer yer üst manto kökenli bir magmanın etkisi görülmektedir. Bu dönemde üst manto kabuk içerisine sokularak hibrit bir magma meydana getirmiştir. Geç Miyosen'de mantonun etkisinin artması ve ergiyen kabuksal malzemenin tükenmesiyle ilksel manto ürünü alkali bazaltik volkanizma Batı Anadolu'da etkin olmaya başlamıştır. Bunlar Çanakkale'den Denizli'nin güneyine kadar tüm Ege'de yaygındır (Ercan, 1982). İnceleme alanına en yakın etkinlik ise Seferihisar grabeni boyunca, Güzelbalçe Seferihisar arasında gözlenir (Şekil 2.6).



Şekil 2.5 Astenosferin Litosfere Göre Hareketi

Karaburun Yarımadası ile Menemen-Foça arasındaki volkanik kayaların radyometrik yaşları 16-11 milyon yıl arasında bulunurken (Türkecan vd., 1998), Salihli ve Turgutlu granodiyoritlerinin yaşı aynı yöntemle 13-12 milyon yıl olarak bulunmuştur (Hetzl, Ring, Akal ve Troesch, 1995). Kula volkanitlerinin en yaşlı evresi için 1.2 milyon yıl, en genç evresinin ise Demirköprü Barajı yakınlarında bulunan insan ayak izlerinden 12 bin yıllık olduğu belirtilmektedir (Ercan, 1982). Ege Denizi'nde Santorini Yanardağının 1950 yılında püskürmesi bölgede tektonik aktivitenin halen etkin olduğunu göstermektedir (Yılmaz, 2000).



Şekil 2.6 Karaburun ve Çevresindeki Magmatik Kayaların Dağılımı
(Türkecan, vd., 1998)

Ege Bölgesi aktif gerilmenin hızlı geliştiği bir yöredir. Dolayısıyla Litosferin incelenmesi nedeniyle jeotermal enerji potansiyeli yönünden oldukça önemli bir bölgedir. Nisiros Adası (Yunanistan), (Datça Yarımadasının 20 km batısında) Ege bölgesindeki en yüksek sıcaklığa sahip, (330°C), bir jeotermal saha bulunmaktadır (Kavourdis vd., 1999).

2.3.1 Derinlik Kayaçları

İnceleme alanın güneybatısında gözlenen granodiyoritler Karabelen Tepe’de gözlenmiş olması nedeniyle, önceki araştırmacılar tarafından Karabelentepe Granodiyoritleri olarak isimlendirilmiştir. Yapılan petrografik analizlerden albit granodiyorit, albit tonalit, hornblend tonalit gibi tanımlamalar yapılmıştır (Yılmaz, 1988).

Yine inceleme alanının güneybatısında, Kavacık-Efemçukuru bölgesinde, İzmir filişini kateden tonalit porfirler ve granodiyorit sokulumuna bağlı kontak metamorfizma gözlenmektedir (Oyman, 2000)

Yılmaz vd. (1977), Karabelentepe granodiyoritlerin yerleşimi ile ilgili üç modeli tartışmışlardır:

Magmatik girme; magmatik girmeyi, araştırmacılar granodiyoritin konumu itibarı ile filişten genç olması gerektiği ve granodiyoritin filiş ile dokanağında kontak metamorfizmanın gelişmemiş olması nedeniyle magmatik girmenin olmayacağını belirtmişlerdir.

Eski bir temel; granodiyoritlerin jeosenklinal içinde eski bir temel olması durumunu ise granodiyoritlerin üzerinde uyumsuz olarak kireçtaşlarının yer alması, diğer taraftan filiş ile dokanağında diskordansı ortaya koyacak verilerin bulunmaması nedeniyle, granodiyoritler eski bir temel olarak kabul edilmemiştir.

Ekzotik blok; araştırcıların Gölçük, Gödençe köyleri civarında yapmış oldukları çalışmalarında granodiyoritlerin filiş içinde düzensiz şekilde bulunması nedeniyle jeosenklinele taşınarak geldiğini kabul etmektedirler.

2.3.2 Tektonik

Üst Kreatese-Paleosen'de Menderes Masifi üzerine allokton olarak gelen İzmir Ankara Zonuna ait birimler daha sonra özellikle Orta Miyosen'de genleşme tektoniğinin etkisinde kalarak parçalanmış ve graben sistemlerinin gelişmesine imkan sağlamıştır. Bu sistemin bir devamı olarak çalışma alanında Agamemnon I ve II normal fayları gözlenmektedir (Şekil 2.2). Bu faylar Yılmaz (1988), tarafından isimlendirilmiş olup yazara göre Agamemnon I fayı Agamemnon II fayından daha gençtir ve sahadaki jeotermal suyu taşıyan en önemli fay hattıdır. Halen sahada açılmış bulunan bütün verimli üretim kuyuları bu zondan beslenmektedir.

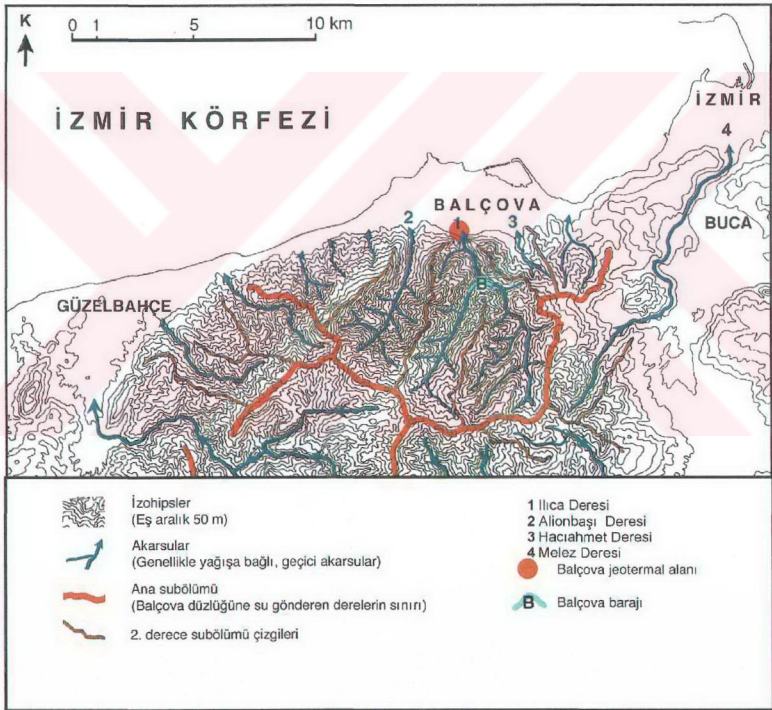
Narlidere-Balçova jeotermal sistemi doğu-batı uzanımlı Agamemnon-I fayı ve buna paralel kuzeye doğru basamak fayları ile dilimlenmiştir (Şekil 2.2). Faylar altıvyon altında gömülü olup sondaj kuyu verileri ve jeofizik çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Tezcan, 1962). Agamemnon I ve II faylarının keşiştiği bölgelerde derin, 140°C sıcaklığa ulaşan üretim kuyuları açılmıştır.

İzmir, Urla ve Seferihisar yöresinde yapılan gravite etüdünde (Ekingen, 1969) Doğanbey Burnu'ndan İzmir Körfezine doğru uzanan fay tesbit edilmiştir. Bu fayların İzmir Körfezi içerisinde Uzun Ada'nın batısından geçtiği (Günay, 1998) saptanmıştır.

2.4 Hidroloji ve Hidrojeoloji

Çalışma alanı da yüzey suları kuzeye, denize doğru akmaktadır. Alan ve çevresinde batıdan doğuya doğru üç önemli havza bulunmaktadır. Sular, batıdan doğuya sırası ile

Alionbaşı deresi, Ilıca deresi ve Hacıahmet deresi ile denize ulaşmaktadır (Şekil 2.7). Ilıca Deresi havzası 35 km² drenaj alanıyla en büyükleridir. Dere üzerinde yıllık ortalama $8,5 \cdot 10^6$ m³ su girişi olan Balçova Barajı bulunmaktadır. Alionbaşı Deresi 14 km²'lik bir drenaj alanına ve yıllık ortalama $5 \cdot 10^6$ m³ su akışına sahiptir (İZSU, 1997). Hacıahmet Deresi 6 km² 'lik bir drenaj alanına sahip olup, dereден akan su miktarı ile ilgili bir çalışma yoktur. Yan havzalarla benzerliği dikkate alındığında bu deredeki yıllık akışın $2 \cdot 10^6$ m³ civarında olabileceği kabul edilebilir. Sonuçta, toplam 55 km² büyüklüğündeki üç havzadan dereler yoluyla akan su miktarı $15,5 \cdot 10^6$ m³ olmaktadır.



Şekil 2.7 Balçova Kıyı Düzlüğüne Ulaşan Suların Beslenme Alanı

(Serpen veKayan, 2001)

Sahaya en yakın meteoroloji istasyonu 3 km kadar kuzeydoğuda Güzelyalı'da bulunmaktadır. Bu istasyonun 1938-2000 yılları arasındaki verilerine göre (Tablo 2.1) yıllık ortalama sıcaklık 17.7 °C, ortalama yağış ise 686.3 mm olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2.1 Balçova ve Çevresinde Ortalama Sıcaklık – Yağış Değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
T,°C	8.6	9.3	11.2	15.6	20.6	25.2	27.7	27.2	23.4	18.6	14.0	10.4	17.7
P,(mm)	131.2	98.8	76.7	44.1	31.8	7.9	2.1	2.2	10.7	37.9	92.1	150.8	686.3

Turc (1954)' ün bir drenaj alanındaki yıllık ortalama buharlaşmayı veren E 2.2 bağıntısına göre hidrolojik denge hesaplanmıştır.

$$P = E + R + I \quad \text{E 2.1}$$

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L * t^2}}} \quad \text{E 2.2}$$

$$L = 300 + 25 * t + 0.05 * (t^3)$$

Burada:

- P, ortalama yağış miktarı, mm
- E, buharlaşma miktarı, mm
- R, akan su miktarı, mm
- I, filtre olan su miktarı, mm
- t, ortalama sıcaklık, °C
- L, bir katsayı

Üç havzanın toplam alanına göre, havzaya yılda $38 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ yağmur suyu düşmektedir. E 2.2'den, ortalama buharlaşma miktarı 445 mm olarak hesaplanmaktadır, yani yılda $24 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ su üç havzada buharlaşmaktadır. Geri kalan $14 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ /yıl miktarındaki su, Alionbaşı, Ilıca ve Hacıahmet Dereleri ile denize doğru taşınmakta, bu arada alt kesimlerde yer alan alüvyonu beslemektedir. Bu hesaba göre, İzmir filizi ile kaplı olan üç havzadan, yeraltına su süzülmediği kabul edilebilir. Sahada topoğrafya çok engebeli olup, vadi yamaçları yüksek eğime sahiptir. Filişin geçirgenliğinin çok düşük olduğu dikkate alındığında, yağış sularının neden yeraltına süzülmeyerek akışla taşındığı ortaya çıkmaktadır. Balçova sahasında, tamamen İzmir filizi içerisinde 800 m delinmiş olan ND-1 (Ek 1) kuyusu "kuru kuyu" olarak kabul edilebilir. Kuyuda fay kesilemediği için, üretim ve enjeksiyona uygun değildir. Bu örnek İzmir filizinin "geçirimsiz" kabul edilebileceğini göstermektedir. Bu nedenle sahanın beslenme alanı için daha geniş alanların düşünülmesi zorunludur. Birbirleri ile hidrolik ilişkili fay zonları sayesinde, yan dere havzaları ve sahanın güneyinde bulunan Seferihisar horstu ile birlikte, beslenme alanı birkaç yüz km^2 'ye kadar büyüyebilir.

Çalışma alanında tatlı yeraltısuyu bakımından akifer özelliği taşıyan tek birim düşük kotlarda yer alan ve ova kesimlerini örten, ince bir kalınlığa sahip olan alüvyondur. Alüvyon alan, batı kesimlerde kısmen de olsa Neojen yaşlı gölsel çökeller ile yanal hidrolik ilişki içerisinde bulunmaktadır. Alüvyon, Ilıca deresi ile taşınan havza suları ile beslenmektedir. Ilıca deresi üzerinde yer alan Balçova Barajının suları tutması nedeniyle alüvyonel akiferin beslenmesi giderek azalmakta, bunun sonucu olarak, su kalitesinde bozulmalar olmakta ve sahanın kuzeyinde yer alan tarla, bahçe ve seralarda bitkilerin kurduğu, toprağın verimsizleştiği yönündeki şikayetler artmaktadır.

Fay zonları boyunca derinlere doğru süzülen meteorik sular, jeotermal gradyan ile ısınarak yeraltındaki termodinamik koşullar ile su-kayaç arasında kimyasal dengeye ulaşmakta, konveksiyon çevrim ile yine aynı tektonik mekanizmaya bağlı yeryüzüne doğru yükselmektedir. Yeryüzüne kadar yükselen sıcak sular, Balçova Kaynağından (Şekil 2.2) yüzeye akmıştır (son birkaç yıldır kaynak akmamaktadır). Alüvyon akifere giren jeotermal sular, soğuk yeraltısuları ile karışım yapmakta ve birlikte kuzeye doğru sıcaklığı azalarak akmaktadır.

Filiş içersinde gelişmiş dar yayımlı fay zonları, mega kireçtaşı blokları ve alüvyon jeotermal rezervuarları oluşturmaktadır. Fay zonları haricinde kalan kısımlarda, derin sondajlarda kesilen meta-kumtaşı, meta-kiltaşı ve meta-silttaşı aralanmalı litolojiler hidrojeolojik bakımdan hemen hemen tamamen geçirimsiz özellikte olup, yeraltısuyu veya jeotermal akışkan içermemektedirler.



BÖLÜM ÜÇ

DOĞAL İZLEYİCİLER

3.1 Giriş

Sular geçtikleri ortam boyunca kayalarla temas ederek onları çözer ve kendileri ile birlikte taşırlar. Sıcak su, buhar ve gazlardan oluşan jeotermal akışkan içerisinde, çözülmüş maddelerin konsantrasyonları su kayaç ilişkisi, süresi ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişir. Akışkan kimyası, jeotermal sahaların aranması, işletilmesi ve geliştirilmesinde önemlidir.

Bu bölümde, sahadaki jeotermal akışkanın doğadaki hareketi, türü, kökeni, yaşı, maksimum hazne kaya sıcaklığı, beslenme yüksekliği ve diğer sularla karışım oranları araştırılmıştır.

Bu amaçla, sahayı temsil edebilecek 17 adet örnek noktastndan alınan su örneklerinde su kimyası analizi yapılmış, 8 örnekte kondanse olmayan gaz miktarı ölçülmüş, 4 örnekte gaz bileşimi analizi ve 14 su örneğinde, 3 adedi tekrar olmak üzere O^{18} , döteryum ve trityum izotoplarının analizleri yapılmıştır.

Çalışma sonunda, suların nötr karakterli $Na-HCO_3-Cl$ türünde ve meteorik kökenli olduğu, rezervuardaki jeotermal akışkanın 1000 ppm'e yakın miktarda kondanse olmayan gazlar içerdiği, bu gazların %90'dan fazlasının CO_2 'den oluştuğu bulunmuştur. Jeotermometre ve izotop değerlendirmeleri sahanın orta entalpili (hazne sıcaklığı <180 °C) olabileceğini göstermektedir. Örneklenen sularda 4 TU'ya ulaşan trityum miktarı, jeotermal sahalar için ender görülebilecek kadar yüksek bir değerdir, yüzey suları karışımını olabileceğini belirtmektedir.

3.2 Jeotermal Akışkanların Kimyasal Özellikleri

Jeotermal suların çözünmüş kimyasal madde miktarı yüksektir. Elementlerin çözünürlüğü su-mineral dengesine bağlıdır ve daha çok mineral şeklindedir. Elementlerin miktarları, sıcaklığın ve bulunduğu ortamın karakteristik bir özelliğidir. Su kimyası verileri jeotermal sistemlerin sıcaklığı, beslenme ve boşalma bölgeleri, diğer sularla karışım oranlarını açıklamakta kullanılabilir (Ellis ve Mahon, 1977; Ellis, 1979; Henley, Truesdell, Barton, Whitney ve Robertson, (ed.), 1984; Şahinci, 1991a; Şahinci, 1991b; Nicholson, 1993; Koga, 1994; Yıldırım, 1999).

Jeotermal suların bulunduğu ortamlarda su-kayaç ilişkisi ve oluşacak reaksiyon hızı sıcaklığın bir fonksiyonudur. Sıcaklık, genellikle reaksiyon hızını artırıcı yönde etki eder. Ortam sıcaklığındaki her 10 °C'lik artış, reaksiyon hızını 2-3 kat artırır. Bu nedenle 200 °C sıcaklığa sahip bir ortamda gerçekleşen reaksiyonun hızı, 20 °C sıcaklığa sahip diğer bir ortama göre 2^{10} - 3^{10} kat daha hızlıdır. Yüksek sıcaklığa sahip ortamlarda kayaçların daha fazla altere olması bunun kanıtıdır (Arnorsson, 2000).

3.2.1 Su Kimyası

3.2.1.1 Nötr Bileşikler

Jeotermal sularda en fazla silika, arsenik ve bor bileşikleri bulunur.

Silika miktarı genellikle 100-300 ppm arasında değişir. Bu miktar silisyum minerallerinin ortamda çözünmesine bağlı olarak 700 ppm'e kadar çıkabilir. Çözünen silika ortam koşullarına bağlı olarak kuvars, kristobalit, kalsedon, opal veya amorf formda olabilir.

Arsenik, arsenoik asit (H_3AsO_3) veya arsenik asit (H_3AsO_4) formunda bulunur.

Bor, sularda borik asit (H_3BO_3 , HBO_2) olarak bulunur. Organik maddelerce zenginleşmiş sedimanter kayaçlarda 1000 ppm'e kadar çıkabilir. Andezitlerden gelen

sularda diğ er volkanik kayalara oranla çok daha fazla bor bulunur. Klorürlü sular genellikle 10-50 ppm arasında bor içerir.

3.2.1.2 Katyonlar

Jeotermal sularda alkali elementler olarak tanımlanan Na^+ , K^+ , toprak alkali olarak bilinen + 2 değerli Ca^{++} , Mg^{++} metal alkalilerden Al^{+3} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mn^{+2} , Mn^{+4} ve ender alkalilerden Li^+ , Rb^+ , Cs^+ ile NH_4^+ görülmektedir (Nicholson, 1993).

Na ve K çok karşılaşılan ve jeokimya değerlendirmelerinde kullanılan katyonlardır. Na/K oranlarının fazla değişmemesi nedeniyle jeotermometre olarak kullanılmaktadır. Sıcak sularda Na/K oranı 10' dan büyüktür. Na miktarı 200-2000 ppm arasında değişir. Na/K oranının 15' e yakın ve küçük olması, akışkanın yeryüzüne çıkış hızının yüksek olduğu "yukarı akış" (up flow) bölgesini gösterir. Yüksek değerler ise yanal akışları ve yüzeye yakın kondüktif soğumayı belirtmektedir.

Ender alkali elementlerden Li, Rb, Cs miktarları yüzeye doğru yaklaştıkça azalmaktadır. Tipik olarak termal sulardaki bulunma oranları $\text{Li} < 20$ ppm, $\text{Rb} < 2$ ppm, $\text{Cs} < 2$ ppm'dir. Bu elementlerin miktarı riyolitik, andezitik karakterli rezervuar kayalardan veya benzer bileşime sahip sedimanter kayalardan gelen sularda 1-10 ppm arasında değişirken, bazaltik ortamdan gelen sulardaki miktarı 0.1 ppm' den küçüktür.

Jeotermal sulardaki Ca miktarı, doğada yaygın olarak gözlenen CaCO_3 (kalsit, aragonit), CaSO_4 (anhidrit, jips), CaF_2 (florit) ve diğ er kalsiyum minerallerinin ortamdaki çözünürlüğü ile ilgilidir. CO_2 gazının kısmi basıncı çözünürlük ve çökeltme üzerine etkilidir. Ortam basıncı CO_2 gazının kısmi gaz basıncının altına düşmesi ile, serbest kalan CO_2 açığa çıkar ve ortamdaki CaCO_3 çökeltir. Yüksek sıcaklıklı sistemlerde, sıcak su içersisinde çözülmüş Ca miktarı genellikle 50 ppm' den küçüktür. Na/Ca oranı jeotermometre olarak kullanılmaktadır. Yüksek değerler doğrudan rezervuardan beslenmeyi gösterdiği kabul edilmektedir (Nicholson, 1993).

Sularda Mg miktarı, suyun içinden geçtiği başta ferromagnezyen mineraller içeren ultrabazik kayalar olmak üzere dolomitin çözünürlüğü ile ilgilidir. Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sularda Mg miktarı 0,01-0,1 ppm arasındadır. Daha yüksek konsantrasyonlar yüzeye yakın kayalardan ya da sığ sulardan karışımı göstermektedir.

Alimünyum, klorürlü sularda saptanamayacak derecede az bulunurken, asit sularda kayaların liçi yolu ile binlerce ppm' e ulaşır.

Demir, klorürlü sularda tuzluluk ve pH değerlerine bağlı olarak 0.001-1 ppm arasında bulunmaktadır. 180 °C'den daha yüksek sıcaklığa sahip sular pirit ile denge halindedir. Bu sıcaklığın altında protit ve markazit aşırı doygun haldedir ve buharlaşma ya da soğuma ile çökme başlamaktadır. Klorürlü sularda demirin daha da fazlalaşması, yüzeye yakın minerallerin asidik sular ile liç olduktan sonra klorürlü sulara karışımını belirtmektedir ((Nicholson, 1993).

Mangan, jeotermal sularda eser miktarda bulunur. Nadiren 0,01 ppm miktarını aşar.

Amonyum (NH_4^+) ve amonyak gazı (NH_3), formunda izlenir. Yüksek miktarda NH_4^+ yüzeye yakın yerde buhar etkisiyle ısınan suların bir ürünüdür. Derin sedimanter kayalardan gelen sularda da yüksek miktarda NH_4 bulunur.

3.2.1.3 Anyonlar

Jeotermal sularda HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , F^- , Br^- ve I^- bulunmaktadır.

Bikarbonat miktarı, jeotermal sulardaki toplam karbonat (HCO_3^- , CO_3^{2-} , H_2CO_3 , $\text{CO}_2(\text{sıvı})$) miktarı, akışkanın pH' ı ve karbondioksit gazının kısmi basıncı ile değişir. Ortam basıncı etkisiyle, ortamdan CO_2 gazının ayrılmasıyla pH yükselir. pH'ın 6-10 arası olduğu durumlarda karbonat baskın iyonudur. Karbonat pH'ın 3.8'den küçük olduğu durumda karbonik asit olarak, pH 8 civarında ise bikarbonat iyonları halinde bulunur.

Doğrudan beslenen sistemlerde HCO_3 miktarı azdır. HCO_3/SO_4 oranının artması sıcaklık yükselim zonundan uzaklaşmayı gösterdiği belirtilmektedir .

Derin jeotermal sularda sülfat miktarı 50 ppm'den azdır. Yüzeğe yakın yerlerde hidrojen sülfürün oksidasyonu ile artış gösterir. Yüzeğe sularındaki sülfat artışı yüzeğe yakın buhar yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır.

Klorür jeotermal sistemlerin aranması ve yorumlanmasında çok kullanılan bir elementtir. Bir kez çözüldükten sonra başka minerallerin bünyesine kolay girmemesi nedeniyle doğrudan jeotermal suyu karakterize eder. Yüksek konsantrasyon doğrudan, derinden ve yüksek debili bir beslenmeyi gösterir. Eş klorür haritaları yüksek sıcaklık bölgelerinin ve fay sistemlerinin bulunmasında kullanılır. Düşük klorür konsantrasyonu yüzeğe sularının giriş doğrultularını belirtir. Kaynama ya da karışım etkilerini elimine etmek için Cl/B , Cl/As , Cl/HCO_3 oranlarından yararlanır.

Florür miktarı genellikle 10 ppm'den daha azdır. Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sularda, CO_2 kısmi basıncının etkisiyle kalsiyum çökelirken, fazla florür açığa çıkmadıkça düşük konsantrasyonlarda bulunur. Volkanik gazların yoğunlaşması sonucu yüzeğe sularında miktarı artar.

Bromür, jeotermal sularda çok az bulunur. Sadece deniz suyu girişimi olan ya da denizden beslenen sistemlerde ve evaporitik serilerden gelen sularda dikkati çekebilecek ölçüdedir. Br/Cl , Br/I deniz suyu karışımını gösterir.

Iyot, evaporitler ve yüzeğe yakın organik maddelerce zengin sedimanter kayalardan jeotermal sistemlere geçer.

3.2.2 Gaz Kimyası

Jeotermal sistemlerde buharla birlikte CO_2 , H_2S , NH_3 , N_2 , H_2 , CH_4 , Ar, He gazları değişen oranlarda bulunmaktadır. Kondanse olmayan bu gazlar suyun kimyasal

özelliklerini değiştirmektedirler. CO₂ gazının kabuklaşma üzerine önemli etkisi vardır. Kısmi gaz basıncı üretilebilir akışkan miktarını kontrol etmektedir.

Karbondioksit, jeotermal sistemlerde en fazla bulunan gazdır. Karbonatlı kayaların sıcaklık etkisi ile alterasyonu, sedimanter kayalardaki organik maddelerin meteorik sularla bozulması ya da magmatik kökenli olabilmektedir. Çözünmüş karbondioksitin açığa çıkmasıyla, suyun sıcaklık, akış hızı, yoğunluk, basınç, doygunluk, pH değerleri değişime uğramaktadır.

Hidrojen sülfür rezervuar kayacın altere olması sonucu veya magmatik kökenli olabilir. Kayaç tarafından demir sülfür formunda tutulabilir. Yavaş bir reaksiyon olmasına rağmen hidrojen sülfür zamanla ortamda azalır. Migrasyon arttıkça ortamdaki CO₂/H₂S oranı artar. Hidrojen sülfürün çözünürlüğü karbondioksitten 2-3 kez daha fazladır.

Amonyak, sedimanter kayalar içerisindeki organik maddelerin bozulmasından açığa çıkar. Migrasyonla killer tarafından tutulacağı için miktarında bir azalma olur. Sıcaklık azaldıkça buhar fazında çözünürlüğü artar, bu nedenle düşük sıcaklığa sahip jeotermal sistemlerde daha çok bulunur.

Hidrojen, çok reaktif bir gazdır. Kayaç yüzeylerinde kolayca tutulur. Zaman ve migrasyonla H₂/CO₂ oranı azalır, akış yönü ve yukarı akış zonunu belirlemede iyi bir göstergedir.

Metan, jeotermal sahalarda rastlanılan tek hidrokarbon gazdır. Derin sedimanter kayalardan sisteme geçen ve düşük sıcaklıklı jeotermal sistemlerde görülebilen bir gazdır.

Azot (nitrojen) atmosfer kökenli bir gazdır. Meteorik sularla jeotermal sisteme girer. Kabuktaki organik maddelerin magma ile temasından açığa çıkması mümkündür. Ancak, bu durumu doğrulayabilecek bir jeotermal sistem yoktur. Düşük sıcaklıklı sahalarda daha yüksek oranlarda bulunur.

3.2.3 İzotop Kimyası

İzotoplar, aynı elementin farklı sayıda nötrona sahip çeşitleridir, kimyasal davranışları değişmemekle beraber, farklı fiziksel davranışlar gösterirler. Döteryum (D; ^2H), oksijen-18 (^{18}O) radyoaktif ışına yapmayan kararlı, trityum (T; ^3H) ise yarılanma ömrü 12.6 yıl olan kararsız ve hidrojeolojide çok kullanılan çevresel izotoplardır. Su, oksijen ve hidrojen izotoplarının 9 ayrı kombinasyonu halinde bulunur. Bunlardan en ağırları HD^{16}O ve H_2^{18}O 'in okyanus suyundaki ortalamaları sabittir ve sırası ile 155 ve 2000 ppm'dir. Okyanuslar yeryüzündeki hidrolojik çevrimin başlangıç ve bitiş noktası olarak kabul edilir. Bu nedenle okyanus sularındaki ortalama oksijen ve hidrojen izotopları "standart" olarak kabul edilmiştir. "Okyanus Suları Ortalaması", SMOW'a göre, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ oranı milyonda 2005.2 ± 0.45 ve D/H oranı milyonda 155.7 ± 0.05 dir. Yeryüzü yağış sularındaki D ve ^{18}O izotopları arasındaki ilişki, Eşitlik (E) 3.1'deki gibi tanımlanmıştır (Craig, 1961).

$$\delta D(\text{‰}) = 8 \delta^{18}\text{O}(\text{‰}) + 10 \quad \text{E 3.1}$$

E 3.1'deki +10 rakamı, döteryum fazlası olarak adlandırılır. Bu değer dünya ortalaması +10'dur. Çok yağışlı ve soğuk iklime sahip, buharlaşmanın düşük olduğu bölgelerde ve kutuplarda bu değer azalırken, kurak iklime sahip bölgelerde artış gösterir (Mizutani, 1988).

İzotop analizlerinde mutlak miktarı saptamak çok güçtür. Bu nedenle bir standarda göre bağıl miktar daha yüksek bir doğrulukta bulunabilir (E 3.2).

$$\delta(\text{‰}) = \frac{R_{\text{örnek}} - R_{\text{standart}}}{R_{\text{standart}}} * 1000 \quad \text{E 3.2}$$

Burada R, oksijen için $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, hidrojen için D/H oranıdır. δ değeri binde (‰) olarak ifade edilir.

3.3 Kimyasal Verilerin Uygulamada Kullanılması

3.3.1 Jeotermal Suların Sınıflanması

Volkanik ve tektonik kuşaklardaki yüksek sıcaklığa sahip sular baskın anyonlarına göre dört sınıfta toplanmıştır (White, 1957; Ellis ve Mahon, 1977; Koga 1994; Nicholson 1993).

Klorürlü Sular

Jeotermal suların önemli bir kısmı köken olarak yüksek sıcaklıklı, nötr pH' a sahip, klorürlü sulardır. Derin hidrotermal sistemlerden sondajlar ile alınan sıcak suların bu derinlikte nötr klorürlü olması bunun kanıtıdır. Karşılaşılan diğer sular bu sudan türediği kabul edilmektedir (Ellis, vd., 1977; Nicholson, 1993; Henley, vd., 1984).

NaCl, KCl ve SiO₂ bu suların ana bileşenleridir. As, B, I, SO₄, HCO₃, NH₃, Li, Rb, Cs gibi minör bileşenleri de bulunur. Cl/SO₄ oranı genellikle yüksektir. Bu tür sular en az 1500 m derinliğe sahip, derin rezervuar sistemlere aittir. Suların sıcaklığı 200-300 °C arasındadır. CO₂, H₂S ve NH₃ ve bazı hidrokarbon gazları içerirler. Gazın toplam suya oranı % 0.01-0.1 mol arasında değişir. Nötr sular yüzeye ulaştığında, buhar ve CO₂ kaybı nedeniyle borat, silikat ve karbonat iyonlarının etkisiyle hafif alkalın olurlar. Su kalsit ve silikanın doyma sıcaklığına yakındır.

Yüzeyde bulunan, yüksek klorürlü sıcak su çıkışları, o bölgenin derin jeotermal sistemle doğrudan bağlantısını belirtir. Kaynak bölgeleri, bölgesel topografya nedeniyle sıcaklık yükseliminin olduğu bölgenin tam üzerinde olmayabilir. Yeryüzünde yüksek debili bir akış veya gayzer olabilir.

Bu tür sularda baskın anyon olan klorür 10.000 ppm'e kadar çıkabilir. Tuzlu su formasyonlarının ya da deniz suyunun etkisi ile 100.000 ppm'i geçen jeotermal sahalar da vardır. Katyonlardan, sodyum ve potasyum yaklaşık 10 / 1 oranında bulunur. Derinlik ve sıcaklıkla orantılı olarak artan silika ve bor önemli bileşiklerdir. Sülfat ve bikarbonat konsantrasyonları değişken olmasına rağmen klorüre göre miktarları çok azdır. Karbondioksit ve hidrojen sülfür ana gazlardır.

Sülfatlı Sular

Klorürlü suların buhar fazında bulunan H_2S gazı ile oksidasyonu sonucu asit sülfatlı sular oluşur. Sıcak asit sular kayaçları çözümlenerek yüzeyde krater ve mağaraları oluşturur, ortamın pH'ı 2.8 civarındadır. Bikarbonat asidik ortamda çözünerek karbonik asite dönüşeceği için hemen hemen yoktur. Buharlaşma sırasında buharla taşınan bileşikler, bu suların içerisinde yoğunlaşacağı için NH_3 , As, B konsantrasyonları artar. Asidik su ile reaksiyona giren yüzey kayaçları ve metalik katyonlardan Na, K, Mg, Ca, Al, Fe su içerisinde yüksek konsantrasyonlara ulaşır.

Asit Sülfat- Klorürlü Sular

Bu suların pH'ı 2-5 arasında değişir. Klorürlü ve sülfatlı suların karışımıdır. Karışım klorürlü ve sülfatlı suların doğrudan karışımı olabileceği gibi, klorürlü suların içindeki H_2S 'in yüzeye yakın bölgelerde oksidasyonu ile de meydana gelmektedir.

Aktif volkanik bölgelerde, yüksek sıcaklığa sahip, düşük basınçlı buhar sıcak kayadan yüzeyde daha soğuk bir seviyeye yükselerek yoğunlaşır. Volkanik buharlardan gelen hidrojen florit nedeniyle bu termal sular genellikle yüksek florür konsantrasyonuna sahiptir. Buhar sıcaklığının düşmesiyle florür, klorür ve sülfür gazları azalarak, asit-sülfat klorürlü sular daha sonra asit sülfatlı sulara dönüşür

Bikarbonatlı Sular

Bu tip sular, gaz ve buharın yüzeye yakın bölgelerdeki yeraltısularını ısıtması ile oluşur. CO_2 'ce zengin ve nötr sulardır. Jeotermal sistemin üst kısmını bir kabuk gibi kavrar ve sınırlarında yer alır. Sedimanter ve metamorfik karbonatlı kayaçlardan sisteme girer.

Bu sular, düşük klorürlü ve yüksek HCO_3 'lü ve farklı SO_4 içeren sulardır. Durgun halde, kayaçla reaksiyona girerek nötr bikarbonatlı veya bikarbonat sülfatlı suları meydana getirirler. Kalsiyumun yüksek sıcaklıklarda az çözünmesi, potasyum ve magnezyumun killer tarafından bağlanması nedeniyle, sodyum bu tip sulara genellikle ana katyondur. Yüksek sıcaklıklarda, sülfat konsantrasyonu $CaSO_4$ çözünürlüğü ile sınırlıdır. Cl, B, Br,

As, Cs rezervuar kayacta meydana gelen alterasyonla hemen suya geçer ve tekrar reaksiyona girmeleri çok zordur. Özellikle klorür korunur.

Seyreltik Klorürlü-Bikarbonatlı Sular

Bu tür sular derin klorürlü suların yeraltısuları ile seyreltilmesi veya yanal akışlar sırasında yeraltısuları ile karışımı sonucu oluşur. En büyük anyon HCO₃ olup, sular nötr pH'a sahiptir. Yer altı suları karışımı nedeniyle Mg miktarı artar. Sıcaklık yükselimi olan bölgelerinin ve jeotermal sahaların dış kenarında bulunur. Kaynakların çevresinde travertenleşme çok azdır ya da hiç olmayabilir.

3.3.2 Hazne Kaya Sıcaklığı

Jeotermal sistemlerde sıcak su ile kayac arasındaki çözünürlük veya iyon değişimine dayalı reaksiyonların, dengeye ulaşmaları sıcaklığın bir fonksiyonudur. Rezervuar sıcaklığını kestirmek için çözünürlüğe ve iyon değişimine dayalı jeotermometre bağıntılarını geliştirilmiştir (Mahon, 1966; White, 1970; Truesdall, 1976; Fournier, 1977; Ellis, 1979; Foulliac ve Michard, 1981; Kharaka, Lico ve Law, 1982; Giggenbach, 1988; Arnorson, 2000) (Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3, Tablo 3.4, Tablo 3.5, Tablo 3.6).

Su, gaz ve izotop jeotermometreleri jeokimya çalışmalarının önemli bir parçasıdır. Sondajlar ile keşfedilebilecek hazne kaya sıcaklıklarının tahmin edilmesinde çabuk ve ekonomik çözümler sağlarlar. Üretim aşamasında, soğuk su girişimi, karışım, basınç azalması nedeniyle kaynama-buharlaşma olup olmadığının belirlenmesinde kullanılırlar. Önerilen jeotermometreler, mineral konsantrasyonlarının sadece su-kayac ilişkisine bağlı, reaksiyonların devamlı, reaksiyona giren minerallerin kayacta fazlası ile mevcut, su-kayac arasındaki reaksiyonun dengeye ulaşmış olduğu varsayımına dayanır. Değişik jeotermometre eşitlikleri kendi ilerinde ve diğer gruptaki jeotermometre bağıntılarını ile farklı sonuçlar verebilir.

Teorik olarak, bütün katyon oranları ve yüksüz bileşik konsantrasyonları, denge koşulları devam ettiği sürece jeotermometre olarak kullanılabilir (Arnorsson, 2000).

3.3.2.1 Silika Jeotermometreleri

Silika çözünürlüğünün sıcaklık ve silika formu arasındaki değişimini ilişkisine dayalı silika jeotermometreleri (Fournier,1977; Fournier ve Potter, 1982; Arnorsson, 1983; Fournier, 1991; Arnorsson, 2000) tarafından geliştirilmiştir (Tablo 3.1).

Silika çözünürlüğü basınç ve tuzluluk ile değişir. Tuzların 300 °C'ye kadar silika çözünürlüğüne etkisi çok az azdır. Bu sıcaklığa kadar basıncın etkisi de ihmal edilecek kadar az olmasına rağmen, 300 °C' den sonra kuvars çözünürlüğünü etkiler. Silika; kuvars, kalsedon, kristobalit, opal ve amorf formlarda olabilir.

Tablo 3.1 Silika Jeotermometreleri (Henley ,vd.,1984; Nicholson, 1993; Arnorsson, 2000.)

Silika Formu	Eşitlik	Kaynak	
Kuvars (adyabatik soğuma) (25-250 °C)	$t = [1309 / (5,19 - \log S)] - 273$	Fournier,(1977).	E 3.3
Kuvars (maks. buharlaşma, 100°C)	$t = [1522 / (5,75 - \log S)] - 273$	Fournier,(1977).	E 3.4
Kuvars (25-900 °C)	$t = -42.2 + 0.28831S - 3.6686 * 10^{-4} S^2 + 3.1665 * 10^{-7} S^3 + 77.034. \log S$	Fournier ve Potter, (1982)	E 3.5
Kuvars (adyabatik soğuma)	$t = -53.5 + 0.11236S - 0.5559 * 10^{-4} S^2 + 0.1772 * 10^{-7} S^3 + 88.390. \log S$	Fournier ve Potter, (1982)	E 3.6
Kuvars (0-350 °C)	$t = -55.3 + 0.3659S - 5.3954 * 10^{-4} S^2 + 5.5132 * 10^{-7} S^3 + 74360 \log S$	Arnorsson, (2000)	E 3.7
Kuvars (adyabatik soğuma) (0-350 °C)	$t = -66.9 + 0.1378S - 4.9727 * 10^{-5} S^2 + 1.0468 * 10^{-8} S^3 + 87.841. \log S$	Arnorsson, (2000)	E 3.8
Kalsedon	$t = [1032 / (4,69 - \log S)] - 273$	Fournier,(1977).	E 3.9
Kalsedon	$t = [1112 / (4,91 - \log S)] - 273$	Arnorsson vd, (1983)	E 3.10
α - Kristobalit	$t = [1000 / (4,78 - \log S)] - 273$	Fournier,(1977).	E 3.11
β - Kristobalit	$t = [781 / (4,51 - \log S)] - 273$	Fournier,(1977).	E 3.12
Amorf Silika	$t = [731 / (4,52 - \log S)] - 273$	Fournier,(1977).	E 3.13

(t °C), (S, SiO₂, mg/l)

Her bir silika formu farklı kinetiğe sahiptir. Derinde ve 180 °C'nin üzerinde çözülmüş silika konsantrasyonunu kuvarsın çözünürlüğü etkiler. Kuvarsa göre daha yüksek çözünürlüğe sahip olan kalsedon 140 °C'dan daha düşük sıcaklıklarda görülür.

3.3.2.2 Katyon Jeotermometreleri

Na-K Jeotermometreleri

Alkali feldspatlar (Na-feldspat -albit-, K-feldspat -adularya-) ile Na-K iyonları denge sıcaklığına bağlı olarak birbirleri ile yer değiştirir (E 3.14).



Na-K jeotermometreleri E 3.14'ün denge sabiti E 3.15' temel alınarak geliştirilmiştir.

$$K = \frac{[Na^+]}{[K^+]} \quad E 3.15$$

İki iyonun oranı söz konusu olması, karışım veya buharlaşma etkisinden Na/K oranı daha az etkileneceği için, silika jeotermometrelerinden daha kullanışlıdır. Düşük sıcaklıklarda (<120 °C) Na-K oranları, sadece feldspatlar tarafından değil, örneğin killer tarafından da değiştirilebileceği için (Nicholson,1993) düşük sıcaklıklarda kullanılmaları hatalı sonuçlar verebilir. Na/K oranı için önerilen jeotermometre bağıntıları Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2 Na/K Jeotermometreleri (Henley, vd.,1984. Nicholson, 1993. Arnorsson, 2000.)

Eşitlik	Kaynak	
$t = 856 / [\log(Na / K) + 0,857] - 273$	Truesdell (1976)	E 3.16
$t = 1390 / [\log(Na / K) + 1,750] - 273$	Giggenbach (1988)	E 3.17
$t = 1217 / [\log(Na / K) + 1,483] - 273$	Fournier (1979)	E 3.18
$t = 883 / [\log(Na / K) + 0,780] - 273$	Tonani (1980)	E 3.19
$t = 933 / [\log(Na / K) + 0,993] - 273$	Arnorsson (1983)	E 3.20
$t = 1178 / [\log(Na / K) + 1,470] - 273$	Nieva ve Nieva (1987)	E 3.21
$t = 733.6 - 770.551Y + 378.189Y^2 - 95.753Y^3 + 9.544Y^4$	Arnorsson (1998)	E 3.22
(t, °C), (t > 120 için geçerli), (Na, K mg/l) /Y, Na/K molar değerinin logaritması)		

Na-K-Ca Jeotermometresi

Düşük sıcaklığa ve yüksek kalsiyuma sahip sularda Na-K jeotermometreleri yüksek sıcaklıklar verir. (Fournier ve Truesdel,1973) tarafından geliştirilen Na-K-Ca jeotermometresi düşük pH ve yüksek sülfatlı asitli sularda ve yüksek bikarbonatlı ve sülfatlı sığ sularda iyi sonuçlar verir (Tablo 3.3). Jeotermometre bağıntısı düşük sıcaklığa sahip sistemlerde (<100-120°C), yüksek oranda CO₂ veya Mg olan sularda K-Mg jeotermometrelerinden daha güvenilirdir. Yüksek oranda Mg bulunması halinde bu jeotermometrede Mg düzeltmesi yapılması gerekir (Tablo 3.4).

Tablo 3.3 Na -K-Ca Jeotermometresi (Fournier ve Truesdell,1973)

$t = 1647 / \left[\log\left(\frac{Na}{K}\right) + \beta \cdot \left[\log\left(\frac{\sqrt{Ca}}{Na}\right) + 2.06 \right] + 2.47 \right] - 273$	E 3.23
(t, °C), (Na, K, Ca ppm), (t < 100 °C için β=4/3), (t > 100 °C için β=1/3)	

Tablo 3.4 Mg Düzeltmeli Na-K-Ca Jeotermometresi

1. Na-K-Ca jeotermometre sıcaklığı 70 °C den küçük ise düzeltme gereksizdir.
2. $R = (Mg / (Mg + 0,61Ca + 0,31K)) * 1000$ hesaplanır
3. $R > 50$ ise ölçülen sıcaklık alınır, jeotermometre ile hesap yapılması gereksizdir.
4. R , 5 –50 arasında ise Mg düzeltmesi
$\Delta t_{Mg} = 10,664 - 4,7415 * \log R + 325,87 * (\log R)^2 - 1,032 * 10^3 * (\log R)^2 / T_{NaKCa} - 1,968 * 10^7 * (\log R)^2 / T_{NaKCa}^2 + 1,065 * 10^7 * (\log R)^3 / T_{NaKCa}^2$
5. Eğer $R < 5$ ise Mg düzeltmesi
$\Delta t_{Mg} = -1,03 + 57,971 * \log R + 145,05 * (\log R)^2 - 36711 * (\log R)^2 / T_{NaKCa} - 1,67 * 10^7 * \log R / T_{NaKCa}^2$
6. Eğer hesaplanan $\Delta t_{Mg} < 1,5$ ise dikkate alınmaz.
7. Mg düzeltmeli Na-K-Ca sıcaklığı = $T_{Na-K-Ca} - \Delta t_{Mg}$

Na-Li Jeotermometresi

Na/Li oranının azaldığı bölgelerde sıcaklık artışı gözlenmiştir. Li ender bulunan bir elementdir ve suya Li minerallerinden geçer. Na ve Li oranının derinlerden yüzeeye kadar, aynı kaldığı kabul edilebilir (Nicholson,1993; Koga, 1994). (Kharaka, vd., 1982; Foulliac ve Michard, 1981) Na /Li jeotemometrelerini önermişlerdir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5 Na-Li Jeotermometresi

Eşitlik	Kaynak	
$t = 1000 / [\log(Na / Li) + 0,389] - 273$ (Cl<0.3 mol durumunda geçerli), (Na ve Li mol)	Foulliac ve Michard (1981)	E 3.24
$t = 1195 / [\log(Na / Li) + 0,130] - 273$ (Cl>0.3 mol durumunda geçerli), (Na ve Li mol)	Foulliac ve Michard (1981)	E 3.25
$t = 1590 / [\log(Na / Li) + 0,779] - 273$ (Na, Li ppm)	Kharaka, Lico ve Law (1982)	E 3.26
(t, °C)		

K-Mg ve Li-Mg Jeotermometreleri

Mg iyon değişimi düşük sıcaklıklarda daha hızlı olduğu için bu jeotermometreler sıcak su yüzeye ulaşmadan hemen önceki su kayaç dengesinden etkilenir ve genellikle gösterdikleri sıcaklık kaynaklarda çıkış sıcaklığıdır.

Tablo 3.6 K-Mg ve Li-Mg Jeotermometreleri

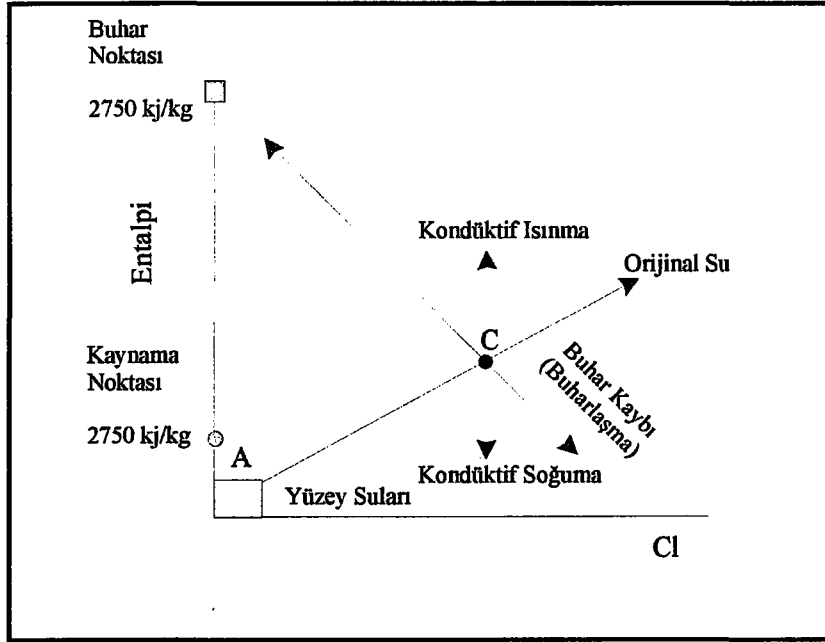
Eşitlik	Kaynak	
$t^{\circ}C = 4410 / [14 - \log((K^2 / Mg))] - 273$	Giggenbach. (1988)	E 3.27
$t^{\circ}C = 1195 / [\log((Li / \sqrt{Mg})) + 5,47] - 273$	Khraka ve Mariner (1989)	E 3.28
(t, °C), (K, Mg, Li ppm)		

Na-K-Mg Jeotermometresi

Na -K jeotermometresi (E.3.17) ve K-Mg jeotermometresi (E 3.27) farklı sıcaklık gösterir, genellikle K-Mg jeotermometresi daha küçük değerler verir. Bunun nedeni akışkanın esas çıkış bölgesindeki sıcaklık azalmasına K-Mg jeotermometresinin hızlı karşılık vermesi, yani Mg iyon değişiminin hızla geekleşmesidir. Na-K-Mg jeotermometresi, iki jeotermometrenin , Na/1000-K/100-Mg^{1/2} üçgen diyagram çözümüdür (Giggenbach, 1988). Suların kökeni, dengeye ulaşp-ulaşmadıklarının kontrolü ve uygun jeotermometre seçiminde kullanılır.

3.3.3 Karışım Modelleri

Jeotermal sular, yüzeye çıkışları sırasında diğer sularla karışabilir. Silika ve klorür miktarının jeotermal suyun kökeninde olduğu gibi korunduğu varsayılarak, entalpi-silika (Fournier, 1977) ve entalpi-klorür (Truesdell ve Fournier, 1975) değişimi ile karışım oranları, maksimum hazne kaya sıcaklığı, buharlaşma ve kondüktif soğuma açıklanabilir. Burada karışım oranları ve karışım modeline dayalı hazne kaya sıcaklığı grafik yöntem kullanılarak açıklanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Entalpi-Cl Karışım Modeli

Bu yöntemde, klorür konsantrasyonları yatay ekseninde, düşey ekseninde ise sıcaklık veya entalpi değerleri bulunur. Her bir örneğin içerdiği silika miktarına göre kuvars jeotermometreleri kullanılarak örneğin temsil ettiği hazne kaya sıcaklığı hesaplanır. Grafik, sıcaklık-klorür veya entalpi-klorür olarak istenilen şekilde hazırlanılabilir. Entalpi değerleri kullanılacaksa, buhar tablolarından yararlanılır. Her bir örnek için bulunan maksimum hazne kaya sıcaklığına göre, doymuş suyun entalpisi buhar tablolarından bulunur. Düşey eksene, doymuş buhar entalpisi 2750 kJ/kg işaretlenir. Bu nokta suyun buhar noktasıdır. Buharlaşma entalpisi 150-300 °C sıcaklıkları arasında çok az değişir ve 2750 kJ/kg kabul edilmekle yapılan hata çok küçüktür. Örnekler, Cl-sıcaklık (entalpi) değerlerine göre grafiğe yerleştirilir. Bu değerler daha sonra tek tek buhar noktası ile birleştirilir. Elde edilen doğrulardan en sağda kalanının üzerinden geçtiği örnek noktası, meteorik suların bulunduğu noktadan geçen bir doğru ile birleştirilir, (Şekil 3.1, AC doğrusu). Elde edilen şekilde (Şekil 3.1), C noktasındaki suyun orijinal suyu temsil ettiği varsayılarak, diğer suların referans alınan bu suya göre konumları incelenir. C noktasının altında kalan sular yüksek oranda Cl içermelerine rağmen düşük sıcaklığa sahiptirler, böyle bir durum kondüktif soğuma ile açıklanır. Benzer şekilde kondüktif ısınma ve buharlaşma da bu grafiklerde görülebilir (Şekil 3.1). AC hattı, yüzey suları ile orijinal suyun karışım hattıdır. A noktası %100 yüzey suları, C noktası %100 jeotermal suyu temsil etmek üzere, bu hat üzerine düşen bir noktanın, AX uzunluğunun AC'ye oranı soğuk ve sıcak suların karışım oranlarını verir (Şahinci, 1991a; Nicholson, 1993; Arnorsson, 2000)

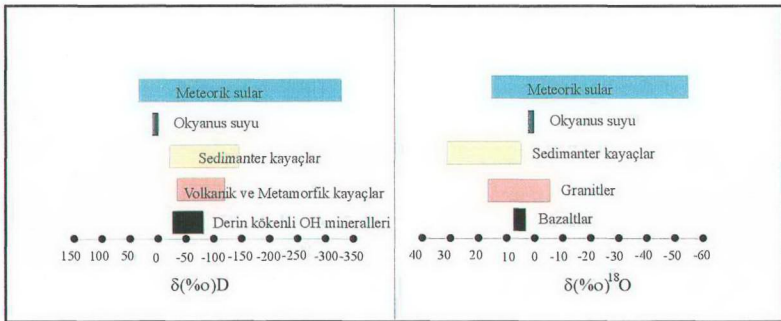
3.3.4 İzotopların Jeotermal Sistemlere Uygulanması

Kayaçalarda, SMOW'a göre daha fazla ^{18}O bulunurken daha az D vardır (Şekil 3.2). Sıcak suyun çözüldürücü etkisi ile kayaktan suya oksijen geçerek, suda ^{18}O zenginleşmesine neden olurken, döteryum değişimi çok küçük ya da sıfırdır. Sıcaklık ve su kayaç ilişkisi süresi arttıkça çözünen kayaç miktarı da artacağından daha fazla ^{18}O zenginleşmesi olur. Bu nedenle, O^{18} zenginleşmesi jeotermal sistemlerde sıcaklığın yüksek, akışkan sirkülasyonunun yavaş, mola süresinin uzun ve rezervuar beslenmesinin az olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bu nedenlerin biri veya birkaçı ^{18}O zenginleşmesini sağlayabilir.

Buharlaşıma ve yoğuşma su içerisindeki hafif ve ağır izotop miktarını değiştirir. Yağışın olduğu enlem, boylam ve yüksekliğe göre ağır ve hafif izotopların oranları değişebileceğine göre, aynı bölgeden alınan su örneklerinin izotopik farklılıklarından ortalama beslenme yüksekliğini hesaplamak mümkündür. δD_1 soğuk suyun (meteorik su), δD_2 sıcak suyun döteryum değeri olmak üzere, ortalama beslenme yüksekliği metre olarak E-3.29'da (Mizutani, 1988) tanımlanmıştır.

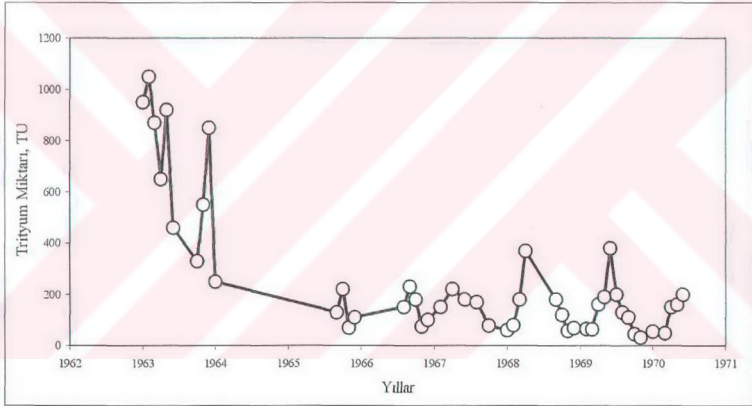
$$h = 40 * (\delta\text{D}_1 - \delta\text{D}_2)$$

E 3.29



Şekil 3.2 Bazı Kayaçalarda SMOW'a Göre δO^{18} ve δD Miktarı (Mizutani, 1988)

Hidrojenin radyoaktif izotopu olan trityumun yarılanma ömrü 12.26 yıldır. Stratosferde hidrojenin kozmik ışınlarla bombardımanından açığa çıkar. Trityum miktarı, trityum birimi (TU) olarak ifade edilir 10^{18} ^1H atomu içerisinde bulunan 1 ^3H , 1 TU olarak tanımlanır. Doğal ortamda 20 TU' dan az bulunur. 1952 yılından sonra yapılan termonükleer denemeler, 1963 yılında tüm dünyada yasaklanıncaya kadar atmosfere ortalama 1.000 TU'dan daha fazla trityum yayılmasına sebep olmuştur (Şekil3.3). Kuzey yarıkürede 10.000 TU'ya kadar çıkmıştır. Termonükleer denemelerin durdurulmasından bu yana atmosferdeki trityum miktarı normale doğru azalmaktadır. Denemelerin yapıldığı 1952-1963 dönemi hidrojeolojide yaş tayini için bir başlangıç noktası olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.3 Antalya Yağmur Sularında Trityum Miktarı (Yurtsever, 1979)

Jeotermal akışkanlar için trityumun yarılanma ömrüne göre çok daha uzun süre sitemde kaldıkları için yaşlı sistemlerde kullanımları sınırlıdır. Yarılanma ömrü 5730 yıl olan ^{14}C , jeotermal sistemler tarafından sürekli üretildikleri ve akışkana karıştığı için kullanımları güçtür. Son zamanlarda 269 yıl yarılanma ömrüne sahip Argon-39 izotopunun kullanımı için çalışmalar devam etmektedir (Nicholson,1993). Radyoaktif elementler ile yapılan tüm yaş tayinleri elementin yarılanma ömrü ile ilgilidir ve E 3.30'daki gibi ifade edilir.

$$T = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

E 3.30

Burada

- T, **suyun yaşı, yıl**
 $t_{1/2}$, **yarılanma süresi, yıl**
 I_0 , **meteorik sudaki izotop miktarı**
I, **örnekteki izotop miktarı**

Genel olarak içerisinde trityum bulunmayan suların 50 yıldan daha yaşlı, 1-3 TU trityum bulunduran suların 40-50 yıl arası yaşa sahip, 3-20 TU trityum bulunduran suların ise termonükleer denemelerden etkilenmiş sular olduğu kabul edilmektedir. Yaşlı sular beslenme zayıf, genç sular ise güçlü olduğunun göstergesidir.

