

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Balçova Kaplıcalarının (İzmir) Jeokimyasal
Özellikleri ve Alanın Jeotermal Enerji
Olanakları**

DOKTORA TEZİ

T421/1-1

Yük. Müh. Servet YILMAZER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21.12.1988

Tezin Savunulduğu Tarih : 21.2.1989

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ali ŞAHİNCİ

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Baki CANİK

: Doç. Dr. Şevki FİLİZ

ŞUBAT - 1989

ÖNSÖZ

Dünyanın enerji ihtiyacı her geçen gün hızlı bir şekilde artmakta ve fosil enerji kaynakları da aynı hızla azalmaktadır. Hidrolik enerji kaynaklarının sınırlı olması, insanları yeni enerji kaynaklarını bulmaya sevketmiştir. Bu nedenle yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerjinin araştırılması geliştirilmesi önem kazanmıştır.

Jeotermal enerji araştırmalarına 1962 yılında başlanan Balçova alanında, bu çalışmayla yeni jeokimyasal yöntemlerin uygulanması ve yorumlanması amaçlanmıştır.

" Balçova kaplıcalarının(İZMİR) jeokimyasal özellikleri ve alanın jeotermal enerji olanakları" nın incelendiği bu çalışmayı MTA Genel Müdürlüğü 3.1.1985 tarihinde onaylamıştır. Böylece bir kısım aylık periyodik analizlerin MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılması sağlanmıştır.

Bu çalışmayı yürüten ve yapıcı tenkitleri ile beni yönlendiren Sayın Hocam Prof.Dr.Ali Şahinci'ye sonsuz şükranlarımı sunarım. Balçova jeotermal alanında tez çalışması yapmamın olurunda ve su örneklerinin analizlenmesinde yardımlarını gördüğüm MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüd Ve Arama Dairesi elemanlarından Sayın Dr.Mehmet Akkuş'a, Sayın Vedat Yüksel'e, Sayın Doç.Dr.Şakir Şimşek'e teşekkür ederim. Balçova ovasındaki bir kısım su analizlerinin teminini sağlayan DSİ İzmir Bölge Müdürlüğünde görevli Jeo. Yük.Müh.Melih Şatır ile yöre ile ilgili petrografik incelemeleri yapan MTA Ege Bölge Müdürlüğü elemanlarından Sayın Gönül Kaya'ya, Sayın Aysin Dora'ya, Sayın Nurdan Helvacı'ya ve Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim elemanlarından Sayın Dr.Hasan Gümüş'e teşekkürlerimi sunarım. Kil minerallerinin değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında büyük yardımlarını gördüğüm MTA Genel Müdürlüğü elemanlarından Jeo.Yük.Müh.Sayın Ali İhsan Gevrek'e ayrıca teşekkür ederim. İzotop analizlerinin yapılmasını sağlayan JICA-WESTJEC(Japon) mühendislerinden Sayın Dr.Shimada'ya özellikle teşekkür ederim. Ayrıca yardımlarını gördüğüm ve isimlerini burada bahsedemediğim mesai arkadaşlarım ile teknik ressam Sayın Server Kırar'a teşekkürlerimi sunarım. Son olarak bu çalışmalarımda büyük manevi desteklerini gördüğüm eşim Canan ile kızım Duygu'ya sonsuz teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

Sahife No:

GİRİŞ	1
I.BÖLÜM, COĞRAFYA	2
I.1. Çalışma alanının konumu	2
I.2. Morfoloji	3
I.3. İklim ve Bitki Örtüsü	4
I.4. Endüstriyel Gelişme	8
I.5. Sağlık Koşulları	8
I.6. Ulaşım Koşulları	9
II.BÖLÜM, ÖNCEKİ İNCELEMELER	10
III.BÖLÜM, STRATİGRAFİK JEOLJİ	17
III.1. Üst Kretase	17
III.1.1. İzmir Flişi	17
III.2. Miyosen	23
III.2.1. Yeniköy Formasyonu	23
III.3. Kuvaterner	25
IV.BÖLÜM, OFİYOLİTİK KAYALAR	26
IV.1. Serpantinler	26
IV.2. Diyabazlar	26
V.BÖLÜM, MAGMATİZMA VE VOLKANİZMA	27
V.1. Mağmatizma	27
V.1. Karabelen Granodiyoritleri	27
V.2. Volkanizma	28
V.2.1. Cumaovası Volkanitleri	28
VI.BÖLÜM, YAPISAL JEOLJİ	30
VII.BÖLÜM, JEOFİZİK ÇALIŞMALAR	38
VII.1. Gravite Çalışmaları	38
VII.2. Rezistivite Çalışmaları	39
VII.3. Doğal Uçlaşma Çalışmaları	41
VIII.BÖLÜM, PALEOCOĞRAFYA	44
IX.BÖLÜM, HİDROJEOLJİ	46
IX.1. Kayaların Hidrojeoloji Özellikleri	46
IX.2. Sıcaksuların Oluşumu	48
IX.3. Jeotermometrelerle Hazne Sıcaklıklarının Hesaplanması	51
IX.3.1. Hidrotermal Bozunum Jeotermometreleri	51
IX.3.1.1. Balçova Jeotermal Alanındaki Hidrotermal Alterasyon Minerallerinin Dağılımı	53
IX.3.1.2. Kuyular Arası Kil Mineralleri Fasiyes Dağılımı	55
IX.3.2. Doğal İzotop Jeotermometresi	58
IX.3.2.1. İzotop Sonuçlarının Yorumlanması	58
IX.3.2.2. İzotop Jeotermometresinin Uygulanışı	60
IX.3.3. Kimyasal Jeotermometreler	61
IX.3.3.1. Silis Jeotermometreleri	61
IX.3.3.2. Na/K Jeotermometreleri	64
IX.3.3.3. Na-K-Ca ve Na-K-Ca-Mg Jeotermometreleri	64

IX.3.3.4.Karışım Modelleri	66
IX.3.3.5.Sondaj Çamur Sıcaklığı ile Kuyudaki Akışkan Sıcaklığı Arasındaki İlişki	69
IX.3.3.6.Jeotermometre Sonuçları	71
IX.4.Beslenme Alanı Yüksekliğinin İzotoplarla Saptanması	73
IX.5.Suların Kimyasal Özellikleri	74
IX.5.1.Suların Genel Kimyasal Özellikleri	74
IX.5.2.Suların Sınıflaması	93
IX.5.3.Suların İçme Özellikleri	108
IX.5.4.Suların Tarımda Kullanılma Özellikleri	112
IX.5.4.1.Sodyum Tehlikesi	112
IX.5.4.2.Klorür Tehlikesi	113
IX.5.4.3.Bor Tehlikesi	113
IX.5.4.4.ABD Tuzluluk Diyagramı	114
IX.5.5.Suların Endüstride Kullanılma Özellik- leri	116
IX.5.5.1.Suların Buhar Kazanlarında Kulla- nılma Özellikleri	116
IX.5.5.2.Suların Çürütme Özellikleri Ve Sülfat Etkisi	117
X.BÖLÜM, SONDAJLI ÇALIŞMALAR VE SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ	118
X.1.Sıcaklık Ölçümleri	118
X.1.1.Gradyan Sondajları	118
X.1.1.1.Gradyan Dağılımları	121
X.1.1.2.Gradyan Sondajlarında Mevsimsel Sıcaklık Dağılımı	123
X.1.2.Isı Üretim Sondajları	125
X.2.Kuyu Logları	127
X.3.Buhar+Sıcaksu Araştırma Sondajları	130
X.4.Isı Üretim Sondajları	133
X.4.1.Isı Üretim Sondajlarının Yapılma Tekniği	136
X.4.2.Isı Üretim Kuyularında Yapılan Testler	140
X.4.3.Test Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar	144
X.5.Balçova Jeotermal Sahasının Yaklaşık Isı Potansiyeli	145
XI.BÖLÜM, SONUÇ VE ÖNERİLER	149
XII.BÖLÜM, DEĞİNİLEN BELGELER	151
EKLER	158
ÖZGEÇMİŞ	179

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil-1 Çalışma alanının yer bulduru haritası
- Şekil-2 Balçova(Agamemnon) kaplıcaları ve yöresinin Blok diyagramı
- Şekil-3 Çalışma alanının direnajağı ve doruk haritası
- Şekil-4 Kırkyedi ve iki yıllık sıcaklık yağış gidışleri
- Şekil-5 Balçova jeotermal sahasına ilişkin su durum çizelgesi
- Şekil-6 Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti
- Şekil-7 Çalışma alanı ve çevresini gösterir kroki
- Şekil-8 Karaburun İzmir Foça yöresinin landsad görüntülerinden çizilmiş tektonik harita
- Şekil-9 Balçova Kaplıcaları güneyindeki flişlerden ölçülen 120 eklem düzleminin gül diyagramları
- Şekil-10 Balçova kaplıcaları güneyindeki flişlerden ölçülen 120 eklem düzleminin kontur diyagramı
- Şekil-11 Çalışma alanı güneyindeki riyolitlerden hazırlanan gül diyagramları, 100 ölçü.
- Şekil-12 Çalışma alanı riyolitlerinden hazırlanan kontur diyagramı,100 ölçü.
- Şekil-13 MTA Genel Müdürlüğü jeotermik enerji aramaları İzmir-Urla-Seferihisar bölgesi gravite etüdü İkinci türev haritası
- Şekil-14 Balçova jeotermal alanı rezistivite haritaları
- Şekil-15 Balçova jeotermal alanında doğal uçlaşma işleyişlerinin odak derinlik haritası
- Şekil-16 Çalışma alanının İzmir-Ankara jeosenklinali içe-risindeki jeolojik konumu
- Şekil-17 Balçova alanının jeotermal oluşum modeli
- Şekil-18 Hidrotermal alterasyon zonları ve karakteristik mineral parajenezleri
- Şekil-19 Balçova ısı üretim kuyularında gözlenen kil mineralleri ve sıcaklık ilişkileri
- Şekil-20 Balçova ısı üretim kuyularındaki kil minerallerinin fasiyes dağılımı ve sıcaklık ilişkisi
- Şekil-21 Bazı sıcak ve soğuk suların delta-D ile delta-Oksijen 18 ilişkisi
- Şekil-22 Balçova jeotermal alanı S-1 kuyusu izotop değerlerinin, Dünyadaki bazı jeotermal alanların izotop değerleri ile karşılaştırılması
- Şekil-23 Hazne kaya sıcaklığını veren SiO_2 abağı
- Şekil-24 Hazne kaya sıcaklıklarını veren Na/K oranına bağı abak

- Şekil-25 $\log(\text{Na}/\text{K}) + B \log((\text{Ca})^{1/2}/\text{Na})$ değerlerine bağlı hazne kaya sıcaklıklarını veren Na-K-Ca abağı
- Şekil-26 Silis karışımına dayalı hazne kaya sıcaklığını veren diyagram ve Balçova sularının uygulanışı
- Şekil-27 Sondaj çamur sıcaklığı ile kuyu sıcaklığı arasındaki ilişki
- Şekil-29 Balçova-Narlıdere ovasındaki sığ kuyularda sıcaklık dağılımı
- Şekil-30 Aylık periyodik analizlerde anyon dağılımı
- Şekil-31 Aylık periyodik analizlerde katyon dağılımı
- Şekil-32 Aylık periyodik analizlerde iyon dağılımı
- Şekil-33 Balçova yöresi sularında eş EC eğrileri
- Şekil-34 Balçova yöresi sularında eş klorür dağılımı
- Şekil-35 Balçova yöresi sularında eş SO_4 eğrileri
- Şekil-36 Balçova yöresi sularında eş HCO_3 dağılımı
- Şekil-37 Balçova sularında bor dağılımı
- Şekil-38 Balçova ovasındaki Cl/B oranı eş eğrileri
- Şekil-39 Balçova ovasındaki Cl/B oranı eş eğrileri
- Şekil-40 Balçova yöresindeki Na/K oranları eş dağılımı
- Şekil-41 Balçova yöresi $\text{Cl}/(\text{HCO}_3 + \text{CO}_3)$ oranı eş eğrileri
- Şekil-42 Balçova jeotermal alanı Cl/SO_4 oranları eş eğrileri
- Şekil-43 Balçova jeotermal alanı Mg/Ca oranı eş eğrileri
- Şekil-44 Balçova kaplıcaları yöresi Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart-Nisan ayları sularının Piper diyagramlarına göre sınıflaması
- Şekil-45 Balçova kaplıcaları yöresi Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül-Ekim ayları sularının Piper diyagramlarına göre sınıflaması
- Şekil-46 Balçova kaplıcaları yöresindeki periyodik olmayan su analizlerinin Piper diyagramlarına göre sınıflaması
- Şekil-47 Balçova kaplıcaları yöresi Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart-Nisan ayları sularının Schoeller'e göre sınıflaması
- Şekil-48 Balçova kaplıcaları yöresi Mayıs-Haziran -Temmuz Ağustos-Eylül-Ekim sularının Schoeller'e göre sınıflaması
- Şekil-49 Balçova kaplıcaları yöresi sularının Schoeller'e göre içilebilirlik diyagramı
- Şekil-50 Balçova yöresi sularının ABD tuzluluk diyagramında gösterilişi

- Şekil-51 Balçova kaplıcaları yöresinde açılan gradyan ve ısı üretim kuyularının panel diyagramı
- Şekil-52 Balçova jeotermal alanındaki gözlem kuyularında mevsimsel sıcaklık dağılımı
- Şekil-53 Balçova kaplıcaları gözlem kuyularında 30-50-70 metrelerdeki mevsimsel sıcaklık kesitleri
- Şekil-54 Balçova kaplıcaları gradyan kuyularından 30-50-70-100 metrelerden ölçülen mevsimsel sıcaklık ortalamaları
- Şekil-55 Balçova gradyan kuyularında derinlik-sıcaklık ilişkisi
- Şekil-56 Balçova ısı üretim kuyularında derinlik-sıcaklık ilişkisi
- Şekil-57 Balçova ısı üretim kuyularında 40-70-100 m sıcaklık kesitleri
- Şekil-58 Balçova kaplıcaları B-9 kuyusundan alınan Gamma-Ray, Neutron, Temperature, Gamma, SP ve Resistivite logları
- Şekil-59 Balçova kaplıcaları B-5 kuyusundan alınan Gamma-Ray, Neutron, Temperature, Gamma, SP ve resistivite logları
- Şekil-60 Balçova kaplıcaları S-1 ve S-2 jeotermal araştırma kuyuları arası jeolojik ve sıcaklık kesiti
- Şekil-61 Balçova kaplıcaları S-1 ve S-3A jeotermal araştırma kuyuları arası jeoloji ve sıcaklık kesiti
- Şekil-62 Balçova kaplıcaları B-1, B-2, B-3 ısı üretim kuyularında litoloji, sıcaklık, gradyan logları ve kuyu teçhizleri
- Şekil-63 Balçova kaplıcaları B-4, B-5, B-6 ısı üretim kuyularında litoloji, sıcaklık, gradyan logları ve kuyu teçhizleri
- Şekil-64 Balçova kaplıcaları B-7, B-8, B-9 ısı üretim kuyularında litoloji, sıcaklık, gradyan logları ve kuyu teçhizleri
- Şekil-65 Pilot test ünitesi şeması

TABLolar

- Tablo-1 Thornthwaite yöntemine göre buharlaşma terlemenin hesaplanması
- Tablo-2 Balçova kaplıcaları yöresinde açılan kuyulardan alınan örneklerin X-Ray analizlerinin sonuçları
- Tablo-3 Balçova jeotermal alanındaki aylık periyodik analizlerin jeotermometre uygulamaları
- Tablo-4 Balçova kaplıcaları yöresi sıcak suları ile soğuk su kaynaklarındaki periyodik anyon ve katyon dağılımı
- Tablo-5 Sıcaklığa bağlı denge sabiti değerleri
- Tablo-6 Periyodik olmayan kuyu ve kaynaklardaki iyonlaşma gücü, S_c , S_d , S_s , pCO_2 hesaplamaları
- Tablo-7 Balçova kaynağı analizlerinden yapılan I , S_c , S_d , S_s , pCO_2 ve elementlerin iyon etkinliklerinin hesaplanması
- Tablo-8 Şahinciye göre Balçova sularının sınıflaması
- Tablo-9 Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH)'ne göre Balçova Sıcak sularının Sınıflaması
- Tablo-10 İçme Sularının Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri
- Tablo-11 Balçova Yöresi Sularının Sertlik Derecelerine Göre Sınıflaması
- Tablo-12 Balçova Yöresi Sularının SAR'a Göre Sınıflaması
- Tablo-13 Bazı Bitkiler İçin Kabul Edilebilir Klorür Derişimleri Ve Balçova Yöresi Sularına Uygulanışı
- Tablo-14 Balçova Yöresi Sularının Buhar Kazanlarındaki Köpürme Özellikleri
- Tablo-15 Balçova Sularındaki sülfatın beton üzerine etkisi
- Tablo-16 Gradyan Kuyularındaki Derinlik Sıcaklık Ve Gradyan Durumları
- Tablo-17 Balçova Jeotermal Alanındaki Buhar Üretim Ve Araştırma Sondajları Ve Neticeleri
- Tablo-18 Balçova Isı Üretim Kuyularının Teknik Özellikleri
- Tablo-19 Balçova Kaplıcaları Isı Üretim Kuyuları Test Sonuçları
- Tablo-20 Balçova Kaplıcalarında Açılan Dokuz Adet Isı Üretim Kuyusunun Linyit Ve Fuel-Oil eşdeğerleri

FOTOĞRAFLAR

- Foto-1 Balçova kaplıcaları güneyindeki flişlerde tabaka eğimlerinin görünüşü
- Foto-2 Agamemnon-I ve Agamemnon-II faylarının görünümü ve Balçova sıcaksu kaynağı
- Foto-3 Isı üretim kuyularına indirilen " U " borularının hazırlanışı
- Foto-4 Balçova kaplıcalarındaki jeotermal ısıtmalı fizik tedavi ünitesi, yüzme havuzları ve diğer otel tesisleri

EKLER

- EK-1 Balçova (İzmir) Kaplıcaları civarının jeolojisi
- EK-2 Balçova (İzmir) Kaplıcaları civarının jeolojik kesitleri
- EK-3 Paleontolojik ve petrografik tayinler
- EK-4 Kuyu yerlerini gösterir kroki
- EK-5 İzotop analizleri
- EK-6 Balçova kaplıcaları civarının jeolojisi ve sıcaklık zonları
- EK-7 Periyodik analizlerin listesi

ÖZET

İnceleme alanı İzmir'in yaklaşık 10 km batısında olup, 160 kilometre karelik bir sahayı kapsar.

Yörede alttan üste doğru Üst Kretase yaşlı İzmir flishi, Miyosen yaşlı kireçtaşı, konglomera ve kumtaşı, Pliyosen yaşlı aglomera-tüf, andezit, riyolitler ile Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyonlar bulunur.

Yörenin hidrojeolojik ve jeokimyasal özelliklerinin esas alındığı bu çalışmayla sıcaksuların oluşumu, hazne sıcaklıkları ve kimyasal özellikleri açıklanmıştır. Buna göre sıcaksuların kökenlerinin meteorik olduğu, sığ hazne sıcaklığının ortalama 100°C civarında olabileceği anlaşılmıştır. Suların iyon özellikleri, kimyasal yorumlamaları ve sınıflamalarından, çalışma alanı suları genellikle bikarbonatlı, beslenmenin güneyden kuzeye doğru olduğu sonucuna varılmıştır.

Hazne kaya sıcaklıklarının saptanmasında doğal izotop jeotermometreleri, hidrotermal bozunum jeotermometreleri ve kimyasal jeotermometreler uygulanarak 200°C ye varan hazne kaya sıcaklıkları hesaplanmıştır.

Balçova jeotermal alanında, jeotermal alanın yüzey-sel dağılımı ve hazne kaya derinliğinin belirlenmesi amacıyla on adet gradyan kuyusu açılmıştır. Gradyan kuyularındaki sıcaklık ölçümlerinden, mevsimlere göre hazne kaya sıcaklığının 5°C kadar değişim gösterdiği izlenmiştir. Ayrıca ısı üretim sondaj alanları saptanmıştır. Gradyan kuyuları ile belirlenen ve 150 m derinlik için 100°C nin üzerinde sıcaklık beklenen birinci derecede önemli jeotermal alana dokuz adet ısı üretim (ısı eşanjör) kuyusu açılmıştır.

Açılan dokuz adet ısı üretim kuyusundan saatte 1103 kg linyit veya 459 kg fuel-oil enerjisine eşdeğer olan toplam 4.405.000 kcal/saat ısı enerjisi çekilebilmektedir.

SUMMARY

The area of investigation is located at approximately 10 km distance from Izmir and covers an area of 160 square kilometre.

The geological units seen in the field from bottom to top are Izmir flysh of Upper Cretaceous, limestone, conglomerate and sandstone of Miocene, agglomerate-tuff andesites and rhyolites of Pliocene, alluvium debris flow of Quaternary.

Hydrogeological and geochemical properties of the field is taken as the object of this work, and the reservoir temperature and chemical properties of geothermal water are determined. As a result, it is found that the origin of hot water is meteoric and average temperature of the shallow reservoir is around 100°C.

Ionic properties, analytical interpretation and classification of sampled waters in the study area show that they are bicarbonate type waters charged from the South to the North.

Estimation of the reservoir rock temperature is carried out by the use of hydrothermal alteration, natural isotope and chemical thermometers. Finally it is found that the reservoir rock temperature is about 200°C.

Ten gradient wells were drilled in order to estimate the surface boundary of geothermal field together with the depth of reservoir rock. Temperature measurement in the gradient wells show us that there is a 5°C change in the reservoir temperature parallel to the seasonal climatic changes. Using these temperature data the area for the heat production wells were outlined.

Nine heat production wells (heat exchanger) were drilled in the area of the prime importance where gradient wells proved the existence of a reservoir with over 100°C temperature within 150 m depth limits.

From these nine wells the total of 4.405.000 kcal/h energy are being produced which is equivalent to the energy of 1103 kg lignite or 459 kg of fuel-oil.

GİRİŞ

Çalışma alanı İzmir-L 18 a₁, a₂ ve Urla-L 17 b₂, b₃ paftaları içinde yaklaşık 160 km² kadardır. Doktora tezi olarak gerçekleştirilen bu incelemeyle, Balçova kaplıcaları civarının stratigrafik ve yapısal konumu ortaya konulmuştur. Hidrojeolojik çalışmalarla sıcak ve soğuk su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri, akifer türleri, hazne ve örtü kayalar, beslenme ve boşalım olanakları ile suların sınıflaması gibi konular araştırılmıştır.

Bu tez, arazi labratuvar ve büro çalışmaları sonucu hazırlanmıştır. Arazi çalışmalarıyla jeolojik harita alımı, kaya ve su örneklerinin derlenmesi, kaynak ve kuyularda sıcaklık ölçümü ve test çalışmaları şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ölçümleri maksimum termometre, termistor tipi dijital termometre ve kuyu içi termik log aleti ile gerçekleştirilmiştir.

Isı üretim sondajlarının bitiminden sonra, her kuyu tek tek ve toplu halde ısı verim testine tabi tutulmuştur. Bunun sonucu belirlenen potansiyelin linyit ve fuel-oil karşılıkları hesaplanarak, mevcut jeotermal potansiyelin ekonomikliği vurgulanmıştır.

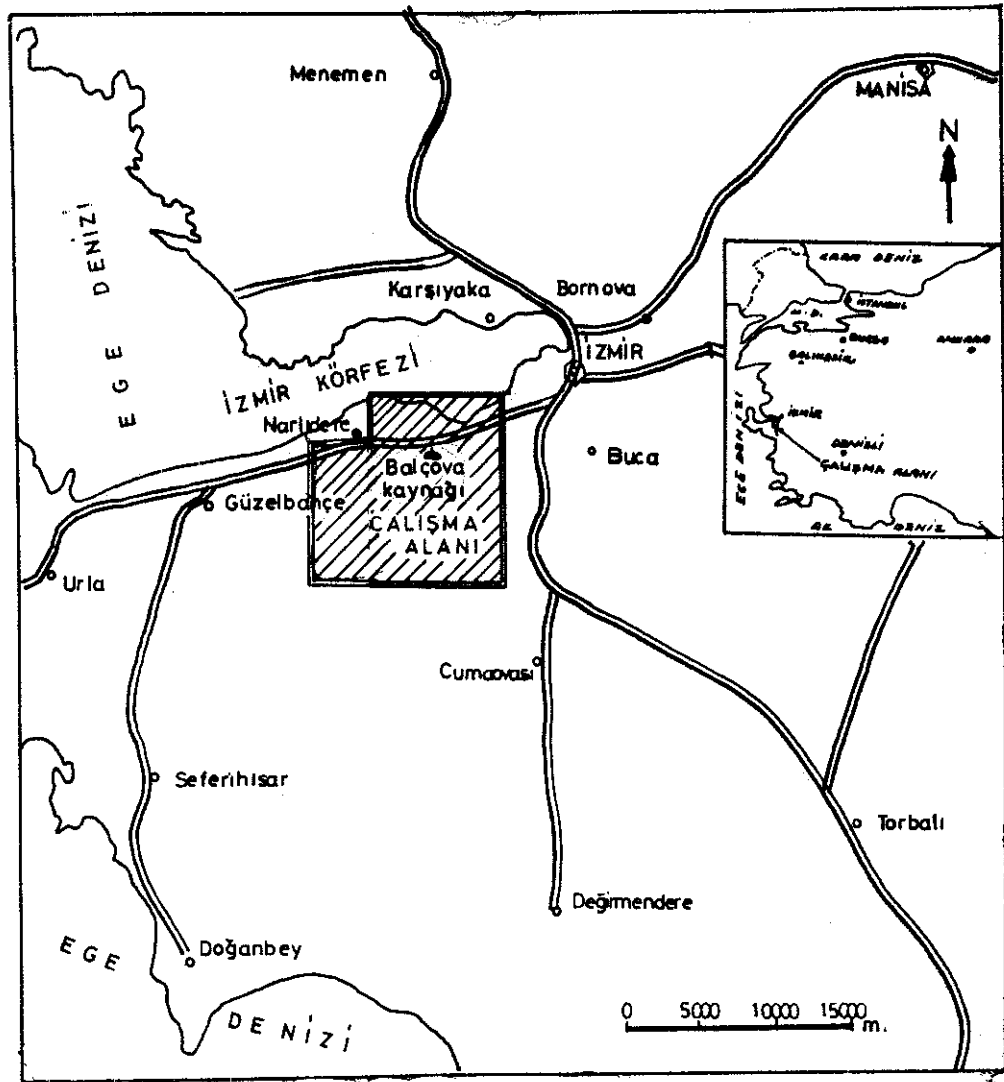
Tezin anlaşılabilir olması için, konular bölümler halinde sunulmuştur.

I. BÖLÜM

COĞRAFYA

I.1. Çalışma Alanının Konumu

İnceleme alanı İzmir'in batısında, Balçova kaplıcaları(Agamemnon Ilıcaları) olarak bilinen alan ve çevresini kapsar. İzmir merkezinden(Konak) 10 km uzaklıkta, kuzeyinde Çeşme asfaltı ve İnciraltı,güneyde Efemçukuru köyü ve Karabelen tepe, doğusunda Balçova, Uzundere köyü, batısında ise Narlıdere ve Çatalkaya tepeleri ile çevrilidir(Şekil-1).

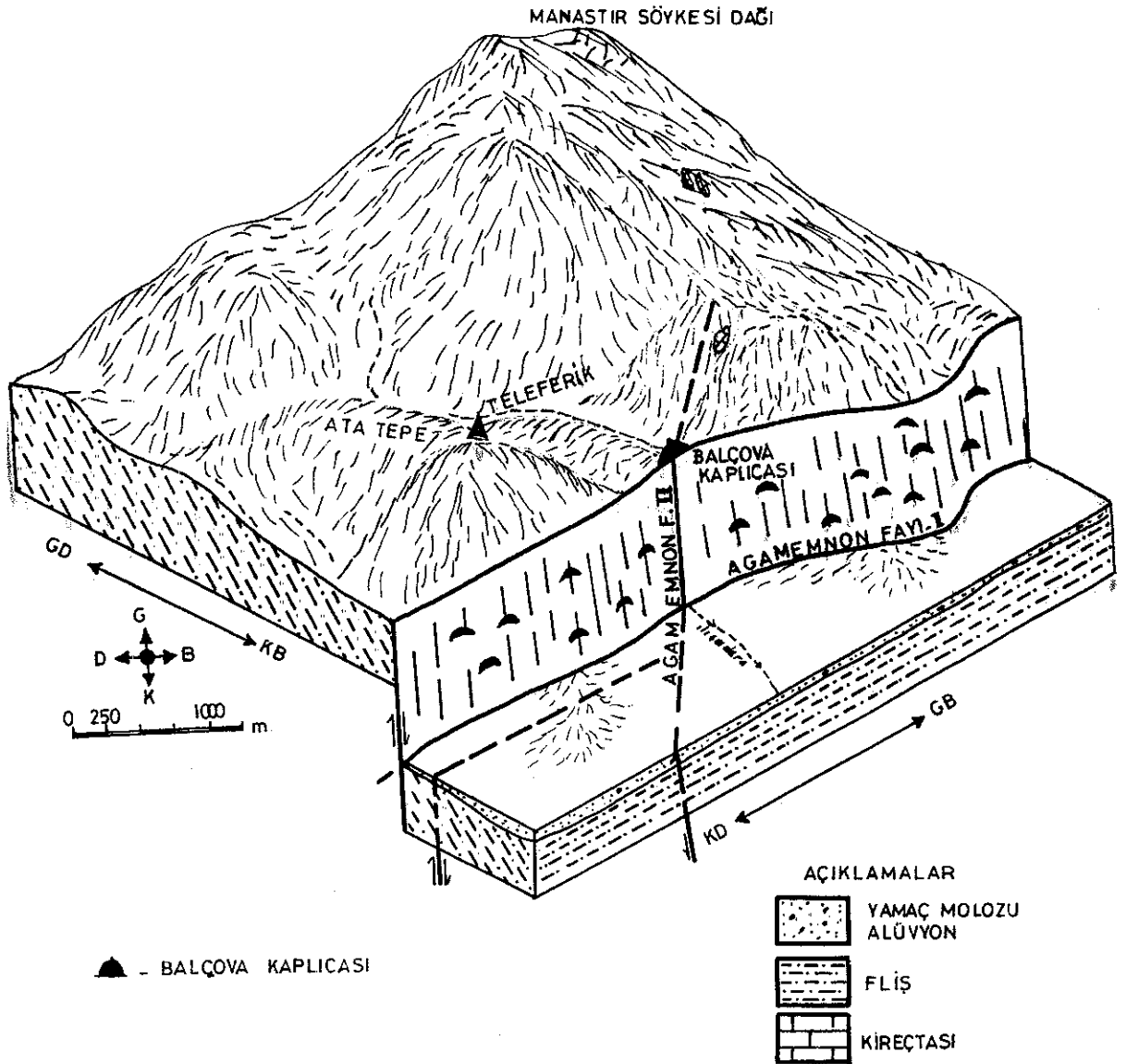


Şekil-1 Çalışma alanının yer bulduru haritası

Çalışma alanı, jeolojik yönden İzmir-Ankara zonu uzanımının güneybatısı içinde kalır. Bu alanda genellikle Üst Kretase yaşlı bazik ve ultrabazik kayalarla, kırıntılı tortul kaya birimlerinden oluşmaktadır.

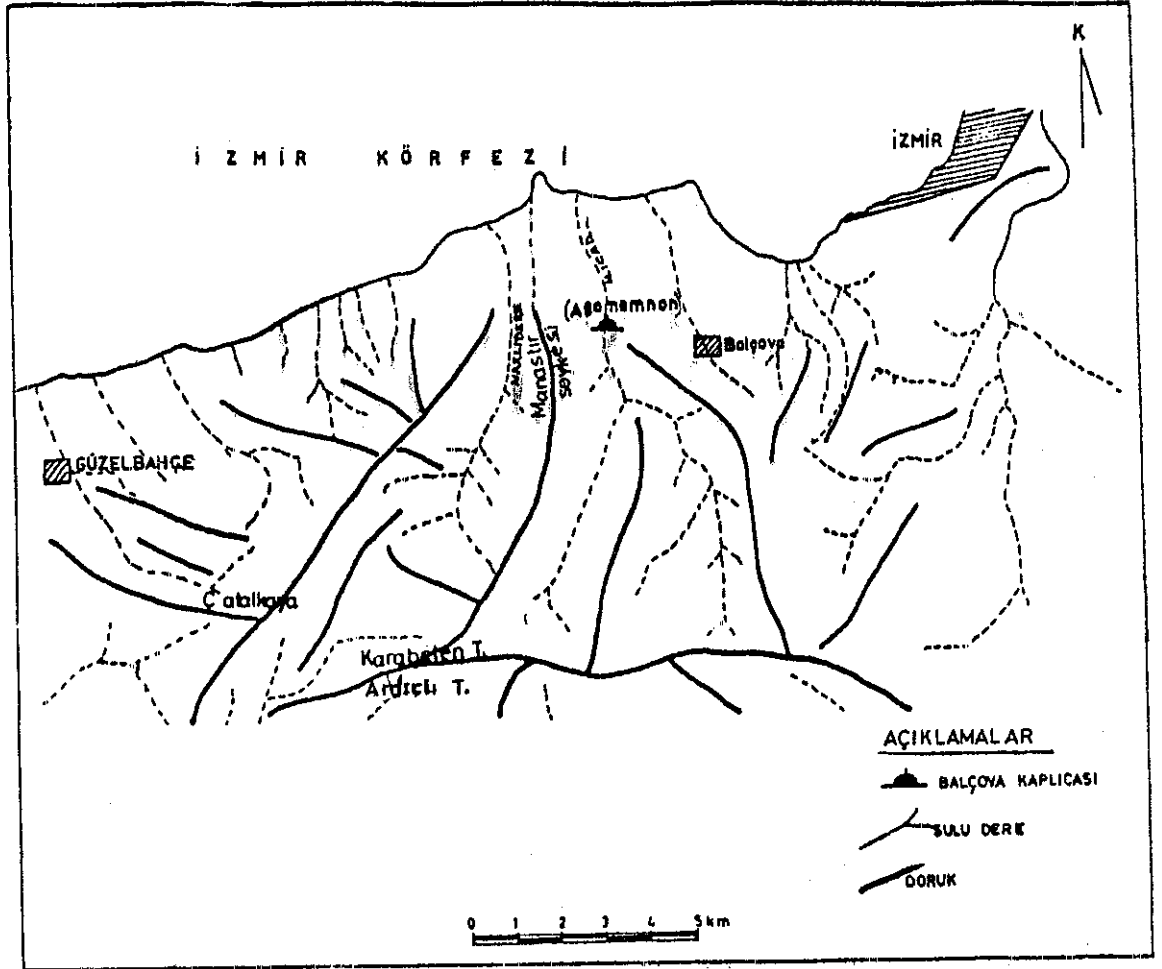
I.2. Morfoloji

Çalışma alanının geniş bölümünü oluşturan İzmir flişi kendine özgü dalgalı bir morfoloji ortaya koymaktadır. Sahanın az bir kesiminde gözlenen alüvyon ve yamaç molozları düzlükleri oluşturmaktadır(Şekil-2).



Şekil-2 Balçova(Agamemnon) kaplıcaları ve yöresinin blok diyagramı (Perspektiften görünüş)

Yörenin yüksek tepeleri Karabelen tepe(1040 m), Ardıçlı tepe(1020 m), Çatakkaya tepe(888 m) dir(Şekil-3). İlica dere ve Narlıdere yataklarında devamlı su bulunduran önemli akarsulardır, kurak dönemlerde debileri azalır. Diğer akarsular ise mevsimsel akışlıdır.