3.4 Malzeme ve Yöntemler

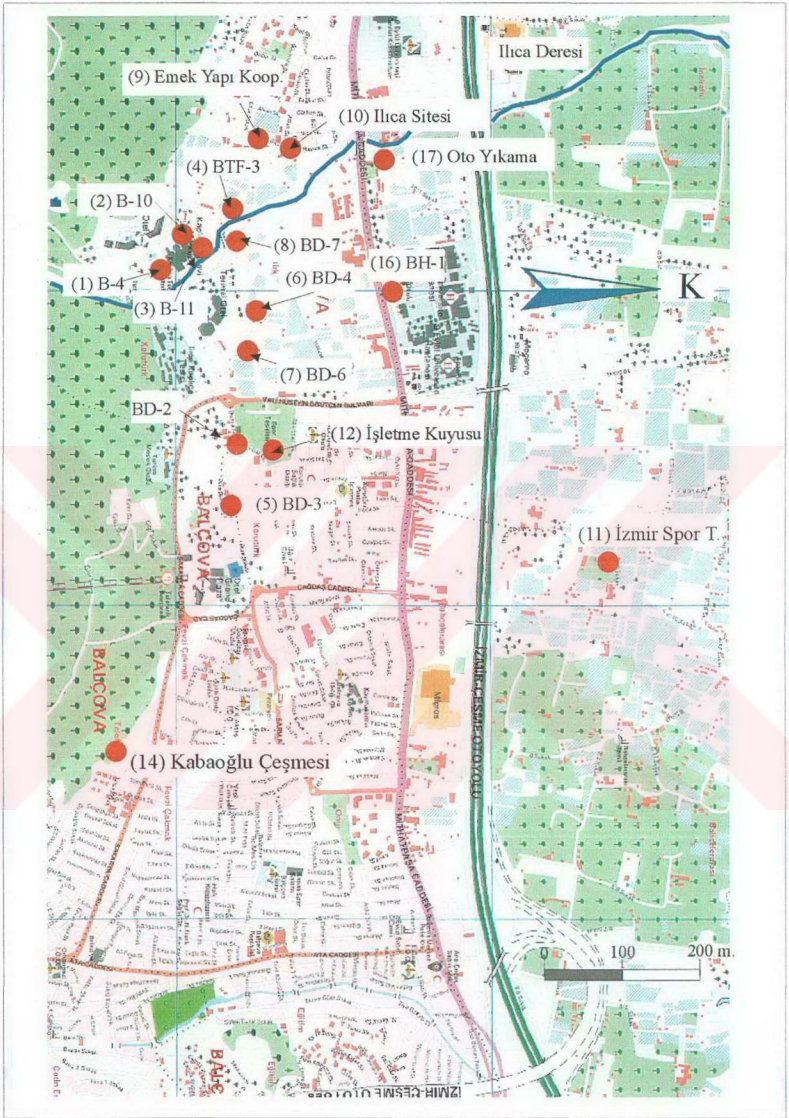
3.4.1 Örnek Alımı

Çalışma alanında sıcak suları ve güncel meteorik suları temsil eden 18 örnekleme noktası belirlenerek (Şekil 3.4) buralardan su, gaz ve izotop analizleri için örnekler alınmıştır. Örnekleme yerlerine ait bilgiler Tablo 3.7’de verilmiştir. Tablonun birinci sütununda yer alan “Örnek No” örnekleme yerinin bu çalışmadaki numarasıdır. Birden fazla örnekleme yapılan noktalarda, örnek alma sırasına bağlı olarak, örnek numarasının yanına A, B harfleri konulmuştur. Örnek olarak 7B kodunda 7 rakamı, BD-6 kuyusunu göstermekte, B ise değişik tarihlerde 7 ve 7A kodlu örneklerin alındığını, 7B üçüncü örnek olduğunu göstermektedir.

Sıcak su örnekleri, örnek alma hattına bağlanan hortum ve soğutma banyosu aracılığı, yapılmış ve buharlaşmaya izin verilmemiştir. Tüm soğuk ve sıcak su örnekleri 0.45 µm filtreden geçirilerek süzölmüştür. Her bir örnek noktasından iki şişe örnek alınmıştır.

Tablo 3.7 Örnekleme Yerleri

Örnek No	Yeri	Debi (m ³ /saat)	Sıcaklık (°C)	Açıklama
1	B-4	45	96	125 m kuyu
2	B-10	100	99	125 m kuyu
3	B-11	50	100	125m kuyu
4	BTF-3	10	103	100 m kuyu
5	BD-3	60	140	750 m kuyu
6	BD-4	120	136	624 m kuyu
7	BD-6	30	141	606 m kuyu
8	BD-7	30	140	700 m kuyu
9	Emek Yapı Koop.	3	135	80 m kuyu
10	Ilıca Sitesi	3	73	100 m kuyu
11	İzmir Spor Tesisleri	3	34	30 m kuyu
12	Isı Merkezi Su Kuyusu	3	36	50 m kuyu
13	Balçova Barajı		15	Baraj gölü
14	Kabaoğlu Çeşmesi		18	Soğuk su
15	Deniz Suyu		15	Deniz
16	BH-1	15	90	300 m kuyu
17	Oto Yıkama	10	40	50 m kuyu



Şekil 3.4 Örnek Yerleri (13 numaralı Balçova Barajı örneği, harita sınırlarının 1 km güneyindedir)

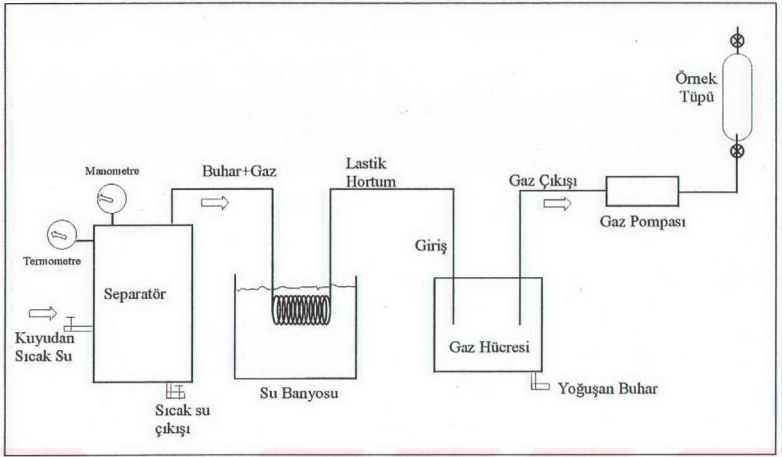
Katyon ve silika analizlerinde kullanılacak örneklerin pH'ı, 1 N nitrik asit kullanılarak 3'ün altına düşürülmüştür. İzotop analizleri için seçilen örnekleme noktalarından, ^{18}O , D ve T analizi için bir litrelik şişelere örnek alınmıştır. Su ve izotop analizleri için örnek alınmadan önce kuyularda bulunan inhibitör* pompaları kapatılarak, 20-25 dk. kadar kuyular bu şekilde üretim yaptırılmış, daha sonra örnek alınarak, örneklerin tamamen orijinal suyu temsil etmesi sağlanmıştır. Örnek kapları örneklenecek su ile birkaç defa temizlenmiştir. Örnekler yüksek yoğunluklu çift tapalı poliüretan şişelerde muhafaza edilmiştir.

Kondanse olmayan gazların miktarlarını ölçmek ve gaz örneği almak için "mini gaz seperatörü" kullanılmıştır (Şekil 3.5), (Şekil 3.6). Bu alet, bu çalışma için imal edilmiştir. Çalışma prensibi şöyledir: Kuyudan bir hortum aracılığı ile belirli bir sıcaklık ve basınçta akışkan seperatöre girer (Şekil 3.5). Seperatörün alt kısmındaki vana ayarlanarak içerisindeki sıcaklık ve basınç koşulları değiştirilebilir. Amaç gazı ayırtırmak olduğu için, seperatör içerisindeki basıncı düşürmek gereklidir. Seperatör çıkışından sıcak su dışarı akarken, su buharı ve gazlar seperatörün üst kısmında birikir. Biriken gaz ve su buharını ayırtırmak için soğutucu bir üniteye ihtiyaç vardır. Şekil 3.5'de görülen, su banyosuna daldırılmış helezonik şekildedeki sarılmış bakır borunun içerisinde, örnek geçirilerek su buharının yoğunlaşması sağlanır. Bakır borunun her iki ucunda lastik hortumlar vardır. Bunlardan birisi seperatörün çıkışına diğeri ise örneğin toplanacağı gaz hücreğine bağlıdır. Seperatördeki suyun kısmi basıncı, buhar ve gazın, gaz hücreğine iletilmesi için gerekli enerjiyi sağlamaktadır.

Gaz hücreğine giren örneklerde, buhar yoğunlaştuğu için suya dönüşmüş olarak hücrenin dibine çökerken, gaz onun üzerinde birikir. Burada biriken gaz bir gaz pompası yardımı ile gaz örneklerinin alındığı cam tüp ve balonlara doldurulmuştur (Şekil 3.6). Bu düzenek hem gaz örneklerinin alımında hem de kondanse olmayan gaz miktarının hesaplanılmasında kullanılmıştır.

* İnhibitör, kuyularda üretim sırasında kabuklaşma olmaması için kuyulara basılan kimyasal maddenin genel adıdır.

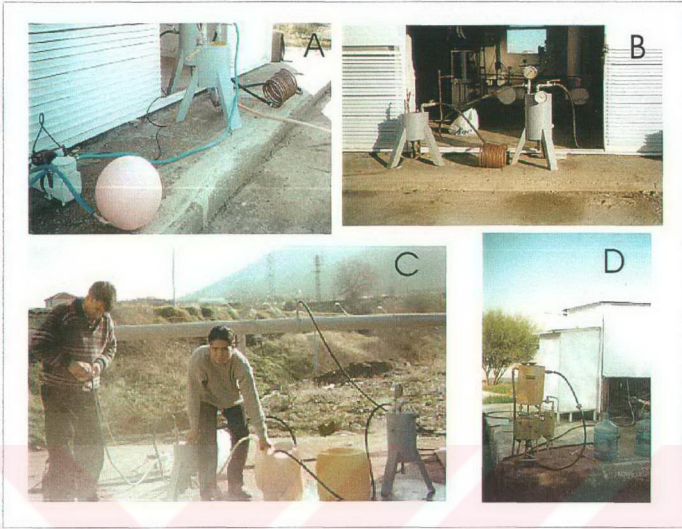
* Seperatör (ayırtırmacı), basınç koşullarının değiştirilerek su ve buhar+gazın ayırtılması için kullanılan alet.



Şekil 3.5 Gaz Örneklemeye Düzenegi

Gaz hücresinin başka gazlar ile kirlenmemesi ve kaliteli örnek alımı için, gaz hücresi tamamen su ile doldurulur. Örnek alımı sırasında, bu suyun dışarı boşalması altındaki vana açılarak sağlanır. Buradan gaz hücresine atmosferik gazların girmemesi için, su çıkışında şeffaf bir hortum bağlanmış ve hortumun içerisinde daima su ile dolu kalması sağlanmıştır.

Bu çalışmada, kuyudan gelen sıcak suyun basıncı 0,3-0,4 bar'a düşürülerek separator içerisinde su ve (su buharı + kondanse olmayan gazlar) ayrıştırılmıştır. Cam balonlara gaz numunesi alınırken, çıkış vanası birkaç dakika açık tutularak, cam balonunun içerisindeki yabancı gazların atılması sağlanmıştır. Lastik balonlara örnekler yedek olarak alınmıştır. Lastik balonlar birkaç defa gaz örneği ile doldurulup boşaltıldıktan sonra, örnek alınmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Gaz Örneklerinin Alınması
(A- Balona, C-Cam tüpe gaz örneği alınması, B, D Mini Gaz Separatörü)

3.4.2 Analiz Yöntemi

3.4.2.1 Su Analizleri

Sıcak ve soğuk su analizleri Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya ve Torbalı Meslek Yüksekokulu Su laboratuvarlarında yapılmıştır. Analizler için uygulanan yöntem Tablo 3.8'de verilmiştir.

3.4.2.2 Gaz Miktarı ve Gaz Bileşimi

Kuyularda kondanse olmayan gaz miktarını saptamak için mini gaz seperatörü kullanılmıştır (Şekil 3.7). Seperatör koşullarında (basınç ve sıcaklık) kuyudan gelen sıcak su, sıcak su ve buhar olarak ayrışır. Ayrışma oranı E 3.30 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$X = \frac{h^d - h_v^l}{L_L}$$

E 3.30

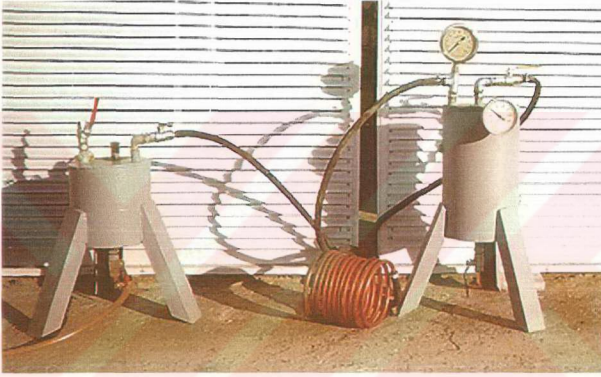
Burada:

- X, ayırışma şartlarındaki buhar-su oranı
 h^d , kuyudan gelen sıcak suyun entalpisi, kJ/kg
 h_v^l , ayırıştırıcı koşullarındaki suyun entalpisi, kJ/kg
 L_L , ayırıştırıcı koşullarındaki gizli buharlaşma entalpisi, kJ/kg

Tablo 3.8 Su Analizinde Uygulanan Yöntem

Analiz	Yöntem
T, °C	Dijital Termometre
PH	Cam Elektrot
EC	Kondüktivimetre
TDS	Gravimetri / Hesaplama
Li ⁺	Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometre
Na ⁺	Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometre
K ⁺	Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometre
Mg ⁺⁺	Spektrofotometre
Ca ⁺⁺	Spektrofotometre
Mn ⁺⁺	Spektrofotometre
Fe ⁺⁺	Spektrofotometre
Al ⁺⁺⁺	Spektrofotometre
NH ₄ ⁺	Spektrofotometre
B	Spektrofotometre
Si	Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometre
HCO ₃	Titrasyon
SO ₄	Spektrofotometre
F ⁻	Spektrofotometre
Cl ⁻	Spektrofotometre

Bu çalışmada kullanılan gaz seperatörün gaz hücresinin hacmi 7.3 l.'dir. Gaz hücresi başlangıçta su ile doldurulur. Hücreye gaz+buhar, detayları yukarıda anlatıldığı şekilde girerken, hücrenin altındaki vana ve şeffaf hortum aracılığı ile 7.3 l. suyun (yani başlangıçta konulan su) kontrollü bir şekilde boşaltılır. Buradan 7.3 l. su boşaltıldığında hücreye, hücredeki sıcaklık ve basınç koşullarında 7.3 l. su buharı ve gaz girmiş demektir. Giren su buharı yoğunlaşmış olacağı için, hücreden boşaltılarak hacmi ölçülür. Hücreye toplam 7.3 l. su+gaz girmiş olduğuna göre ölçülen su miktarı çıkartıldığında kalan kısım kondanse olmayan gazların hacmidir (V_1).



Şekil 3.7 Çalışmalar İçin Yapılan Mini Gaz Seperatörü

Örneğin normal koşullardaki hacmini hesaplamak için E. 32 kullanılır.

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \quad \text{E.3.32}$$

Burada:

V_0 , gaz örneğinin normal koşullardaki hacmi, l.

P_0 , 1013 mbar

T_0 , 273 °K

P_1 , Örnek alma koşullarındaki atmosfer basıncı ile örneğin alındığı sıcaklıktaki suyun kısmi buhar basıncı farkı, mbar. (kısmi buhar basıncı buhar tablolarından alınır.)

V_1 , gaz hacmi, l (örnek kabının hacmi-yoğuşan su miktarı)

T_1 , örnek alımı sırasındaki gaz hücresindeki sıcaklık, °K

Elde edilen gaz hacminin tamamının CO₂ gazından oluştuğu varsayılarak, buhar içindeki miktarı için (E 3.33) bağıntısı kullanılmıştır.

$$M_{gaz / buhar} = \frac{V_0' \cdot \rho_{CO_2}}{1000 + (V_0' \cdot \rho_{CO_2})} \quad E 3.33$$

Burada:

V_0' , 1kg, yoğuşan buhar içerisindeki gaz hacmi, l/kg

ρ_{CO_2} , karbondioksitin yoğunluğudur, 1.977 kg/m³

Gazın rezervuar koşullarında ağırlıkça suya oranı E 3.34'den hesaplanmıştır.

$$M_{gaz / su} = X \cdot M_{gaz / buhar} \quad E 3.34$$

Yoğuşmayan gazların gaz bileşimi, Petkim Petrokimya Holding AŞ, Kalite Kontrol ve Teknik Servis Müdürlüğü Laboratuvarlarında, H₂S gaz analizi kuyubaşında yapılmıştır (Tablo 3.9).

Tablo 3.9 Gaz Bileşimi Analizleri Yöntem ve Hassasiyetleri

Analiz	Yöntem	Saptama Eşiği
CO ₂	TCD Dedektör	<100 vppm*
H ₂ S	Drager Tüpleri	<1000 vppm
N ₂	TCD Dedektör	<100 vppm
CH ₄	FID Dedektör	<10 vppm
C ₂ H ₆	FID Dedektör	<10 vppm
H ₂	FID Dedektör	<10 vppm
O ₂ +Ar	TCD Dedektör	<100 vppm

*vppm (hacimce ppm)

3.4.2.3 İzotop Analizleri

Derin kuyulardan 6, sığ kuyulardan 5 ve meteorik suları temsil eden baraj suyu ve Kabaoğlu Çeşmesi ile deniz suyundan alınan su örneklerinde ^{18}O , D ve trityum analizleri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi laboratuvarlarında yapılmıştır. Kullanılan yöntem ve hassasiyeti Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10 İzotop Analizleri Yöntem ve Hassasiyetleri

Analiz	Yöntem	Saptama Eşiği
^{18}O	Kütle Spektrometresi	< %0.01
^2H	Kütle Spektrometresi	< %0.01
^3H	Sıvı Sintilizasyon Sayacı	< 0.1 TU

3.5 Sonuçlar

3.5.1 Su Analizlerinin Sonuçları

Sahada üç farklı tarihte su örnekleri alınarak su analizleri yapılmıştır. Örneklere ait analiz sonuçları Tablo 3.11' de verilmiştir.

Tablo 3.11 Balçova Yöresi Sıcak ve Soğuk Su Analiz Sonuçları

No	Yer	Tarih	T° °C	pH(25)	EC (25) µS/cm	Ek(25) mV	Li+	Na+	K+	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	AB+	NH ₄ ⁺	B	SiO ₂	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	F-	Cl-	T.K.ayon	T.Ayion	T.Nör	TDSt(1)	TDSt(2)	% e
1	B4	17.11.00	96	7.38	1914	-27	1.5	371	31	13	28	0.11	0.21	0.13	1.15	8.7	148	634	180	3.85	206	446	1024	157	1627	1210	1.2
1A	B-4	06.04.01	94	6.92	1888			407	36	14	35						117	717	172		186	492	1085	117	1694		-1.9
2	B-10	17.11.00	99	6.92	1966	-34	1.6	379	32	14	35	0.16	0.18	0.11	0.85	8.8	149	630	164	5.05	190	463	989	158	1610	1370	-2.8
2A	B-10	06.04.01	93	6.93	1933			423	39	12	38						116	783	171		193	514	1147	116	1777		-1.3
3	B-11	17.11.00	100	7.48	1897	-24	1.5	367	30	24	31	0.05	0.15	0.15	1.01	9.2	124	633	161	3.75	208	454	996	133	1583	1370	-2.1
3A	B-11	06.04.01	93	7.23	1919			411	34	13	36						111	761	170		194	493	1125	112	1730		-0.2
4	BTf-3	17.11.00	103	7.30	1836	-18	1.5	364	31	21	34	0.11	0.28	0.12	0.56	9.5	138	615	167	3.75	198	453	984	148	1584	1190	-2.5
4A	BTf-3	06.04.01	96	8.02	1851			403	36	16	32						107	708	173		198	487	1078	113	1679		-1.4
5	BD-3	17.11.00	127	7.34	1926	-16	1.5	401	35	17	19	0.10	1.35	0.12	0.98	7.5	215	605	179	2.80	211	475	998	233	1696	1310	-3.1
5A	BD-3	10.02.01	127	8.00	2010	-60	mm	439	38	18	20	mm	mm	mm	0.64	7.5	177	630	188	mm	216	515	1024	185	1723		-3.1
5B	BD-3	06.04.01	130	8.15	1866			431	39	10	19						166	640	175		232	489	1047	173	1719		-2.0
6	BD-4	17.11.00	136	7.19	1947	-12	1.6	388	34	16	22	0.07	0.14	0.13	1.21	8.8	210	610	175	4.15	205	463	994	219	1676	1350	-2.1
6A	BD-4	10.02.01	136	8.00	2060	-54	mm	415	35	18	32	mm	mm	mm	0.46	8.2	192	590	191	mm	218	500	999	200	1700		-5.4
6B	BD-4	06.04.01	138	8.08	1922			438	42	9	30						167	693	181		212	518	1086	174	1778		-2.8
7	BD-6	17.11.00	132	6.97	1947	-2	1.6	395	35	17	19	0.09	0.77	0.1	0.88	9.3	213	571	180	4.25	231	469	986	222	1677	1000	-2.1
7A	BD-6	10.02.01	135	7.88	2080	-28	mm	400	36	18	23	mm	mm	mm	0.43	7.7	195	590	187	mm	228	478	1003	203	1686		-2.5
7B	BD-6	06.04.01	136	8.10	1979			453	40	9	26						185	690	173		223	529	1086	193	1807		-2.7
8	BD-7	25.12.00	119	7.45	1792	-49	1.4	391	30	12	28	0.05	0.56	0.13	1.51	8.3	165	595	171	6.37	205	465	977	173	1616	1270	-2.7
8A	BD-7	10.02.01	121	7.85	1704	-24	mm	390	31	18	38	mm	mm	mm	0.68	7.9	150	670	174	mm	203	478	1047	158	1683		-2.1
8B	BD-7	06.04.01	118	8.10	1982		mm	352	35	13	20	mm	mm	mm	mm	6.3	152	670	168	mm	159	420	997	158	1576		-2.3
9	Ennek Yapı	24.11.00	60	7.37	1595	-18	0.9	242	23	44	64	0.03	0.06	0.11	0.01	2.5	97	530	174	4.03	166	373	874	100	1347	1070	-2.3
10	İlcan sitesi	24.11.00	73	7.10	1887	-2	1.5	361	31	26	34	0.23	0.61	0.13	0.75	1.7	107	625	174	4.84	190	456	994	109	1558	1110	-2.9
11	İzmir spor	24.11.00	34	7.34	1926	-16	1.0	258	24	35	44	0.77	0.07	nd	0.19	2.8	80	437	149	3.88	207	363	797	83	1242	1010	-2.3
12	İşletme K.	25.12.00	36	7.98	2460	-56	1.1	433	24	38	55	0.61	1.12	0.11	0.56	6.6	75	843	142	2.89	260	554	1248	82	1883	1510	-2.7
13	Baraj	02.12.00	12	7.91	428	-39	nd	11	2	39	41	0.34	0.23	0.24	0.04	0.6	11	210	38	0.05	40	94	308	12	414	210	-1.4
14	Kabaçlı Ç.	17.11.00	18	7.62	154	-31	nd	17	2	41	18	0.09	0.02	0.09	0.94	0.04	20	240	13	0.10	25	80	278	20	378	160	-2.3
15	Deniz S	03.12.00	15	8.05	56200	-58	1.4	11472	1040	2470	170	0.05	0.04	0.13	3.26	4.6	6	180	2650	5.00	23000	15157	24835	10	41002	40080	-2.1
16	BH-1	10.02.01	80	7.00	2036	30	mm	380	31	21	41	mm	3.38	0.02	0.47	2.9	110	690	180	mm	280	477	1150	113	1740		3.9
17	Oto Yıkama	10.02.01	40	6.88	1742	17	mm	345	30	27	61	mm	0.13	0.05	0.01	5.5	80	640	169	mm	184	463	993	86	1542		-4.6
18	BD-2 Renj.	10.02.01	62	7.20	1983	10	mm	395	29	21	34	mm	mm	mm	0.45	4	175	610	169	mm	209	479	988	179	1646		-4.8

(nd belirlenme sınırının altında)

(%e=(T. anyon-T. kation)/(T. kation+T. anyon), değerler mek(A))

(TDSt(2) Bulhaşma kalıntısı)

* Maksimum kuyu içi sıcaklığı

3.5.2 Rezervuarda Gaz Miktarı ve Gazın Bileşimi

Sahada üretim yapan 8 kuyuda kondanse olmayan gaz miktarları ölçülmüş 4 kuyudan gaz örneği alınmıştır. Derin kuyularda 1000 ppm'e yakın gaz bulunurken, sığ kuyularda kondanse olmayan gazların ağırlıkça suya oranı 50 ppm'den azdır (Tablo 3.12). Gaz miktarı çalışmasına ait bilgiler Ek 2'de verilmiştir.

Tablo 3.12 Kondanse Olmayan Gazların Miktarları

Örnek No	Yer	Tarih	M _{gaz/toplam akışkan} Ppm
1	B-4	29.12.2000	36
2	B-10	29.12.2000	7
3	B-11	29.12.2000	25
4	BTF-3	29.12.2000	648
5	BD-3	02.01.2001	631
6	BD-4	29.12.2000	769
7	BD-6	29.12.2000	776
8	BD-7	29.12.2000	466

Kuyulardan alınan gaz örneklerinde, hacimce % 64-92 CO₂, %4-21 N₂, %1.7-2.7 CH₄, %0.1'den az H₂S ve H₂ ve eser miktarda C₂H₆, bulunmuştur. 1 ve 5 numaralı örneklerde bulunan oksijen miktarı, bu örneklerin örnek alımı sırasında hava ile kirlenmiş olabileceğini göstermektedir (Tablo 3.13)

Tablo 3.13 Kondanse Olmayan Gazların Hacimsel Bileşimi (%)

Örnek No	Yeri	Tarih	CO ₂	H ₂ S	CH ₄	C ₂ H ₆	H ₂	O ₂ +Ar	N ₂
1	B-4	2.1.2001	64.2	<0.1	2.7	0.008	<0.1	3.5	21.1
4	BTF-3	2.1.2001	91.9	<0.1	1.7	0.005	<0.1	0.14	4.2
5	BD-3	2.1.2001	82.6	<0.1	1.90	0.006	<0.1	2.3	12.73
6	BD-4	2.1.2001	89.8	<0.1	1.7	0.006	<0.1	0.14	5.4

3.5.3 İzotop Analizlerinin Sonuçları

Çalışma alanında belirlenen 11 adet sıcak ve soğuk su noktasından alınan örneklerde ^{18}O , D ve T analizleri yapılmıştır. Sıcak su kuyularının 3 tanesinde ise ilk örnekleme zamanlarından yaklaşık 10 ay sonra ikinci bir defa izotop analizleri için örnekleme yapılmıştır. Sıcak su örneklerinde $\delta^{18}\text{O}$ (-5.54 ~ -8.08), δD (-39.54 ~ -47.44) arasında değişirken, 0.90-4.20 TU trityum bulunmuştur (Tablo 3.14).

Tablo 3.14 Örneklerinin İzotopik Bileşimi

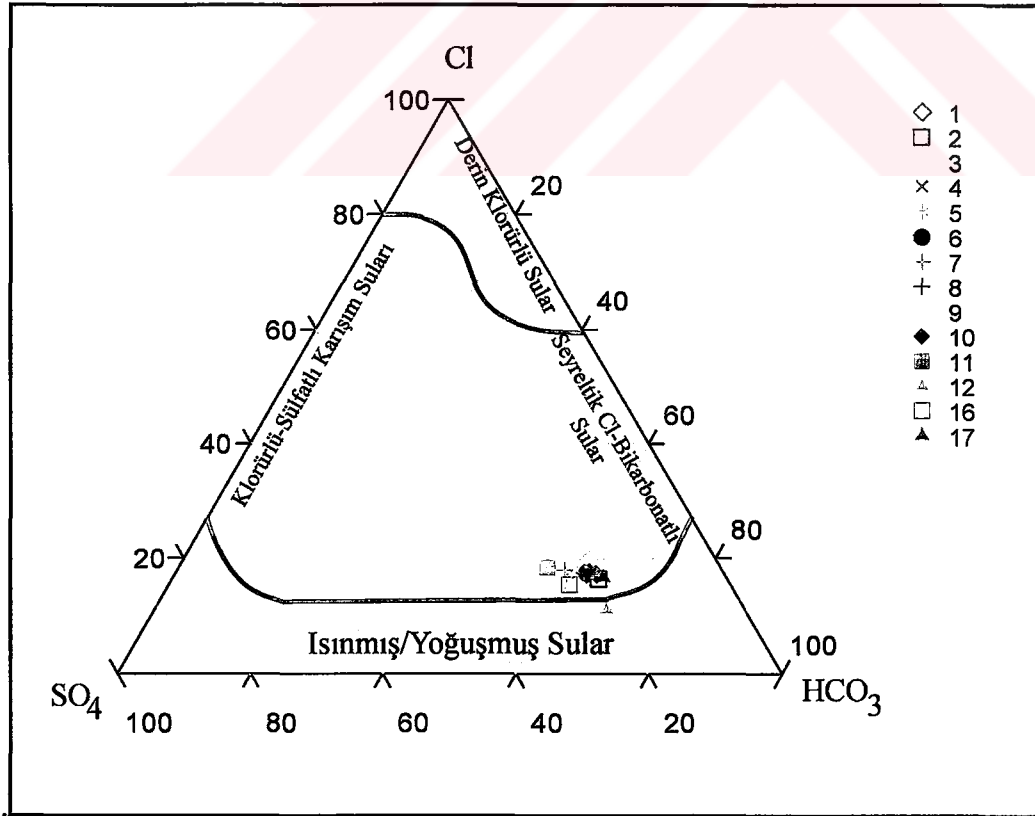
Örnek	Yer	Tarih	δO^{18} (‰)	δD (‰)	T (TU)
1	B-4	05.06.2000	-7.97	-47.44	2.00±1.00
2	B-10	05.06.2000	-8.08	-45.83	1.45±1.00
3	B-11	05.06.2000	-7.77	-43.90	1.25±1.00
4	BTF-3	05.06.2000	-8,10	-42,51	0.90±0.95
4A	BTF-3	06.04.2001	-5.93	-39.98	2.30±0.65
(5*)	BD-3	17.02.2000	-5.35	-37.1	0.68±0.18
5B	BD-3	06.04.2001	-5.69	-42.22	1.10±0.65
(6*)	BD-4	17.02.2000	-5.19	-37.6	0.13±0.17
6	BD-4	05.06.2000	-8.07	-46.55	1.05±1.00
6B	BD-4	06.04.2001	-5.69	-39.54	4.20±0.65
7	BD-6	06.07.2000	-5.66	-41.90	1.80±0.80
7B	BD-6	06.04.2001	-5.54	-38.25	2.05±0.60
8	BD-7	06.04.2001	-5.89	-38.61	1.30±0.55
13	Baraj gölü	05.06.2000	-6.41	-39.79	4.70±1.00
14	Kabaoğlu Ç.	05.06.2000	-6.10	-35.80	6.90±1.00
15	Deniz suyu	06.07.2000	2.54	12.22	3.70±1.00

* Prof. Dr. Ş.Şimşek tarafından alınan örnekler, 08.08.2001 tarihinde bu çalışmada kullanılması için açıklanmıştır. Analizler International Atomic Energy Agency (IAEA) laboratuvarlarında yapılmıştır.

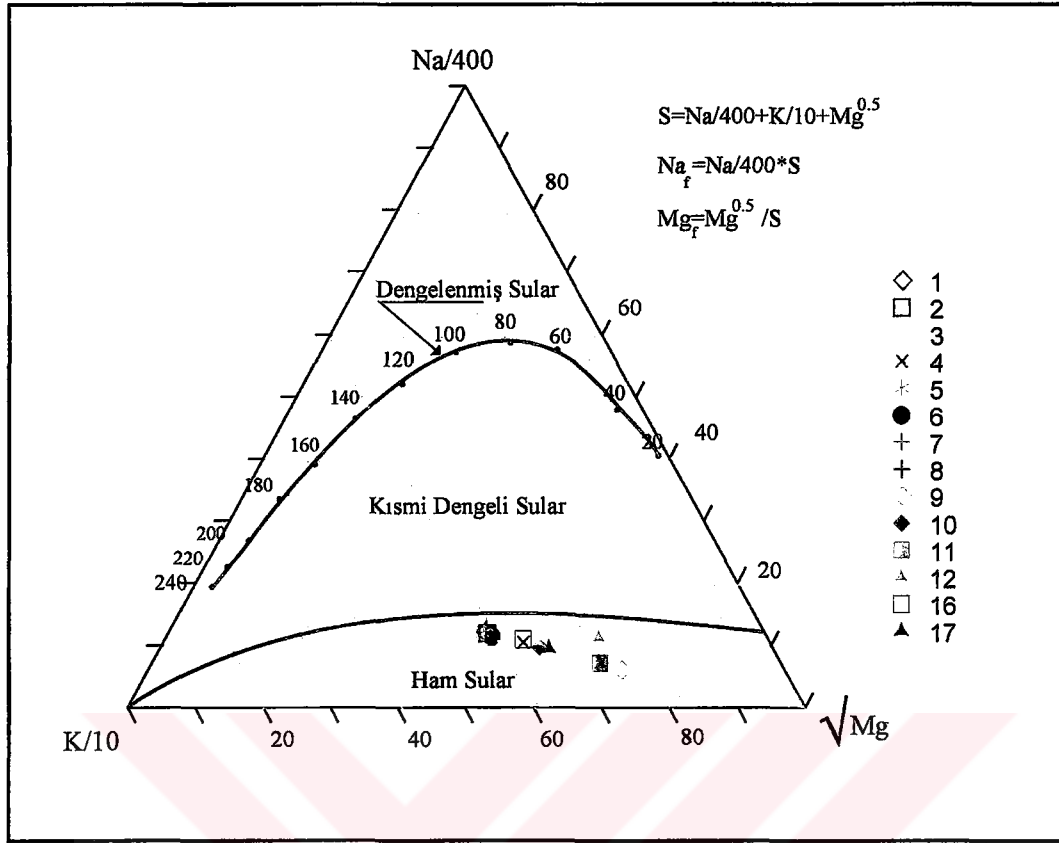
3.6 Kimyasal Verilerin Yorumlanması

3.6.1 Suların Türü

Analizi yapılan sıcak suların tamamı iyon miktarına göre sıralandığında Na-HCO₃-Cl türünde sulardır. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH) sınıflamasına göre (Canik,1998) sıcak su örnekleri “sodyumlu, bikarbonatlı, karbondioksitli sıcak, mineralli su” olarak tanımlanabilir. Baskın anyonlarına göre; SO₄-Cl-HCO₃ üçgen diyagramında (Şekil 3.8), suların aynı karaktere sahip, “seyreltik klorürlü-bikarbonatlı sular” ile “ısınmış yeraltısuları” karışımı oldukları görülmektedir. Tüm sıcak su örnekleri nötr pH'a sahiptir. Çalışma alanında örneklenen termal suların tamamında çözünmemiş katı madde miktarı 2000 ppm'den azdır ve bu nedenle az tuzlu sular sınıfına girerler. Kondanse olmayan gaz miktarı 1000 ppm'den az ve 10 ppm civarında bor içermektedir. Na-K-Mg üçgen diyagramında (Şekil 3.9), suların “dengeye ulaşmamış”, “ham sular” oldukları görülmektedir.



Şekil 3.8 Cl-SO₄-HCO₃ Üçgen Diyagramında Suların Konumu



Şekil 3.9 Suların Na-K-Mg Üçgen Diyagramındaki (Giggenbach,1988) Yeri

3.6.2 Hazne Kaya Sıcaklığı

Maksimum sıcaklığının tahmini için silika ve katyon jeotermometreleri ile entalpi-Cl karışım modeli kullanılmıştır. Hazne kaya sıcaklıkları hesaplanmasında Tablo 3.1'de sunulan eşitlikler kullanılmıştır. Farklı tarihlerde örneklemler tekrarlanmış olsa dahi, ilk analiz değerleri kullanılmıştır.

Silika çözünürlüğüne dayalı hazne kaya sıcaklığı hesaplamalarında, kuvars ve kalsedon formlarının dışında kalan silika formlarının sahada ölçülen sıcaklıklardan daha düşük sonuçlar vermesi nedeniyle, çalışma alanında kuvars ve kalsedon formlarına dayalı jeotermometrelerin kullanılmasının daha uygun olacağı anlaşılmaktadır (Tablo3.15). Kuvars ve kalsedon çözünürlüğüne göre elde edilen hazne kaya sıcaklıklarının ortalaması alındığında sahadaki en yüksek sıcaklığın (7 numaralı örnek) 168 ± 13 °C olabileceğini göstermektedir. Kuvars çözünürlüğüne dayalı sıcaklık değerleri 186 °C'ye kadar sıcaklık vermektedir.

Tablo 3.15 Silika Jeotermometre Değerlendirmesine Göre Sıcaklıklar (°C)

Örnek No	E 3.4	E 3.5	E 3.6	E 3.7	E 3.8	E 3.9	E 3.10	Ortalama
1	152	161	154	150	133	136	133	146±11
2	152	161	154	151	134	137	133	146±11
3	143	150	145	138	126	124	122	135±11
4	148	156	150	145	131	132	128	142±11
5	172	186	174	177	145	165	158	168±14
6	171	184	173	176	144	163	157	167±13
7	172	185	174	177	145	164	158	168±13
8	158	168	160	158	137	144	140	152±12
9	131	136	133	123	116	109	107	122±12
10	136	141	137	129	120	115	113	127±11
11	122	125	123	112	108	97	97	112±12
12	120	122	120	109	105	93	93	109±12
16	137	143	139	131	122	116	114	129±11
17	122	125	123	112	108	97	97	112±12

Örnek No, Tablo 3.8'de verilen örnek yerlerini, E . hesaplamada kullanılan eşitlik numarasını gösterir.

Kasyon jeotermometrelerinden Na-K, Na-K-Ca ve Na-Li jeotermometre eşitlikleri ile yapılan hesaplamaların sonucu Tablo3.16'da verilmiştir. Na-K Jeotermometrelerinin ortalaması 189±11 °C, Na-Li jeotermometrelerinin ortalaması 222±12 °C, Na-K-Ca jeotermometresinin ortalaması 179±18 °C hazne kaya sıcaklığı vermektedir. Bütün kasyon jeotermometrelerinin ortalamasına göre en yüksek sıcaklık (11) numaralı örnekte 202±21 °C olmaktadır.

Tablo 3.16 Katyon Jeotermometrelerine Göre Sıcaklıklar (°C)

Örnek No	Katyon Jeotermometreleri										Ortalama
	Na-K							Na-K-Ca	Na-Li		
	E 3.16	E 3.17	E 3.18	E 3.19	E 3.20	E 3.21	E 3.22	E 3.23	E 3.24	E 3.26	
1	169	219	211	175	178	189	186	182	226	228	196±22
2	172	220	213	178	180	191	188	182	228	229	198±22
3	167	216	208	172	175	187	184	179	227	229	195±24
4	171	220	212	177	179	191	188	181	228	229	198±22
5	174	222	214	180	182	193	190	190	219	224	199±19
6	173	221	214	179	181	192	189	187	226	228	199±21
7	175	223	216	181	183	194	191	190	224	227	200±20
8	162	213	204	167	170	183	180	179	216	222	190±22
9	181	227	220	187	188	198	196	173	214	220	201±19
10	172	221	213	178	180	192	189	181	232	232	199±23
11	179	226	219	186	187	197	195	177	226	228	202±21
12	132	189	179	136	142	159	156	158	178	196	162±22
16	132	189	178	136	141	159	156	161			186±18
17	173	221	214	179	181	192	190	176			191±18

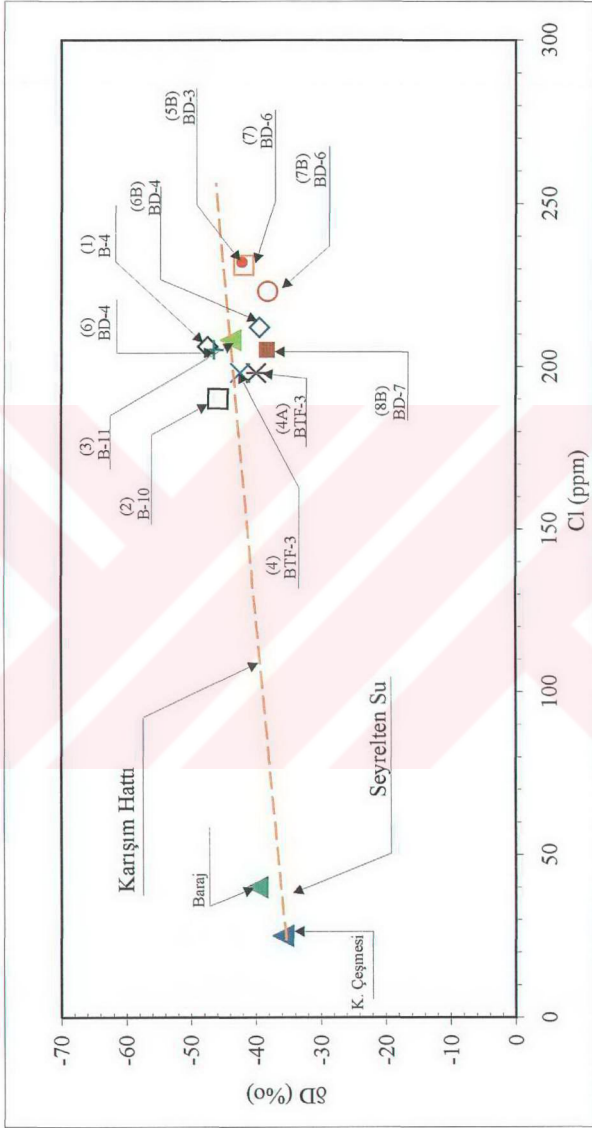
Silika ve Katyon jeotermometreleri 5,6,7 ve 8 numaralı örneklerde birlikte en yüksek değerleri göstermektedir. Bu örnekler derin kuyu örnekleri olup, diğer örneklere oranla daha az karışım ve soğumadan etkilendikleri için bunlardan elde edilen sonuçlar daha güvenilirdir. Na-K-Mg üçgen diyagramı (Şekil3.9) Na-K jeotermometreleri hazne kaya sıcaklığı için sıcaklığına 200-220 °C doğru bir yönelim gösterirken K-Mg jeotermometreleri 100 °C'den daha az sıcaklıkları belirtmektedir. Suların dengeye ulaşmamış olması katyon jeotermometrelerinin "güvenirliğini" azaltmaktadır.

3.6.3 Karışım

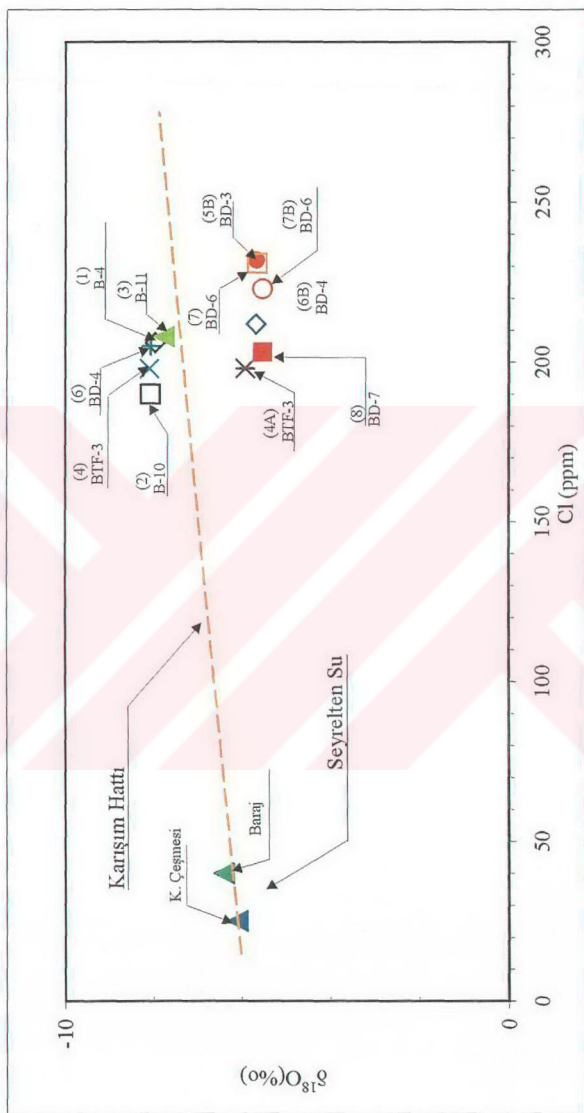
Cl- δ D ve Cl- δ 18 O grafiklerinde (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11) Baraj suyu (13) ve Kabaoğlu Çeşmesi (14) suları ile karakterize edilen yüzey sularının jeotermal su örnekleri aynı karışım hattı üzerinde olması, jeotermal suların, bu sular tarafından seyreltilmiş olduğunu göstermektedir.

Şekil 3.10 ve Şekil 3.11 birlikte incelendiğinde, her iki grafikte de derin kuyuların (BD-3, BD-4, BD-6 ve BD-7) karışım hattı üzerindeki sıralanışı, en fazla karışım olan kuyudan en aza doğru sırası ile BD-7, BD-4, BD-6 ve BD-3 şeklindedir. Bu sıralamaya göre yüzey suları ile en fazla karışım BD-7, en az karışım ise BD-3 kuyusunda olmaktadır. Bu kuyuların çalışma alanındaki konumları incelendiğinde kuyular batıdan doğuya doğru aynı sırada olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 2.2). Bu durum çok net bir şekilde sahanın batısından, doğusuna doğru soğuk su girişini göstermektedir. BD-7, BD-4, BD-6 ve BD-3 kuyuları Agamemnon I fayını kesmektedirler. Sahada jeotermal akışkanı yüzeye taşıyan bu fay aynı zamanda soğuk yüzey suların sahanın batısından derin rezervuara girmesine de olanak sağlamaktadır.

Sahada orijinal termal suyun maksimum sıcaklığı ve diğer sular ile olan karışım miktarlarını bulmak için entalpi-klorür diyagramından yararlanılmıştır (Şekil 3.12). Bu diyagramda entalpi değerleri ve silika jeotermometrelerinin her kuyu için verdiği sıcaklık değerlerinin, buhar tablolarındaki entalpisi alınarak bulunmuştur. Buna göre, 13 ve 14 numaralı Baraj ve Kabaoğlu Çeşmesi suları meteorik suları temsil etmekte ve AC karışım hattı boyunca çeşitli oranlarda jeotermal suya karışarak onu seyreltmektedir. En yüksek entalpi değeri (6) numaralı (BD-4) örneğidir (B noktası). En yüksek entalpi ve en yüksek klorür değeri (5) numaralı örnek (BD-3). tarafından temsil edilmektedir.



Şekil 3.10 δD -Cl Değişimi



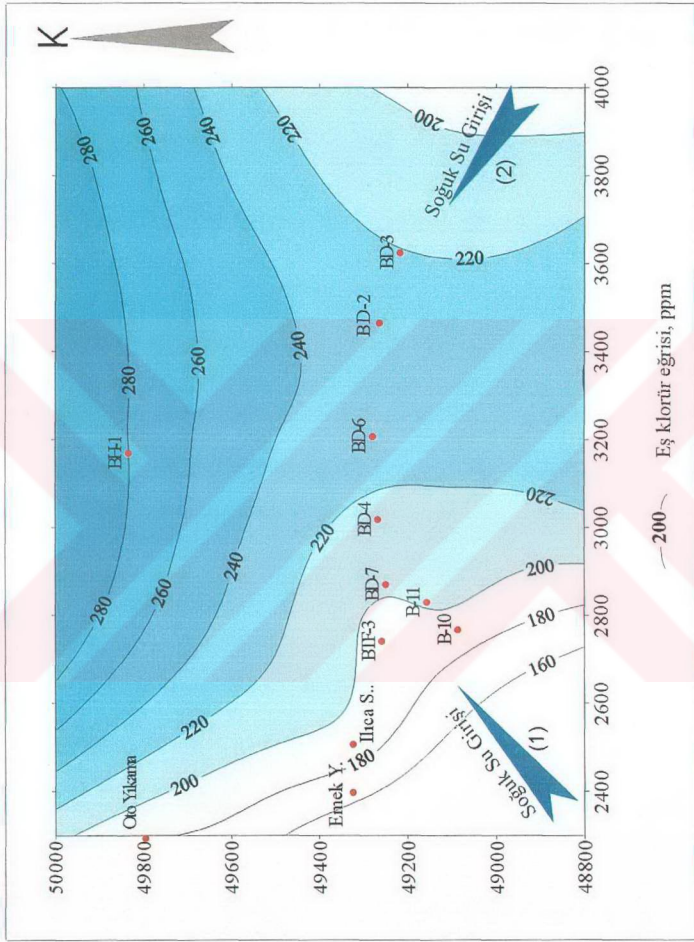
Şekil 3.11 $\delta^{18}\text{O}-\text{Cl}$ Değişimi

Grafik çözümde orijinal jeotermal suyun ve 240 ppm Cl içeren 190 °C, soğuk sular ile sıcak suların karışım oranının (BC/AC) %15 kadar olabileceği anlaşılmaktadır. (5) ve (12) numaralı örnekler kuyularda kondüktif soğumayı işaret etmektedir (Şekil 3.12).

Sahanın, örneklenen kuyu ve kaynaklara göre eş klorür haritası Şekil 3.13'de verilmiştir. Bu harita, sahaya ağırlıklı olarak güneybatı olmak üzere (1), kuzeydoğudan da soğuk su girişi (2) olduğunu göstermektedir. Bunlardan güneybatıdan olan su girişi daha güçlüdür çünkü; sahada ortalama 200-220 ppm kadar olan Cl derişimini 160-180 ppm'e kadar düşürmektedir ve derin kuyuları da etkilemektedir. Çalışma alanındaki, Balçova Barajı Şekil 3.13'de (1) numaralı okla gösterilen soğuk su girişi bölgesinin 1 km kadar daha gerisindedir. (2) numara ile gösterilen bölgedeki durum, Kabaoğlu Çeşmesi suyundan kaynaklanmaktadır. Buradan giren sular alüvyon akiferde yer alan sıcak suları seyreltmektedir.

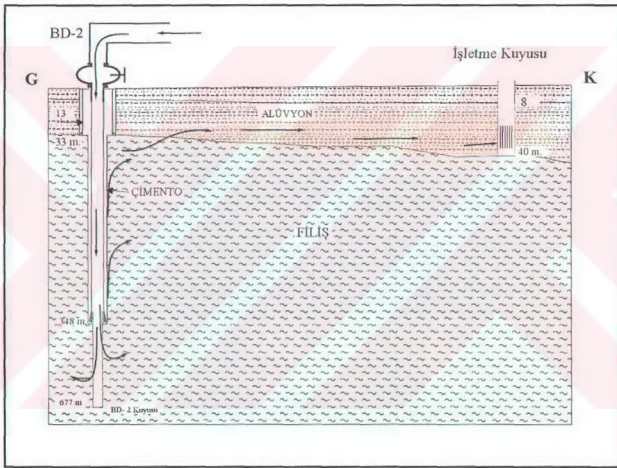
Agamemnon I fayı boyunca batıdan-doğuya doğru soğuk su girişi olduğuna göre doğuya doğru gidildikçe daha yüksek sıcaklığa sahip kuyuların delinmesi mümkündür. Fakat çekim sonucu sahadaki düşüm arttıkça, doğal olarak soğuk su girişinin de artması kaçınılmazdır..

Soğuk su giriş yönünün bilinmesi sahanın işletme koşullarının yeniden gözden geçirilmesini gerektirebilir. Üretim ve re-enjeksiyon bölgelerinin yeniden saptanmasında sahada soğuk su girişi ve daha yüksek sıcaklığa sahip bölgeler dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada soğuk su girişinin olduğu bölge olarak tanımlanan alan, halen sahada en fazla üretim kuyusunun bulunduğu bölgede bulunmaktadır. Daha yüksek sıcaklığa sahip olabileceği tahmin edilen doğu kısımlarda ise BD-2 ve BD-3 kuyuları mevcuttur.



Şekil 3.13 Eş Klorür Haritası

İşletme Kuyusuna ait örnek (12), sıcaklığına oranla (40°C) çok fazla klorür (260 ppm) içerdiğini, klorür zenginleşmesi olduğunu göstermektedir. Bu durum diğer örneklere göre anomali yaratmaktadır. Klorür-entalpi grafik çözümde (Şekil 3.12), örnek (12)'nin konumu kondüktif soğuma ve bir miktar buhar kaybını göstermektedir. (12) numaralı örneğin alındığı İşletme Kuyusu, tatlı su temini için açılmış 40 m derinliğinde bir kuyudur. Ancak kuyudan tatlı su çıkmamıştır. Kuyu BD-2 reenjeksiyon kuyusunun 80 m kuzeyindedir. BD-2' ye yapılan reenjeksiyon 40 m³/h miktarı aştığında kuyu çevresinden yüzeye çıktığı tesbit edilmiştir.



Şekil 3.14 BD-2 Kuyusunun Sığ Akiferi Kirlenmesi

Bu bilgiler ışığında BD-2 kuyusuna yapılan re-enjeksiyonun yüzeye doğru yükseldiği ve yüzeydeki muhtemel tatlı su akiferini kirlettiği sonucu çıkmaktadır (Şekil 3.14). Bu durum 677 m derinliğe sahip BD-2 reenjeksiyon kuyusunda çimentolama ve muhafaza borularında sorunlar olduğunu göstermektedir. Çok düşük debilerde yüzeyde sızdırma belirtileri görünmese bile jeotermal sular altıvyona kadar yükselmekte ve altıvyon içerisinde yayılmaktadır. Örnek (12)'nin de sahanın klorürce en zengin suyu olması, kuyu

problemleri nedeniyle alüvyonun re-enjekte edilen termal sular tarafından kimyasal olarak kirletilmesinin sonucudur. CBL log alımı ile koruma borusu ve formasyon arasındaki çimento bağının ve durumu daha iyi anlaşılabilir.

3.6.4 Jeotermal Suların Kökeni ve Yaşı

Sahadan alınan sıcak su örneklerinin izotopik bileşimleri, Akdeniz Bölgesi Yağış Suları Ortalaması doğrusuna paralel olması suların meteorik kökenli olduğunu kanıtlamaktadır (Şekil 3.15).

Örneklenen sular Akdeniz Suları Ortalaması doğrusuna göre, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD zenginleşmesi göstermektedir. Sular iki ayrı grup halinde görülmektedir. Birinci grupta genellikle sığ kuyular yer almaktadır (BD-4 derin kuyu örneği hariç, bu örnek her iki grupta da yer almaktadır, B-4, B-10 ve B-11), ikinci grupta ise derin kuyular toplanmıştır. Bu farklılık sığ kuyulara fazla miktarda yüzey sularının karışımından kaynaklanabilir. Derin kuyular genel olarak daha fazla oksijen-18 zenginleşmesi göstermektedir.

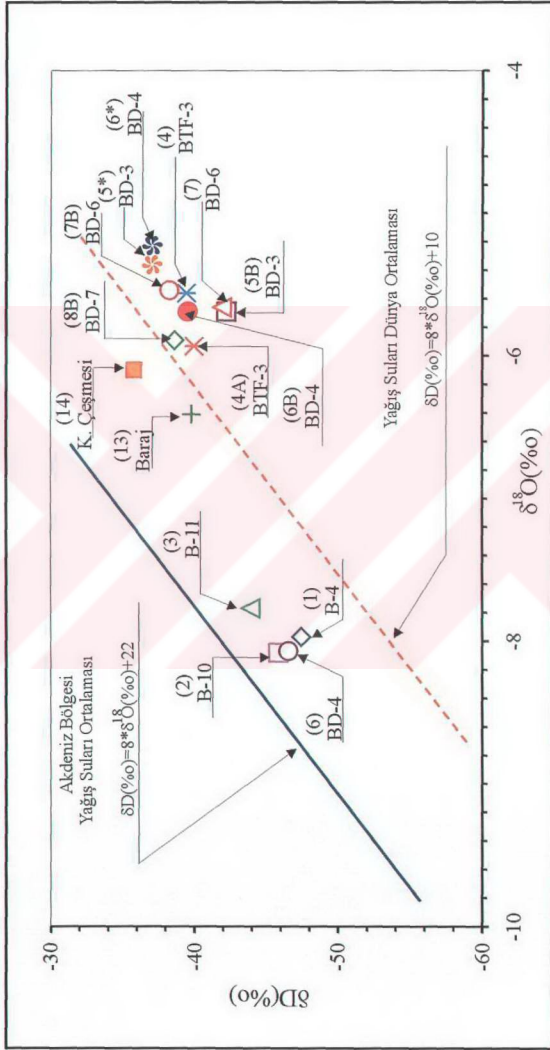
Atmosferik bir gaz olan N_2 gazının tüm örneklerde bulunması jeotermal suyun atmosferik kökenli olduğunun bir diğer kanıtıdır. Bu örneklerde oksijende bulunması örnek alımı sırasında hava ile örneklerin kirletildiğini gösterse de, atmosferde N_2/O_2 oranı 3.7 olmasına rağmen, örneklerde bu orandan daha fazla miktarda N_2 bulunmaktadır. N_2 gazı derin kuyularda (4-5-6 numaralı örnekler), sığ (1 numaralı örnek) kuyu örneğine göre %50 daha azdır. Yüzey sularının sığ kuyulara karışımının daha fazla olması N_2 miktarındaki artışla kendini göstermektedir.