Şekil-3 Çalışma alanının drenaj ağı ve doruk haritası

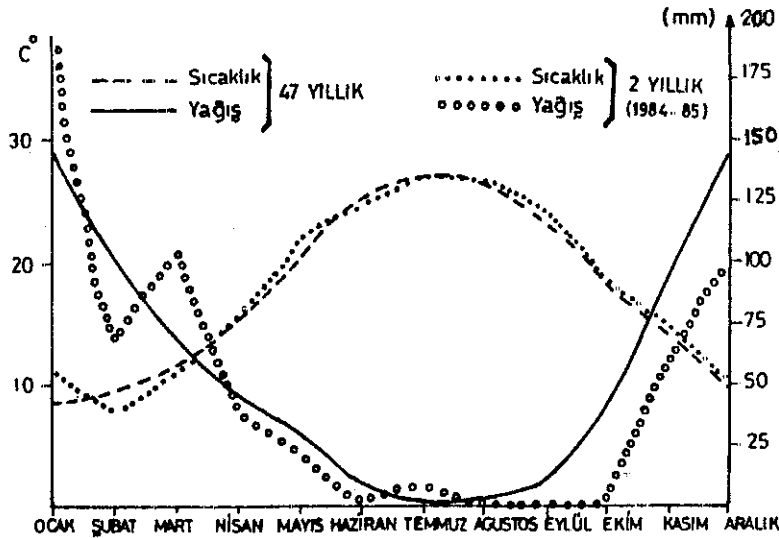
I.3. İklim Ve Bitki Örtüsü

Akdeniz ikliminin etkisinde olan İzmir yöresinde yaz ayları kurak ve sıcak, kışın ılık ve yağışlıdır.

İzmir Güzelyalı meteoroloji istasyonunun 47 yıllık (1938-1985) ortalamalarına göre yörenin iklim koşulları hakkında şu genel bilgiler verilebilir.

Hava basıncı ortalaması	: 1010.9 mm Hg
Sıcaklık ortalaması	: 17.5 °C
Nisbi nem ortalaması	: % 65
Buharlaştırma ortalaması	: 5.4 mm
Rüzgar hızı ortalaması	: 3.4 m/sn
Yıllık ortalama yağış	: 700.3 mm
Açık günler toplamı	: 176.7 gün
Kapalı günler toplamı	: 43.8 gün
Yağışlı günler toplamı	: 80.6 gün
Sisli günler toplamı	: 0.8 gün
Kırağılı günler toplamı	: 8.2 gün
Çiğli günler toplamı	: 36.5 gün
Dolulu günler toplamı	: 23 gün
Fırtınalı günler toplamı	: 29.8 gün

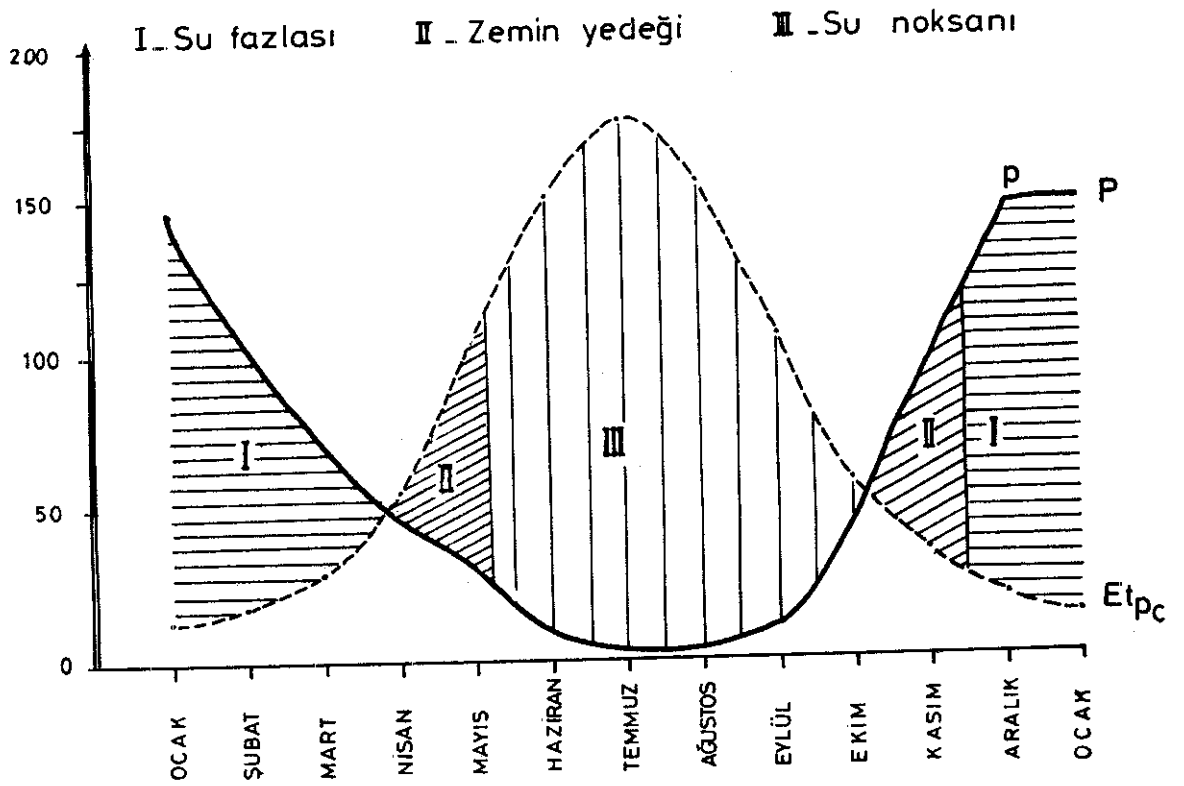
En soğuk ay ortalaması 8.5 °C ile Ocak, en sıcak ay ortalaması 27.2 °C ile Temmuz olmuştur. En yüksek sıcaklık 42.7 °C olarak 24.8.1958 yılında, en düşük sıcaklık -8.2 °C ile 9.1.1942 yılında ölçülmüştür. Balçova yöresine ait 47 yıllık(1938-1985) ve iki yıllık (1984-1985) aylık sıcaklık ve yağış ortalamaları incelendiğinde(Şekil-4), sıcaklıklar arasında fark gözlenmezken, yağışlardaki sapmalar dikkati çekmektedir.



Şekil-4 Kırkyedi ve iki yıllık sıcaklık yağış gidişleri

Güzelyalı meteoroloji istasyonunun kırk yedi yıllık (1938-1985) verilerine göre Balçova yöresinin buharlaşma ve terlemesi Thornthwaite(1948) yöntemine göre hesaplanmıştır(Tablo-1).

Yağışlı devre: Kasımdan Mart sonuna kadar yağış, buharlaşma terlemeden fazladır. Kasımdan Nisana kadar düşen toplam yağış miktarı 558.9 mm, buharlaşma terleme ise 111 mm dir. Böylece 447.9 mm olan yağış fazlası, önce kuramsal olarak alınan 100 mm lik zemin yedeğini tamamlar ve geri kalan ise yeraltı sularını ve yüzeysel akışı besler(Şekil-5).



ŞEKİL : 5 - Balçova jeotermal sahasına ilişkin su durum çizelgesi

Kurak devre: Nisan-Ekim ayları arasında yağış, buharlaşma terlemeden azdır. Nisandan itibaren yağış E_{tpc} 'yi karşılayamaz ve su açığı zemin yedeğinden karşılanır. Bu durumda yağış, buharlaşma-terlemeden az iken, gerçek buharlaşma terleme yağış ile zemin yedeği toplamına eşit olur. Zemin yedeğinin sıfır olduğu Haziran-Ekim

A Y L A R	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aylık ort.sıc.c	8.5	9.3	11.3	15.5	20.6	25.1	27.2	26.9	23.3	18.4	14	10.4
Aylık endeksi(i)	2.23	2.55	3.43	5.54	8.53	11.5	12.99	12.77	10.27	7.19	4.75	3.03
Enlem düzeltilmesi	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.255	1.175	1.04	0.96	0.84	0.825
Buh.Ter.(Etp)	16	19	27.3	49.1	83.4	120.4	139.8	137	104.8	67.6	40.6	23.3
Etp x En.Düz.=Etp _c	13.6	15.96	28.12	54.5	102.52	149.3	175.44	160.9	108.9	64.89	34.1	19.22
Yağış mm (P)	146.2	102.4	70	44.8	30.4	8.8	2.5	2.5	9.5	42.9	94.6	145.7
Zem.rez.değişimi				-9.7	-72.12							
Zemin rezervi	100	100	100	90.3	27.88	0	0	0	0	0	60.5	100
Ger.Buh.Ter.(Etr)	13.6	15.96	28.12	54.5	102.52	36.68	2.5	2.5	9.5	42.9	34.1	19.22
Su fazlası(P-Etr)	132.6	84.44	41.88									85.12
Su açığı(Etp _c -Etr)						112.62	172.94	158.4	99.4	21.99		565.35

Tablo-1 Thornthwaite yöntemine göre buharlaşma terleminin hesaplanması

ayları arasında Etr yağış'a eşit olur(Tablo-1). Haziran ayında 149.3 olan E_{tp_c} 'ye karşılık 8.8 mm yağış düşmüştür. E_{tp_c} 'yi karşılamak için zemin yedeğinde bir önceki aydan kalan 27.88 mm su tamamen harcanmış ve tarım su açığı 112.62 mm olmuştur. Bu açığın kapatılması için yapay olarak bitkilerin sulanması gerekmektedir. Haziran-Ekim ayları arasında toplam su açığı 565.35 mm dir. Kasımdan itibaren başlayan yağışların fazla olduğu dönemde önce 100 mm lik zemin yedeği tamamlanır, daha sonra yüzey suları beslenmeye başlar.

Thorntwaite iklim sınıflamasından, Balçova yöresi için $C_2B_3s_2a'$ formülü elde edilmiştir. Bu formül "yarı nemli, orta sıcaklıklı(mezotermal), kışın orta derecede su çokluğu sunan, denizel iklim" tipini belirlemektedir (Tablo-1).

Yörede Akdeniz iklimine has bitki topluluğu olan makilik, çam, zeytin ve narenciye tipi bitkiler yaygındır. Son yıllarda Balçova ovasında giderek sayısı artan (kısmen jectermal ısıtmalı) seralarda sebze ve çiçek üretimi yapılır.

I.4. Endüstriyel Gelişme

Balçova yöresi endüstriyel yönden fazla gelişmiş değildir. Küçük çapta tarımsal ve sanayi işletmeleri bulunmasına rağmen önemsizdir.

I.5. Sağlık Koşulları

Balçova yöresi sağlık koşullarının iyi olduğu ender bölgelerimizdendir. Burada büyük ölçüde çevre ilçelerin bile ihtiyacına cevap veren Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi ile sağlık ocağı vardır. Ayrıca çok sayıda özel doktor hizmet vermektedir. Bu nedenle Balçova ve yöresinde sağlık sorunları yoktur.

I.6. Ulaşım Koşulları

İzmir-Çeşme, Urla, Seferihisar ilçelerine olan ulaşım Balçova üzerinden olmaktadır. Ayrıca Balçovanın kendisinin gelişip büyümesi, bu bölgedeki yol yapım hızını artırmıştır. Bu bakımdan çalışma alanı ve yakın çevresi için herhangi bir şekilde ulaşım sorunu yoktur.

II. BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Balçova jeotermal alanının İzmir'e yakınlığı, jeotermal enerji ve turizm yönünden önemli olması nedeniyle birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu çalışmalar tarih sırası ile aşağıda verilmiştir.

PHILLIPSON,A.,(1911), CHAPUT,E.,(1936), STRICLAND, N.E.,(1940), ARNI,P.,(1942), ERENTÖZ,C.,(1956), bu bölge ve çevrede yaptıkları çalışmalarda flişi değişik yönden incelemişlerdir.

AKARTUNA,M.,(1962), İzmir-Torbalı ve Seferihisar çevresinde yaptığı çalışmalarda, temelde Paleozoyik metamorfik kayaların bulunduğunu, Üst Kretase yaşlı fliş topluluğunun Paleozoyik temel üzerine oturduğuna değinir. Fliş topluluğunun "killi şist, arkoz, konglomera, gre, kristalin kalk şistler ile bunlar arasında yer alan radyolarit ve kristalen kalkerlerden" meydana geldiğini, ayrıca "fliş'e ait kayaların yanıl ve dikey yönde dereceli geçiş gösterdiğini" yazar. Flişin içindeki az kristalin kalk şist seviyelerinde Kretase yaşlı organik kalıntıların bulunduğunu belirten araştırmacı, flişin üzerine Miyosen yaşlı kumlu, killi, çakıllı birimlerin uyumsuz olarak geldiğini belirtir. Akartuna, Miyosen kayalarını alt ve üst olmak üzere iki düzeyde incelemiştir.

Alt düzey: "Konglomera, gre, marn, kil ve volkanik tüflerle kalker seviyelerini " içerir.

Üst düzey: "Hakim olan kalkerlerden başka marn, kil ve volkan tüfleri " yer alır.

Araştırmacı Miyosen çökellerindeki paleontolojik bulgulara dayanarak Dasiyen yaşlı olabileceğini öngörür.

Ayrıca Pliyosen volkanitlerinin normal olarak Neojen çökellerinin alt seviyelerini kestiğini ve üst seviyelerini örttüğünü gözlemiştir.

SERRUYA, S., (1962), Agamemnon ılıcalarının hidrojeolojik etüdünü yapmış ve ılıcanın olduğu yerden doğu-batı doğrultusunda bir fayın geçtiğini belirtmiştir. Serruya Balçova ovasından aldığı 50 su örneğine göre izoterm, nisbi rezistivite ve tuzluluk haritaları yapmış ve bu haritalardan kuzeydoğu-güneybatı, kuzeybatı-güneydoğu gidişli faylar saptamıştır.

ŞAMİLGİL, E., (1964), İzmir Agamemnon kaplıcaları yöresinde hidrojeolojik incelemeler yapmış ve ılıcada açılan sondajlarda görev almıştır. Araştırmacı alüvyon tabanında yer alan sıcaksuların şistlerden gelen sularla, yüzeyden süzülen suların bir karışımı olduğunu savunmuştur.

ENGİN, O., (1965), İzmir Cumaovası (Menderes) civarındaki incelemesinde Neojen ile Kretase dokanağının yer yer faylı olduğunu belirtmiş ve Neojeni katlara ayırarak incelemiştir.

OĞUZ, M., (1966), Manisa dağı civarında yaptığı bir çalışma ile flişi alttan üste doğru şu kaya birimlerine ayırtlamıştır.

- a. Kampaniyen yaşlı kalın katmanlı kireçtaşı,
 - b. İnce katmanlı kireçtaşı,
 - c. Volkanik kaya ve tuf,
 - d. Konglomeratik kuvarsit ve radyolarit,
 - e. Meastrihtiyen yaşlı fliş,
 - f. Ponsiyen yaşlı konglomera marn, tuf, kireçtaşı,
- ve konglomera

TEZCAN, K., (1966), Agamemnon kaplıcası civarında yaptığı rezistivite çalışmalarından elde ettiği verilere göre, kaplıcadan başlayarak kuzey-kuzeydoğu uzanımlı bir fayın sıcaksu getirdiğini belirtmiştir.

DOMINCO,E.,(1969), İzmir-Balçova-Seferihisar-Urla ve Çeşme jeotermal alanlarında hidrojeokimyasal çalışma ile bölgedeki sıcaksuların kimyasal analizlerini yaparak,

a. Bölgedeki termal suların birbirleri ile olan ilgi ve yakınlık derecesini saptamak için Na/Cl, Na/K, SO₄/Cl, NH₄/B, SiO₂/B, B/HCO₃ iyon oranlarından kare diyagramlar hazırlamıştır.

b. Balçova suyunun düşük derişimli NaHCO₃'lı olduğunu, %55 NaHCO₃, %25 NaCl, %20 Ca ve MgSO₄ içerdiğini göstermiştir.

c. Agamemnon suyunun doğrudan derin hazneden çıktığını, yüzeye gelene kadar bir miktar soğuduğunu ve bünyesine kalsiyum magnezyum iyonları aldığını açıklar.

d. Sıcaksuyun, doğu-batı ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu fayların kesişme noktasından çıktığını belirtmiştir.

EKİNGEN,A.,(1969), İzmir-Urla-Seferihisar alanlarının gravite etüdünü yaparak bölgenin Bouger haritası ile rejyonal gravitesini vermiştir. Doğrudan değerlendirmeye neden olacak bir anomali kapanışı Bouger haritasında görülememiştir. İkinci türev haritasında güneyde Doğanbey bucağından başlayan sıfır konturu, Güzelbahçeye doğru çıkmakta ve Çatakkaya civarında doğuya yönelmektedir. Böylece fliš üzerinde, çukurluğu temsil eden negatif zon oluşmakta ve bu negatiflik sonradan orojenik hareketlere dahi uğramış olsa, çökeltiiler arasında çok derin olan Kretase denizini yansıtmaktadır. Alpin hareketleri sonunda bu jeosenklinealin ortaları(Beyler köyü civarı) yükselime uğramış ve bir ana antiklinal oluşmuştur. Bu yükseltinin Bouger haritasında gravite yükselimi, ikinci türev haritasında pozitif kapanım olarak belirlendiğini göstermiştir.

ÜRGÜN,S.,(1970), İzmir-Seferihisar güneyinde yaptığı hidrojeoloji ve jeotermal enerji çalışmalarında, şistler üzerine uyumsuz olarak mermerlerin geldiğini, bunların Kretase yaşlı kayalar tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü belirtir. Yazar Kretase yaşlı birimleri iki düzeye ayırır;

"a. Alt seviye:Fliš,volkanik,fillit fasiyesleri,

b. Üst seviye:Gri renkli kalkerler ile rekrystalize kalkerler."

Araştırmacı, Neojen'in renkli çakıltası, kumtaşı, kil, marn, kireçtaşı birimlerinden olduğuna ve bu birimlerin ardışıklı olduğuna değinir.

ÖNGÜR, T., (1972), İzmir-Urla civarında jeotermal amaçlı olarak yaptığı jeolojik çalışmalarda Kretase yaşlı kalkşist, kloritşist, killişist, kumtaşı, çakıltası, merceksele kireçtaşı, radyolarit, sipilit, diyabaz ve serpantinleri kapsayan birime İzmir fliş formasyonu adını kullanmıştır. Daha sonra fliş formasyonunu üyelere ayırarak incelemiştir. Bunlar alttan üste doğru şöyledir.

- a. Karabelen gnays üyesi,
- b. Kavacık kuvarşist üyesi,
- c. Efemçukuru şist üyesi,
- d. Gödençe kaba fliş üyesi,
- e. Kaya arkoz üyesi,

Yazar, fliş içinde değişik düzeylerde bazik denizaltı lavlarının bulunduğunu işaret ederek yöredeki tüm birimlerin Pliyosen yaşlı volkanitler tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü belirtir. Öngür, incelemeleri sonucunda yörenin jeotermal potansiyelinin önemli olmadığı görüşündedir. Yılmaz, Gümüş, Şimşek (1975), aynı yörede yaptıkları çalışmada flişi üyelerine ayırtlamamışlardır. Zira üyelerine ayrılan birimler arasında yatay ve dikey yönde geçişler gözlemişlerdir.

İZDAR, E., (1975), "Batı Anadolunun jeotektonik gelişimi ve Ege denizi çevresine ait üniteleri ile karşılaştırılması" adlı çalışmasında İzmir yöresinde "Üst Kretasenin İzmir-Manisa zonu olarak tanımlanan kumtaşları, fliş, kireçtaşı, radyolaritli seviyeler içeren kompleks bir istif ve kuzeydoğu doğrultusunda volkanik katkı artışı ile karakterize" edildiğini belirtir. Yazar Çatalkaya yöresinde kireçtaşı, radyolarit ardalanmasının yaygın olduğunu değinir.

KONUK, T., (1977), İzmir Bornova kuzeyinde Bornova fliş formasyonunun Üst Kretaseden başlayarak Paleosene kadar uyumlu olarak devam ettiğini belirtir.

EŞDER, T., ŞİMŞEK, Ş., (1975), İzmir flişinin batıdan kuzeydoğu-güneybatı gidişli faylarla sınırlandığını belirtmişler ve İzmir-Seferihisar-Cumaovası yöresinde kaya birimlerini şu şekilde ayırtlamışlardır;

- Paleozoyik yaşı kristalin şist ve mermerler,
- Metamorfikler üzerine uyumsuz olarak gelen Üst Kretase yaşı İzmir flişi, tabanda yeşil şist fasiyesi,
- Yeniköy formasyonunu ve bunları uyumsuz olarak üstleyen Cumaovası volkanitleridir.

YILMAZER, S., ŞİMŞEK, Ş., GÜMÜŞ, H., (1977), İzmir Agamemnon jeotermal sahasında yaptıkları jeotermal amaçlı çalışmada, Karabelen tepenin granodiyoritlerden ibaret olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca Agamemnon kaplıcasının suyunun kimyasal analizinden uygulanan jeotermometrelerden;

Na-K-Ca Jeotermometresinden : 108° - 118 °C

Na/K Jeotermometresinden : 150 °C

SiO₂ Jeotermometresinden : 128 °C

sıcaklıklar hesaplamışlardır. Saptanan sıcaklıkların düşük olmasını, derinden gelen sıcak sularla bir kısım yüzeysel soğuk suların karışmasından ileri gelebileceğini yorumlamışlardır. Bu çalışmayla, Balçova jeotermal alanının seracılık, turistik amaçla ve konut ısıtmacılığı şeklinde kullanılabilirliğini vurgulamışlardır.

GÜMÜŞ, H., (1979), Güzelbahçe Payamlı köyü ve Çatalkaya yöresinde yaptığı doktora çalışmasında flişi, İzmir fliş birimi olarak adlandırır ve "denizaltı volkanik türevleri, litarenit şeyl ardalanmasından ve mercekli kireçtaşlarından yapılıdır" der. Araştırmacı İzmir fliş birimini kendi içinde üç ast birime ayırarak incelemiştir. Bunlar;

a. Küçükkaya litarenit şeyl birimi: Bu birim litarenit şeyl ardalanmasından oluşur.

b. Hamidiye diyabaz ast birimi: Denizaltı bazalt akmalarından yapılıdır, birimin dokanakları gözlenemez.

c. Payamlı kireçtaşı ast birimi: Yeniden kristalleşmiş kireçtaşı, katmanlı bazik tüf mercekleri ve litarenit şeyl ara maddeden yapılıdır. Birimin yaşı Kretase sonudur.

Araştırmacı, Neojen yaşı Çamlı çakıltası birimini taban çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve kiltaşından yapılı olduğunu belirterek kuzey-güney gidişli fayların genç olduğundan bahseder.

KAYA, O., (1972), İzmir-Ankara kuşağında Prekambriyenden Kretaseye kadar uzanan ana kaya topluluklarını ayırt

eder. Bunlar üstten alta doğru;

"a. Ultrabazik, bazik, derin bazik yarı derinlik kayaları,

b. Alçak sıcaklık yüksek basınç mineralleri kapsayan metamorfikler,

c. Bazik denizaltı lavı, piroklastik ve diğer ürünleri, rekristalize kireçtaşı ve ofiyolit toplulukları,

d. Şeyl, kumtaşı ve kireçtaşı şeklindedir.

Araştırmacı, Ortadoğu Ege çöküntüsünün Neojen stratigrafisi ve tektoniği çalışmasında, Ege kıyı kuşağında düşey faylarla kontrol edilen birçok graben ve horst yapılarının bulunduğuna değinir. Balçova inceleme alanını da içine alan kesimini Yamanlar yükseltisi olarak isimlendirmiştir. Çalışma alanının doğusunda bulunan Cumaovası volkanitlerinden yapıllı olan ve Neojen tortul birimlerinide Akhisar çöküntüsünün devamı olarak kabul eder.

YAĞMURLU, F., (1980), Bornova güneyindeki fliş topluluklarını üç ayrı birimde incelemiştir. Bunlar;

a. Kurudağ kireçtaşlarını altlayan Kretase sonu yaşta olan Arapdere litarenit şeyl birimi,

b. Kurudağ kireçtaşı düzeyini üstleyen Kretase sonu ve/veya Paleosen başı yaşlı İzmirlik şeyl litarenit birimi,

c. Kurudağ kireçtaşı ve diğer birimleri uyumsuz olarak üstleyen Paleosen ortası yaşta Beşiktaş litarenit şeyl birimidir.

YILMAZER, S., (1981), Balçova kaplıcalarının termal kapasitesi ve kullanımı üzerine çalışmalar yapmıştır. Yılmaz (1984), Ege Bölgesindeki bazı sıcaksu kaynaklarını yüksek lisans çalışmasında incelemiş ve Balçova kaynakları civarındaki faylardan doğu-batı doğrultulu birincil etkin olanı Agamemnon fayı-I, diğer kuzeydoğu-güneybatı gidişli büyük fay'ı Agamemnon fayı-II olarak isimlendirmiştir. Ayrıca araştırmacı suların kimyasal özelliklerini anlatmış ve Balçova sıcaksularının kalsit, dolomit çökelttiğini belirtmiştir.

ATILLA, A., FİLİZ, Ş., YILMAZER, S., (1981), Batı Anadolu'da bor ile ilgili olarak yaptıkları çalışmada, Balçova kaynakları ayrı olarak değerlendirilmiş ve kaynaklardaki bor 6-10 ppm eğrisiyle sınırlandırılmıştır.

ÜSTÜN,N.,(1982), Balçova ilçası ve Narlıdere yöresinde yaptığı bitirme projesinde çalışma alanının eş sıcaklık ve eş su tablası haritalarını çıkarmıştır.

YENİÇ,N.,(1982), Balçova ve İnciraltı yöresindeki su kaynaklarının statik seviyelerini ve sıcaklıklarını ölçerek değerlendirmeler yapmıştır.

ERCAN,A.,YILMAZER,S.,ve diğerleri,(1983), Balçova kaplıcaları civarında yaptıkları çalışmalarında hazne kaya derinliğinin 800-1000 m civarında olduğu ve hazne kayanın İzmir-Çeşme asfaltı ile Balçova kaynağı arasında bulunduğunu söylemişlerdir. Bu çalışmayla belirtilen ve genellikle 180 derece uçlaşma açısı göstermesi, ters çan eğrisi biçiminde olması, haznenin oturma biçiminin düzlem olduğunu ve yayılımın düzlemsel olabileceğini belirtmişlerdir.

DRAHOR,M.,(1983), Balçova jeotermal sahasında doğal uçlaşma yöntemini uygulamış, buna göre daha önce Yilmazer (1984) tarafından Agamemnon fayı-I,II olarak adlandırılan faylar doğrulanarak, özellikle Agamemnon fayı-II'nin sıcak-suyu yukarı taşımada etkin olduğu vurgulanmıştır. Gene bu çalışma ile kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı bir graben saptanarak doğrultusunun Agamemnon fayı-II nin alçalımı ile ilişkisi olabileceği düşünülmüştür.

YILMAZER,S.,(1983), Balçova kaplıcaları yöresinde ısı eşanjörlü sondaj çalışmalarında, açılan dokuz adet ısı üretim sondajından toplam olarak 4.400.000 kcal/s ısı enerjisinin çekilebileceğini açıklamıştır.

III.BÖLÜM

STRATİGRAFİK JEOLJİ

Balçova jeotermal alanı ve çevresinde Üst Kretase yaşlı İzmir flişi yaygın bir şekilde görülür. Çalışma alanında tabanı görülemeyen İzmir flişi metakumtaşı, fillit, kireçtaşı, serpantin, diyabaz gibi değişik kayalardan ibarettir. Çalışma alanının doğu kısmında izlenen ve İzmir flišinin üzerine aşılal uyumsuzlukla gelen Yeniköy formasyonu konglomera, kumtaşı, kiltası, kireçtaşlarından oluşmuş olup Miyosen yaşındadır. Pliyosen yaşlı cumaovası volkanitleri en fazla çalışma alanının kuzeydoğu ve güneydoğu köşelerinde izlenir. Bunlar andezit, aglomera tuf ve riyolitlerden ibarettir. En üste gelen yamaç molozu ve alüvyonlar çalışma alanı kuzeyinde izlenir ve Kuvaterner yaşlıdır.

III.1. Üst Kretase

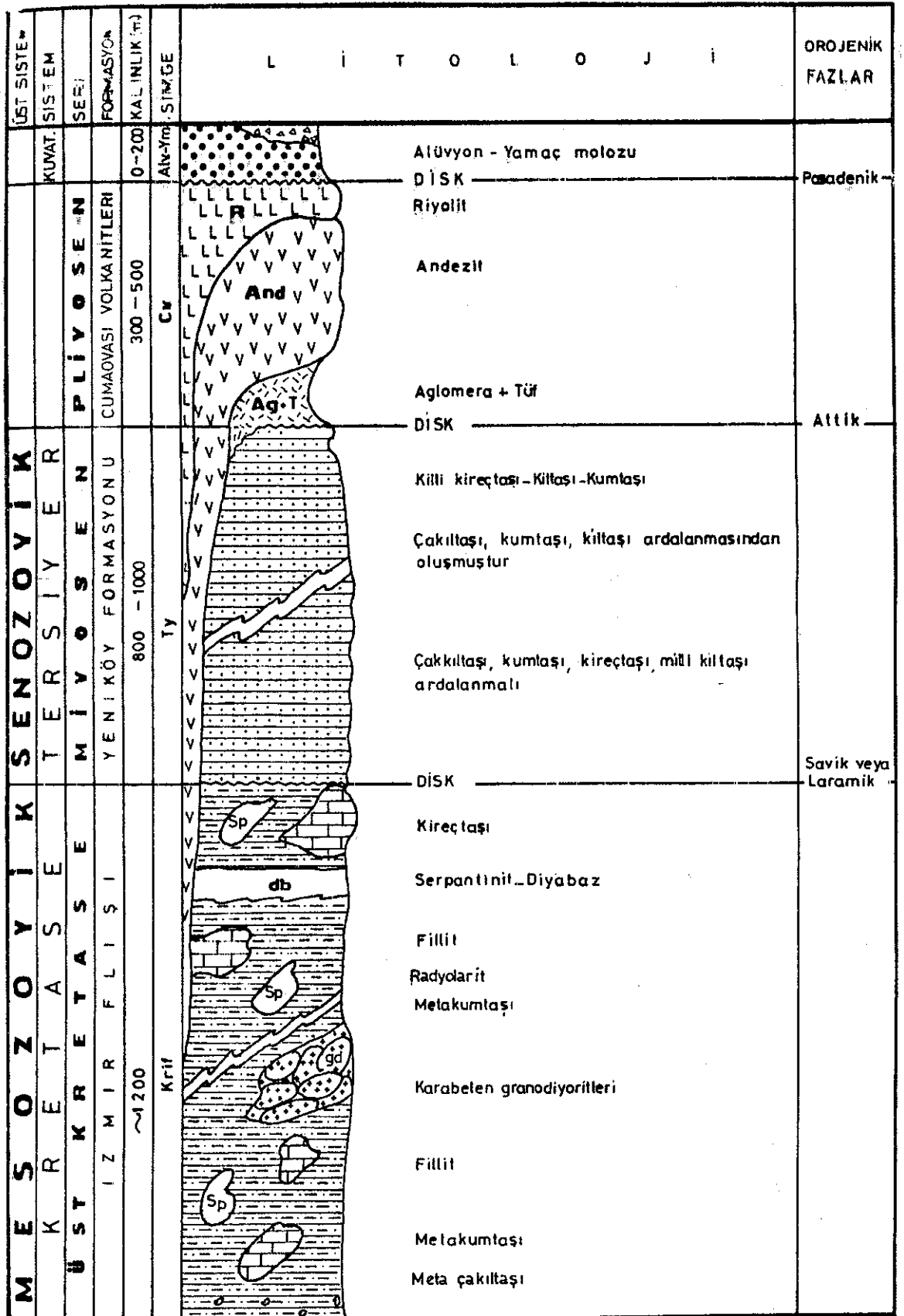
Çalışma alanında Üst Kretase İzmir flişi ile temsil olunur, bunun dışında başka kaya oluşumu yoktur.

III.1.1. İzmir flişi (Krif)

İnceleme alanının en yaşlı birimi olan İzmir flişi, metakumtaşı, fillit, kireçtaşı ardalanması ile denizaltı volkanizması türevlerinden oluşmuştur (Şekil-6).

İzmir flişi, Balçova kaplıcalarından güneye doğru, Ilica deresi boyunca uzanan yol yarmalarında tipik olarak izlenebilir (Ek-1,2)

İzmir flişi Balçovadan başlayarak güneybatı yönünde Seferihisar, Doğanbey, Gümüldür'e doğru ortalama 500-1000 m kalınlıkta uzanmaktadır. Aynı fliş doğuda Bornova, Kemalpaşa, batıda Güzelbahçe, kuzeyde Karşıyaka civarlarında yayılım gösterir.



Şekil : 6 Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti

Seferihisar Cumalı kaplıcalarının bulunduğu yerde MTA Genel Müdürlüğünce jeotermal enerji amaçlı derin araştırma sondajları açılmıştır. Bunlardan SH-II kuyusu 500 m, Cumalı-I kuyusu 584 metreden sonra Menderes Masifinin üst seviyelerini oluşturan kalk-klorit-albit-serisit şistlere girilmiştir(Eşder-1975, Eşder ve diğerleri-1983). Sondaj neticelerine göre, flişin görünür kalınlığı 1500 m ile 584 m arasındadır. Fliş havzaları için bu kalınlıklar fazla değildir, ayrıca flişin Menderes masifi üzerine tektonikle yerleşmiş bir nap olabileceği de savunulmaktadır(Eşder ve diğerleri-1983). Ancak bu araştırma çerçevesinde böyle si tartışmalara girilmemiştir.

Araştırmacılar, sondaj verilerine göre flişin alttan üste doğru siyah renkli fillitik şist, kalkşist, meta kumtaşı ardalanması şeklinde olduğunu, orta seviyelerde ultrabazik kayaların bulunduğunu, üst seviyelerde ise mercek sel konumlu kireçtaşlarının geldiğini yazarlar. Balçova kaplıcalarında derin sondaj yapılmadığından, flişin kesin kalınlığı bu yöre için söylenemez. Ancak, Doğanbey burnundan Bornovaya doğru flişinin kalınlığının arttığı düşünülebilir. Çünkü Bornova güneyinde Paleosen yaşlı flişler, Kretase flişleri üzerinde korunmuşlardır(Yağmurlu-1980).

- Fillitler: Gri açık kahverengi, yeşilimsi ve siyah renklerde kalk-şeyl, çamur-şeyl türünden dayanımsız kayalardır. Bunlar çalışma alanı güneyi ile daha güneydeki Efemçukuru ve Payamlı köyleri yöresinde açıkça izlenebilir. Fillitlerin içinde yer yer arenit girdileri vardır. Akartuna (1962) fillitlerin içinde arkoz ve kumtaşları olduğundan, Gümüş(1979) ise litarenit ve şeylleri, "litarenit şeyl ast birimi" olarak incelemiştir. Belli bir kalınlığın verilemediği fillitlerde fosil bulunamamıştır.

- Radyolaritler: Koyu kırmızı renkli, tabakalı, kıvrımlı ve kırıklı olan bu kayalar çalışma alanı batısında bulunan Güzelbahçe civarında açık olarak görülür. Ayrıca değişik yerlerde yüzeylenme gösteren radyolaritler, inceleme alanı doğusundaki Uzundere batısında, Balçovanın güneyine gelen sırtlarda gözlenirler. Akartuna(1962) ya göre,

"radyolaritli seviyeler, çok muhtemel olarak, fliş teşekküllü esnasında oluşan ultrabazik magma intrüzyonları zaman zaman deniz suyunu silis bakımından zenginleştirir. Böylece radyolariya inkişafı için gerekli ortamı sağlamaları neticesinde hasıl olmuştur."

- Metakumtaşları: Genellikle litarenit bileşimli olan metakumtaşları küçük ve orta tane boyulu metamorfik kaya kırıntılı, kuvarslı, çörtlü olup, taneler kil ve ince kırılmış kırıntılardan yapıllı ara madde ile bağlanmıştır. İnceleme alanında, Balçova barajı yolunda metakumtaşları iyi bir tip kesit oluştururlar. Balçova kaplıcalarının güneybatısındaki kireçtaşlarının önünden alınan örneklerin petrografik incelemesini Dr. Hasan Gümüş(1980) yapmış ve kaya'yı litarenit arenit olarak tanımlamıştır(Ek-3,K-1,2). Buna göre kayayı oluşturan taneler kuvars mika ve opak mineral kırıntılı olup, taneler arası $CaCO_3$ ve kil doldurulup birbirlerine tutturulmuştur. Ayrıca örneklerde boylanmaların kötü ve laminalanmanın gözleendiği belirtilir.

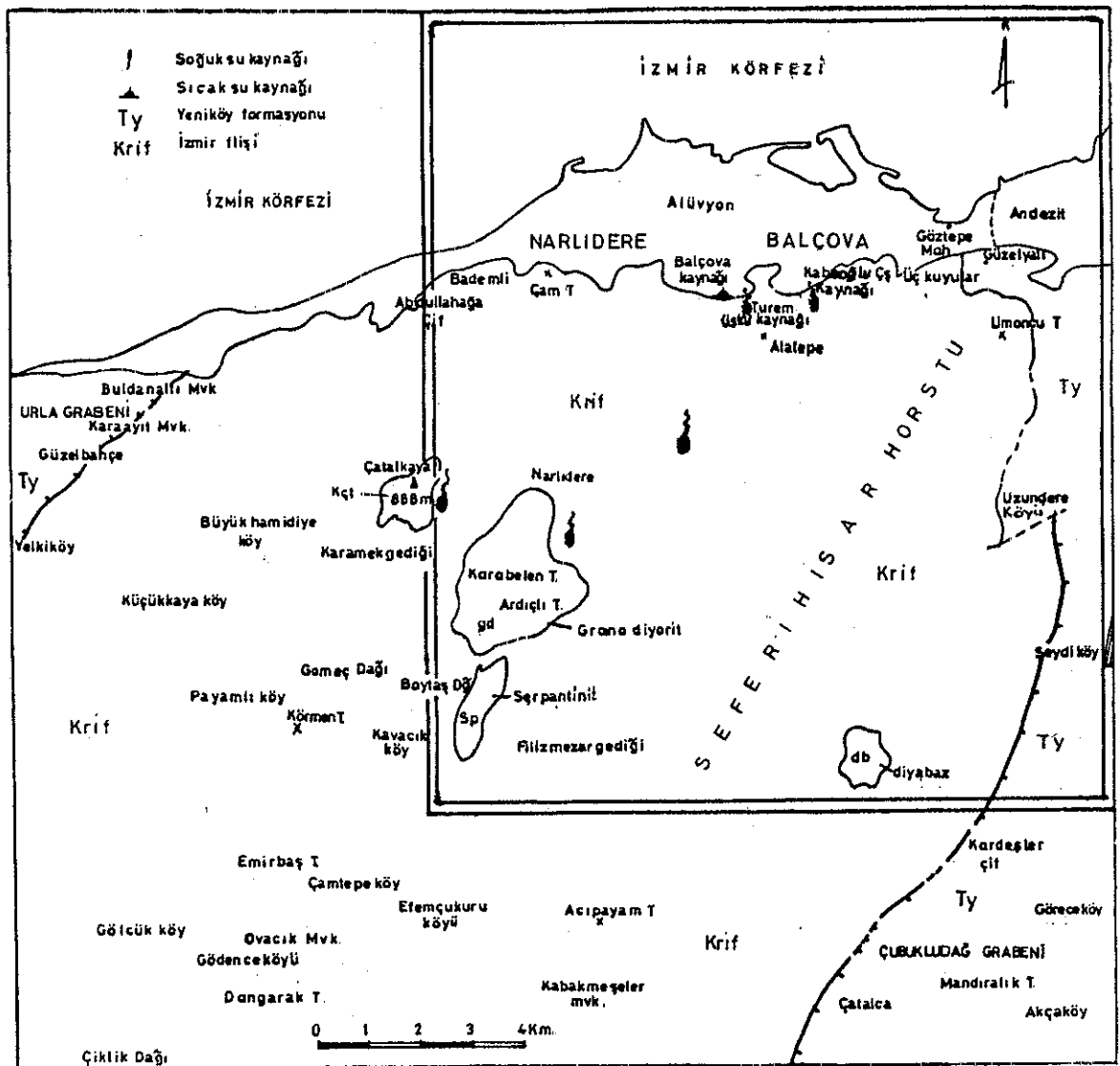
Diğer taraftan Balçova kaplıcalarının 150 m güneyi ve B-4 ile B-9 nolu ısı üretim kuyularından alınan karotların petrografik analizleri MTA Ege Bölge Müdürlüğü laboratuvarında G.Kaya, A.Dora, N.Helvacı (1983) tarafından yapılmıştır(Ek-3). Buna göre litarenit, ince taneli mika, kuvars sist, meta kumtaşı, sublitarenit gibi tanımlamalar yapılmıştır. Metakumtaşları Balçova kaplıcalarının güneyinde üstten karbonat kayalara, tabakalı geçişler gösterir. Bu geçişler çalışma alanının güneybatısındaki Kavacık köyünde iyi izlenir.

- Metaçakıltaşları: Çalışma alanının doğusundaki Uzundere köyünün batısında görülen çakıltaşları, kristallen sistlere ait çakıllar ile radyolarit ve mermer çakıllarından kuruludur. Aynı tür kayalar Seferihisar güneyinde, Güzelbahçe civarında görülebilir. Meta çakıltaşları meta kumtaşları ile yer yer birlikte bulunurlarsa da bu birliktelik çok yaygın değildir.

- Kireçtaşları: Çalışma alanı içinde kalan kireçtaşları gri, beyaz, siyah renklindedir. İnceleme alanında Seydiköy'ün 2 km batısında kuzey-güney doğrultulu

uzanan kireçtaşları ayrıca Çatalkaya ve Karabelen tepe civarında küçük mostralar şeklinde gözlenirler(Ek-1). Keskin köşeli kırıklı , çözünme boşluklu, bol eklemlı, orta ince katmanlı bu kayalar yer yer yan kayalara yanal ve dikey yönlerde dereceli geçiş göstermektedir. Bu durum tipik olarak çalışma alanının güneybatısındaki Payamlı köyünde(Şek-7) izlenebilir.

Çalışma alanının güneydoğu köşesindeki kireçtaşları ortalama 300 m eninde ve 5000 m kadar boyunda olmak üzere kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanırlar(Ek-1). Bu



Şekil-7 Çalışma alanı ve çevresini gösterir kroki

kireçtaşlarının dalımı batıya(Ek-2) olup, Cumalı ters fayları ile buna bağlı gelişen olası küçük ters faylar tarafından gelişmiştir. Burada yer alan kireçtaşlarında rastlanan fosil bulgulardan Senomaniyen-Santoniyen, Senomaniyen-Turoniyen yaşları bulunmuştur(Ek-3, S-2, S-8 nolu numuneler).

Çatalkaya kireçtaşları çalışma alanının orta batı-sındadır(Ek-1). Bu tepenin üzerindeki kireçtaşlarının devamlılığı olmayıp, merceksel konumludur. Buradaki kireçtaşları da öteki yörelerde olduğu gibi kırık çatlaklı ve erime boşluklu olup, Üst Kretase yaşlı kabul edilmektedir.

Balçova kaynağının güneybatısından alınan kireçtaşında(Ek-3), iri orta boyutlu karbonat kristallerinin belli bir yönlenme kazandığı ve düşük dereceli metamorfizma etkisinde kaldığı belirtilmiştir(Ek-3, Gönül Kaya-1985). Örnek içerisindeki serpilmiş durumdaki irili ufaklı kuvarsların ikincil oluşumlu olduğu düşünülmektedir. Buradaki kireçtaşları küçük mostra vermesine rağmen, dikey ve yanal olarak kalkıştirlere geçişli olması, fliş ile eş yaşlı olduğunu gösterir.

Harita alanı dışındaki Payamlı köyü(Şekil-7) kireçtaşları ile(Yılmaz ve diğerleri-1977), Gümüldür İnpınarı kireçtaşlarındaki fosillerden(Eşder,Şimşek-1975) flişin yaşını Üst Kretase olarak tanımlamışlardır. Öte yandan fliş içindeki bazı kireçtaşı merceklerinin Jura yaşını verdiği (Eşder ve diğerleri-1983) belirtilmiştir.

İzmir flişinin tabanı çalışma alanında görülemez. Ancak daha güneydeki Gümüldür-Dereboğazi civarında ve güneybatıdaki Doğanbey burnunda görülen Paleozoyik yaşlı temel kayalar üzerine gelir(Eşder,Şimşek-1975). Flişin yaşı ile ilgili olarak, Akartuna(1962)da Üst Kretase yaşını vermiştir. Konuk(1977), Yağmurlu(1980), Akdeniz ve diğerleri (1986) Bornova yöresi flişlerine Üst Kretase Paleosen yaşını önermişlerdir.

Yağmurlu(1980), Bornova güneyinde yaptığı çalışmalarda flişi, Kretase sonu yaşta "Arapdere litarenit şeyl birimi"

Paleosen yahta "Beşiktağ litarenit geöl birimi" olmak üzere iki ayrı birimde incelemiştir. Ayrıca flişteki paleoakıntı yönlerinden beslenmenin genel olarak güneyden olduğunu belirtmiştir. Ancak Eşder ve diğerlerinin(1983) savunduğu gibi eğer fliş nap şeklinde ise, paleoakıntı yönlerinin bir anlamı olmayacaktır.

III.2. Miyosen

Yeniköy formasyonu ile temsil olunan Miyosen bölgede geniş yayılım göstermesine rağmen çalışma alanı güneydoğusunda çok az izlenebilir.

III.2.1. Yeniköy Formasyonu(Ty)

Çalışma alanınının 10 Km kadar güneyindeki Yeniköy'den ismini alan bu formasyon başlıca, çakıлтаşı, kumtaşı, kiltası, miltası, kireçtaşı ve linyit seviyelerinden oluşmuştur. Bu seviyeler ritmik olmayan bir ardalanma gösterirler. Bu formasyonun en iyi bir biçimde görüldüğü Yeniköy'de (Balaban deresi-Yeniköy-Akyar tepe arası) formasyondan ölçümlü stratigrafik kesit yapılmış ve 875 m kalınlık ölçülmüştür(Eşder,Şimşek-1975). Aynı araştırmacılar Yeniköy formasyonu için toplam 1050 m kalınlık vermişlerdir. Yeniköy formasyonu çalışma alanınının doğusunda görüldüğü yerden Seferihisar Cumalı ılıcalarınının olduğu yere kadar, Çubuklu-dağ grabeni boyunca kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanır. Seferihisarın güneybatısındaki Urla, Güzelbahçe ile doğudaki Seydiköy civarında görülen bu formasyon çok geniş yayılım gösterir. Çalışma alanı güneyinde Yeniköy formasyonu üç ayrı seviyeye ayrılarak incelenmiştir(Eşder,Şimşek-1975). Bunlar;

-Alt Seviye: En altta alacalı kötü boylanmış, yer yer bloklu, az yuvarlak elamanlı oldukça sert, orta ve kalın katmanlı çakıлтаşları(taban çakılı) izlenir. Görünür kalınlığı 445 m olan bu seviyede taban çakılından sonra üste doğru linyitli olan açık sarı renkli kumtaşı, kireçtaşı, milli-kiltası ardalanması gelir. On metre kadar olan bu düzeyden sonra, boz renkli çakıлтаşı, pembe sarı

renkli kumtaşı, çakıllı kumtaşı, sarımsı beyaz renkli algli kireçtaşı, çakıltası, kireçtaşı, çakıltası ardalanması şeklinde devam eder. Üst düzeylerde algli kireçtaşları ile çakıltaları yoğunluk kazanır.

Alt seviyesi İzmir flişi üzerine uyumsuz olarak gelen Yeniköy formasyonunun fliş ile olan dokanağı çoğu yerde faylıdır. Orta seviyeye olan geçişi uyumludur. Çalışma alanı güneybatısında görülen alt seviyenin Seydiköyde İzmir flişi olan sınırı faylıdır. Bu dokanaktan itibaren ardalanmalı olarak kumtaşı, kireçtaşı, çakıltası, kiltası, kireçtaşı gelmektedir. Seydiköyden kuzeyde, Uzundere köyünden Güzelyalıya kadar olan kısımda fliş ile Miyosen sınırı diskordanslıdır. Bu seviyede görülen kireçtaşlarında yer yer alg fosilleri gözlenir. Ayrıca akarsu-göl ortamındaki çakıllarda nummilit(Eosen) fosilleri görülmüştür.

Orta seviye genellikle kırmızı renkli çakıltası, kumtaşı, kiltası ardalanmasından oluşmuştur. Alt seviyede görülen linyit burada yoktur. Bu seviyenin ölçülen kalınlığı 275 m dir(Eşder,Şimşek-1975). Burada görülen kumtaşları ince orta kalın belirgin katmanlı oyu dolgu yapılı ve geçirimsizdir. Orta seviyenin alt ve üst seviyelerle olan ilişkisi uyumludur. Akarsu göl ortamında oluşan bu düzey kayalarda fosil görülememiştir.

Üst seviye genellikle sarı renkli ince taneli, tabakalı kumtaşları, yeşil renkli yumuşak belirgin orta katmanlı kireçtaşları ile ardalanmalıdır. Üst kısımları doğru ise killi kireçtaşı-kiltası ardalanmalı olarak görülür. Üst düzeyde görülen killi kireçtaşları, akça, sarı, sert, köşeli kırıklı belirgin ince tabakalıdır. Bu kireçtaşlarının bazen delikli ve silisifiye olduğu da gözlenmiştir.

Çalışma alanının doğusunda (Ek-1), İzmir-Cumaovası yolu üzerinde, yeşil renkli killer açık şekilde izlenir.

Bu birimin ölçülmüş kalınlığı 155 m dir (Eşder, Şimşek-1975) Miyosen'in üst seviyesini oluşturan kayalar, İzmir-Buca, Cumaovası, Gaziemir dolaylarında yaygın olarak izlenir. Üst seviye ile orta seviye sınırı uyumlu olup, anormal bir durum gözlenmemiştir.

Yeniköy formasyonunun üst seviyesi, çalışma alanı kuzeydoğusunda(Ek-1), İzmir flişi üzerine diskordan olarak gelir. Diğer taraftan bu seviyenin üzerine cumaovası volkanitleri gelir. Böylece Yeniköy formasyonu'nun üst seviyesi, orta seviye ile normal bir sınır oluştururken, flişler üzerine diskordan olarak gelmektedir. Tatlısu-göl ortamında çökelen tortul kayalara AKARTUNA'nın fosil bulgularına göre "Dasiyen veya Dasiyen civarında yaş" verilmiştir.

III.3.Kuvaterner

Çalışma alanında gözlenen Kuvaterner tortulları yamaç molozu, alüvyon ve hidrotermal alterasyona uğramış kayalardan ibarettir.

- Yamaç Molozu: Çalışma alanında Agamemnon fayı-I'in kuzeyinde, Balçova Narlıdere arasındaki yamaç kesimde, yamaç molozları görülür(Ek-1). Bunlar Agamemnon fayı-I'in güneyinde kalan İzmir flişinin yükselmesiyle faya yakın kesimlerde oluşmuşlardır. Faydan itibaren kuzeye doğru gidildikçe yamaç molozları incelenerek yerini alüvyonlara bırakır.

- Alüvyon: Alüvyonlar oldukça yaygın olarak görülürler ve kalınlıkları kuzeye doğru artar. Örneğin B-1 kuyusunda 19 m olan alüvyon, BG-1 gradyan kuyusunda 182 m olmaktadır. Bu birim genellikle fliş'e ait çakıllardan ibaret olup, çakıllar şekilsiz ve düzensizdir.

- Hidrotermal alterasyon: Altere olmuş kayalar en iyi şekilde Balçova kaynağının güneyinde, Ilica deresinin iki yakasında görülür(Ek-1). Bunlar İzmir flişine sıcak suların etkisi sonucu oluşmuşlardır. Bunlardan numune alınarak X-Ray analizleri yaptırılmıştır.

IV. BÖLÜM

OFİYOLİTİK KAYALAR

Ofiyolitik kayalar İzmir flişi içerisinde düzensiz olarak dağılım gösterirler. Bunlar serpantinit ve diyabazlardan ibaret olup, metamorfizmadan etkilenmişlidir.

IV.1. Serpantinitler

Serpantinitler yeşil, koyu yeşil renklerde olup, yer yer talklaşma asbestleşme ve çok az kromitleşme gösterirler. Bunlar en iyi şekilde çalışma alanının güneybatısındaki Karakaya ve Teke dağı civarında görülür. Aynı serpantinitler, çalışma alanı dışına doğru çizgisel bir şekilde uzanırlar. Soğuk bir intrüzyon olarak jeosenklinalin taban seviyelerinden, üst seviyelerine doğru tektonik bir yükselimle gelen serpantinitler, genellikle kırık hatlarına bağlı olarak yüzeyletirlirler. Bu kayaların fliş ile olan sınırını oluşturan dokanaklarda, kırılma ve ezilmelerin varlığı serpantinitlerin bir zorlama sonucu flişler içine yüzeylettiğini ortaya koymaktadır. Şayet flişler allokton ise, serpantinitlerde allokton olacaktır.

IV.2. Diyabazlar

Serpantinitler ile birlikte tektonik olarak yerleşen diyabazlar, jeosenklinal tabanında oluşan kayalardır. Genellikle tektonik hatları izleyen diyabazlar çalışma alanı güneyinde iyi bir şekilde izlenir(Ek-1). Diyabazlar ve serpantinitler yörede genellikle flişle birlikte bulunur.

MAGMATİZMA VE VOLKANİZMA

İnceleme alanı güneyindeki granodiyoritler ile doğu ve kuzeydoğuda görülen volkanitler aşağıda iki ast bölüm olarak incelenmiştir.

V.1. Magmatizma

V.1.1. Karabelen Granodiyoritleri

Granodiyoritler en iyi olarak inceleme alanı güneyindeki Karabelen tepede görüldüğünden, Karabelen granodiyoritleri olarak isimlendirilmiştir. Yapılan petrografik analizlerden albit granodiyorit, albit tonalit, hornblend tonalit gibi tanımlar yapılmıştır(Ek-3). Bu kayalar Karabelen tepeden ayrı olarak, çalışma alanı güneyindeki Gölcük ve Gödençe köyleri civarında da görülmektedir (Şekil-7). Granodiyoritlerin oluşumu ve yerleşimi ile ilgili olarak üç ayrı varsayım sözkonusudur(Yılmaz, Gümüş,Şimşek-1977). Bunlar;

- Magmatik girme: Buna göre granodiyoritlerin yaşı İzmir flişinden genç olmalıdır. Eğer bu varsayım kabul edilecek olursa, granodiyoritlerin fliş ile olan dokanağında kontak metamorfizmasının izlenmesi gerekirdi. Kontak metamorfizması izlenemediğine göre magmatik girme düşünülemez.

- Eski bir temel: Bu varsayımda granodiyoritler jeosenklinal içinde eski bir temel olmalıdır. Bu görüşe göre granodiyoritler eski bir temel olsaydı bunların üzerine gelen kireçtaşlarının bir taban çakılı ile başlaması gerekirdi. O halde eski bir temel olma durumu kabul edilememektedir.

- Ekzotik blok: Buna göre granodiyoritler jeosenklinal havzasına sonradan gelip yerleşmiş olmalıdır. Bu görüşün aksi ispatlanmadığı sürece kabul edilecektir.

Çalışma alanı dışında Gölcük, Gödence köyleri civarında (Şekil-7) granodiyoritlerin fliş içinde düzensiz bir şekilde bulunması, ekzotik blok olma fikrini destekleyen verilerdir. Granodiyoritler üzerinde bulunan kireçtaşları da blok olarak düşünülebilir.

V.2. Volkanizma

Çalışma alanında andezit, riylit, aglomera-tüf gibi asit volkanik kayalar görülür(Ek-1). İzmir civarında yaygınlık gösteren volkanitler bazik ve asidiktir. Lavlar alkali bazaltik(havwait), alkali riylitik ve riylitik türdedir(Ercan-1982).

V.2.1. Cumaovası Volkanitleri

Özellikle çalışma alanı dışında daha çok yayılım gösteren Cumaovası volkanitleri, andezitler, riylitler, aglomera ve tüfler şeklinde incelenmişlerdir.

- Andezitler: Bazik ve asit karakterli, çoğunlukla siyah, pembe, yeşil renkli andezitler genellikle biotit hornblend ve piroksen andezitleri şeklindedir. Çalışma alanında en iyi olarak Güzelyalı civarında görülebilir (Ek-1). İzmir'in yakın çevresinde, Hatay, Göztepe, Kadifekale ve Kaşyaka'da andezitler yayılım gösterirler. Kadifekale civarında görülen andezitler tüf ve aglomeralarla ardaşıklı olarak görülürler(Akartuna-1962).

Andezitler Yeniköy formasyonunu keserler(Şekil-6). Bu nedenle andezitlerin yaşı Pliyosen olmalıdır. Akartuna(1962) çalışmasında andezitlerin Miyosen'i kestiğinden bahseder.

- Aglomera ve tüfler: İnceleme alanının güneydoğu köşesinde bulunan aglomera ve tüfler(Ek-1), Yeniköy formasyonunun üzerine diskordan olarak gelirler. Sarımsı beyaz ve volkanik çakıllı olan aglomeralar çok fazla

kalınlık göstermezler. Üst seviyelere doğru tüffit-tüf olarak devam eden bu kayalar yer yer perlit de içerirler. İzmir civarında ve çalışma alanı güneyinde bulunan bu kayalarda ölçümlü kesit alınarak 118 m kalınlık saptanmıştır (Eşder-Şimşek,1975).

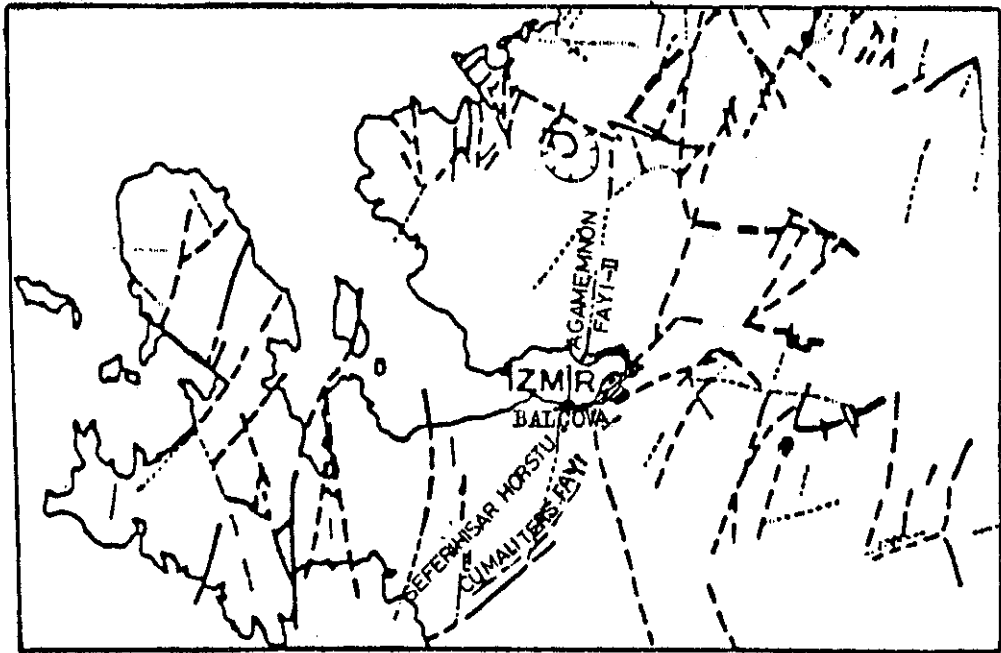
Asit karakterli olan aglomera ile tüfler, andezitlerden genç, riyolitlerden yaşıldır. Zira aglomera ve tüflerin içinde Yeniköy formasyonuna ait konglomera, kumtaşı türü çakıllar görülmüştür. Bu nedenle aglomera ve tüfler Pliyosen yaşındadır.

- Riyolitler: Riyolitler pembemsi beyaz renkli, porfiritik dokulu, ortoklas hamuru içinde kuvars ve sanidin fenokristalli, kırılğan, köşeli kırıklı, sert dayanımlı, kuvars kristalli ve bol çatlaklı kayalardır. Çalışma alanının güney ucunda 2-50 m genişliğinde, 2000-3000 m boyunda sil ve dayklar şeklinde olan riyolitler(Ek-1), Seferihisar jeotermal alanında flişi keser ve domsal görünümündedir(Eşder,Şimşek-1975). Bu kayalar inceleme alanında görülen en genç kayalardır. Çalışma alanındaki riyolitler, Eşder(1988) tarafından boyun olarak yorumlanmıştır(Eşder ile sözlü görüşme).

Aglomera, tüf ve riyolitleri, Eşder ve Şimşek(1975) çalışma alanı güneyindeki yaptıkları çalışmalarda Cumaovası volkanitleri olarak isimlendirmişlerdir. Bu nedenle yöre volkanitleride aynı isimle sunulmuş ve Pliyosen yaşı verilmiştir.

YAPISAL JEOLJİ

Çalışma alanı yapısal yönden Batı Anadolu'nun tektonik yapısı içinde incelenebilir(Şekil-8). İnceleme alanında ve dışında fliş metamorfik temel üzerine uyumsuz olarak gelir. Jeosenklinal havzasına değişik malzemeler geldiğinden, ortam duraysızlaşmış ve jeosenklinal tabanında tektonik etkinlik bağlamıştır. İnceleme alanındaki tektonik etkinlikler şöyle özetlenebilir.



Şekil-8 Karaburun İzmir Foça yöresinin landsad görüntülerinden çizilmiş tektonik haritası.(Dikili-Bergama Türk-Japon projesinde çalışan N.TAGUHI'den alındı-1986)

- Orojenezler: Çalışma alanında Üst Kretase yaşlı İzmir flişi, Miyosen yaşlı Yeniköy formasyonu ve Pliyosen yaşlı Cumaovası volkanitleri vardır. İzmir flişi Savik veya Laramik fazından, Yeniköy formasyonu Attik fazından etkilenmişlerdir. Genç Alpin orojenik fazı olan Pasodenik fazından Cumaovası volkanitleri ve diğer birimlerin etkilendiği düşünülebilir(Şekil-6). Çalışma alanında

orojenezler sonucu, Dede dağı, Manastır söykese dağı, Tekke dağı, Çatalkaya ve Karabelen tepelerini oluşturan dağlar oluşmuştur.

- Kıvrımlar: Çalışma alanı içinde bulunan kıvrım eksenleri genellikle kuzeydoğu-güneybatı doğrultuludur. Bu nedenle yöre tektoniği ile uyumlu kıvrımlar izlenmiştir. İnceleme alanında küçük ölçekte pek çok kıvrımcıklar vardır.

- Doğrultu ve eğimler: İzmir flişinde tabaka doğrultu ve eğimlerin çok sık şekilde değiştiği izlenir. Bu durum çökelim havzasına farklı yoğunlukta çökellerin gelmesiyle ve tektonikle ilgilidir. Bugünkü görünümü ile fliş tabakaları kuzeydoğu-güneybatı, kuzeybatı-güneydoğu, doğu-batı doğrultulu olup, eğim yönleri sırası ile kuzeybatı, kuzeydoğu ve kuzeydir. Balçova kaplıcalarının güneydoğusundaki flişler 70-80 derece ile kuzeye eğimlidir(Ek-2, foto-1).

Faylar: Batı Anadoludaki grabenleşme Tortoniyen'den bu yana şiddetli bir kuzey-güney gerilmesi ile meydana gelmiştir(Şengör-1980). Böylece Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz grabenleri oluşmuştur. Balçova Narlıdere çöküntüsünü de aynı tektonizma ile ilgili olarak Dumont ve diğerleri(1979), Batı Anadolu da Miyosen sonu Pliyosen başında oluşan basınç fazlarından sonraki gerilimlerle Pliyosen başında grabenleşme başlamıştır. Bu grabenleşme Kuvarternerde de devam etmiştir. Grabenleşmelerden tüm Batı Anadolu etkilenerek bugünkü konumunu almıştır. Bu suretle grabenleşme arka arkaya gelen basınç ve çekim modeli biçiminde incelenmiştir. Basınç yönleri sırası ile kuzeybatı-güneydoğu, kuzeydoğu-güneybatı olduğundan, Balçova kaplıcaları yöresinde önce kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu faylar (Agamemnon fayı-II), sonra kuzeybatı-güneydoğu yönlü faylar gelişmiştir. Pliyosen başından sonuna kadar, kuzey-güney yönlü gerilme tektoniği devam etmiş, neticede doğu-batı doğrultulu genç faylar(Agamemnon fayı-I) biçimlenmiştir. Balçova yöresinde görülen ve birinci derecede etkin olan Agamemnon fayı-I ile ikinci derecede etkin olan Agamemnon fayı-II (Ek-1), tarafımızdan isimlendirilmiştir. Balçova sıcaksu kaynağı bu iki fayın kesim noktasından çıkar(Foto-2).

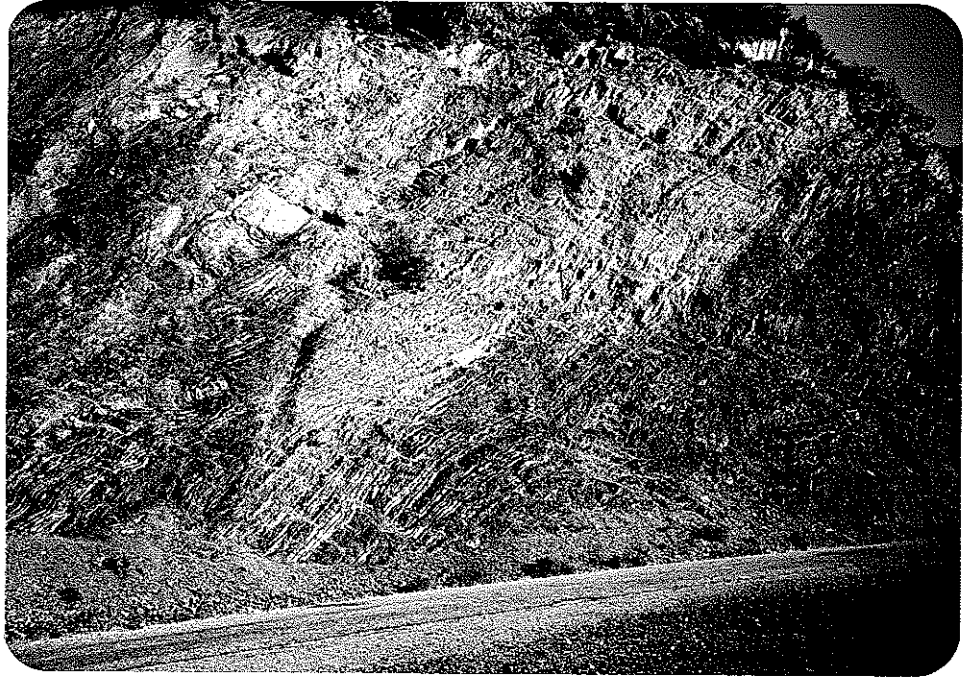


Foto: 1 Balçova kaplıcaları güneyindeki flişlerde tabaka eğimlerinin görünüşü (Baraj yolu üzerinde, doğuya bakış)



Foto: 2 Agamemnon-I ve Agamemnon-II faylarının görünümü ve Balçova sıcaksu kaynağı (Güneye bakış)

Landsad görüntülerine dayanılarak hazırlanan tektonik harita şekil-8 de verilmiştir. Bu haritada Seferihisar horstunu sınırlayan Cumalı fayı ve Güzelbahçe fayı ile Agamemnon fayı-II izlenebilir.

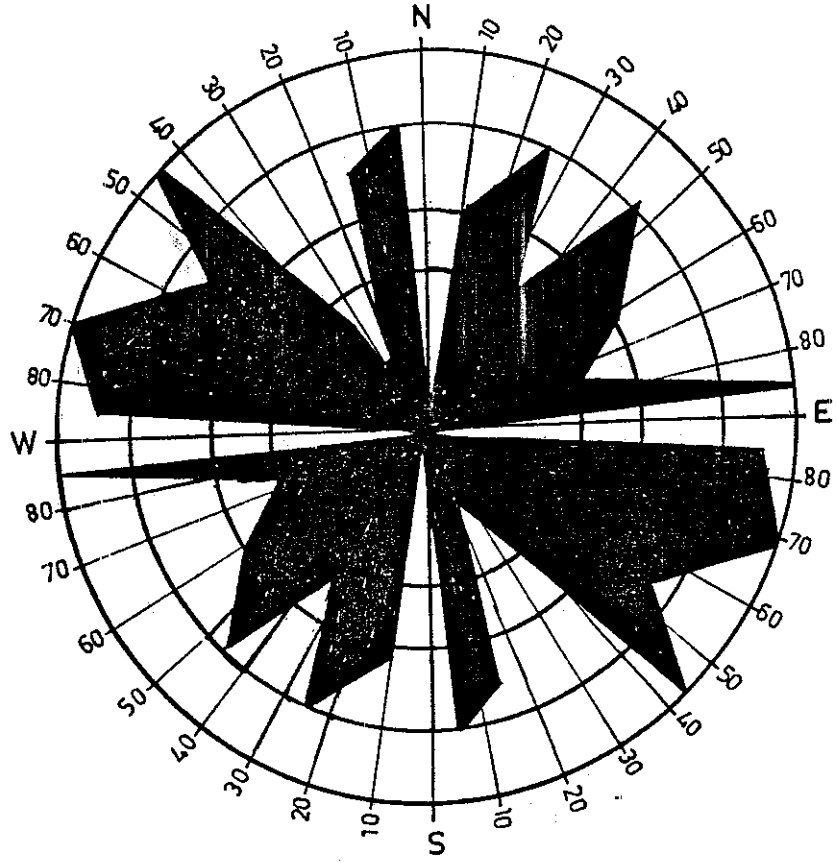
a. Cumalı fayı: Seferihisar-Cumalı ılıcalarından başlayan ve kuzeydoğu doğrultulu olarak uzanan Cumalı fayı ters bir faydır(Eşder,Şimşek-1975). Bu fay Cumalı ılıcalarından itibaren kuzeydoğuya doğru devam ederken yer yer ters fay özelliğini kaybetmiştir. Çalışma alanı içinde Çubukludağ grabenini sınırlayan fay normal faydır. Cumalı ters fayı, grabeni sınırlayan fay'a paralel olarak iç kısımda uzanır(Ek-1).

b. Agamemnon fayı-II: Balçova kaplıcalarından geçen ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan bu fay, İzmir körfezinden Karşıyaka'ya doğru devam eder. Bu durum Şekil-8 deki landsad görüntüsünde de izlenebilir.

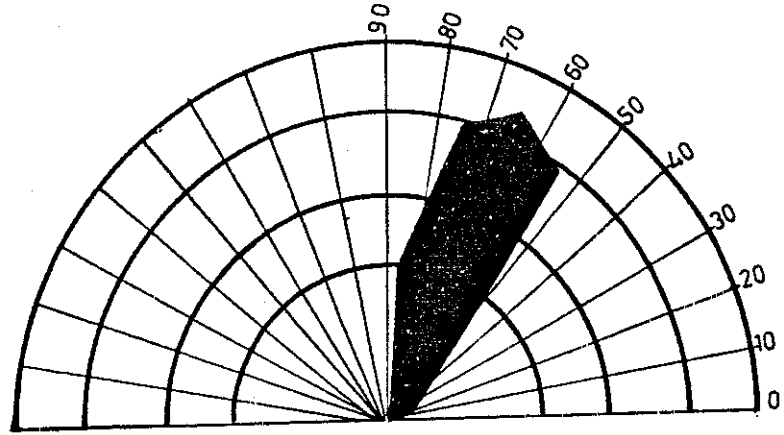
c. Agamemnon fayı-I: Agamemnon fayı-II ile Balçova kaplıcalarında makaslama yapan bu fay (Foto-2), yaklaşık doğu-batı uzanımlıdır. En yeni ve etkin olan bu fay sıcak suların yüzeylemesini ve Balçova kaynağının oluşmasını sağlar.