Batı Anadolu'da bulunan ve diğer jeotermal sahalara oranla daha ileri araştırmalar yapılmış olan Kızıldere, Germencik (Filiz, 1984; Şimşek vd., 2000) Dikili (JICA, 1987) ve Salihli (Karamandere, 2001) jeotermal sahaları ile, çalışma alanı izotop değerleri göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır (Şekil 3.16). Çalışma alanını temsil eden sıcak su örneklerinin izotopik bileşimi, Germencik ve Kızıldere sahalarına göre daha az ^{18}O zenginleşmesi gösterirken, Salihli ve Dikili jeotermal sahalarına yakın olduğu

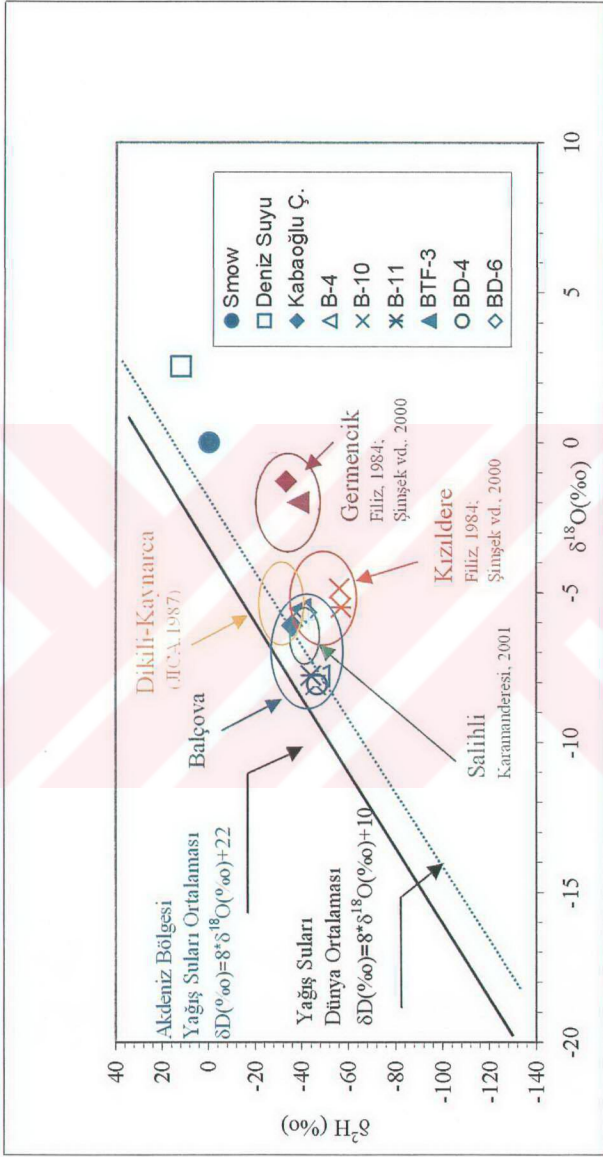
görülmektedir. Bu durumda, Balçova sahasında Germencik (231 °C) ve Kızıldere (241 °C) kadar yüksek sıcaklıkların beklenmemelidir. Sahayı, Dikili ve Salihli jeotermal sahaları gibi orta entalpili ve rezervuar sıcaklığının 180 °C'den düşük olarak değerlendirmek daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır.

Döteryum değerleri ile sahanın ortalama beslenme yüksekliği araştırılmıştır. Tablo 3.14'de sunulan izotopik bileşim değerleri, (14) numaralı örnekle temsil edilen Kabaoğlu Çeşmesi örneğinin döteryum değeri referans alınarak ortalama beslenme yüksekliği E 3.29'dan herbir örnek için hesaplanmıştır. Belirtilen kabuller altında ortalama beslenme yüksekliği için 100-465 m arasında değişen değerler hesaplanmıştır.

Trityum analizleri sıcak su örneklerinde, 1-4 TU trityum bulunduğunu göstermektedir. Suların dolaşım yaşının hesaplanması için verilen E 3.31'e göre, tüm su örneklerinin ortalaması 25 yıl vermektedir. Karışım söz konusu olduğu için, jeotermal suların 25 yıllık olduğunu belirtmek yanlış bir yorum olabilir. 2000 yılında alınan su örnekleri ile 2001 yılında aynı kuyulardan alınan örneklerin tamamında trityum artışı olmuştur (Tablo 3.14). 4 ve 4A numaralı BTF-3 kuyusunu temsil eden örnekte trityum miktarı 0.90'dan 2.30'a, 6 ve 6B numaralı BD-4 örneğinde 1.05 'den 4.20'ye, 7 ve 7B numaralı BD-6 örneğinde 1.80' den 2.05'e yükselmiştir. Bu değerler sahaya genç suların girdiğini kesin olarak kanıtlamaktadır. Derin kuyular yüzeyden itibaren 350-400 m kadar muhafaza borusu ile kapatılmış ve çimentolanmış olduğuna göre, yüzey sularının en az 400 m derinliğe kadar süzülerek buradan karışım yaptıklarını kabul etmek mümkündür.



Şekil 3.15 Örneklenen Sularda $\delta^{18}O$ - δD ilişkisi



Şekil 3.16 δO^{18} - δD İzotop Bileşimleri Bakımından Sahanın Batı Anadolu'daki Diğer Sahalara Göre Konumu

Örneklenen suların E 3.30'a göre hesaplanan döteryum fazlası, d_6 değerleri Tablo 3.17'de sunulmuştur. Buna göre, (15 numaralı deniz suyu hariç) örneklenen suları iki gruba ayırabilmek mümkündür. Birinci grupta döteryum fazlası, 11.5-22 arasında yer alan sular bulunmaktadır, bu değer Yurtsever, (1979) tarafından Akdeniz Bölgesi Suları için döteryum fazlası olarak verilen +16,4 değerine yakın sulardır. Diğer grupta ise döteryum fazlası 3.3-8.7 arasındadır (Tablo 3.17). Bu farkın yağış sularındaki mevsimsel değişimden mi yoksa karışım etkisinden mi kaynakladığı anlaşılamamıştır.

Tablo 3.17 Örneklenen Suların Döteryum Fazlası

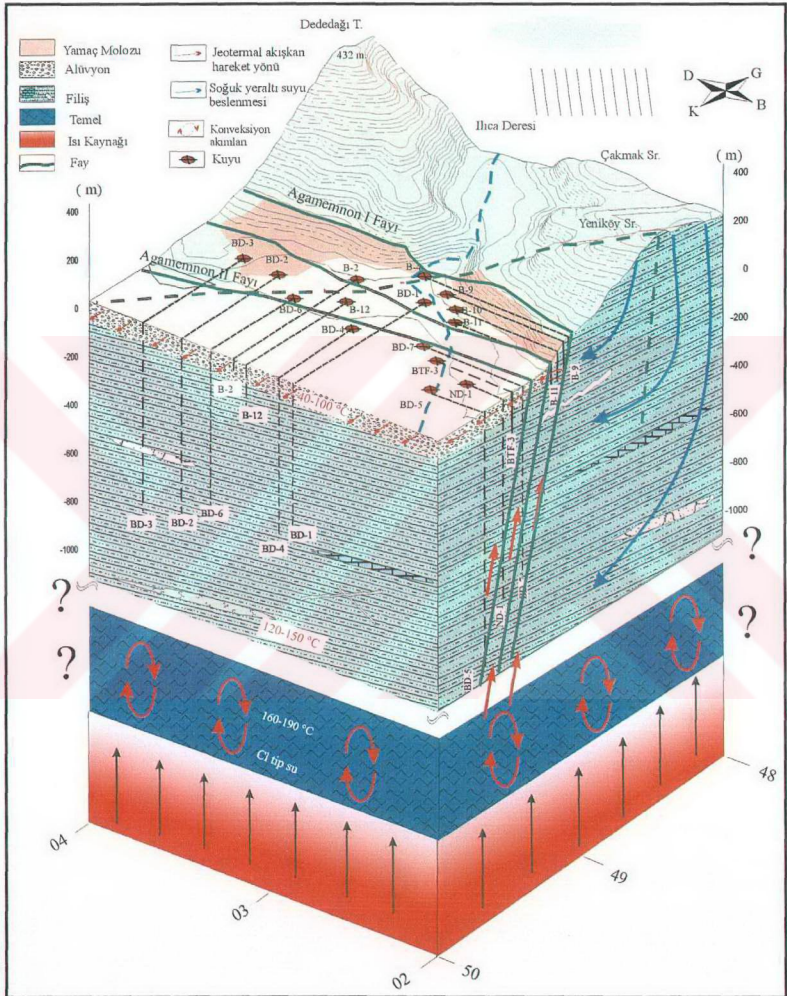
Örnek No	Yeri	$d_{fazlası}$ (‰)
1	B-4	16,3
2	B-10	18,8
3	B-11	18,3
4	BTF-3	22,3
4A	BTF-3	7,5
5	BD-3	3,3
6	BD-4	18,0
6B	BD-4	6,0
7	BD-6	3,40
7B	BD-6	6,1
8	BD-7	8,7
13	Baraj	11,5
14	K.Çeşmesi	13,0
15	Deniz Suyu	-8,1

3.6.5 Sahanın Kavramsal Modeli

Çalışma alanında örneklenen suların dolaşım derinliği ve rezervuar modeli için iki olasılık söz konusudur.

Birinci ve güçlü olan olasılığa göre, sıg dolaşımli (<1500 m) jeotermal sular, jeotermal gradyanla ısınmış, İzmir filiş i içerisinde hazne ortamını oluşturan kırık, çatlak, fay zonları ve geçirimli birimler içerisinde depolanmıştır. Bu olasılığı destekleyen birçok kanıt vardır. Sularda düşük miktarda klorür bulunması, suların sıg çevrimli, hızlı sirkülasyonlu olduğunu, kısa mola süresi nedeniyle su-kayaç arasındaki reaksiyonları tamamlanmadan yüzeye ulaştığını göstermektedir. Sularda yüksek miktarda trityum çıkması, köken olarak “ısınmış yeraltısuyu” olması ve toplam mineralizasyonun düşük olması bu olasılığı güçlendirmektedir. Bu duruma göre, jeotermal gradyanla ısınan sular, filiş i içerisinde yer alan ve hazne özelliği taşıyabilen birimler arasında faylarla yanal geçişleri sağlanarak taşınmaktadır. Buradan, yüzeye hareket eden jeotermal sular daha genç yüzey suları ile de karışım yapmakta ve faylar aracılığı ile yüzeye çıkmaktadır.

İkinci olasılığa göre; İzmir filiş i tek başına hazne kaya oluşturabilecek geçirimliliğe ve gözenekliliğe sahip değildir. Sahanın hidrojeolojisi açıklanırken de belirtildiği gibi (bkz. bölüm 2) sahada derin ve “kuru” kuyuların olması filiş in faylı ve kırık zonlar dışında hazne kaya oluşturamayacağı görüşünü desteklemektedir. İzmir’ in bir çok bölgesinde filiş içersine açılan soğuk su kuyuları da “kuru” çıkmaktadır. Bu durumda, çalışma alanında olduğu gibi yılda iki milyon ton su üretiminin yapıldığı, toplam yüzey alanı 0.5 km² olan bir alanı ve bunun altında bulunan hidrojeolojik açıdan hazne kaya olması mümkün olmayan bir birimin tümünü rezervuar olarak kabul etmek güçtür. Öyleyse bir daha iyi bir hazne kayaya ihtiyaç vardır. Bu da Menderes Metamorfiteri veya Karaburun Yarımadasında gözlemlenen kireçtaşları olabilir. Burada 160-190 °C’ sıcaklığa kadar ısınan jeotermal akışkan, dik olan fay hatlarını kullanarak, hızla yüzeye doğru yükselirken daha genç meteorik sular ile karışım yapmaktadır.



Şekil 3.17 Bağcova-Narlidere Jeotermal Sahasının Kavramsal Modeli

BÖLÜM DÖRT

İZLEYİCİ TESTLERİ

4.1 Giriş

Kimyasal, radyoaktif ve biyolojik izleyiciler hidrojeolojide akış yönleri, akış hızı ve debi saptamak amacıyla kullanılmaktadır. İzleyici testleri, jeotermal sahalarda üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasında, hızlı soğumalara neden olabilecek bir bağlantı olup olmadığını araştırmak üretim ve re-enjeksiyon planlaması yapmak için kullanılan bir yöntemdir.

Bu bölümde, sahadaki re-enjeksiyon ve üretim kuyuları arasında bağlantılar ve re-enjekte edilen suların üretim kuyularına ulaşan miktar ve akış hızlarının saptanması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, sahada en fazla re-enjeksiyon yapılan bir sığ ve bir de derin kuyu izleyici madde basmak için seçilmiştir. Bunlardan B-9 kuyusu 42 m, BD-2 kuyusu 677 m derinliktedir. B-9 kuyusunda üç, BD-2 kuyusunda iki kez izleyici testi yapılmıştır. Her denemeden sonra üretim kuyularında 1 ila 4 ay süren, periyodik izleyici madde konsantrasyonu ölçülmüştür. İzleyici çalışması 14 ay sürmüştür. İzleyici madde olarak uranın kullanılmıştır. Konsantrasyon ölçümleri 0.02 ppb saptama eşiğine sahip fluoremetre ile yapılmıştır.

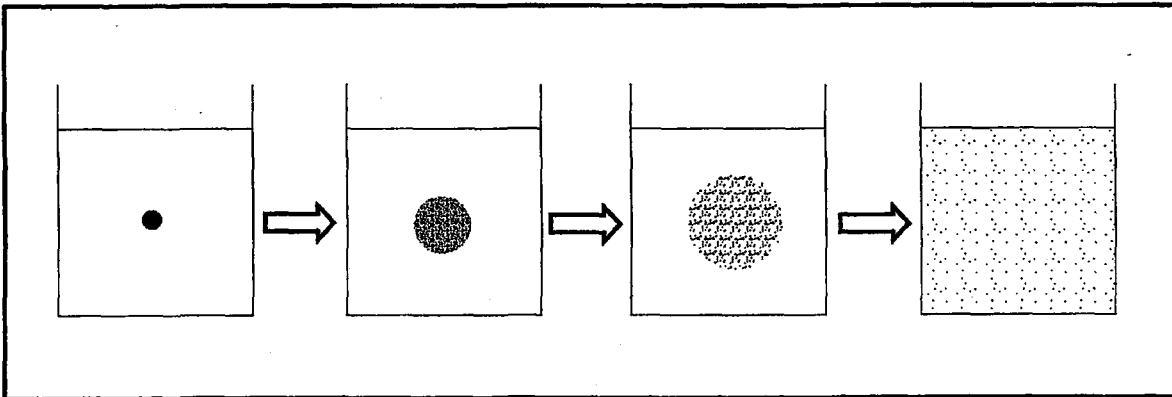
B-9 kuyusundan basılan izleyicilerin sığ akiferde 2.3-12.7 m/saat arasında değişen hızda hareket ettikleri hesaplanmıştır. Derin kuyulardan elde edilen izleyici profilleri, yorumlanabilecek yeterlilikte olmamasına rağmen, derin kuyular arasında da bağlantılar olduğunu göstermektedir.

4.2 İzleyicilerle Akış Hızı ve Rezervuar Hacminin Hesaplanması

4.2.1 Advektif-Dispersif Kütle Taşımı

Rezervuarda, taşınan madde ile taşıyan akışkanın hızının aynı olması advektif taşıma olarak tanımlanır. Bazı kaynaklarda advektif terimi yer alırken (Wang ve Anderson, 1982; Domenico ve Schwartz, 1990) konvektif terimi de kullanılmıştır (Horne, vd., 1985; Kocabaş ve Horne, 1987; Akın ve Okandan 1997; Okandan, 1987). Konveksiyon terimi daha çok ısı transferinin söz konusu olduğu ortamlarda kullanıldığı için, bu çalışmada da advektif terimi tercih edilmiştir.

Bir arada bulunan iki akışkanın birbirine karışabilmeleri aralarındaki yüzey gerilim kuvvetine bağlıdır. Yüzey gerilim kuvvetleri sıfırdan farklı olan akışkanlar birbirine karışmazlar, belirli bir yüzey bu iki akışkanı daima birbirinden ayırır. Karışabilen akışkanlarda, moleküller iç içe girer. Bu hareket izotropdur, homojen bir bölgede aynı hız dağılımı ile hareket eden molekül sayısı aynıdır (Collins, 1973). Karışabilen iki akışkan, ortamda sıvıları hareket ettirecek herhangi bir kuvvet (basınç, sıcaklık farkı vs.) olmasa da, moleküller difüzyonun etkisiyle, yüksek konsantrasyondan düşük konsantrasyona doğru hareketle bir kütle taşınımı olur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Difüzyonla Karışım

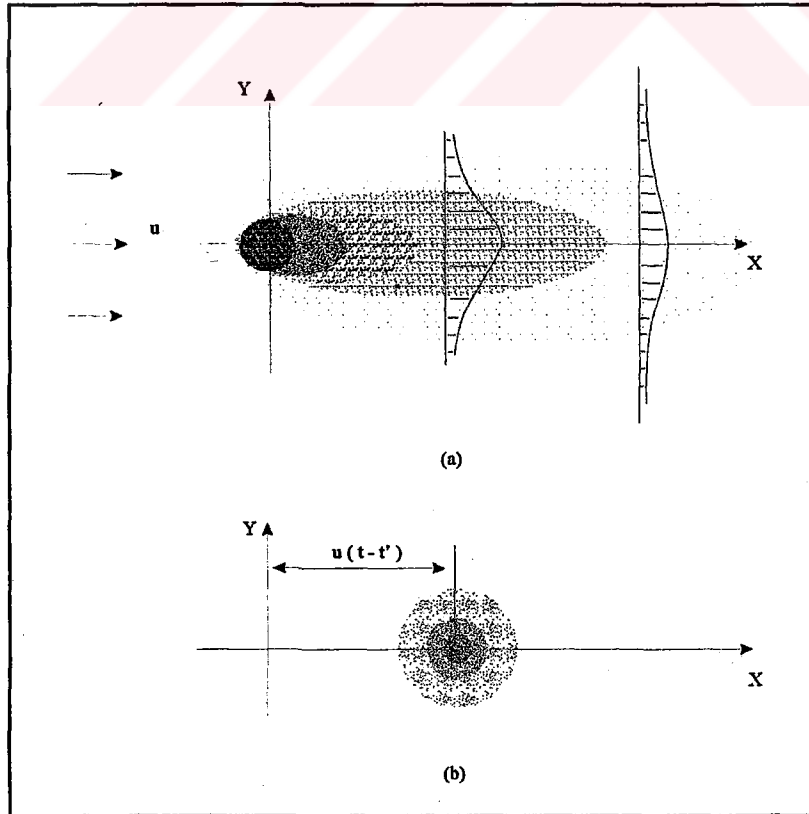
Bir maddenin moleküler difüzyonu, Fick Difüzyon Yasası ile (E 4.1) açıklanır.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_d^* \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad \text{E 4.1}$$

Burada:

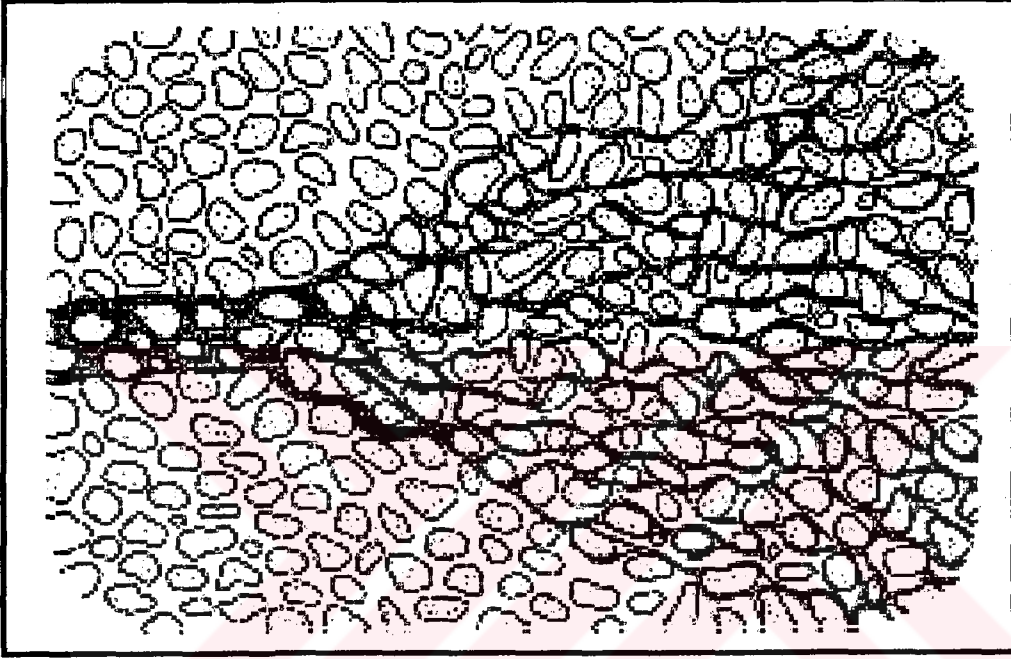
- C, konsantrasyon kg/m^3
t, zaman, s
x, koordinat, m
 D_d^* , moleküler difüzyon katsayısı m^2/s

Sabit bir u hızı ile akmakta olan akarsuya, bir noktadan sürekli ve sabit debide boya (izleyici madde, kirlenici maddeler vs.) verilmesi durumunda, kaynak noktasından itibaren akış yönünde azalan bir konsantrasyon elde edilir (Şekil 4.2a). Aynı problemde t anında, belirli bir miktarda izleyicinin bir anda bırakılması durumunda, izleyici madde difüzyon etkisi ile yayılırken, akış etkisi ile de taşınır (Şekil 4.2b).



Şekil 4.2 (a) Sürekli (b) Anlık İzleyicinin Ortamda Yayılımı (Li,1972)

Akış sırasında difüzyon ile izleyici dağılırken, akış hızını etkileyen diğer faktörler yeni bir dispersiyona neden olur. Dispersiyon, heterojen ortam nedeniyle akışın tercih ettiği rasgele patikaların istatistiksel dağılımının ölçüsüdür (Şekil 4.3). Dispersiyon katsayısı, geçirgenliğe benzer bir katsayıdır, bazı çalışmalarda geçirgenlik, gözeneklilik ve dispersiyon arasında korelasyonlar yapılmıştır. Akış yönü boyunca olan dispersiyon, akışa dik yöndeki dispersiyondan yaklaşık 10 kat daha büyüktür (Domenico, vd., 1990).



Şekil 4.3 Dispersiyon (Wang, vd., 1982)

Re-enjeksiyon kuyusundan basılan izleyicinin üretim kuyusundan elde edilen konsantrasyon-zaman grafiğinde, izleyici konsantrasyonunun maksimuma ulaştığı değer t_{max} , izleyicinin ortalama taşınım zamanıdır. Buradan, enjekte edilen suyun re-enjeksiyon ve üretim kuyuları arasındaki zahiri akış hızı, u , E 4.2'den bulunabilir.

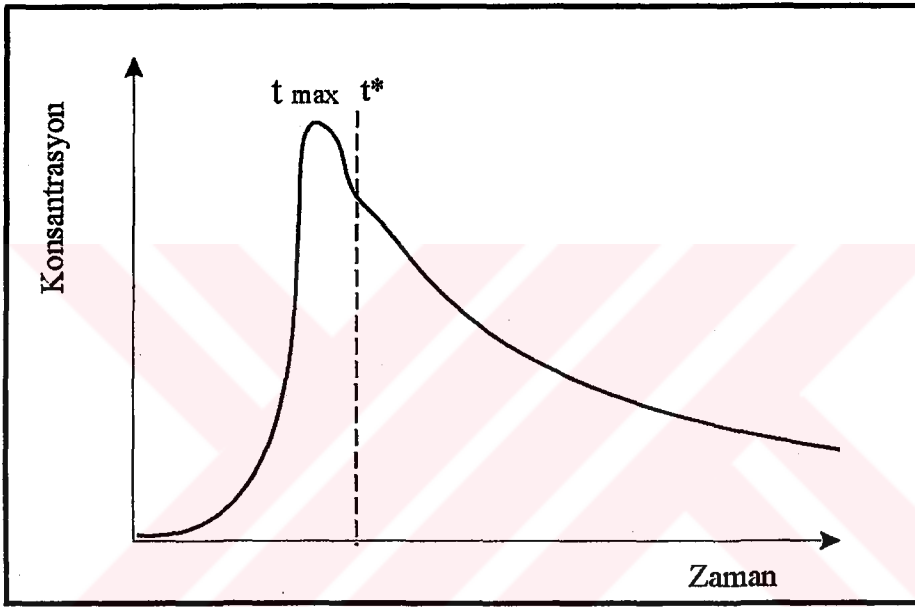
$$u = \frac{x}{t_{max}}$$

E 4.2

Burada:

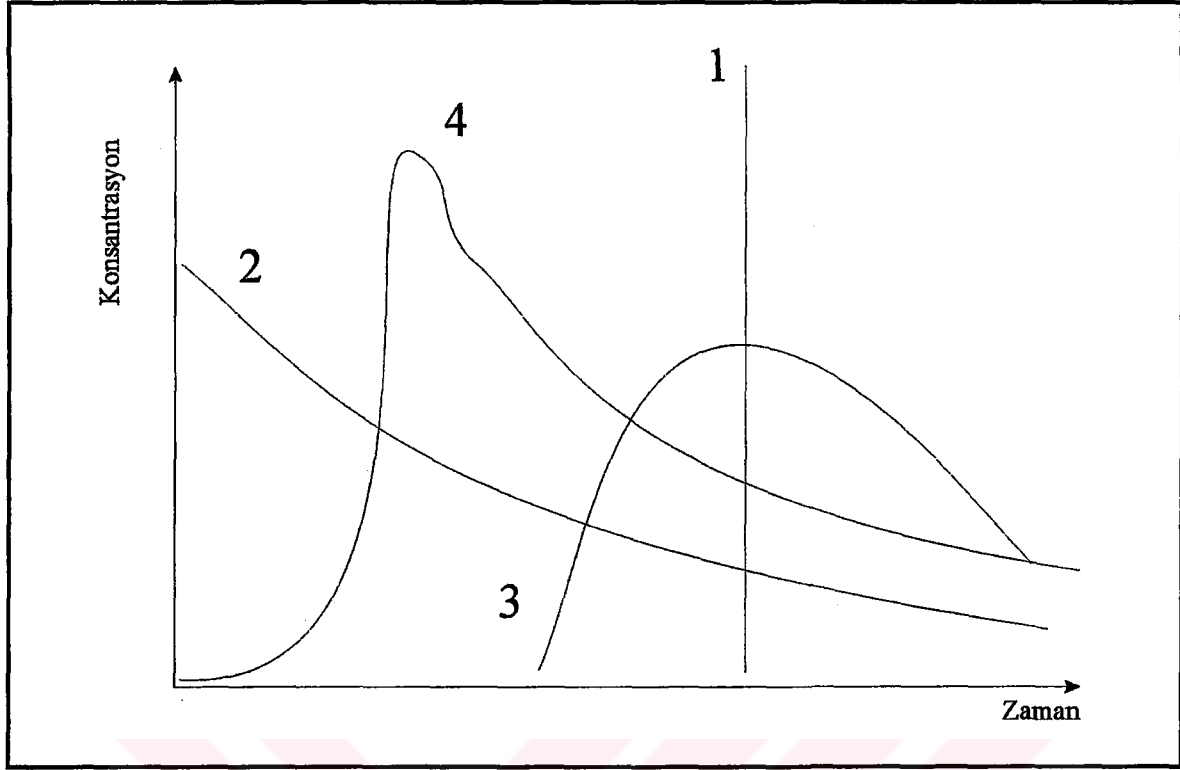
- x , üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasındaki uzaklık, m
- t_{max} , maksimum izleyici konsantrasyonunun gözlemlendiği zaman, s

İzleyici konsantrasyonu-zaman grafiklerinden bulunan, izleyicinin üretim kuyusuna ortalama varış zamanı, gerçek değerden farklıdır. Şekil 4.4'de verilen t^* değeri izleyici zaman konsantrasyonunun gerçek, t_{max} ise gözlenen değeridir. Kullanım kolaylığı bakımından, grafiklerden elde edilen t_{max} değeri tercih edilebilir. Wairakei (Yeni Zelanda), sahasında yapılan izleyici testlerinde t^* ve t_{max} arasındaki farkın %1-9 arasında değiştiği belirtilmektedir (Fossum ve Horne, 1982).



Şekil 4.4 Gözlenen ve Teorik Ortalama Varış Zamanı (Thomann, 1972)

İzleyici-zaman profillerinin görünümü ortamın yapısına bağlıdır. Şekil 4.5'de görülen izleyici profillerine göre, (1) homojen, difüzyon ve dispersiyonun olmadığı bir ortamda, tek boyutlu akışı göstermektedir. İzleyicinin bütün parçacıkları üretim kuyusuna aynı anda ulaşmıştır. (2) ortama uniform şekilde bir anda izleyicinin yayılması sonucunda, (3) homojen bir ortamda, (4) çatlaklı bir ortamda tek boyutlu akıştan elde edilen izleyici-zaman profilidir (Grant, Donaldson ve Bixley, 1982).



Şekil 4.5 İzleyici Profilleri (Grant, vd., 1982)

4.2.2 Rezervuar Hacmi

Rezervuara giren izleyici maddenin difüzyon ve dispersiyon etkisi ile tüm rezervuar hacminde homojen bir şekilde yayılması halinde, rezervuara enjekte edilen madde miktarı ve dengeye ulaşmış, değişmeyen son konsantrasyon miktarı kullanılarak, izleyici maddenin yayıldığı veya boyadığı akışkan hesaplanabilir (E 4.3), (Rose, Apperson ve Faulder, 1997).

$$V = \frac{M_i}{C_i}$$

E 4.3

Burada:

V , rezervuardaki akışkan hacmi, m^3

M_i , enjekte edilen izleyici miktarı, kg

C_i , (izleyici-zaman profilinde sabit, azalmayan) izleyici konsantrasyonu kg/m^3

Bu bağıntının geçerli olabilmesi için, izleyici konsantrasyonunun çok uzun süre gözlenmesi ve üretilen akışkan içerisindeki izleyici konsantrasyonun belirli bir değerde sabitlemesi gereklidir. Bu durumda izleyici maddenin rezervuarda homojen bir şekilde dağılmış olduğu kabul edilebilir.

4.3 Malzeme ve Yöntem

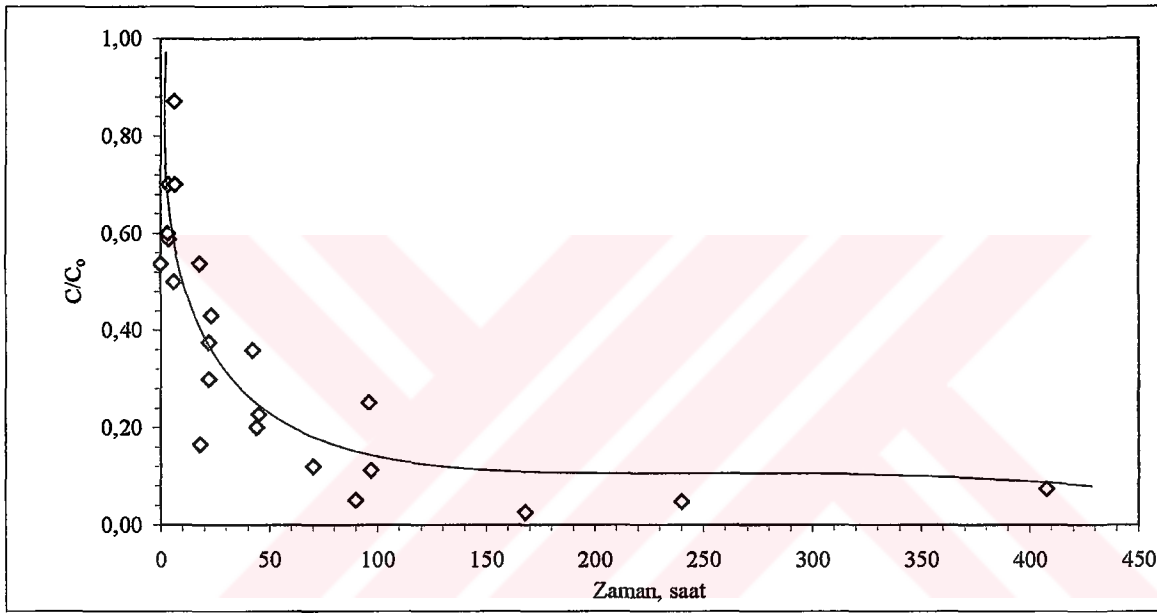
4.3.1 İzleyici Maddenin Özellikleri

Bu çalışmada flüoresan bir madde olan uranın izleyici olarak kullanılmıştır. Flüoresan maddeler belirli bir enerji seviyesindeki (dalga boyu) ışığı absorbe ederek daha düşük enerjili (daha büyük dalga boyu) ışığı yayarlar. Absorbe edilen ve yayılan ışıkların dalga boyları arasındaki fark flüoresan maddenin karakteristik bir özelliğidir. Uranin, çok düşük konsantrasyonlarda tespit edilebilir. Sularda doğal olarak bulunmaz. Suyun reolojik özelliklerini değiştirmediği için hidrojeolojide yeraltı sularının izlenmesinde tercih edilen bir maddedir. Su ile tamamen karışabilirler.

Uranin, Sodyum Flourescein, Acid Yellow 73, Uranine Yellow isimleri ile de bilinir. Renk İndeks Numarası C.I. 45350, moleküler formülü $C_{20}H_{10}Na_2O_5$, molekül ağırlığı 376.28 g/mol dir. Bu çalışmada, MERC (MERC KgaA, 64271, Demstadt, Germany) marka uranın kullanılmış olup, ürünlerin saflığı %99' dan fazladır. İyi bir boyar madde olan uranın 10 mg/m³ (ppb) ve üzerindeki konsantrasyonları gözle görülebilir (Günay ve Ekmekçi, 1990). Çözelti halindeki uranın maksimum dalga boyu 490 nm olan ışınları absorbe eder ve maksimum dalga boyu 520 nm olan ışınları yayar.

Sıcaklık ve tuzluluğun flüoresan özelliği üzerinde çok küçük etkisi olurken, pH 5-7 aralığında, ışımaya maksimum değerdedir, pH etkisi geri dönüşümlüdür. Ultraviyole ışınlar, uranın flüoresan özelliğini kalıcı şekilde azaltırlar (Adams ve Davis, 1991). Güneş ışığına maruz ortamlarda kullanılması uygun değildir.

Sıcaklığın uranın üzerindeki etkisi ve uranın sıcak rezervuar koşullarında yarılanma ömrü üzerine yapılan bir çok çalışma bulunmaktadır. Gudmundsson ve Riyami (1985), yaptıkları çalışmada, 150 ve 200°C sıcaklıkta uranın flüoresan aktivitesinin %40'ının iki saat içinde kaybolduğunu belirtmişlerdir. Bu projenin başlangıcında da, uranın sıcaklık karşısındaki davranışını araştırmak için 150 °C sıcaklıkta bir etüvde, 300 ppb konsantrasyona sahip uranın karışımı, metal tüplerde çeşitli sürelerde bekletildikten sonra konsantrasyonları ölçülmüştür. Sonuçta; benzer bulgular elde edilmiş, uranın flüoresan özelliğinin %90'nını ilk 100 saat içerisinde kaybettiği bulunmuştur (Şekil 4.6)

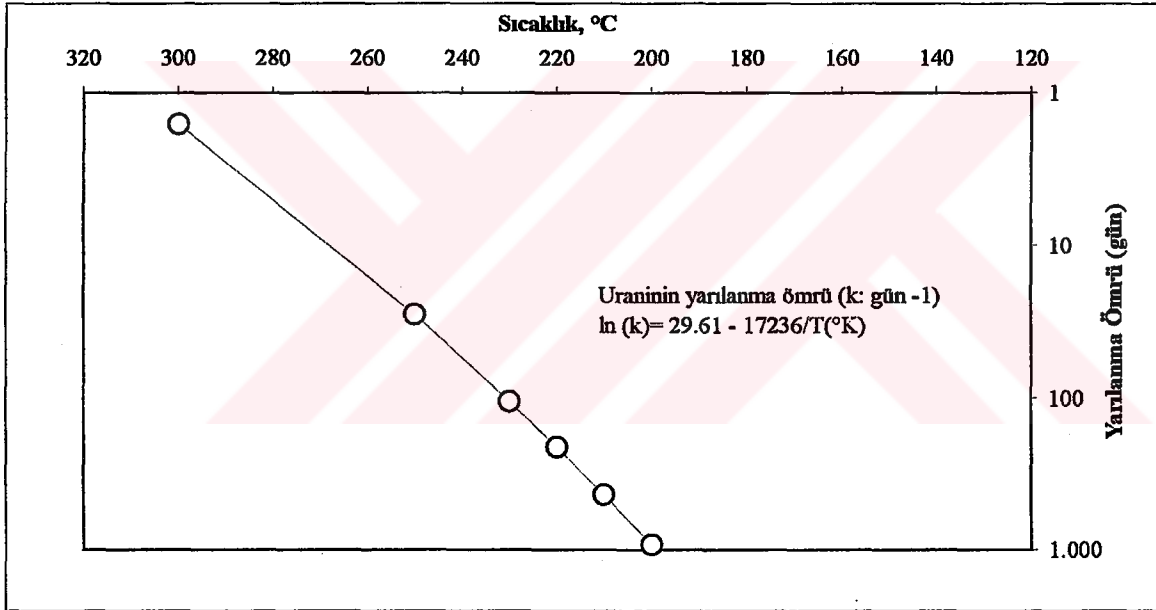


Şekil 4.6 Uranin Konsantrasyonunun Sıcaklıkla Değişimi

Bir başka çalışmada, uranın 230 °C sıcaklıkta yarılanma ömrünün 140 gün olduğu ve 260 °C sıcaklığa kadar jeotermal sistemlerde kullanılabileceği belirtilmektedir (Rose, Goranson, Salls ve Kilbourn; 1999), (Adams ve Rose; 1995). Bu iki çalışmanın sonuçları çelişkili görünmektedir. Bunun nedeni, Adams, vd., (1991) ve Adams, (1995) tarafından laboratuvar şartlarında yapılan deneylerde örneğe atmosferden serbest oksijen karışımı olarak açıklanmaktadır. Serbest oksijen sıcaklığın etkisi ile uranın flüoresan özelliğini yok etmektedir. Oksijensiz ortamlarda yapılan deneylerde uranın daha kararlı olduğu görülmüştür. Atmosferden meteorik sularla giren serbest oksijenin ise kayalar tarafından çok hızlı bir şekilde tutularak bağlandığı ve bu nedenle jeotermal sularda serbest oksijen bulunmadığı için uranın jeotermal sistemler için iyi bir izleyici madde olduğu aynı

çalışmalarda belirtilmiştir. Çalışma alanına benzer sıcaklık değerlerinde, rneğin 150 °C'de uraninin en az  yıl bozunuma uğramayacağı belirtilmektedir (Adams, 2001) (şekil 4.7).

Uranin toksin bir ürün değildir. Amerika Birleşik Devletleri, Gıda ve İlaç Tüzüğüne göre kozmetik ve ilaç sektöründe kullanılmaktadır. Yıllarca uranin ile çalışan kişilerde herhangi bir rahatsızlık görülmemiştir. Çok yüksek uranin konsantrasyonu bulunan akvaryumlarda balıklar aylarca canlı kalmışlardır (Wilson, 1968). Bu nedenle, Balçova sahasında olduğu gibi jeotermal suların balneolojik amaçlı kullanıldığı sahalarda kullanımı sorun yaratmamaktadır. Bu zellikleri nedeniyle uranin izleyici madde olarak tercih edilmiştir.



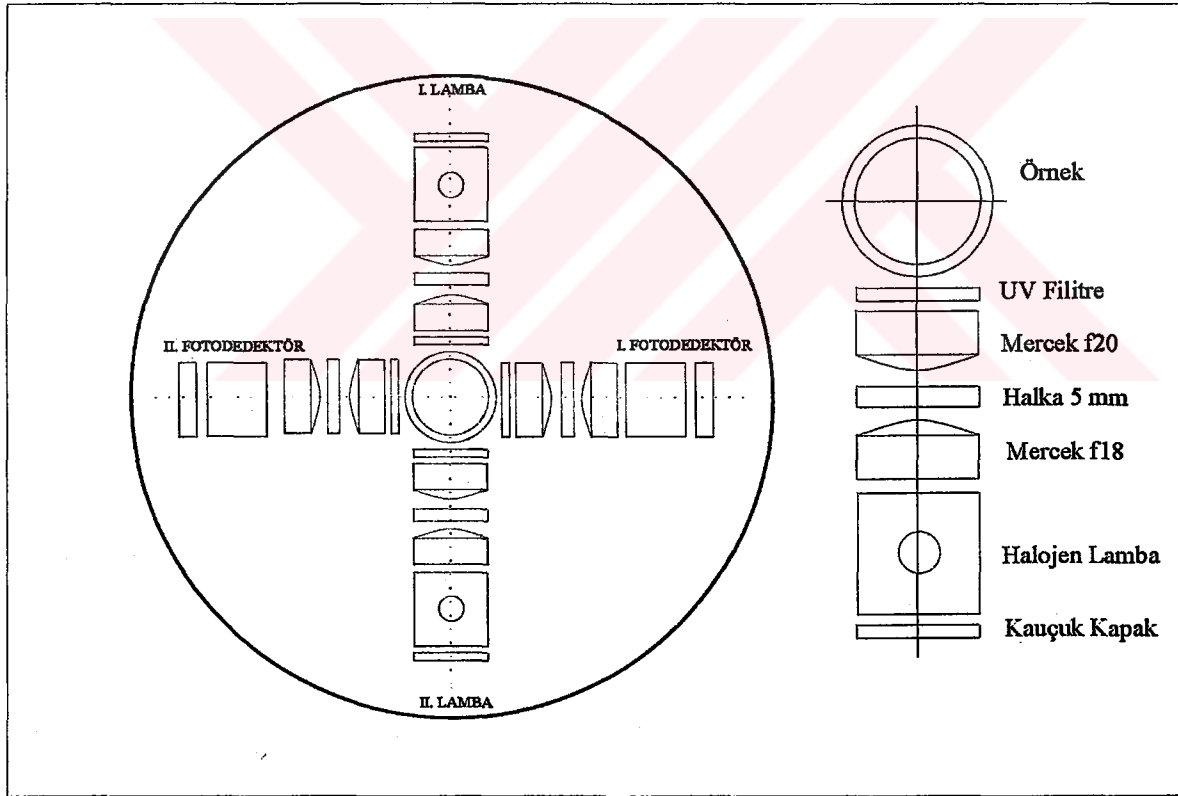
şekil 4.7 Uranin İçin Sıcaklık -Yarılanma mr İlişkisi (Adams, 1995)

4.3.2 Konsantrasyon lm

Çalışmada izleyici madde konsantrasyonunu ölçmek için GGUN-FL02 model filtrelili fluorometre kullanılmıştır. GGUN-FL02 fluorometre Neuchatel Üniversitesi, Jeoloji

Enstitüsü, Jeomagnetizma Grubu tarafından üretilmiştir. Bir adet 12 V batarya ile çalışır, bataryası şarj edilmeden 28 gün süre ile aralıksız ölçüm yapar ve kayıt tutabilir.

Filtreli fluorometreler, flüoresan madde miktarını ve türünü tespit edebilir. Fluorometrelerde, güçlü bir ışık kaynağından çıkan ışık demeti, bir filtreden geçirilerek elde edilen özel dalga boyundaki ışınlar, mercekler yardımı ile örnek üzerine yönlendirilir. Örnekten yansıyan ışıklar tekrar başka bir filtreden geçirilerek, aranan dalga boyu dışında kalan ışınlar elimine edilir. Elde edilen ışınlar fotodedektör ile tanımlanır (Şekil 4.8). Önceden hazırlanan standart çözeltilerden elde edilen ışık şiddetleri kullanılarak alet kalibre edilir. Örneklerin değerlendirilmesinde bu kalibrasyon değerleri kullanılarak ölçülen ışık şiddetleri konsantrasyona dönüştürülür. Bu işlem bir PC aracılığıyla otomatik yapılır.

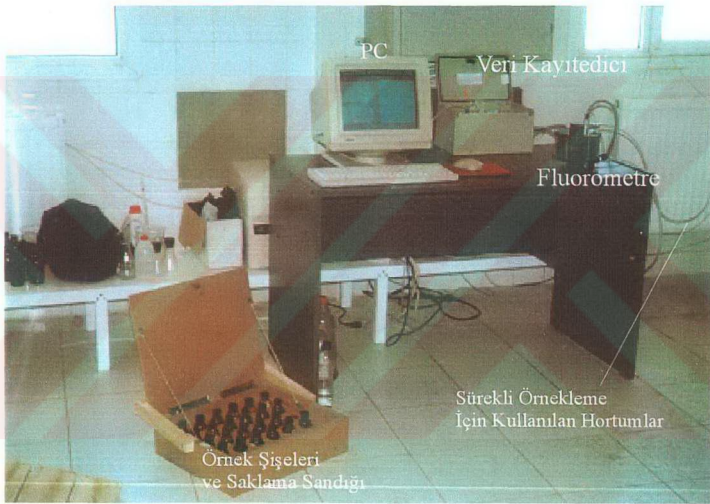


Şekil 4.8 GGUN-FL02 Fluorometresinin Işık Filtre Sistemi

Fluorometre iki ana parçadan oluşmaktadır: Birinci kısım, iki adet lamba ve iki adet fotoelektrik hücre içerir. Örnek aletin ortasındaki cam hazneye doldurularak ölçüm

yapabilir veya bu hazneye bir pompa yardımı ile sürekli akışkan gönderilerek 10 s. ya da 4 dk aralıkla sürekli ölçme yapmak da mümkündür. Ölçülen değerler aletin üzerinde bulunan PCMCIA hafıza kartına veya RS232 ara kablosu ile bir PC'ye aktarılabilir (Şekil 4.9). Bu çalışmalar süresince fluorometre her 15 günde bir defa kalibre edilmiştir.

Kullanılan fluorometre iki farklı izleyici madde konsantrasyonunu ayrı ayrı veya birlikte ölçebilmektedir. Uranin sabit olmak üzere rhodamine B, rhodamine G, rhodamine WT, tinopal CBS-X, Na naphionate ikinci izleyici olarak seçilebilir. Fluorometre 0.02 ppb saptama eşiğinden başlayarak ölçme yapabilmektedir.



Şekil 4.9 GGUN-FLO2 Fluorometre

4.3.3 İzleyici Madde Miktarı

İzleyici madde miktarının belirlenmesinde en önemli faktör, izleyici maddenin saptanabilme limitidir. İzleyici ne kadar düşük limitlerde saptanabilirse kullanılması gereken izleyici madde miktarı aynı oranda azalacaktır. Bu konuda önerilen bir yöntemde

(Horne, 1987) üretim ucunda gözlenebilecek minimum izleyici konsantrasyonları için enjekte edilen suyun süpürdüğü hacim arasında deneysel ilişkiye dayandırılmıştır (E 4.4).

$$V_s = 1.076 * x * h * \phi \quad \text{E 4.4}$$

Burada:

V_s , akışkanın süpürdüğü rezervuar hacmi, m^3

h , formasyon kalınlığı, m

x , üretim ve re-enjeksiyon uçları arasındaki uzaklık, m

ϕ , porozite

Kuyuya basılması gereken izleyici miktarı ise minimum saptama limitine göre hesaplanacak, M_{enj} büyük olmalıdır (E 4.5).

$$C_{min} = \frac{M_{enj}}{V_s} \quad \text{E 4.5}$$

Burada:

C_{min} , minimum saptama limiti, kg/m^3

M_{enj} , enjekte edilecek izleyici madde miktarı, kg

Bu eşitliklerde kullanılan formasyon gözenekliliği ve kalınlığı tahmini zor olan parametrelerdir. Olası kayıplar ve saptama alt limitinin daha üstünde değerler elde edilerek, konsantrasyon-zaman profili oluşturabilmek için uygulamada, hesaplanan miktarın binlerce kat fazlasının kullanılması gerekmektedir. Uraninin izleyici olarak kullanıldığı bazı çalışmalarda, örneğin Steamboat Hills sahası, (maksimum sıcaklık 160 °C, Nevada, ABD), 91 kg kullanılmış ve sahada 5.6 yıl boyunca izleyici takibi yapılmıştır (Rose vd., 1999). Beowawe sahası (maksimum sıcaklık 185 °C, Nevada, ABD) yine 91 kg uranın kullanılarak 3 yıla yakın süre izlenmiştir (Rose vd.,1997). Palinpinon I sahasında (maksimum sıcaklık, 320°C, Filipinler) 0,5.-10 kg arasında değişen miktarlarda uranın kullanılmıştır (Urbino, Zaide, Malate ve Bueza, 1986). Rotorua sahasında (sıcaklık 120-200 °C, Yeni Zelanda) 1 kg uranın kullanılmıştır (Pan, Freeston ve O'Sullivan, 1991).

Hatchobaru (sıcaklık 280°C, Japonya) 10 kg uranın kullanılarak izleyici çalışması yapılmıştır (Rivera, 1995).

4.3.4 Deneysel Düzenek ve Örneklemeler

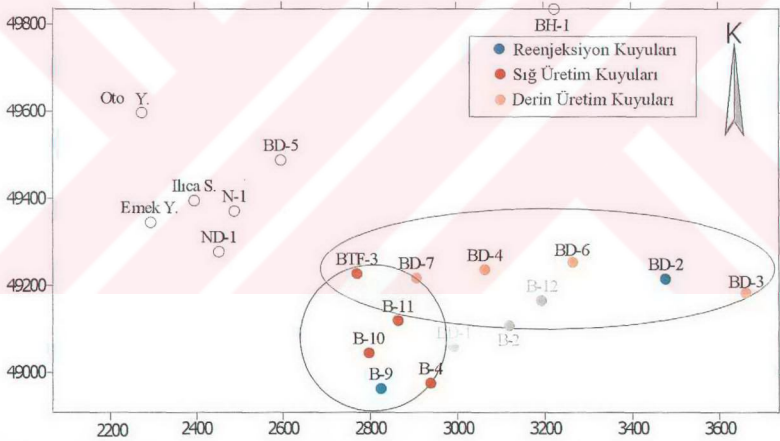
İzleyici çalışmalarında iki ayrı türde örneklemeler yapılmıştır. Birinci örneklemede 125 ve 50 cc'lik kapaklı cam şişelere, üretim kuyularından periyodik numuneler alınmıştır. Örnek alınırken şişeler birkaç kez örneklenen su ile çalkalandıktan sonra doldurulmuştur. Örnekler, ultraviyole ışınların etkisine karşı kahverengi renkli cam şişelere doldurulmuş ve ışık geçirmeyen kapalı bir sandıkta muhafaza edilmiştir. Örneklerin sıcaklığı 20-26 °C ve pH değeri 7-8 arasında iken fluorometrede konsantrasyonları ölçülmüştür. pH'ın bu değerleri uranın konsantrasyonunu ölçmek için gereken ideal değerlerdir. Üretim kuyuları da belirtilen pH aralığında üretim yaptıkları için, yeniden bir pH ayarlamasına gerek kalmamıştır. Şişeler yeniden kullanılmadan önce su ile yıkanıp kurutulmuştur.

İkinci tip örneklemede sürekli konsantrasyon ölçülmüştür. Derin kuyuların örneklenmesi sırasında, BD-3 üretim kuyusu ve hattının uygun olması nedeniyle bu kuyu ile fluorometre arasında hortumla bağlantı kurularak, 0.1 l/dk debili bir dozaj pompası yardımı ile fluorometreye sıcak su basılmış 1500 saat süre ile 4 dk arayla sürekli ölçme yapılmıştır.

Sürekli konsantrasyon ölçümü bazı çalışmalar sırasında kontrol amaçlı yapılmıştır. Şişelerle örnek toplanması sırasında iki örnekleme arasında, herhangi bir üretim kuyusundan izleyici madde geçip geçmediğini kontrol edilmesi için, ısı merkezindeki ana eşanjör çıkışından 5 mm iç çapında, 70 m uzunluğunda PVC boru ile 2 bar basınçla, 0,2 l/dk debide termal su fluorometreden geçirilerek, 4 dk aralıkla otomatik olarak konsantrasyonu ölçülmüş ve kayıt edilmiştir. Sürekli konsantrasyon ölçümlerinde, örneklerin aynı koşullarda değerlendirilebilmesi ve sıcaklığın fluorometreye zarar vermemesi için, suyun sıcaklığı 30 °C'nin altına düşürülmüştür. Soğutma işlemi, kış aylarında örnek hattı dışarıdan geçirilerek, yaz aylarında ise klima kullanılarak yapılmıştır.

4.4 Sahada Yapılan İzleyici Testleri

Sahada derinlikleri 48-150 m arası değişen sığ ve derinlikleri 1100 m'ye kadar ulaşan derin üretim ve re-enjeksiyon kuyuları bulunmaktadır (Ek 1). Bu çalışmada bir sığ ve bir de derin iki kuyuda izleyici testi yapılarak, re-enjeksiyonun sığ ve derin rezervuara olan etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. İzleyici maddenin basılacağı re-enjeksiyon kuyularının seçiminde re-enjeksiyon debisi, re-enjeksiyonun sürekliliği ve gözlem yapılacak üretim kuyularına yakınlıkları dikkate alınmıştır. Bu açıdan durum incelendiğinde sığ rezervuara etkinin araştırılması için B-9, derin rezervuar için BD-2 kuyuları izleyici madde basılmak üzere seçilmiştir. B-9 kuyusunda yapılan izleyici çalışmalarında B-4, B-10, B-11 ve BTF-3 üretim kuyuları gözlem kuyusu olarak kullanılmış, BD-2 kuyusundan yapılan testlerde ise BD-3, BD-4, BD-6 ve BD-7 kuyularından gözlem yapılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 İzleyici Testi Yapılan Re-enjeksiyon ve Üretim Kuyuları

Sığ ve derin kuyularda yapılan izleyici çalışmalarının sayısı, tarihi, bu çalışmada kullanılan kısaltılmış kodları ve izleme süreleri yapılaş tarihlerine göre sıralanarak Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.1 Sahada Yapılan İzleyici Testleri ve Süreleri

No	Çalışmada Kullanılan İsimlendirme	İzleyici Basılan Kuyu	Tarih	İzleme Süresi Ay
1	BD-2 (I)	BD-2	03.01.2000	3
2	B-9 (I)	B-9	11.02.2000	4
3	B-9 (II)	B-9	31.05.2000	2
4	B-9 (III)	B-9	28.07.2000	2
5	BD-2 (II)	BD-2	22.12.2000	3

4.4.1 BD-2 Kuyusunda Yapılan İzleyici Testleri

Sahada bulunan derin kuyulardan ND-1, BD-5 ve BD-2'ye re-enjeksiyon yapılmaktadır. ND-1 ve BD-5 kuyularına sırası ile 10 ve 25 m³/saat debide re-enjeksiyon yapılabilmektedir. BD-2 kuyusuna daha fazla re-enjeksiyon yapılıyor olması ve üretim kuyularına yakınlığı nedeniyle, bu kuyu izleyici testi için tercih edilmiştir. BD-2 kuyusundan re-enjeksiyon yapılırken sahadaki diğer derin kuyuların gözlem kuyusu olarak kullanılması planlanmıştır (Şekil 4.10).

4.4.1.1 BD-2 (I) İzleyici Geri Akış Testi

BD-2 kuyusu 03 Ocak 2000 günü üretime kapatılarak, 40 m³/h debide re-enjeksiyona başlandı. 13 Ocak 2000 günü 750 gr. uranın, 20 lt. suda eritilerek 37.500 ppm konsantrasyona sahip karışım "tapa" halinde kuyuya basıldı (Şekil 4.11). İzleyicinin arkasından ortalama 33 m³/saat debide 306 saat re-enjeksiyon yapıldıktan sonra, kuyu 40 saat üretime kapatıldı. Daha sonra 20 m³/saat debi ile tekrar üretime alınarak 1500 saat boyunca kuyudan geri gelen uranın konsantrasyonu ölçülmüştür. Elde edilen değerler Ek 3A'da sunulmuştur.



Şekil 4.11 BD-2 (I) Deneyinde İzleyicinin Hazırlanması ve Kuyuya Basılması

Bu çalışmada BD-2 kuyusundan basılan izleyici maddenin sahadaki derin kuyulardan izlenmesi amaçlanmış olmasına rağmen, üretim kuyularından BD-6'da meydana gelen arıza sonucu, işletmenin enerji gereksinimi nedeniyle BD-2 kuyusu üretime alınmıştır. Bu nedenle BD-2'den geri elde edilen izleyici konsantrasyonu ölçülmüştür.

4.4.1.2 BD-2 (II) İzleyici Testi

22.Aralık 2000 tarihinde 3 kg uranın 20 l suda eritilerek elde edilen 150.000 ppm konsantrasyona sahip karışım tapa halinde BD-2 kuyusuna basıldı. İki saat süre ile kuyuya 40 m³/saat debide re-enjeksiyon yapıldıktan sonra, re-enjeksiyon debisi 100 m³/saat'e yükseltildi. Aradan 10 saat geçtikten sonra kuyunun etrafından önce bir miktar buhar, sonra da 40-50 °C sıcaklığında çok düşük debide sıcak su geldiği görüldü. Re-enjeksiyon debisi 30 m³/saat değerine düşürüldü ve testler süresince bu değer sabit tutuldu. Debinin azaltılması ile kuyu etrafındaki çıkışlar kesildi. BD-2 kuyusunda yapılan izleyici testlerinde kullanılan izleyici miktarları ve konsantrasyonları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 BD-2 Kuyusunda Denemelerde Kullanılan İzleyici Miktarları

	Tarih	Uranin Miktarı (kg)	Karışım Miktarı (l)	Konsantrasyon (ppm)
BD-2(I)	03.01.2000	0.75	20	37.500
BD-2 (II)	22.12.2000	3	20	150.000

BD-2 kuyusundan re-enjeksiyon yapılırken BD-3, BD-4, BD-6, BD-7 ve BTF-3 kuyularından cam şişelere periyodik olarak örnekler alınmıştır. BD-3 kuyusundan çekilen bir hortum hattı ile sürekli konsantrasyon ölçümü yapılmıştır. Diğer kuyulardan başlangıçta 3'er saat ara ile olmak üzere örnekleme yapılmış, daha sonra örnekleme aralığı 6, 12 ve 24 saate çıkartılmıştır. Gözlemler 87 gün sürmüş ve 20 Mart 2001 tarihinde sona erdirilmiştir. Bu çalışmaya ait veriler Ek 3D'de sunulmuştur. Gözlemler süresince üretim ve re-enjeksiyon kuyularının debileri sabit tutulmaya çalışılmıştır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 BD-2 (II) İzleyici Çalışmasında Kuyuların Ortalama Debileri (m³/saat)

BD-2*	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	BTF-3
30	60	100-120	40-60	25-40	10

BD-2 değeri re-enjeksiyon, diğerleri üretim debisidir.

4.4.2 B-9 İzleyici Testleri

Sahada B-2, B-9, B-12 ve N-1 sığ kuyularına re-enjeksiyon yapılmaktadır. Sığ kuyulara yapılabilen maksimum re-enjeksiyon debisi sırası ile 150, 300, 40 ve 10 m³/ saat değerindedir. B-9 kuyusuna sahadaki toplam re-enjeksiyonun %58'i nin yapılması ve sığ üretim kuyularına yakın olması nedeniyle izleyici deneyinin bu kuyudan yapılması uygun görülmüştür. Kuyuda üç farklı tarihte izleyici deneyi yapılmıştır. Üç denemede de izleyici tapa halinde B-9 kuyusuna basılmıştır.