- Çatlaklar Ve Yarıklar

Çalışma alanındaki sert kayalarda tektonizma sonucu ve volkaniklerde ise soğuma ile ilgili olarak çatlaklar gelişir. Çatlak ve yarıkların çoğu kalsit ve silis dolguludur. İzmir flişinin kırık ve yarıkları çok gelişmiş olduğundan litarenit, kireçtaşı gibi kayalarda gözeneklik ve geçirimlik fazladır. Fliş ile riyolitlerdeki çatlakların eğim ve doğrultularından gül diyagramları hazırlanmıştır. Balçova kaplıcaları güneyindeki arenitlerden alınan 120 çatlak ölçüsüne göre hazırlanan gül diyagramında çatlakların genel doğrultu yönü kuzeybatı-güneydoğu, kuzeydoğu-güneybatıya olup, ortalama eğimler 55-75 derece güneybatı ve kuzey kuzeydoğuya'dır(Şekil-9 a,b). Öte yandan



a. Flişteki çatlak doğrultularından hazırlanan gül diyagramı (120 ölçü)



b. Flişteki çatlak eğim derecelerinden hazırlanan gül diyagramı (120 ölçü)

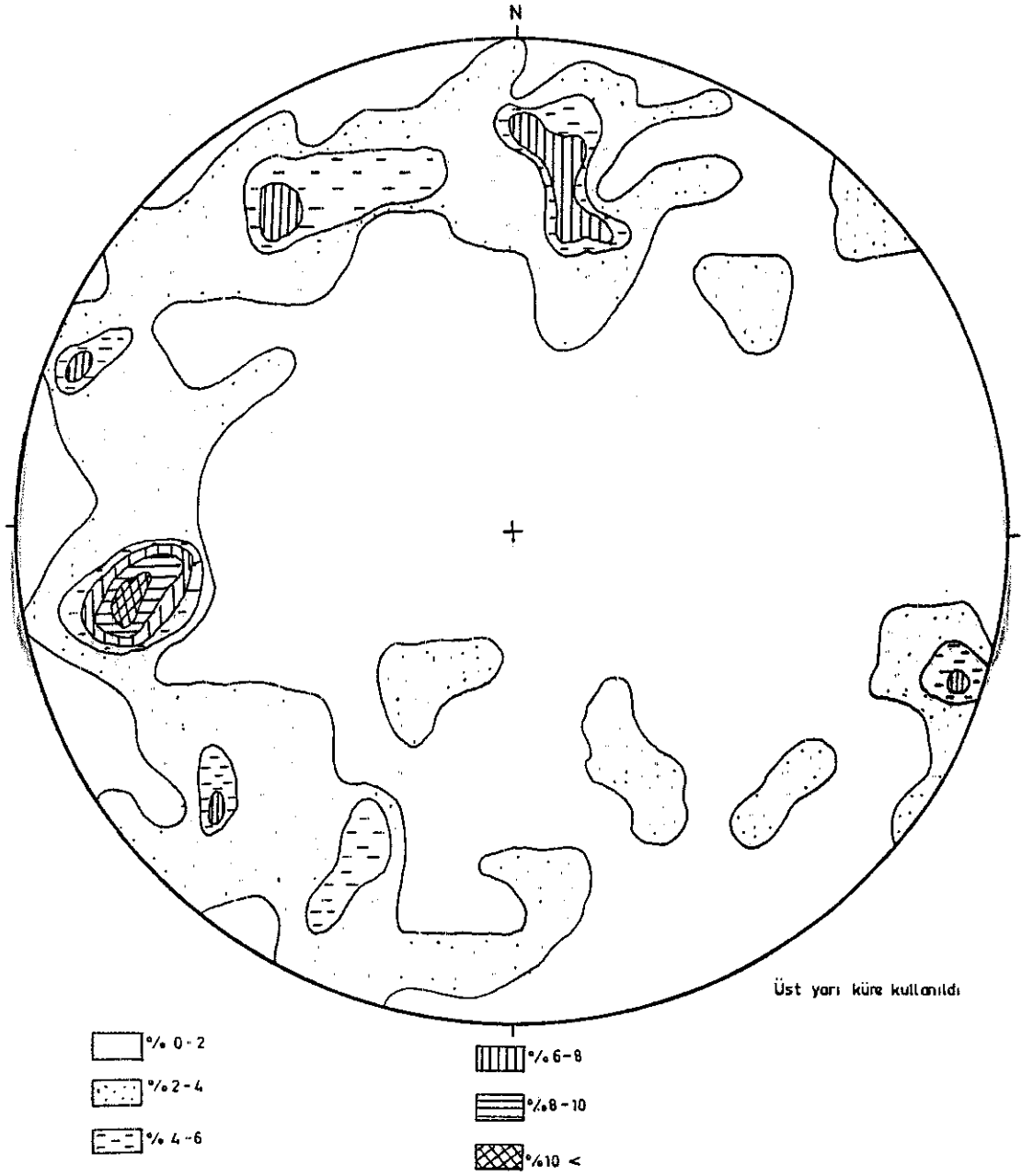
Şekil-9 Balçova kaplıcaları güneyindeki flişlerden ölçülen 120 çatlakın gül diyagramları

flişlerdeki litarenitlerden alınan 120 çatlak ölçümünden çizilen eşit alan diyagramı Şekil-10 dadır. Çatlak düzlemlerinden, Schmidt eş alan projeksiyon ağı kullanılarak elde edilen kontur diyagramında birinci derecede yoğunlaşmanın (% 10<) batı-güneybatıda olduğu görülür. Bu yoğunlaşmanın belirlediği birinci derecede gelişen çatlak düzlemi kuzey, kuzeybatı doğrultulu ve ortalama 70-80 derece güneybatıya eğimlidir. İkinci derecede yoğunlaşma, birinci derecedeki yoğunlaşma ile çakışırken, kuzey-kuzeydoğu da görülür. Bunun belirlediği ikinci derecede çatlak düzlemi batı, batıkuzey doğrultuludur. Üçüncü derecede yoğunlaşma ise alan içine dağılmış durumdadır.

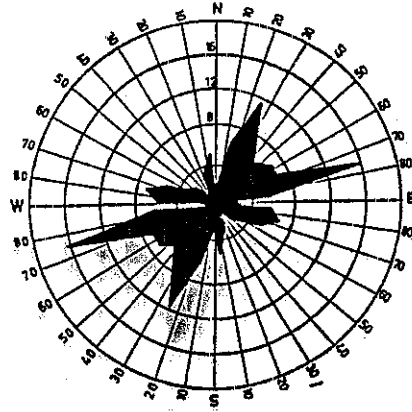
Çalışma alanı güneyindeki filimezar gediğindeki riyolitlerin çatlaklarından alınan 100 ölçüden yararlanarak hazırlanan gül diyagramları Şekil-11 a,b de görülmektedir. Buna göre doğrultu yönü kuzeydoğu-güneybatı olarak gelişmiş ve ortalama eğimler 65-85 derece kuzeybatı, güneydoğudur. Riyolitler için çizilen eş alan diyagramı Şekil-12 dendir.

Riyolitlere ait kontur diyagramının güneydoğu kısmında iki ayrı noktada birinci derecede yoğunlaşma(% 9 <) görülür. Buna göre yoğunlaşmaların belirlediği birinci derecede çatlak düzlemleri kuzeydoğu-güneybatı ve kuzey, kuzeydoğudur.

Sonuç olarak flişteki litarenitler ile riyolitlerdeki çatlaklarda birinci derecedeki eğim yoğunlaşmaları farklı yönlerde gelişmişlerdir.

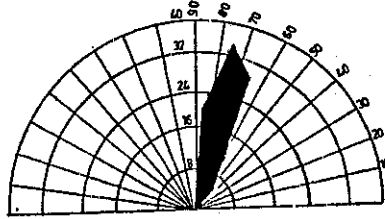


Şekil-10 Balçova kaplıcaları güneyindeki flişlerden ölçülen 120 çatlak düzleminin kontur diyagramı



100 ölçü

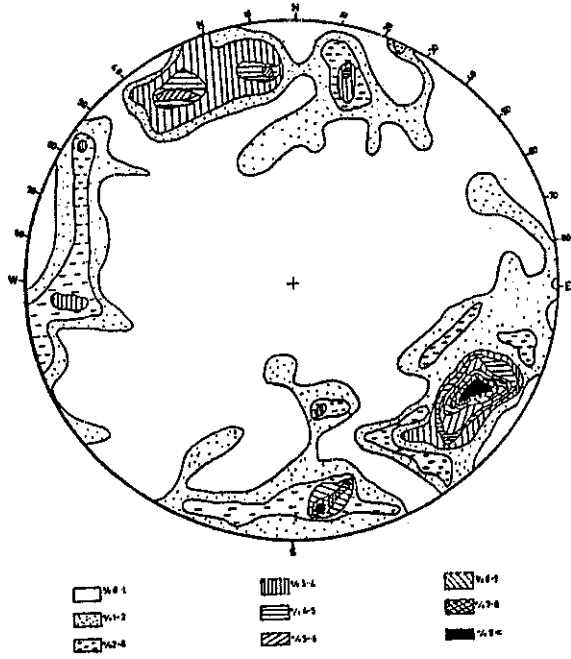
a. Çatlak doğrultularından hazırlanan gül diyagramı



100 ölçü

b. Eğim derecesi diyagramı

Şekil- 11 Çalışma alanı güneyindeki riyoitlerden hazırlanan gül diyagramları(a,b),



Şekil-12 Çalışma alanı riyoitlerinden hazırlanan kontur diyagramı, 100 ölçü.

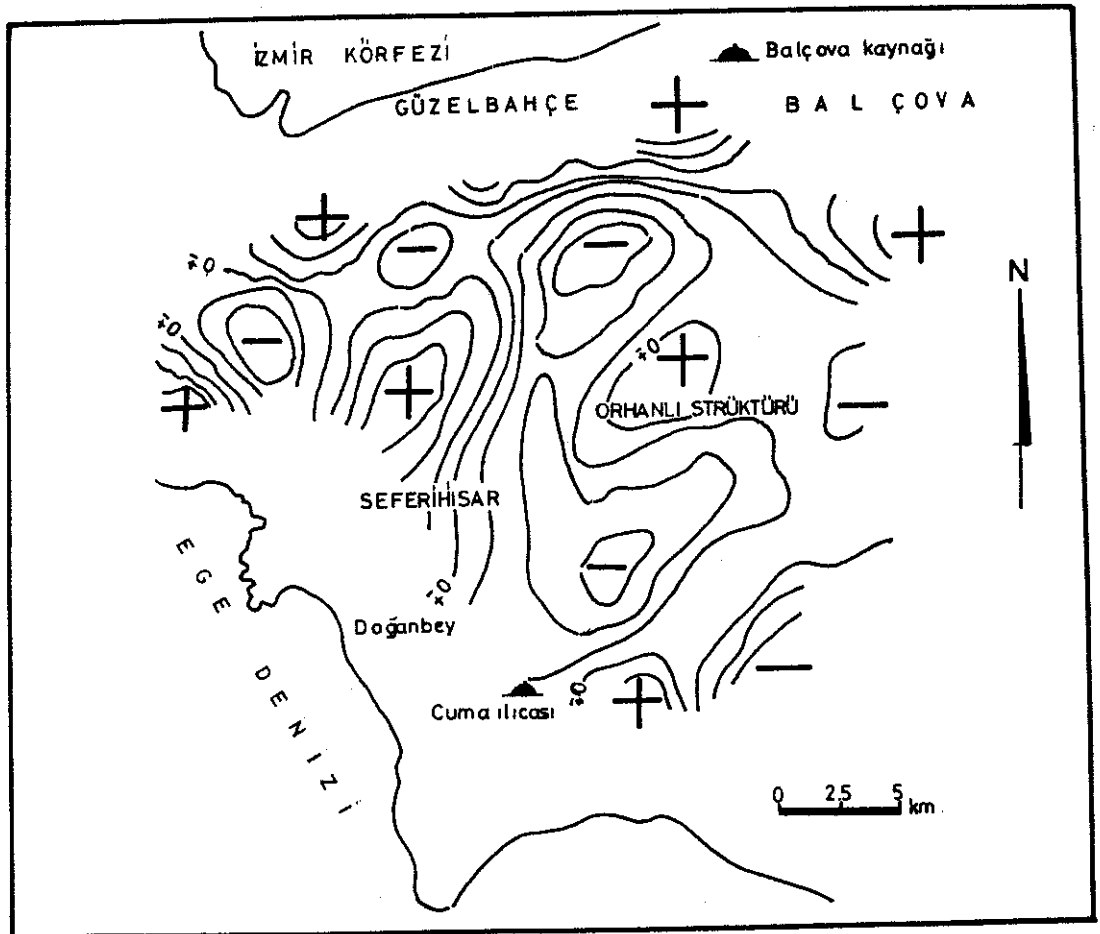
VII. BÖLÜM

JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Jeotermal alanlarda jeofizik etüdüler genellikle derin yapısal durumu, hidrojeolojik şartları, örtü kayanın kalınlığını ve lokal termal durumları saptamak için uygulanır. Jeotermal alanlar ve yakın çevreleri jeofizik metotlarla algılanıp haritalanabilecek fiziksel özellikler içerirler.

VII.1. Gravite Çalışmaları

Gravite yöntemi, jeolojik formasyonların yoğunluk farkına bağlı olarak değişen gravite değerlerinden, temel derinliğini ve temelin topoğrafik yapısını haritalamak, bölgedeki tektonik çizgileri saptamak için uygulanır. İkinci türev haritası şekil-13'te görülmektedir.



Şekil: 13 - M.T.A. Genel Müdürlüğü jeotermik enerji aramaları İzmir Urla. Seferihisar bölgesi gravite etüdü (İkinci Türev haritası) (Ekingen, 1970)

Bu haritadan izlenebileceği gibi alanın ortalarına doğru düzgün bir sıfır eğrisi görülür. Sıfır konturundan itibaren Doğanbey burnundan İzmir körfezine doğru uzanan olası faydan söz edilebilir(Ekingen-1970). Bu fay jeolojik olarak saptanan ve Seferihisar horst'unu kuzeybatıdan sınır-layan faydır.

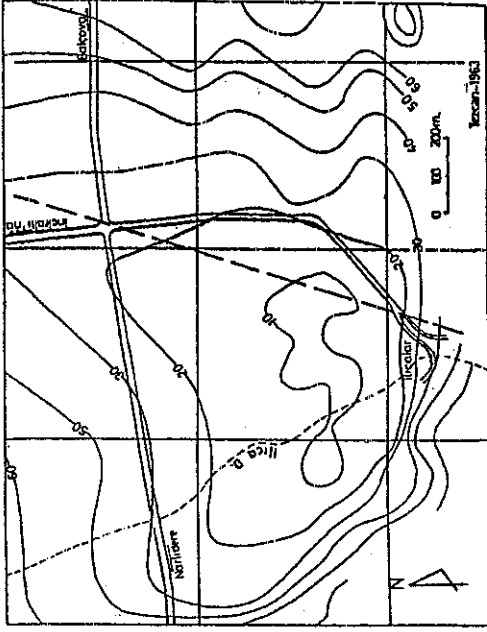
VII.2. Rezistivite Çalışmaları

Elektrik rezistivite metodu, ortam rezistivitesinin sıcaklık, akışkan tuzluluğu ve porozite gibi değişim gösteren parametrelerin etkin bir fonksiyonu olması nedeniyle, jeotermal enerji araştırmalarında uygulanan en önemli tekniktir.

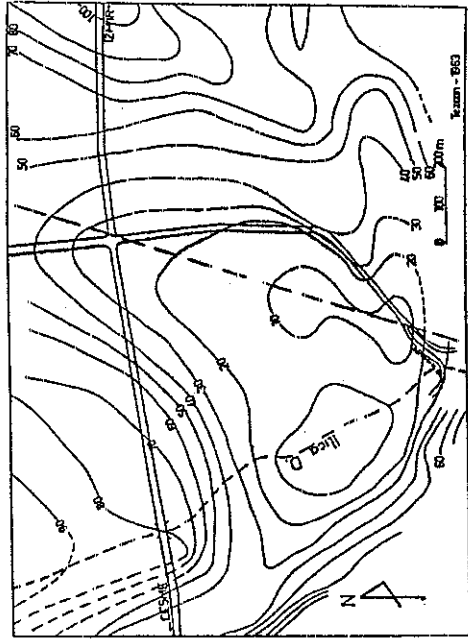
Balçova jeotermal alanında Tezcan'ın 80 noktada gerçekleştirdiği rezistivite çalışmasında kuzeydoğu doğrultulu uzanan Agamemnon fayı-II nin sıcaksu getirdiğini belirtmiştir(Şekil-14a,b,c,d). Çalışma alanında düşük rezistivite dağılımı, Balçova kaynağından itibaren kuzeydoğu ve kuzeybatı olmak üzere iki ana yönde uzanır. Tezcan çalışmasında sıcaksuyun kuzeydoğu-güneybatı fayı boyunca geldiğini kaydeder. Ancak jeolojik çalışmalar ışığında, sıcaksuyun kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu Agamemnon fayı-II ile doğu-batı doğrultulu Agamemnon fayı-I boyunca gelebileceği sonucuna varılmıştır. Bununla ilgili görüşler şöyle açıklanabilir;

- Eğer beslenme sadece kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu Agamemnon fayı-II boyunca olsaydı Şekil-14 b deki düşük rezistiviteli alanın kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanım göstermesi gerekirdi. Oysa şekilde 10 Ohm.m olarak belirtilen doğu-batı uzanımlı bu düşük rezistiviteli zon Agamemnon fayı-I'e paraleldir.

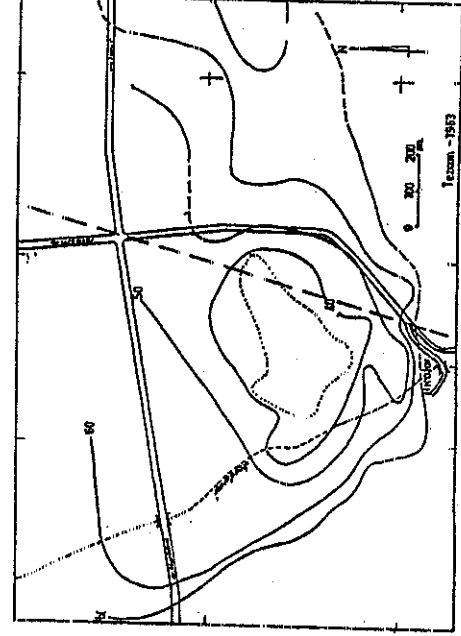
-Şekil-14c'de 250 m derinlikten geçirilen eğriler görülmektedir. Burada 100 m derinlikte görülen düşük rezistiviteli zon kaybolmakta ve değerlerde bir yükselme görülmektedir. Bu durum 100 m de görülen sığ rezervuarın derine doğru devam etmediğini, sıcaksuyun sadece kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu fay boyunca gelmediğini işaret eder.



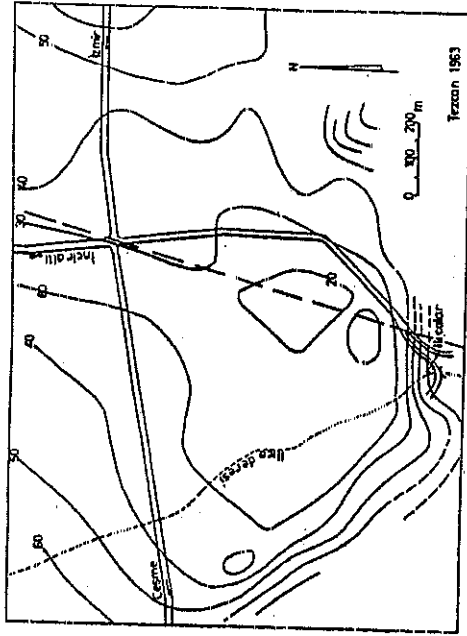
a. Rezistivite haritası (Wenner, a=50 m)



b. Rezistivite haritası (Wenner, a=100 m)



c. Rezistivite haritası (Wenner, a=250 m)



d. Rezistivite haritası (Wenner, a=450 m)

Şekil- 14 Balçova jeotermal alanı rezistivite haritaları (a,b,c,d) Tezcan-1963

Buna göre Tezcan'ın belirttiği, sıcaksu kuzeydoğu-güneybatı fayı boyunca besleniyor görüşü benimsenmekle beraber burada asıl etkin fay doğu-batı uzanımlı Agamemnon fayı-I olup sıcaksuyun beslenmesi bu fay ile Agamemnon fayı-II boyunca-
dır. Balçova kaplıcaları güneyinde görülen hidrotermal al-
tere oluşuklar, Agamemnon fayı-I ile Agamemnon fayı-II nin
eski kesim noktasında oluşmuşlardır.

-450 m derinlik için hazırlanan rezistivite harita-
sında, ilk başta görülen düşük rezistiviteli alanlar tama-
men kaybolmakta ve sığ alanlar bu derinlikte görülmemektedir.

-Balçova jeotermal alanında yapılan rezistivite ça-
lışmaları, sığ rezervuarı yansıtmaktadır. Yüksek sıcaklık-
lı derin rezervuar varlığının araştırılması için büyük açıl-
ımların yapılması gerekmektedir.

VII.3. Doğal Uçlaşma Çalışmaları(S.P.)

Doğal uçlaşma yönteminin jeotermal alanlara uygula-
masının başlıca amaçları;

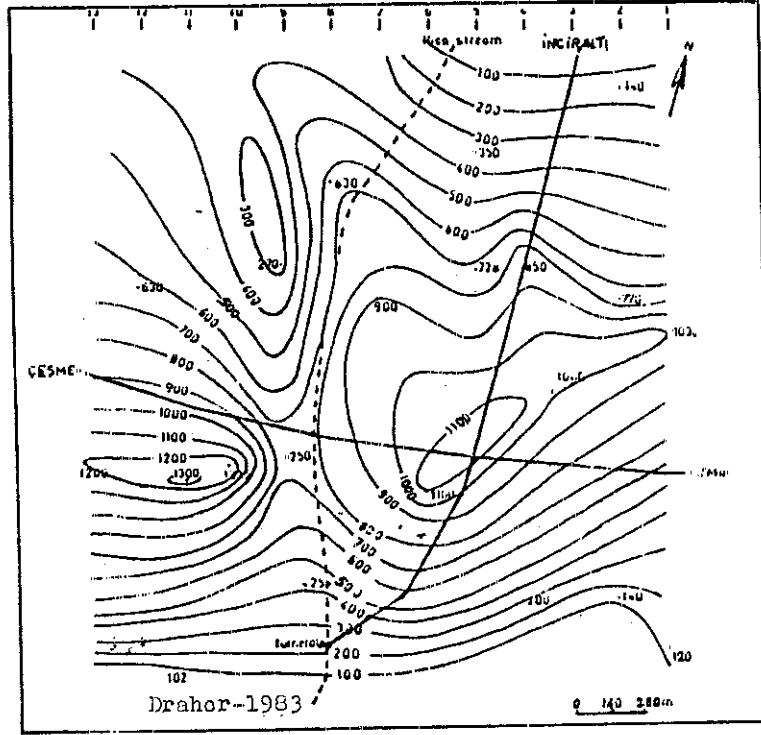
a. Jeolojik gözlemler sonucu saptanmış kırıkların
varlığının kanıtlanması, alüvyonlarca örtülü kırıkların
araştırılması,

b. Jeotermal alan sınırlarının tayini,

c. Hazne kayanın oturmuş biçimi derinliği ve doğrul-
tusunun saptanmasıdır(Ercan-1982).

Agamemnon fayı-II tarafından oluşturulduğu düşünö-
len kuzeydoğu-güneybatı yönünde ilerleyen belirtiler
(Şekil-15), tıpkı Agamemnon fayı-I kırığı tarafından oluş-
turulduğu öngörülen doğu-batı yönlü belirtilerin jeoloji
ile büyük bir benzerlik taşıdığı görülür(Drahor-1983). Bu
sonuç jeolojik olarak belirlenen tektonik verileri destek-
ler görölmektedir.

Uçlaşma odak derinliği haritasından, uçlaşma odak
derinliklerinin dağılımı ve hazne kayanın biçimi izlenir
(Şekil-15).



Şekil-15 Balçova jeotermal alanında doğal uçlaşma işleyişlerinin odak derinlik haritası

Yukarıdaki şekilde Balçova kaynağından İzmir-Çeşme asfaltına doğru konturlar sıklaşmakta ve derinliğin büyük bir hızla arttığını göstermektedir. Odak derinliği İnciraltı-izmir yol ayrımında 1100 m, Ilica deresinin solunda 1300 m ve 300 m dir(Drahor-1983). Daha sonra kuzeye doğru alüvyon kalınlığının arttığı BG-I (183 m) sondajından bilindiğinden bu görüş benimsenmemektedir.

Araştırmacılar 1300 m ve 1100 m odak derinlikleri arasını bir hors gibi yorumlamışlar ise de bu durum yörede yapılacak derin sondajlardan sonra açıklığa çıkabilecektir.

Sonuç olarak;

- Doğal uçlaşma çalışması, çalışma alanındaki kırıkların saptanması açısından jeoloji ile bütünleyicidir.

- Hazne kayanın oturduğu biçiminin düzlemsel olarak kabulü jeotermal akışkanın Agamemnon fayı-I'in düzlemi boyunca yataklandığı görüşümüzü tamamlar.

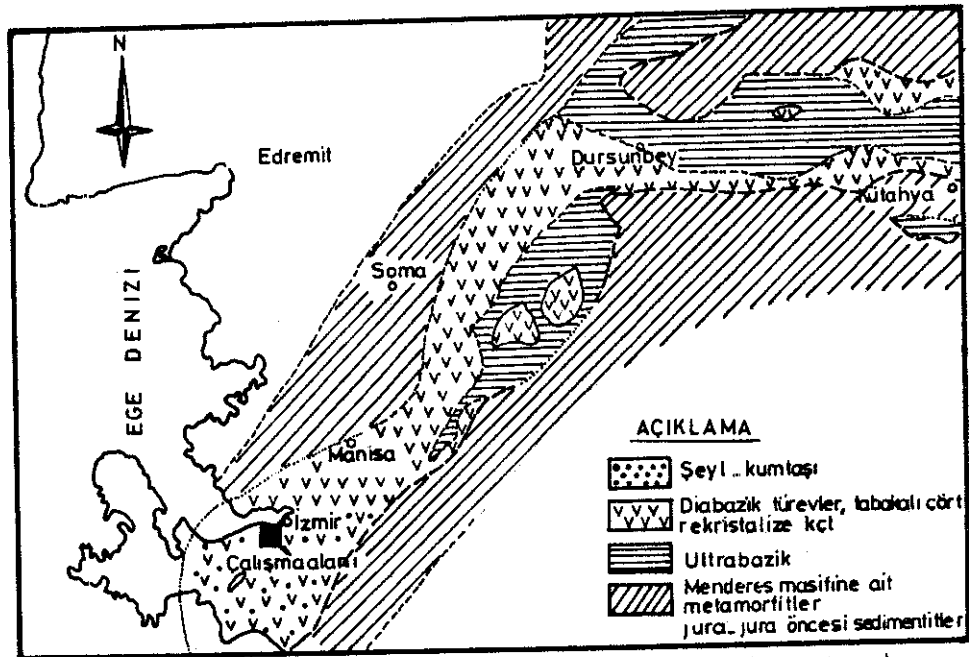
- Hazne kayanın kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzandığı fikri kabul edilebilir. Ancak kuzeydoğu yönünde Karşıyaka Bayraklı civarında jeolojik ve jeofizik etüdlerin yapılması gerekecektir.

- Doğal uçlaşma çalışmaları ile jeolojinin olası olarak belirttiğı tüm kırıklar saptanmıştır.

Doğal uçlaşma çalışmasından Agamemnon fayı-II nin sıcaksu taşıyan bir taşıyıcı olduğu belirtilir. Bu görüş tarafımızdan da benimsenmekle beraber, sadece taşıyıcı değil, aynı şekilde sıcak suyu derinden getirici olarakta düşünölmelidir.

PALEOCOĞRAFYA

İzmir flişinin egemen olduğu çalışma alanı, İzmir-Ankara jeosenklinealinin güneybatısında bulunur (Şekil-16). Flişlerin altında varlığı düşünülen Menderes masifi kayaları Hersiniyen orojenezini Palatik fazından etkilenerek başkalaşıma uğramışlardır. Bölgede Triyas ve Jura çökelleri görülmediğinden, Paleozoyik metamorfizmaları üzerine İzmir flişi doğrudan diskordan olarak gelmektedir. Fliş oluşumunu sağlayan jeosenklineal havzadaki sertleşmemiş tortullar içine, derine giden faylar yolu ile ergimiş üst manto malzemesi olan bazik lavlar yerleşmiştir. Bu gelişmeden sonra fliş Savik ve/veya Laramik fazından etkilenip yükselmiştir.



ŞEKİL-16 Çalışma alanının İzmir, Ankara jeosenklineali içerisindeki jeolojik konumu (O Kaya 1972) den alınmıştır

Miyosen içinde Eosen çakılları görülmekte ise de Eosen'e ait litolojik birimler çevrede korunmamıştır. İzmir flışı üzerine açısız uyumsuzlukla gelen Yeniköy formasyonu karasal ve gölseyel çökellerden oluşmuştur. Değişik renkte alacalı kayalardan oluşan bu formasyonda sık sık ardalanmaların görülmesi, çökelleme esnasında dip hareketlerinin çok olduğunu göstermektedir. Bölgenin Miyosen sonunda su dışına çıkmış olmasına rağmen, Pliyosende çökel ortamları oluşturan sığ gölcükler gelişmiştir. Bu küçük göllere Pliyosen yaşlı Cumadovası volkanitleri açısız uyumsuzlukla gelirler. Volkanik faaliyetler sonucu Pliyosen sonu ve Kuvaterner başında hidrotermal etkinlikler başlamış ve cevherleşmeler oluşmuştur. Hidrotermal etkinliklerin sonucu olarak bugün görülen jeotermal alanlar teşekkül etmiştir.

HİDROJEOLOJİ

Bu bölümde çalışma alanındaki kayaların hidrojeoloji özelliklerinden, sıcaksuların oluşumlarından, hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasından ve suların kimyasal özelliklerinden bahsedilecektir.

IX.1. Kayaların Hidrojeoloji Özellikleri

İnceleme alanında görülen kayalar, İzmir flişi, Yeniköy formasyonu, Cumaovası volkanitleri ile yamaç molozu ve alüvyonlardır(Ek-1).

a. İzmir Flişi

Fliş yörede en yaygın biçimde görülen kumtaşı, kilitaşı, fillit, kireçtaşı gibi kayalardan oluşmuştur. Bu nedenle flişin hidrojeolojik özelliklerinin anlaşılması, içindeki kaya birimlerinin ayrı ayrı incelenmesi şeklinde olacaktır.

- Metakumtaşları: Bunlar çalışma alanında en yaygın olarak görülen kayalardandır. Balçova kaplıcaları güneyinde izlenen metakumtaşları, yoğun tektonizmadan etkilendiğinden kırık ve çatlaklar etkin biçimde gelişmiştir. Bölgeye düşen yağışların bir kısmı, eğimi fazla olan yamaçlardan yüzeysel akışa geçerken, bir kısmı da kayaların kırık ve çatlaklarından içerilere süzülerek yeraltı sularını oluşturlar. İzmir flişinin yaygın ve kırıklı kayalarından oluşan metakumtaşları hidrojeolojik bakımdan oldukça önemlidir. Bu kayalar, içerdikleri yeraltı sularını fay ve çatlaklar yolu ile yüzeylendirip kaynakları oluşturlar(Şekil-7).

- Kireçtaşları: Yeraltı suyu içeren önemli kayalardan olan kireçtaşları genellikle çalışma alanında mercek- sel dağılım göstermektedir(Ek-1). Kireçtaşları en kalın ve geniş yayılımlı olarak, Çatalkaya yöresi ile çalışma

alanının doğusundaki Cumalı ters fayının olduğu yerde yaklaşık kuzey-güney doğrultulu olarak görülürler. Kırık ve çatlakların etkin olduğu kireçtaşlarından yağış suları kolayca yeraltına süzülerek, öteki kayalarıda su ile besleyebilirler. Kireçtaşlarının kili yoğun kayalarla dokanak oluşturduğu yerlerde, yeraltı suyu yağışlara bağlı olarak kaynak şeklinde yüzeyleyebilir.

Karabelen tepede görülen granodiyoritler, çatlaklı ve sert kayalar olmaları nedeni ile yeraltı suyu içerirler (Ek-1). Bu kayalar çok yaygın olmayıp yeraltı suyu yönünden önemsizdir.

Serpantinitler, küçük mostralarda şeklinde dağılım gösterdiklerinden ve zama içinde bozunmaya uğramalarından geçirimsizlik kazanırlar bu nedenle yeraltı suyunca fakir kayalardır.

Diyabazlar ise serpantinitlere göre daha sert ve az bozunmaya uğramış kayalar olduklarından çatlak suyu içerebilirler.

İzmir flişinde bulunan fillitlerde kırık ve çatlaklar gelişemediğinden, ayrıca gözenek ve geçirgenliğin yok denecek kadar az olmasından yeraltı suyu içermezler.

b. Yeniköy Formasyonu

Yeniköy formasyonu çalışma alanının doğusunda, kuzey-güney yönünde uzanım verir. Yeniköy formasyonu ile İzmir flişinin dokanağı, Uzundere köyünden kuzeye doğru uyumsuz, güneye doğru ise faylı gelişmiştir. Bu kayalardaki tabaka eğimleri doğuyadır. Buna rağmen yeraltı su boşalımının kuzeye doğru olduğu düşünülmektedir. Yeniköy formasyonu bilindiği gibi kumtaşı, kiltası, konglomera ve kireçtaşları ile temsil olunur. Kumtaşları ince tabakalı kırılmalı geçirimsiz kayalardır. Tektonik etkinliklerle gelişen kırıklar, gözeneklilik ve geçirgenliği artırıcı olmuştur. Kiltaları ise tamamen geçirimsizdirler.

Çakıltaşları genellikle kötü boylanmalı kırıklı ve gevşek tutturulmuş kayalardır. Bu nedenle çakıltışları bir miktar yeraltı suyu içerebilirler. Yeniköy formasyonunun içindeki kireçtaşlarında kil oranı artarsa, kayanın su potansiyeli azalacaktır. Burada kil oranının değişmesi su potansiyelini etkilemektedir.

Sonuç olarak kumtaşı, kıltaşı, çakıltası ve kireçtaşı ar dalanmasından oluşan Yeniköy formasyonu, bol su veren kayalar içermediğinden yeraltı suyu bakımından değişik noktalarda farklı sonuçlar verecektir.

c. Cumaovası Volkanitleri

Andezit, aglomera-tüf ve riyolitlerle temsil olunan Cumaovası volkanitleri kırıklı ve çatlaklı kayalardır. Ancak bu kayalar yağışlara bağlı olarak beslendiğinden, büyük oranlarda olmasada çatlaklarında su ihtiva ederler. İzmir-Cumaovası Şaşal suyu ile Bornova memba suları buna örnektir.

d. Yamaç Molozu Ve Alüvyonlar

Balçova kaplıcalarının olduğu yerden denize kadar olan kısımlar yamaç molozu ve alüvyonlarla kaplıdır. Bunların kalınlıkları güneyden kuzeye doğru artarak devam eder. BG-1 kuyusunda 182 m alüvyon kesilmesine rağmen tabana erişilememiştir(Ek-4). Balçova ovasındaki yamaç molozu ve alüvyonlarda çakıllar egemen olup, keson kuyulardan ve sondajlardan sıcak ve soğuk sular alınabilmektedir.

IX.2. Sıcaksuların Oluşumu

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerjinin araştırılması, yeraltından çıkarılması ve işletilmesi dünyada ve ülkemizde giderek önem kazanmaktadır. Diğer klasik enerji kaynaklarına göre bir takım üstünlükleri olan jeotermal enerjinin, yeraltındaki bulunuşu ve oluşumunun iyi bilinmesi gereklidir.