B-9 (I) izleyici testinde, 1 kg uranın 20 l suda eritilerek elde edilen 40.000 ppm konsantrasyonlu karışım tapa halinde kuyuya basılmıştır. Gözlem kuyularından dört ay süreyle örnek alınmasına rağmen kayda değer miktarda izleyici madde konsantrasyonu

ölçülememiştir (Ek 3A). Pan vd., (1991)'e göre bir gözlem kuyusunda izleyici elde edilememesinin bir çok sebebi olabilir: Enjeksiyon ve üretim kuyusu arasında gözlem koşulları altında bir ilişki olmaması, akış hızının çok küçük olması ve deneme sona erdiğinde izleyicinin henüz üretim kuyusuna ulaşamamış olması, izleyici konsantrasyonu seyrelme ile saptanma limitinin altına düşmesi, izleyici gözlem kuyusuna doğru akmasına rağmen gözlem kuyusunun başka bir zondan beslenmesi ya da uygun olmayan bir izleyici kullanılması en önemli sebeplerdir. Bu olasılıklar dikkate alınarak aynı kuyuda ikinci bir izleyici deneyi daha yapılmasına karar verildi.

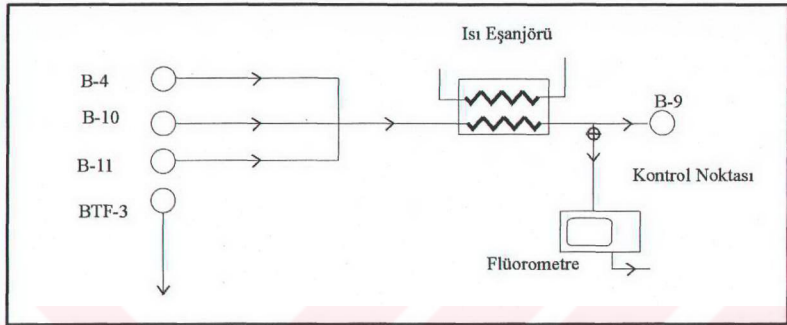
B-9(II), izleyici deneyinde konsantrasyon düşürülerek karşım hacmi artırıldı. Bunun için yeni bir düzenek kuruldu (Şekil 4.12). B-9 (II) izleyici testinde 0.95 kg uranın 20 suda çözüldükten sonra üç adet dozaj pompası ile 5 dk da B-9 kuyusuna, re-enjeksiyon hattı girişinden basıldı. Bu sırada 75 m³/saat debide kuyuya re-enjeksiyon yapıldığı için 6250 l su 152 ppm konsantrasyonda boyanmıştır. Böylece ilk çalışmada 20 l karşım kuyuya basılırken, ikinci çalışmada karşım hacmi 6250 l' ye ulaşmıştır.



Şekil 4.12 B-9(II- III) İzleyici Testlerinde İzleyicinin Kuyuya Basılması

İzleyicinin kuyuya basılmasından sonra 75 m³/saat sabit debide re-enjeksiyona devam edildi. B-9 kuyusundan yapılan II. denemede, ısı merkezindeki ana eşanjör çıkışında oluşturulan kontrol noktasından sürekli konsantrasyon ölçümü yapıldı, bu değerler Ek 3B'de sunulmuştur. B-9(II) izleyici testi boyunca, sahadaki tüm derin kuyular kapalı

olduğu için, sadece gözlemlenen kuyuların suları birleşerek kontrol noktasından geçmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 B-9(II) İzleyici Testinde Kontrol Noktasından Sürekli Ölçme

B-9(II) izleyici testinde, gözlem kuyularında 20 saat içerisinde izleyici madde görülmeye başlandı (Ek 3A). Bu çalışmada elde edilen sonuçları kontrol etmek için iki ay sonra deney üçüncü defa tekrarlandı.

B-9(III) izleyici deneyinde II. denemede olduğu gibi aynı düzenek kullanılarak, 1 kg uranın 20 l suda çözüldükten sonra yine dozaj pompaları ile 2 dk da sabit debi ile B-9 kuyusuna basıldı. Gözlem kuyularından periyodik örnekleme yapıldı (Ek 3C) Bu sırada kuyuya 75 m³/saat debi ile re-enjeksiyon yapıldığı için 2500 l su 400 ppm konsantrasyonda izleyici ile boyanmıştır. Bu denemede, izleyici re-enjeksiyonundan yaklaşık 1 saat sonra, 2 saat kadar süre ile elektrik kesintisi olduğu için, bu süre içerisinde re-enjeksiyon ve üretim yapılamamıştır. Bu çalışma sırasında da sahada sadece B-4, B-10, B-11 ve BTF-3 kuyuları üretim yapmış ve sadece B-9 kuyusuna re-enjeksiyon yapılmıştır.

B-9 kuyusunda yapılan üç izleyici denemesinde kullanılan uranın miktarları ve kuyuların durumları Tablo 4.4 ve Tablo 4.5' de verilmiştir. Denemeler süresince üretim ve re-enjeksiyon değerlerinin sabit tutulmasına gayret gösterilmiştir.

Tablo 4.4 B-9 Kuyusunda Denemelerde Kullanılan İzleyici Miktarları

	Tarih	Uranin Miktarı (kg)	Karışım Miktarı (l)	Konsantrasyon (ppm)
B-9 (I)	11.02.2000	1	25	40.000
B-9 (II)	31.05.2000	0.95	6250	152
B-9 (III)	28.07.2000	1	2500	400

Tablo 4.5 B-9 İzleyici Denemelerinde Kuyuların Ortalama Debileri (m³/saat)

	B-9*	B-4	B-10	B-11	BTF-3
B-9 (I)	80-130	34	50-75	34	20
B-9 (II)	75	40	80	35	15
B-9 (III)	75	35	80	35	15

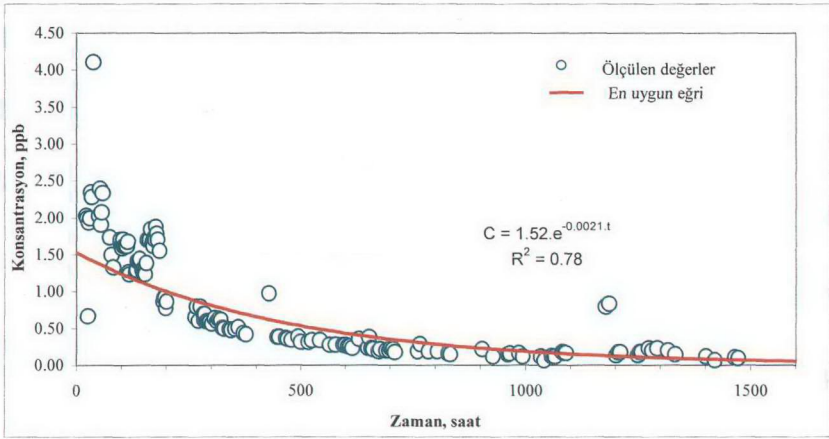
B-9 değeri re-enjeksiyon, diğerleri üretim debisidir.

4.5 İzleyici Testleri Sonuçları

4.5.1 BD-2 İzleyici Testleri

BD-2 kuyusunda yapılan BD-2(I) izleyici geri akış testinde İzleyici madde konsantrasyonu saptama limitinin altına düşünceye kadar, devam etmiştir (Şekil 4.14). Yaklaşık 60 gün süren izleme sonunda geri elde edilen izleyici maddenin büyük bir kısmı ilk 200 saatte olmuştur, 750 saatten sonra ortalama 10 ppb konsantrasyonda uzun bir süre üretim devam etmiş, daha sonra konsantrasyon lineer olarak azalarak saptama eşliğinin altına düşmüştür.

BD-2(I) izleyici çalışması geri akış testinde geri elde edilen izleyici miktarını bulmak için, eğrinin altında kalan alan ile geri üretim debisinin çarpımı yeterlidir. Eğri denklemi MS-EXCELL programı ile E 4.6'da verildiği gibi hesaplanmıştır.



Şekil 4.14 BD-2 İzleyici Geri Akış Testi

$$C = 1.52 \cdot \exp(-0.0021 \cdot t)$$

E 4.6

E 4.6'nın, 0-1500 saat aralığındaki integralinin, debi ile çarpımı kuyudan geri elde edilecek izleyici miktarını verecektir (E 4.7).

$$M = \left[\int_0^{1500} 1.52 \cdot \exp(-0.0021 \cdot t) \cdot dt \right] \cdot Q$$

E 4.7

Geri üretim debisi, Q , $20 \text{ m}^3/\text{saat}$ alınarak, E 4.7'den geri elde edilen izleyici miktarı 14 gr. bulunur. Bu değer enjekte edilen izleyicinin %2'si dir. Kalan uranın rezervuarda seyrelerek saptama limitinin altına düşmüştür. Saptama limiti 0.02 ppb baz olarak alındığında rezervuarda kalan izleyici $36 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ suyu boyamaya yeter miktardadır. Bu kuyuda yapılan test sırasında kuyu yeniden üretime alınmaya kadar geçen sürede diğer üretim kuyularından elde edilebilen izleyici profilleri, aynı kuyuda yapılan ikinci izleyici

testinden elde edilen grafiklerle birlikte sunulmuştur (Şekil 4.15 Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20).

BD-2 kuyusunda yapılan, II. izleyici çalışmasında, gözlem kuyuları olan BD-3, BD-4, BD-7 ve BTF-3 kuyularından yorumlamada kullanılabilecek bir İzleyici-zaman profili elde etmek mümkün olmamıştır. Ancak yine de gözlemlenen değerler kuyular arasındaki bağlantı olduğunu kanıtlamaktadır. Elde edilen maksimum konsantrasyon zamanına göre akış hızı hesaplanmıştır. BD-6 kuyusunda 0.08-0.10 ppm arası değişen konsantrasyonlarda izleyici geliş çalışmaları sona erdirildikten sonra da devam etmiştir.

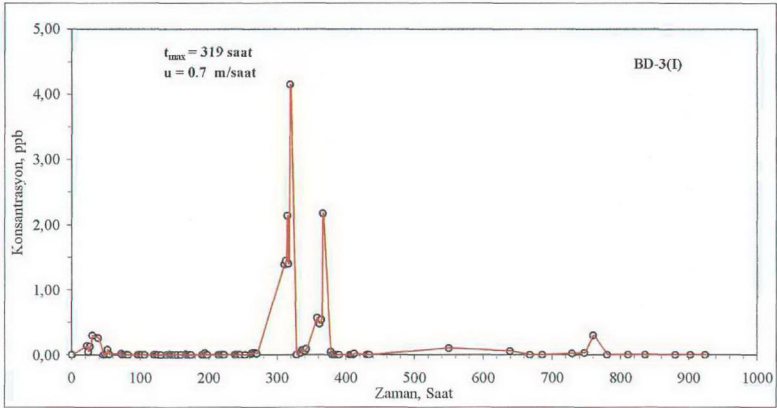
BD-2 kuyusunda yapılan BD-2(I) ve BD-2(II) izleyici testlerinde devamlılığı olan izleyici-zaman profilleri elde edilememiştir. Bunun nedeni daha ileride tartışılacaktır. BD-2 izleyici testleri birlikte değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

BD-3 üretim kuyusundan elde edilen profiller I. denemede izleyicinin 319 saat, II. denemede ise 257 saatte bu kuyuya ulaştığını göstermektedir (Şekil 4.15, Şekil 4.16). Bu grafiklere göre BD-2 kuyusundan BD-3 kuyusuna doğru izleyici hızı sırası ile 0.7-0.9 m/saat olmuştur.

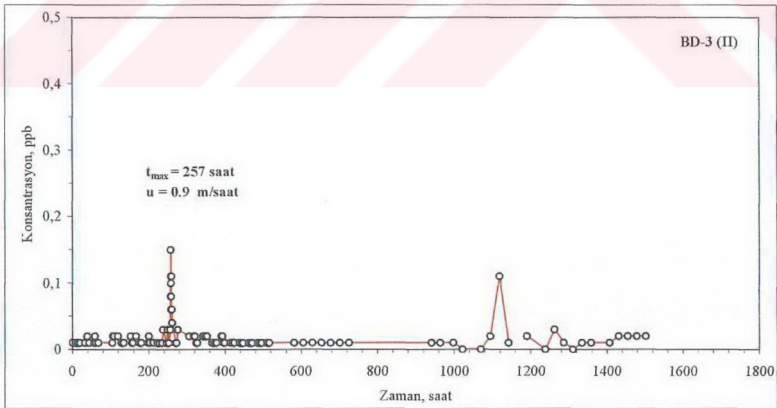
BD-4 kuyusundan elde edilen grafiklerde ise (Şekil 4.17, Şekil 4.18), BD-2 kuyusundan basılan izleyicinin BD-4 üretim kuyusuna ulaşma zamanı deneme sırasına göre; 125 ve 228 saat olmuş, iki kuyu arasındaki izleyici hızı ise sırası ile 3.3-1.8 m/saat olarak hesaplanmıştır.

BD-6 kuyusundan elde edilen izleyici-zaman grafiklerinde (Şekil 4.19, Şekil 4.20), BD-2 kuyusundan basılan izleyicinin BD-6 kuyusuna ulaşma zamanı deneme sırasına göre 139 ve 344 saat olmuş, iki kuyu arasındaki izleyici hızı sırası ile 1.5-0.6 m/saat olarak hesaplanmıştır.

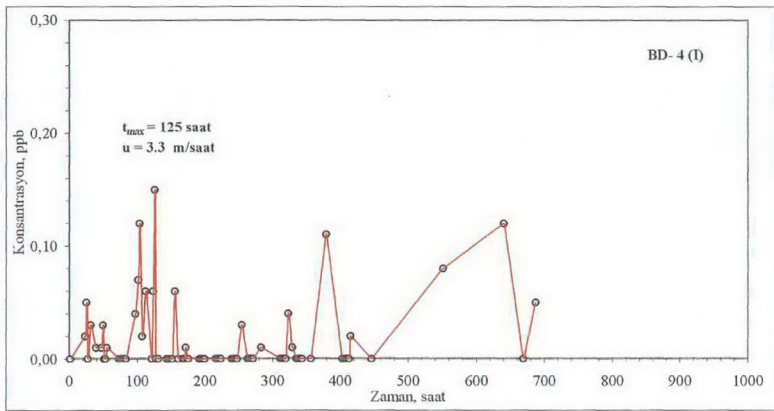
BD-7 kuyu birinci deneme sırasında üretim yapmamıştır. İkinci deneme sırasında ise alınan örneklerde uranine rastlanılmadığı için BD-2'den basılan izleyici, gözlem süresi boyunca bu kuyuya ulaşmamıştır. Çalışmalar boyunca sığ BTF-3 kuyusundan da örnek toplanmış, ancak bu kuyuda da uranın elde edilememiştir.



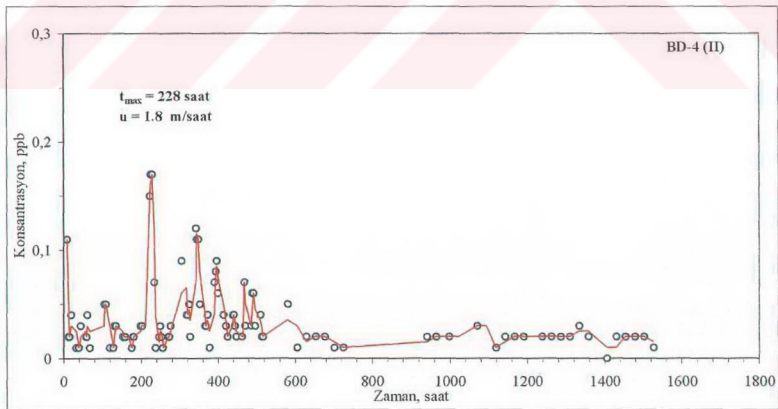
Şekil 4.15 BD-2 (I) Testinde BD-3 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



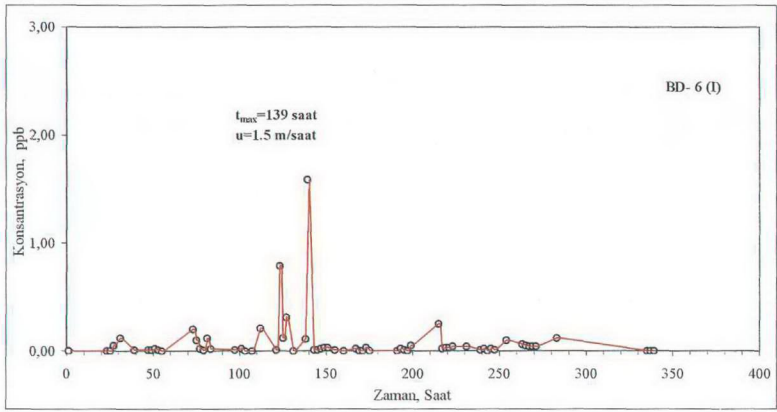
Şekil 4.16 BD-2 (II) Testinde BD-3 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



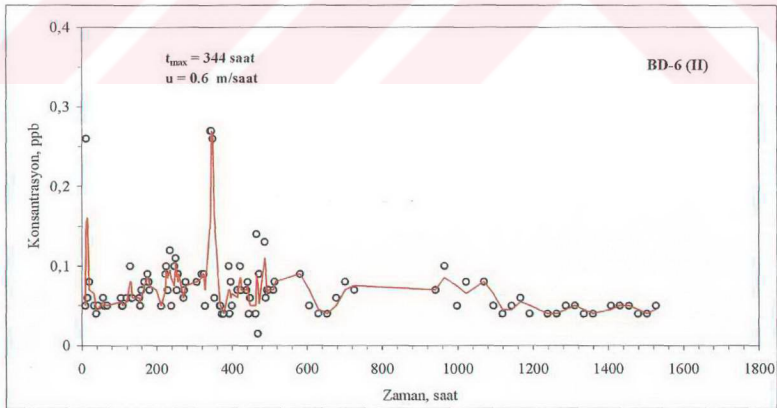
Şekil 4.17 BD-2 (I) Testinde BD-4 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



Şekil 4.18 BD-2 (II) Testinde BD-4 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



Şekil 4.19 BD-2 (I) Testinde BD-6 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



Şekil 4.20 BD-2(II) Testinde BD-6 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili

BD-2 kuyusunda yapılan izleyici çalışmalarının özeti Tablo 4.6'da sunulmuştur. Her iki çalışmada da en düşük akış hızı BD-3 kuyusundan elde edilmiştir. BD-4 ve BD-6 kuyularına doğru daha yüksek hızda izleyici akışı gerçekleşmiştir. Sahadaki üretimin çok büyük bir kısmı BD-2 kuyusunun batısında yer alan kuyulardan sağlanmaktadır, BD-3 kuyusu BD-2'nin doğusunda yer alan tek kuyudur (Şekil 4.10). **Üretim nedeniyle sahanın merkezine doğru düşüm ve akış hızı artacağından, bu yönde daha yüksek izleyici hızı elde edilmiş olması beklenen bir sonuçtur.**

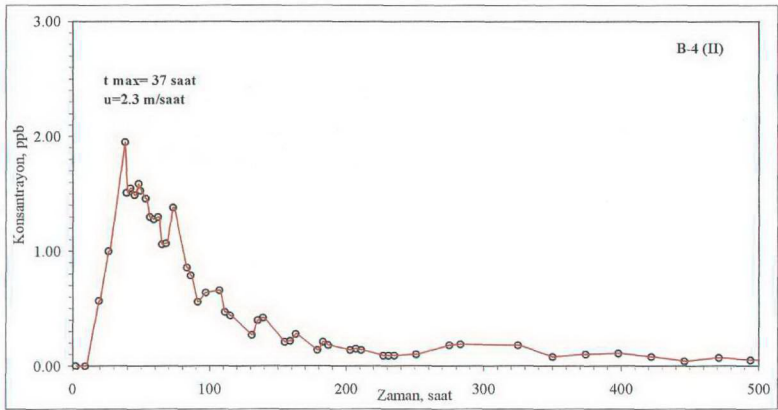
Tablo 4.6 Derin Rezervuarda İzleyici Hızı

Kuyu	BD-2'ye Uzaklık (m)	BD-2 (I)		BD-2(II)	
		t_{max} (saat)	u (m/saat)	t_{max} (saat)	u (m/saat)
BD-3	229	319	0.7	257	0.9
BD-4	414	125	3.3	228	1.8
BD-6	216	139	1.5	344	0.6
BD-7	570	Kuyu Çalışmıyordu		Gözlenmedi	

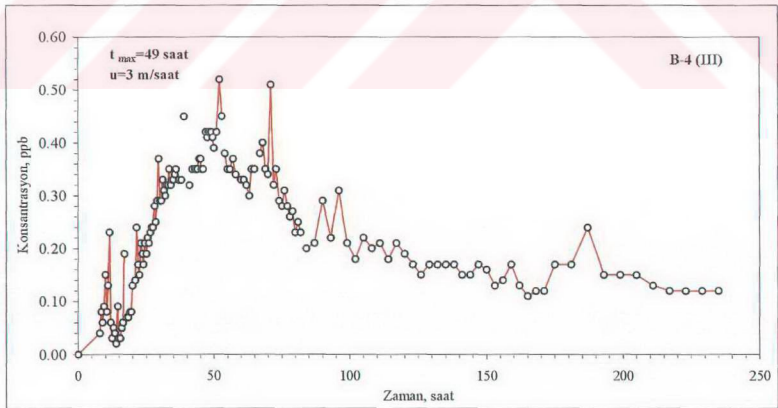
4.5.2 B-9 İzleyici Testleri

B-9 kuyusundan yapılan ilk çalışmada, B-9(I), 4 ay boyunca yapılan gözlemlerde hiçbir kuyuda izleyiciye rastlanılmamıştır. Bu kuyudan daha sonra yapılan B-9(2) ve B-9(3) izleyici testlerinde sadece B-4 kuyusundan değerlendirilebilecek profiller elde edilirken, diğer kuyulardan elde edilen profillerden akış hızı ve geri elde edilen izleyici miktarı hesaplanabilmiştir.

B-4 kuyusundan elde edilen izleyici profilleri Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de sunulmuştur. Bu kuyuda yapılan ikinci test sırasındaki örnekleme 6-8 saat aralıklarla, ikinci çalışmada ise örnekleme 30 dk arayla yapılmıştır. Grafiklerdeki ölçek farklılığı dikkate alındığında iki çalışmadan elde edilen profiller birbirine benzediği görülmektedir

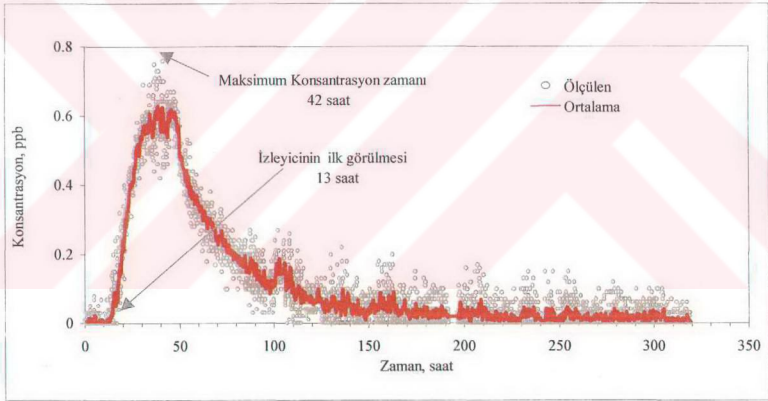


Şekil 4.21 B-9(II) Testinde B-4 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



Şekil 4.22 B-9(II) Testinde B-4 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili

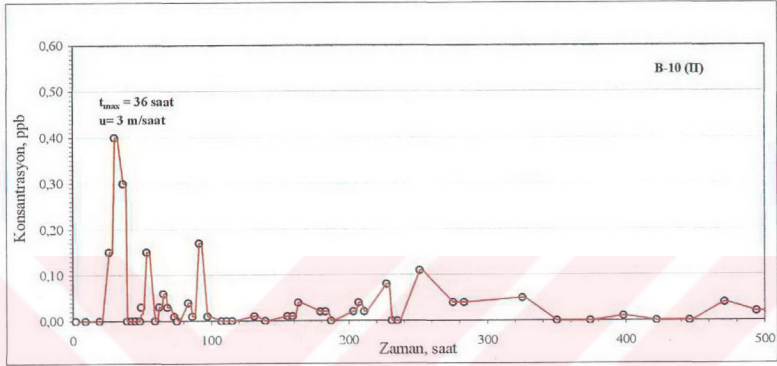
B-9(II) izleyici testi sırasında kontrol noktasından 4 dk ara ile alınan örneklerin grafiği Şekil 4.23 'de sunulmuştur. Bu test sırasında sahada sadece B-4, B-10, B-11 ve BTF-3 üretim kuyuları çalışırken, diğer tüm kuyular kapatılmıştır. B-4, B-10 ve B-11 kuyularından gelen sıcak su ısı merkezine taşınırken aynı hattan getirilmektedir. Böylece ısı merkezinde oluşturulan, kontrol noktasından yapılan konsantrasyon ölçümü bu üç kuyuya ait değerler vermiştir. Bu dönemde herhangi bir kuyuda üretim yapılmamıştır. B-10, B-11 ve BTF-3 kuyularından elde olunan profiller (Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28, Şekil 4.29) incelendiğinde, kontrol noktasındaki izleyici profili ile B-4 kuyusundan elde edilen profilin birbirine benzediği görülmektedir. Sadece konsantrasyon değeri 2-3 kat daha azdır, bunun nedeni içerisinde izleyici madde bulunmayan diğer kuyuların suları ile seyreltilmiş olmasıdır. Bu nedenle de Şekil 4.23'ün B-4 kuyusundan elde edilmiş gibi yorumlanabilir.



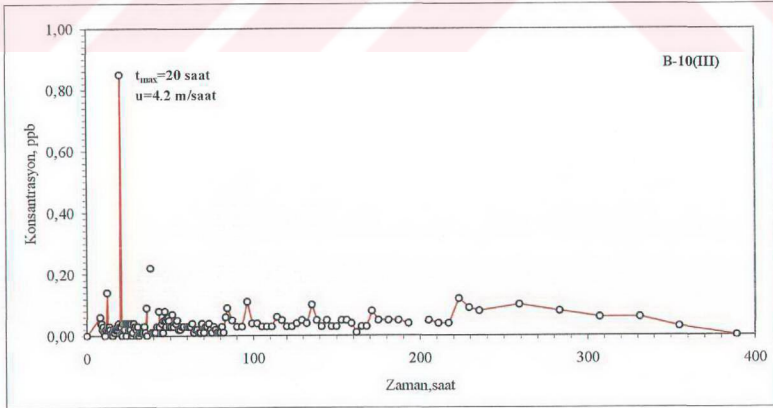
Şekil 4.23 B-9(II) İzleyici Testinde Kontrol Noktasındaki İzleyici Konsantrasyonu

B-9(2) testinde, kontrol noktasında 12-13 saat sonra izleyici görülmeye başlanmış, 42 saatte maksimum noktaya erişerek azalmaya başlamıştır. 170 saatten sonra lineer olarak azalarak 320 saat sonra saptama limitinin altına düşmüştür. B-4 kuyusundan elde edilen B-

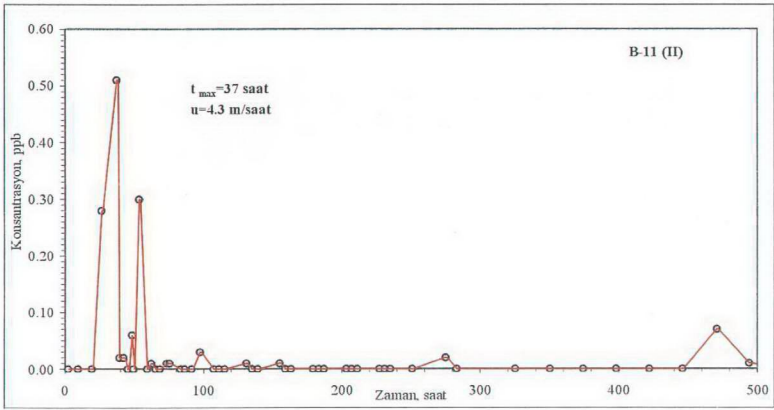
4(II) profili de benzer sonuçlar vermektedir (Şekil 4.21, Şekil 4.23). B-4(II)'de maksimum konsantrasyon zamanı 37 saat bulunmuştur. Aradaki fark, kuyulardan belirli zaman aralıklarıyla ölçüm yapılmasından ve kuyudan çıkan suyun kontrol noktasına gelinceye kadar geçen süreden kaynaklanmaktadır.



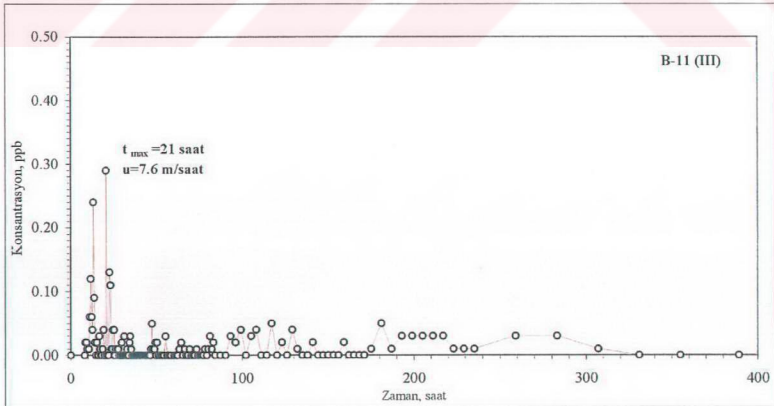
Şekil 4.24 B-9(II) İzleyici Testinde B-10 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



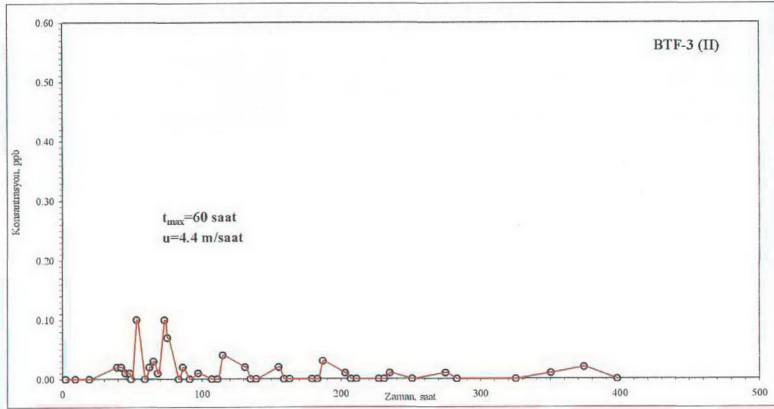
Şekil 4.25 B-9(III) İzleyici Testinde B-10 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



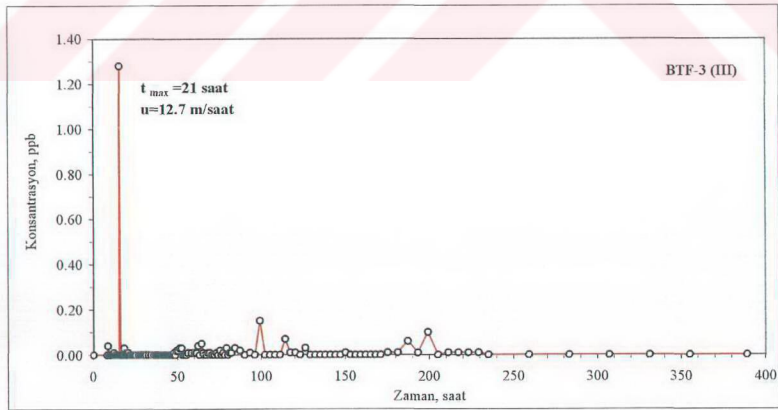
Şekil 4.26 B-9(II) İzleyici Testinde B-11 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profilli



Şekil 4.27 B-9(III) İzleyici Testinde B-11 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profilli



Şekil 4.28 B-9(II) İzleyici Testinde BTF-3 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili



Şekil 4.29 B-9(III) İzleyici Testinde BTF-3 Kuyusundan Elde Edilen İzleyici Profili

B-9 kuyundan yapılan iki izleyici testine göre, E 4.2 kullanılarak hesaplanan izleyici hızları Tablo 4.7 ve Şekil 4.30'da sunulmuştur. Buna göre re-enjektde edilen sular sığ rezervuarda 2.3-12.7 m/saat arasında değişen hızlarda hareket etmektedir.

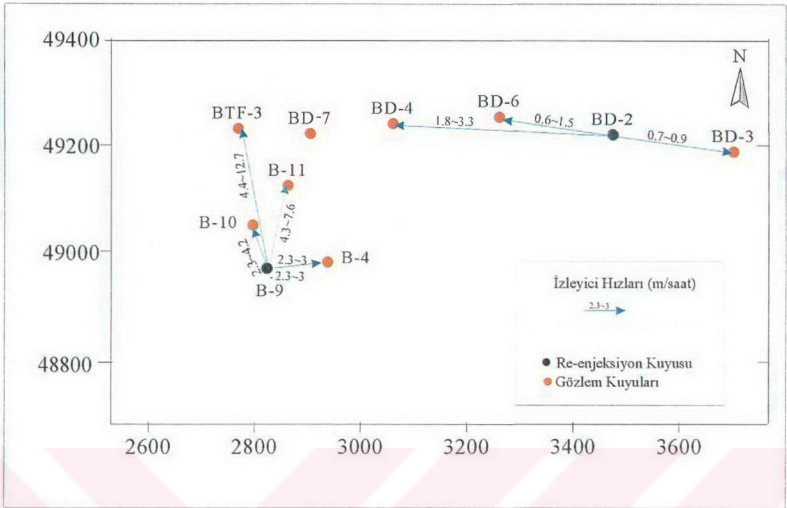
Tablo 4.7 B-9 Kuyusu II. ve III. İzleyici Testi Sonuçları

Kuyu	B-9' a Uzaklık (m)	B-9 (II)		B-9(III)	
		t_{max} (saat)	u (m/saat)	t_{max} (saat)	u (m/saat)
B-4	114.3	37	3.0	49	2.3
B-10	85.6	36	2.3	20	4.2
B-11	160.4	37	4.3	21	7.6
BTF-3	268.5	60	4.4	21	12.7

4.6 İzleyici Testlerinin Yorumu

4.6.1 Derin Kuyularda Akışkan Hareketi

Daha öncede belirtildiği gibi, BD-2 (I) izleyici testinde bu kuyudan basılan izleyici maddenin % 2'si aynı kuyudan yapılan üretimde geri elde edilmiştir. İzleyicinin rezervuarda ötelendiği ilk 306 saatlik süre içerisinde de diğer derin üretim kuyularında dikkate alınamayacak kadar az miktarda izleyici madde görülmüştür. Bu kuyuda yapılan ikinci denemede de, birinciye oranla dört kat daha fazla izleyici madde kullanılmış olmasına rağmen yine benzer sonuçlar elde edilmiştir. BD-2 kuyusunda yapılan re-enjeksiyonla derin kuyular arası akış hızı 0.6 –3.3 m/saat arasında değişmektedir. Halen sahada yoğun şekilde üretim yapılan bölge olan ve BD-2 kuyunun batısındaki kuyulara doğru akış hızı 3.3 m/saat'e kadar çıkmaktadır (Şekil 4.30). Sahanın merkezinde daha fazla üretim yapıldığına göre, burada basınç düşümü daha fazla olmaktadır. Re-enjektde edilen suların merkeze doğru daha yüksek hızla akması beklenen bir sonuçtur.



Şekil 4.30 Sahada Elde Edilen İzleyici Hızları

Durum geri elde edilen izleyici miktarına göre değerlendirildiğinde, geri akış testi sırasında elde edilen izleyici miktarı hariç, derin kuyulardan kayda değer bir miktarda izleyici madde geri elde etmek mümkün olmamıştır. İzleyici maddenin 150 °C sıcaklıkta bozunuma uğramadığı bilinmektedir. Absorbe olmadığı da kabul edilirse, izleyici maddenin çok az gözlenmesini iki şekilde açıklamak mümkündür.

(1). İzleyici madde difüzyonla rezervuarda dağılarak seyrelmiş ve saptama limitinin altına düşmüştür. Bu durumda, örneğin BD-2(II) testinde kuyuya basılan 3 kg uraninin (saptama alt limitinin 0.05 ppb) alınması durumunda $60 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ suyu boyamış olması gerekir. BD-2 (II) izleyici test sonuçlarında (Ek 3D) özellikle BD-4 ve BD-6 kuyularında 0.05-0.08 arasındaki izleyici konsantrasyonunun uzun süre devam etmiştir. BD-2 kuyusunda yapılmış olan geri akış sırasında da %2 izleyicinin geri elde edilmiş olması izleyicinin rezervuarda hızla yayılmış olabileceği görüşünü destekler niteliktedir. Eğer rezervuar kapalı (confined) olsaydı, BD-2'ye basılan izleyicinin çok büyük bir kısmının geri üretilmesi gerekirdi.

(2). İzleyici maddenin rezervuarda, doğal akışla üretim kuyularının drenaj alanının dışına çıkartılmış olma durumunda da benzer sonuçlar elde edilebilir. Sahada derin kuyular D-B doğrultulu bir hat üzerinde yer almaktadır. Bu hatta dik doğrultuda ve muhtemelen kuzey yönüne doğru bir akış, BD-2 kuyusuna basılan izleyiciyi, üretim kuyularının drenaj alanının dışına taşımış olabilir. Nedeni ne olursa olsun her iki olasılıkta da BD-2'den basılan suyun çok az bir kısmının üretim kuyularına ulaşıldığı sonucu çıkmaktadır

BD-2 kuyusundan basılan suların BD-3, BD-4 ve BD-6 kuyularına ulaştığı saptanmıştır (Şekil 4.31)

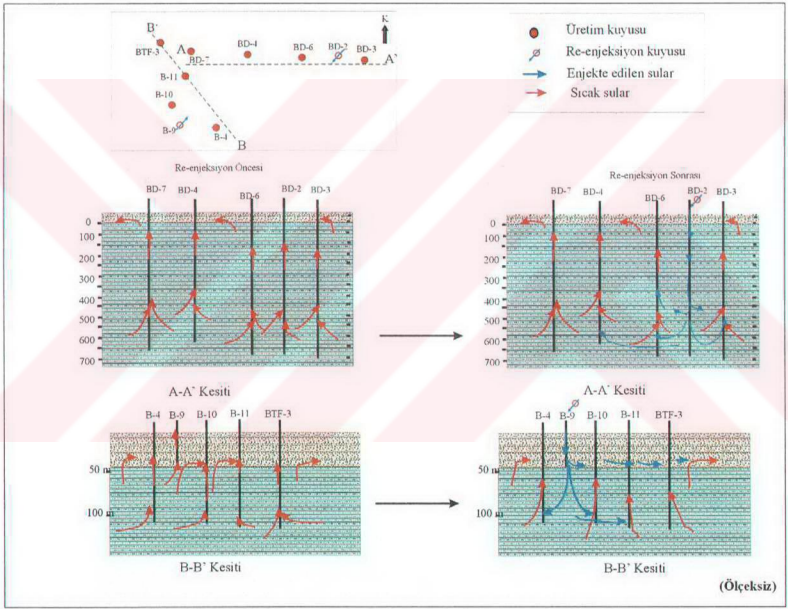
4.6.2 Sığ Kuyularda Akışkan Hareketi

B-9 kuyusunda yapılan B-9(II) ve B-9(III) izleyici çalışmalarında, en belirgin izleyici-zaman profili B-4 kuyusundan elde edilmiştir. B-4 kuyusundan geri elde edilen izleyici miktarı B-9(II) testinde %0.4, B-9(III) izleyici testinde ise %0.14 olmuştur. B-9 kuyundan B-4 kuyusuna re-enjekte edilen suların hızı test sırasına göre 2.6 ve 2.0 m/saat arasında değişmiştir.

İkinci ve üçüncü çalışma aynı koşullar altında yapılmış olmasına rağmen farklı miktarda izleyici geri elde edilmiş olması ve II. çalışmada 2 ppb' ye yakın tepe noktası elde edilirken, üçüncü çalışmada tepe noktasının 0.5 ppb yakınlarında oluşması (Şekil 4.21, Şekil 4.22), üçüncü çalışma sırasındaki 2 saatlik elektrik kesilmesi, sırasında izleyicinin difüzyonla yayılarak konsantrasyonun azalması ile açıklanması mümkündür.

B-9 kuyusundan yapılan B-9(II) ve B-9(III) izleyici testlerinden anlamlı ve yorumlanabilir sonuçlar elde edilmiştir. Fakat, her iki test sonucunda geri elde edilen izleyici madde miktarı beklenenden daha az olmuştur. İzleyici testi B-9 kuyusundan basılan suların sığ kuyulara ulaştığını kanıtlamaktadır (Şekil 4.31). B-9 kuyusundan yapılan re-enjeksiyonun sığ kuyular üzerine olan termal etkisi detaylı şekilde Bölüm 5'te incelenmiştir.

Çalışmalar boyunca birçok üretim kuyusunda, yorumlanamayacak derecede dağınık verilerin elde edilmiş olması kullanılan izleyici madde miktarının az olması ile ilgili olabilir. Kuyulardan elde edilen konsantrasyonların, fluorometrenin saptama limitinin yakınlarında oluşması, izleyici konsantrasyonu-zaman profillerinin dağınık oluşmasına neden olduğu kabul edilmektedir. Eğer izleyici çalışmalarında 15-20 kg gibi değerlerde uranın kullanmak mümkün olsaydı elde edilen değerler daha anlamlı olabilirdi. Az miktarda izleyici madde kullanılmış olması, kimyasal maddenin hızla rezervuarda yayılarak saptama limitinin altına düşmesinin bu tip sorunlara neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.31 Re-enjeksiyon Öncesi ve Sonrası Akış Hareketleri
(A-A' Derin , B-B' Sığ Kuyular)

BÖLÜM BEŞ**TERMAL PROBLEMLER**

5.1 Giriş

Jeotermal sahalarda yapılan re-enjeksiyonun başlıca amacı sahadan daha fazla enerji çekilmesinin yanı sıra atık suların çevreyi kirletmesinin önlenmesidir. Kayaç matriksinin suya oranla çok daha fazla ısı enerjisi içeriyor olması, re-enjeksiyonun cazibesini artırırken, üretim kuyularında hızlı soğuma olasılığı re-enjeksiyon çalışmasını bekleyen en önemli tehlikedir.

Bu bölümde, sahada izleyici testleri ile aralarında ilişki olduğu saptanan kuyularda re-enjeksiyona bağlı olarak soğuma olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla tüm üretim kuyularından günlük olarak üretim, re-enjeksiyon debileri ve kuyubaşı sıcaklıkları ölçülmüştür. Sıcaklıklar, üretim kuyularında oluşturulan sabit termometre ceplerinden hassas dijital termometreler ile ölçülmüştür.

İzleyici testlerinin de yapıldığı B-9 ve BD-2 kuyularına yapılan re-enjeksiyonun sığ ve derin üretim kuyuları üzerine termal etkisi incelenmiştir. B-9 kuyusuna yapılan re-enjeksiyonun sığ akiferdeki kuyularda, ciddi sorunlar yaratabilecek derecede soğumaya yol açtığı belirlenmiştir.

5.2 Re-enjeksiyon ve Isı Transferi

5.2.1 Re-enjeksiyon Uygulaması

Re-enjeksiyon kullanılan jeotermal suların tekrar yeraltına basılmasıdır. Çevreyi kirletici etkisi nedeniyle jeotermal suların re-enjekte edilmeleri öncelikli nedenler arasında yer almasına rağmen üretilebilir enerji miktarının artırılması, rezervuar basıncının korunması ve yüzeyde meydana gelebilecek çökmelerin (tasman, subsidans) önlenmesi re-enjeksiyonun diğer önemli gerekçeleridir. Günümüzde re-enjeksiyon rezervuardan daha fazla enerji çekmenin bir yolu olarak görülmektedir. Geysers sahasında (ABD), üretilen sular rezervuara re-enjekte edildiği gibi, daha fazla ısı enerjisi çekmek için yüzey suları da enjekte edilmektedir (Stefansson, 1997).

İlk re-enjeksiyon uygulamaları Geysers (1969-ABD), Otake (1972, Japonya), Larderello (1974, İtalya), Hatchobaru (1977, Japonya), Kakkonda (1980, Japonya), Onuma (1981, Japonya) gibi yüksek sıcaklığa sahip, elektrik üretiminde kullanılan sahalarda yapılmıştır (Şimşek, 1999).

Re-enjeksiyon birçok zorlukları beraberinde getiren ve her zaman başarılı sonuçlar alınamayan bir uygulamadır. Re-enjeksiyon uygulamalarında, Ahuaachapan (El Salvador), Palinpinon (Filipinler) ve Svartsengi (İzlanda) sahalarında 8-50 °C arasında değişen soğumalar görülmüştür (Stefansson, 1997) (Steingrimsón, vd., 1994), (Sarmiento, 1996). Enjekte edilen suların çok kısa sürede üretim kuyularına ulaşması, soğumalara ve bazı kuyuların kullanım dışı kalmalarına neden olabilir. Kısa devre ya da prematüre re-enjeksiyon olarak adlandırılan bu durum, özellikle elektrik enerjisi üreten jeotermal santrallarda büyük kayıplara neden olur. Merkezi ısıtma sistemleri, daha geniş sıcaklık aralıklarında çalışabildikleri için, üretim kuyularında meydana gelecek soğumalara karşı daha dirençlidir. Örneğin, %10'luk soğuma, Kızıldere (Denizli) jeotermal enerji santralında enerji üretimini ekonomik olmaktan çıkarırken, aynı azalma Balçova sahasındaki bölgesel ısıtma sisteminde daha küçük problemler yaratır..

Halen uygun re-enjeksiyon yeri için kabul edilmiş bir genel kural olmadığı, üretim zonunun altından, üstünden veya saha kenarından ya da tüm bunların karışımından oluşan re-enjeksiyon uygulamalarının olduğu belirtilmektedir (Stefansson, 1997; Şimşek, 1999). Kuyuların üretim ya da re-enjeksiyon kuyusu olarak ayrılmaması, gerektiğinde kuyuların rollerinin değişebileceği bildirilmektedir (Stefansson, 1997). Başarısız re-enjeksiyon, genellikle re-enjeksiyon kuyularının üretim kuyularına çok yakın ve re-enjeksiyonla üretimin aynı zondan olması ile meydana gelmektedir. Çok uzaklarda seçilen re-enjeksiyon kuyuları, üretim bölgesinde yeterli basınç desteğini sağlayamayacağı için çözüm değildir. East Mesa sahasında (ABD), sahanın kenarlarından yapılan re-enjeksiyon sahaya yeterli basınç desteği sağlayamadığı için, re-enjeksiyon sahanın merkezine yapılmış ve olumlu sonuç alınmıştır (Stefansson, 1997). Bütün bu problemlerin yanı sıra, yüzeyden çok yakın olan kuyuların jeolojik ve tektonik yapılar nedeniyle birbirlerine çok uzakmış gibi davranabileceği veya tersi durumların olması re-enjeksiyon problemini daha karmaşık hale getirmektedir.

5.2.2 Isı Üretimi

Jeotermal rezervuarlar belirli bir sıcaklıkta kayaç, su ve gazlardan oluşan yapılardır. Su ve gazlar kayaçların boşluklarında yer alır ve miktarları kayaç gözenekliliği ile orantılıdır (E 5.1), (Grand, vd., 1982). Re-enjeksiyon kayaçtaki ısının süpürülerek taşınması ve toplam üretilebilir enerji miktarının artırılması için kullanılan bir araçtır. Bu hali ile re-enjeksiyon, verimliliği artırıcı bir işletme yöntemi olmaktadır.

$$\frac{Q_{su}}{Q_{Toplam}} = \frac{V \cdot \phi \cdot \rho_m \cdot C_{su} \cdot \Delta T}{[(1 - \phi) \cdot C_r \cdot \rho_r + \phi \cdot \rho_m \cdot C_{su}] \cdot V \cdot \Delta T} \quad E 5.1$$

Burada:

V, hacim, m³

ϕ , gözeneklilik

ρ_r , kayaç yoğunluğu, kg/m³

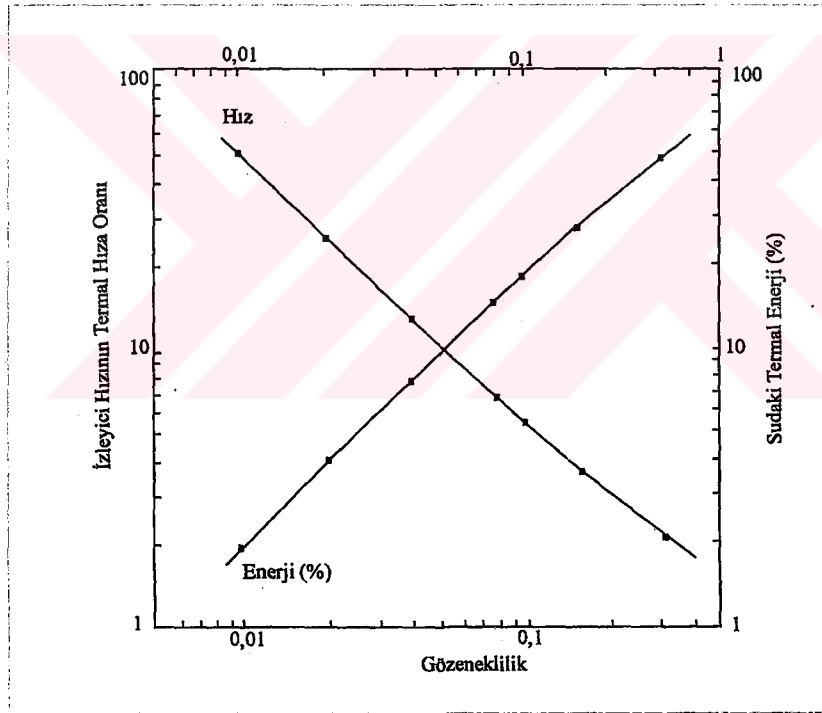
ρ_{su} , suyun yoğunluğu, kg/m^3

C_r , kayacın özgül ısısı, $kJ/kg \text{ } ^\circ C$

C_{su} , suyun özgül ısısı, $kJ/kg \text{ } ^\circ C$

ΔT , sıcaklık farkı, $^\circ C$

Örneğin 0.10 gözenekliliğe sahip bir kayaçta, toplam enerji miktarının sadece %16'sı suda bulunmaktadır (Şekil 5.1). Bu durum kayaçlardaki ısı enerjisinin üretilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak jeotermal saha işletimi gerçekte bir "ısı madenciliği" olmakta ve bu kavram literatürde (Tomasson ve Arason, 2000) kullanılmaktadır.



Şekil 5.1 Gözeneklilik, İzleyici Hızı , Termal Hız ve Enerji İlişkisi

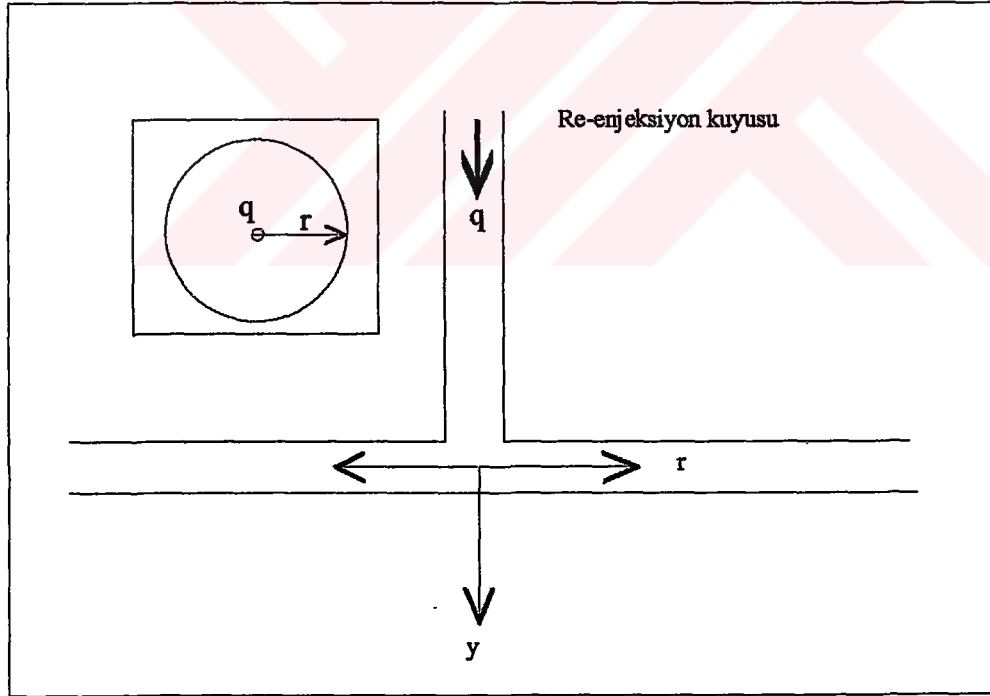
(Gudmundson ve Hauksson , 1985).

Enjeksiyon ve üretim yapılan bir rezervuarda üretim kuyusunda ilk beklenen fiziksel değişim basınçla ilgilidir, bunu sırası ile kimyasal ve sıcaklık değişimi izler. İzleyici

hızının termal hızı oranı, gözeneklilikle ters ilişkilidir (Grand, vd., 1982; Gudmundson, vd., 1985). İzleyici hızı termal hızdan daha fazla olması nedeniyle, termal değişimlerin üretim kuyularında görünmesinden çok önce kimyasal davranışı görmek ve bu sonuca göre re-enjeksiyonu planlayarak, başarısız re-enjeksiyon çalışmalarından kaçınmak mümkündür.

5.2.3 Radyal Akışta Isı Transferi

Radyal akışta, sabit T_0 sıcaklığına sahip yatay iki tabaka arasında, $t=0$ anında $T=T_i$ sıcaklığına sahip, q sabit debili bir akışkanın, r kadar uzaklıkta ve y kadar derindeki sıcaklığı probleminin çözümü Bodvarsson, (1972), tarafından E 5.2'deki gibi bulunmuştur (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Çatlaklı Ortamda Radyal Akış (Bodvarsson, 1972)

$$T_q = T_i + T_0 \cdot \text{erf} \left(\frac{u}{2\sqrt{\kappa t}} \right)$$

E 5.2

Burada:

$$u = \pi r^2 b + y$$

$$b = \frac{2k}{sq}$$

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\xi^2} d\xi$$

- r, yatay uzunluk, m
 y, düşey uzunluk, m
 q, re-enjeksiyon debisi, m³/s
 k, suya doymuş kayacın termal kondüktivitesi, kJ/s. m°C
 s, suyun ısı kapasitesi, kJ/kg °C
 κ, kayacın termal diffüzyon katsayısı, m²/s
 T₀, ortamın re-enjeksiyondan önceki sıcaklığı, °C
 T_i, re-enjeksiyon sıcaklığı, °C
 T_q, r ve y uzaklıkta, sıcaklık, °C

Bir üretim kuyusuna, re-enjeksiyon kuyusundan T_q sıcaklığında q kadar su gelmesi ve bu kuyuya, T₀ sıcaklığında başka bir sıcak suyun girmesi durumunda, Q debisinde yapılan üretim sırasındaki karışımın, yani üretilen suyun sıcaklığı, T_q sıcaklığı E 5.3'de verilmektedir (Axelsson, vd., 1995).

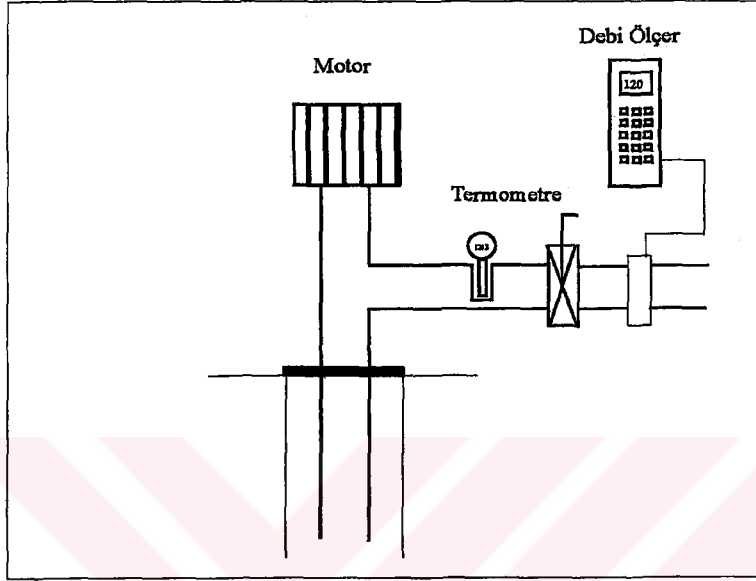
$$T(t) = T_0 - \frac{q}{Q} [T_0 - T_q]$$

E 5.3

5.3 Malzeme ve Yöntem

Sahada 2000 yılı başından itibaren, kuyubaşı sıcaklığı ve üretim debileri kayıt edilmiştir (Ek 4). Çalışma dönemi öncesine ait bazı veriler 1998-1999 yılı verileri işletme raporlarından derlenmiştir.

Kuyularda üretim yaptıkları süreler içerisinde günlük debi ve kuyubaşı sıcaklığı ölçülmüştür. Debi ölçümünde, kuyularda bulunan dijital debi ölçerler kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümleri ise, pompa çıkışı hattı üzerinde bulunan termometre ceplerine dijital termometre konularak ölçülmüştür (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Kuyularda Sıcaklık ve Debi Ölçümü

5.4 Sonuçlar

5.4.1 Üretim ve Re-enjeksiyon

Tam bir ısıtma sezonunu içine alacak şekilde, bir yıllık 1 Mart 2000-28 Şubat 2001 gözlem dönemi boyunca üretim ve re-enjeksiyon miktarları ile toplam üretim ve toplam re-enjeksiyondaki payları Tablo 5.1' de sunulmuştur. Bu dönemde toplam $1.89 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ üretim, $1.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ re-enjeksiyon yapılmıştır. Toplam üretimin % 62'si sığ kuyulardan yapılırken, derin kuyuların payı % 38'dir. Re-enjeksiyonun ise %14'ü derin, geri kalan %86'sı ise sığ kuyulara yapılmıştır (Tablo 5.2). Sahada üretilen suyun %64'ü re-enjekte edilirken kalan kısım, termal tedavi merkezinde ve yüzme havuzlarında kullanılmakta, bir kısmı da açığa ve kanalizasyona deşarj edilmektedir.

Tablo 5.1 Üretim ve Re-enjeksiyonun Kuyulara Göre Dağılımı (*1000 m³)

Kuyu	Üretim	Re-enjeksiyon	Üretim Payı, %	Re-enjeksiyon Payı, %
B-2		248		20
B-9		701		58
B-12		90		7
B-4	250		13	
B-10	559		30	
B-11	255		13	
BTF-3	103		5	
BD-1		9		1
BD-2*		108		9
BD-5		58		5
BD-2*	44		2	
BD-3	190		10	
BD-4	335		18	
BD-6	98		5	
BD-7	57		3	

* Bir dönem re-enjeksiyon ve üretim kuyusu olarak kullanılmıştır.

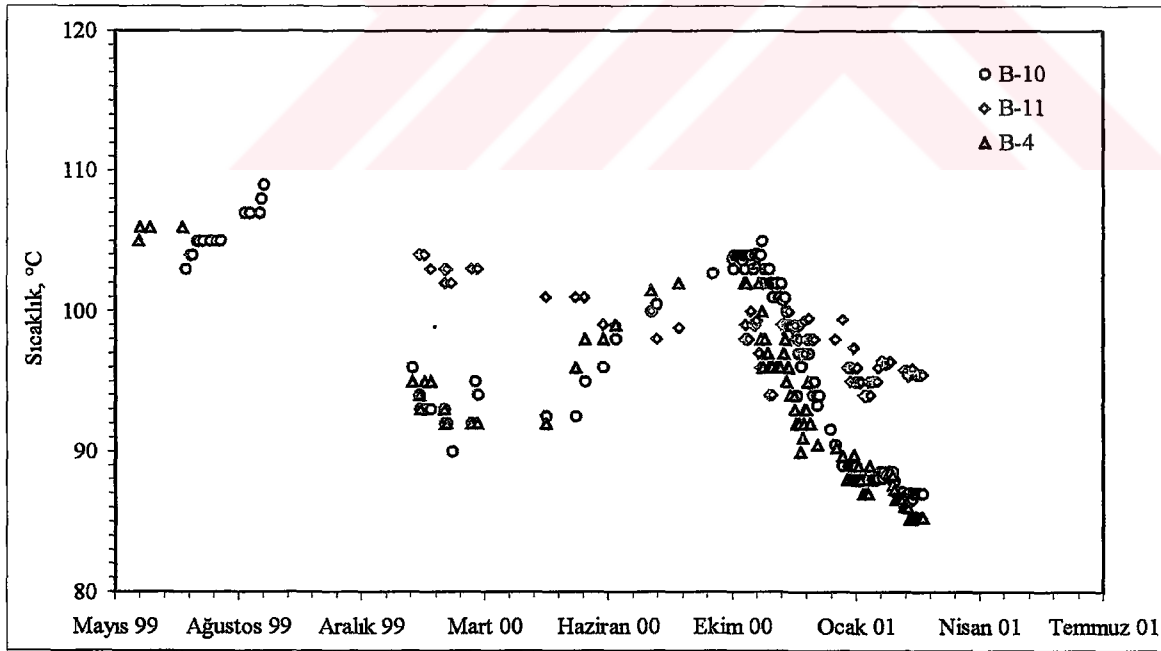
Tablo 5.2 Sahadan Yapılan Üretim ve Re-enjeksiyon Miktarları (*1000 m³)

	Üretim		Re-enjeksiyon	
	Miktar (m ³)	%	Miktar (m ³)	%
Sığ Kuyular	1167	62	1039	86
Derin Kuyular	724	38	175	14
Saha Toplamı	1891		1214	
Toplam Re-enjeksiyon / Toplam Üretim			64	

5.4.2 Üretim Kuyularında Ölçülen Sıcaklıklar

5.4.2.1 Sığ Kuyuların Sıcaklığı

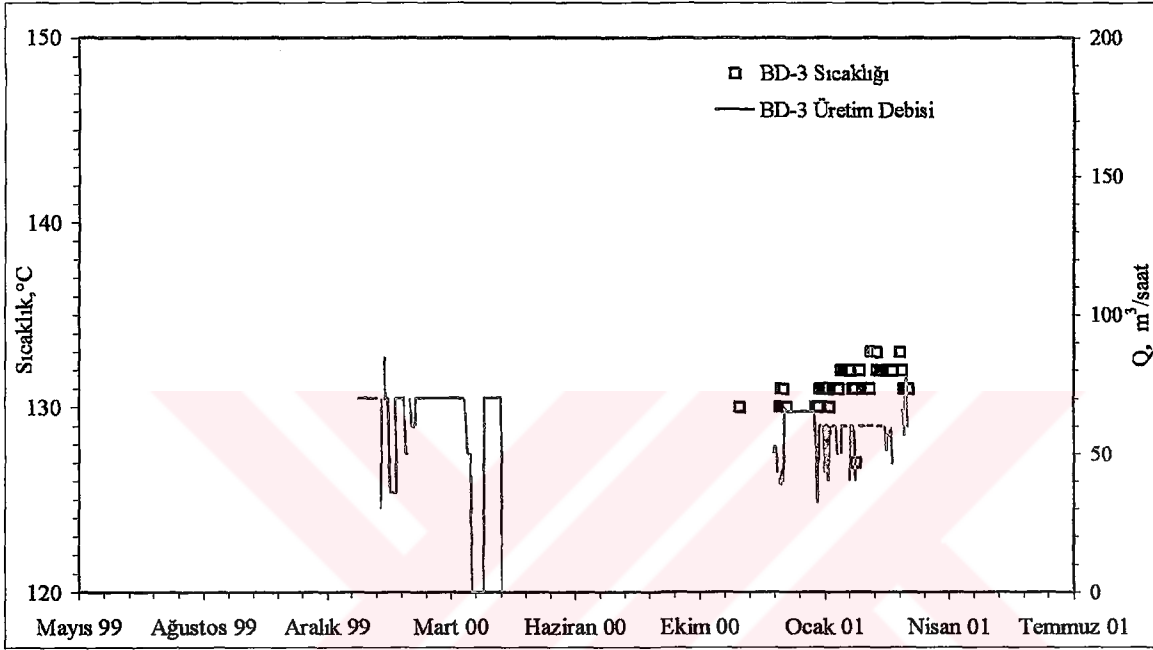
Gözlem dönemi boyunca, B-4, B-10 ve B-11 kuyularında 18-19 °C'ye ulaşan sıcaklık düşümleri gözlemlenmiştir (Şekil 5.4). Sahada üretim ve re-enjeksiyonun en aza indiği Mayıs-ekim döneminde bu kuyularda sıcaklık yükselimi olmasına rağmen 6-7 °C /yıl kalıcı düşüm saptanmıştır. BTF-3 kuyusu uzun bir dönem kompresörle üretim yaptığı için düzenli bir kuyubaşı sıcaklığı ölçülemediği için çalışmanın son birkaç ayında bu kuyuya pompa montajı yapılmış ve sıcaklık ölçüleri alınmıştır. Bu kuyuda yapılan çalışmalarda, sıcaklığın 116 °C'den 102 °C'ye düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 5.4 Sığ Kuyularda Soğuma

5.4.2.2 Derin Kuyuların Sıcaklığı

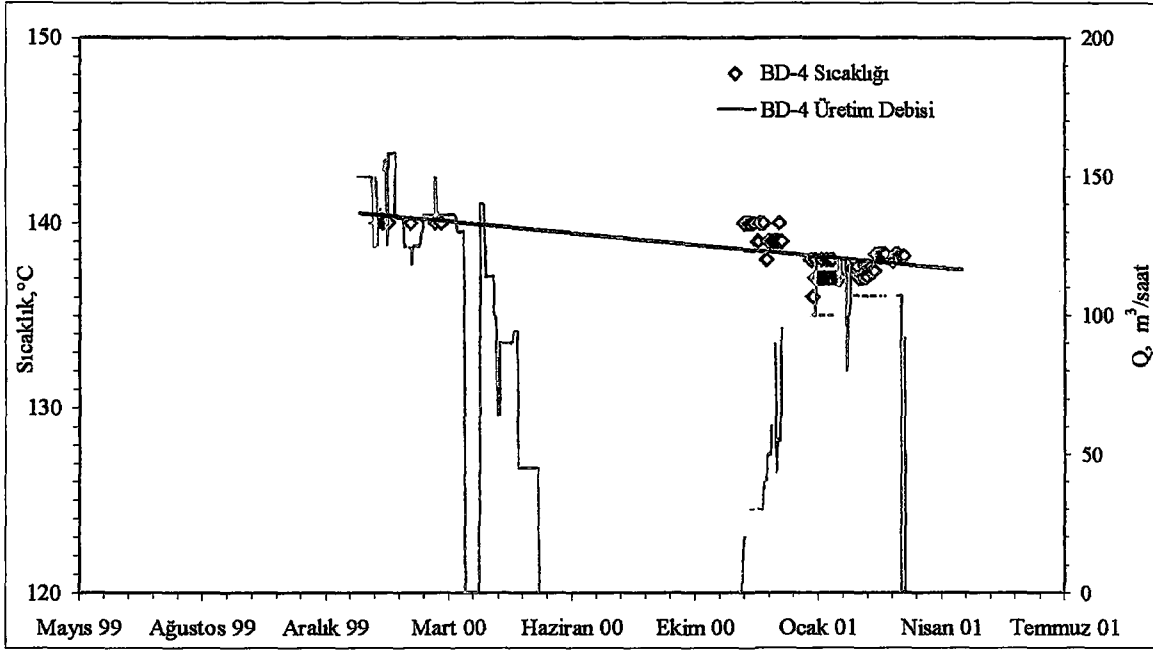
Gözlem dönemi içerisinde, ortalama $60 \text{ m}^3/\text{saat}$ debi ile üretim yapan BD-3 kuyusunda sıcaklık değişimi gözlenmemiştir. Kuyubaşı sıcaklığı debiye bağlı olarak $130\text{-}133 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değişmiştir (Şekil 5.5)



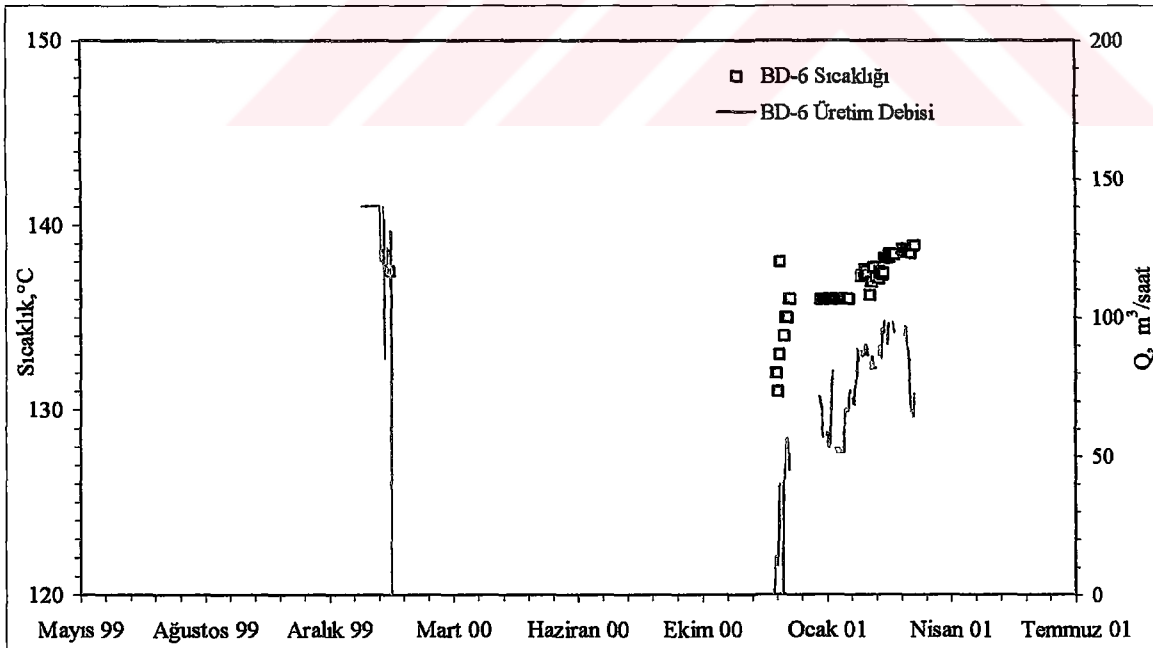
Şekil 5.5 BD-3 Kuyusu Sıcaklık Değişimi

BD-4 kuyusunda $2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaşan soğuma ölçülmüştür (Şekil 5.6). Bu kuyuda düşük sıcaklığın ölçüldüğü dönemlerde üretim debisi de yaklaşık olarak $20\text{-}30 \text{ m}^3/\text{saat}$ daha az gerçekleşmiştir.

Derin üretim kuyularından BD-6'da soğuma tesbit edilmemiştir (Şekil 5.7). Bu kuyu çalışma dönemi içerisinde devreye alındığından, kuyunun geliştirilebilmesi için üretim debisi artırılarak üretim yapılmıştır. Bu nedenle üretim debisine bağlı olarak bir sıcaklık artışı grafiklerde görülmektedir

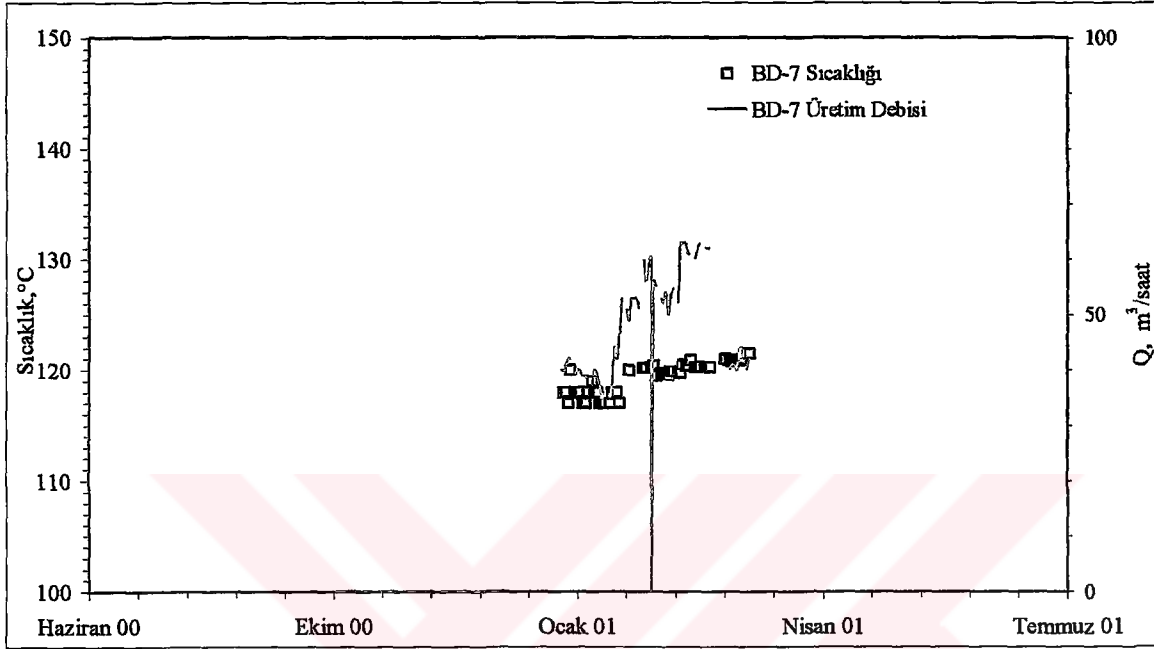


Şekil 5.6 BD-4 Kuyusu Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.7 BD-6 Kuyusu Sıcaklık Değişimi

BD-7 kuyusunda kuyu bitirme raporunda (MTA;1999) maksimum sıcaklığı 135,8 °C olarak ölçülmesine rağmen, kuyubaşında 120 °C'den daha yüksek bir sıcaklık ölçülememiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 BD-7 Kuyusu Sıcaklık Değişimi

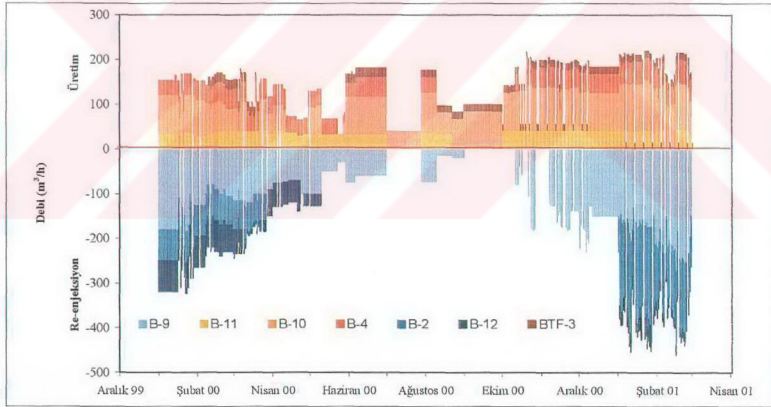
5.5 Üretim , Re-enjeksiyon ve Sıcaklık Verilerinin Yorumlanması

5.5.1 Üretim ve Re-enjeksiyon

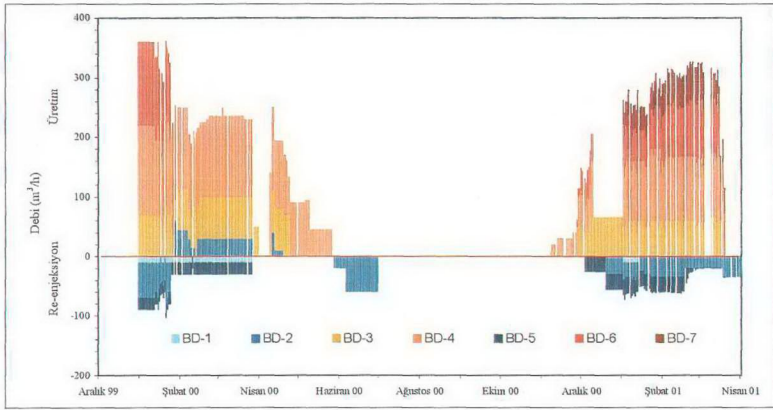
Sahadaki tüm re-enjeksiyon miktarının %58'i B-9 kuyusuna yapılmaktadır. B-9 kuyusu 48.5 m derinliğinde olup delinmesi sırasında 42 m'den itibaren tam kaçak yaptığı bilinmekte, bu nedenle de (Yılmaz,1988) tarafından kuyunun geçirimsizliği yüksek bir fay zonunu kestiği belirtilmektedir. Kuyuya 300 m³/saat'e ulaşan yüksek debilerde, 1-2 bar kuyubaşı basınçları ile re-enjeksiyon yapılması kuyuda geçirgenliğin çok yüksek olduğunun belirtisidir. Alüvyonu kesen ve filiş içersinde de 70-80 m kadar ilerlemiş olan B-12 kuyusuna ise 40 m³/saat'den daha yüksek debilerde re-enjeksiyon yapılamamaktadır.

Buradan alüvyonun geçirgenliğinin 2-3 bar basınçla saate 200-300 m³ debide akışkanın re-enjeksiyon için yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Filişin matris kısmının geçirgenliği de yok denecek kadar az olduğuna göre, B-9 kuyundan kırık ya da fay zonuna re-enjeksiyonun yapıyor olması en gerçekçi cevap olarak görülmektedir. Aynı gerçekçe ile, B-2 kuyusundan da fay zonuna re-enjeksiyon yapıldığı söylenebilir. Bunların dışında kalan sığ veya derin re-enjeksiyon kuyularına kuyu tamamlama sorunları ya da yetersiz geçirgenlik nedeniyle çok düşük miktarlarda re-enjeksiyon yapılabilmektedir.

Sahada yeni devreye alınan BD-6 ve BD-7 derin kuyuların etkisiyle, önümüzdeki yıllardan itibaren hem hacimsel, hem de enerji miktarı olarak derin kuyuların üretime katkısı daha da artacaktır. Sahanın yüksek kapasite ile çalıştığı soğuk mevsimlerde, üretimin büyük bir kısmı derinden yapılırken, re-enjeksiyonun da çoğu sığ rezervuara yapılmaktadır. Sahadaki bu durum “derinden üretim-sığa re-enjeksiyon” olarak özetlenebilir (Şekil 5.9) (Şekil 5.10).



Şekil 5.9 Sığ Kuyularda Re-enjeksiyon ve Üretim



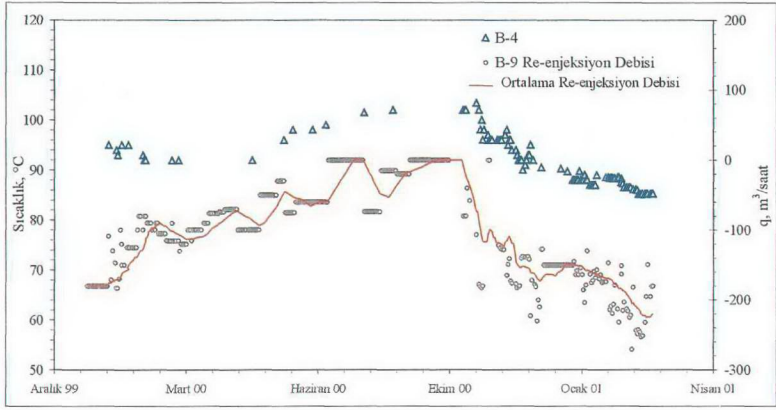
Şekil 5.10 Derin Kuyularda Re-enjeksiyon ve Üretim

5.5.2 Üretim Kuyularında Soğuma

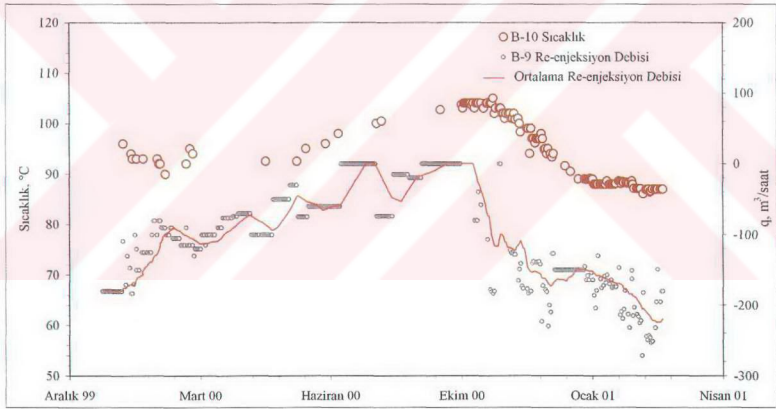
5.5.2.1 Sığ Kuyularda Soğuma

Sığ üretim kuyuları B-4, B-10, B-11 ve BTF-3 kuyularında meydana gelen soğumalar B-9 kuyusuna yapılan re-enjeksiyondan kaynaklanmaktadır. Bu kuyudan yapılan izleyici testlerinde 20-60 saat içerisinde bu kuyulardan izleyici madde gelmiş olması, B-9 kuyusu ile bu kuyular arasında doğrudan ve kısa bir bağlantı gösterdiği için fiziksel bir etkinin de beklenmesi gerekiyordu.

B-9 re-enjeksiyon debisi ve sığ üretim kuyularındaki sıcaklıklar incelendiğinde, re-enjeksiyona başlandıktan 12 gün sonra B-4, 15 gün sonra da B-10 kuyusunda soğuma başlamaktadır (Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14). Isıtma sezonunun sonuna doğru, re-enjeksiyon miktarının azaltılmasıyla, sıcaklık düşümünün durduğu ve sonra yeniden yükselişe geçtiği görülmektedir (Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.15).



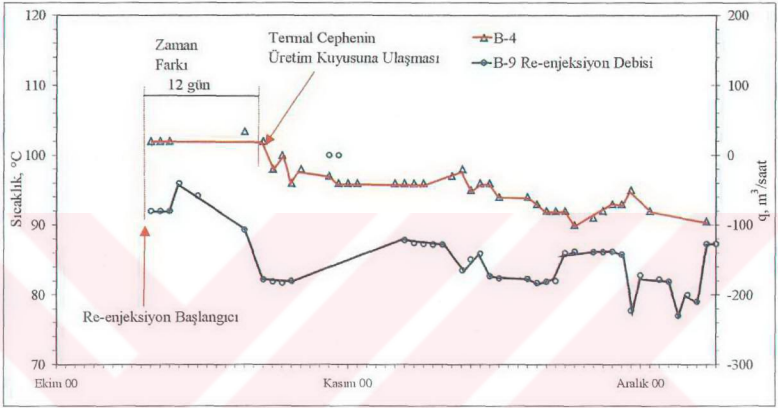
Şekil 5.11 B-4 Kuyusunda Soğuma



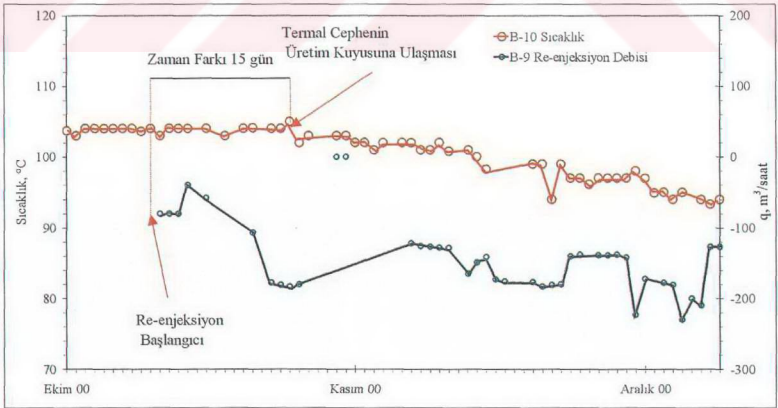
Şekil 5.12 B-10 Kuyusunda Soğuma

B-9 kuyusuna re-enjekte edilen suların B-4 kuyusunda soğumaya neden olduğu süre, yani termal cephenin B-4 kuyusuna ulaşma süresi 12 gün'dür. B-4 ve B-9 kuyuları arasındaki uzaklık 114 m olduğuna göre termal cephenin B-4 kuyusuna doğru hızı 0.4 m/saat olmaktadır. Aynı şekilde, B-10 kuyusuna termal cephenin ulaşma süresi 15 gün ve B-9 ve B-10 kuyuları arasındaki uzaklık 84 m alındığında termal cephenin B-10 kuyusuna

doğru hızı 0.23 m/saat bulunmaktadır (Şekil 5.13, Şekil 5.14). İzleyici cephesinin ve termal cephenin birlikte gözlemlendiği pek az çalışma bulunmaktadır (Stefansson,1997), bu çalışma da bunlardan birisi olmuştur. Elde edilen izleyici hızı/termal cephe oranları ortalama 10 civarındadır, Şekil 5.1'den ortamın gözenekliliğinin 0.04–0.05 arasında değiştiği ve bu gözeneklilik değerine göre sahadaki toplam enerjinin %10'unun suda kalanının kayaçta olduğu hesaplanmaktadır.

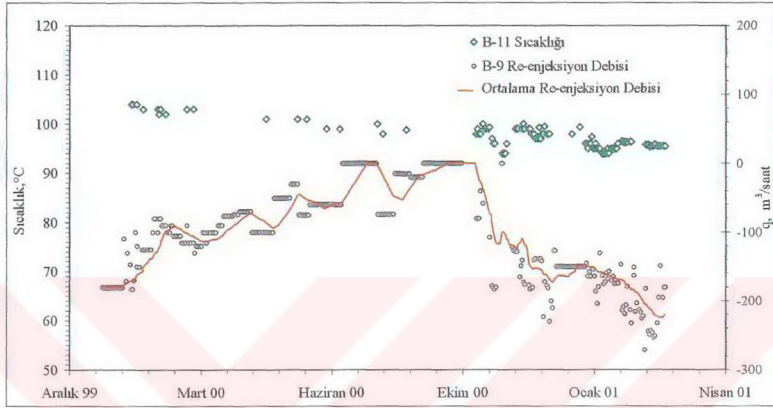


Şekil 5.13 Termal Cephenin B-4 Kuyusuna Ulaşması



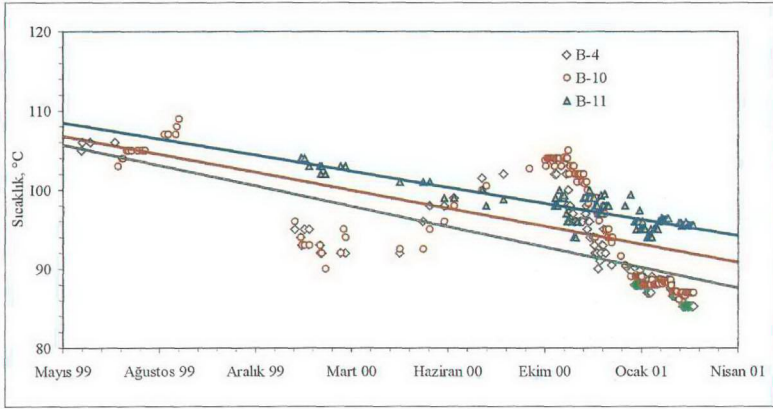
Şekil 5.14 Termal Cephenin B-10 Kuyusuna Ulaşması

Sıcaklık düşümünden ilk önce B-4 ve B-10 kuyuların etkilenmektedir. Çünkü bu kuyular B-9 kuyusuna diğer kuyulardan daha yakındır. B-9 kuyusuna, 160 m uzaklıkta bulunan B-11 kuyusu daha geç etkilenmiştir (Şekil 5.15).



Şekil 5.15 B-11 Kuyusunda Soğuma

Sıg kuyulardan B-4 ve B-10 yıl içerisinde 18-19 °C'lik bir sıcaklık aralığında salınırken, B-11 kuyusu çok küçük salınım göstermekte, fakat sonuçta her üç kuyuda yaklaşık aynı eğilme, 6-7 °C/yıl, soğumaktadır (Şekil 5.16). BTF-3 kuyusunda, sıcaklık-zaman grafiği hazırlanabilecek kadar veri olmamakla birlikte, sonuçta bu kuyuda da 15 °C'lik soğuma vardır. B-9 kuyusuna aynı şekilde re-enjeksiyonun devam etmesi halinde çok kısa süre içerisinde B-4, B-10 ve B-11 kuyularının sıcaklığı ısıtma işi için ekonomik olmayacağı için, ısıtmada bu kuyular kullanılmayacaktır.



Şekil 5.16 Sığ Kuyularda Soğuma Miktarı

5.5.2.2 Derin Kuyularda Soğuma

Derin kuyulardan sadece BD-4 kuyusunda 2°C 'lik bir fark gözlenmiştir. Sıcaklık farkının oluştuğu iki dönem arasında ortalama üretim debisinde de bir fark vardır ve ikinci dönemdeki debi daha düşüktür. Bu nedenle bu kuyudaki soğumanın konduktif ısı kaybından kaynaklanması mümkündür (Şekil 5.6).

BD-3, BD-6 ve BD-7 kuyularındaki sıcaklık değişimleri ise (Şekil 5.5, Şekil 5.7, Şekil 5.8), ölçümler kuyubaşından yapıldığı için konduktif soğumalar kuyubaşı sıcaklığını etkilemektedir. Üretim debisi arttıkça kuyu içerisindeki taşınma hızı artmaktadır. Kuyularda akışkanın kuyu dibinden yüzeye doğru akış hızı 0,5-1,5 m/s arasında değişmektedir. Debi ile kuyubaşı sıcaklığı arasında bir ilişki vardır ve debi arttıkça, akışkanın yüzeye ulaşma süresi kısalmakta, daha az sıcaklık kaybına uğramakta ve kuyubaşında kuyu dibi sıcaklığına yakın sıcaklık elde edilmektedir. BD-6 ve BD-7 kuyusunda değişik debilerde yapılan üretimde, üretim miktarı arttıkça kuyubaşı sıcaklığını arttığı görülmüştür (Tablo 5.3).

BD- 7 kuyusundaki soğuma muhtemelen kondüktif soğuma veya karışım etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu kuyuda kuyu içi sıcaklığının ölçülebilmesi durumunda daha kesin bir sonuç elde edilebilir.

Tablo 5.3 Üretim Debisi Kuyubaşı Sıcaklığı İlişkisi

BD-6		BD-7	
Q (m ³ /saat)	T, °C	Q (m ³ /saat)	T, °C
29	132	7	115,7
44	134,4	14	116,4
50	135	38	117,5
66	135,2	48	117,6
74	135,2	70	117,6

5.5.3 Soğuma Modellemesi

5.5.3.1 Kayaçtan Isı Kazanımına Dayalı Modelleme

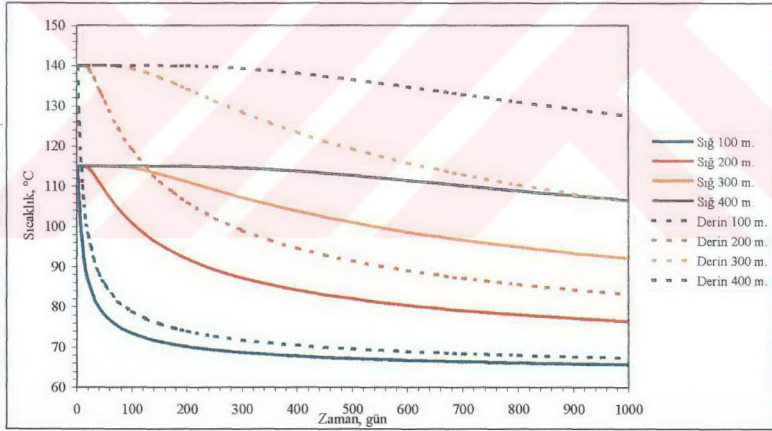
Bu model To sabit sıcaklığına sahip kayaçtan, re-enjektelerde edilen akışkan tarafından ısının süpürülerek taşınması esasına dayanır. Sahada bulunan sığ kuyu şartlarında, homojen bir ortamda radyal akışta, To sıcaklığına sahip iki tabaka arasında akış için E 5.2 kullanılarak yapılan çözümler Şekil 5.17' de sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan parametreler Tablo 5.4'de verilmiştir

Tablo 5.4 Modelde Kullanılan Büyüklükler

*Kayaçın termal difüzyon katsayısı, κ , m ² /s	1.13*10 ⁻⁶
Kayaçın termal iletkenlik katsayısı, k, W/m°C	2.5
Suyun özgül ısısı, s, kJ/kg.°C	4200
Kayaç sıcaklığı, (sığ) To, °C	115
Kayaç sıcaklığı, (derin) To, °C	140
Re-enjeksiyon sıcaklığı, Ti, °C	62

*kumtaşı için, (Domenicovd.,1990)

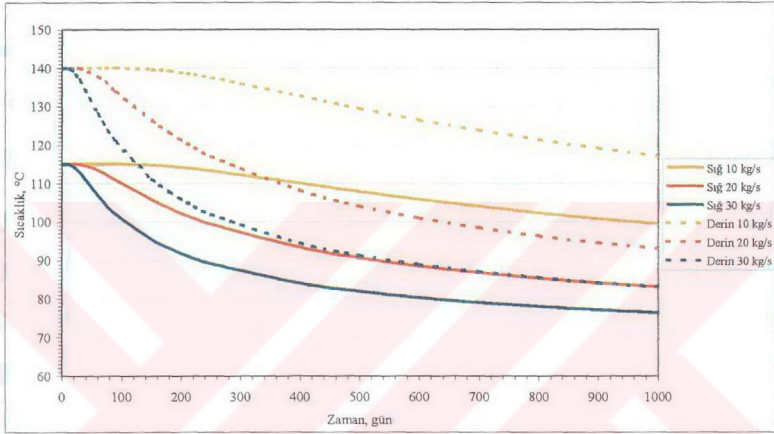
Bu modele göre, 30 kg/s debide re-enjeksiyon yapılırken, sığ veya derin rezervuarda üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasındaki uzaklık 400 m'ye kadar değişirken soğuma hesaplanmıştır. Burada sığ rezervuar olarak çalışma sahasında olduğu gibi yüze yakın 115 °C, derin rezervuar içinse yine sahadaki 140 °C sıcaklığında bir yapı tasarlanmıştır. Model çözüme göre; 30 kg/s debide re-enjeksiyon yapılırken, üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasındaki mesafe kısaltıldıkça soğuma hızı artmaktadır. Derin rezervuarda, basılan su ile rezervuar sıcaklığı arasındaki fark daha fazla olduğu için, sığ rezervuara göre soğuma daha hızlı gerçekleşmektedir. Üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasındaki uzaklık 400 m olduğunda üretim kuyularında soğuma başlangıcı; derin rezervuar için 250 gün, sığ rezervuar içinse yaklaşık 300 günden sonra başlamakta, ancak soğuma hızı da çok düşük olmaktadır. Çalışma alanında olduğu gibi mevsime bağlı olarak ısıtma yapılan bir sahada yıllık sürekli üretim 250 günden kısa olacağı için, üretim ve re-enjeksiyonun yapılmadığı ya da çok az yapıldığı dönemde yeniden ısınma olacağı için soğuma hiç gözlemlenmeyebilir.



Şekil 5.17 30 kg/s Debide Re-enjeksiyonda Soğuma

Bu modele göre re-enjeksiyon debisinin 30kg/s olması durumunda üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasındaki uzaklık 400 m'den az olmamalıdır.

Aynı problem, re-enjeksiyon kuyusundan 200 m uzaklıktaki bir noktanın sıcaklığı için değişik re-enjeksiyon debilerine göre çözüldüğünde, kuyular arası mesafenin 200 m civarında olması durumunda re-enjeksiyon debisinin 10 kg/s' yi geçmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu durumda sahada 200 güne kadar bir soğuma olmamaktadır (Şekil 5.18).

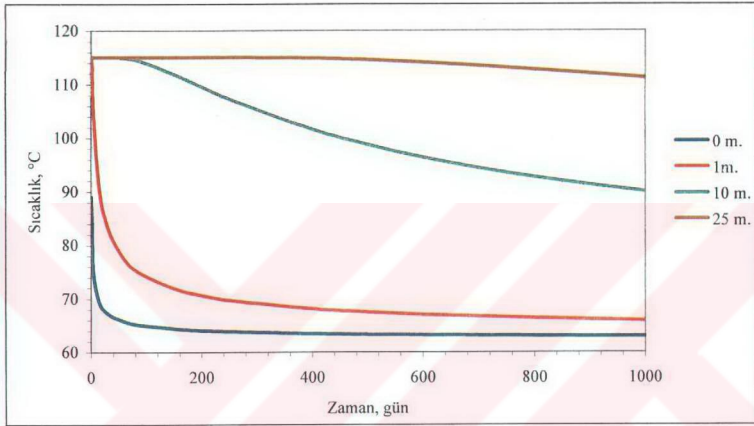


Şekil 5.18 200 m Uzaklıkta Değişik Debilerde Sıcaklık

Her iki çözümde re-enjeksiyon planlanmasında üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasındaki uzaklık ve re-enjeksiyon debisinin birlikte dikkate alınması gerektiğini kanıtlamaktadır.

Tablo 5.3'de verilen koşullara göre, enjeksiyon debisi, q , 30 kg/s ile çalışılması durumunda y eksenı boyunca zamanla kayaçta meydana gelecek soğuma Şekil 5.19'da incelenmiştir. Buna göre, kayaç yüzeyi ve yakın kısımlar hızla soğurken, 25 m sonrası 1000 günlük re-enjeksiyon sonunda sadece 2 °C kadar soğumaktadır.

Düşey eksen (akış hattına dik) boyunca soğuma, akış hattı boyunca olan soğumaya oranla çok azdır. Kayaçların termal iletkenliğinin çok düşük olması nedeniyle böyle bir sonuç çıkmaktadır. Kayaçtan maksimum enerjinin alınabilmesi için, kayacın re-enjekte edilen su tarafından soğutulması sağlanması gerektiğine göre, ortamın yapısı re-enjeksiyon verimini belirleyecektir.



Şekil 5.19 Düşey Soğuma

Bu modelde göz önüne alınmayan iki faktör vardır. Birincisi, model homojen ortam şartlarına göre çalıştığı için, tektonik süreksizlikler, faylar vs. bu modelin sonuçlarını olumsuz yönde etkileyecektir. İkincisi, bu model beslenmeyi göz önüne almamıştır. Üretim ucuna ulaşacak re-enjekte edilmiş ve ısınmış su ile ilk defa üretilecek daha sıcak su, üretim kuyusunda karışacaktır. Karışım oranlarına göre E 5.3'de verilen eşitliğe göre yeni bir karışım sıcaklığına ulaşılabilecektir. Bu faktör soğumayı azaltıcı yönde çalışacaktır.

5.5.3.2 Beslenme ve Re-enjeksiyonla Birlikte Soğuma

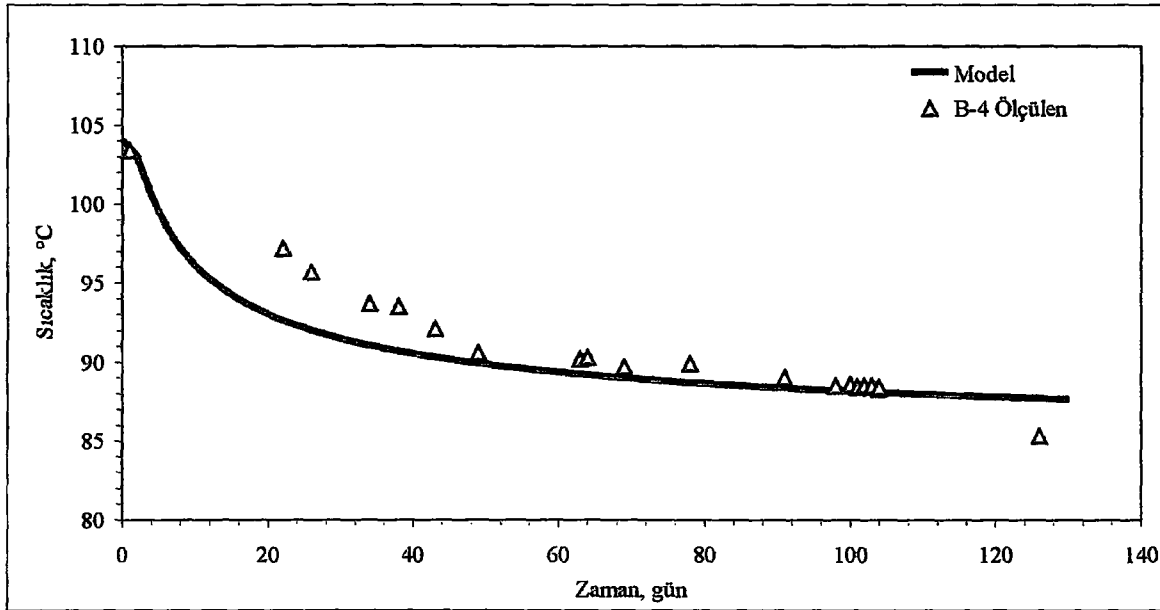
Bu modele göre re-enjekte edilen akışkanın belirli bir kısmı üretim kuyusuna sıcaklığı artmış olarak ulaşırken, kuyuya orijinal sıcaklıkta sıcak su gelişi de devam etmekte, bu sular kuyuda bir araya geldiklerinde yeni bir karışım sıcaklığı oluşturmaktadır. Üretilen suyun sıcaklığı, karışım oranlarına bağlıdır. Bu modelde sabit bir Q debisi ile üretim yapan kuyunun sıcaklığındaki zamanla azalma, re-enjeksiyon kuyusundan basılan suyun sıcaklığındaki azalma tarafından kontrol edilmektedir.

Modeli sahaya uygulamak için, B-4, B-10 ve B-11 kuyularından ölçülen sıcaklıkların yıl içinde en yüksek noktaya ulaştığı 15-20.10.2000 tarihleri arasındaki en yüksek sıcaklıkları başlangıç noktası, T_0 , alınarak 4 ay boyunca bu kuyulardaki sıcaklıklar sıcaklık-zaman grafiğine yerleştirilmiştir. Tablo 5.5’de kullanılan parametreler ile E 5.2’den, B-9 kuyusundan çeşitli uzaklıklarda bulunan kuyulardaki, T_q sıcaklığı hesaplanmış ve E 5.3’de bu değerler yerine konularak çözülmüş, elde edilen eğri ile gerçek değerler, deneme yanılma yöntemi ile karşılaştırılmaya çalışılmıştır (Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22). En uygun çakışmayı sağlayan değerlere göre B-9’dan basılan suyun hangi oranda B-4, B-10 ve B-11 kuyularına ulaştığı hesaplanmıştır. Bu süre içerisinde B-9 kuyusuna ortalama 40 kg/s ve 62 °C sıcaklıkta re-enjeksiyon yapılmıştır. Bu çalışmada, k , κ ve s parametreleri Tablo 5.4’deki gibidir. Diğer parametreler Tablo 5.6’da verilmiştir.

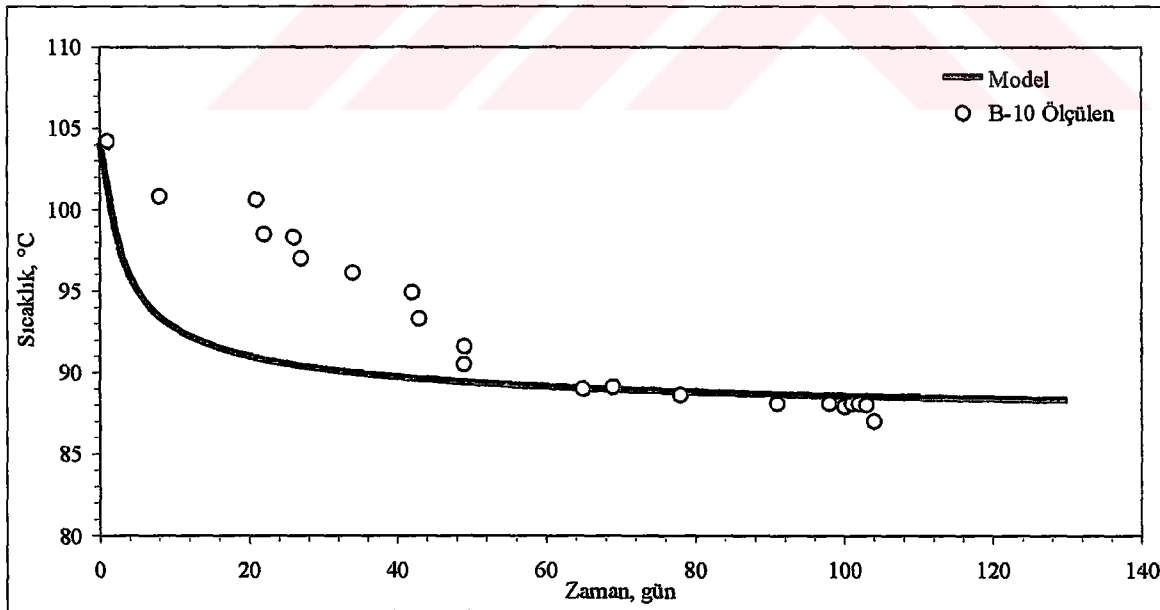
Tablo 5.5 Kuyuların Üretim Değerleri ve B-9’a Uzaklık

	B-4	B-10	B-11
Üretim, Q, kg/s	12	24	10
B-9’a uzaklık, m	114.3	84	160.4
Başlangıç sıcaklığı, T_0	104.1	104.1	99.3
B-9’dan kuyuya gelen su miktarı, %	8	25	2.5

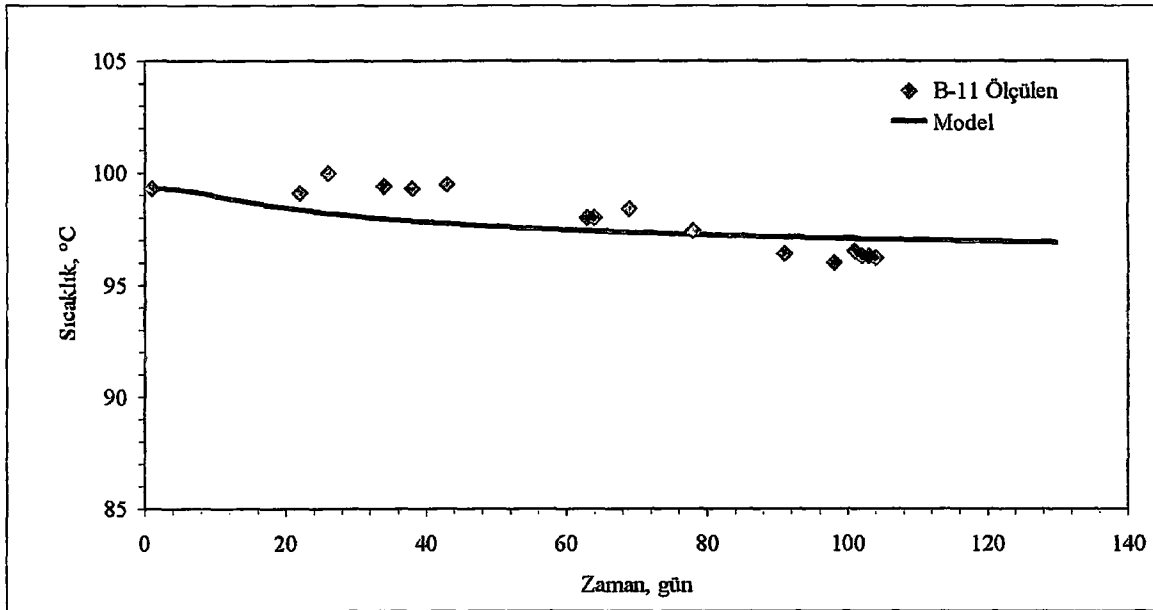
Tablo 5.5’de verilen değerle kullanılarak yapılan çözümlemede B-9 kuyusundan basılan suyun %8’inin B-4’e, %25’i nin B-10’a ve %2,5’u da B-11 kuyusuna bir miktar ısınarak ulaştığı bu kuyularda orijinal sıcaklıktaki sularla birleşerek oluşturdukları karışımın yeniden üretildiği hesaplanmıştır.



Şekil 5.20 B-4 Kuyusunda Soğuma ve Model Çözüm



Şekil 5.21 B-10 Kuyusunda Soğuma ve Model Çözüm



Şekil 5.22 B-11 Kuyusunda Soğuma ve Model Çözüm

B-9 kuyusuna yapılan re-enjeksiyon sahada soğumaya neden olduğu kesin olarak görülmektedir. Sahada ısı alınıldıktan sonra re-enjekte edilen suların sıcaklığı 62 °C'dir. Bu nedenle kuyulardaki sıcaklığın 62 °C'ye düşmesi durumunda, bunlardan mevcut sistemle enerji üretmek mümkün olmayacaktır. Yıllık 6-7 °C'lik düşümün devamı halinde sahadaki sığ kuyuları 3-4 yıl sonra ısıtmada kullanmak mümkün olmayacaktır.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

6.1. Su Kimyası Çalışmaları

Çalışma alanında örneklenen sıcak ve mineralli sular genel olarak Na-HCO₃-Cl türünde sulardır. Çözünmüş toplam katı madde miktarı 2000 ppm'den az, hafif tuzlu sular sınıfında ve nötr karakterlidirler. Kuyularda kondanse olmayan gazların miktarı 1000 ppm'den daha düşük değerlerdedir. Gazların hacimce %90'a yakın kısmını CO₂ oluştururken, atmosfer kökenli bir gaz olan N₂ en fazla bulunan ikinci gaz olmaktadır.

Örneklenen suların kimyasal analizleri, jeotermal suyun "ısınmış yeraltı suyu" veya "derin klorürlü sularla bolca karışmış yüzey suları" olduğunu göstermektedir. Sığ ve derin kuyular kimyasal bileşim açısından birbirine benzemekte olup, SiO₂ ve Cl dışında önemli bir farklılıkları yoktur. Kaynaklar çevresinde ve çalışma alanında travertenleşme ve traverten oluşukları gözlemlenmemektedir. Kabuklaşma önleyici kimyasal maddelerin kullanılmadığı üretim kuyularında CaCO₃ kabuklaşması görülmektedir.

Sahaya güneybatıdan yeraltısularının girdiği ve DB uzanımlı Agamemnon I fayı boyunca yer alan derin kuyulardaki jeotermal suları, batıdan doğuya doğru hareketle seyrelttiği bulunmuştur. Sığ ve derin kuyulardan alınan su örneklerinde 4 TU' ya ulaşan miktarda trityumun varlığı, 10-20 ppm kadar Mg yüzey sularının karışımı görüşünü desteklemektedir. Derin kuyuların yüzeyden itibaren 350-400 m'lik kısmının muhafaza boruları ile kapalı ve çimentolu olmasına rağmen yine de karışım olması, soğuk yüzey sularının en az 400 m derinliğe kadar süzülüp buradan sisteme girdiğini göstermektedir.

Döteryum izotopları ortalama beslenme yüksekliğinin 100-465 m arasında olabileceğini göstermektedir

Hazne kaya sıcaklığı tahmininde kullanılan katyon jeotermometreleri suların Na-K-Mg iyonları açısından tam dengeye ulaşmamış olması nedeniyle güvenilir değildir. Silika jeotermometreleri ve klorür-entalpi karışım modeline göre, maksimum hazne kaya sıcaklığının 168-190 °C arasında olabileceği hesaplanmıştır. İzotop analizleri de çalışma alanında ¹⁸O zenginleşmesinin düşük olduğunu göstermektedir. Batı Anadolu'da bulunan, iyi bilinen diğer jeotermal sahalar ile izotop kimyası açısından karşılaştırıldığında, Balçova-Narlidere jeotermal sahasının Germencik ve Kızıldere sahalarından çok daha düşük sıcaklığa sahip olduğunu, Dikili-Kaynarca (İzmir) ve Salihli-Kurşunlu (Manisa), sahalarına sıcaklık olarak yaklaşılabildiğini, sahanın orta entalpili (<180 °C) olduğunu göstermektedir.

6.2. İzleyici Testleri

B-9 kuyusundan yapılan izleyici testleri sonunda sığ akiferde üretim yapan kuyulardan basılan izleyici maddenin yaklaşık % 0.4'ü geri üretilmiştir. B-9 kuyusundan re-enjekte edilen sular 2-12.7 m/saat arasında değişen hızlar ile sığ akifere yayılmakta ve B-9'a basılmasından sonra 20-60 saat içinde, 80-200 m mesafelerdeki sığ üretim kuyularına ulaşmaktadırlar.

Derin kuyularda ise, BD-2 kuyusundan re-enjekte edilen sular 0.6-3.3 m/saat arasında değişen hızlarda derin kuyulara doğru hareket etmektedir. Sahanın merkezinde yer alan BD-4 ve BD-6 kuyularına doğru olan akış hızı, sahanın doğu kenarında yer alan BD-3 kuyusuna göre daha yüksek olmaktadır. BD-2 kuyusundan yapılan izleyici deneyinde, BD-7'den izleyici elde edilememiştir.

B-9 ve BD-2 kuyusunda birkaç ay ara ile yapılan, toplam 14 ay süren, 5 izleyici deneyinden sadece ikisinde B-4 kuyundan, bir izleyici-zaman profili elde edilebilecek kadar uranın konsantrasyonu ölçülebilmıştır. Diğer veriler nümerik bir yorum için yetersiz olmuştur.

İzleyici maddenin tam tapan akış koşullarını sağlayabilmesi için, re-enjeksiyon kuyusuna bir anda verilmesi gerekmektedir. Bunun için konsantrasyon değeri çok yüksek 20-25 l'lik karışımların kullanılması zorunlu olmaktadır. Fakat, bu kadar küçük karışım hacmi genelde, rezervuarda yeterince dağılamadan gözlem ağı içerisinde yer alan kuyuların drenaj alanı

dışına çıkmakta ve böylece gözlemlenememektedir. B-9 (I) ve BD-2 (II) izleyici testlerinin bu nedenle başarılı olamadığı düşünülmektedir. Nitekim, izleyici madde miktarı aynı kalmak üzere, karışım hacminin artırıldığı B-9 (II) ve B-9(III) deneylerinden B-4 kuyusundan iyi sonuçlar alınmıştır. Bütün izleyici testlerinin bir başka özelliği de, verilerin büyük bir kısmının küçük bir konsantrasyon aralığında kalmış ve değerlendirme yapılamayacak kadar dağınık olmasıdır. Birçok ölçüm değeri flourometrenin saptama limiti yakınlarında olmuştur.

İzleyici testleri üretim ve re-enjeksiyon kuyuları arasında hızlı bağlantılar olabileceğini göstermektedir.

6.3. Soğuma

Sahada B-9 kuyusuna yapılan re-enjeksiyon nedeniyle sığ akiferde yer alan B-4, B-10 ve B-11 kuyularında yılda 7-8 °C'ye ulaşan kalıcı soğumalar saptanmıştır. Bu B-9 kuyusuna yapılan aşırı re-enjeksiyondan kaynaklanmaktadır. Çalışma alanında 1 Mart 2000-28 Şubat 2001 tarihleri arasında, $1.89 \cdot 10^6$ m³ üretim yapılmış ve bu miktarın $1.2 \cdot 10^6$ m³ 'ü re-enjekte edilmiştir. B-9 kuyusuna yapılan re-enjeksiyon miktarı 700 bin m³ kadar, olup tüm üretimin %58'inin bu kuyuya re-enjekte edilmiş olması soğumanın en önemli sebebi olmaktadır.

Derin kuyularda re-enjeksiyona bağlı soğuma belirtisi yoktur.

B-9 kuyusundan yapılan izleyici testleri, re-enjekte edilen suların sığ üretim kuyularına hızla ulaştığını göstermiştir. Bu nedenle sığ kuyularda soğumanın da gözlenmiş olması normal bir sonuçtur. Termal denge hesaplarına göre B-9 dan basılan suyun %25'i B-10'a, %8' i B-4'e ve %2.5 'i de B-11 kuyusuna ulaşmaktadır. Bu kuyuya yapılan re-enjeksiyon miktarının azaltılmaması durumunda, önümüzdeki 3-4 yıl içerisinde bu kuyular zamanla verimsizleşecek ve ısıtmada kullanılamayacaklardır.

BÖLÜM YEDİ

ÖNERİLER

Sahada kurulu olan jeotermal enerjili merkezi ısıtma sisteminin başarısı, Türkiye’de jeotermal enerji kullanımına bakışı etkileyebilecek niteliktedir. Halen onbinlerce insan temiz, sağlıklı bir çevrede ve konforlu ortamlarda yaşamaktadır. Sahanın ekonomik, sürdürülebilir ve daha iyi işletilmesini sağlamak amacıyla “tez çalışması” kapsamında öneriler sunulmuştur.

Bu amaçla sahada periyodik olarak tüm kuyularda üretim, re-enjeksiyon debileri, sıcaklıkları, su seviyeleri, basınçları ölçülmeli, jeotermal akışkanın kimyasal (su, gaz, izotop) analizleri yapılmalı ve yörenin meteorolojik bilgilerini de içeren bir “veri tabanı” oluşturulmalıdır. Veri tabanı için gerekli parametreler ve ölçülme sıklıkları Tablo 8.1’de sunulmuştur.

Üretilen ve re-enjekte edilen akışkanlarda periyodik olarak, yaz ve kış mevsimlerinde, oksijen-18, döteryum ve trityum izotop analizlerine devam edilmeli, bunlara S^{34} , C^{13} ve C^{14} izotopları da eklenerek çalışma genişletilmelidir.