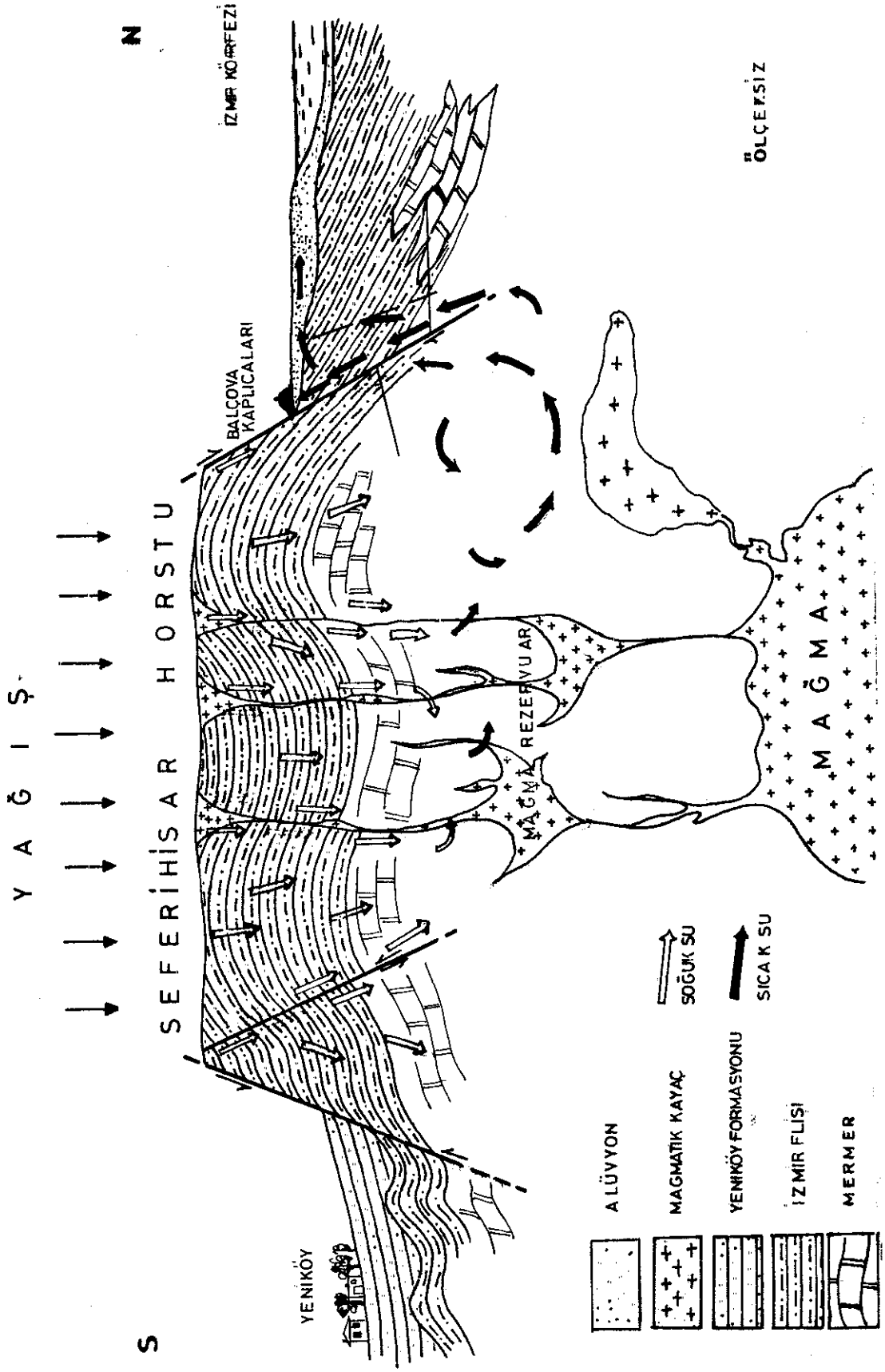
- Isıtıcı: Genel olarak, bir jeotermal sistemde ısı kaynağı, hazne kaya ve örtü kaya gibi üç temel öge bulunur. Yerkabuğunda ısı enerjisi ekzotermik tepkimeler, radyoaktif maddelerin parçalanması, tektonik etkinlikler ve mağmatik faaliyetlerle oluşur. Yer kabuğunda, ısı enerjisinin olağan üstü yoğunlaştığı yerler jeotermal enerji yönünden önemli alanlardır. Bu gibi alanlarda jeotermal gradyan olağan yerkabuğu gradyanından(her 33 m de 1°C sıcaklık artışı) fazladır. Çoğu zaman deprem kuşakları ve volkanik alanlarda jeotermal gradyan normalin oldukça üzerindedir. Aynı şekilde okyanus ortası sırtlarında ve ada yaylarında ısı akısı yüksektir.

- Hazne Kaya: Jeotermal sistemlerde hazne kayanın tanımı oldukça önemlidir.Öncelikle hazne kayanın gözeneklik ve geçirgenliğinin iyi olması gerekir. Böylece hazne kaya içinde konveksiyon ısı akımları iyi gelişeceğinden ısı yenilenmeside hızlıdır.

- Örtü Kaya: Hazne kayanın üzerine bir kapak gibi örten geçirimsiz kaya olup, bunun içinde sıcağı konveksiyonu olamaz.

Balçova jeotermal alanında, sıcağıların oluşum modeli Şekil-17 de verilmiştir. Buna göre yağış suları yüzeydeki kırık ve çatlaklardan kayaların içerlerine doğru süzülür. Bu süzölmeler kırıklardan ve volkanik kayaların çatlaklarından daha derinlere doğru magma rezervuarına yakınlaşarak ısınmaya başlarlar. Çalışma alanında görölen riyolitler kırık ve çatlaklarından yüzey sularını daha kolay bir şekilde bünyelerine alabilirler(Ek-1).

Yeraltına süzölen ve burada ısınan suların yeraltında geçirdikleri büyük dolaşım esnasında kimyasal yapılarında değişikliğe uğrar. Suların bu hareketi, örtü ile korunmuş hazne kayalara kadar sürer. Şayet Balçovada olduğu gibi belirli bir örtü kaya yoksa, fay gibi zayıflık zonlarından sular yükselir. Balçova kaplıcalarında Agamemnon fayı-I boyunca sular alüvyon içlerine kadar yükselerek yayılır. Bir kısım sıcak sular flişin veya derinde olabilecek olan mermerlerin kırık ve çatlaklarında depolanabilir. Burada fliş içindeki fillitler örtü kaya görevini görebilirler.



Şekil-17 Balçova alanının jeotermal oluğum modeli

IX.3. Jeotermometrelerle Hazne Sıcaklıklarının Hesaplanması

Son yıllarda gelişen jeokimya çalışmalarına paralel olarak, jeokimyanın jeotermal enerji uygulamalarına olan katkısı artmaktadır. Günümüzde uygulanan jeotermometrelerin birçok çeşitleri vardır. Bunlar; Hidrotermal bozunum, Doğal izotop, Kimyasal jeotermometreler olup, Balçova sularına uygulanışı aşağıda verilmiştir.

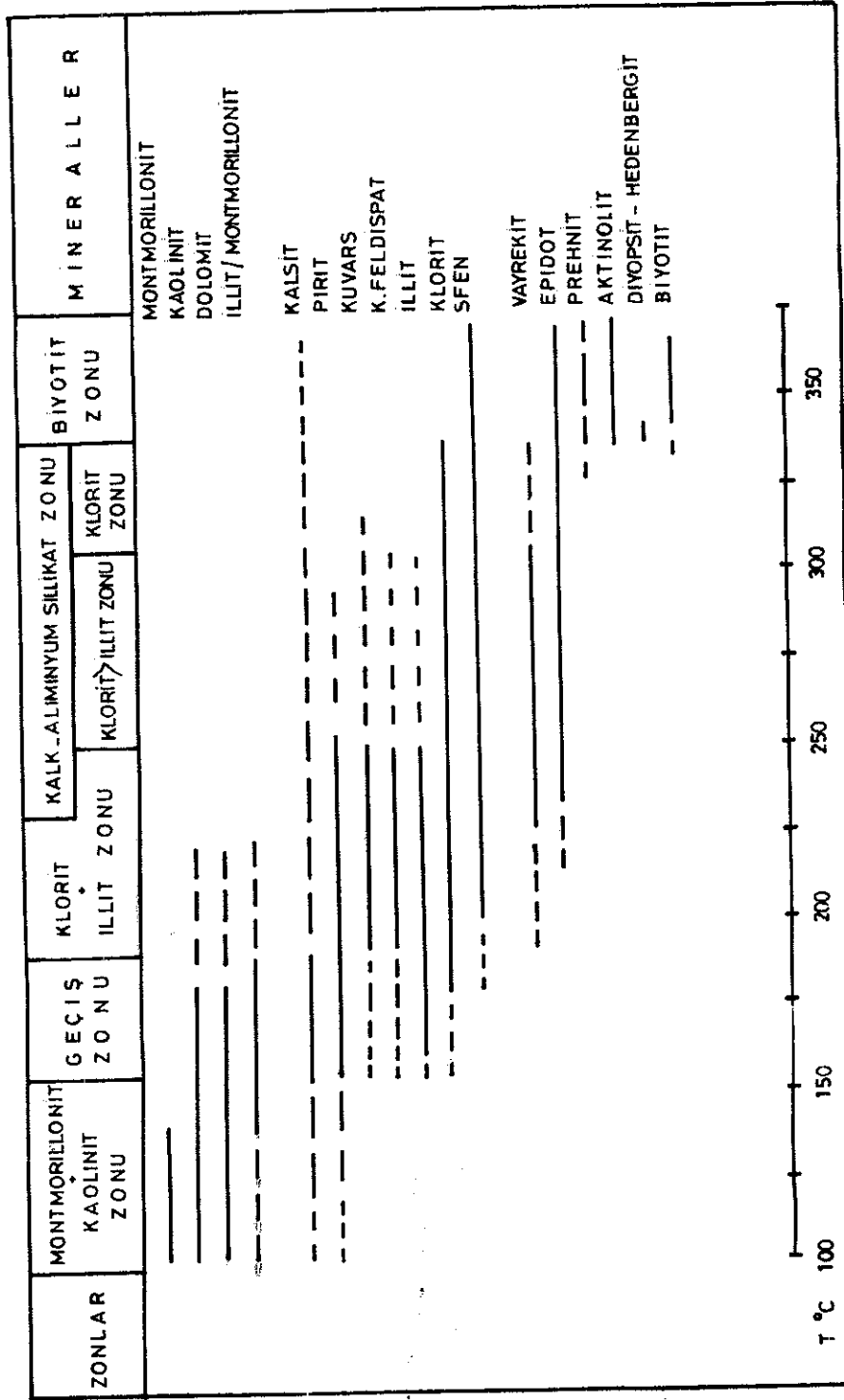
IX.3.1. Hidrotermal Bozunum Jeotermometreleri

Hidrotermal alterasyon, kayalar içinde dolaşan ısı yüklü jeotermal akışkanların kayalarda yapmış olduğu mineralojik ve kimyasal faz değişimleri olarak adlandırılır. Faz değişimleri kaya bileşimine, jeotermal akışkanın kimyasına, sıcaklık ve basınç gibi fizikokimyasal koşullara bağlıdır. Faz değişimleri sonucu oluşan alterasyon mineraleri hazne kayanın sıcaklığı, basıncı, permeabilitesi ve jeotermal akışkanın bileşimi hakkında bilgi verebilir (Browne-1978, Elders ve diğerleri-1979, Gevrek ve Şener-1986).

Hidrotermal alterasyon mineralleri, genellikle kil boyu minerallerdir. Bunların incelenmesi için kuyulardan seçilen kırıntı örnekleri önce binokülerde hidrotermal altere mineral varlığı saptanır. Daha sonra alterasyon minerallerinin tipi X ışınları kırınım aygıtı yardımıyla saptanır. Hidrotermal alterasyon sonucu oluşan minerallerle jeotermal akışkanın hazne kaya sıcaklığı arasında sıkı bir ilişki vardır. Buna göre minerallerin karakteristik parajenez zonları şöyledir (Şekil-18).

- Montmorillonit kaolinit zonu (150 °C-160 °C)
- Geçiş zonu, montmorillonit-illit (160 °C-180 °C).
- Klorit-illit zonu (180 °C-230 °C)
- Kalk-alüminyum silikat zonu (230 °C-330 °C)
- Biyotit zonu (330 °C'nin üstünde)

Bu zonlara ait karakteristik mineraller Şekil-18 de görülmektedir. Balçova jeotermal alanı, bu açıdan bakıldığında, yüksek sıcaklıklı alanların klorit-illit zonuna karşılık geldikleri anlaşılmaktadır.



Şekil-18 Hidrotermal alterasyon zonları ve karakteristik mineral parajenezleri (Gevrek-Şener, 1986)

IX.3.1.1. Balçova Jeotermal Alanındaki Hidrotermal Alterasyon Minerallerinin Dağılımı

Balçova jeotermal alanında açılan B-2, B-4, B-5, B-6, B-7 ısı üretim kuyularındaki alterasyon mineralleri jeotermal akışkanın sıcaklığı ile olan yakın ilişkilerini ortaya koymaktadır(Şekil-19). Bu kuyulardaki flišlerden üç ayrı seviyede alınan kırıntı örneklerinin X-Ray çekimleri(killerin sıvı çekimi) MTA Genel Müdürlüğünde yaptırılmıştır. Buna göre Balçova jeotermal alanı alterasyon mineralleri üç zonda oluşmaktadır.

Birinci zon, Kaolinit+Montmorillonit(90°C-98°C)

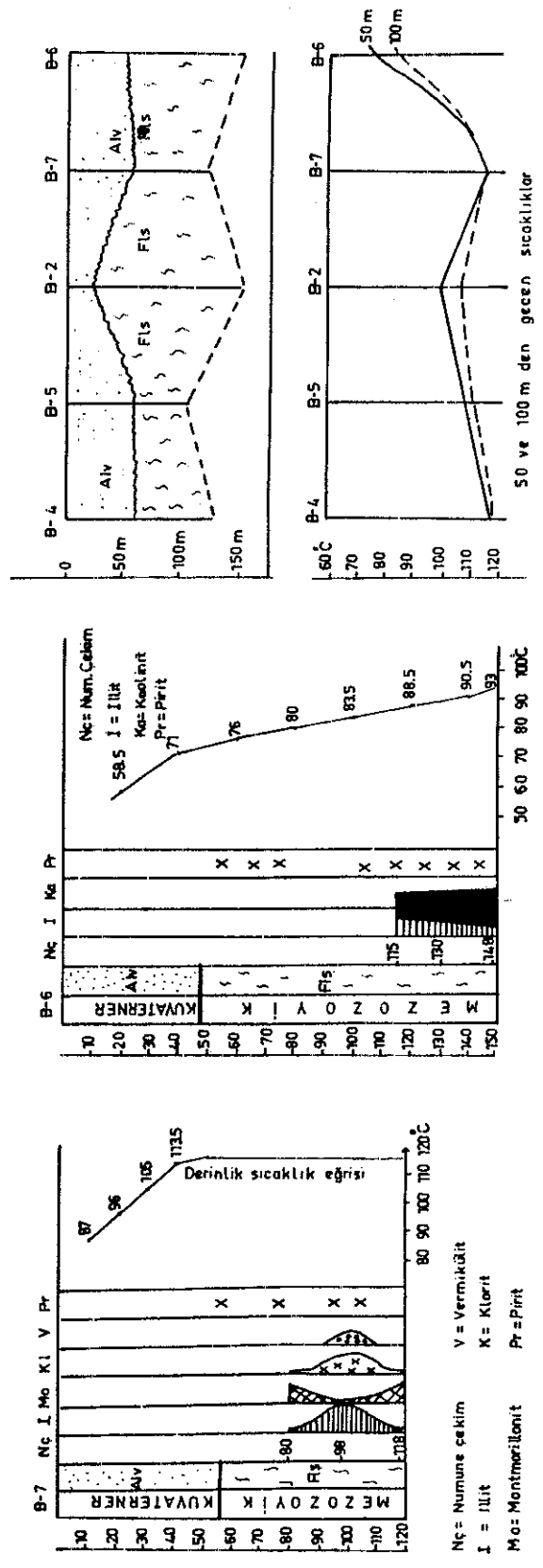
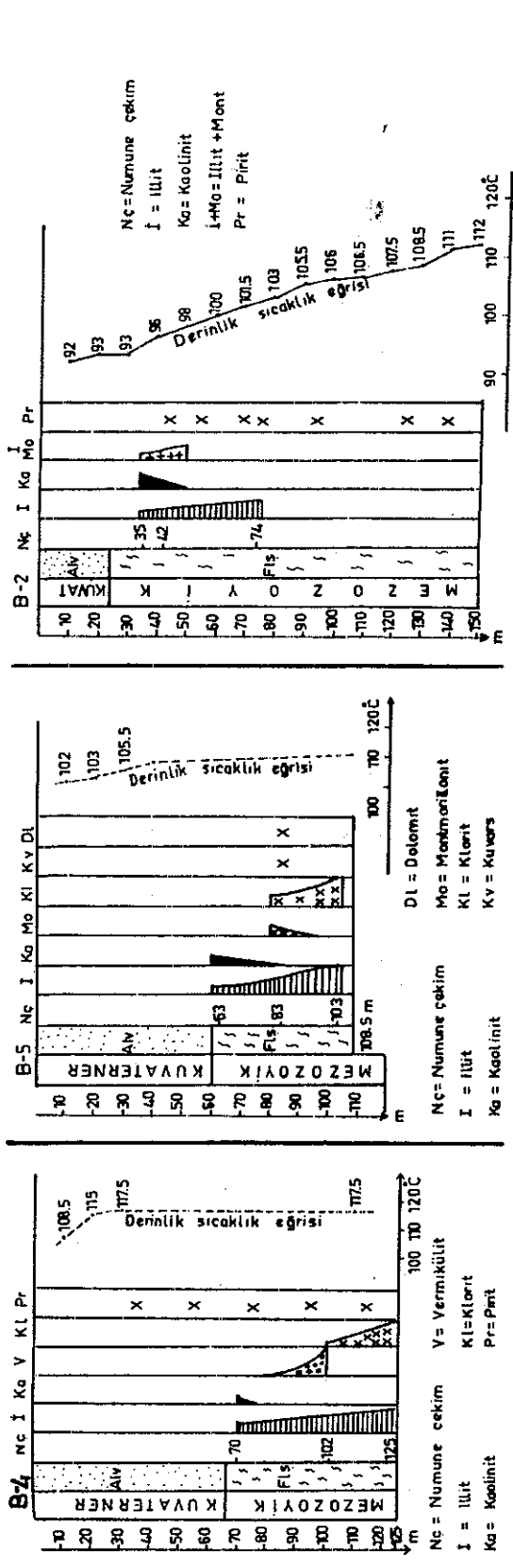
İkinci zon, İllit+Montmorillonit+Vermiklorit
(100°C-180°C)

Üçüncü zon, İllit+Klorit (180°C-230°C)

Burada gözlenen zon dağılımları Şekil-18 de belirtilen zon dağılımlarından farklılıklar göstermektedir. Balçova jeotermal alanında ölçülen gerçek sıcaklıklar, zonlarda belirlenen sıcaklıklardan düşüktür. Alınan bu farklı sonuç fosil alterasyon ile açıklanabilir. Buradan şu anlaşılmaktadır, çok yıllar önce bugünkü sığ hazne sıcaklığının daha yüksek olmuş olmalıdır.

B-4 Jeotermal Kuyusu: Bu kuyudan 70 m de alınan örnekte illit ve kaolinit mineralleri gözlenmektedir(70 m de 117.5°C kuyu dibi sıcaklığı). Kuyu derinliğine orantılı olarak ve sıcaklığın yükselmesine bağlı şekilde illit artmakta, kaolinit azalarak yerini vermiklorit almaktadır. 102 m den sonra illit ve klorit egemen alterasyon mineralidir (Şekil-19).

B-5 Jeotermal Kuyusu: B-5 nolu kuyunun alterasyon mineralleri B-4 kuyusunun benzeridir. 63 m de sıcaklık 118°C civarındadır. Bu sıcaklıkta illit ve kaolinit mineralleri gözlenmektedir. 83 m de aynı sıcaklıklarda illit ve klorit ile beraber montmorillonit'te bulunur. Bu seviyelerde montmorillonit kaolinitin yerini almaktadır. 103 m de sadece illit ve klorit gözlenmektedir. Buna göre B-4 ve B-5 kuyularının alterasyon mineralleri, derinlere inildikçe sıcaklığın yükseleceğini göstermektedir(Şekil-19).



Şekil-19 Balçova ısı üretim kuyularında gözlenen kil mineralleri ve sıcaklık ilişkileri

B-2 Jeotermal Kuyusu: 35 m den alınan örnekte, sıcaklığa bağlı olarak(95°C) bol miktarda illit, az miktarda kaolinit ve illit+montmorillonit oluşmaktadır. Kuyu içerisinde sıcaklığın derinlikle artması sonucu, kaolinit ve illit+montmorillonit kaybolmakta illit miktarı ise artmaktadır.

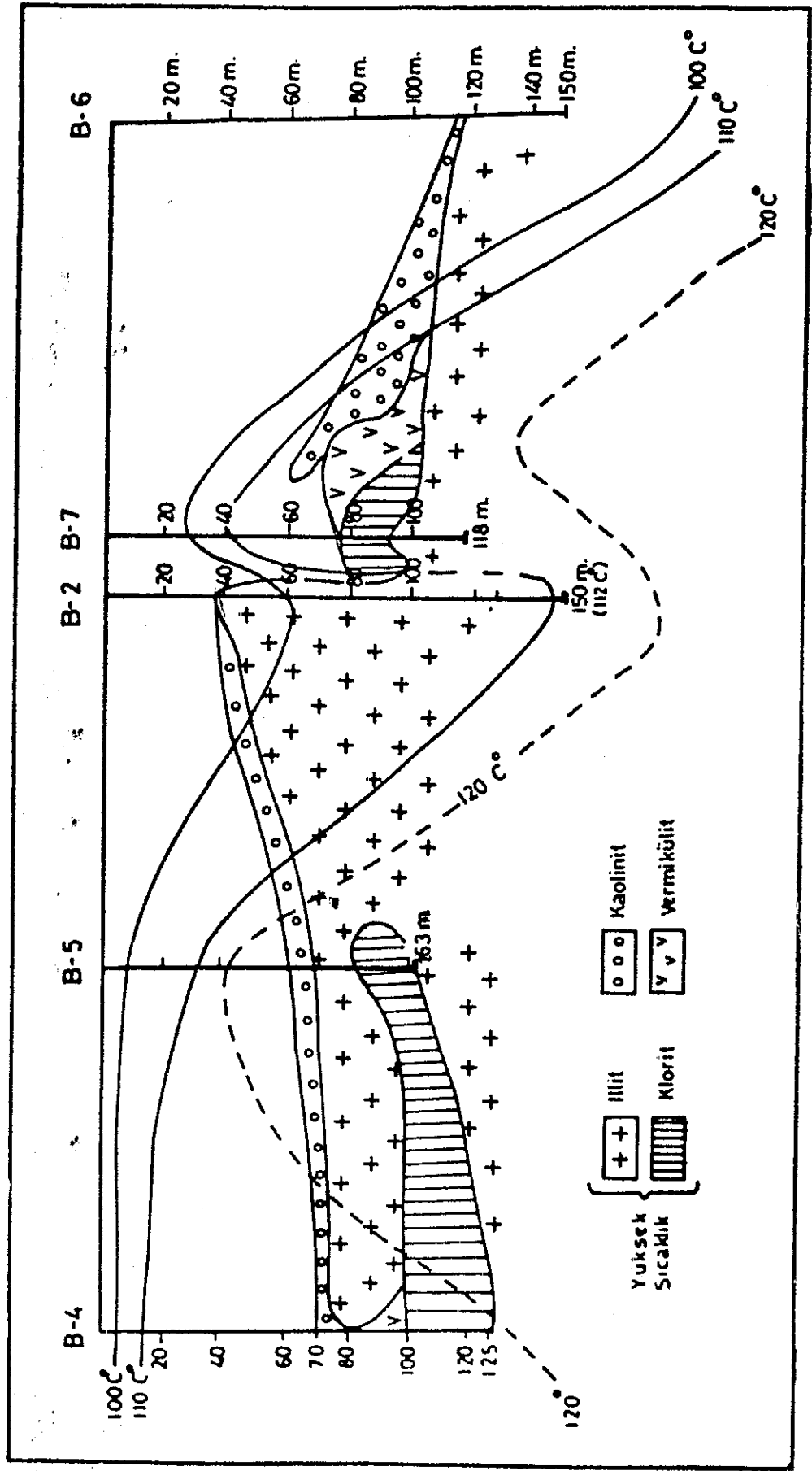
B-7 Jeotermal Kuyusu: 80 m de(115°C) alınan örnekte az miktarda illit, klorit, fazla miktarda montmorillonit gözlenmektedir. 98 m de(115°C) illit klorit değerleri maksimum, montmorillonit ise minimum değerdedir. Bu metrelerde vermikülit de gözlenmektedir. 98 m den sonra sıcaklığın pek fazla değişmeden devamı sonucu illit ve klorit bir miktar azalırken montmorillonit miktarı artmaktadır(Şekil-19).

B-6 Jeotermal Kuyusu: Bu kuyuda illit ve kaolinit mineralleri gözlenmektedir. Kuyu içinde sıcaklığın değişimine bağlı olarak 115 metrede(88.5°C) illit fazla, kaolinit ise azdır. 115 m den 148 metreye doğru illit azalmakta, kaolinit artmaktadır(Şekil-19).

IX.3.1.2. Kuyular Arası Kil Mineralleri Fasiyes Dağılımı

Balçova jeotermal sahasına ilişkin B-4, B-5, B-2, B-7, B-6 kuyuları arasında kil mineralleri fasiyes dağılımı Şekil-20 de görülmektedir. Buna göre sıcaklık göstergesi olan illit ve klorit mineralleri B-4, B-5, B-7 kuyularının alt kısımlarında görülmektedir. Aksine B-2, B-6 kuyularında illit klorit görülmemekte ve bu kuyularda sıcaklıklarda derine doğru olan artış azdır.

Balçova jeotermal alanı için, kuyulardan ve yüzey kayalarından yaptırılan X-Ray analizlerinin toplu sonuçları Tablo-2 de sunulmuştur.



Şekil-20 Balçova ısı üretim kuyularındaki kil minerallerinin fasiyes dağılımı ve sıcaklık ilişkisi

<u>Numune no</u>	<u>Metre</u>	<u>Altere Mineraller</u>	<u>Ölçülen sıcaklıklar</u>
B-1	44	Numunede kil saptanamadı	-
	46	Kuars az kalsit	-
	96	Montmorillonit, illit, kaolinit	-
B-2	35	İllit, kaolinit	94
	41	Kil, kuvars, feldspat	96
	73	İllit, illit-montmorillonit	101.5
B-4	70	İllit, vermikülit, az kaolinit	117
	102	Kuars, kil, az dolomit	117.5
	125	İllit, klorit	117.5
B-5	63	İllit, kaolinit	122.5
	83	Kuars, dolomit, montmorillonit, klorit, illit	114.5
	103	İllit, klorit	-
B-6	115	İllit, kaolinit	87
	130	İllit, kaolinit	89
	148	Kuars, feldspat, dolomit montmorillonit, illit, kaolinit	93
B-7	80	Az illit saptandı	115
	98	İllit, vermikülit, klorit veya kaolinit	93
	118	Kuars, dolomit, illit, klorit, montmorillonit	-
S-1	Boru içi kabuk	Aragonit, az kalsit, az magnezit	
BK-1	Balçova kaynağı E'su yüzeyden	İllit, kaolinit, montmorillonit, kuvars	
BK-2	Balçova kaynağı E'su eski su deposu altı	Kuars, montmorillonit, illit, kaolinit	
BK-3	Agamemnon-I fay zone yüzeyden	Dolomit, kil, illit, kaolinit	
B-9	43	Kil, kuvars	

Tablo-2 Balçova kaplıcaları yöresinde açılan kuyulardan alınan örneklerin X-Ray analizlerinin sonuçları

IX.3.2. Doğal İzotop Jeotermometresi

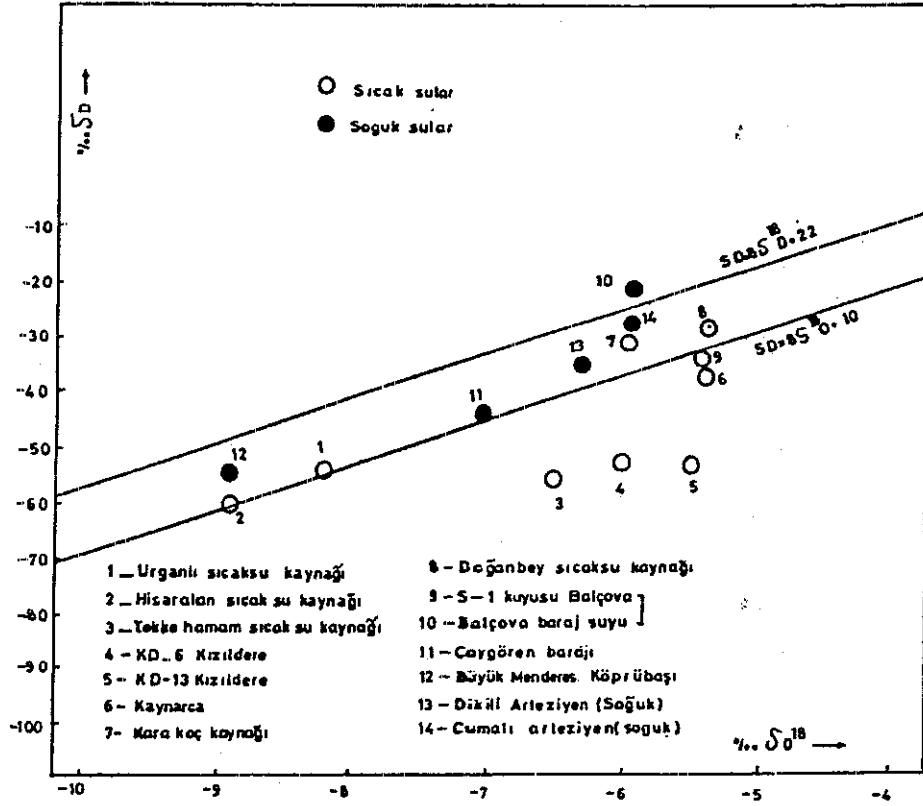
Son yıllarda jeotermal enerji çalışmalarında, sıcak ve soğuk sulardaki ^{18}O , D, T, S izotopları izlenerek hazne kaya sıcaklığı, suların yaşı ve kökeni hakkında bilgiler edinilir.

Döteryum ve ^{18}O miktarının saptanması ile suların kökeni hakkında bilgiler elde edilir. Sular buharlaşırken D ve ^{18}O 'li su molekülleri adi su moleküllerinden kısmen ayrılarak zenginleşirler. Yeraltı su etüplerinde kararlı izotop metodu, diğer radyoizotoplarla desteklenip yorumlandığında yeraltı suları hakkında daha detay bilgiler sağlanır.

IX.3.2.1. İzotop Sonuçlarının Yorumlanması

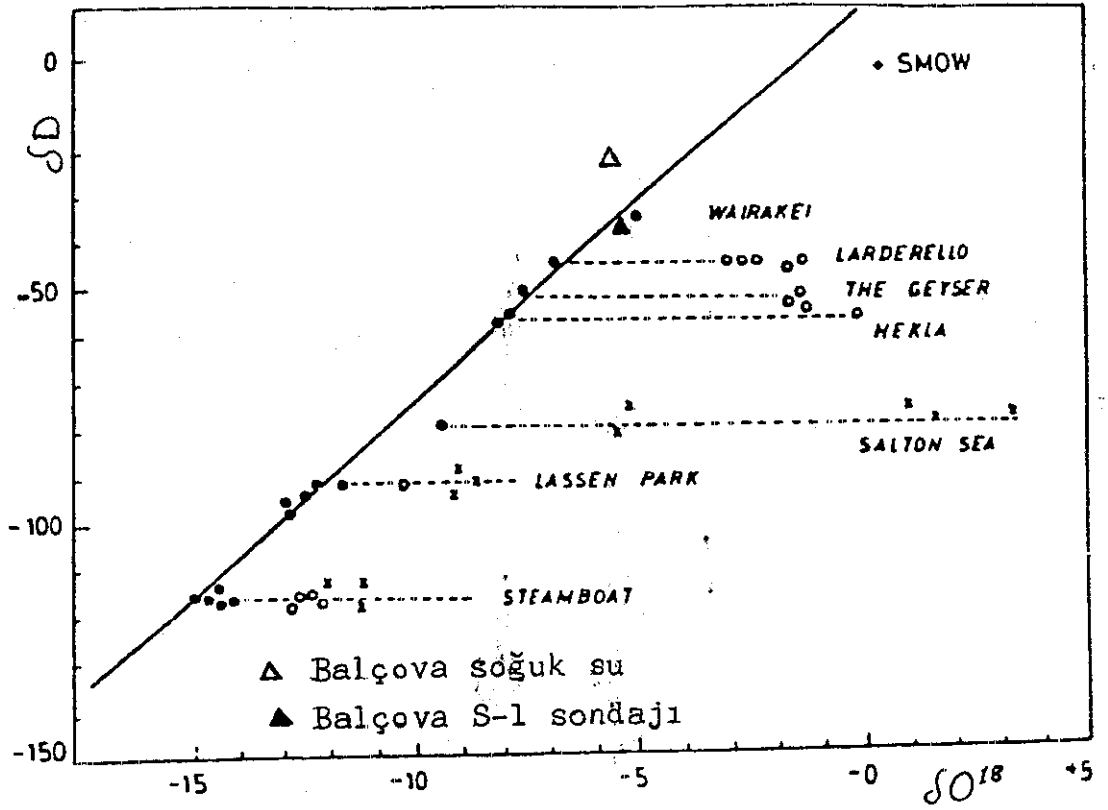
Balçova jeotermal alanı izotop çalışmaları için S-1 (40 m) sıcak su kuyusu ile Balçova barajından gelen soğuk su çeşmesinin suyu alınarak analizleri yaptırılmıştır. İzotop analizleri WEST-JEC (West Japan Engineering Consultants, Inc.) firmasınınca Japonyada yaptırılmıştır. Analiz sonuçları Ek-4 te görülmektedir. Buna göre elde edilen delta-döteryum, delta- ^{18}O (H_2O), delta- ^{18}O (SO_4), delta- S^{34} izotopları kütle spektrometresinde ‰ (0.1-1) hassasiyette ölçülmüştür. Tritiyum zenginleştirilmesi elektro kimyasal yöntemle yapılmıştır.

Balçova sıcak ve soğuk suyunun ^{18}O ve döteryum oranları Şekil-21 de görülmektedir. Burada bir kıyaslama olması bakımından Filiz(1984)'in çalışmalarıyla birlikte verilmiştir. Şekilde oksijen zenginleşmesiyle yağış doğrusundan oldukça sapan 3, 4, 5 nolu kaynaklar buharı ışıret eder. Dikiliye ait olan Kaynarca suları(No-6) yağış doğrusuna yakın olmakla birlikte oksijen zenginleşmesi vardır. Kaynarca'da 200°C civarında sıcaksu+buhar varlığının olabileceği belirtilmiştir(Filiz ile sözlü görüşme, Şekil-21).



Şekil-21 Bazı sıcak ve soğuk suların delta-D ile delta-Oksijen 18 ilişkisi (Balçova dışındakiler Filiz-1984'ten alındı)

Balçova jeotermal sahasındaki S-1 kuyusunun izotop değerleri ile, Dünyadaki diğer önemli jeotermal alanlara ait izotop verilerinin karşılaştırılması Şekil-22 de görülmektedir. Burada da Şekil-21 de olduğu gibi S-1 sondajının ^{18}O -D değerleri yağış doğrusundan biraz sağa sapmaktadır. Bu karşılaştırmayla Balçova jeotermal alanında hazne kaya sıcaklığının önemli olduğu düşünülebilir. Nitekim uygulanan izotop jeotermometresinden, Balçova jeotermal alanı için $196.6^{\circ}C$ sıcaklık hesaplanmıştır.