Jeotermal işletmenin çevreye zarar verip vermediğinin kontrolü için, Balçova ve İnciraltı’nda bulunan tatlı su kuyularından bazıları gözlem kuyusu olarak seçilmeli ve bu kuyularda su kimyası izlenmelidir. Böylece, üretim ve özellikle re-enjeksiyonun yeraltısularına etkisi incelenmelidir.

Kuyulardan üretilen, re-enjekte edilen ve çevrimde kullanılan suların sistemde kabuklaşmaya yol açmaması için su kimyası sürekli izlenmeli ve üçer aylık periyodlarla “inhibitör” dozajı kontrolüne ilişkin testler yapılarak kabuklaşma olmaması sağlanmalıdır.

Tablo 8.1 Veri Tabanı İçin İzlenecek Parametreler ve Periyodları

İşlem	Ölçüm Aralıkları
Üretim ve Re-enjeksiyon Kuyularının Debileri	2 saat
Günlük Toplam Üretim ve Re-enjeksiyon	1 gün
Üretim ve Re-enjeksiyon Sıcaklığı	2 saat
Su Seviyesi ve Barometrik Basınç	1 gün
Su Kimyası	4 ay
Kondanse Olmayan Gaz Miktarı	2 ay
Gaz Bileşimi Analizi	6 ay
İzotop Analizleri	6 ay
Meteorolojik Bilgiler	1 gün

Yeni planlanacak re-enjeksiyon testlerinde ve izleyici denemelerindeki gözlem kuyularında termal, kimyasal ve basınç ölçümleri birlikte yapılmalıdır.

Sahada kuyu içi pompalar kullanıldığı için üretim kuyularında, sıcaklık ve basınç ölçüleri alınması ancak pompaların kuyulardan çekilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu nedenle pompaların herhangi bir nedenle çekilmesi bir fırsat olarak değerlendirilip, bu kuyularda “kuyu testleri” yapılmalıdır. Diğer gözlem ve re-enjeksiyon kuyularında yılda en azından bir defa sıcaklık ve basınç ölçüleri alınmalıdır.

Sahada yeni açılacak üretim ve re-enjeksiyon kuyularında geniş çap tercih edilmeli ve muhafaza borusu çimentolamalarına özen gösterilmelidir.

B-9 kuyusuna yapılan re-enjeksiyon miktarı, sahada uygun re-enjeksiyon kuyuları açıldığında, azaltılmalı veya tamamen durdurulmalıdır.

Re-enjeksiyon amaçlı kullanılacak bütün kuyularda öncelikle izleyici testi yapılmalı ve test sonuçlarına göre karar verilmelidir. İzleyici çalışmalarında, bu çalışmada olduğu gibi flüoresan maddeler kullanılması durumunda, karışım hacmi en az 20 m³ olacak şekilde planlama yapılmalı ve izleyici madde miktarı 10 kg’dan az olmamalıdır.

Balçova ve Narlıdere’de jeotermal sahanın büyük bir kısmı yerleşime açılmış durumdadır. Bu nedenle yapılacak yeni çalışmalar çok kısıtlı alanlarda yürütülmek zorundadır. Sahada halen kullanılan kuyuların gelecekte yenilenmeleri ve yeni kuyuların açılması için alanlara gereksinim olacaktır. Bu sebeple sahada en azından yeni ve yedek kuyu lokasyonları belirlenerek bu alanlar kamulaştırılmalıdır. MTA tarafından belirlenmiş olan “birinci derece koruma alanında” yapılaşma ve kirlilik önlenmelidir.

Sahada, merkezi ısıtmayı yapan Balçova Jeotermal Enerji Sanayi Ticaret Limited Şirketi kuyularının dışında tesbit edilmiş 80 kadar daha sığ kuyudan üretim yapılmaktadır. İl Özel İdaresi tarafından bazı üretim kuyuları için, hak sahiplerine ürettikleri suyu re-enjektörde etme koşuluyla izin verilmektedir. Jeotermal sistem bir bütün olup, üretim ve re-enjeksiyon tek elden planlanmalı ve hazırlanacak “saha işletme planına” göre bütün kuyuların planlama, yapım ve işletmesi denetlenmelidir.

Özetle, sahayı temsil edebilecek geçmiş ve yeni veriler ışığında sahanın gelecekteki performansının tahmin edilmesine yardımcı olacak bir model çalışması yapılmalıdır. Modelin başarısı bilgilerin miktarına ve doğruluğuna bağlıdır. Bu bilgiler ile başlangıçta ortaya konacak model sonraki yıllarda elde edilecek verilerle güncelleştirmeli ve düzeltilmelidir. Bu çalışmaların yapılması ile sürekli ve sürdürülebilir bir işletme sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- Adams, M. C., & Davis, J. (1991). Kinetics of fluorescein decay and its application as geothermal tracer. Geothermics, 20, 53-56
- Adams, M. C., & Rose, P. E. (1995). Tracer development . U.S. Department of energy Federal Geothermal Research and Development Program, Fiscal Year 1994. U.S. Department of Energy, 417-421
- Adams, M. C. (1995). Vapor, liquid and two-phase tracers for geothermal systems. World Geothermal Congress. 18-31 May 1995, Italy. Proc., p.1875-1880
- Adams, M. C. (2001). (13 Nisan 2001).Yazılı kişisel görüşme.
- Akartuna, M. (1962). İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urta bölgesinin jeolojisi. MTA rapor no:2624. Ankara.
- Akın, S., & Okandan, E. (1997). Geothermal reservoir characterization by tracer and well testing. Geothermal Resources Council Transactions, 21, 561-567
- Alkanoğlu, E. (1978). Geologische-petrograpische und geochemische untersuchungen am südostrand des Menderes Massiv in Westanatolian-Turkey, Bochum, p. 166.
- Arnorrsson, S. (1983). Chemical equilibria in Icelandic geothermal systems. Implications for chemical geothermometry investigations. Geothermics, 12, 119-128
- Arnorrsson, S. (2000). Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use. Vienna: International Atomic Energy Agency.

- Axelsson, G., Björnsson G., & Flovenz, O. G. (1995). Injection experiments in low-temperature geothermal areas in Iceland. World Geothermal Congress 18-31 May 1995. Italy. Proc., p.1991-1996
- Başarır, E. (1970). Bafa Gölü doğusunda kalan Menderes Masifi'nin güney kanadının jeolojisi ve petrografisi. Ege Univ. Sci. Faculty the serial science report.no.102, p. 44.
- Baykal, H. (1988). Beydağ barajının mühendislik jeolojisi ve temel alüvyonun geçirimsizliğinin araştırılması. DEÜ. Applied Science Inst. Thesis of PhD, İzmir, (Unpublished).
- Becker, W. M. & Charbeneau, J. R. (2000). First passage-time transfer functions for groundwater tracer tests conducted in radially convergent flow. Journal of Contaminant Hydrology, 40, 299-310
- Bodvarsson, G. (1972). Thermal problems in the siting of reinjection wells. Geothermics, 2, 63-66
- Candan, O. & Kun, N. (1989). Menderes Masifi'nin batısında paleo-melanj kuşağının varlığı, Bull of TPJD, 1/3, p.237-251.
- Canik, B. (1998). Hidrojeoloji. Ankara
- Collins, E. (1973). Akışkanların Gözenekli Ortamda Akışı (T. Saydam, Çeviri). İTÜ Kütüphanesi, Sayı 948. (Orijinal çalışmanın yayın tarihi 1961)
- Conrad, M. A., Hipfel, B., & Satır, M. (1995). Chemical and stable isotopic characteristics of thermal waters from the Çeşme- Seferihisar Area, İzmir (W. Turkey). Proc. International Earth Sciences Colloquium on The Aegean Region. 9-14 October. İzmir. II, p. 669-679
- Craig, H. (1961). Isotopic variations in meteoric waters. Science, 133, 1702-1703
- Çağlayan A., M., Öztürk, Z., Sav, H. & Akat, U., (1980). Menderes Masifi'nin güneyine ait bulgular ve yapısal yorum. TJK Bülteni, 10, 9-18.

Çetiner, L. (2000, 9 Mart). Kişisel görüşme.

Domenico, P. A., & Schwartz, F., W. (1990). Physical and chemical hydrogeology. New York: John Wiley & Sons.

Dominco, E. (1970). Agamemnon-Seferihisar-Urta-Çeşme sahasının hidrojeokimyasal araştırılması. MTA Rapor No: 4725

Dora, Ö. (1975). Menderes Masifi'nde alkali feldispatların yapısal durumları ve bunların petrojenik yorumlarda kullanımı TJK Bülteni, 18, p. 111-126.

Dora, Ö., Savaşçın, M. Y., Kun, N., & Candan, O. (1987). Menderes Masifinde postmetamorfik plutonlar, Yerbilimleri, HÜ, Yerbil., Uyg., ve Araş Mer. Bült., 14 p.79-89

Dürr, S., (1975). Über Alter und geotektonische stellung des Menderes-Kristalins, SW Anatolien und seine aequivalente in der mittleren Aegaeis, Habilitation-Schrift Marburg/Lahn, Germany.

Drahor, M. (1983). Doğal uçlaşma yöntemi ve İzmir-Agamemnon sıcak alanında doğal uçlaşma çalışmaları. (Diploma Çalışması). Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık – Mühendislik Fakültesi. İzmir

Ekingen, A. (1970). İzmir-Urta –Seferihisar gravite etüdü. MTA Rapor No:4312. Ankara.

Ellis, A.J., & Mahon, W.A. J.(1977). Chemistry and geothermal system. New York Academic Press.

Ellis, A. J. (1979). Chemical geothermometry in geothermal systems. Geothermics, 25 , 219-226

Ercan. T. (1982). Batı anadolunun genç tektoniği ve volkanizması. Batı Anadolunun Genç Tektomiği ve Volkanizması Paneli, TJK Kurultayı. Ankara.

- Ercan, A., Drahor, M., & Atasoy, E. (1986). Natural polarization studies at Balçova geothermal field. Geophysical Prospecting, 34, 475-491
- Erdoğan, B. (1990). İzmir-Ankara Zonu'nun, İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. TJK Bülteni, 2/1,1-20.
- Eşder, T., & Şimşek, Ş. (1975). İzmir Seferihisar alanı Çubukludağ grabeni ile dolayının jeolojisi ve jeotermal olanakları. MTA raporu no:5842. Ankara.
- Eşder, T. (1990). The crust structure and convection mechanism of geothermal fluids in Seferihisar geothermal area. International Earth Sciences Congress On Aegean Regions, 1-6 October, İzmir, Turkey.
- Evirgen, M. (1984). Ödemiş-Bayındır-Turgutlu-Salihli arasında kalan bölgenin (Menderes Masifi) metamorfizması hakkında ön sonuçlar, 6. Geological Symposium of Aegean Region, p. 169-176.
- Fetter, C. W. (1980). Applied Hydrogeology (2^{nci} baskı). Columbus:Merrill Publishing Company.
- Filiz, Ş. (1984).Ege bölgesindeki önemli jeotermal alanların O¹⁸, H², H³, C¹³ izotoplarıyla incelenmesi. Doçentlik tezi. Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi: (yayınlanmamış)
- Fossum, M. P., & Horne, R. N. (1982). Interpretation of tracer return profiles at Wairakei geothermal field using fracture analysis. Geothermal Resources Council Transactions, 6, 261-264
- Foulliac, C., & Michard, G. (1981). Sodium/lithium ratio in water applied to geothermometry of geothermal reservoirs. Geothermics, 10, 55-70.
- Fournier, R. O., & Truesdall, A.H., (1973). Na-K-Ca geothermometer for natural waters. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 1255-1275.
- Fournier, R. O. (1977). Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. Geothermics, 5, p. 41-50.

Fournier, R., O. (1979). A revised equation for the Na/K geothermometer. Geothermal Resources Council Transactions, 3, p. 221-224.

Fournier, R. O., & Potter, R.W.II. (1982). A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. Geothermal Resources Council Bull. 11, 3-9.

Fournier, R.,O. (1991). Applications of geochemistry in geothermal reservoir development. D'Amore, F. (Ed.) Water geothermometers applied to geothermal energy.Rome: Unitar Publication.

Geo-Heat Center. (1998). Quaterly Bulletin. 19, 2, p.11. Oregon: Oregon Institute of Technology.

Geo-Heat Center. (1999). Quaterly Bulletin. 20 ,1, p.26. Oregon: Oregon Institute of Technology.

Giggenbach, W.F. (1988). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. Geochim. Cosmochim. Acta, 52, 2749-2765.

Grant, M. A., Donaldson, I. G., & Bixley, P. F. (1982). Geothermal reservoir engineering. New York: Academic Press.

Gudmundsson J., S. & Hauksson, T. (1985). Tracer survey in Svartsengi field 1984. Geothermal Resources Council Transactions, 9-2, p.307-315

Gudmundson, S., & Al-Riyami, Y. (1985). Injection technology. Stanford Geothermal Program. Horne, R. N. (Ed), Thermal stability of fluorecent dyes. Stanford: Stanford University.

Gümüş, H. (1979). Güzelbahçe-Payamlı-Çatalkaya (İzmir). Yöresinin Jeolojisi. (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Yer bilimleri Fakültesi. İzmir.

- Günay, G., & Ekmekçi, M. (1990). Groundwater tracing techniques. International seminar on water resources and land development. (lecture notes). Ankara: Hacettepe University.
- Günay, C. İ. (1998) Batı Anadolu Ege Denizi neotektoniğinin jeofizik yöntemlerle incelenmesi (İzmir Körfezi örneğinde). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
- Henley, R. W., Truesdell, A. H., Barton, P. B., Whitney, J. A., & Robertson, J. M. (Ed.). (1984). Fluid-mineral equilibria in hydrothermal systems. Society of economic geologists.
- Hetzl, R., Ring, U., Akal, C., & Troesch, M. (1995). Miocene NNE-directed extensional unroofing in the Menderes Massif, southwestern Turkey. Journal of the Geological Society. 152.
- Horne, R., N. (1984). Reservoir engineering aspects of reinjection. Seminar on utilization of geothermal energy for electric power production and space heating, Florence, Italy
- Horne, R. N., Gilardi, J., & Bouett, L.(1985). Dispersion of tracer in fractures-experiments at Stanford University. Proc. 7 th. Geothermal Workshop. New Zealand.
- Horne, R., N. (1987). Tracer Test. Stanford: Stanford University.
- Hunt, T. M., Bixley, P. F., Carey, B., S. & McCabe, W. M. (1990). Results of 13-month reinjection test at Wairakei geothermal field, New Zealand. Geothermal Resources Council Transactions, 14,1193-1200
- İzdar, E. (1975). Batı Anadolunun jeotektonik gelişimi ve Ege Denizi çevresine ait üniteleri ile karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları. 8. İzmir
- İZSU, İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi, Genel Müdürlüğü (1997). Alionbaşı barajı planlama raporu.

Javandel, I., Doughty, C., & Tsangi, C. F. (1984). Groundwater transport. handbook of mathematical models. Water Resources Monograph Series, 10. American Geophysics Union.

JICA. (1987). The pre-feasibility study on the Dikili-Bergama development project in the Republic of Turkey. Progress report II. MTA Ege Bölgesi Kütüphanesi.

Karamanderesi, İ. H. (2000, 15 Eylül). Kişisel görüşme.

Kavourdis, T., Kuris, D., Leonis, C., Liberopoulou, V., Leontiadis, J., Panichi, C., Ruffa, La, G., & Caprai, A. (1999). Isotope and chemical studies for a geothermal assessment of island of Nisyros (Greece). Geothermics, 28, 219-240.

Kharaka, Y. K., Lico, M.S., & Law, L. M. (1982). Chemical geothermometers and their application to formation waters, Gulf of Mexico and California basins. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 66 , 588

Kharaka, Y., K. & Mariner, R., H. (1989). Chemical geothermometers and their application to formation waters from sedimentary basins. In: Naeser, N. D. & McCulloch, T. H. (eds.), Thermal history of sedimentary basins: methods and case histories. Springer-Verlag, New-York,

Koenig, J. B. (1983). Geothermal energy. P. Kruger & C.Otte (Eds.), Worldwide status of geothermal resources development.

Kocabaş, İ., & Horne, R., N. (1987). Analysis of injection-backflow tracer tests in fractured geothermal reservoirs. 13th. Workshop on Geothermal Engineering. Proc.

Kocabaş, İ., & Bilgin, A. (1992). Reinjection problems in geothermal reservoirs. Ankara: Türkiye 9.Petrol Kongresi.

Koga, A. (1994). Hydrothermal geochemistry. Textbook for the fifth international group training course on geothermal energy (advanced).Kyushu:Kyushu University

Konuk, N. (1977). Bornova flişinin yaşı hakkında. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, 1-1, 65-74

Kun, N. (1983). Çine dolayının petrolojisi ve Menderes Masifi'nin güney kesimine ait petrolojik bulgular. DEÜ Applied Science Institute, Thesis of PhD. p.124 (yayımlanmamış).

Kun, N., & Candan, O. (1987a). Ödemiş Asması'ndeki leptitlerin dağılımı, konumları ve oluşum koşulları, Proje no.TBAG-688 p.133

Kun, N., & Candan, O. (1987b). Menderes Masifi'ndeki erken Paleozoyik yaşlı bazik damar kayaları. HÜ, Yer. Uyg. ve Araş. Mer. Bult., 14, p121-132, Ankara.

Lund, J. W., Liena, P., J., & Lunis, B., C. (Eds.). (1998). Geothermal direct use engineering and design guidebook. energy. Idaho:Geo-Heat Center. Oregon Institute of Technology .

Mahon, W.A.J. (1966). Silica in hot water discharged from drillholes at Wairekei, New Zealand. N.Z.J.Sci., 10, 206-221.

Mertoğlu, O., Mertoğlu, M., & Başarı, N. (1994). Türkiye'deki jeotermal merkezi ısıtma uygulamaları. Kızıldere jeotermal sahasından Denizli il merkezinin ısıtılabilirliği paneli. Pamukkale Üniversitesi.

Mizutani, Y. (1988). Stable isotope geochemistry. Text for the 19 th group training course on geothermal energy. Kyushu:Kyushu University.

MTA (1987). BTF-3 kuyusu kuyu bitirme raporu. MTA Ege Bölge Kütüphanesi

MTA (1995). Balçova BD-2 kuyusunun bitirme raporu. MTA Ege Bölge Kütüphanesi

MTA (1996). Türkiye jeotermal envanteri. Ankara.

MTA (1996 b). Narlıdere ND-1 kuyusu kuyu bitirme raporu. MTA Ege Bölge Kütüphanesi

MTA (1996 c).Balçova BD-3 kuyusu kuyu bitirme raporu. MTA Ege Bölge Kütüphanesi

MTA (1998) Balçova BD-4 kuyusu kuyu bitirme raporu. MTA Ege Bölge Kütüphanesi

MTA (1999). İzmir Balçova jeotermal sondaj kampı, BD-6, BD-7 sondaj bitirme raporu.
İzmir.

Muller, G. (1955). İzmir vilayetindeki termal kaynaklar. MTA Raporu. No: 2219. Ankara.

Murphy, H., & Niitsuma, H. (1999). Strategies for compensating for higher costs of geothermal electricity with environmental benefits. Geothermics, 28, 693-711

Naeser, N., D. & McCulloch, T., H.(Ed.) Chemical geothermometers and their application to formation waters from sedimentary basins. New-York: Springer-Verlag.

Nicholson, K. (1993). Geothermal fluids. New York:Springer-Verlag.

Nieva, D., & Nieva, R. (1987). Developments in geothermal energy in Mexico, Part 12. A cationic geothermometer for prospecting of geothermal resources. Heat Recovery Systems & CHP , 7, 243-258 .

Okandan, E. (1987). Çatlaklı jeotermal sistemlerde izleyici enjeksiyonu: Tübitak, mühendislik araştırma grubu. Proje no:688. Ankara.

ORME (2000) Sözlü görüşme. (İsmail Dokuz, Genel Müdür Yardımcısı, 11 Şubat 2000)

Oyman, T. (2000).Kalsik bor silikatları duraylılık alanlarının deneysel incelenmesi; Ege Bölgesi (Türkiye) hidrotermal mineralizasyon sistemlerine uygulanması. Doktora tezi. DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Öngür, T. (1972). İzmir-Urla jeotermal araştırma sahasına ilişkin jeolojik rapor. MTA Dergisi, 4835.

- Pan, H., Freeston, D. H., & O'sullivan M. J. (1991) Tracer test design for the Rotarua geothermal field. NZ. Proceedings 13 th. NZ Geothermal Workshop.
- Philipson, A. (1915). Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien: Petermanns Mitt. Erdk. 2. Berlin, J. 183, Julius Perthes, Gotha.
- Rivera, J. (1995). Injection technology. Rivera, J. (Ed.). Reservoir engineering aspects related to injection. Pre-congress courses. World Geothermal Congress, Florence 18-31 May. Pisa, Italy.
- Rose, P., Apperson K.D., & Faulder, D. D. (1997). Fluid volume and flow constraints for a hydrothermal system at Beowawe, Nevada. Society of Petroleum Engineering, 129-137.
- Rose, P., Goranson, C., Salls, D., & Kilbourn, P. (1999). Tracer testing at Steamboat Hills, Nevada, using fluorescein and 1,5 naphthalene disulfonate. Proc. 24 th. Workshop geothermal reservoir engineering. Stanford:Stanford University.
- Sarmiento, Z. F.(1986). Waste water reinjection at Tongonan geothermal field: results and implications. Geothermics, 15, 295-308.
- Serpen, U.& Kayan, İ. (2001). Balçova jeotermal sahasının hidrolojik bilançosu. Proc. 13th International petroleum congress and exhibition of Turkey. Ankara, 04-06 June.
- Serruya, S. (1962). Agamemnon ılıcaları. MTA Raporu no: 3206. Ankara.
- Sezgin, D. (2001, 3 Nisan). İzmir İzlenimleri, Agamemnon festivali. Radikal Gazetesi. p.15
- Stefansson, V. (1997). Geothermal reinjection experience. Geothermics, 26, 99-139
- Steingrimsson, B., Aunzo, Z., Bodvarsson, G. S., Truesdell, A., Cuellar, G., Escobar, C., & Quintanilla, A.(1994). Changes in thermodynamic conditions of the Ahuachapan reservoir due to production and injection. Geothermics, 20, 23-38.

Şahinci, A. (1991 a). Jeotermal sistemler ve jeokimyasal özellikleri. İzmir: Reform Matbaası

Şahinci, A. (1991 b). Doğal suların jeokimyası. İzmir :Reform Matbaası.

Şaroğlu, F., & Yılmaz, Y. (1987) Geological evolution and basin models during neotectonic episode in the Eastern Anatolia. Bull. Min. Res. Ezp., 107, 74-94

Şimşek, Ş. (1999). Jeotermal alanlarda reenjeksiyon uygulamaları. Enerji Dünyası, 26, p.12-21.

Şimşek, Ş., Doğdu, M. S., Akan, B. & Yıldırım, N. (2000). Chemical and isotopic survey of geothermal reservoirs in Western Anatolia, Turkey. Proc. World Geothermal Congress 2000, Japan, p:1765-1770.

Şimşek, Ş., (2001). An overview of geothermal developments in Turkey. Proc. ITIT Symposium on Geothermal in Asia, Feb.28 –March 1, Tokyo, Japan., p.17-23.

Tarcan, G., Filiz, Ş., & Gemici, U. (1999). Balçova ve Seferihisar (İzmir) jeotermal alanlarında karşılaştırmalı hidrojeokimyasal incelemeler ve jeotermometre uygulamaları. I. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, 8-14 Mart. İzmir, p. 347-357.

Tezcan, K. (1962) İzmir (Agamemnon) rezistivite etüdü. MTA rap no:3214. Ankara.

Tezcan, K (1966). İzmir Agamemnon jeofizik etüdülerinin jeotermik enerji bakımından değerlendirilmesi. MTA Ege Bölge Kütüphanesi no:98 /3072. İzmir.

Thomann, R., W. (1972). Sytem analysis and water quality manegement. New York: Enviromental Science Division.

Tonani, F. (1980). Some remarks on the application of geochemical techniques in geothermal exploration. Procc. Adv. Eur. Geot. Res., Second Symposium, Strasbourg, 428-443.

- Turc, L. (1954) Le bilan d'eau des sols. Relations entre les precipitations, l'evaporation et l'ecoulement. La Houille blanche, Societe Hydrotechnique de France. pp. 88-89
- Truesdell, A. H., & Fournier, R. O. (1975). Calculation of deep temperatures in geothermal systems from the chemistry of boiling spring waters of mixed origin. Proc. Second UN Symposium on Geothermal Resources, San Francisco, CA, pp 837-844.
- Truesdell, A.H. (1976). Summary of Section III. Geochemical Technics in exploration. Proc. 2 nd. UN Syposium on the development and use of geothermal resources, San Fransisco, 1975, 1, 837-844.
- Tomasson, J., & Arason, P. (2000). Evidence for thermal mining in low temperature geothermal areas in Iceland. Geothermics, 29, 723-735.
- Türkecan, A., Tuncay, E., & Sevin, D. (1998). Karaburun yarımadasının Neojen volkanizması. MTA Ege Bölgesi Kütüphanesi. Rapor no:10185. İzmir .
- Urbino, M.E.G., Zaide, M. C., Malate, R.C.M., & Bueza, E. L. (1986). Structural flowpats of reinjectin fluids based on tracer tests-Palipinon I, Philippines. Proc. 8 th. New Zealand Workshop. 53-58.
- Vengosh, A., Helvacı, C., & Karamanderesi, İ. H. (2001). Geochemical constraints for the origin of the thermal waters from western Turkey. Applied geochemistry. (in print)
- Wang, H., & Anderson, M., P. (1982). Introducing to groundwater modelling: Finite difference and finite element methods. San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- White, D. E.(1957).Magmatic, connate and metmorphic waters. Bull. Geol. Soc.Amer., 68, 1659-1682.
- White, D. E. (1970). Geochemistry applied to the discovery, evaulation and exploitations of heothermal energy Resources. Geothermics, Special Issue 2,1, 58-60.

- Wilson, J.F. (1968). Fluorometric procedures for dye tracing techniques of water resources investigation of the US Geological Survey. No. 3. Washington D.C. US Geological Survey.
- Yıldırım, N. (1999). Uygulamalı jeokimya. 2000'li yıllarda jeotermal enerji, yaz okulu ders notları, Dokuz Eylül Üniversitesi:İzmir
- Yılmaz, Y. (2000). Ege bölgesinin aktif tektoniği. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu. Bildiriler kitabı, p.3-14.
- Yılmaz, S., Şimşek, Ş. & Gümüş, H. (1977). İzmir-Agamenon sahasının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA Rapor No: 6133. Ankara.
- Yılmaz, S. (1988). Balçova kaplıcalarının (İzmir) hidrojeoloji ve jeokimyasal özellikleri. (Doktora tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. (yayınlanmamış).
- Yurtsever, Y. (1979). Environmental isotopes as a tool in hydrogeological investigations of southern karst regions of Turkey. International seminar on karst hydrogeology October 9-19, 1979. Oymapınar, Antalya, Turkey



EKLER

EK-1

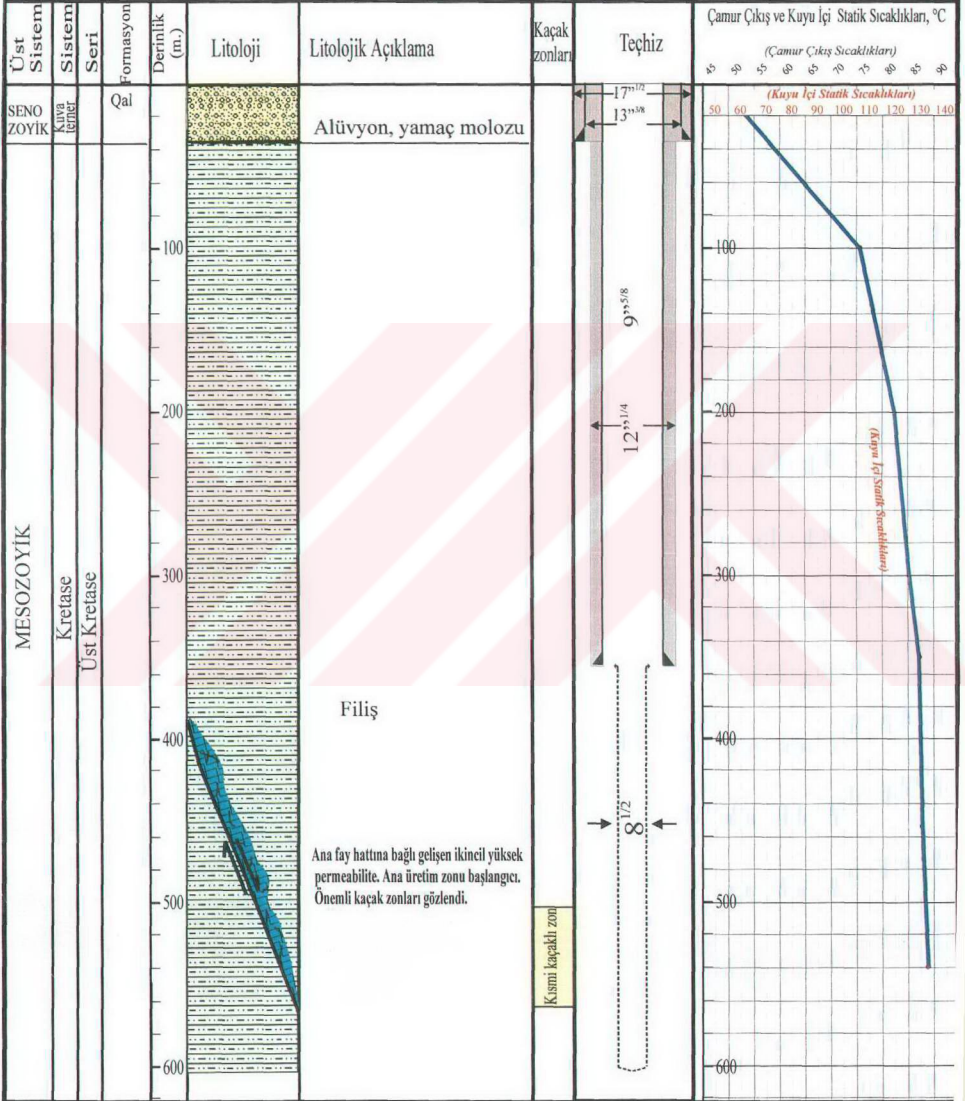
KUYU SONDAJ LOGLARI

**(Tezcan, 1966; MTA, 1987; MTA, 1995;
MTA, 1996 b; MTA, 1996 c; MTA, 1998;, MTA, 1999'dan derlenmiştir)**

BD-2 JEOTERMAL ENERJİ KUYUSU LOG VE TEÇHİZ PLANI

Koordinatlar:
x:03479.12
y: 49219.59
z: 36.33

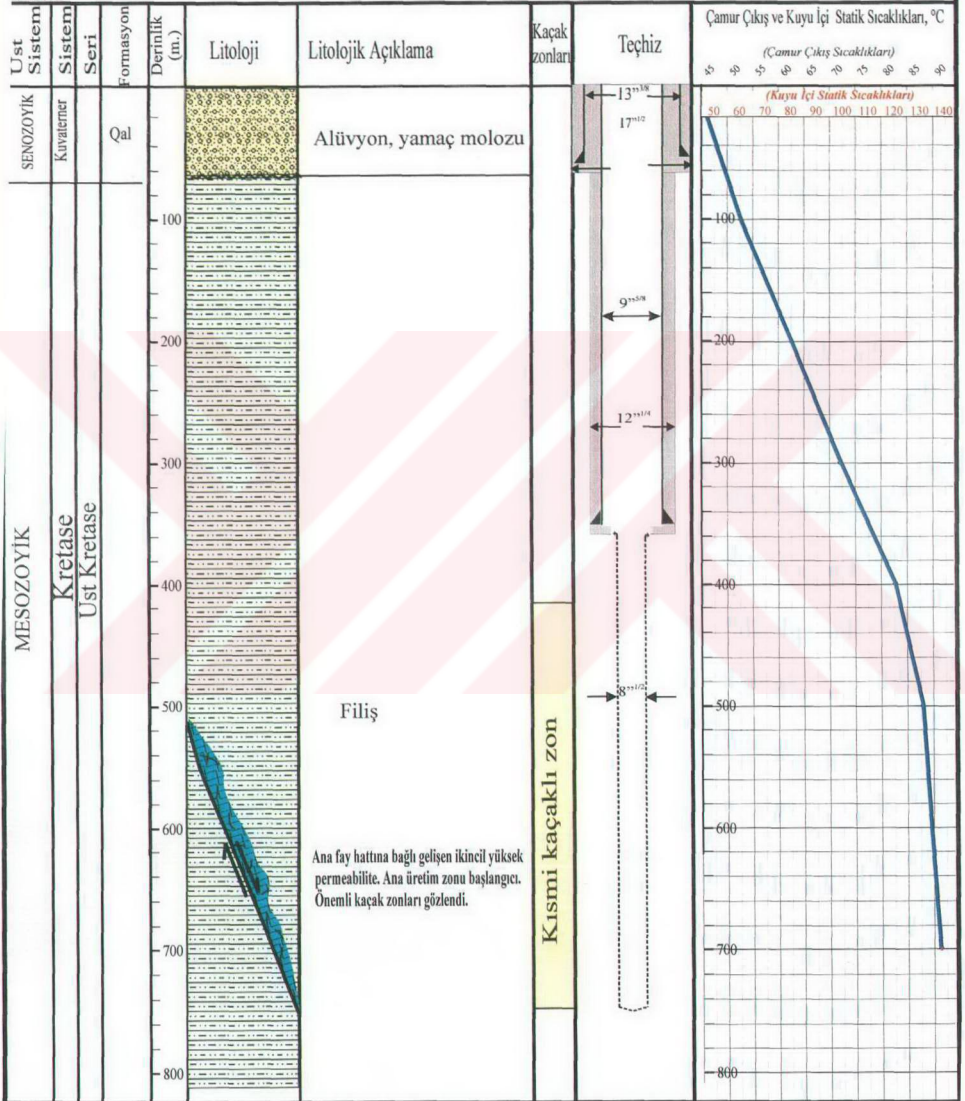
(Ekim, 1995)



BD-3 JEOTERMAL ENERJİ KUYUSU LOG VE TEÇHİZ PLANI

Coordinatlar:
 c: 03706.20
 r: 49187.48
 f: 43.72

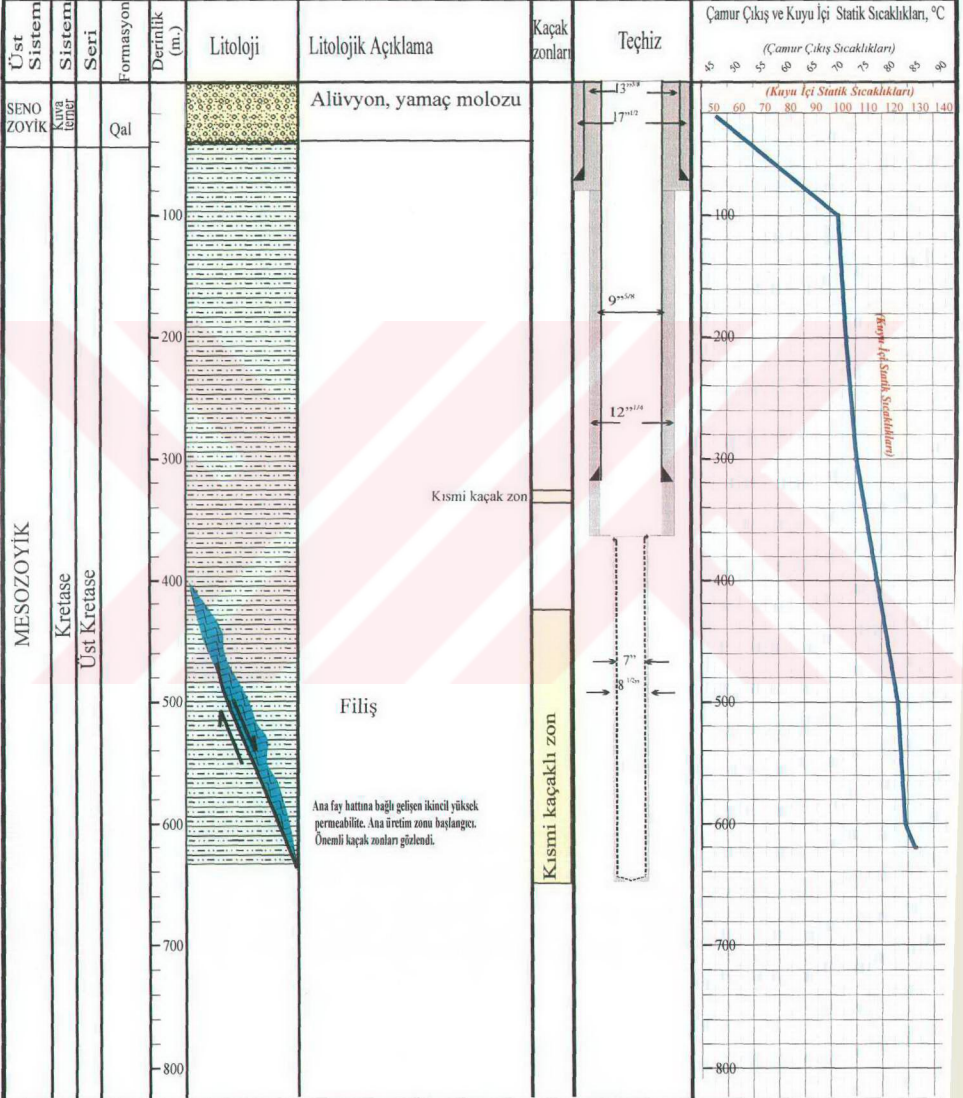
(Ocak, 1996)



BD-4 JEOTERMAL ENERJİ KUYUSU LOG VE TEÇHİZ PLANI

Koordinatlar:
 x: 03065.40
 y: 49240.
 z: 33.30

(Ekim, 1998)



Koordinatlar:

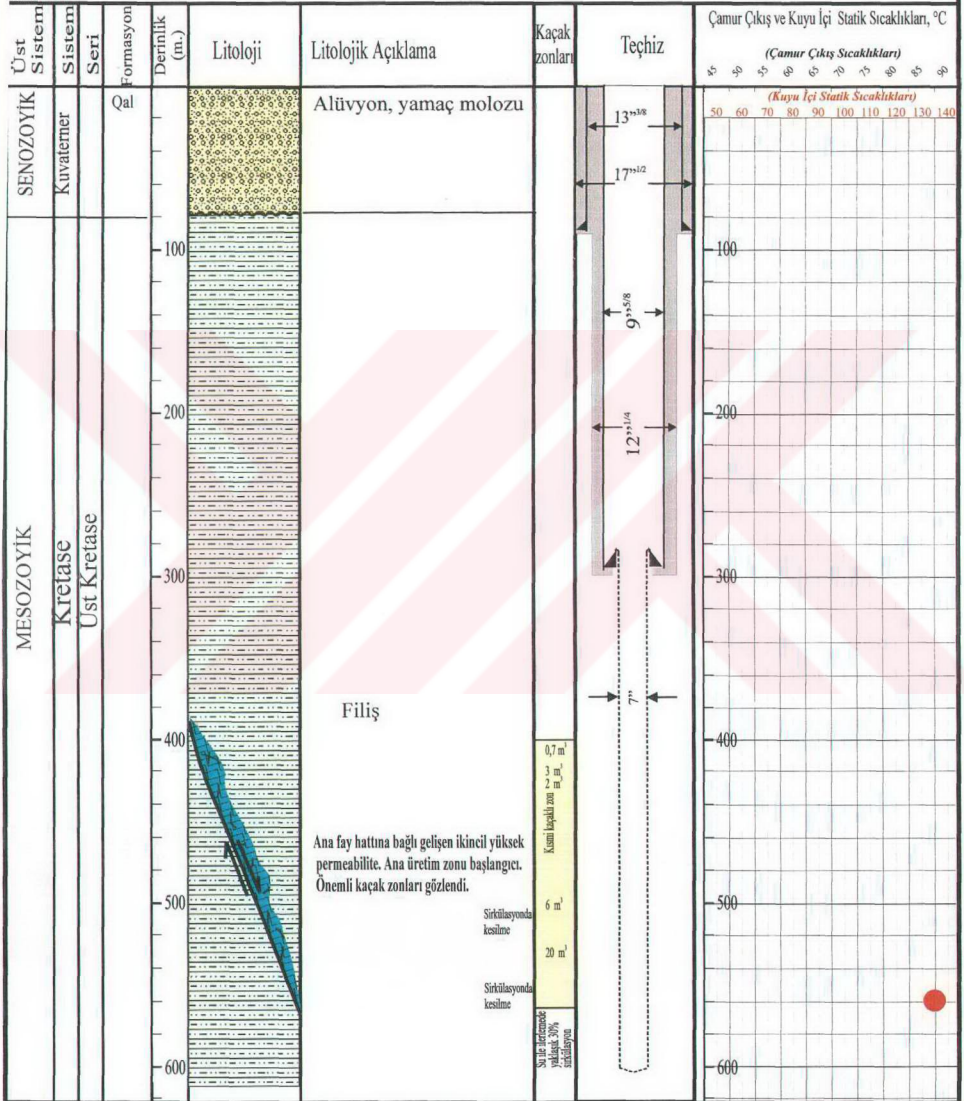
x: 03265.05

y: 49252.60

z: 34.24

BD-6 JEOTERMAL ENERJİ KUYUSU LOG VE TEÇHİZ PLANI

(Haziran, 1999)

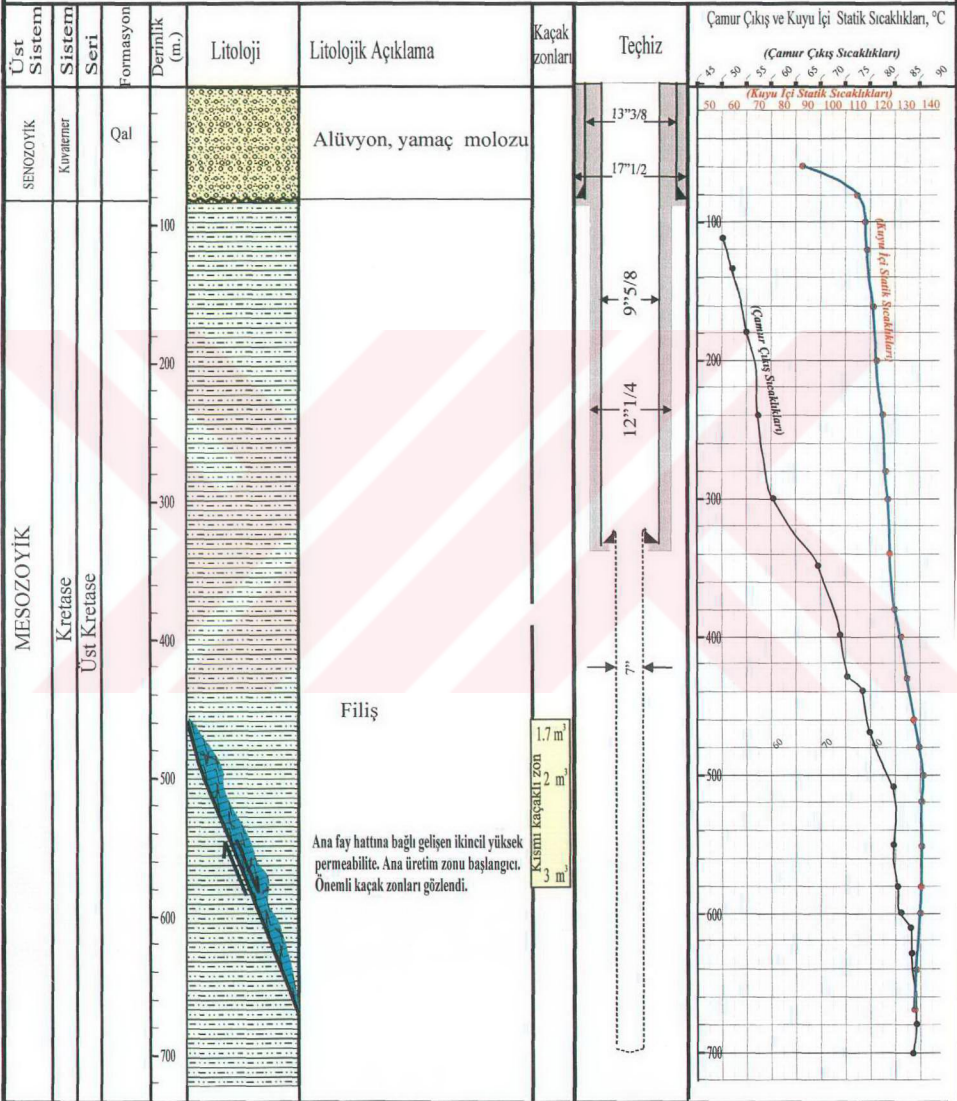


BD-7 JEOTERMAL ENERJİ KUYUSU LOG VE TEÇHİZ PLANI

Koordinatlar:

x: 02909.01
y: 49221.50
z: 32.46

(Ağustos, 1999)

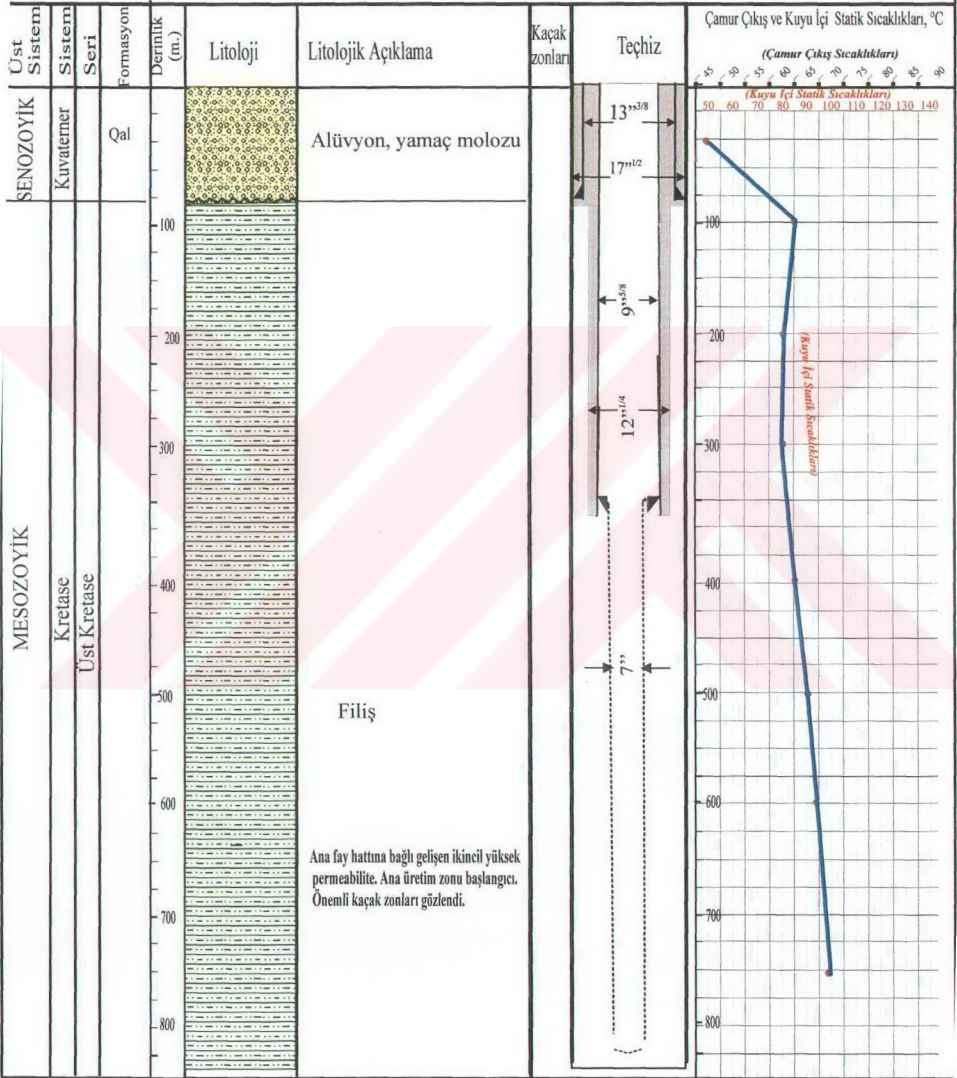


ND-1 JEOTERMAL ENERJİ KUYUSU LOG VE TEÇHİZ PLANI

Koordinatlar:

x: 02909.01
y: 49221.50
z: 32.46

(Şubat, 1996)



BTF-3, B-9, B-4 JEOTERMAL ENERJİ KUYUSU LOGLARI VE TEÇHİZ PLANI

Koordinatlar: BTF-3
 x: 02773.11
 y: 49231.25
 z: 29.67

Koordinatlar: B-9
 x: 02827.96
 y: 49968.32
 z: 43.69

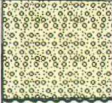
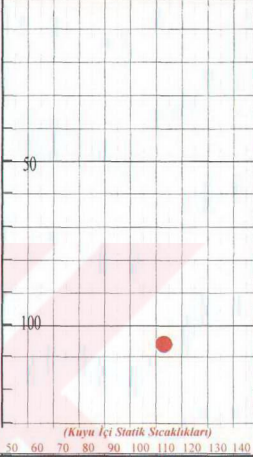

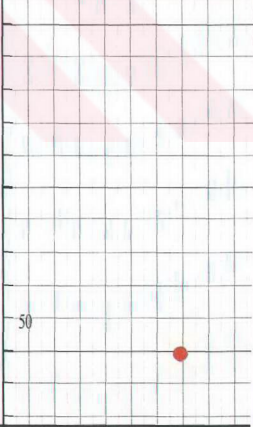
Koordinatlar: B-4
 x: 02941.74
 y: 48979.81
 z: 35.36

Kuyu No	Üst Sistem	Sistem	Seri	Derinlik m.	Litoloji	Litolojik Açıklama	Kaçak zonları	Teçhiz	Kuyu İçi Statik Sıcaklıklar, °C													
									(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)													
BTF-3	SENOZOYİK	Kuvaterner		0	Alüvyon, yamaç molozu	Alüvyon, yamaç molozu		8 5/8"	Kapalı	(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)												
	50 60 70 80 90 100 110 120 130 140																					
	MEZOZOYİK	Kretase		50	Filiş	Filiş		Filtre	Filtre	(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)												
50 60 70 80 90 100 110 120 130 140																						
B-9	SENOZOYİK	Kuvaterner		0	Alüvyon, yamaç molozu	Alüvyon, yamaç molozu		8 5/8"	Kapalı	(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)												
	50 60 70 80 90 100 110 120 130 140																					
	MEZOZOYİK	Kretase		50	Filiş	Filiş	Tam Kaçak	Filtre	Filtre	(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)												
50 60 70 80 90 100 110 120 130 140																						
B-4	SENOZOYİK	Kuvaterner		0	Alüvyon, yamaç molozu	Alüvyon, yamaç molozu		8 5/8"	Filtre	(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)												
	50 60 70 80 90 100 110 120 130 140																					
	MEZOZOYİK	Kretase		50	Filiş	Filiş	Kısmi Kaçak	Kapalı	Kapalı	(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)												
50 60 70 80 90 100 110 120 130 140																						

B-10, B-11 JEOTERMAL ENERJİ KUYUSU LOG VE TEÇHİZ PLANI

Koordinatlar: B-10
 x: 02800.49
 y: 49049.60
 z: 33.42

Koordinatlar: B-11
 x: 02866.93
 y: 49123.94
 z: 33.60

Kuyu No	Üst Sistem	Sistem	Seri	Derinlik m.	Litoloji	Litolojik Açıklama	Kaçak zonları	Teçhiz	Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları, °C	
B-10	SENZOYİK	Kuvaterner		50		Alüvyon, yamaç molozu		13 3/8"	Kapalı	<div style="text-align: right; font-size: small;">Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları, °C</div> <div style="text-align: center; font-size: x-small;">(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)</div> 
	MEZOZYİK				Kretase	100				
B-11	SENZOYİK	Kuvaterner		50		Alüvyon, yamaç molozu		13 3/8"	Kapalı	<div style="text-align: right; font-size: small;">Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları, °C</div> <div style="text-align: center; font-size: x-small;">(Kuyu İçi Statik Sıcaklıkları)</div> 
	MEZOZYİK				Kretase	100				

EK-2

**KONDANSE OLMAYAN GAZ
MİKTARI**

Ek 2. Kondanse Olmayan Gaz Miktarları

No	Yeri	WHT °C	WHP Bar.g	T _{sep} °C	P _{sep} Bar.g	h ^d kJ/kg	h ^w kJ/kg	L ₁ kJ/kg	X %	P _{at} mbar	V _{o-gaz} litre	V _{su} litre	T _s °C	P _b mbar	M _{gaz/buhar} %	M _{gaz/su} ppm
1	B-4	89,7	2	80	0,15	375	335	2309	1,7	1042	3,9	3,4	20	20	0,21	36
2	B-10	89	2	80	0,13	373	335	2309	1,6	1046	1,4	5,9	33	50	0,04	7
3	B-11	98,5	2	90	0,13	413	377	2283	1,6	1046	3,4	3,9	24	30	0,16	25
4	BTF-3	102,8	1	95	0,08	431	398	2270	1,6	1044	7,0	0,3	19	20	4,11	648
5	BD-3	129	5	103	0,15	538	432	2249	4,7	1042	6,65	0,65	33	50	1,34	631
6	BD-4	140	5	110	0,19	589	461	2230	5,7	1045	6,45	0,85	24	30	1,34	769
7	BD-6	135	5	101	0,14	567	423	2254	6,4	1042	6,35	0,95	18	20	1,21	776
8	BD-7	120	5	100	0,08	503	419	2257	3,7	1045	6,4	0,9	25	30	1,25	466

WHT

Kuyubaşı sıcaklığı

WHP

Kuyubaşı basıncı

T_{sep}

Ayrışma sıcaklığı

P_{sep}

Ayrışma basıncı

h^d

Kuyudan gelen suyun entalpisi, kJ/kg (buhar tablolarından)

h^w

Ayrışma koşullarındaki suyun entalpisi, kJ/kg (buhar tablolarından)

L₁

Ayrışma koşullarındaki gizli buharlaşma entalpisi, kJ/kg (buhar tablolarından)

X

Kuruluk oranı

P_{at}

Hava basıncı

V_{o-gaz}

Örnek alıcı hücrede biriken gaz hacmi

V_{su}

Örnek alıcı hücrede biriken su hacmi

T_s

Örnek alıcı hücre sıcaklığı

P_b

Örnek alma koşullarındaki buhar kısmi basıncı (buhar tablolarından)

M_{gaz/buhar}

Gazın ağırlıkça buhara oranı

M_{gaz/su}

Gazın rezervuar koşullarındaki miktarı

Örnek alma kabının hacmi (7,3 litre)



EK-3

İZLEYİCİ TESTLERİ

Ek 3A. BD-2 (I), B9(I) ve B-9 (II) İzleyici Testleri
 (t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
0			BD-2(I) İzleyici Testi							
1			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
22			0.14	0.02	0.00					
24			0.05	0.05	0.00					
26			0.13	0.00	0.05					
30			0.30	0.03	0.12					
38			0.26	0.01	0.01					
46			0.00	0.01	0.01					
48			0.01	0.03	0.01					
50			0.01	0.00	0.02					
52			0.08	0.00	0.01					
54			0.01	0.01	0.00					
72			0.02	0.00	0.20					
74			0.00	0.00	0.10					
76			0.00	0.00	0.02					
78			0.00	0.00	0.01					
80			0.00	0.00	0.12					
82			0.00	0.00	0.02					
96			0.00	0.04	0.01					
98			0.00							
100			0.00	0.07	0.02					
102			0.00	0.12	0.00					
106			0.00	0.02	0.00					
111				0.06	0.21		0.00	0.00		0.00
120			0.00	0.00	0.01					
122			0.00	0.06	0.79					
124			0.00	0.15	0.12					
126			0.00	0.00	0.31					
130			0.00	0.00	0.00					
137					0.11					
138			0.00		1.59					
142			0.01	0.00	0.01					
144			0.00	0.00	0.01					
146			0.00	0.00	0.02					
148			0.00	0.00	0.03					
150			0.00	0.00	0.03					
154			0.00	0.06	0.01					
159			0.00	0.00	0.00					
166			0.01	0.00	0.02					
168			0.00	0.00	0.00					
170			0.00	0.01	0.00					
172			0.00	0.00	0.03					
174			0.00	0.00	0.00					
190			0.00	0.00	0.00					
192			0.00	0.00	0.02					
194			0.03	0.00	0.01					
196			0.00	0.00	0.00					
214			0.00	0.00	0.25					
216			0.00	0.00	0.02					
218			0.00	0.00	0.03					
220			0.00	0.00	0.03					
222			0.00	0.00	0.04					

Ek 3A. (devam)**(t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)**

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
664		0.64								
668			0.00	0.00						
670		0.60								
674		0.63								
678		0.62								
682		0.51								
686		0.50	0.00	0.05						0.08
697		0.49								
701		0.48								
710		0.50								0.05
717		0.52								
729		0.44	0.02							
730	B9-(I) İzleyici Testi									
731				0.00			0.00	0.00	0.00	0.05
734		0.42								
747			0.03							
754										0.05
760			0.30	0.11			0.03	0.00	0.00	0.04
770							0.00	0.00	0.00	0.00
774							0.02	0.00	0.00	0.00
778							0.02	0.00	0.00	0.00
780			0.00	0.04			0.03	0.15	0.00	0.00
786		0.98					0.20	0.00	0.00	
790							0.00	0.00	0.00	
794							0.00	0.00	0.00	
798							0.00	0.00	0.00	
804		0.39								
808		0.39								
811			0.00							
814							0.01	0.00	0.00	0.02
818							0.01	0.00	0.00	0.03
822							0.01	0.00	0.00	0.02
823		0.37								
827		0.36					0.09	0.00	0.00	0.00
835		0.35					0.06	0.00	0.00	0.00
836			0.00							
838							0.09	0.00	0.00	0.03
842							0.04	0.00	0.00	0.01
846							0.09	0.00	0.00	0.03
850		0.39								
852							0.09	0.00	0.00	0.00
856		0.32								
862								0.00	0.00	0.00
866							0.04	0.00	0.00	0.00
870							0.04	0.00	0.00	0.00
873		0.32								
874							0.04	0.15	0.00	0.00
880			0.00	0.00			0.08	0.04	0.00	0.00
881		0.34								
886							0.00	0.07	0.00	0.00
889							0.07	0.00	0.00	0.00
894							0.03	0.04	0.00	0.00