Şekil-22 Balçova jeotermal alanı S-1 kuyusu izotop değerlerinin, Dünyadaki bazı jeotermal alanların izotop değerleri ile karşılaştırılması

IX.3.2.2. İzotop Jeotermometresinin Uygulanışı

Sıcaksu sistemleri için en yararlı izotop jeotermometresi, çözülmüş sülfat ve su arasındaki oksijen izotop denge fraksiyonunun α olduğu jeotermometredir. Su ve sülfat arasında oksijen dengesi 95°C gibi düşük bir sıcaklıkta çok yavaş, 300°C den fazla sıcaklıklarda ise hızlı bir şekilde gelişir. Dengeye erişme hızı pH ile yakından ilgilidir. Düşük pH da tepkime hızı yüksek, pH = 6-7 arasında ise denge uzun zamanda gerçekleşir (Mizutani). Sülfat jeotermometre bağıntıları aşağıda verilmiştir.

$$1000 \ln \alpha = 2.88 (10^6 / T^2) - 4.1 \quad (1)$$

α = Denge fraksiyonu

$$\alpha = (1000 + \delta^{18}(\text{SO}_4)) / (1000 - \delta^{18}(\text{H}_2\text{O})) \quad (2)$$

Bu bağıntılara göre S-1 kuyusu izotop verilerinden hazne kayanın sıcaklığının hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$\delta O^{18}(H_2O) = -5.4, \quad \delta O^{18}(SO_4) = + 3.6 \text{ alındığında,}$$

$\alpha = 1.009$ olarak hesaplanır. Bu değer (1) bağıntısında yerine konduğunda, hazne kaya sıcaklığı $469.6^\circ K$ veya $196.6^\circ C$ bulunur.

IX.3.3. Kimyasal Jeotermometreler

Kimyasal jeotermometreler, suların kimyasal analizine dayalı jeotermometrelerdir. Bunlar kalitatif(görelî) ve kantitatif(sayısal) olmak üzere iki kısımda incelenir. Kantitatif kimyasal jeotermometrelerden, silis, Na/K, Na-K-Ca, Na-K-Ca-Mg ve karışım modellerinin Balçova suları kimyasal tahlillerine uygulanışı aşağıda verilmiştir. Ayrıca Balçova jeotermal alanındaki sondaj çamur sıcaklıkları ile kuyu dibi sıcaklıkları arasında ilişkilere değinilmiştir.

IX.3.3.1. Silis Jeotermometreleri

Silis çözünürlüğünün sıcaklığa bağımlı olması, bunun jeotermometre olarak kullanılmasına olanak sağlar. Fournier ve Truesdell SiO_2 jeotermometresi için grafik çözüm önermişlerdir(Şekil-23). Verilen abakta, buhar kaybının olmadığı A eğrisi kaynaklar için, B eğrisi de kuyular içindir.

Grafik yöntemin dışında hazne kaya sıcaklığını veren silis bağıntıları şunlardır.

$$t^\circ C = (1533.5 / (5.768 - \log SiO_2)) - 273.15$$

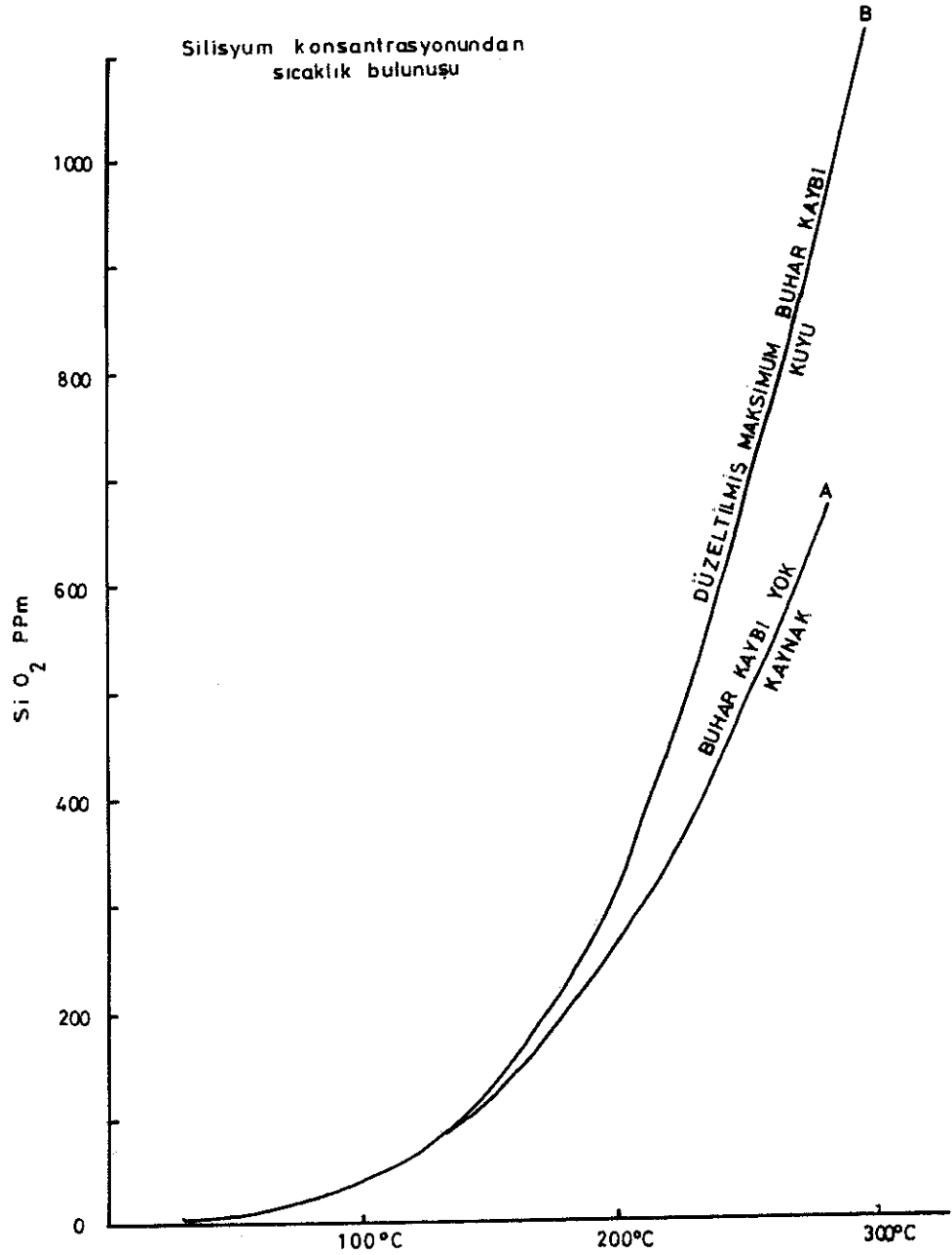
Kuvarsın adiyabatik soğuması ($125^\circ C - 275^\circ C$ arası)

$$t^\circ C = (1315 / (5.205 - \log SiO_2)) - 273.15$$

Kuvarsın kondüktif soğuması ($125^\circ C - 275^\circ C$)

$$t^\circ C = (1015.1 / (4.655 - \log SiO_2)) - 273.15$$

Kalseduvan'ın kondükti soğuması



Şekil-23 Hazne kaya sıcaklığını veren SiO₂ abağı

Balçova jeotermal alanının bir yıl süreli aylık periyodik analizlerinden jeotermometrelerle hesaplanan hazne sıcaklıkları Tablo-3 te sunulmuştur.

Düşük sıcaklıklarda kalseduvan, amorf silis veya kristobalit, silisin suda çözünürlüğünü denetler(Şekil-23). Silisin allotrop çeşitleri sıcaklığa bağlı olarak 160°C'a kadar kuvars, 120°C-160°C arasında kuvars veya kalseduvan,

		1985	1985	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986
i	ii	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	1	82	110	134	84	79	101	133	101	115	119	68	110
	2	77	110	137	80	74	99	136	99	115	120	62	113
53	3	72	64	34	76	-	66	-	-	-	71	-	61
	4	162	172	81	208	86	166	92	78	91	105	171	56
	5	121	132	-	177	-	125	-	-	-	165	132	173
	1	84	168	157	123	111	114	98	100	103	110	106	110
	2	80	179	165	124	111	114	95	98	101	107	105	113
54	3	100	167	117	127	147	103	-	100	-	80	92	69
	4	160	162	170	223	156	186	108	234	104	116	189	56
	5	118	121	131	195	114	149	61	209	56	181	153	209
	1	83	118	138	119	93	120	131	99	-	110	106	141
	2	78	118	143	120	90	120	134	96	-	103	105	151
55	3	86	87	104	114	-	102	-	-	-	-	84	141
	4	179	187	176	201	51	181	112	80	-	125	191	-
	5	141	150	137	168	-	143	65	-	-	199	155	150
	1	-	172	193	148	88	164	147	147	137	138	140	130
	2	-	183	209	154	84	173	152	152	140	142	145	125
56	3	-	196	206	216	171	201	130	171	91	70	130	79
	4	-	164	176	186	155	162	-	155	81	83	160	-
	5	-	123	137	149	113	121	-	113	-	161	118	172

53- Balçova Kaynağı, 54- Balçova Keson Kuyu,
55- Ahmet Dolgun Kuyusu, 56- S-1 Sondajı

1- Silis Adyabatik Soğuması, 2-Silis Kondüktif soğuması,
3- Na-K-Ca-Mg jeotermometresi, 4- Na/K Jeotermometresi
(Fournier), 5- Na/K Jeotermometresi (Truesdell)

i- Kaynak isimleri, ii- Uygulanan jeotermometreler

Tablo-3 Balçova jeotermal alanındaki aylık periyodik analizlerin jeotermometre uygulamaları

Not: Sıcaklıklar *C değerindedir.

120°C nin altında yalnızca kalseduvandır(Arnorsson-1975). Buna göre hazne sıcaklığını veren bağıntılar aşağıda verilmiştir(SiO₂ değerleri ppm olarak alınır).

$$\text{Amorf silis, } t^{\circ}\text{C} = (731/(4.52-\log \text{SiO}_2))-273.15$$

$$\text{Beta kristobalit, } t^{\circ}\text{C} = (781/(4.51-\log \text{SiO}_2))-273.15$$

$$\text{Alfa kristobalit, } t^{\circ}\text{C} = (1000/(4.78-\log \text{SiO}_2))-273.15$$

$$\text{Kalseduvan, } t^{\circ}\text{C} = (1032/(4.69-\log \text{SiO}_2))-273.15$$

$$\text{Kuars, } t^{\circ}\text{C} = (1309/(5.19-\log \text{SiO}_2))-273.15$$

IX.3.3.2. Na/K Jeotermometreleri

Na/K jeotermometreleri, iyon değişimine bağlı jeotermometre çeşitlerindedir. Sıcaklığın yükselmesi ile Na ve K iyonlarının etkinlikleri değişir. Bu özellikten dolayı Na/K jeotermometre bağıntıları geliştirilmiştir. Şekil-24 te görülen abak çözümde, Na ve K'un mek/l değerleri kullanılır. Bundan ayrı olarak aşağıda verilen bağıntılardan jeotermometre olarak yararlanılır; Bağıntılarda Na ve K'un ppm değerlerinden yararlanılmıştır.

$$x \text{ Truesdell, } t^{\circ}\text{C} = (855.6/(\log \text{Na/K}+0.8573))-273.15 \\ (100^{\circ}\text{C}-275^{\circ}\text{C} \text{ arası})$$

$$x \text{ Fournier-1979, } t^{\circ}\text{C} = (1217/(\log \text{Na/K}+1.483))-273.15 \\ (100^{\circ}\text{C}-300^{\circ}\text{C})$$

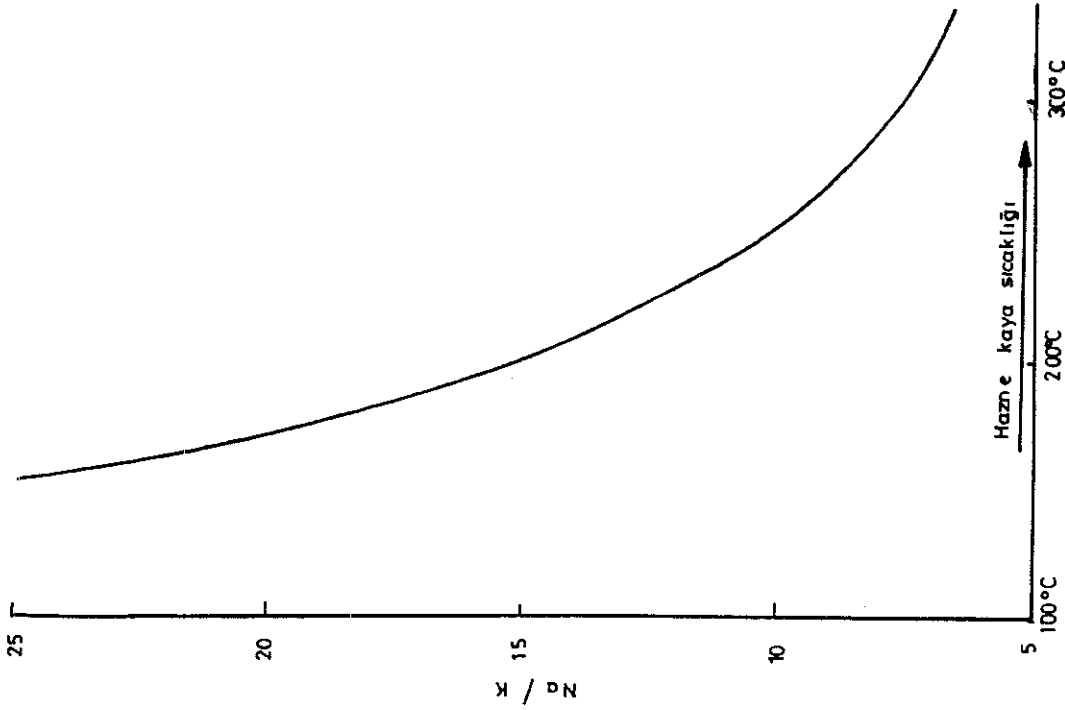
$$\text{Fournier ve Truesdell-1973, } t^{\circ}\text{C} = (777/(\log \text{Na/K}+0.7))- \\ -273.15$$

x işaretli olan bağıntılar Balçova jeotermal alanı için uygulanmış ve iyi sonuçlar alınmıştır(Tablo-3).

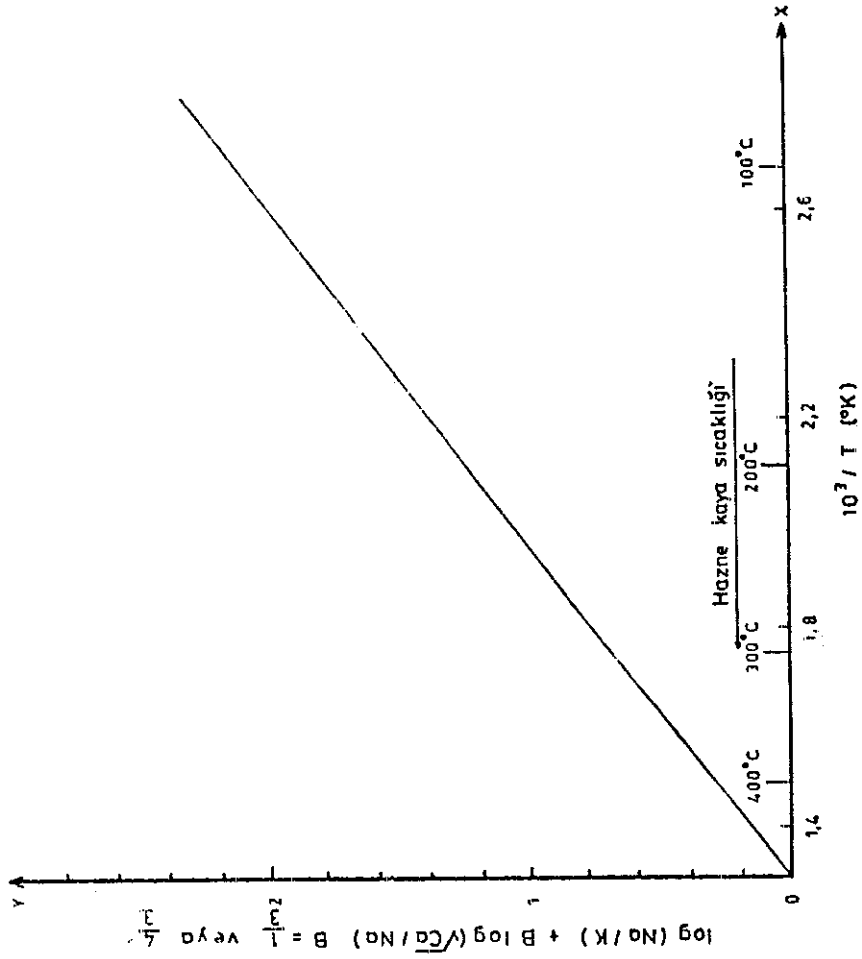
Deniz suyu karışımının olmadığı durumlarda Na/K jeotermometresi daha doğruya yakın sonuçlar verir.

IX.3.3.3. Na-K-Ca ve Na-K-Ca-Mg Jeotermometreleri

Fournier ve Truesdell-1973'te tabii sular için Na, K, Ca derişimlerinin molarına dayalı olarak Na-K-Ca jeotermometresini geliştirmişlerdir. Şekil-25 deki abağın



Şekil-24 Hazine kaya sıcaklıklarını veren Na/K oranına bağlı abak



Şekil-25 $\log(Na/K) + B \log(Ca/Na)^{1/2}$ / (Na) değerlerine bağlı hazine kaya sıcaklıklarını veren Na-K-Ca abağı

kullanılmasında, $\log(\text{Na}/\text{K}) + B \log((\text{Ca})^{1/2}/\text{Na})$ bağıntısı kullanılırken eğer, $\log((\text{Ca})^{1/2}/\text{Na})$ pozitif ise $B=4/3$, negatif ise $B=1/3$ olarak alınır, $B=\text{Beta}$ yerine kullanıldı. Aynı işlemler aşağıda verilen nümerik bağıntılar için de uygulanabilir.

$t^{\circ}\text{C} = ((1647 / (\log(\text{Na}/\text{K}) + B \log((\text{Ca})^{1/2}/\text{Na}) + 2.24)) - 273.15)$
Bundan ayrı olarak Mg girdisiyle geliştirilen bağıntı;

$t^{\circ}\text{C} = ((1647 / (\log(\text{Na}/\text{K}) + B \log((\text{Ca} + \text{Mg})^{1/2}/\text{Na} + 2.24)) - 273.15)$
görüldüğü gibi değişen sadece bağıntıya Mg'un girişidir. Tablo-3 te Na-K-Ca-Mg jeotermometre hesaplamaları verilmiştir.

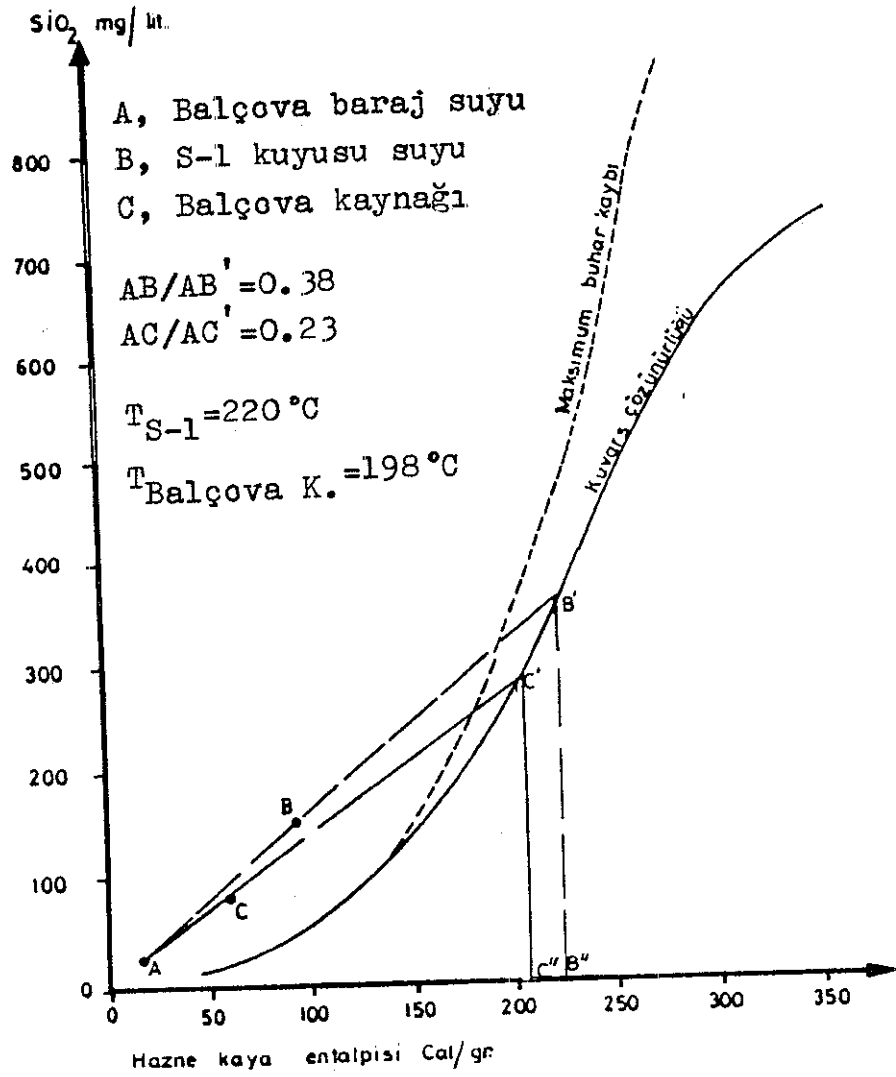
IX.3.3.4. Karışım Modelleri

Genel olarak, sıcak sular yeraltından yüze çıkarken bir miktar üst seviyelerdeki soğuk sularla karışabilirler. Bu karışım, iyon oranlamalarıyla anlaşılabilir gibi Na-K-Ca jeotermometre bağıntısından da belirlenebilir. Na-K-Ca jeotermometresi sıcak ve soğuk suların karışımını denetlemede kullanılabilir. Eğer $B=1/3$ ise su sıcaklığı 100°C nin üzerinde, $B=4/3$ ise su sıcaklığı 100°C nin altında kimyasal dengeye erişebilir.

Truesdell ve Fournier-1977 silise, Fournier-Truesdell-1975 ve Fournier-1977 klorüre dayalı karışım modelleri geliştirmişlerdir. Bu modeller nümerik ve grafik olarak çözüm vermekle beraber, burada kolaylığı nedeniyle grafik uygulamalar verilmiştir.

- Silis Karışım Modeli

Hazne kaya sıcaklıklarını ve sıcak-su-soğuk-su oranını veren silis karışım modeli grafik uygulaması Şekil-26 da görülmektedir. Burada yatay eksen entalpi, dikey eksen silis ppm değerlerini gösterir. Balçova sularından soğuk-su(A), karışımın olduğu düşünülen sıcak sular B ve C grafik üzerine işaretlendikten sonra, A noktası B ve C ile birleştirilip uzatılır. Bu doğruların kuvars çözünürlüğü eğrisini kestiği noktalardan yatay eksene dikler inilerek

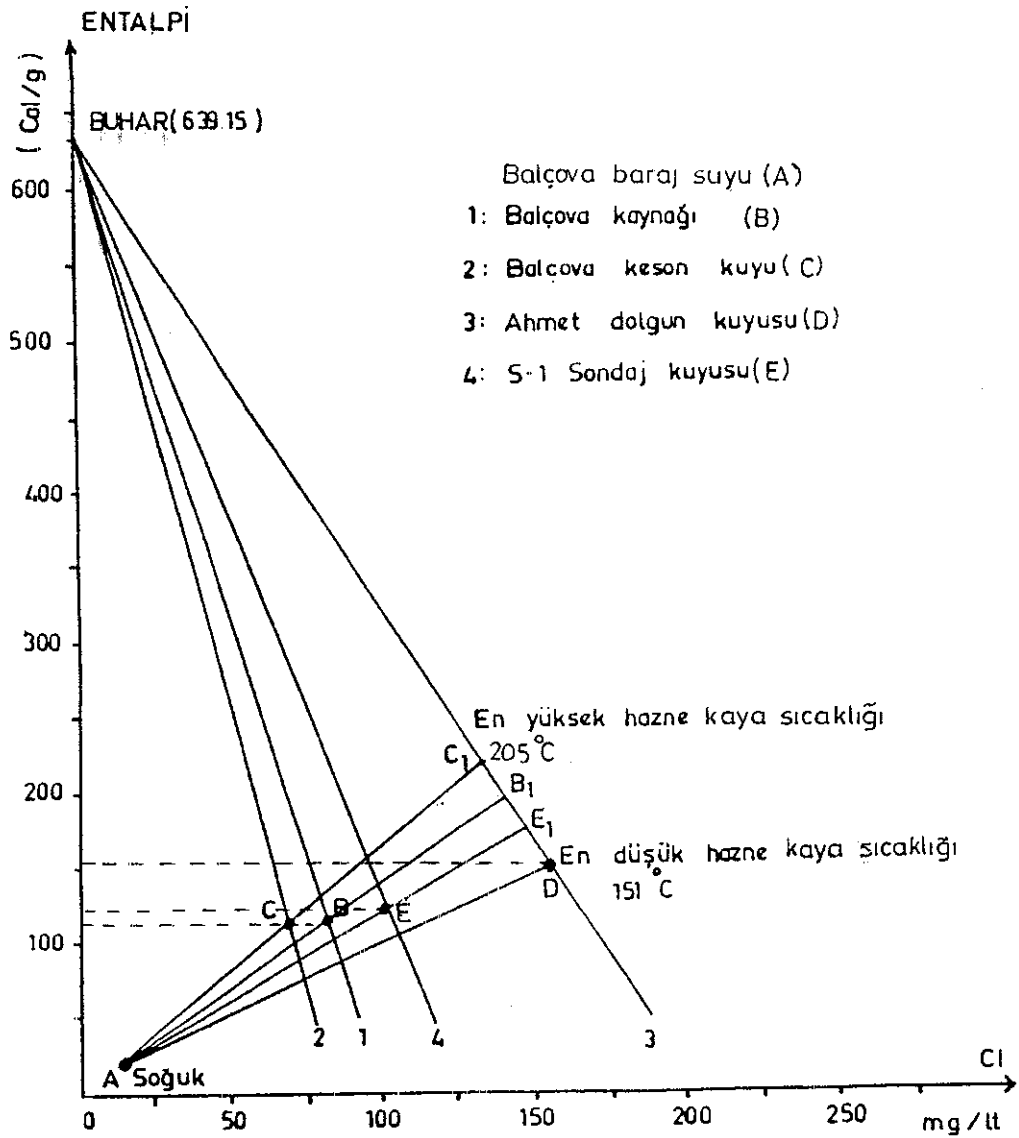


Şekil:26 Silis karışımına dayalı hazne kaya sıcaklığını veren diyagram ve Balçova sularının uygulması

hazne kaya entalpileri bulunur. Örneğin S-1 sondaj suyundan(B) 220°C, Balçova kaynağından(C) yaklaşık 198°C civarında hazne kaya sıcaklıkları okunmuştur. S-1 sondajı suyunda sıcaksuyun karışım oranı $AB/AB' = 0.38$, Balçova kaynağında sıcaksu karışım oranı $AC/AC' = 0.23$ tür. AB ve AC doğrularının kuvars çözümlülüğü eğrisini kesmemesi durumunda maksimum buhar kaybı eğrisinden yararlanılır(Şekil-26).

- Klorür Karışım Modeli

Klorüre dayalı karışım modelleriyle, silis karışım modelinde olduğu gibi, hazne kaya sıcaklığı ve sıcaksu karışım oranları bulunabilir. Klorür karışım modelinin grafik ve nümerik iki uygulaması vardır. Uygulama kolaylığı nedeniyle, burada grafik çözüm verilmiştir (Şekil-27). Grafikte düşey eksene entalpiler, yatay eksene de suların klorür değerleri işaretlenir. Periyodik olarak, analiz yaptırılan kaplıca yöresi sularından(Ekim-1986),dördünün karışım modeli uygulaması şekil-27 de sunulmuştur.



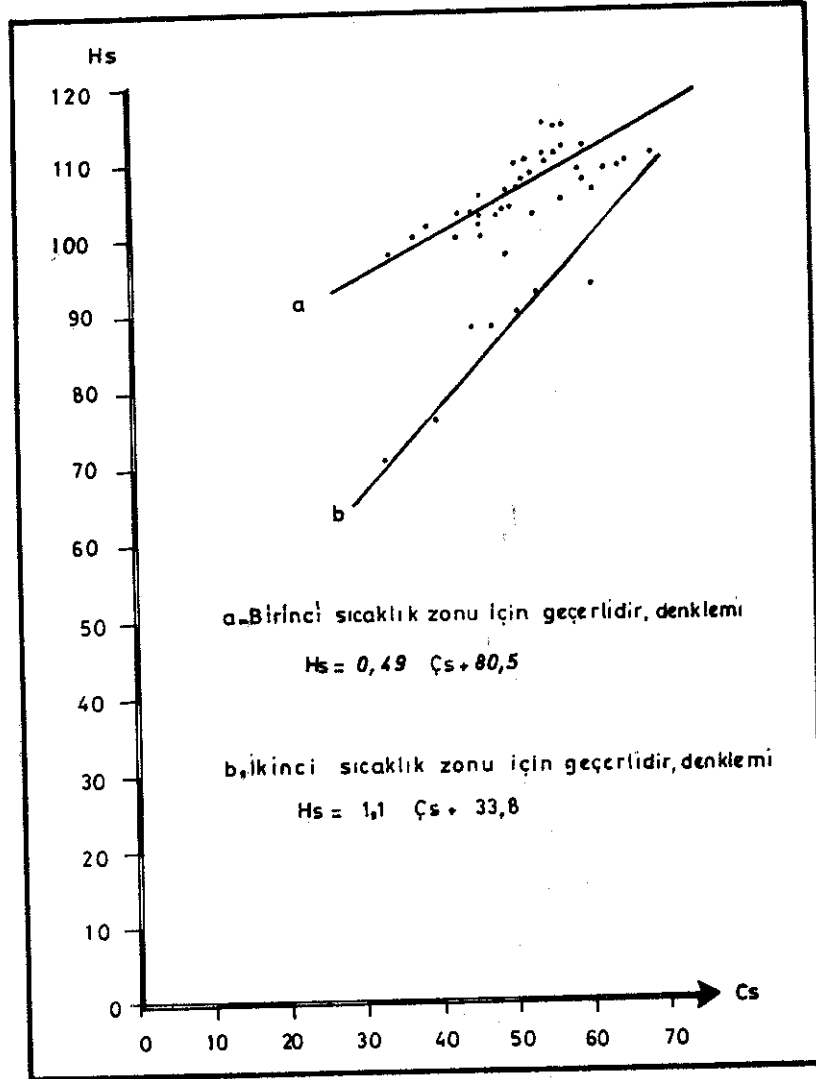
Şekil: 27 Klorür karışım modeli ve Balçova sularının uygulaması

Şekil-27 de görüleceği gibi, entalpi eksenine buharın sıcaksudan ayrılma entalpisi olan 639.15 cal/g yazılır. Aynı şekil üzerine her bir kaynağa ait entalpi ve klorür değerleri noktalanıp buhar noktasıyla birleştirilip uzatılır(1,2,3,4). Bu doğrular çizildikten sonra aynı kaynaklara ait silis kondüktif soğuma entalpileri elde edilen doğrular üzerine işaretlenir (A,B,C,D,E). Soğuksuyu temsil eden A noktası, B,C,D,E noktaları ile birleştirilip uzatıldığında, hazne kaya sıcaklığını belirler. Bu yöntemle kaplıca sularının en düşük hazne kaya sıcaklığı 151 °C, en yüksek 205 °C dir.

IX.3.3.5. Sondaj Çamur Sıcaklığı İle Kuyudaki Akışkan Sıcaklığı Arasındaki İlişki

Sondaj çamur sıcaklığı ile kuyudaki akışkan sıcaklığı arasındaki ilişkiyi araştırmak için, Balçova jeotermal alanında açılan kuyulardan altısının çamur çıkış ve kuyu sıcaklıklarından yararlanılmıştır(Şekil-28). Bu uygulamada 30 °C'a kadar olan çamur sıcaklıkları meteorolojik etkilerin olabileceği düşüncesiyle alınmadı. 30 °C den sonraki çamur çıkış sıcaklıkları ile, çamur sıcaklığının ölçüldüğü metreye karşılık gelen gerçek kuyu dibi sıcaklıkları koordinat sisteminde noktalanmıştır. Burada elde edilen doğrudan alttaki, kuyu dibi sıcaklığı 150 m derinlik için 80 °C-100 °C arası olarak ayrılan II. sıcaklık zonu için geçerlidir(Ek-6). Üstteki doğru kuyu dibi sıcaklığı 150 m de 100 °C den büyük olan I. alan için geçerlidir. Elde edilen doğruların denklemleri en küçük kareler yöntemiyle hesaplanıp yazıldığında, I.zon için, $H_s = 0.49 \text{ } \checkmark_s + 80.5$, II.zon için $H_s = 1.1 \text{ } \checkmark_s + 33.8$ değerleri elde edilir. Burada H_s = Kuyu sıcaklığı, \checkmark_s = Çamur sıcaklığı olarak tanımlanmıştır. Bağıntılarının standart sapmaları I.alan için 4.1, II.alan için 1.5 olarak hesaplanmıştır

Yukarıda verilen bağıntıların hazırlanmasında kullanılan çamur çıkış sıcaklıkları, sondaj makine kapasitesi, pompa kapasitesi vs. gibi bir çok neden etkiler. Balçova jeotermal sahasında sondaj ilerlemesi süresince çamur çıkış sıcaklıkları ölçülmüş ve kuyu dibi sıcaklığı verilen bağıntılarla tahmin edilmiştir. Uygulamada standart sapmayla belirtildiği gibi, bir iki derecelik sapmalar olmuştur.



Şekil-28 Sondaj çamur sıcaklığı ile kuyu sıcaklığı arasındaki ilişki

IX.3.3.6. Jeotermometre Sonuçları

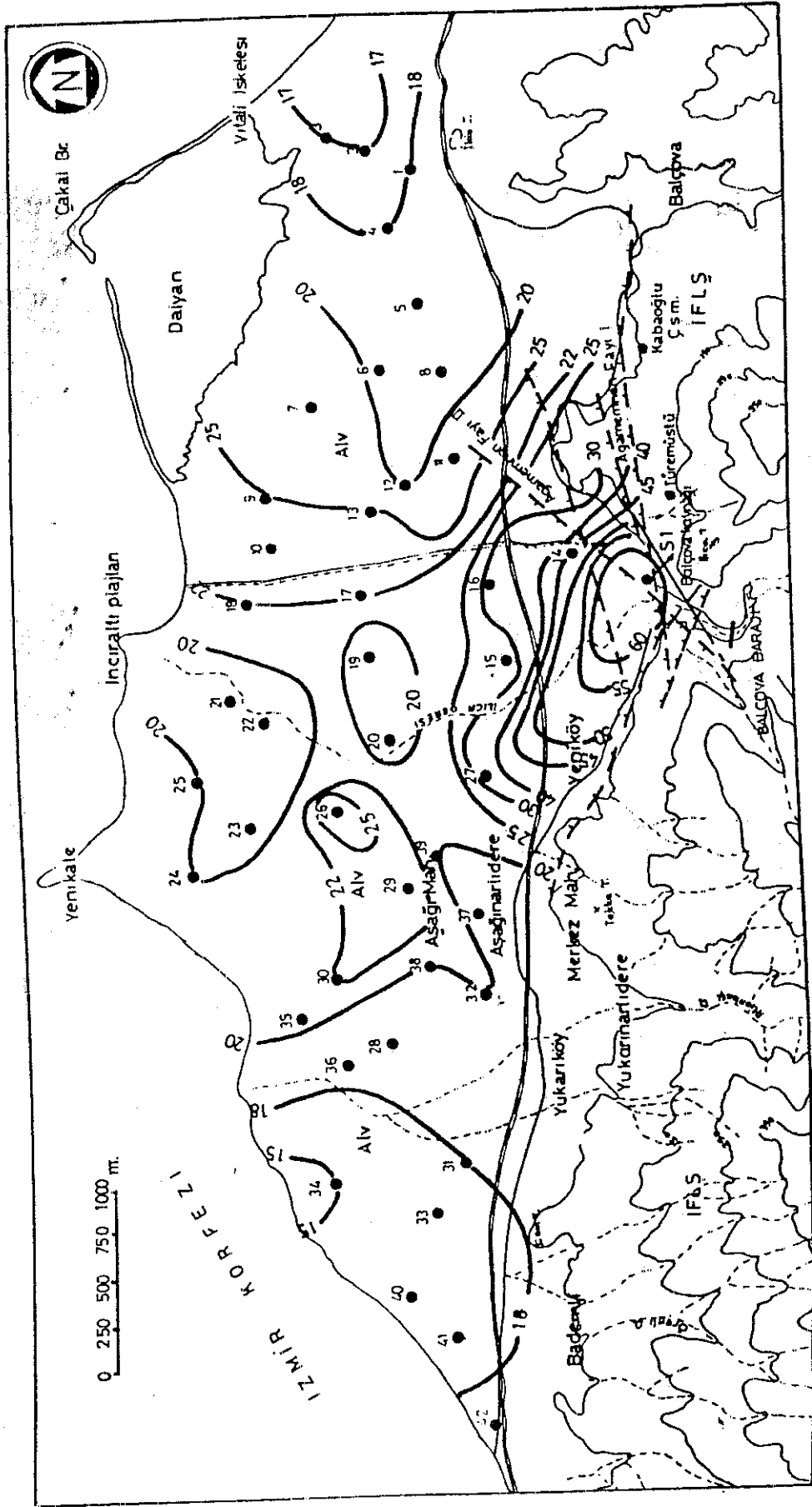
Balçova jeotermal alanı için hesaplanan jeotermometre sonuçları tartışılırken sığ su kuyularının sıcaklıkları ile olan ilişkilerinin anlaşılabilmesi için Şekil-29 da görülen sıcaklık dağılımı verilmiştir. Sığ kuyulardaki sıcaklık dağılımı, Balçova kaynaklarından itibaren kuzeye doğru azalarak devam eder. Ilıca deresinin sağ ve solundaki 25°C sıcaklık eğrileri kırık sistemleriyle ilgili olabilir. Hidrotermal bözünüm jeotermometreleri uygulamaları, Balçova jeotermal alanındaki B-4, B-5, B-7 kuyularında 230°C'a erişen sıcaklıklar vermiştir.

Doğal izotop jeotermometresiyle S-1 kuyusunda alınan örneğin izotop analizlerinden 196.6 C sıcaklık hesaplanmıştır.

Kimyasal jeotermometre hesaplamaları aylık periyodik analizlere uygulanmış ve Tablo-3 deki sonuçlar alınmıştır. Derinde karışımın daha az olduğu düşünülen S-1 sondaj kuyusunun kimyasal jeotermometre sonuçları aşağıda verilmiştir.

Silis adyabatik soğumasına göre = 88°C-193 °C
Silis kondüktif soğumasına göre = 84°C-209°C
Na-K-Ca-Mg jeotermometresinden = 79°C-216 °C
Na/K jeotermometresi (Fournier) = 81°C-186 °C
Na/K jeotermometresi (Truesdell) =113°C-172 °C

Jeotermometrelerin toplu sonuçlarından görüldüğü gibi hazne kaya sıcaklıkları 230°C'a ulaşan değerler vermektedir. Bu nedenle daha yüksek sıcaklıklı akışkan elde etmek için, jeotermal sahada derin bir araştırma sondajının yapılması uygundur.



Şekil-29 Balçova-Narlıdere ovasındaki siğ kuyularda sıcaklık dağılımı (1983 yılı yıllık ortalama sıcaklıkları)

IX.4. Beslenme Alanı Yüksekliğinin İzotoplarla Saptanması

Döteryum izotoplarından yararlanarak beslenme alanı yüksekliğinin hesabı aşağıda verilen bağıntı ile yapılır.

$$\Delta D = 2.5 \frac{h(m)}{100} \text{---} , \quad \Delta D = D_1 - D_2$$

D_1 = Sıcaksuyun döteryum değeri,

D_2 = Soğuk suyun döteryum değeri,

h = Beslenme alanı yüksekliği

ΔD = Sıcaksuyun döteryum değeri - Soğuk suyun döteryum değeri

Bu bağıntı S-1 sondajından itibaren beslenme alanı yüksekliğini bulmak için uygulandı.

D_1 = - 34.9, sıcaksuyun döteryum değeri

D_2 = - 21.5, soğuk suyun döteryum değeri

Verilen bu değerler yukarıdaki bağıntıda yerine konulduğunda, sıcaksu kaynağına göre(S-1) beslenme alanının yüksekliği $h= 536$ m olarak bulunur. Balçova jeotermal alanının beslenme alanı yüksekliği de yaklaşık bu civardadır.

IX.5. Suların Kimyasal Özellikleri

Bu bölümde, Balçova yöresinden alınan soğuk ve sıcak yeraltı sularının kimyasal özelliklerinden bahsedilmiştir. Su analizlerinden hareketle anyon ve katyon dağılımları, iyonlaşma gücü, iyon etkinliği, kalsit dolomit sülfat doyma endeksleri ve kısmi karbondioksit basınçları hesaplanarak, elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Ayrıca suların kimyasal sınıflamalarından toplam tuzluluk, Piper ve Schoeller diyagramlarıyla Şahinci yöntemi verilerek köken benzerlikleri araştırılmıştır. Öte yandan yöre sularının içme, tarımda ve endüstride kullanma gibi özellikleri açıklanmıştır.

IX.5.1. Suların Genel Kimyasal Özellikleri

Suların genel kimyasal özelliklerinin araştırılmasında, sularda çözülmüş maddeler mg/l, mek/l olarak tanımlanmıştır. Burada incelenen analizler MTA Genel Müdürlüğü ile DSİ İzmir Bölge Müdürlüğünden sağlanmıştır (Ek-7). DSİ den alınan 42 adet bir yıl süreli aylık periyodik analizler, Balçova -Narlıdere arası ova kesimde bulunan keson kuyulardandır. MTA Genel Müdürlüğünde yaptırılan bir yıl süreli aylık periyodik analizlerden ikisi soğuk, dördü sıcaksu kaynaklarına aittir. Periyodik analizlerden ayrı olarak S-1 kuyusunun Japonya da yaptırılan analizi ile MTA da yapılan periyodik olmayan analizler verilmiştir.

a. Anyon ve Katyonlar

Çalışma alanından periyodik analiz yaptırılan sıcaksularla iki adet soğuksu kaynağındaki anyon ve katyonların iyon dağılımları Tablo-4 de görülebilir. Tablodan, Kabaoğlu çeşmesi soğuk suyu genellikle sodyum potasyum sülfatlı klorürlüdür. Turem Üstü kaynağı(52) ise magnezyum bikarbonatlıdır. Analizlenen tüm sıcaksuların iyon oranlamalarından suların sodyum potasyum bikarbonatlı olduğu anlaşılmıştır(Tablo-4).

Katyon Dağılımı	51	52	53	54	55	56
Kasım(85)	(Na+K) > Ca > Mg	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Mg > Ca	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg
Aralık(85)	(Na+K) > Ca > Mg	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg
Ocak(86)	Ca > (Na+K) > Mg	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Mg > Ca	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Mg > Ca
Şubat(86)	(Na+K) > Mg > Ca	Na > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Mg > Ca
Mart(86)	Mg > (Na+K) > Ca	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Mg > Ca	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg
Nisan(86)	(Na+K) > Ca > Mg	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg
Mayıs(86)	(Na+K) > Mg > Ca	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg
Haziran(86)	(Na+K) > Ca > Mg	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg
Temmuz(86)	(Na+K) > Mg > Ca	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg
Ağustos(86)	(Na+K) > Mg > Ca	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Mg > Ca	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Mg > Ca
Eylül(86)	Mg > (Na+K) > Ca	Mg > Ca > (Na+K)	Ca > Mg > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Mg > Ca
Ekim(86)	(Na+K) > Mg > Ca	Mg > Ca > (Na+K)	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Ca > Mg	(Na+K) > Mg > Ca
Anyon Dağılımı						
Kasım(85)	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Aralık(85)	SO ₄ > Cl > HCO ₃	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Ocak(86)	SO ₄ > Cl > HCO ₃	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Şubat(86)	SO ₄ > Cl > HCO ₃	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Mart(86)	Cl > SO ₄ > HCO ₃	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Nisan(86)	Cl > SO ₄ > HCO ₃	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Mayıs(86)	Cl > SO ₄ > HCO ₃	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Haziran(86)	Cl > HCO ₃ > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Temmuz(86)	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Ağustos(86)	Cl > HCO ₃ > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Eylül(86)	Cl > HCO ₃ > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄
Ekim(86)	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > SO ₄ > Cl	HCO ₃ > Cl > SO ₄	HCO ₃ > Cl > SO ₄

Tablo-4 Balçova kaplıcaları yöresi siccaksuları ile soğuksu kaynaklarındaki periyodik anyon ve katyon dağılımı

Tablo-4 te verilen kaynakların ppm ve mek/l birimindeki iyon dağılımları Şekil-30, 31, 32 de verilmiştir. Anyon dağılımlarından suların genellikle bikarbonatlı, katyon dağılımlarından sodyumlu oldukları dikkati çeker.

b. İyonlaşma Gücü, İyon Etkinliği, Kalsit Dolomit Sülfat Doyma Endeksleri Ve Kısmi Karbondioksit Basınçlarının Hesaplanması

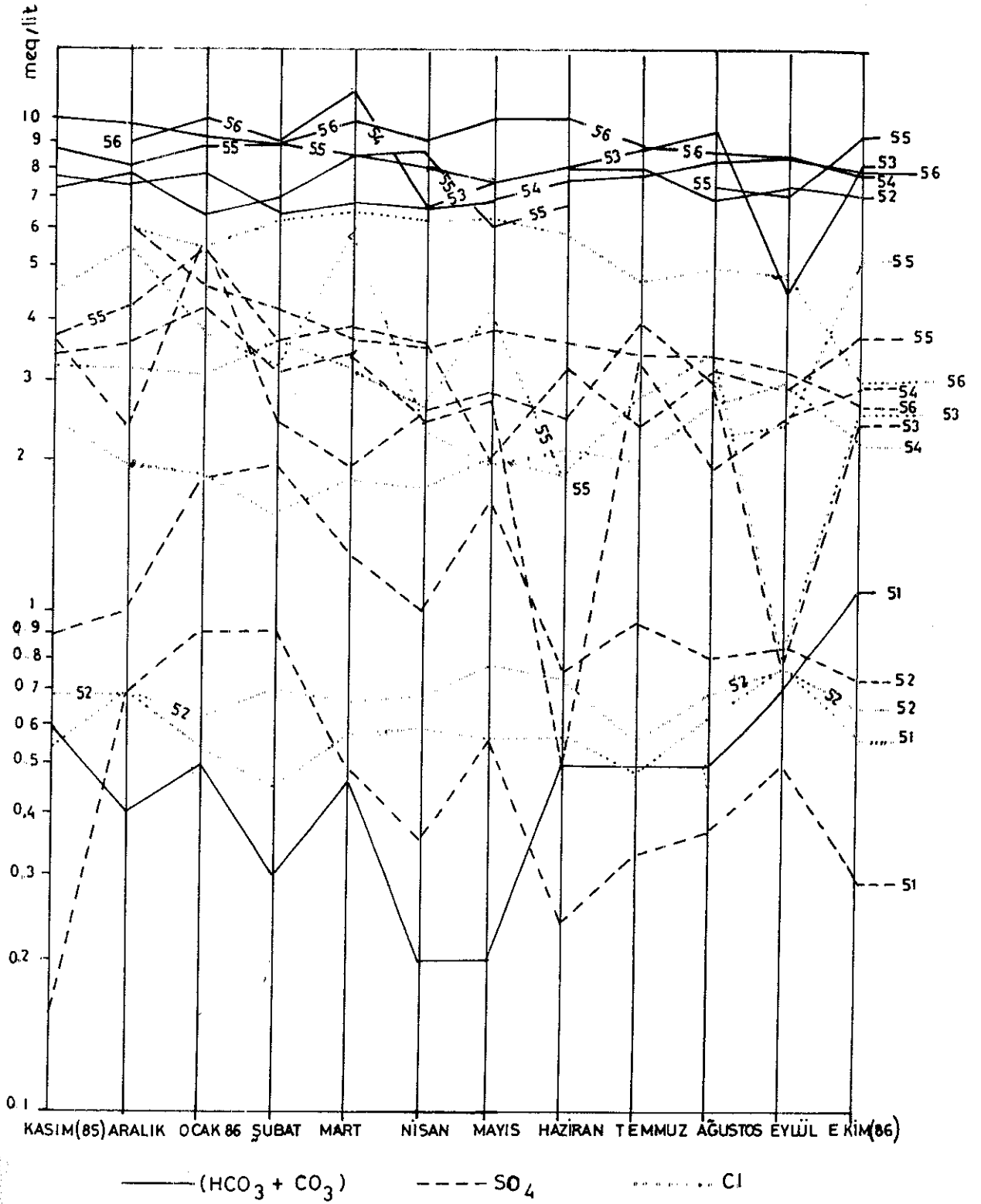
Sulardaki kalsit dolomit ve sülfat doygunluklarının, çökelme özelliklerinin önceden bilinmesi, kuyu ve dağıtım şebekelerinde gerekli önlemlerin zamanında alınması bakımından yararlıdır. Karbonat ve sülfat doygunluklarının grafik ve çözümsel yöntemler vardır. Balçova sularının kalsit dolomit ve sülfat doyma endeksleri kimyasal ve termodinamik yasalara uygun olarak geliştirilen bağıntılardan hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için suların iyonlaşma gücü ve iyon etkinliklerinin bilinmesi gerekir.

- İyonlaşma gücü(I) $I = 0.5 \sum C_i Z_i^2$ bağıntısı ile bulunur. Burada C_i = Molariteyi, Z_i = İyon değerlerini verir. Bu bağıntı açık şekilde aşağıda verilmiştir.

$$I = 0.5 ((r \text{Na}^+(1)^2 + r \text{K}^+(1)^2 + r \text{Ca}^{++}(2)^2 + r \text{Mg}^{++}(2)^2 + r \text{Cl}^{-1}(1)^2 + r \text{HCO}_3^{-1}(1)^2 + r \text{SO}_4^{-2}(2)^2)$$

Bağıntıda iyon derişimleri mek/l dir.

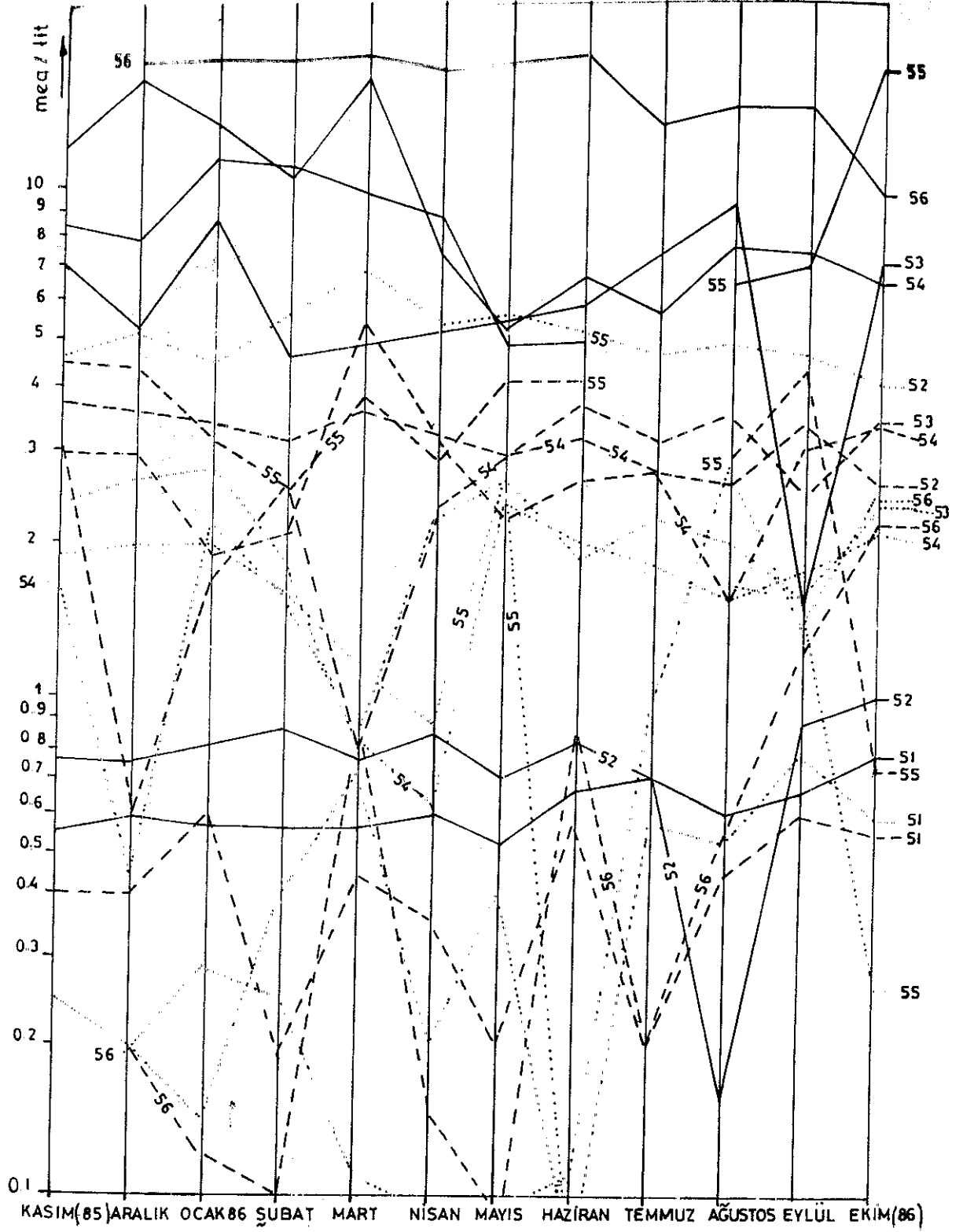
- İyon etkinliği(a_i): Tuzların suda çözünürlüğünü, iyonlar arası kimyasal tepkime hızlarını etkileyen nedenlerden birisi de iyon etkinliğidir. İyon etkinliği ile molarite arasında şu bağıntı vardır. $a_i = f_i \times C_i$, burada a_i = iyon etkinliği, C_i = molarite, f_i = iyon etkinlik katsayısıdır. $\log f_i = (0.5 Z_i^2(I)^{1/2} / (1 + (I)^{1/2}))$ bağıntısından $\log f_i$ bulunduktan sonra f_i ler hesaplanır. $\log a_{\text{Na}} = \log f_{\text{Na}} + \log C_{\text{Na}}$ bağıntısında olduğu gibi K, Ca, Mg, Cl, SO_4 , HCO_3 elementleri için de $\log a_i$ değerlerinden sonra a_i değerlerine geçilir. f_{Na} bulunduktan sonra da bir değerli iyonlarınki birbirlerine eşit olduğundan ayrıca hesaplama yapılmaz ($f_{\text{Na}} = f_{\text{K}} = f_{\text{Cl}} = f_{\text{HCO}_3}$). İki değerliler ise bir değerlilerin $\log f_i$ miktarlarını dört ile çarpmak yeterli olacaktır.



ŞEKİL 30 Aylık periyodik analizlerde anyon dağılımı

51 KABAOĞLU ÇEŞMESİ
52 TUREM ÜSTÜ
53 BALÇOVA KAYNAĞI

54 BALÇOVA KESON KUYU
55 AHMET DOLGUN KUYUSU
56 S-1 SONDAJI



ŞEKİL:31 Aylık periyodik analizlerde katyon dağılımı

— (Na + K)

- - - Ca

..... Mg

51 - KABAĞLI ÇEŞMESİ

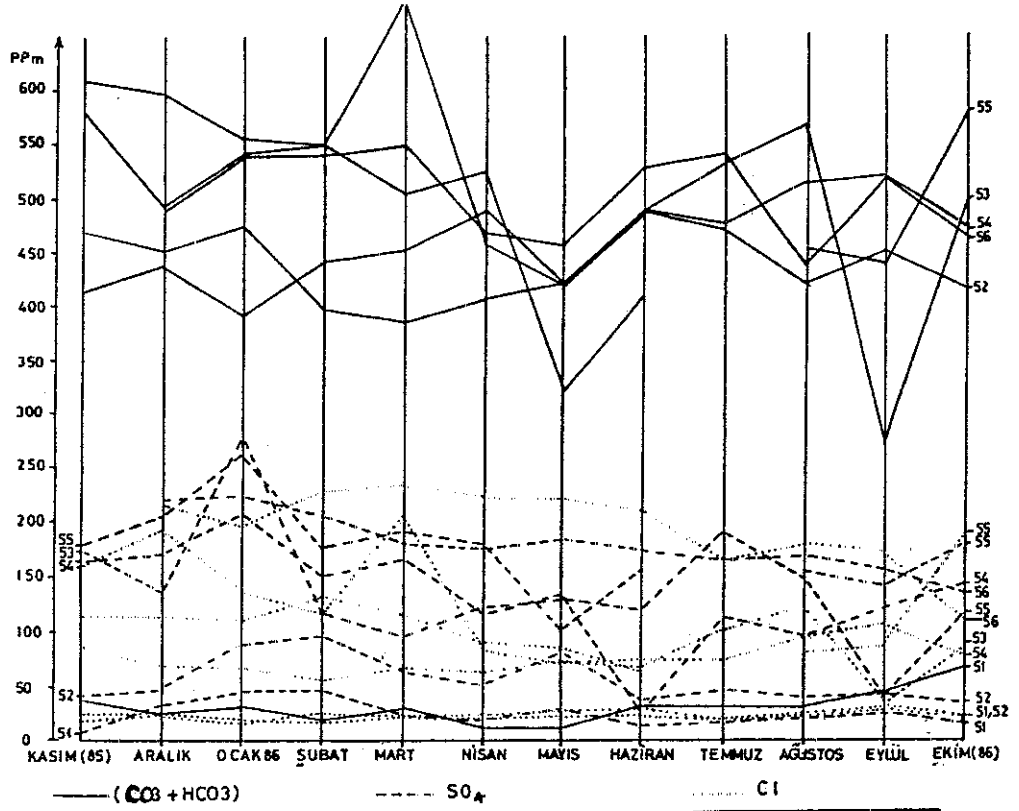
54 - BALÇOVA KESON KUYU

52 - TUREM ÜSTÜ

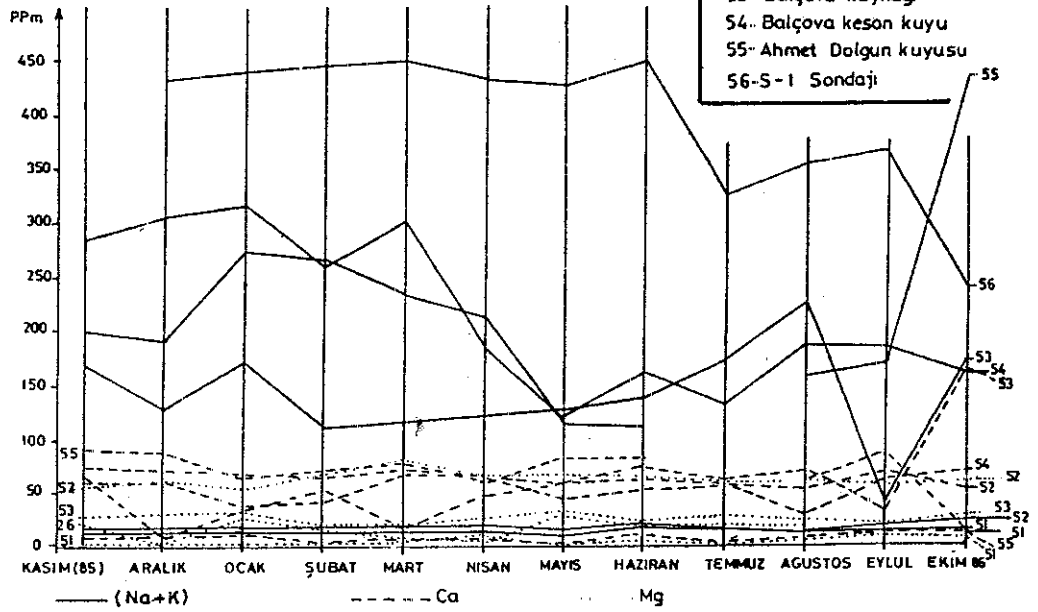
55 - AHMET DOLGUN KUYUSU

53 - BALÇOVA KAYNAĞI

56 - S-1 SONDAJI



a) Aylık periyodik analizlerde anyon dağılımı



b) Aylık periyodik analizlerde katyon dağılımı

Şekil- 32 Aylık periyodik analizlerde iyon dağılımı

- Kalsit doyma endeksi(S_c); Su içindeki çözünmüş CO_2 'e bağımlı olarak $CaCO_3$ 'ün çözünmesi artar ve şu bağıntılarla ifade edilir.

$S_c = \log((a.Ca^{++}) + \log(a.HCO_3^-) + \log K_2 - \log(10^{-pH}) - \log K_c$
Burada K_c kalsit denge sabitini göstermektedir. Eğer, $S_c=0$ ise su $CaCO_3$ ca doymun, $S_c > 0$ ise suda çökme izlenir. $S_c < 0$ ise $CaCO_3$ çözebilir. $S_c = \pm 0.1$ değerleri arası belirsiz doymunluk alanı olarak kabul edilir.

- Dolomit doyma endeksi(S_d); Dolomitin çözünürlüğü $CaCO_3$ ta olduğu gibi su içindeki çözünmüş halde bulunan CO_2 gazına bağlıdır. Dolomit çözünürlüğü şu bağıntı ile ifade edilir. $S_d = \log((a.Ca^{++})(a.Mg^{++})(a.CO_3^{--})^2 / K_d))^{1/2}$ veya $S_d = 1/2(\log(a.Ca^{++}) + \log(a.Mg^{++}) + 2 \log(a.HCO_3^-) + 2 \log K_2 - \log(10^{-2pH}) - \log K_d)$
 K_d dolomit denge sabitidir. $S_d=0$ ise dolomitçe doymun, $S_d > 0$ ise çökme izlenir, $S_d < 0$ ise dolomit çözebilir. $S_d = \pm 0.1$ değerleri için dolomit belirsizdir.

- Sülfat doyma endeksi(S_s); Sülfat iyonları sular- da daha çok Ca^{++} iyonları ile dengededirler. $CaSO_4$ 'ün suda çözünürlüğü şöyledir. $S_s = \log((a.Ca^{++})(a.SO_4^{--}) / (K_{CaSO_4}))$ veya $S_s = \log(a.Ca^{++}) + \log(a.SO_4^{--}) - \log K_{CaSO_4}$ şeklinde yazılır. K_{CaSO_4} , $CaSO_4$ 'ün tepkime denge sabitidir.

- Suda çözünmüş kısmi CO_2 basıncı(P_{CO_2}); Suda çözünmüş halde bulunan kısmi CO_2 'nin su ile yaptığı $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ tepkimesinden yararlanarak aşağıdaki bağıntı yazılabilir. $K_{CO_2} = (aH_2CO_3) / P_{CO_2}$, burada K_{CO_2} , CO_2 nin tepkime denge sabitidir. $K_{CO_2} = (aH^+)(aHCO_3^-) / K_1.K_{CO_2}$, (aH^+ , suyun pH değeridir) veya bu bağıntı şöyle yazılır. $\log P_{CO_2} = \log(aH^+) + \log(aHCO_3^-) - \log K_1 - \log K_{CO_2}$
(Not: Havanın kısmi CO_2 basıncı $P_{CO_2} = 10^{-3.5}$ atmosferdir. Verilen bu bağıntılarda kullanılan bazı denge sabiti değerleri Tablo-5 te izlenebilir.

Yukarıdaki açıklamalardan sonra Balçova civarındaki periyodik analizlerden sadece Balçova kaynağının bir yıllık aylık periyodik analizi ile kuyulara ait diğer periyodik olmayan analizlerdeki hesaplamalar Tablo-6,7 de verilmiştir.

t °C	pKw	pK _{CO₂}	pK ₁	pK ₂	pKc	pKd	pK _{CaSO₄}
0	14.94	1.12	6.58	10.63	8.35	16.56	2.20
5	14.73	1.19	6.52	10.56	8.35	16.63	2.22
10	14.53	1.27	6.46	10.49	8.36	16.71	2.25
15	14.35	1.34	6.42	10.43	8.37	16.79	2.27
20	14.17	1.40	6.38	10.38	8.39	16.89	2.29
25	14.00	1.46	6.35	10.33	8.41	17.00	2.31
30	13.83	1.52	6.33	10.29	8.45	17.12	2.33
35	13.68	1.57	6.31	10.25	8.50	17.25	2.354
40	13.53	1.62	6.30	10.22	8.55	17.39	2.376
45	13.40	1.66	6.29	10.20	8.59	17.53	2.398
50	13.26	1.71	6.29	10.17	8.64	17.68	2.42
60	13.02	1.78	6.30	10.15			
70	12.80	1.84	6.33	10.13			
80	12.60	1.90	6.36	10.13			

$$K_w = (aH^+)(aOH^-) / (aH_2O) ; K_{CO_2} = (aH_2CO_3 / P_{CO_2})$$

$$K_1 = (aH^+)(aHCO_3^-) / (aH_2CO_3) ; K_2 = (aH^+)(aCO_3^{--}) / (aHCO_3^-)$$

$$K_c = (aCa^{++})(aCO_3^{--}) / (aCaCO_3) ; K_{CaSO_4} = (aCa^{++})(aSO_4^{--}) / (aCaSO_4)$$

$$K_d = (aCa^{++})^{1/2} (aMg^{++})^{1/2} (aCO_3^{--}) / (aCaMg(CO_3)_2)$$

Tablo-5 Sıcaklığa bağlı bazı denge sabiti değerleri
(Şahinci-1986)

Tablolara göre (Tablo-6,7), Balçova yöresi sularında genel olarak S_c ve S_d değerleri sıfırdan büyük olduğundan, sularda çökme izlenir. Sülfat değerleri ise sıfırdan küçük olduğundan sülfat çözebilirler. Öte yandan suların kısmi karbondioksit basınçları, havanın kısmi CO_2 basıncından fazladır.

	Balçova kaynağı DSİ-1985	B-5 1985 MTA	S-1 1986 Japonya	B-7 1984 MTA	B-9 1984 Şubat	B-9 1984 Mart
İyonlaşma gücü(I)	0.01616	0.0209	0.02172	0.02188	0.02039	0.2124
Sc	1.24	1.83	1.15	0.52	1.1	2
S _d	1.5	1.89	1.55	1.19	1.24	2.07
S _s	-3.86	-3.76	-4.65	-4.76	-4.17	-3.95
P _{CO₂}	0.07812	0.0721	0.05270	0.1104	0.06732	0.02768
Na	0.00912	0.01503	0.01563	0.0157	0.01637	0.0165
K	0.000929	0.00062	0.00082	0.0007	0.00066	0.00068
Ca	0.000285	0.00016	0.000019	0.000014	0.000056	0.000111
Mg	0.000473	0.00015	0.00007	0.00019	0.000068	0.00009
Cl	0.00351	0.00518	0.00533	0.0052	0.00541	0.00542
SO ₄	0.000534	0.00102	0.00109	0.00125	0.00118	0.00097
HCO ₃	0.00717	0.007	0.00827	0.00689	0.00519	0.00673

Tablo-6 Periyodik olmayan kuyu ve kaynaklardaki iyonlaşma gücü
S_c, S_d, S_s, P_{CO₂} hesaplamaları

c. Sıcak Ve Soğuk Suların Köken Benzerliklerinin
Araştırılması

Suların köken benzerliklerinin araştırılmasında genellikle iyon ve iyon oranlamalarının karşılaştırılması yapılır. Böylece benzer kökenli sıcak ve soğuk suların iyonları da benzer şekilde olacaktır.

Narlıdere Balçova arasındaki alandan sıcak ve soğuk toplam kırksekiz adet kuyu suyunun analizleri verilmiştir (Ek-7). Bu analizlerin iyon ve iyon oranlamaları harita üzerine yerleştirilerek eğriler geçirilmiştir. Çalışma

	<u>Kasım</u>	<u>Aralık</u>	<u>Ocak</u>	<u>Şubat</u>	<u>Mart</u>	<u>Nisan</u>	<u>Mayıs</u>	<u>Haziran</u>	<u>Temmuz</u>	<u>Ağustos</u>	<u>Eylül</u>	<u>Ekim</u>
I	0.018	0.016	0.02	0.013	0.0135	0.014	0.078	0.0486	0.0952	0.0198	0.0083	0.0174
S _c	0.86	1.77	0.57	1.427	1.732	1.127	2.02	1.4	0.944	2.08	-0.293	0.7212
S _d	0.91	1.85	0.678	1.45	1.7	1.2	2.14	1.79	1.66	2.09	-0.2371	0.785
S _s	-2.43	-3.17	-2.88	-3.29	-3.32	-3.26	-3.27	-3.22	-3.08	-3.14	-3.59	-3.25
PCO ₂	0.03514	0.00708	0.1183	0.0108	0.0048	0.0232	0.0024	0.0081	0.00131	0.00547	0.2154	0.0862

Elementlerin iyon özellikleri

Na	0.0059	0.0044	0.0064	0.0037	0.0044	0.0044	0.0044	0.0042	0.0048	0.0056	0.00795	0.00146	0.00608
K	0.0029	0.00024	0.00007	34.10 ⁵ 54x10 ⁶	22x10 ⁶	59x10 ⁶	49x10 ⁶	7x10 ⁻⁵	0.00037	0.00008	0.00053	0.00053	0.00053
Ca	0.001	0.00107	0.00096	0.000990.0011	99x10 ⁵	54x10 ⁵	8x10 ⁴	54x10 ⁵	0.00101	0.00109	0.00103	0.00103	0.00103
Mg	69x10 ⁵	77x10 ⁻⁵	78x10 ⁻⁵	56x10 ⁵	5x10 ⁻⁴	677x10 ⁶ 47x10 ⁵	4x10 ⁴	37x10 ⁵	57x10 ⁻⁵	707x10 ⁶	69x10 ⁵	69x10 ⁵	69x10 ⁵
Cl	21x10 ⁴	17x10 ⁴	16x10 ⁻⁴	137x10 ⁵ 162x10 ⁵	157x10 ⁵ 155x10 ⁵	151x10 ⁵ 214x10 ⁵	294x10 ⁵	75x10 ⁵	221x10 ⁵	221x10 ⁵	221x10 ⁵	221x10 ⁵	221x10 ⁵
SO ₄	0.001	83x10 ⁵	163x10 ⁵	759x10 ⁵	61x10 ⁵	78x10 ⁵	49x10 ⁵	52x10 ⁵	65x10 ⁵	86x10 ⁵	33x10 ⁵	699x10 ⁶	699x10 ⁶
HCO ₃	0.0067	0.0065	0.0067	0.00577	0.0051	0.0059	0.0048	0.0064	0.0066	0.0080	0.0044	0.00716	0.00716

Tablo-7 Balçova kaynağı analizlerinden yapılan I, S_c, S_d, S_s, pCO₂ ve elementlerin iyon etkinliklerinin hesaplamaları

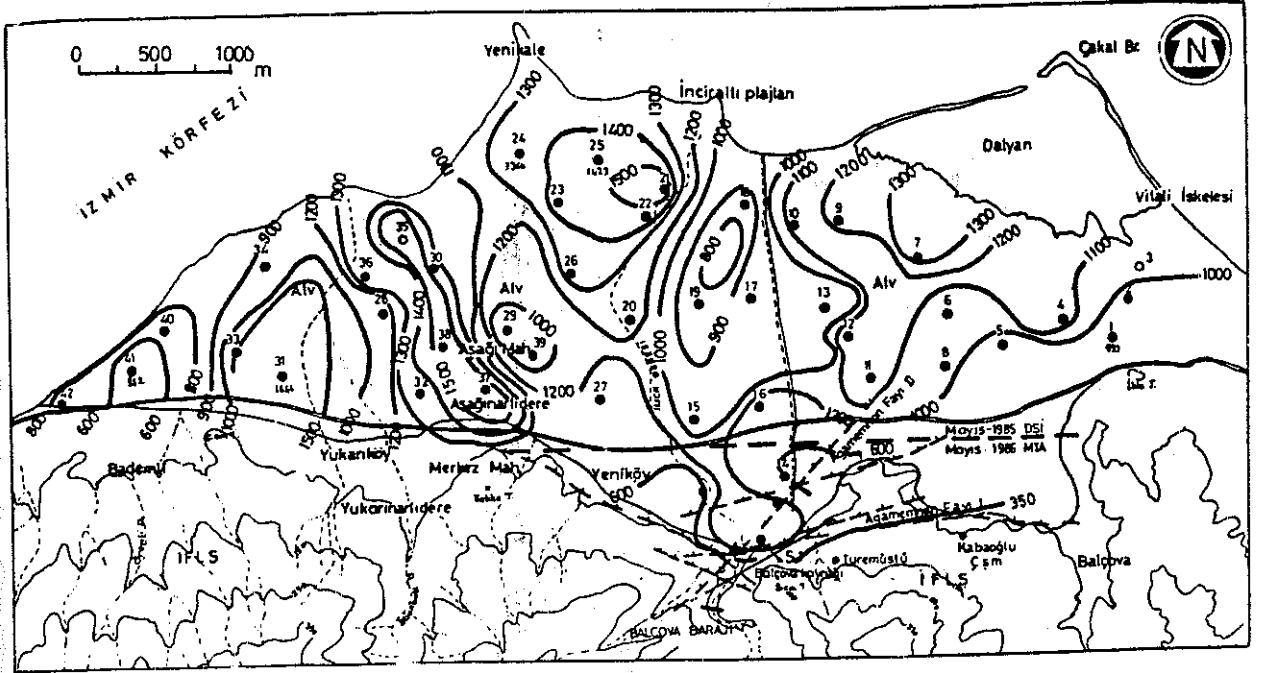
alanında EC, Cl, SO₄, HCO₃, B, Cl/B, Na/K, Cl/SO₄, Cl/(HCO₃+CO₃), Mg/Ca gibi iyon ve iyon oranlamaları uygulanmıştır.