Ek 3A. (devam)**(t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)**

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
899		0.34								
902			0.00							
905							0.00	0.00	0.00	0.13
910								0.00	0.00	0.00
914							0.00	0.00	0.00	0.00
918							0.00	0.00	0.00	0.00
921		0.28								
924			0.00							
934		0.28					0.00	0.00	0.00	0.00
938							0.00	0.00	0.00	0.00
942							0.03	0.00	0.00	0.00
946							0.02	0.00	0.00	0.00
951		0.28					0.00	0.00	0.00	0.00
956		0.28								
962		0.26								
966		0.26								
971		0.24								
982							0.00	0.00	0.00	0.00
986		0.36					0.03	0.00	0.00	0.00
990							0.03	0.00	0.00	0.00
1006		0.24					0.00	0.15	0.00	0.00
1009		0.38								
1014		0.23								
1018		0.22					0.00	0.00	0.00	0.00
1022							0.00	0.00	0.00	0.00
1026							0.00	0.00	0.00	0.00
1030		0.19					0.00	0.00	0.00	0.00
1034		0.22					0.00	0.00	0.00	0.00
1038							0.00	0.00	0.00	0.12
1047		0.20								
1048			0.20							
1054		0.20	0.20				0.01	0.00	0.00	0.00
1058		0.23	0.00				0.00	0.00	0.00	0.00
1062		0.22					0.00	0.00	0.00	0.00
1066		0.18					0.00	0.00	0.00	0.00
1078							0.00	0.00	0.00	0.00
1082							0.00	0.00	0.00	0.07
1086							0.00	0.00	0.00	0.00
1102							0.00	0.00	0.00	0.00
1106							0.00	0.00	0.00	0.00
1110							0.00	0.00	0.00	0.00
1118		0.19								
1122			0.00							
1123		0.29								
1126							0.00	0.00	0.00	0.02
1130							0.00	0.00	0.00	0.00
1134							0.00	0.00	0.00	0.00
1142		0.19								
1150							0.00	0.00	0.00	0.00
1153							0.00	0.00	0.00	0.02
1158							0.00	0.00	0.00	0.00
1162		0.19	0.01							

Ek 3A. (devam)**(t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)**

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
1173							0.00	0.00	0.00	0.00
1178							0.00	0.00	0.00	0.00
1182							0.00	0.00	0.00	0.00
1186		0.16								
1191		0.15								
1202							0.00	0.00	0.00	0.00
1206							0.00	0.00	0.00	0.00
1222							0.00	0.00	0.00	0.00
1226							0.00	0.00	0.00	0.00
1230							0.00	0.00	0.00	0.00
1246							0.00	0.00	0.00	0.00
1250							0.00	0.00	0.00	0.00
1254							0.00	0.00	0.00	0.00
1261		0.22	0.03							
1270							0.00	0.00	0.00	0.00
1274							0.00	0.00	0.00	0.00
1278							0.00	0.00	0.00	0.00
1285		0.12								
1294							0.00	0.00	0.00	0.00
1297							0.00	0.00	0.00	0.00
1302							0.00	0.00	0.00	0.00
1318		0.15					0.00	0.00	0.00	0.02
1322		0.16					0.00	0.00	0.00	0.03
1326							0.00	0.10	0.00	0.05
1339								0.00		0.00
1342		0.17					0.00	0.00	0.00	0.00
1346							0.00	0.00	0.00	0.00
1350		0.12					0.00	0.00	0.00	0.00
1366							0.02	0.00	0.00	0.00
1370							0.13	0.00	0.00	0.00
1374							0.12	0.00	0.00	0.00
1381							0.00	0.00	0.00	0.00
1390		0.12					0.00	0.00	0.00	0.00
1394							0.00	0.00	0.00	0.00
1398		0.07					0.00	0.00	0.00	0.00
1414		0.13					0.00	0.00	0.00	0.00
1418		0.12					0.00	0.00	0.00	0.00
1422		0.12					0.00	0.00	0.00	0.00
1438		0.18					0.00	0.00	0.00	0.00
1442		0.17					0.00	0.00	0.00	0.00
1446		0.17					0.00	0.00	0.00	0.00
1462							0.01		0.00	0.05
1466							0.00		0.00	0.03
1470									0.00	0.02
1486							0.00		0.00	0.00
1490							0.00		0.00	0.00
1494							0.00		0.36	0.00
1510							0.00		0.00	0.00
1514							0.00		0.00	0.01
1518							0.00		0.00	0.00
1534		0.80					0.00		0.00	0.00
1538							0.08		0.02	0.02

Ek 3A. (devam)**(t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)**

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
1542		0.84					0.00		0.01	0.00
1558		0.14					0.00		0.00	0.00
1562		0.18					0.00		0.01	0.00
1566		0.18					0.00		0.00	0.00
1582							0.11		0.00	
1606		0.14					0.00		0.00	0.00
1610		0.18					0.00		0.00	0.00
1614		0.18					0.00		0.00	0.00
1630		0.23					0.04		0.00	0.00
1634							0.04		0.00	0.00
1638		0.20					0.18		0.00	0.00
1649		0.23								
1654							0.06		0.00	0.00
1658							0.06		0.00	0.00
1662							0.04		0.00	0.00
1673		0.20								
1678							0.10	0.00	0.00	
1682							0.17	0.00	0.00	
1686							0.27	0.00	0.00	
1689		0.15				0.00				
1702							0.20	0.00	0.00	0.01
1706							0.52	0.00	0.00	0.00
1710							0.34	0.00	0.00	0.00
1726							0.00	0.00	0.00	0.00
1730							0.00	0.00	0.00	0.00
1734							0.00	0.00	0.00	0.00
1750							0.00	0.00	0.00	0.00
1754							0.06	0.00	0.00	0.00
1758		0.12					0.00	0.00	0.00	0.00
1774							0.00	0.00	0.00	0.00
1778		0.07					0.00	0.00	0.00	0.00
1782							0.00	0.00	0.00	0.00
1870							0.05	0.00	0.00	
1874							0.15	0.00	0.00	
1879							0.25	0.00	0.00	
1726							0.00	0.00	0.00	0.00
1730							0.00	0.00	0.00	0.00
1734							0.00	0.00	0.00	0.00
1750							0.00	0.00	0.00	0.00
1754							0.06	0.00	0.00	0.00
1758		0.12					0.00	0.00	0.00	0.00
1774							0.00	0.00	0.00	0.00
1778		0.07					0.00	0.00	0.00	0.00
1782							0.00	0.00	0.00	0.00
1822		0.11					0.00	0.00	0.00	0.00
1830		0.10					0.00	0.00	0.00	0.00
1918							0.00	0.00	0.00	
1922							0.00	0.00	0.00	
1926							0.00	0.00	0.00	
1942							0.00	0.00	0.00	
1946							0.00	0.00	0.00	
1950							0.00	0.00	0.00	

Ek 3A. (devam)

(t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
1966							0.00	0.00	0.00	
1970							0.00	0.00	0.00	
1974		0.00					0.00	0.00	0.00	
2014		0.02					0.00	0.00	0.00	
2018							0.00	0.00	0.00	
2022		0.00					0.00	0.00	0.00	
2038		0.01					0.00	0.00	0.00	
2042								0.00	0.00	
2043		0.03								
2062								0.00	0.00	
2066								0.00	0.00	
2068		0.00								
2070								0.00	0.00	
2086								0.00	0.00	
2090		0.00						0.00	0.00	
2094								0.00	0.00	
2104		0.00	0.00							
2110				0.00				0.00	0.00	
2114				0.00				0.00	0.00	0.00
2117										
2118				0.00				0.00	0.00	
2134									0.00	
2138								0.00	0.00	
2142								0.00	0.00	
2158		0.03						0.00	0.00	
2162								0.00	0.00	
2166									0.00	
2182							0.00		0.00	0.00
2186							0.00		0.00	0.00
2190							0.00		0.00	0.00
2206							0.00		0.00	0.00
2210							0.00		0.00	0.00
2214							0.00		0.00	0.00
2230							0.01		0.00	0.00
2234							0.00		0.00	0.00
2238							0.00		0.00	
2254							0.00		0.00	0.00
2258							0.00		0.00	0.00
2262							0.00		0.00	
2278							0.00		0.00	0.00
2282							0.00		0.00	0.00
2286							0.00		0.00	0.00
2328							0.08		0.00	0.00
2334							0.01		0.00	0.00
2352							0.08		0.00	
2358							0.03		0.00	
2376							0.02		0.00	0.01
2382							0.00		0.03	0.02
2400							0.02		0.00	0.01
2406							0.00		0.03	0.02
2424							0.00		0.04	0.06
2430							0.00		0.05	0.04

Ek 3A. (devam)**(t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)**

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
2439							0.03		0.03	0.03
2448							0.06		0.00	0.00
2454							4.50		0.11	0.04
2461				0.05			0.03		0.00	0.00
2469							0.00		0.06	0.00
2473							0.08		0.00	0.00
2478							0.00		0.00	0.00
2494							0.01	0.00	0.08	0.00
2498							0.00	0.00	0.01	0.00
2502							0.01	0.00	0.00	0.00
2518							0.01	0.00	0.03	0.12
2522							0.02	0.00	0.02	0.12
2526							0.01	0.00	0.00	0.13
2542							0.01	0.00	0.00	
2546							0.00	0.00	0.00	
2550							0.00	0.00	0.00	
2566							0.00	0.00	0.00	
2570							0.01	0.07	0.00	
2574							0.00	0.00	0.00	
2590							0.00	0.00	0.00	
2594							0.00	0.00	0.00	
2597							0.03	0.00	0.00	
2604				0.00			0.00	0.00	0.00	
2614							0.00	0.00	0.00	
2618							0.04	0.00	0.00	
2622							0.00	0.00	0.00	
2640							0.03	0.00	0.00	
2646							0.00	0.00	0.00	
2664							0.00	0.00	0.00	
2670							0.00	0.00	0.04	
2685							0.03	0.00	0.00	
2690							0.03	0.03	0.00	
2694							0.00	0.00	0.00	
2709							0.00	0.00	0.00	
2714							0.04	0.00	0.00	
2718							0.00	0.00	3.47	
2724								0.00	0.00	
2729							0.01			
2733										
2734							0.10	0.00	0.00	
2738							0.00	0.00	0.00	
2742							0.04	0.00	0.00	
2758							0.00	0.00	0.00	
2762							0.04	0.00	0.00	
2766							0.04	0.00	0.00	
2782							0.00	0.00	0.00	
2786							0.03	0.00	0.00	
2790							0.00	0.00	0.00	
2805							0.00	0.00	0.00	
2810							0.00	0.00	0.00	
2814							0.00	0.00	0.00	
2829							0.00	0.00	0.00	

Ek 3A. (devam)**(t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)**

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
2834							0.00	0.00	0.00	
2838							0.00	0.00	0.00	
2854							0.00		0.00	
2858							0.00		0.00	
2861							0.00		0.00	
2878							0.00		0.00	
2882							0.03		0.00	
2885							0.03		0.00	
3126							0.00		0.00	
3146							0.00		0.00	
3310							0.03	0.02	0.03	0.06
3382							0.00	0.00	0.00	0.00
3390							0.00	0.00	0.00	0.00
3391										
3392										
3393										
3394										
3395										
3396	B9(II) İzleyici Testi									
3397							0.00	0.00	0.00	0.00
3404							0.00	0.00	0.00	0.00
3414							0.57	0.00	0.00	0.00
3421							1.00	0.15	0.28	
3425								0.40		
3431								0.30		
3432									0.51	
3433							1.95			
3434							1.51	0.00	0.02	0.02
3437							1.55	0.00	0.02	0.02
3440							1.49	0.00	0.00	0.01
3443							1.59	0.00	0.06	0.01
3444							1.53	0.03	0.00	0.00
3448							1.46	0.15	0.30	0.10
3451							1.30			
3454							1.28	0.00	0.00	0.00
3457							1.30	0.03	0.01	0.02
3460							1.06	0.06	0.00	0.03
3463							1.07	0.03	0.00	0.01
3468							1.38	0.01	0.01	0.10
3470								0.00	0.01	0.07
3478							0.86	0.04	0.00	0.00
3481							0.79	0.01	0.00	0.02
3486							0.56	0.17	0.00	0.00
3492							0.64	0.01	0.03	0.01
3502							0.66	0.00	0.00	0.00
3506							0.47	0.00	0.00	0.00
3510							0.44	0.00	0.00	0.04
3526							0.27	0.01	0.01	0.02
3530							0.40		0.00	0.00
3534							0.42	0.00	0.00	0.00
3550							0.21	0.01	0.01	0.02
3554							0.22	0.01	0.00	0.00

Ek 3A. (devam)**(t, zaman, saat; konsantrasyonlar, ppb)**

t	ND-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	B-4	B-10	B-11	BTF-3
3558							0.28	0.04	0.00	0.00
3574							0.14	0.02	0.00	0.00
3578							0.21	0.02	0.00	0.00
3582							0.18	0.00	0.00	0.03
3598							0.14	0.02	0.00	0.01
3602							0.15	0.04	0.00	0.00
3606							0.14	0.02	0.00	0.00
3622							0.09	0.08	0.00	0.00
3626							0.09	0.00	0.00	0.00
3630							0.09	0.00	0.00	0.01
3646							0.10	0.11	0.00	0.00
3670							0.18	0.04	0.02	0.01
3678							0.19	0.04	0.00	0.00
3720							0.18	0.05	0.00	0.00
3745							0.08	0.00	0.00	0.01
3769							0.10	0.00	0.00	0.02
3793							0.11	0.01	0.00	0.00
3817							0.08	0.00	0.00	0.00
3841							0.04	0.00	0.00	0.00
3866							0.07	0.04	0.07	0.00
3889							0.05	0.02	0.01	0.00
3913							0.05	0.02	0.00	0.00

**Ek 3B. B9(II) İzleyici Testi Kontrol Noktasından Ölçülen Konsantrasyonlar
(t, zaman, saat; C, izleyici konsantrasyonu, ppb)**

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
0.00	0.01	3.60	0	7.20	0	10.80	0	14.40	0	18.00	0.21	21.60	0.29	25.20	0.4
0.07	0	3.67	0	7.27	0.05	10.87	0	14.47	0	18.07	0.04	21.67	0.28	25.27	0.45
0.13	0	3.73	0	7.33	0	10.93	0	14.53	0.14	18.13	0.22	21.73	0.33	25.33	0.37
0.20	0.01	3.80	0	7.40	0	11.00	0	14.60	0	18.20	0.13	21.80	0.29	25.40	0.44
0.27	0.03	3.87	0	7.47	0	11.07	0	14.67	0.13	18.27	0.14	21.87	0.32	25.47	0.43
0.33	0	3.93	0	7.53	0.02	11.13	0	14.73	0.14	18.33	0.15	21.93	0.38	25.53	0.42
0.40	0	4.00	0	7.60	0.03	11.20	0.02	14.80	0.04	18.40	0.17	22.00	0.31	25.60	0.46
0.47	0	4.07	0	7.67	0	11.27	0	14.87	0.08	18.47	0.32	22.07	0.26	25.67	0.46
0.53	0.01	4.13	0.02	7.73	0	11.33	0	14.93	0	18.53	0.08	22.13	0.31	25.73	0.49
0.60	0	4.20	0	7.80	0	11.40	0.01	15.00	0.01	18.60	0.1	22.20	0.33	25.80	0.44
0.67	0	4.27	0	7.87	0	11.47	0	15.07	0	18.67	0.06	22.27	0.36	25.87	0.41
0.73	0	4.33	0	7.93	0	11.53	0	15.13	0.09	18.73	0.16	22.33	0.34	25.93	0.48
0.80	0	4.40	0	8.00	0	11.60	0	15.20	0.15	18.80	0.22	22.40	0.33	26.00	0.48
0.87	0	4.47	0	8.07	0	11.67	0.07	15.27	0.2	18.87	0.19	22.47	0.3	26.07	0.4
0.93	0	4.53	0	8.13	0	11.73	0	15.33	0.06	18.93	0.14	22.53	0.34	26.13	0.41
1.00	0	4.60	0	8.20	0	11.80	0	15.40	0.03	19.00	0.18	22.60	0.35	26.20	0.5
1.07	0	4.67	0.03	8.27	0.03	11.87	0	15.47	0.11	19.07	0.09	22.67	0.32	26.27	0.42
1.13	0	4.73	0.01	8.33	0	11.93	0	15.53	0.12	19.13	0.27	22.73	0.35	26.33	0.45
1.20	0	4.80	0	8.40	0	12.00	0	15.60	0.07	19.20	0.28	22.80	0.34	26.40	0.49
1.27	0	4.87	0.04	8.47	0	12.07	0	15.67	0.07	19.27	0.11	22.87	0.37	26.47	0.48
1.33	0	4.93	0.07	8.53	0	12.13	0.07	15.73	0	19.33	0.23	22.93	0.35	26.53	0.48
1.40	0.03	5.00	0	8.60	0	12.20	0	15.80	0.07	19.40	0.25	23.00	0.41	26.60	0.48
1.47	0.02	5.07	0.08	8.67	0	12.27	0	15.87	0.05	19.47	0.24	23.07	0.32	26.67	0.51
1.53	0	5.13	0	8.73	0	12.33	0	15.93	0	19.53	0.24	23.13	0.43	26.73	0.54
1.60	0	5.20	0	8.80	0.07	12.40	0.04	16.00	0.15	19.60	0.29	23.20	0.32	26.80	0.53
1.67	0.03	5.27	0	8.87	0.01	12.47	0	16.07	0.05	19.67	0.21	23.27	0.35	26.87	0.51
1.73	0.03	5.33	0	8.93	0	12.53	0	16.13	0	19.73	0.27	23.33	0.42	26.93	0.48
1.80	0	5.40	0	9.00	0	12.60	0	16.20	0.05	19.80	0.29	23.40	0.41	27.00	0.5
1.87	0.02	5.47	0	9.07	0.01	12.67	0	16.27	0.1	19.87	0.22	23.47	0.38	27.07	0.5
1.93	0	5.53	0	9.13	0	12.73	0	16.33	0.24	19.93	0.14	23.53	0.44	27.13	0.48
2.00	0.02	5.60	0	9.20	0	12.80	0	16.40	0.08	20.00	0.14	23.60	0.4	27.20	0.49
2.07	0	5.67	0	9.27	0.01	12.87	0	16.47	0.08	20.07	0.3	23.67	0.38	27.27	0.54
2.13	0	5.73	0	9.33	0	12.93	0.03	16.53	0	20.13	0.19	23.73	0.4	27.33	0.51
2.20	0.01	5.80	0.01	9.40	0	13.00	0.04	16.60	0.05	20.20	0.19	23.80	0.38	27.40	0.44
2.27	0.01	5.87	0	9.47	0	13.07	0	16.67	0.21	20.27	0.24	23.87	0.4	27.47	0.53
2.33	0	5.93	0	9.53	0	13.13	0	16.73	0.04	20.33	0.25	23.93	0.4	27.53	0.53
2.40	0	6.00	0	9.60	0	13.20	0	16.80	0	20.40	0.22	24.00	0.4	27.60	0.5
2.47	0	6.07	0	9.67	0	13.27	0.04	16.87	0.12	20.47	0.21	24.07	0.38	27.67	0.52
2.53	0.03	6.13	0	9.73	0	13.33	0.04	16.93	0.1	20.53	0.22	24.13	0.45	27.73	0.49
2.60	0	6.20	0.01	9.80	0	13.40	0	17.00	0	20.60	0.34	24.20	0.39	27.80	0.58
2.67	0	6.27	0	9.87	0	13.47	0	17.07	0.09	20.67	0.3	24.27	0.4	27.87	0.53
2.73	0	6.33	0	9.93	0	13.53	0	17.13	0	20.73	0.26	24.33	0.4	27.93	0.52
2.80	0	6.40	0	10.00	0	13.60	0.08	17.20	0.09	20.80	0.28	24.40	0.31	28.00	0.5
2.87	0.05	6.47	0	10.07	0	13.67	0	17.27	0.17	20.87	0.4	24.47	0.42	28.07	0.47
2.93	0.04	6.53	0	10.13	0	13.73	0.04	17.33	0.09	20.93	0.31	24.53	0.39	28.13	0.5
3.00	0	6.60	0.03	10.20	0	13.80	0.02	17.40	0.19	21.00	0.13	24.60	0.4	28.20	0.46
3.07	0	6.67	0	10.27	0	13.87	0	17.47	0.25	21.07	0.31	24.67	0.44	28.27	0.45
3.13	0.01	6.73	0	10.33	0	13.93	0.06	17.53	0.12	21.13	0.39	24.73	0.4	28.33	0.48
3.20	0.03	6.80	0	10.40	0	14.00	0	17.60	0.12	21.20	0.29	24.80	0.42	28.40	0.5
3.27	0	6.87	0.01	10.47	0	14.07	0.01	17.67	0.1	21.27	0.26	24.87	0.43	28.47	0.53
3.33	0	6.93	0	10.53	0.03	14.13	0	17.73	0.12	21.33	0.31	24.93	0.4	28.53	0.53
3.40	0	7.00	0	10.60	0	14.20	0.05	17.80	0.1	21.40	0.27	25.00	0.38	28.60	0.5

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
28.80	0.54	32.87	0.53	36.53	0.7	40.20	0.54	43.87	0.6	47.53	0.53	51.20	0.45	55.83	0.38		
28.87	0.51	32.93	0.54	36.60	0.59	40.27	0.57	43.93	0.67	47.60	0.63	51.27	0.45	55.90	0.31		
28.93	0.56	33.00	0.59	36.67	0.53	40.33	0.62	44.00	0.57	47.67	0.64	51.33	0.41	55.97	0.41		
29.00	0.55	33.07	0.58	36.73	0.56	40.40	0.59	44.07	0.63	47.73	0.58	51.40	0.42	56.03	0.38		
29.07	0.53	33.13	0.55	36.80	0.75	40.47	0.6	44.13	0.61	47.80	0.59	51.47	0.43	56.10	0.34		
29.13	0.54	33.20	0.57	36.87	0.58	40.53	0.7	44.20	0.53	47.87	0.56	52.50	0.37	56.17	0.34		
29.20	0.53	33.27	0.55	36.93	0.62	40.60	0.57	44.27	0.61	47.93	0.64	52.57	0.4	56.23	0.42		
29.27	0.55	33.33	0.49	37.00	0.62	40.67	0.64	44.33	0.53	48.00	0.62	52.63	0.47	56.30	0.38		
29.33	0.55	33.40	0.57	37.07	0.59	40.73	0.62	44.40	0.62	48.07	0.54	52.70	0.4	56.37	0.37		
29.40	0.53	33.47	0.58	37.13	0.51	40.80	0.65	44.47	0.51	48.13	0.59	52.77	0.38	56.43	0.28		
29.47	0.52	33.53	0.49	37.20	0.56	40.87	0.66	44.53	0.59	48.20	0.58	52.83	0.42	56.50	0.37		
29.53	0.54	33.60	0.61	37.27	0.71	40.93	0.59	44.60	0.62	48.27	0.57	52.90	0.4	56.57	0.4		
29.60	0.53	33.67	0.56	37.33	0.58	41.00	0.62	44.67	0.63	48.33	0.58	52.97	0.5	56.63	0.38		
29.67	0.48	33.73	0.61	37.40	0.61	41.07	0.45	44.73	0.57	48.40	0.51	53.03	0.46	56.70	0.38		
29.73	0.56	33.80	0.61	37.47	0.62	41.13	0.61	44.80	0.64	48.47	0.59	53.10	0.49	56.77	0.35		
29.80	0.54	33.87	0.66	37.53	0.59	41.20	0.6	44.87	0.61	48.53	0.56	53.17	0.48	56.83	0.37		
29.87	0.53	33.93	0.56	37.60	0.54	41.27	0.56	44.93	0.59	48.60	0.59	53.23	0.41	56.90	0.36		
29.93	0.57	34.00	0.6	37.67	0.64	41.33	0.76	45.00	0.64	48.67	0.54	53.30	0.37	56.97	0.39		
30.00	0.54	34.07	0.56	37.73	0.64	41.40	0.54	45.07	0.61	48.73	0.51	53.37	0.46	57.03	0.44		
30.07	0.57	34.13	0.56	37.80	0.49	41.47	0.46	45.13	0.61	48.80	0.52	53.43	0.41	57.10	0.35		
30.13	0.46	34.20	0.63	37.87	0.59	41.53	0.48	45.20	0.62	48.87	0.57	53.50	0.42	57.17	0.36		
30.20	0.59	34.27	0.69	37.93	0.63	41.60	0.58	45.27	0.62	48.93	0.58	53.57	0.43	57.23	0.35		
30.27	0.59	34.33	0.58	38.00	0.55	41.67	0.64	45.33	0.61	49.00	0.56	53.63	0.35	57.30	0.32		
30.33	0.6	34.40	0.51	38.07	0.73	41.73	0.7	45.40	0.59	49.07	0.58	53.70	0.41	57.37	0.35		
30.40	0.55	34.47	0.58	38.13	0.68	41.80	0.45	45.47	0.63	49.13	0.61	53.77	0.37	57.43	0.28		
30.47	0.55	34.53	0.6	38.20	0.69	41.87	0.58	45.53	0.58	49.20	0.58	53.83	0.39	57.50	0.38		
30.53	0.54	34.60	0.55	38.27	0.59	41.93	0.6	45.60	0.67	49.27	0.55	53.90	0.35	57.57	0.37		
30.60	0.57	34.67	0.61	38.33	0.63	42.00	0.5	45.67	0.59	49.33	0.57	53.97	0.4	57.63	0.33		
30.67	0.52	34.73	0.5	38.40	0.46	42.07	0.58	45.73	0.58	49.40	0.59	54.03	0.43	57.70	0.36		
30.73	0.58	34.80	0.49	38.47	0.61	42.13	0.55	45.80	0.6	49.47	0.52	54.10	0.53	57.77	0.37		
30.80	0.51	34.87	0.61	38.53	0.7	42.20	0.59	45.87	0.61	49.53	0.49	54.17	0.43	57.83	0.41		
30.87	0.69	34.93	0.61	38.60	0.58	42.27	0.59	45.93	0.59	49.60	0.48	54.23	0.44	57.90	0.34		
30.93	0.57	35.00	0.61	38.67	0.61	42.33	0.57	46.00	0.61	49.67	0.48	54.30	0.36	57.97	0.35		
31.00	0.56	35.07	0.58	38.73	0.56	42.40	0.64	46.07	0.57	49.73	0.46	54.37	0.4	58.03	0.36		
31.07	0.56	35.13	0.49	38.80	0.58	42.47	0.57	46.13	0.61	49.80	0.48	54.43	0.38	58.10	0.33		
31.13	0.57	35.20	0.6	38.87	0.61	42.53	0.53	46.20	0.57	49.87	0.48	54.50	0.52	58.17	0.4		
31.20	0.58	35.27	0.56	38.93	0.73	42.60	0.61	46.27	0.63	49.93	0.43	54.57	0.37	58.23	0.34		
31.27	0.52	35.33	0.59	39.00	0.55	42.67	0.54	46.33	0.59	50.00	0.43	54.63	0.34	58.30	0.36		
31.33	0.57	35.40	0.51	39.07	0.58	42.73	0.57	46.40	0.61	50.07	0.57	54.70	0.44	58.37	0.3		
31.40	0.54	35.47	0.5	39.13	0.56	42.80	0.58	46.47	0.6	50.13	0.51	54.77	0.38	58.43	0.36		
31.47	0.52	35.53	0.51	39.20	0.64	42.87	0.6	46.53	0.63	50.20	0.46	54.83	0.38	58.50	0.32		
31.53	0.47	35.60	0.48	39.27	0.61	42.93	0.54	46.60	0.61	50.27	0.49	54.90	0.34	58.57	0.36		
32.00	0.6	35.67	0.57	39.33	0.6	43.00	0.52	46.67	0.59	50.33	0.47	54.97	0.32	58.63	0.43		
32.07	0.56	35.73	0.56	39.40	0.71	43.07	0.48	46.73	0.6	50.40	0.44	55.03	0.39	58.70	0.38		
32.13	0.58	35.80	0.59	39.47	0.59	43.13	0.49	46.80	0.61	50.47	0.47	55.10	0.39	58.77	0.43		
32.20	0.57	35.87	0.6	39.53	0.58	43.20	0.66	46.87	0.59	50.53	0.46	55.17	0.38	58.83	0.37		
32.27	0.57	35.93	0.51	39.60	0.58	43.27	0.59	46.93	0.58	50.60	0.45	55.23	0.34	58.90	0.39		
32.33	0.58	36.00	0.58	39.67	0.58	43.33	0.53	47.00	0.57	50.67	0.52	55.30	0.36	58.97	0.33		
32.40	0.56	36.07	0.65	39.73	0.62	43.40	0.54	47.07	0.67	50.73	0.49	55.37	0.4	59.03	0.29		
32.47	0.58	36.13	0.66	39.80	0.42	43.47	0.46	47.13	0.65	50.80	0.48	55.43	0.48	59.10	0.32		
32.53	0.56	36.20	0.52	39.87	0.56	43.53	0.56	47.20	0.62	50.87	0.52	55.50	0.4	59.17	0.36		
32.60	0.57	36.27	0.47	39.93	0.57	43.60	0.54	47.27	0.62	50.93	0.48	55.57	0.52	59.23	0.35		

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
59.50	0.33	63.17	0.32	66.83	0.34	70.50	0.23	73.70	0.21	77.37	0.2	81.03	0.2	84.70	0.1
59.57	0.35	63.23	0.32	66.90	0.21	70.57	0.26	73.77	0.24	77.43	0.21	81.10	0.17	84.77	0.17
59.63	0.33	63.30	0.3	66.97	0.3	70.63	0.24	73.83	0.22	77.50	0.16	81.17	0.18	84.83	0.11
59.70	0.34	63.37	0.24	67.03	0.35	70.70	0.26	73.90	0.26	77.57	0.2	81.23	0.2	84.90	0.16
59.77	0.36	63.43	0.31	67.10	0.26	70.77	0.28	73.97	0.28	77.63	0.2	81.30	0.17	84.97	0.15
59.83	0.32	63.50	0.34	67.17	0.31	70.83	0.25	74.03	0.24	77.70	0.21	81.37	0.24	85.03	0.17
59.90	0.31	63.57	0.27	67.23	0.24	70.90	0.22	74.10	0.23	77.77	0.21	81.43	0.2	85.10	0.12
59.97	0.36	63.63	0.3	67.30	0.27	70.97	0.3	74.17	0.24	77.83	0.21	81.50	0.21	85.17	0.17
60.03	0.3	63.70	0.27	67.37	0.31	71.03	0.23	74.23	0.21	77.90	0.18	81.57	0.13	85.23	0.18
60.10	0.32	63.77	0.34	67.43	0.21	71.10	0.25	74.30	0.21	77.97	0.15	81.63	0.2	85.30	0.13
60.17	0.33	63.83	0.32	67.50	0.29	71.17	0.24	74.37	0.1	78.03	0.2	81.70	0.19	85.37	0.16
60.23	0.31	63.90	0.27	67.57	0.31	71.23	0.24	74.43	0.22	78.10	0.27	81.77	0.16	85.43	0.16
60.30	0.36	63.97	0.25	67.63	0.29	71.30	0.24	74.50	0.26	78.17	0.21	81.83	0.15	85.50	0.15
60.37	0.34	64.03	0.35	67.70	0.31	71.37	0.24	74.57	0.19	78.23	0.18	81.90	0.17	85.57	0.18
60.43	0.37	64.10	0.33	67.77	0.24	71.43	0.23	74.63	0.24	78.30	0.21	81.97	0.17	85.63	0.17
60.50	0.33	64.17	0.23	67.83	0.24	71.50	0.25	74.70	0.23	78.37	0.15	82.03	0.18	85.70	0.17
60.57	0.31	64.23	0.18	67.90	0.24	71.57	0.25	74.77	0.19	78.43	0.18	82.10	0.15	85.77	0.1
60.63	0.26	64.30	0.24	67.97	0.31	71.63	0.23	74.83	0.24	78.50	0.15	82.17	0.17	85.83	0.12
60.70	0.36	64.37	0.3	68.03	0.29	71.70	0.27	74.90	0.23	78.57	0.13	82.23	0.21	85.90	0.16
60.77	0.34	64.43	0.33	68.10	0.25	71.77	0.27	74.97	0.24	78.63	0.24	82.30	0.18	85.97	0.16
60.83	0.34	64.50	0.27	68.17	0.27	71.83	0.25	75.03	0.23	78.70	0.2	82.37	0.15	86.03	0.15
60.90	0.33	64.57	0.35	68.23	0.27	71.90	0.24	75.10	0.17	78.77	0.2	82.43	0.16	86.10	0.17
60.97	0.34	64.63	0.31	68.30	0.32	71.97	0.18	75.17	0.1	78.83	0.21	82.50	0.2	86.17	0.15
61.03	0.35	64.70	0.27	68.37	0.26	72.03	0.23	75.23	0.2	78.90	0.19	82.57	0.18	86.23	0.2
61.10	0.33	64.77	0.27	68.43	0.24	72.10	0.33	75.30	0.2	78.97	0.21	82.63	0.23	86.30	0.12
61.17	0.32	64.83	0.28	68.50	0.25	72.17	0.32	75.37	0.24	79.03	0.22	82.70	0.16	86.37	0.15
61.23	0.31	64.90	0.31	68.57	0.27	72.23	0.24	75.43	0.21	79.10	0.21	82.77	0.22	86.43	0.15
61.30	0.34	64.97	0.32	68.63	0.27	72.30	0.27	75.50	0.23	79.17	0.18	82.83	0.18	86.50	0.15
61.37	0.39	65.03	0.34	68.70	0.24	72.37	0.28	75.57	0.25	79.23	0.18	82.90	0.17	86.57	0.1
61.43	0.27	65.10	0.25	68.77	0.22	72.43	0.33	75.63	0.27	79.30	0.2	82.97	0.12	86.63	0.2
61.50	0.35	65.17	0.28	68.83	0.17	72.50	0.25	75.70	0.21	79.37	0.2	83.03	0.16	86.70	0.13
61.57	0.32	65.23	0.3	68.90	0.28	72.57	0.24	75.77	0.21	79.43	0.2	83.10	0.15	86.77	0.2
61.63	0.31	65.30	0.32	68.97	0.24	72.63	0.15	75.83	0.2	79.50	0.19	83.17	0.2	86.83	0.05
61.70	0.32	65.37	0.29	69.03	0.26	72.70	0.25	75.90	0.21	79.57	0.22	83.23	0.18	86.90	0.19
61.77	0.34	65.43	0.21	69.10	0.24	72.77	0.26	75.97	0.24	79.63	0.19	83.30	0.15	86.97	0.17
61.83	0.31	65.50	0.32	69.17	0.24	72.83	0.24	76.03	0.21	79.70	0.18	83.37	0.17	87.03	0.18
61.90	0.29	65.57	0.34	69.23	0.26	72.90	0.25	76.10	0.21	79.77	0.21	83.43	0.16	87.10	0.19
61.97	0.31	65.63	0.34	69.30	0.24	72.97	0.31	76.17	0.23	79.83	0.21	83.50	0.16	87.17	0.27
62.03	0.21	65.70	0.27	69.37	0.29	73.03	0.17	76.23	0.18	79.90	0.19	83.57	0.2	87.23	0.13
62.10	0.31	65.77	0.31	69.43	0.24	73.10	0.21	76.30	0.2	79.97	0.19	83.63	0.15	87.30	0.12
62.17	0.31	65.83	0.31	69.50	0.2	73.17	0.23	76.37	0.22	80.03	0.2	83.70	0.18	87.37	0.26
62.23	0.34	65.90	0.29	69.57	0.21	73.23	0.24	76.43	0.22	80.10	0.18	83.77	0.16	87.43	0.17
62.30	0.23	65.97	0.26	69.63	0.29	73.30	0.22	76.50	0.2	80.17	0.19	83.83	0.15	87.50	0.2
62.37	0.34	66.03	0.28	69.70	0.26	73.37	0.23	76.57	0.18	80.23	0.19	83.90	0.16	87.57	0.13
62.43	0.33	66.10	0.31	69.77	0.22	73.43	0.24	76.63	0.18	80.30	0.2	83.97	0.19	87.63	0.17
62.50	0.34	66.17	0.29	69.83	0.2	73.50	0.24	76.70	0.21	80.37	0.15	84.03	0.18	87.70	0.11
62.57	0.35	66.23	0.26	69.90	0.25	73.57	0.25	76.77	0.22	80.43	0.2	84.10	0.17	87.77	0.19
62.63	0.32	66.30	0.38	69.97	0.2	73.63	0.21	76.83	0.19	80.50	0.17	84.17	0.16	87.83	0.22
62.70	0.31	66.37	0.27	70.03	0.19	73.70	0.23	76.90	0.17	80.57	0.2	84.23	0.17	87.90	0.13
62.77	0.33	66.43	0.22	70.10	0.29	73.77	0.19	76.97	0.22	80.63	0.19	84.30	0.23	87.97	0.19
62.83	0.32	66.50	0.3	70.17	0.24	73.83	0.28	77.03	0.24	80.70	0.2	84.37	0.2	88.03	0.16
62.90	0.32	66.57	0.29	70.23	0.24	73.90	0.25	77.10	0.2	80.77	0.1	84.43	0.22	88.10	0.19

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
88.37	0.11	92.03	0.15	96.29	0.12	99.96	0.09	103.63	0.1	107.29	0.17	110.96	0.13	114.63	0.14
88.43	0.2	92.10	0.15	96.36	0.13	100.03	0.06	103.69	0.16	107.36	0.14	111.03	0.06	114.69	0.09
88.50	0.2	92.17	0.09	96.43	0.1	100.09	0.1	103.76	0.15	107.43	0.11	111.09	0.06	114.76	0.06
88.57	0.18	92.23	0.08	96.49	0.13	100.16	0.05	103.83	0.12	107.49	0.15	111.16	0.04	114.83	0.02
88.63	0.24	92.30	0.14	96.56	0.13	100.23	0.12	103.89	0.17	107.56	0.16	111.23	0.15	114.89	0.06
88.70	0.03	92.37	0.12	96.63	0.12	100.29	0.18	103.96	0.14	107.63	0.12	111.29	0.06	114.96	0.1
88.77	0.16	92.43	0.12	96.69	0.12	100.36	0.12	104.03	0.14	107.69	0.21	111.36	0.15	115.03	0.08
88.83	0.2	92.50	0.11	96.76	0.09	100.43	0.14	104.09	0.18	107.76	0.13	111.43	0.12	115.09	0.07
88.90	0.15	92.57	0.13	96.83	0.11	100.49	0.13	104.16	0.15	107.83	0.17	111.49	0.1	115.16	0.02
88.97	0.17	92.63	0.15	96.89	0.1	100.56	0.24	104.23	0.14	107.89	0.13	111.56	0.11	115.23	0.07
89.03	0.15	92.70	0.13	96.96	0.13	100.63	0.2	104.29	0.14	107.96	0.12	111.63	0.11	115.29	0.08
89.10	0.09	92.77	0.13	97.03	0.09	100.69	0.1	104.36	0.15	108.03	0.01	111.69	0.04	115.36	0.06
89.17	0.22	92.83	0.12	97.09	0.12	100.76	0.18	104.43	0.14	108.09	0.16	111.76	0.02	115.43	0.07
89.23	0.11	92.90	0.18	97.16	0.11	100.83	0.18	104.49	0.18	108.16	0.26	111.83	0.08	115.49	0.08
89.30	0.19	92.97	0.09	97.23	0.11	100.89	0.1	104.56	0.19	108.23	0.15	111.89	0.15	115.56	0.09
89.37	0.17	93.03	0.12	97.29	0.12	100.96	0.19	104.63	0.14	108.29	0.23	111.96	0.08	115.63	0.07
89.43	0.13	93.10	0.1	97.36	0.1	101.03	0.18	104.69	0.13	108.36	0.24	112.03	0.16	115.69	0.16
89.50	0.07	93.17	0.12	97.43	0.03	101.09	0.21	104.76	0.17	108.43	0.09	112.09	0	115.76	0.1
89.57	0.12	93.23	0.13	97.49	0.03	101.16	0.12	104.83	0.14	108.49	0.15	112.16	0.18	115.83	0.07
89.63	0.13	93.30	0.11	97.56	0.1	101.23	0.14	104.89	0.14	108.56	0.19	112.23	0.17	115.89	0.09
89.70	0.19	93.37	0.06	97.63	0.04	101.29	0.15	104.96	0.15	108.63	0.05	112.29	0.03	115.96	0.1
89.77	0.18	93.43	0.11	97.69	0.1	101.36	0.21	105.03	0.13	108.69	0.09	112.36	0.09	116.03	0.07
89.83	0.12	93.50	0.15	97.76	0.12	101.43	0.2	105.09	0.23	108.76	0.15	112.43	0.07	116.09	0.07
89.90	0.09	93.57	0.12	97.83	0.12	101.49	0.13	105.16	0.13	108.83	0.08	112.49	0.09	116.16	0.07
89.97	0.18	93.63	0.07	97.89	0.13	101.56	0.12	105.23	0.24	108.89	0.09	112.56	0.21	116.23	0.07
90.03	0.18	93.70	0.11	97.96	0.14	101.63	0.14	105.29	0.14	108.96	0.11	112.63	0	116.29	0.04
90.10	0.19	93.77	0.2	98.03	0.15	101.69	0.19	105.36	0.21	109.03	0.06	112.69	0.12	116.36	0.07
90.17	0.25	93.83	0.14	98.09	0.11	101.76	0.09	105.43	0.2	109.09	0.04	112.76	0.11	116.43	0.09
90.23	0.21	93.90	0.03	98.16	0.12	101.83	0.15	105.49	0.13	109.16	0.15	112.83	0.08	116.49	0.07
90.30	0.11	93.97	0.15	98.23	0.13	101.89	0.12	105.56	0.19	109.23	0.07	112.89	0.07	116.56	0.06
90.37	0.18	94.03	0.12	98.29	0.1	101.96	0.15	105.63	0.1	109.29	0.09	112.96	0.08	116.63	0.09
90.43	0.15	94.10	0.18	98.36	0.12	102.03	0.17	105.69	0.1	109.36	0.09	113.03	0.08	116.69	0.08
90.50	0.14	94.17	0.15	98.43	0.09	102.09	0.15	105.76	0.08	109.43	0.21	113.09	0.16	116.76	0.08
90.57	0.1	94.23	0.15	98.49	0.13	102.16	0.18	105.83	0.06	109.49	0.2	113.16	0.13	116.83	0.04
90.63	0.11	94.30	0.12	98.56	0.12	102.23	0.27	105.89	0.15	109.56	0.01	113.23	0.04	116.89	0.07
90.70	0.1	94.37	0.21	98.63	0.06	102.29	0.21	105.96	0.05	109.63	0.07	113.29	0.12	116.96	0.08
90.77	0.16	94.43	0.18	98.69	0.15	102.36	0.15	106.03	0.07	109.69	0.15	113.36	0.02	117.03	0.02
90.83	0.17	94.50	0.12	98.76	0.13	102.43	0.18	106.09	0.1	109.76	0.14	113.43	0.11	117.09	0.09
90.90	0.04	94.57	0.11	98.83	0.18	102.49	0.17	106.16	0.09	109.83	0.11	113.49	0.03	117.16	0.1
90.97	0.12	94.63	0.18	98.89	0.14	102.56	0.21	106.23	0.15	109.89	0.05	113.56	0.07	117.23	0.12
91.03	0.2	94.70	0.1	98.96	0.11	102.63	0.17	106.29	0.12	109.96	0.02	113.63	0.15	117.29	0.03
91.10	0.15	94.77	0.12	99.03	0.05	102.69	0.18	106.36	0.15	110.03	0.06	113.69	0	117.36	0.04
91.17	0.15	94.83	0.03	99.09	0.12	102.76	0.12	106.43	0.14	110.09	0.11	113.76	0.07	117.43	0.07
91.23	0.14	94.90	0.12	99.16	0.11	102.83	0.18	106.49	0.13	110.16	0.14	113.83	0.05	117.49	0.11
91.30	0.13	94.97	0.09	99.23	0.09	102.89	0.18	106.56	0.15	110.23	0.13	113.89	0.04	117.56	0.04
91.37	0.11	95.03	0.1	99.29	0.13	102.96	0.13	106.63	0.13	110.29	0	113.96	0.04	117.63	0.07
91.43	0.21	95.10	0.12	99.36	0.03	103.03	0.17	106.69	0.08	110.36	0.1	114.03	0.07	117.69	0.06
91.50	0.19	95.17	0.07	99.43	0.11	103.09	0.12	106.76	0.15	110.43	0.13	114.09	0.18	117.76	0.06
91.57	0.13	95.23	0.12	99.49	0.14	103.16	0.15	106.83	0.14	110.49	0	114.16	0	117.83	0.11

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
118.29	0.03	121.96	0.11	125.63	0.05	129.53	0.07	133.19	0.05	136.86	0.04	140.53	0.02	144.19	0
118.36	0.04	122.03	0.07	125.69	0	129.59	0.06	133.26	0.01	136.93	0	140.59	0.04	144.26	0.01
118.43	0.09	122.09	0.09	125.76	0.05	129.66	0.04	133.33	0.04	136.99	0	140.66	0.03	144.33	0.03
118.49	0.09	122.16	0.07	125.83	0.07	129.73	0.09	133.39	0.06	137.06	0	140.73	0	144.39	0.02
118.56	0.07	122.23	0.06	125.89	0.06	129.79	0	133.46	0.02	137.13	0	140.79	0	144.46	0.03
118.63	0.09	122.29	0.07	125.96	0.03	129.86	0.04	133.53	0.17	137.19	0.06	140.86	0.07	144.53	0.04
118.69	0.1	122.36	0.04	126.03	0.05	129.93	0	133.59	0.06	137.26	0.04	140.93	0.03	144.59	0.03
118.76	0.06	122.43	0.13	126.09	0.03	129.99	0.16	133.66	0.09	137.33	0.04	140.99	0.03	144.66	0.05
118.83	0.08	122.49	0.11	126.16	0	130.06	0.02	133.73	0	137.39	0	141.06	0.01	144.73	0
118.89	0.09	122.56	0.11	126.23	0.06	130.13	0.2	133.79	0.07	137.46	0.15	141.13	0.03	144.79	0.03
118.96	0.06	122.63	0.08	126.29	0.03	130.19	0.12	133.86	0	137.53	0.05	141.19	0.08	144.86	0.03
119.03	0.07	122.69	0.12	126.36	0.01	130.26	0.04	133.93	0.04	137.59	0.05	141.26	0.07	144.93	0.01
119.09	0.06	122.76	0.12	126.43	0.06	130.33	0.04	133.99	0.11	137.66	0.05	141.33	0.03	144.99	0
119.16	0.03	122.83	0.09	126.49	0.03	130.39	0	134.06	0.04	137.73	0.09	141.39	0.03	145.06	0.05
119.23	0.07	122.89	0.07	126.56	0	130.46	0.06	134.13	0	137.79	0	141.46	0.04	145.13	0.04
119.29	0.08	122.96	0.07	126.63	0.06	130.53	0.04	134.19	0.07	137.86	0.07	141.53	0.1	145.19	0.06
119.36	0.09	123.03	0.09	126.69	0.05	130.59	0.09	134.26	0	137.93	0.03	141.59	0.06	145.26	0.03
119.43	0.09	123.09	0.1	126.76	0.1	130.66	0.03	134.33	0.06	137.99	0.1	141.66	0.02	145.33	0.06
119.49	0.11	123.16	0.08	126.83	0.04	130.73	0.12	134.39	0.06	138.06	0.01	141.73	0.07	145.39	0
119.56	0.04	123.23	0.08	126.89	0	130.79	0	134.46	0.13	138.13	0	141.79	0.04	145.46	0.05
119.63	0.04	123.29	0.09	126.96	0.13	130.86	0.07	134.53	0.04	138.19	0.06	141.86	0.03	145.53	0.04
119.69	0.06	123.36	0.04	127.03	0.09	130.93	0.04	134.59	0.03	138.26	0.08	141.93	0.07	145.59	0.06
119.76	0.08	123.43	0.07	127.09	0.07	130.99	0.06	134.66	0.01	138.33	0.08	141.99	0.05	145.66	0.03
119.83	0.06	123.49	0.08	127.16	0.06	131.06	0.12	134.73	0.04	138.39	0.18	142.06	0	145.73	0.01
119.89	0.03	123.56	0.04	127.23	0.09	131.13	0.1	134.79	0.02	138.46	0.05	142.13	0.05	145.79	0
119.96	0.04	123.63	0.06	127.29	0.04	131.19	0.04	134.86	0	138.53	0.07	142.19	0	145.86	0.08
120.03	0.04	123.69	0.06	127.36	0.01	131.26	0.14	134.93	0	138.59	0.03	142.26	0.04	145.93	0.06
120.09	0.11	123.76	0.06	127.43	0.05	131.33	0.07	134.99	0.04	138.66	0.18	142.33	0	145.99	0.02
120.16	0.06	123.83	0.04	127.49	0.04	131.39	0	135.06	0.03	138.73	0	142.39	0.02	146.06	0.03
120.23	0.04	123.89	0.1	127.56	0.07	131.46	0.07	135.13	0	138.79	0.14	142.46	0.05	146.13	0.01
120.29	0.09	123.96	0.08	127.63	0.03	131.53	0.09	135.19	0.08	138.86	0.04	142.53	0	146.19	0.01
120.36	0.03	124.03	0.07	127.69	0.02	131.59	0.04	135.26	0.12	138.93	0.05	142.59	0.07	146.26	0.02
120.43	0.07	124.09	0.07	127.76	0.07	131.66	0.08	135.33	0	138.99	0.07	142.66	0.04	146.33	0.02
120.49	0.03	124.16	0.06	127.83	0.08	131.73	0.04	135.39	0.03	139.06	0.1	142.73	0.07	146.39	0.03
120.56	0.07	124.23	0.07	127.89	0.04	131.79	0.1	135.46	0.06	139.13	0.04	142.79	0.04	146.46	0.07
120.63	0.1	124.29	0.07	127.96	0.06	131.86	0.02	135.53	0.06	139.19	0.03	142.86	0.11	146.53	0.01
120.69	0.08	124.36	0.07	128.03	0.01	131.93	0.03	135.59	0.11	139.26	0.04	142.93	0.03	146.59	0.03
120.76	0.06	124.43	0.07	128.09	0.01	131.99	0.01	135.66	0.22	139.33	0.02	142.99	0	146.66	0.03
120.83	0.05	124.49	0.04	128.16	0.05	132.06	0	135.73	0.12	139.39	0.06	143.06	0.07	146.73	0.09
120.89	0.09	124.56	0.09	128.23	0.03	132.13	0.04	135.79	0.04	139.46	0.06	143.13	0.05	146.79	0.03
120.96	0.03	124.63	0.11	128.29	0	132.19	0	135.86	0.1	139.53	0.07	143.19	0	146.86	0.03
121.03	0.04	124.69	0.03	128.36	0.07	132.26	0.06	135.93	0	139.59	0.07	143.26	0.04	146.93	0.04
121.09	0.08	124.76	0.03	128.43	0.05	132.33	0.04	135.99	0.18	139.66	0.07	143.33	0	146.99	0.06
121.16	0.07	124.83	0.01	128.49	0.01	132.39	0.06	136.06	0.09	139.73	0.05	143.39	0	147.06	0
121.23	0.03	124.89	0.13	128.56	0.04	132.46	0.03	136.13	0.05	139.79	0.06	143.46	0	147.13	0
121.29	0.06	124.96	0.07	128.63	0.06	132.53	0.07	136.19	0	139.86	0	143.53	0.04	147.19	0.04
121.36	0.08	125.03	0.09	128.69	0.03	132.59	0.08	136.26	0.12	139.93	0.04	143.59	0.12	147.26	0
121.43	0.07	125.09	0.02	128.76	0.07	132.66	0.01	136.33	0	139.99	0.03	143.66	0	147.33	0.03
121.49	0.08	125.16	0	128.83	0.06	132.73	0.03	136.39	0	140.06	0.09	143.73	0.11	147.39	0.03
121.56	0.07	125.23	0.05	128.89	0.01	132.79	0.03	136.46	0.13	140.13	0.07	143.79	0.13	147.46	0.04
121.63	0.04	125.29	0.03	128.96	0.07	132.86	0.08	136.53	0.08	140.19	0.07	143.86	0.07	147.53	0
121.69	0.03	125.36	0.06	129.03	0.08	132.93	0.09	136.59	0.13	140.26	0.04	143.93	0.01	147.59	0

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
147.86	0	152.40	0	156.07	0.01	159.73	0.06	163.40	0.06	167.07	0.04	170.73	0	174.40	0.04
147.93	0.01	152.47	0	156.13	0.08	159.80	0.1	163.47	0.03	167.13	0.03	170.80	0	174.47	0.01
147.99	0.03	152.53	0.04	156.20	0.07	159.87	0.12	163.53	0.07	167.20	0	170.87	0	174.53	0
148.06	0.03	152.60	0.04	156.27	0.07	159.93	0	163.60	0	167.27	0.09	170.93	0	174.60	0.03
148.13	0	152.67	0.04	156.33	0.03	160.00	0.06	163.67	0.02	167.33	0.06	171.00	0.03	174.67	0
148.19	0.08	152.73	0.03	156.40	0.07	160.07	0.17	163.73	0.01	167.40	0.05	171.07	0.02	174.73	0
148.26	0.02	152.80	0.06	156.47	0	160.13	0.12	163.80	0.04	167.47	0.06	171.13	0.03	174.80	0.03
148.33	0.04	152.87	0	156.53	0.07	160.20	0.02	163.87	0.02	167.53	0.04	171.20	0	174.87	0.02
148.39	0.05	152.93	0.02	156.60	0	160.27	0.1	163.93	0.05	167.60	0	171.27	0.02	174.93	0.01
148.46	0	153.00	0.09	156.67	0.06	160.33	0.05	164.00	0.06	167.67	0.09	171.33	0.02	175.00	0.03
148.53	0	153.07	0.03	156.73	0.04	160.40	0.06	164.07	0.06	167.73	0.04	171.40	0.09	175.07	0
148.59	0.01	153.13	0.06	156.80	0.02	160.47	0.03	164.13	0.05	167.80	0.04	171.47	0	175.13	0.04
148.66	0.05	153.20	0.04	156.87	0.05	160.53	0	164.20	0.03	167.87	0.01	171.53	0.03	175.20	0.09
148.73	0.01	153.27	0.04	156.93	0.07	160.60	0.09	164.27	0.02	167.93	0.03	171.60	0.02	175.27	0.06
148.79	0.02	153.33	0.07	157.00	0.16	160.67	0.13	164.33	0.03	168.00	0.1	171.67	0.03	175.33	0
148.86	0.01	153.40	0.08	157.07	0.04	160.73	0	164.40	0.04	168.07	0.06	171.73	0	175.40	0.01
148.93	0.08	153.47	0.03	157.13	0.15	160.80	0	164.47	0.07	168.13	0.03	171.80	0.02	175.47	0.04
148.99	0.06	153.53	0	157.20	0.08	160.87	0	164.53	0.07	168.20	0.06	171.87	0	175.53	0.04
149.06	0.03	153.60	0.07	157.27	0.04	160.93	0.07	164.60	0.09	168.27	0.06	171.93	0.04	175.60	0.04
149.13	0.01	153.67	0	157.33	0.04	161.00	0.01	164.67	0	168.33	0.11	172.00	0.02	175.67	0.02
149.19	0.03	153.73	0.07	157.40	0.04	161.07	0.01	164.73	0.03	168.40	0.08	172.07	0.02	175.73	0.02
149.26	0.04	153.80	0.07	157.47	0.07	161.13	0.17	164.80	0	168.47	0.02	172.13	0.1	175.80	0.07
149.33	0.06	153.87	0.01	157.53	0	161.20	0	164.87	0.02	168.53	0.08	172.20	0.04	175.87	0.01
149.39	0.03	153.93	0	157.60	0.01	161.27	0.02	164.93	0.01	168.60	0.07	172.27	0.01	175.93	0.02
149.46	0	154.00	0.07	157.67	0.09	161.33	0.03	165.00	0.03	168.67	0	172.33	0.03	176.00	0.04
149.53	0	154.07	0.04	157.73	0.02	161.40	0.03	165.07	0.03	168.73	0.04	172.40	0	176.07	0.01
149.59	0	154.13	0.02	157.80	0.02	161.47	0.12	165.13	0.06	168.80	0.04	172.47	0.03	176.13	0.06
149.66	0.05	154.20	0.03	157.87	0.04	161.53	0.09	165.20	0.02	168.87	0.03	172.53	0.04	176.20	0.06
149.73	0.08	154.27	0.05	157.93	0.12	161.60	0.08	165.27	0	168.93	0.06	172.60	0.05	176.27	0
149.79	0.04	154.33	0.04	158.00	0.09	161.67	0.06	165.33	0.03	169.00	0.05	172.67	0.04	176.33	0
149.86	0.06	154.40	0.05	158.07	0.05	161.73	0.16	165.40	0.04	169.07	0.01	172.73	0.04	176.40	0.05
149.93	0.04	154.47	0.06	158.13	0.02	161.80	0.03	165.47	0.07	169.13	0.03	172.80	0.04	176.47	0
149.99	0.03	154.53	0	158.20	0.06	161.87	0.06	165.53	0	169.20	0.04	172.87	0.01	176.53	0
150.06	0.03	154.60	0	158.27	0.03	161.93	0.04	165.60	0.04	169.27	0.03	172.93	0.03	176.60	0.01
150.13	0.04	154.67	0.09	158.33	0	162.00	0.03	165.67	0.07	169.33	0.03	173.00	0.02	176.67	0.07
150.19	0.04	154.73	0.04	158.40	0.02	162.07	0.03	165.73	0.01	169.40	0.01	173.07	0	176.73	0.05
150.26	0.04	154.80	0.05	158.47	0.04	162.13	0.05	165.80	0.04	169.47	0.05	173.13	0	176.80	0.01
150.33	0	154.87	0.03	158.53	0.11	162.20	0.05	165.87	0	169.53	0	173.20	0.06	176.87	0.06
150.39	0.03	154.93	0.03	158.60	0.17	162.27	0	165.93	0.01	169.60	0.02	173.27	0.02	176.93	0.04
150.46	0.01	155.00	0.17	158.67	0.05	162.33	0.11	166.00	0.06	169.67	0.07	173.33	0	177.00	0
150.53	0.03	155.07	0.07	158.73	0	162.40	0.11	166.07	0.03	169.73	0	173.40	0.02	177.07	0.05
150.59	0.03	155.13	0.02	158.80	0	162.47	0.09	166.13	0.02	169.80	0.01	173.47	0.03	177.13	0.04
150.66	0.06	155.20	0.04	158.87	0.07	162.53	0	166.20	0.01	169.87	0.05	173.53	0	177.20	0.05
150.73	0.1	155.27	0.04	158.93	0	162.60	0.1	166.27	0.03	169.93	0	173.60	0.01	177.27	0
150.79	0.05	155.33	0.01	159.00	0.11	162.67	0.2	166.33	0.03	170.00	0.07	173.67	0.06	177.33	0.04
150.86	0.09	155.40	0.12	159.07	0	162.73	0.17	166.40	0.04	170.07	0.04	173.73	0.03	177.40	0
150.93	0.07	155.47	0.12	159.13	0.06	162.80	0.03	166.47	0	170.13	0.03	173.80	0.03	177.47	0.03
150.99	0.06	155.53	0.11	159.20	0.07	162.87	0.01	166.53	0.11	170.20	0	173.87	0.01	177.53	0.05
151.06	0.04	155.60	0.18	159.27	0	162.93	0.08	166.60	0	170.27	0.03	173.93	0.03	177.60	0.02
152.00	0.06	155.67	0.06	159.33	0	163.00	0.03	166.67	0.06	170.33	0.03	174.00	0.1	177.67	0
152.07	0.06	155.73	0.07	159.40	0.09	163.07	0.06	166.73	0.04	170.40	0.08	174.07	0.02	177.73	0.05
152.13	0.07	155.80	0.08	159.47	0.03	163.13	0.09	166.80	0.02	170.47	0.04	174.13	0	177.80	0

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
178.07	0.03	181.73	0	185.40	0.01	189.07	0	197.26	0	200.93	0.01	204.59	0.06	208.26	0.11
178.13	0.01	181.80	0.06	185.47	0.04	189.13	0	197.33	0.05	200.99	0.16	204.66	0	208.33	0
178.20	0.06	181.87	0	185.53	0	189.20	0.06	197.39	0.08	201.06	0.03	204.73	0.07	208.39	0
178.27	0.03	181.93	0.02	185.60	0.03	189.27	0	197.46	0.09	201.13	0.02	204.79	0.01	208.46	0.03
178.33	0	182.00	0	185.67	0.04	189.33	0	197.53	0.06	201.19	0.07	204.86	0.07	208.53	0.11
178.40	0.04	182.07	0.01	185.73	0	189.40	0.07	197.59	0	201.26	0	204.93	0	208.59	0.09
178.47	0.04	182.13	0.01	185.80	0.01	189.47	0	197.66	0.06	201.33	0.02	204.99	0	208.66	0
178.53	0.03	182.20	0.07	185.87	0	189.53	0.03	197.73	0.06	201.39	0	205.06	0.03	208.73	0.03
178.60	0.02	182.27	0.03	185.93	0	189.60	0.02	197.79	0.02	201.46	0.04	205.13	0	208.79	0
178.67	0.06	182.33	0.01	186.00	0.01	189.67	0.08	197.86	0.05	201.53	0.1	205.19	0	208.86	0
178.73	0.07	182.40	0	186.07	0	189.73	0.03	197.93	0.06	201.59	0	205.26	0.06	208.93	0.04
178.80	0.13	182.47	0	186.13	0.09	189.80	0.06	197.99	0.01	201.66	0.04	205.33	0	208.99	0
178.87	0	182.53	0.03	186.20	0.01	189.87	0.01	198.06	0	201.73	0	205.39	0.08	209.06	0
178.93	0.03	182.60	0.04	186.27	0	189.93	0.01	198.13	0.01	201.79	0.01	205.46	0.03	209.13	0
179.00	0	182.67	0	186.33	0.07	190.00	0.01	198.19	0	201.86	0.01	205.53	0.04	209.19	0.01
179.07	0.02	182.73	0	186.40	0.02	190.07	0.02	198.26	0.01	201.93	0.08	205.59	0	209.26	0
179.13	0	182.80	0.03	186.47	0.09	190.13	0.06	198.33	0.02	201.99	0.01	205.66	0	209.33	0.09
179.20	0.03	182.87	0	186.53	0.07	190.20	0	198.39	0.01	202.06	0	205.73	0.15	209.39	0
179.27	0.04	182.93	0.08	186.60	0.02	190.27	0	198.46	0.01	202.13	0	205.79	0	209.46	0
179.33	0	183.00	0.01	186.67	0	190.33	0.04	198.53	0	202.19	0	205.86	0	209.53	0.02
179.40	0.11	183.07	0.03	186.73	0	190.40	0.02	198.59	0.08	202.26	0	205.93	0.01	209.59	0.03
179.47	0	183.13	0.07	186.80	0.01	190.47	0.01	198.66	0.07	202.33	0.01	205.99	0	209.66	0.02
179.53	0	183.20	0	186.87	0	190.53	0.08	198.73	0.01	202.39	0	206.06	0	209.73	0
179.60	0	183.27	0.1	186.93	0.03	190.60	0	198.79	0.08	202.46	0.01	206.13	0.03	209.79	0.1
179.67	0.04	183.33	0.04	187.00	0.08	190.67	0	198.86	0.08	202.53	0.02	206.19	0.09	209.86	0.01
179.73	0	183.40	0	187.07	0	190.73	0.02	198.93	0	202.59	0	206.26	0.01	209.93	0.04
179.80	0.12	183.47	0	187.13	0.01	190.80	0.01	198.99	0.03	202.66	0.01	206.33	0.03	209.99	0
179.87	0.01	183.53	0	187.20	0	190.87	0.02	199.06	0	202.73	0.01	206.39	0.04	210.06	0.09
179.93	0.06	183.60	0	187.27	0.04	190.93	0.03	199.13	0	202.79	0	206.46	0	210.13	0.14
180.00	0.04	183.67	0.03	187.33	0.06	191.00	0.01	199.19	0.04	202.86	0.01	206.53	0.02	210.19	0.03
180.07	0.03	183.73	0	187.40	0.01	191.07	0.01	199.26	0.04	202.93	0	206.59	0.03	210.26	0
180.13	0.04	183.80	0.03	187.47	0.09	191.13	0.02	199.33	0	202.99	0	206.66	0	210.33	0
180.20	0.02	183.87	0.11	187.53	0	191.20	0.03	199.39	0.03	203.06	0	206.73	0	210.39	0.04
180.27	0.08	183.93	0	187.60	0.06	191.27	0.01	199.46	0.04	203.13	0	206.79	0.06	210.46	0.01
180.33	0.04	184.00	0	187.67	0.06	191.33	0.04	199.53	0	203.19	0	206.86	0	210.53	0.04
180.40	0.01	184.07	0.09	187.73	0.03	191.40	0	199.59	0.01	203.26	0.01	206.93	0	210.59	0
180.47	0	184.13	0	187.80	0.01	191.47	0.01	199.66	0.01	203.33	0.07	206.99	0.17	210.66	0.04
180.53	0	184.20	0	187.87	0.07	191.53	0.03	199.73	0	203.39	0	207.06	0	210.73	0.06
180.60	0	184.27	0	187.93	0.1	191.60	0.02	199.79	0	203.46	0.03	207.13	0.15	210.79	0.06
180.67	0	184.33	0	188.00	0	191.67	0.02	199.86	0.07	203.53	0.12	207.19	0	210.86	0
180.73	0	184.40	0.07	188.07	0.06	191.73	0.03	199.93	0.05	203.59	0	207.26	0.06	210.93	0.01
180.80	0.02	184.47	0	188.13	0.01	191.80	0	199.99	0.01	203.66	0.05	207.33	0.03	210.99	0.03
180.87	0.04	184.53	0	188.20	0.01	191.87	0.02	200.06	0	203.73	0.07	207.39	0.04	211.06	0.1
180.93	0.03	184.60	0.04	188.27	0.01	191.93	0.01	200.13	0	203.79	0.04	207.46	0.04	211.13	0.08
181.00	0.02	184.67	0.02	188.33	0.03	192.00	0	200.19	0.06	203.86	0	207.53	0.06	211.19	0
181.07	0	184.73	0	188.40	0.06	192.07	0.02	200.26	0	203.93	0.04	207.59	0	211.26	0
181.13	0.06	184.80	0.1	188.47	0.01	192.13	0	200.33	0.11	203.99	0.05	207.66	0	211.33	0
181.20	0	184.87	0.09	188.53	0.03	192.20	0.03	200.39	0	204.06	0	207.73	0.02	211.39	0
181.27	0.01	184.93	0	188.60	0.02	192.27	0.04	200.46	0.01	204.13	0	207.79	0	211.46	0
181.33	0.03	185.00	0.09	188.67	0.02	192.33	0	200.53	0.1	204.19	0.01	207.86	0	211.53	0.04
181.40	0.03	185.07	0.03	188.73	0	192.40	0	200.59	0.02	204.26	0	207.93	0.13	211.59	0
181.47	0.09	185.13	0.01	188.80	0.1	192.47	0	200.66	0	204.33	0.08	207.99	0.03	211.66	0.02

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
211.93	0.02	215.59	0.01	219.26	0.07	222.93	0	226.59	0	230.26	0.02	233.93	0.05	237.59	0
211.99	0.01	215.66	0	219.33	0	222.99	0	226.66	0	230.33	0	233.99	0	237.66	0
212.06	0.11	215.73	0.01	219.39	0	223.06	0.01	226.73	0.01	230.39	0	234.06	0.06	237.73	0
212.13	0	215.79	0	219.46	0	223.13	0	226.79	0.01	230.46	0	234.13	0.04	237.79	0.06
212.19	0.05	215.86	0	219.53	0.01	223.19	0	226.86	0	230.53	0.03	234.19	0.01	237.86	0
212.26	0	215.93	0.04	219.59	0.02	223.26	0	226.93	0	230.59	0.1	234.26	0.04	237.93	0.03
212.33	0.02	215.99	0.04	219.66	0.09	223.33	0.02	226.99	0.02	230.66	0.04	234.33	0	237.99	0
212.39	0.01	216.06	0.08	219.73	0.01	223.39	0	227.06	0.07	230.73	0	234.39	0	238.06	0.08
212.46	0.04	216.13	0.05	219.79	0.01	223.46	0	227.13	0.01	230.79	0	234.46	0.1	238.13	0
212.53	0.03	216.19	0	219.86	0	223.53	0	227.19	0.01	230.86	0	234.53	0	238.19	0.04
212.59	0.01	216.26	0.08	219.93	0	223.59	0	227.26	0	230.93	0.06	234.59	0.03	238.26	0
212.66	0.03	216.33	0.03	219.99	0.03	223.66	0.03	227.33	0	230.99	0.03	234.66	0	238.33	0.01
212.73	0.01	216.39	0	220.06	0	223.73	0	227.39	0	231.06	0.13	234.73	0.06	238.39	0.04
212.79	0	216.46	0.01	220.13	0	223.79	0	227.46	0	231.13	0.06	234.79	0.01	238.46	0.01
212.86	0.01	216.53	0	220.19	0.02	223.86	0.01	227.53	0	231.19	0	234.86	0.04	238.53	0.01
212.93	0.04	216.59	0	220.26	0	223.93	0.01	227.59	0.02	231.26	0	234.93	0	238.59	0
212.99	0	216.66	0	220.33	0.01	223.99	0.01	227.66	0	231.33	0.03	234.99	0	238.66	0.02
213.06	0	216.73	0	220.39	0	224.06	0	227.73	0	231.39	0.03	235.06	0.01	238.73	0.04
213.13	0	216.79	0.07	220.46	0	224.13	0.02	227.79	0.01	231.46	0.07	235.13	0.07	238.79	0
213.19	0	216.86	0.1	220.53	0	224.19	0.06	227.86	0.02	231.53	0	235.19	0.05	238.86	0
213.26	0.04	216.93	0	220.59	0.03	224.26	0	227.93	0.02	231.59	0	235.26	0.02	238.93	0
213.33	0	216.99	0	220.66	0.05	224.33	0.04	227.99	0	231.66	0	235.33	0.04	238.99	0
213.39	0	217.06	0.01	220.73	0.01	224.39	0.04	228.06	0	231.73	0	235.39	0.02	239.06	0.06
213.46	0.03	217.13	0	220.79	0.03	224.46	0.06	228.13	0	231.79	0.02	235.46	0	239.13	0
213.53	0.07	217.19	0.03	220.86	0.04	224.53	0	228.19	0	231.86	0	235.53	0	239.19	0.01
213.59	0	217.26	0.01	220.93	0	224.59	0.01	228.26	0	231.93	0.03	235.59	0.03	239.26	0
213.66	0.04	217.33	0.03	220.99	0	224.66	0	228.33	0	231.99	0	235.66	0.04	239.33	0
213.73	0	217.39	0	221.06	0	224.73	0	228.39	0	232.06	0.03	235.73	0.04	239.39	0.03
213.79	0.04	217.46	0.01	221.13	0	224.79	0.01	228.46	0.01	232.13	0.09	235.79	0.04	239.46	0.01
213.86	0	217.53	0	221.19	0.06	224.86	0.02	228.53	0.03	232.19	0	235.86	0	239.53	0
213.93	0.03	217.59	0	221.26	0.07	224.93	0	228.59	0	232.26	0	235.93	0.03	239.59	0
213.99	0.01	217.66	0	221.33	0.06	224.99	0	228.66	0	232.33	0.01	235.99	0.11	239.66	0.02
214.06	0	217.73	0	221.39	0	225.06	0	228.73	0	232.39	0.1	236.06	0	239.73	0
214.13	0	217.79	0.01	221.46	0	225.13	0.01	228.79	0	232.46	0	236.13	0	239.79	0
214.19	0	217.86	0	221.53	0.01	225.19	0.01	228.86	0.04	232.53	0	236.19	0.06	239.86	0
214.26	0	217.93	0.01	221.59	0	225.26	0	228.93	0	232.59	0.06	236.26	0.13	239.93	0
214.33	0.02	217.99	0.01	221.66	0.04	225.33	0	228.99	0.01	232.66	0	236.33	0	240.50	0.01
214.39	0.02	218.06	0	221.73	0	225.39	0.02	229.06	0.01	232.73	0.13	236.39	0	240.57	0
214.46	0	218.13	0	221.79	0.05	225.46	0.06	229.13	0.05	232.79	0	236.46	0.01	240.63	0.01
214.53	0.04	218.19	0	221.86	0	225.53	0	229.19	0.02	232.86	0	236.53	0	240.70	0
214.59	0.01	218.26	0	221.93	0	225.59	0.01	229.26	0.05	232.93	0.1	236.59	0.01	240.77	0.01
214.66	0	218.33	0	221.99	0	225.66	0	229.33	0.03	232.99	0	236.66	0.01	240.83	0
214.73	0	218.39	0	222.06	0.01	225.73	0.01	229.39	0	233.06	0	236.73	0.02	240.90	0
214.79	0.06	218.46	0.07	222.13	0	225.79	0	229.46	0	233.13	0	236.79	0.01	240.97	0
214.86	0	218.53	0.04	222.19	0.04	225.86	0.1	229.53	0	233.19	0	236.86	0	241.03	0
214.93	0.06	218.59	0.07	222.26	0	225.93	0	229.59	0	233.26	0	236.93	0	241.10	0
214.99	0	218.66	0	222.33	0	225.99	0	229.66	0.06	233.33	0	236.99	0	241.17	0
215.06	0.03	218.73	0	222.39	0.06	226.06	0	229.73	0.01	233.39	0.07	237.06	0	241.23	0
215.13	0	218.79	0	222.46	0	226.13	0.01	229.79	0.1	233.46	0.04	237.13	0.01	241.30	0
215.19	0.02	218.86	0	222.53	0.05	226.19	0	229.86	0	233.53	0	237.19	0.09	241.37	0
215.26	0.01	218.93	0.04	222.59	0	226.26	0.03	229.93	0.06	233.59	0.08	237.26	0	241.43	0.02

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
241.77	0	245.43	0	249.17	0.01	252.83	0	256.57	0	260.23	0.03	263.97	0	267.63	0.08
241.83	0	245.50	0	249.23	0.09	252.90	0	256.63	0	260.30	0.03	264.03	0.01	267.70	0.04
241.90	0	245.57	0.05	249.30	0	252.97	0	256.70	0.02	260.37	0	264.10	0.04	267.77	0.01
241.97	0.03	245.63	0.09	249.37	0	253.03	0.13	256.77	0	260.43	0	264.17	0.05	267.83	0.05
242.03	0	245.70	0.01	249.43	0.04	253.10	0.03	256.83	0.05	260.50	0.03	264.23	0	267.90	0
242.10	0	245.77	0.06	249.50	0	253.17	0	256.90	0	260.57	0	264.30	0.06	267.97	0.02
242.17	0	245.83	0.09	249.57	0	253.23	0.08	256.97	0	260.63	0	264.37	0.01	268.03	0
242.23	0	245.90	0.08	249.63	0	253.30	0	257.03	0	260.70	0.03	264.43	0	268.10	0
242.30	0	245.97	0	249.70	0	253.37	0	257.10	0.01	260.77	0	264.50	0.01	268.17	0.03
242.37	0.04	246.03	0	249.77	0	253.43	0.09	257.17	0	260.83	0	264.57	0	268.23	0
242.43	0.07	246.10	0	249.83	0	253.50	0	257.23	0	260.90	0	264.63	0.06	268.30	0
242.50	0.07	246.17	0	249.90	0	253.57	0	257.30	0.01	260.97	0	264.70	0.04	268.37	0.02
242.57	0	246.23	0.01	249.97	0	253.63	0.08	257.37	0.08	261.03	0	264.77	0	268.43	0
242.63	0.15	246.30	0.06	250.03	0.07	253.70	0.07	257.43	0	261.10	0	264.83	0	268.50	0.02
242.70	0.03	246.37	0.01	250.10	0	253.77	0.13	257.50	0.03	261.17	0.03	264.90	0	268.57	0
242.77	0	246.43	0	250.17	0	253.83	0	257.57	0	261.23	0	264.97	0	268.63	0.01
242.83	0.03	246.50	0	250.23	0	253.90	0.01	257.63	0	261.30	0	265.03	0	268.70	0.05
242.90	0.03	246.57	0	250.30	0.01	253.97	0	257.70	0	261.37	0.08	265.10	0	268.77	0
242.97	0	246.63	0.15	250.37	0.06	254.03	0.07	257.77	0	261.43	0	265.17	0	268.83	0
243.03	0.01	246.70	0.05	250.43	0.09	254.10	0.03	257.83	0.07	261.50	0	265.23	0.03	268.90	0.03
243.10	0.01	246.77	0.01	250.50	0.01	254.17	0	257.90	0	261.57	0	265.30	0.03	268.97	0.05
243.17	0.01	246.83	0	250.57	0	254.23	0.01	257.97	0.12	261.63	0	265.37	0	269.03	0
243.23	0.01	246.90	0	250.63	0	254.30	0	258.03	0	261.70	0	265.43	0.01	269.10	0
243.30	0	246.97	0	250.70	0.04	254.37	0.01	258.10	0.07	261.77	0	265.50	0	269.17	0.05
243.37	0.03	247.03	0	250.77	0	254.43	0.12	258.17	0.05	261.83	0.05	265.57	0	269.23	0.07
243.43	0.02	247.10	0	250.83	0.02	254.50	0.04	258.23	0.1	261.90	0	265.63	0	269.30	0
243.50	0	247.17	0	250.90	0.02	254.57	0	258.30	0	261.97	0	265.70	0.03	269.37	0
243.57	0	247.23	0	250.97	0	254.63	0.05	258.37	0	262.03	0.03	265.77	0	269.43	0
243.63	0	247.30	0	251.03	0	254.70	0	258.43	0	262.10	0	265.83	0	269.50	0
243.70	0	247.37	0	251.10	0	254.77	0.15	258.50	0	262.17	0.05	265.90	0	269.57	0
243.77	0	247.43	0.02	251.17	0.01	254.83	0	258.57	0	262.23	0	265.97	0	269.63	0.02
243.83	0.03	247.50	0	251.23	0	254.90	0	258.63	0	262.30	0	266.03	0	269.70	0.04
243.90	0	247.57	0	251.30	0	254.97	0	258.70	0.09	262.37	0	266.10	0	269.77	0.02
243.97	0.06	247.63	0	251.37	0	255.03	0	258.77	0.05	262.43	0.04	266.17	0.03	269.83	0.05
244.03	0.04	247.70	0	251.43	0	255.10	0	258.83	0	262.50	0.06	266.23	0.04	269.90	0.04
244.10	0.07	247.77	0	251.50	0	255.17	0	258.90	0	262.57	0	266.30	0	269.97	0.03
244.17	0.04	247.83	0	251.57	0.07	255.23	0.01	258.97	0.06	262.63	0	266.37	0	270.03	0
244.23	0	247.90	0.02	251.63	0.01	255.30	0.06	259.03	0	262.70	0	266.43	0	270.10	0.01
244.30	0.12	247.97	0	251.70	0.02	255.37	0.03	259.10	0.02	262.77	0	266.50	0.03	270.17	0
244.37	0	248.03	0	251.77	0.05	255.43	0	259.17	0.07	262.83	0	266.57	0.03	270.23	0
244.43	0.03	248.10	0	251.83	0.01	255.50	0	259.23	0	262.90	0.02	266.63	0	270.30	0
244.50	0	248.17	0	251.90	0.07	255.57	0.12	259.30	0	262.97	0	266.70	0	270.37	0.01
244.57	0	248.23	0.01	251.97	0	255.63	0	259.37	0	263.03	0.05	266.77	0	270.43	0
244.63	0	248.30	0	252.03	0.04	255.70	0.08	259.43	0	263.10	0.04	266.83	0	270.50	0.04
244.70	0.08	248.37	0	252.10	0.03	255.77	0	259.50	0.03	263.17	0.03	266.90	0	270.57	0
244.77	0	248.43	0.01	252.17	0	255.83	0	259.57	0.01	263.23	0.01	266.97	0	270.63	0.1
244.83	0	248.50	0	252.23	0.02	255.90	0	259.63	0.03	263.30	0	267.03	0.02	270.70	0
244.90	0	248.57	0.02	252.30	0	255.97	0	259.70	0	263.37	0	267.10	0.03	270.77	0
244.97	0	248.63	0	252.37	0.01	256.03	0.01	259.77	0.01	263.43	0.01	267.17	0.03	270.83	0.02
245.03	0.03	248.70	0	252.43	0	256.10	0	259.83	0.06	263.50	0.06	267.23	0	270.90	0
245.10	0	248.77	0	252.50	0.01	256.17	0.08	259.90	0.02	263.57	0	267.30	0	270.97	0
245.17	0	248.83	0.04	252.57	0	256.23	0.06	259.97	0.05	263.63	0	267.37	0	271.03	0

Ek 3B. (devam)

t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C	t	C
271.37	0	275.03	0	278.77	0.04	282.43	0	286.17	0	289.83	0	293.57	0	297.23	0
271.43	0.01	275.10	0	278.83	0.06	282.50	0.04	286.23	0	289.90	0.04	293.63	0.04	297.37	0.07
271.50	0	275.17	0.09	278.90	0	282.57	0.01	286.30	0.01	289.97	0.01	293.70	0	297.37	0.07
271.57	0.01	275.23	0.03	278.97	0	282.63	0.04	286.37	0.01	290.03	0	293.77	0	297.43	0.1
271.63	0.04	275.30	0	279.03	0.06	282.70	0	286.43	0	290.10	0	293.83	0.02	297.50	0
271.70	0.06	275.37	0	279.10	0	282.77	0.09	286.50	0	290.17	0.06	293.90	0.01	297.57	0.06
271.77	0.01	275.43	0	279.17	0	282.83	0.07	286.57	0.01	290.23	0.01	293.97	0.02	297.63	0.05
271.83	0	275.50	0	279.23	0.1	282.90	0.01	286.63	0	290.30	0.03	294.03	0.01	297.70	0
271.90	0.02	275.57	0	279.30	0	282.97	0	286.70	0.02	290.37	0.01	294.10	0.03	297.77	0
271.97	0	275.63	0	279.37	0	283.03	0	286.77	0	290.43	0	294.17	0	297.83	0
272.03	0	275.70	0.01	279.43	0	283.10	0	286.83	0	290.50	0	294.23	0.07	300.97	0.05
272.10	0	275.77	0	279.50	0.02	283.17	0	286.90	0.02	290.57	0	294.30	0.05	301.10	0.07
272.17	0.01	275.83	0	279.57	0.02	283.23	0	286.97	0	290.63	0	294.37	0.04	301.10	0.07
272.23	0.04	275.90	0	279.63	0.01	283.30	0	287.03	0.02	290.70	0.05	294.43	0.01	301.17	0.02
272.30	0.01	275.97	0.01	279.70	0	283.37	0	287.10	0.07	290.77	0.1	294.50	0.04	301.23	0.02
272.37	0	276.03	0	279.77	0	283.43	0.01	287.17	0	290.83	0.01	294.57	0	301.30	0.03
272.43	0.01	276.10	0.05	279.83	0	283.50	0	287.23	0.04	290.90	0	294.63	0.05	301.37	0
272.50	0	276.17	0	279.90	0.05	283.57	0	287.30	0	290.97	0.06	294.70	0.01	301.43	0
272.57	0	276.23	0.05	279.97	0.09	283.63	0.04	287.37	0.01	291.03	0	294.77	0	301.50	0
272.63	0	276.30	0.03	280.03	0	283.70	0	287.43	0	291.10	0.01	294.83	0.02	301.57	0.1
272.70	0	276.37	0	280.10	0.04	283.77	0	287.50	0.04	291.17	0	294.90	0	304.70	0
272.77	0	276.43	0	280.17	0	283.83	0.01	287.57	0.01	291.23	0	294.97	0	304.77	0.01
272.83	0	276.50	0	280.23	0	283.90	0.03	287.63	0	291.30	0.02	295.03	0	304.83	0.03
272.90	0	276.57	0	280.30	0	283.97	0	287.70	0.04	291.37	0	295.10	0	304.90	0.08
272.97	0	276.63	0.02	280.37	0	284.03	0	287.77	0	291.43	0	295.17	0	304.97	0
273.03	0	276.70	0.09	280.43	0.06	284.10	0.04	287.83	0	291.50	0.05	295.23	0	305.03	0
273.10	0	276.77	0	280.50	0.07	284.17	0.07	287.90	0	291.57	0.03	295.30	0	305.10	0
273.17	0.01	276.83	0	280.57	0	284.23	0	287.97	0	291.63	0	295.37	0.03	305.17	0
273.23	0	276.90	0	280.63	0	284.30	0	288.03	0.02	291.70	0.04	295.43	0	305.23	0.02
273.30	0	276.97	0	280.70	0.01	284.37	0	288.10	0	291.77	0.04	295.50	0.01	305.30	0
273.37	0	277.03	0	280.77	0.01	284.43	0	288.17	0.06	291.83	0	295.57	0	305.37	0.02
273.43	0	277.10	0.09	280.83	0	284.50	0	288.23	0.01	291.90	0.02	295.63	0	305.43	0
273.50	0	277.17	0	280.90	0	284.57	0	288.30	0	291.97	0.05	295.70	0.01	305.50	0
273.57	0	277.23	0.03	280.97	0.01	284.63	0	288.37	0	292.03	0	295.77	0.02	305.57	0.04
273.63	0.07	277.30	0.01	281.03	0	284.70	0.03	288.43	0	292.10	0	295.83	0.06	305.63	0
273.70	0.07	277.37	0	281.10	0.02	284.77	0.06	288.50	0.06	292.17	0	295.90	0.04	305.70	0
273.77	0.02	277.43	0	281.17	0	284.83	0	288.57	0.06	292.23	0.05	295.97	0	305.77	0
273.83	0.06	277.50	0.09	281.23	0.03	284.90	0	288.63	0	292.30	0	296.03	0	305.83	0
273.90	0	277.57	0.05	281.30	0.1	284.97	0.02	288.70	0	292.37	0.01	296.10	0.01	305.90	0
273.97	0	277.63	0.01	281.37	0.08	285.03	0.07	288.77	0	292.43	0.06	296.17	0	305.97	0
274.03	0	277.70	0	281.43	0	285.10	0.05	288.83	0	292.50	0.01	296.23	0	306.03	0
274.10	0	277.77	0	281.50	0	285.17	0.04	288.90	0.02	292.57	0	296.30	0.02	310.97	0
274.17	0.03	277.83	0	281.57	0	285.23	0.03	288.97	0.02	292.63	0	296.37	0.04	311.03	0.03
274.23	0	277.90	0	281.63	0	285.30	0	289.03	0	292.70	0.03	296.43	0	311.10	0.03
274.30	0	277.97	0	281.70	0	285.37	0.04	289.10	0	292.77	0	296.50	0	311.17	0
274.37	0	278.03	0	281.77	0	285.43	0	289.17	0.01	292.83	0.04	296.57	0	311.23	0
274.43	0	278.10	0	281.83	0	285.50	0	289.23	0	292.90	0	296.63	0	311.30	0
274.50	0.02	278.17	0	281.90	0	285.57	0	289.30	0	292.97	0	296.70	0	311.37	0
274.57	0.02	278.23	0.04	281.97	0	285.63	0	289.37	0.01	293.03	0.04	296.77	0	311.43	0
274.63	0	278.30	0.03	282.03	0	285.70	0.04	289.43	0.02	293.10	0	296.83	0	311.50	0
274.70	0	278.37	0.03	282.10	0	285.77	0	289.50	0	293.17	0	296.90	0	311.57	0.03
274.77	0	278.43	0.12	282.17	0	285.83	0	289.57	0.03	293.23	0	296.97	0	311.97	0

Ek 3C. B9(III) İzleyici Testi**(t zaman, saat, konsantrasyon , ppb)**

t	B-4	B-10	B-11	BTF-3
0	0	0	0	0
8	0.04	0.06	0	0
8.5	0.08	0.04	0.02	0.04
9	0.06	0.04	0.02	0
9.5	0.09	0.02	0.01	0
10	0.15	0.03	0.01	0
10.5	0.08	0.01	0.01	0
11	0.13	0	0.06	0
11.5	0.23	0.02	0.12	0
12	0.06	0.14	0.06	0.01
12.5	0.03	0.03	0.04	0
13	0.05	0.02	0.24	0
13.5	0.04	0.03	0.09	0
14	0.02	0.02	0.02	0
14.5	0.09	0	0	0
15	0.03	0.01	0.02	0
15.5	0.03	0	0	1.28
16	0.05	0.02	0	0
16.5	0.06	0.01	0.03	0
17	0.19	0.02	0.01	0
17.5	0	0.02	0	0
18	0.07	0.02	0	0.03
18.5	0.07	0.03	0.01	0
19	0.08	0.04	0.04	0.01
19.5	0.08	0.03	0	0.01
20	0.13	0.85	0	0
20.5		0.03	0.29	0.01
21	0.14	0	0	0
21.5	0.24	0.04	0	0
22	0.17	0	0	0
22.5	0.15	0.02	0.13	0
23	0.21	0.04	0.11	0
23.5	0.19	0	0.01	0
24	0.17	0.04	0.01	0
24.5	0.21	0.04	0.04	0
25	0.19	0.02	0.04	0
25.5	0.22	0.04	0	0
26	0.21	0.02	0.01	0
26.5	0.23	0.04	0.01	0
27	0.24	0	0.01	0
27.5	0.24	0.01	0.01	0
28	0.28	0.04	0	0
28.5	0.25	0.03	0	0
29	0.29	0.03	0	0
29.5	0.37	0.02	0.02	0
30	0.29	0	0	0
30.5	0.29	0.03	0	0
31	0.33	0	0.03	0
31.5	0.31	0.01	0	0
32	0.3	0.01	0	0
32.5	0.32	0.01	0.01	0
33	0.32	0.01	0	0

Ek 3C.(devam)**(t zaman, saat, konsantrasyon , ppb)**

t	B-4	B-10	B-11	BTF-3
33.5	0.35	0.01	0	0
34	0.32	0.03	0.02	0
34.5	0.33	0.03	0.03	0
35	0.33	0.01	0.01	0
35.5	0.34	0.09	0	0
36	0.35	0	0	0
36.5	0	0	0	0
37	0.33	0	0	0
37.5	0	0	0	0
38	0.33	0.22	0	0
38.5	0	0	0	0
39	0.45	0.01	0	0
39.5	0	0	0	0
40	0	0.01	0	0
40.5	0	0	0	0
41	0.32	0.01	0	0
41.5	0	0	0	0
42	0.35	0.03	0	0
42.5	0	0	0	0
43	0.35	0.08	0	0
43.5	0.35	0.03	0	0
44	0.35	0	0	0
44.5	0.37	0.01	0	0
45	0.37	0.04	0	0
45.5	0.35	0.01	0	0
46	0.35	0.05	0	0
46.5	0	0.08	0.01	0
47	0.42	0.05	0.05	0
47.5	0.41	0.03	0.01	0.01
48	0.42	0.06	0.01	0
48.5	0.42	0.06	0.01	0
49	0.42	0.05	0.02	0.02
49.5	0.41	0.03	0	0.02
50	0.39	0.03	0.02	0.02
50.5	0	0.03	0	0
51	0.42	0.07	0	0.03
52	0.52	0.03	0	0.03
53	0.45	0	0	0
53.5	0	0.04	0	0
54	0.38	0.05	0	0
55	0.35	0.02	0.03	0
56	0.35	0.02	0	0.01
57	0.37	0.03	0	0
58	0.34	0.03	0	0.01
60	0.33	0.03	0	0.01
61	0.33	0.03	0	0.01
62	0.32	0.03	0	0.04
63	0.3	0.04	0.01	0
64	0.35	0.01	0.02	0.05
65	0.35	0.02	0	0.01
66	0	0.02	0.01	0
67	0.38	0.01	0	0

Ek 3C.(devam)**(t zaman, saat, konsantrasyon , ppb)**

t	B-4	B-10	B-11	BTF-3
68	0.4	0.01	0	0.01
69	0.35	0.04	0.01	0.01
70	0.34	0.01	0	0
71	0.51	0.03	0	0
72	0.32	0.03	0	0
73	0.35	0.04	0.01	0.01
74	0.29	0.02	0	0
75	0.28	0.01	0	0.02
76	0.31	0.03	0	0
77	0.28	0.02	0	0.01
78	0.26	0.01	0.01	0
79	0.27	0.01	0	0.03
80	0.23	0.01	0.01	0
81	0.25	0.03	0.03	0.01
82	0.23	0.01	0.01	0.01
83	0	0.06	0.02	0
84	0.2	0.09	0	0.03
87	0.21	0.05	0	0.02
90	0.29	0.03	0	0
93	0.22	0.03	0.03	0.01
96	0.31	0.11	0.02	0
99	0.21	0.04	0.04	0.15
102	0.18	0.04	0	0
105	0.22	0.03	0.03	0
108	0.2	0.03	0.04	0
111	0.21	0.03	0	0
114	0.18	0.06	0	0.07
117	0.21	0.05	0.05	0.01
120	0.19	0.03	0	0.01
123	0.17	0.03	0.02	0
126	0.15	0.04	0	0.03
129	0.17	0.05	0.04	0
132	0.17	0.04	0.01	0
135	0.17	0.1	0	0
138	0.17	0.05	0	0
141	0.15	0.03	0.02	0
144	0.15	0.05	0	0
147	0.17	0.03	0	0
150	0.16	0.03	0	0.01
153	0.13	0.05	0	0
156	0.14	0.05	0	0
159	0.17	0.04	0.02	0
162	0.13	0.01	0	0
165	0.11	0.03	0	0
168	0.12	0.03	0	0
171	0.12	0.08	0	0
175	0.17	0.05	0.01	0.01
181	0.17	0.05	0.05	0.01
187	0.24	0.05	0.01	0.06
193	0.15	0.04	0.03	0.01
199	0.15	0	0.03	0.1
205	0.15	0.05	0.03	0

Ek 3C.(devam)**(t zaman, saat, konsantrasyon , ppb)**

t	B-4	B-10	B-11	BTF-3
211	0.13	0.04	0.03	0.01
217	0.12	0.04	0.03	0.01
223	0.12	0.12	0.01	0.01
229	0.12	0.09	0.01	0.01
235	0.12	0.08	0.01	0
259	0	0.1	0.03	0
283	0	0.08	0.03	0
307	0	0.06	0.01	0
331	0	0.06	0	0
355	0	0.03	0	0
389	0	0	0	0

Ek 3D. BD2(2) İzleyici Testi Verileri
(t, zaman, saat; C, izleyici konsantrasyonu, ppb)

t	C					t	C					t	C				
	BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	BTF-3		BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	BTF-3		BD-3	BD-4	BD-6	BD-7	BTF-3
0	0.01					280	0.02	0.07	0.07	0	0	1150	0.02	0.02	0.04	0.06	0.02
8	0.01	0.11	0.05	0.03		305	0.02	0.09	0.08	0.02		1166		0.02			
11	0.01	0.02	0.26	0.02		318	0.02	0.04	0.09	0.01		1190	0.02	0.02	0.04	0.06	0.02
14	0.01	0.02	0.06	0.01		320	0.02	0.04	0.09	0.01		1238	0	0.02	0.04	0.01	0.01
19	0.01	0.04	0.08	0.03		324	0.01	0.05	0.09	0.01		1262	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01
32	0.01	0.01	0.05	0.02		327	0.01	0.02	0.05	0.01		1286	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01
38	0.02	0.01	0.04	0.02		342	0.02	0.12	0.27	0.02		1310	0	0.02	0.05	0.01	0
43	0.01	0.03	0.05	0.01		344	0.02	0.11	0.27	0.01		1334	0.01	0.03	0.04	0.01	0.01
56	0.01	0.02	0.06	0.02		348	0.02	0.11	0.26	0.01		1358	0.01	0.02	0.04	0	0.01
58	0.02	0.02	0.05	0.01		352	0.02	0.05	0.06	0.01	0	1406	0.01	0	0.05	0	0.01
60	0.01	0.04	0.05	0.01		366	0.01	0.03	0.05	0.01		1430	0.02	0.02	0.05	0	0.01
67	0.01	0.01	0.05	0.01		368	0.01	0.03	0.05	0.02		1454	0.02	0.02	0.05	0	
104	0.01	0.05	0.06	0.01		372	0.01	0.04	0.04	0.02		1478	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02
106	0.02	0.05	0.05	0.01		377	0.01	0.01	0.04	0.01		1502	0.02	0.02	0.04	0	0.02
108	0.02	0.05	0.05	0.01		390	0.02	0.07	0.1	0.04		1526		0.01	0.05	0.02	0.01
119	0.02	0.01	0.06	0.02		393	0.02	0.08	0.04	0.01							
128	0.01	0.01	0.1	0		396	0.01	0.09	0.08	0.01							
130	0.01	0.03	0.06	0.01		399	0.01	0.06	0.05	0.01	0						
134	0.01	0.03	0.06			414	0.01	0.04	0.07	0.02							
152	0.02	0.02	0.06	0.01		420	0.01	0.03	0.1	0.02							
155	0.01	0.02	0.05	0.01		423	0.01		0.07								
158	0.01	0.02	0.07	0.01		424	0.01	0.02		0.02							
166	0.02		0.08			438	0.01	0.04	0.07	0.03							
175	0.01	0.01	0.09	0.02		441	0.01	0.04	0.08	0.02							
178	0.01	0.02	0.08	0.02		444	0.01	0.03	0.04	0.02							
180	0.01	0.02	0.07	0		447	0.01	0.02	0.06	0.01	0						
198	0.01	0.03		0.01		462	0.01	0.02	0.04	0.05							
200	0.02	0.03		0.01		465	0.01		0.14								
202	0.01	0.03		0.02		468	0.01	0.07	0.015	0.03							
211	0.01		0.05			471	0.01	0.03	0.09	0.01							
222	0.01	0.15	0.09	0.1		486	0.01	0.03	0.13	0.02							
224	0.01	0.17	0.1	0.01		489	0.01	0.06	0.06	0.06							
228	0.01	0.17	0.07	0.01		492	0.01	0.06	0.07	0.02							
234	0.01	0.07	0.12	0.03		496	0.01	0.03	0.07	0.02							
237	0.03	0.01	0.05			510	0.01	0.04	0.07	0.03							
246	0.01	0.02	0.1	0.01		513	0.01	0.02	0.08	0.02							
249	0.03	0.03	0.11	0		516	0.01	0.02		0.02							
252	0.01	0.02	0.07			581	0.01	0.05	0.09	0.02							
256	0.03	0.01	0.09			605	0.01	0.01	0.05	0.02							
257	0.15					629	0.01	0.02	0.04	0.09							
257.1	0.08					653	0.01	0.02	0.04	0.01							
257.2	0.1					677	0.01	0.02	0.06	0.01							
257.3	0.11					701	0.01	0.01	0.08	0.01							
258	0.11					725	0.01	0.01	0.07	0.01							
258.1	0.08					941	0.01	0.02	0.07	0.02	0.01						
258.5	0.06					964	0.01	0.02	0.1	0.02	0.01						
259	0.06					998	0.01	0.02	0.05	0.01	0						
260	0.06					1022	0		0.08	0.01	0.02						
261	0.04					1070	0	0.03	0.08	0.01							
270	0.01	0.02	0.06	0.01		1094	0.02		0.05	0.01	0						
272	0.01	0.02	0.07	0.01		1118	0.11	0.01	0.04	0.02							
276	0.03	0.03	0.08	0.04		1142	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01						

EK-4

**ÜRETİM, RE-ENJEKSİYON DEBİLERİ,
ÜRETİM SICAKLIKLARI**

Ek 4. Üretim ve Re-enjeksiyon Debileri, Üretim Sıcaklıkları

Tarih	BD-1		BD-2		BD-3		BD-4		BD-5		BD-6		BD-7		B-4		B-10		B-11		B-2		B-9		B-12		BTF-3		
	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	
8.6.99																	105												
9.6.99																	106												
6.5.99																	100												
17.6.99																	106												
17.6.99																	106												
13.7.99																	106												
16.7.99																	103												
.99																	104												
21.7.99																	104												
25.7.99																	105												
27.7.99																	105												
30.7.99																	105												
5.8.99																	105												
10.8.99																	105												
.99																	105												
2.9.99																	107												
6.9.99																	107												
14.9.99																	107												
15.9.99																	108												
17.9.99																	109												
31.12.99	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		0
1.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
2.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
3.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
4.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
5.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
6.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
7.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
8.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
9.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		
10.1.00	-10		-60		70		150		-20		140					33	88				33	-70			-180		-70		

Ek 4. (devam)

Farih	BD-1		BD-2		BD-3		BD-4		BD-5		BD-6		BD-7		B-4		B-10		B-11		B-2		B-9		B-12		BTF-3		
	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	Debl	T (°C)	
11.1.00	-10	-60	70	150	-20	140	140	33	88	-70	33	88	33	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-70	-70	-70	-70	-70
12.1.00	-10	-60	70	150	-20	140	140	33	88	-20	140	140	33	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-70	-70	-70	-70	-70
13.1.00	-10	-50	70	125	-20	140	140	45	88	-20	140	140	45	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-70	-70	-70	-70	-70
14.1.00	-10	-50	70	125	-20	140	140	45	88	-20	140	140	45	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-70	-70	-70	-70	-70
15.1.00	-10	-60	70	150	-20	140	140	33	88	-20	140	140	33	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-180	-70	-70	-180	-70	-70	-70	-70	-70	-70
16.1.00	-10	-45	70	125	-20	140	120	47	70	-20	120	95	47	-70	-109	-70	-70	70	96	36	36	-70	-109	-70	-70	-70	-70	-70	-70
17.1.00		-45			-20			47	70	-20			47				70												
18.1.00	-10	-33	30	138	-20	140	140	47	85	-20	140	140	47	-70	-171	-70	-70	85		38	38	-70	-171	-70	-70	-70	-70	-70	-70
19.1.00	-10	-40	70	138	-20	85	85	45	85	-20	85	85	45	-70	-130	-70	-70	85		38	38	-70	-130	-70	-70	-70	-70	-70	-70
20.1.00		-40			-20			45	85	-20			45				85												
21.1.00	-10	-86	85	152	-20	125	125	49	83	-20	125	125	49	-70	-147	-70	-70	83		38	38	-70	-147	-70	-70	-70	-70	-70	-70
22.1.00	-10	-60	70	156	-20	125	125	48	83	-20	125	125	48	104	-183	-70	104	94	36	36	104	104	-183	-70	-70	-70	-70	-70	-70
23.1.00	-10	-50	70	156	-20	115	137.5	48	83	-20	115	137.5	48	104	-183	-70	104	93	36	36	104	104	-183	-70	-70	-70	-70	-70	-70
24.1.00	-10	-50	70	125	-20	130	130	48	83	-20	130	130	48	-70	-170	-70	-70	83		38	38	-70	-170	-70	-70	-70	-70	-70	-70
25.1.00	-10	0	50	158	-20	0	0	48	85	-20	0	0	48	-70	-100	-70	-70	85		36	36	-70	-100	-70	-70	-70	-70	-70	-70
26.1.00	-10	0	36	158	-20	140	140	48	85	-20	140	140	48	104	-120	-70	104	93	36	36	104	104	-120	-70	-70	-70	-70	-70	-70
26.1.00	-10	30	36	158	-20			48	85	-20			48	-70	-150	-70	-70	85		36	36	-70	-150	-70	-70	-70	-70	-70	-70
28.1.00	-10	60	36	158	-20			36	84	-20			36	-70	-150	-70	-70	84		36	36	-70	-150	-70	-70	-70	-70	-70	-70
31.1.00	-10	45	36	158	-20			36	84	-20			36	103	-125	-70	103	93	36	36	103	103	-125	-70	-70	-70	-70	-70	-70
30.1.00	-10	45	70	135	-20			44	80	-20			44	-70	-125	-70	-70	80		29	29	-70	-125	-70	-70	-70	-70	-70	-70
31.1.00	-10	45	70	135	-20			44	80	-20			44	-70	-125	-70	-70	80		29	29	-70	-125	-70	-70	-70	-70	-70	-70
1.2.00	-10	45	70	135	-20			44	80	-20			44	-70	-125	-70	-70	80		29	29	-70	-125	-70	-70	-70	-70	-70	-70
3.2.00	-10	45	70	135	-20			44	80	-20			44	-70	-125	-70	-70	80		29	29	-70	-125	-70	-70	-70	-70	-70	-70
4.2.00	-10	45	70	135	-20			44	80	-20			44	-70	-125	-70	-70	80		29	29	-70	-125	-70	-70	-70	-70	-70	-70
5.2.00	-10	45	70	135	-20			44	80	-20			44	-70	-125	-70	-70	80		29	29	-70	-125	-70	-70	-70	-70	-70	-70
6.2.00	-10	45	70	135	-20			44	80	-20			44	-70	-125	-70	-70	80		29	29	-70	-125	-70	-70	-70	-70	-70	-70
7.2.00	-10	30	50	125	-20			40	71	-20			40	-70	-100	-70	-70	71		31	31	-70	-100	-70	-70	-70	-70	-70	-70
8.2.00	-10	30	50	125	-20			40	71	-20			40	-70	-80	-70	-70	71		31	31	-70	-80	-70	-70	-70	-70	-70	-70
9.2.00	-10	15	50	125	-20			40	71	-20			40	-70	-80	-70	-70	71		31	31	-70	-80	-70	-70	-70	-70	-70	20
10.2.00					-20			40	71	-20			40	-70	-80	-70	-70	71		31	31	-70	-80	-70	-70	-70	-70	-70	20
11.2.00	-10	15	70	125	-20			37	62	-20			37	103	-100	-70	62	93	35	35	103	103	-100	-70	-60	-60	-60	20	

Ek 4. (devam)

Tarikh	BD-1		BD-2		BD-3		BD-4		BD-5		BD-6		BD-7		B-4		B-10		B-11		B-2		B-9		B-12		BTF-3	
	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)	Debit	T (°C)
12.2.00	-10	15		60	124	-20		39	92	66	92	36	102	-70									-80		-70		20	89
13.2.00	-10	0		60	124	-20		39	92	66	92	36	103	-70									-80		-70		20	
13.2.00	-10	30		60	118	-20		37		66		37		-70									-80		-70		20	
14.2.00	-10	30		60	125	-20		39		67		38		-70									-90		-70		20	
14.2.00	-10	30		60	125	-20		43		67		38		-70									-90		-70		20	
15.2.00	-10	30		60	125	-20		43		67		38		-70									-90		-70		20	
15.2.00	-10	30		60	125	-20		43		67		38		-70									-90		-70		20	
16.2.00	-10	30		70	125	-20		43		70		38		-70									-90		-70		20	
17.2.00	-10	30		70	125	-20		43		70	90	38	102	-70									-90		-70		20	
18.2.00	-10	30		70	125	-20		43		70		38		-70									-100		-70		20	
19.2.00	-10	30		70	125	-20		43		70		38		-70									-100		-70		20	
20.2.00	-10	30		70	125	-20		43		70		38		-70									-100		-70		20	
21.2.00	-10	30		70	130	-20		46		60		41		-70									-90		-70		20	
22.2.00	-10	30		70	130	-20		46		60		41		-70									-90		-70		20	
23.2.00	-10	30		70	136	-20		45		50		41		-65									-105		-80		20	
24.2.00	-10	30		70	136	-20		45		50		41		-65									-105		-80		20	
25.2.00	-10	30		70	136	-20		45		49		40		-65									-105		-80		20	
26.2.00	-10	30		70	136	-20		45		49		40		-65									-105		-80		20	
27.2.00	-10	30		70	136	-20		45		49		40		-65									-105		-80		20	
28.2.00	-10	30		70	136	-20		45		49		40		-65									-105		-80		20	
29.2.00	-10	30		70	136	-20		45		51		40		-65									-105		-80		20	
1.3.00	-10	30		70	136	-20		45		51		40		-65									-115		-85		20	
2.3.00	-10	30		70	136	-20		45		51		40		-65									-115		-85		20	
3.3.00	-10	30		70	136	-20		45		51		40		-65									-115		-85		20	
4.3.00	-10	30		70	150	-20		45	92	92		40	103	-90									-90		-55		20	
5.3.00	-10	30		70	136	-20		45		51		40		-65									-115		-55		20	
6.3.00	-10	30		70	136	-20		45		75		40		-65									-115		-55		20	
7.3.00	-10	30		70	136	-20		45		66	95	40		-65									-115		-55		20	
9.3.00	-10	30		70	136	-20		45	92	92		40	103	-115									-115		-55		20	
10.3.00	-10	30		70	136	-20		45		66	94	40	103	-115									-115		-55		20	
11.3.00	-10	30		70	136	-20		45		66		40		-83									-130		-10		20	
	-10	30		70	136	-20		45		0		40		-60									-120		-10		20	

Ek 4. (devam)

Tarih	BD-1		BD-2		BD-3		BD-4		BD-5		BD-6		BD-7		B-4		B-10		B-11		B-2		B-9		B-12		BTF-3		
	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	
12.3.00	-10		30		70		136		-20						45				40		-65		-120		-10		20		
13.3.00	-10		30		70		136		-20						34				40		-65		-120		-10		20		
14.3.00	-10		30		70		136		-20						34				40		-60		-120		-10		20		
15.3.00	-10		30		70		136		-20						45				40		-60		-120		-10		20		
16.3.00	-10		30		70		136		-20						34				40		-65		-100		-10		20		
17.3.00	-10		30		70		136		-20						34			0	39		-65		-100		-10		20		
18.3.00	-10		30		70		136		-20						45		66		40		-60		-100		-10		20		
19.3.00	-10		30		70		136		-20						45				40		-65		-115		-10		20		
20.3.00	-10		30		70		136		-20						45				40		-65		-100		-10		20		
21.3.00	-10		30		70		130		-20						45		60		43		-60		-100		-25		20		
22.3.00	-10		30		70		130		-20						45		69		43		-60		-100		-25		0		
24.3.00	-10		30		70		130		-20						45		69		43		-60		-100		-25				
25.3.00	-10		30		70		130		-20						45		69		43		-60		-100		-25				
26.3.00	-10		30		70		130		-20						45		69		43		-60		-100		-25				
28.3.00	0		0		50		0		0						37		45		35		0		-90		-60				
29.3.00					50		0								37		45		35				-90		-60				
30.3.00					50		0								37		45		35				-90		-60				
31.3.00					50		0								37		45		35				-90		-60				
1.4.00					0		0								46		56		42				-76		-54				
2.4.00					0		0								46		56		42				-76		-54				
3.4.00					0		0								46		56		42				-76		-54				
5.4.00					0		0								46		56		42				-76		-54				
7.4.00					0		0								46		56		42				-76		-54				
8.4.00					0		0								46		56		42				-76		-54				
9.4.00					0		140								46		51		37				-74		-50				
10.4.00			0		0		140								46		51		37				-74		-50				
11.4.00			40		70		140								37		0		37				-74		-50				
12.4.00			40		70		140								37		0		37				-74		-50				
13.4.00			10		70		114								36				37				-70		-50				
14.4.00			10		70		114								36				37				-70		-50				
15.4.00			10		70		114								36				37				-70		-50				

Ek 4. (devam)

Tarikh	BD-1		BD-2		BD-3		BD-4		BD-5		BD-6		BD-7		B-4		B-10		B-11		B-2		B-9		B-12		BTF-3			
	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)		
16.4.00		10		114		70		114								36		0		37						-70				
17.4.00		10		114		70		114								36				37							-70			
18.4.00		10		114		70		114								36				37							-70			
19.4.00		10		114		70		114								36		0		37							-70			
20.4.00		0		100		70		100								35		0		30							-70			
21.4.00				100		70		100								35				30							-70			
22.4.00				91		70		91								35				30							-70			
23.4.00				64		70		64								35				30							-100			
24.4.00				64		70		64								35				30							-100			
25.4.00				90		0		90								37				33							-100			
26.4.00				90				90								37				33							-100			
27.4.00				90				90								37		0		33							-100			
28.4.00				90				90								37		0		33							-100			
29.4.00				90				90								37		60		33							-100			
1.5.00				90				90								37		60		33							-100			
2.5.00				90				90								37		60		33							-100			
3.5.00				90				90								37		60		33							-100			
4.5.00				90				90								37		92		92.5							-100			
5.5.00				90				90								37		60		33							-100			
6.5.00				94				94								37		60		38							-100			
7.5.00				94				94								37		60		38							-100			
8.5.00				94				94								37		60		38							-100			
9.5.00				94				94								37		60		38							-100			
10.5.00				45				45								34		0		33							-50			
11.5.00				45				45								34				33							-50			
12.5.00				45				45								34				33							-50			
13.5.00				45				45								34				33							-50			
14.5.00				45				45								34				33							-50			
15.5.00				45				45								34				33							-50			
16.5.00				45				45								34				33							-50			
17.5.00				45				45								34				33							-50			

Ek 4. (devam)

Tarih	BD-1		BD-2		BD-3		BD-4		BD-5		BD-6		BD-7		B-4		B-10		B-11		B-2		B-9		B-12		BTF-3	
	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)
18.10.00																0	90	103	41	99								15
19.10.00																			41									15
20.10.00																72	90	104	41	99								15
21.10.00																46	102	104.1	41	99.3					-107			15
22.10.00																			41									15
23.10.00																46	102	103	41	97					-178			15
24.10.00																44	98	97	41	96					-181			15
25.10.00																44	100	97	41	96					-183			15
26.10.00																44	96	94	41						-180			15
27.10.00																46	98	96	41									15
28.10.00																			41									15
29.10.00																			41									15
30.10.00																46	97	97	41						0			15
31.10.00																46	96	97	41	94					0			15
1.11.00																46	96	98	41	94								15
2.11.00																46	96	96	41	94								15
3.11.00																46	96	97	41	96								15
4.11.00																46	96	97	41									15
5.11.00																			41									15
6.11.00																48	96	102	41									15
7.11.00																48	96	102	41						-122			15
8.11.00																47	96	97	41						-126			15
9.11.00																47	96	96	41						-127			15
10.11.00																47	96	97	41	99					-128			15
11.11.00																47	96	97	41	99					-128			15
12.11.00																			41	99.1								15
13.11.00																45	98	95	41						-165			15
14.11.00																46	95	96	41						-149			15

Ek 4. (devam)

Tarih	BD-1		BD-2		BD-3		BD-4		BD-5		BD-6		BD-7		B-4		B-10		B-11		B-2		B-9		B-12		BTF-3		
	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	
15.11.00							30	140.0						0	42	86	46	98.3	41	99					-141			15	
16.11.00							30	140.0						0	44	96	94			41	100					-173			15
17.11.00							30	140.0						0	44	94	93			41	99					-176			15
18.11.00																				41									15
19.11.00																				41									15
20.11.00							30	139.0						0	44	94	92	99	41	99						-177			15
21.11.00							30	139.0						0	44	83	92	99	41	99						-183			15
22.11.00							30	140.0						0	44	92	92	94	41	98						-181			15
23.11.00							30	140.0						0	44	92	92	99	41	98						-180			15
24.11.00							30	140.0						0	44	92	95	97	41	98						-140			15
25.11.00							40	140.0						0	44	90	96	97	41	97						-138			15
26.11.00																		96.1	41										15
27.11.00							40	138.0						0	47	91	96	97	41	97						-139			15
28.11.00							50	138.0					12	132.0	45	92	98	97	41	99.3						-139			15
29.11.00							50	139.0						0	44	93	98	97	41	97						-138			15
30.11.00							50	139.0						0	43	93	97	97	41	98						-142			15
1.12.00							60	139.0						0	47	95	85	98	41	98						-223			15
2.12.00							60	139.0						0	44		86	97	41	99.5						-172			15
3.12.00																92		94.9	41										15
4.12.00							41	130						0	44		86	95	41	98						-178			15
5.12.00							39	131						0	45		87	94	41	98						-181			15
6.12.00							44	130						0	48		88	95	41	98						-230			15
7.12.00							40	131						0	0		0		41							-200			15
8.12.00							66	130						0	50		92	94	41							-210			15
9.12.00							66	130						0	43	90.5	85	93.3	41							-127			15
10.12.00							66	130						0	43		85	94	41							-127			15
11.12.00							66								43		85		41							-150			15
12.12.00							66								43		85		41							-150			15

Ek 4. (devam)

Tarih	BD-1		BD-2		BD-3		BD-4		BD-5		BD-6		BD-7		B-4		B-10		B-11		B-2		B-9		B-12		BTF-3			
	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)	Debi	T (°C)		
4.4.01																													15	
5.4.01																														15
6.4.01																														15
7.4.01				-35																										15
8.4.01																														15
9.4.01				-35																										15
10.4.01				-35																										15
11.4.01				-35																										15
12.4.01				-35																										15
13.4.01				-35																										15
14.4.01				-35																										15
15.4.01																														15
16.4.01				-35																										15
17.4.01				-35																										15
18.4.01																														15
19.4.01																														15
20.4.01																														15
21.4.01																														15
22.4.01																														15
23.4.01																														15
24.4.01																														15
25.4.01																														15
26.4.01																														15
27.4.01																														15
28.4.01																														15
29.4.01																														15
30.4.01																														15

**36. ÇEVRE VE KÜLTÜR BAKANLIĞI
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**