- Sıcak Ve Soğuk Sulardaki EC dağılımı; Sıcak ve soğuk sulardaki eş elektriksel iletkenlik eğrileri Balçova kaplıcaları yöresinde 1000-1200 μ mho/cm değerlerindedir (Şekil-33). Şekildeki değerlere bakıldığında en yüksek EC eğrisi İnciraltı yolu solunda 1500 μ mho/cm olarak kapanım gösterir. Balçova Narlıdere sahil şeridindeki EC'ler deniz etkisinde olmasına rağmen çok yüksek değildir. Benzer olarak Balçova kaplıcaları yöresindeki sıcaksular da yüksek EC'li değildir. Bu durumda sıcaksulara bir miktar soğuk suların karışarak iletkenliği düşürdüğü söylenebilir.

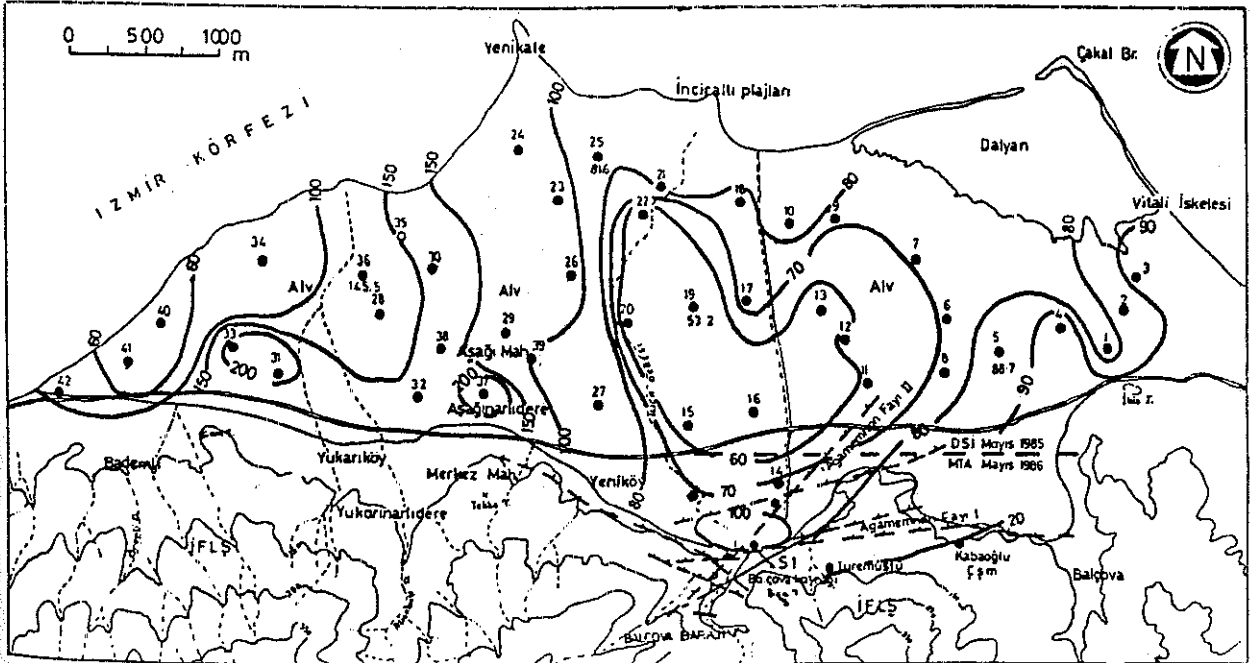
- Klorür Dağılımı; Genellikle jeotermal alanlarda suların içerdikleri klorür miktarı ile sıcaksuların sıcaklıkları arasında doğrusal bir ilişki vardır. İnceleme alanında bulunan sıcak ve soğuk sulardaki klorür dağılımı kaplıcalar civarında 100 mg/l 'nin üzerinde iken, kaplıcalardan kuzeye ve kuzeydoğu yönünde klorürde azalma, kuzeybatıya doğru artma gözlenmektedir(Şekil-34). Bu sonuca göre Narlıdere civarındaki yüksek klorür deniz suyu etkisi ile veya yüzeysel kirlenmelerden ileri gelmelidir. Kirlenmenin olmadığı varsayılması halinde bu bölgelerin jeotermal yönden ilginç olabileceği düşünülebilir.

Bölgeye düşen yağış suyunda klorür'ün 8 mg/l olduğuna ve genelde metakumtaşı ve arkoz kayalar ortalama 37.5 ppm klorür içerdiğine göre(Şahinci-1986), inceleme alanındaki fazla klorür'ün bir kısmı derin kökenli olmalıdır.

- Sülfat Dağılımı; Balçova jeotermal alanındaki sular, bünyelerine başlıca volkanlardan ve piritlerin oksitleşmelerinden SO₄ alabilirler. İzmir flişi bünyesinde özellikle kırık zonlarda oldukça fazla pirit bulunur. Böylece ortamda var olan pirit'in oksitleşmesiyle,
 $2\text{FeS}_2 + 7\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ şeklinde sülfatlar oluşur.



Şekil-33 Balçova yöresi sularında eş EC eğrileri (1985-1986)



Şekil-34 Balçova yöresi sularında eş klorür dağılımı (ppm)

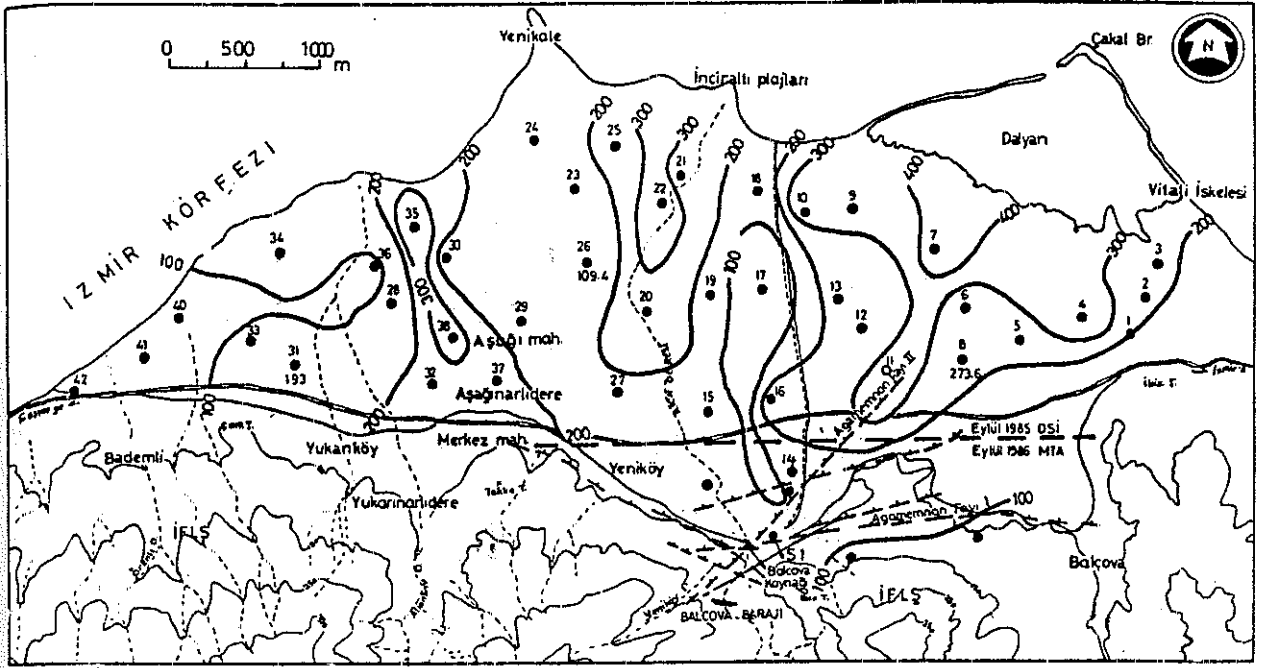
Sülfatların indirgenmesi sonucunda çok miktarda H_2S gazı ortaya çıkar.

İnceleme alanında dağılım gösteren sülfatların aldığı en yüksek değer Dalyan civarındadır(Şekil-35). Bilindiği gibi jeotermal alanlarda sülfat değeri beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru artar. Bu nedenle kaplıcalar yöresinde oksitleşmeyle suya geçen sülfatın, yeraltından kuzeydoğu yönünde (Agamemnon fayı-II boyunca) akarak Dalyanda birikmesi olarak yorumlanmıştır. Bunun yanı sıra denizden de bir miktar sülfat girişiminin olduğu düşünülebilir.

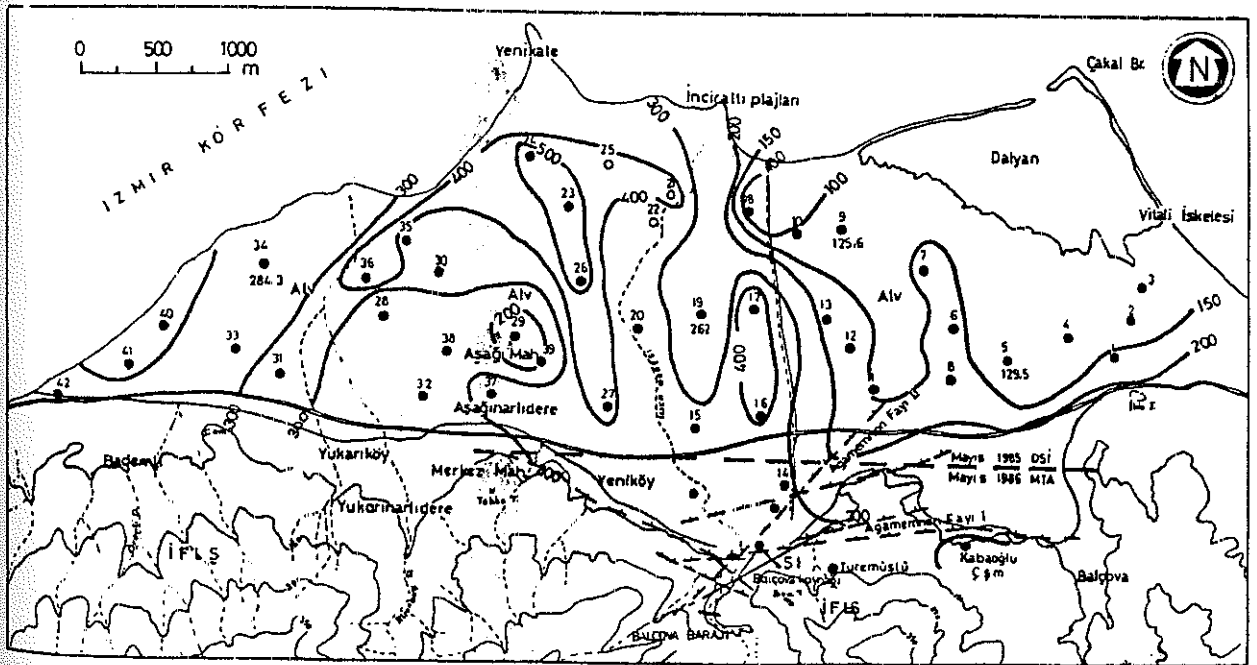
- Bikarbonat Dağılımı: İnceleme alanında bikarbonat dağılımı, Balçova kaplıcaları civarında 300-400 mg/l iken kaplıcalardan Dalyana doğru giderek azalmaktadır (Şekil-36). Yüksek bikarbonat değerlerine İnciraltı yolu solunda ve ılıca deresi solunda izlemek mümkündür. Bikarbonat değerleri pH'ya ve karbondioksit gazının kısmi basıncına bağlı olarak değişir. Sıcak sularda CO_2 gazı etkisi soğuk sularda olduğundan fazladır. Sıcak sular, kaynaktan itibaren Dalyana doğru akış yönünde ilerlerken CO_2 gazı basıncında azalma olacağından, buna bağlı olarak HCO_3 değerleride azalma gösterir.

- Bor dağılımı: Balçova kaplıcaları sularında çevreye göre yüksek olan ve zaman zaman zararlı etkileri görülen bor, mineral ve kayalarda değişik miktarlarda bulunur. İnceleme alanındaki sularda bulunan bor, genellikle yüksek oranda bor içeren mika içerikli kayalara bağlıdır. Bunun dışında volkanik camlar ve radyolaritler bir miktar bor içerebilir. Ayrıca ve önemli olarak, jeotermal ısıyı sağlayan magmatik sokulumlardan faylar yolu ile bor gelişi olacaktır.

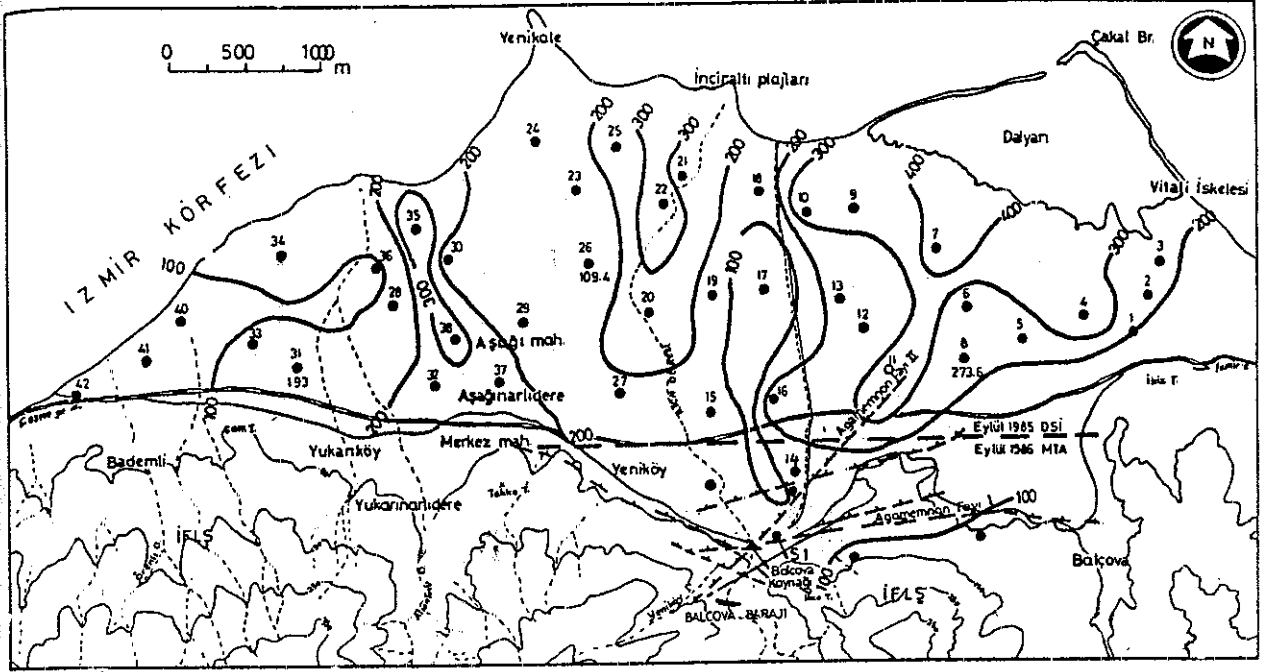
Balçova Narlıdere arasındaki bor dağılımı kaplıcaların olduğu yerde 10 mg/l eğrisiyle çevrilidir(Şekil-37). Bu çevrili kısım birinci derecede önemli jeotermal alan ile uyumludur. Bor'un sıcaklıkla çözünürlüğü arttığından, jeotermal alanları belirlemede iyi bir ipucudur.



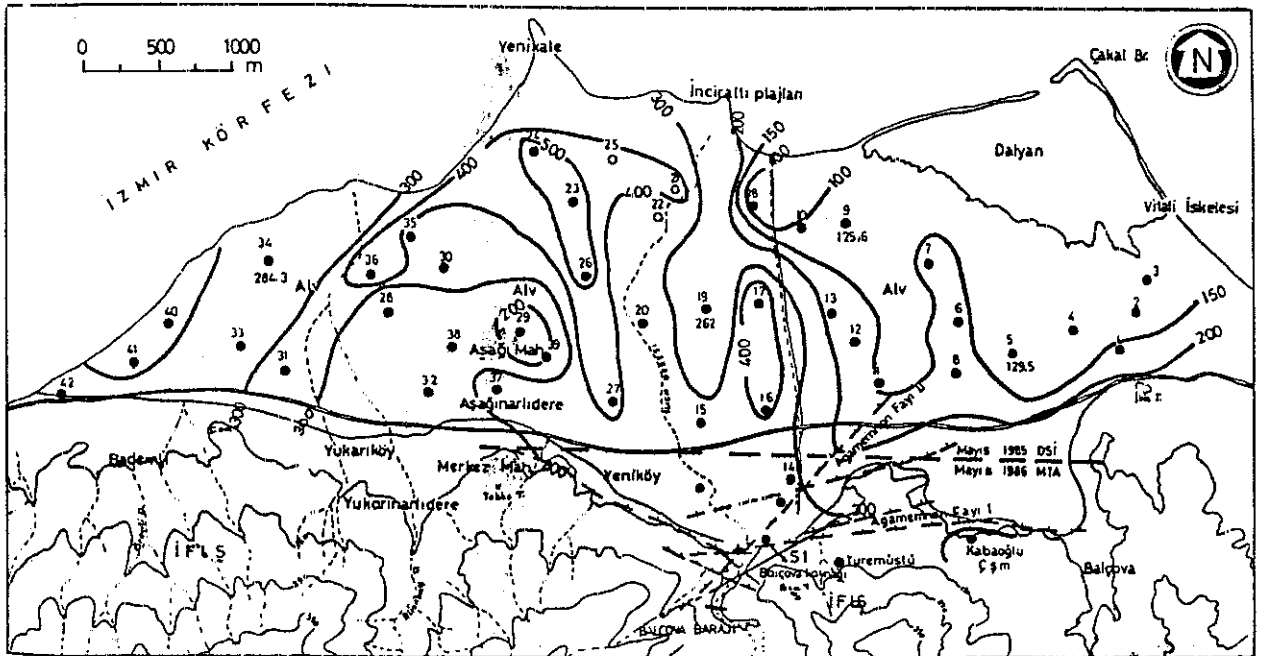
Şekil-35 Balçova yöresi sularında eş SO_4 eğrileri (mg/l)



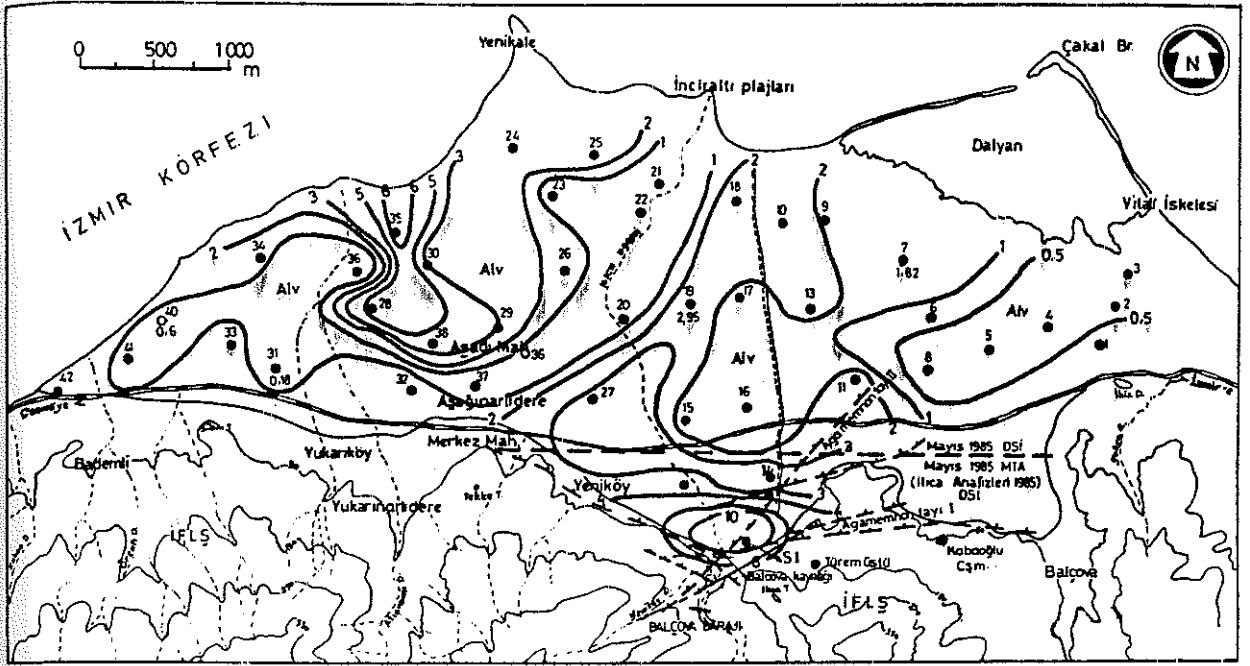
Şekil-36 Balçova yöresi sularında eş HCO_3 eğrileri (mg/l)



Şekil-35 Balçova yöresi sularında eş SO_4 eğrileri (mg/l)



Şekil-36 Balçova yöresi sularında eş HCO_3 eğrileri (mg/l)

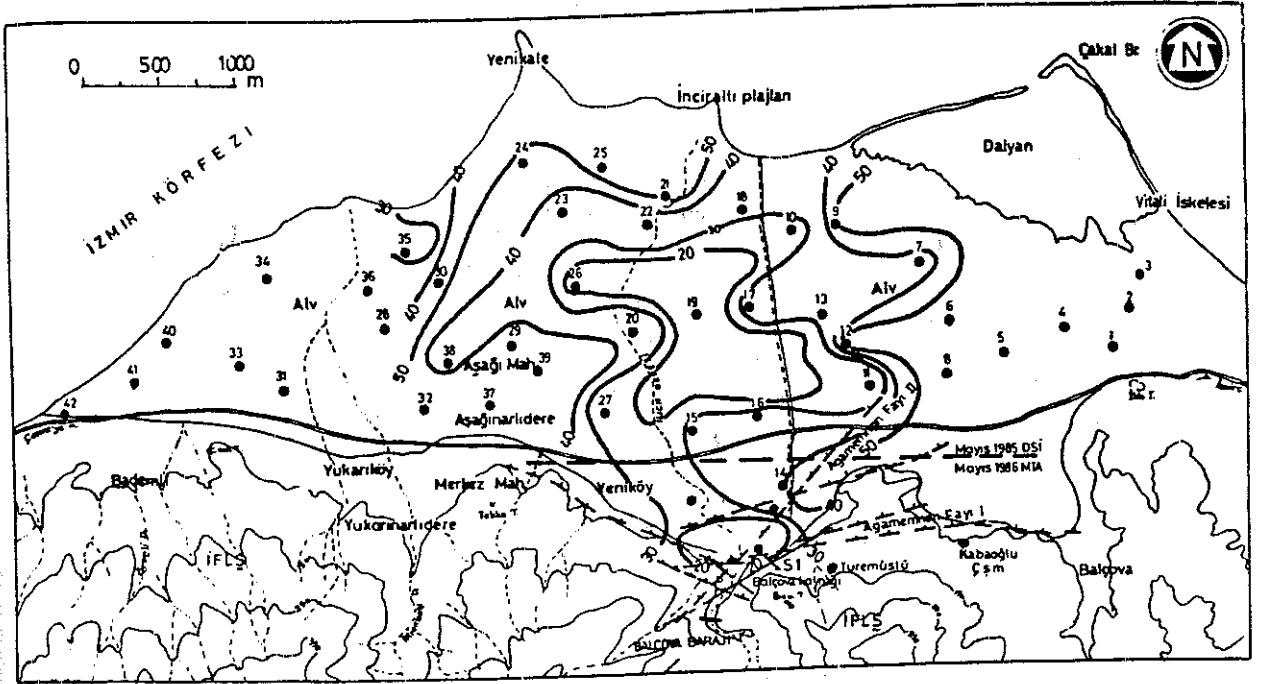


Şekil-37 Balçova sularındaki bor dağılımı
(DSI-1985, MTA-1985 verileri)

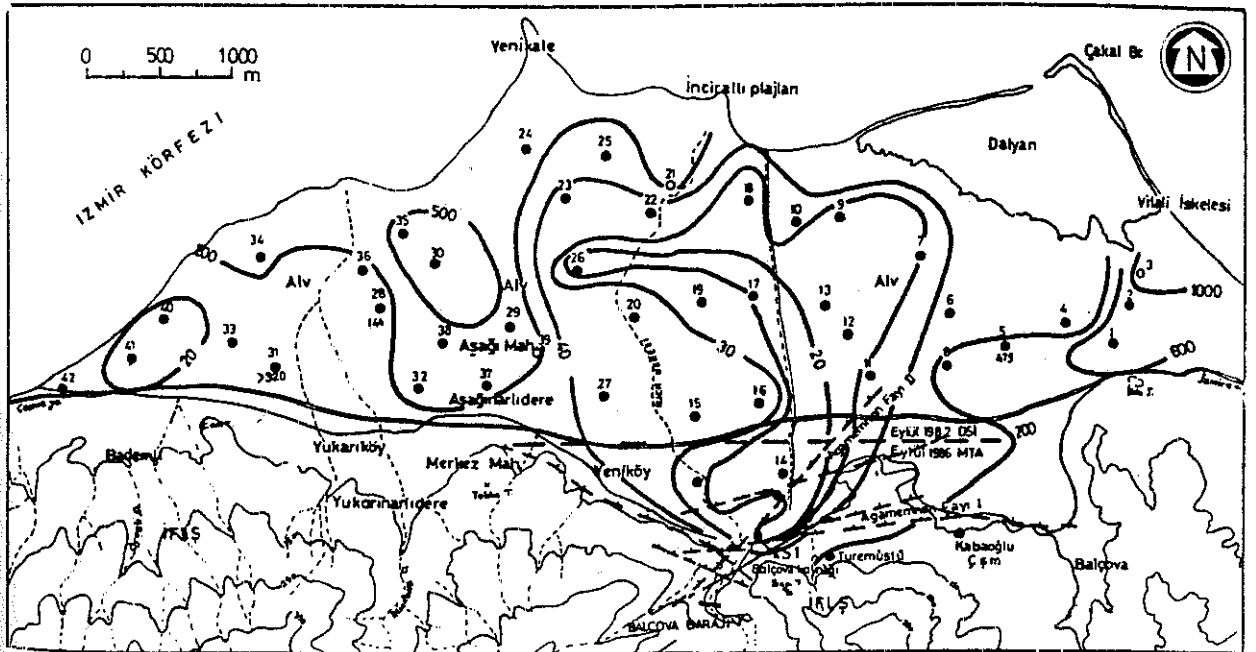
- Klor/Bor(Cl/B) İyon Oranlaması; Klor/Bor ve Na/Li iyon oranları derin sularla sığ sularda birbirine yakın değerlerdedir. Bu oranlardaki benzerlikten, jeotermal alanların sınırları ve yayılımları saptanabilmektedir. Bu düşünce ışığında inceleme alanında benzer bir çalışma Cl/B için yapıldı ve 20-40 mg/l ile sınırlı Cl/B oranlarının çevrelediği alanın yaklaşık jeotermal alan sınırları içinde kaldığı görüldü(Şekil-38, 39).

- Sıcaksuların Kökenlerinin Jeokimyasal Olarak Araştırılmasında Kullanılan Na/K, Cl/(HCO₃+CO₃), Cl/SO₄, Mg/Ca İyon Oranlamaları;

Na/K iyon oranının yüksek olması, yüksek hazne kaya sıcaklığını verir. Buna göre inceleme alanını içine alan değerlendirmede kaplıcalar civarındaki yüksek oran, yüksek hazne kaya sıcaklığı işaret etmektedir(Şekil-40).



Şekil-38 Balçova ovasındaki C1/B oranı eş eğrileri (DSİ-1985, MTA-1986 analizleri)



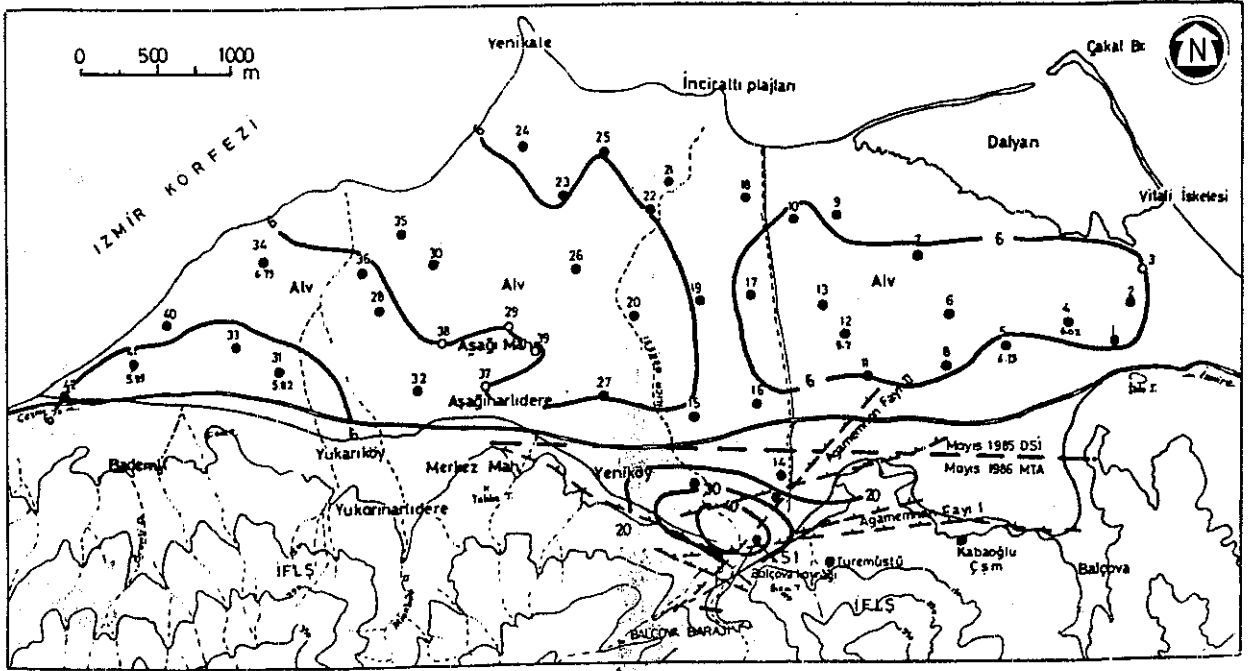
Şekil-39 Balçova ovasındaki C1/B oranı eş eğrileri (DSİ-1982, MTA-1986 analizleri)

$Cl/(HCO_3+CO_3)$ oranlamasında yüksek oran, yüksek hazne kaya sıcaklığı demektir(Şekil-41). Şekilde görülen çelişkili durum doğal olarak deniz suyunun ve yüzeysel kirliliğin klorü artırıcı yöndeki etkisinden ileri gelebilir. Bunun dışında varlığı kesin olarak bilinmemekle beraber Aşağı Narlıdere ile batıdaki 0.87 eş kapanımlı bölge sıcaksular bakımından ilginç olabilir.

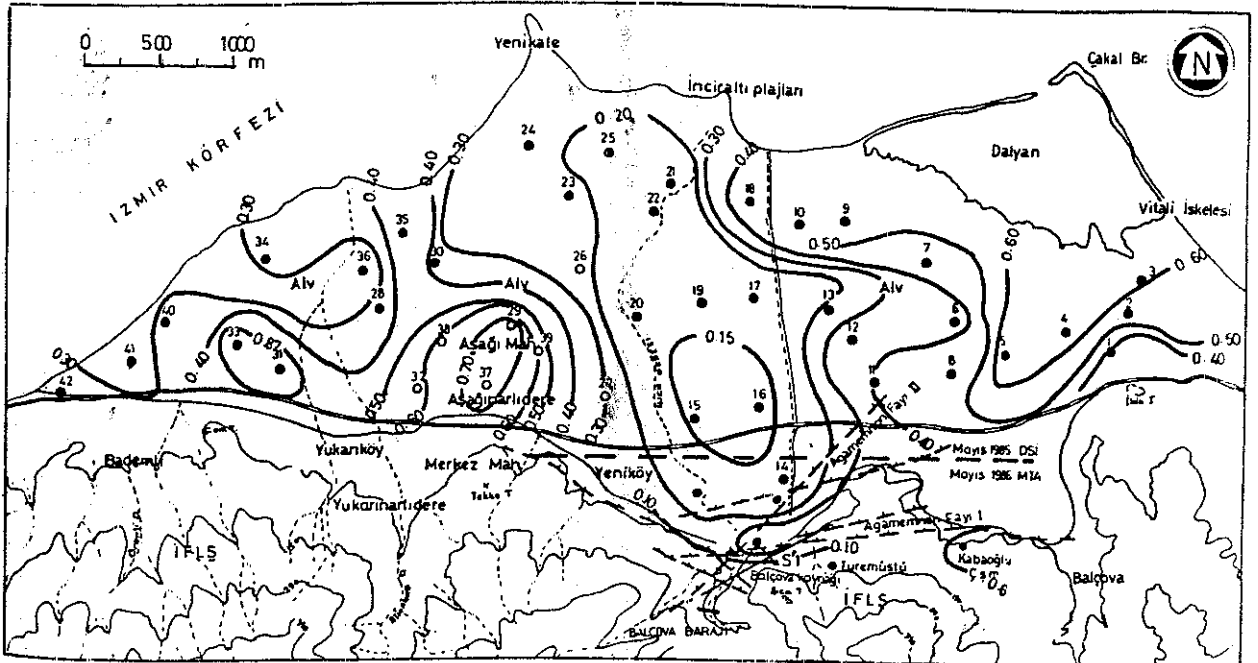
Cl/SO_4 oranlamasında, yüksek oranın yüksek sıcaklık verdiği bilinmektedir. Bununla ilgili eş iyon dağılımı Şekil-42 de verilmiştir. Yüksek iyon oranları, kaplıçalarda ve kuzeyde ova içinde görülür. Ova içindeki yüksek Cl/SO_4 iyon oranlamaları deniz ve yüzeysel kirlenmelerle ilgili olabilir.

Eş Mg/Ca iyon oranlaması dağılım haritası Şekil-43 te görülmektedir. Burada yüksek oranlar düşük hazne sıcaklıklarını ifade etmektedir. Şekle bakıldığında oranın en yüksek olduğu yerin İnciraltı yolunun sol tarafı ile kuzeydoğuda olduğu görülecektir. Mg/Ca oranı teorik olarak kaynaktan itibaren suyun aktığı yönde artar. Ancak burada görülen farklı durum deniz suyunun etkisi nedeniyledir.

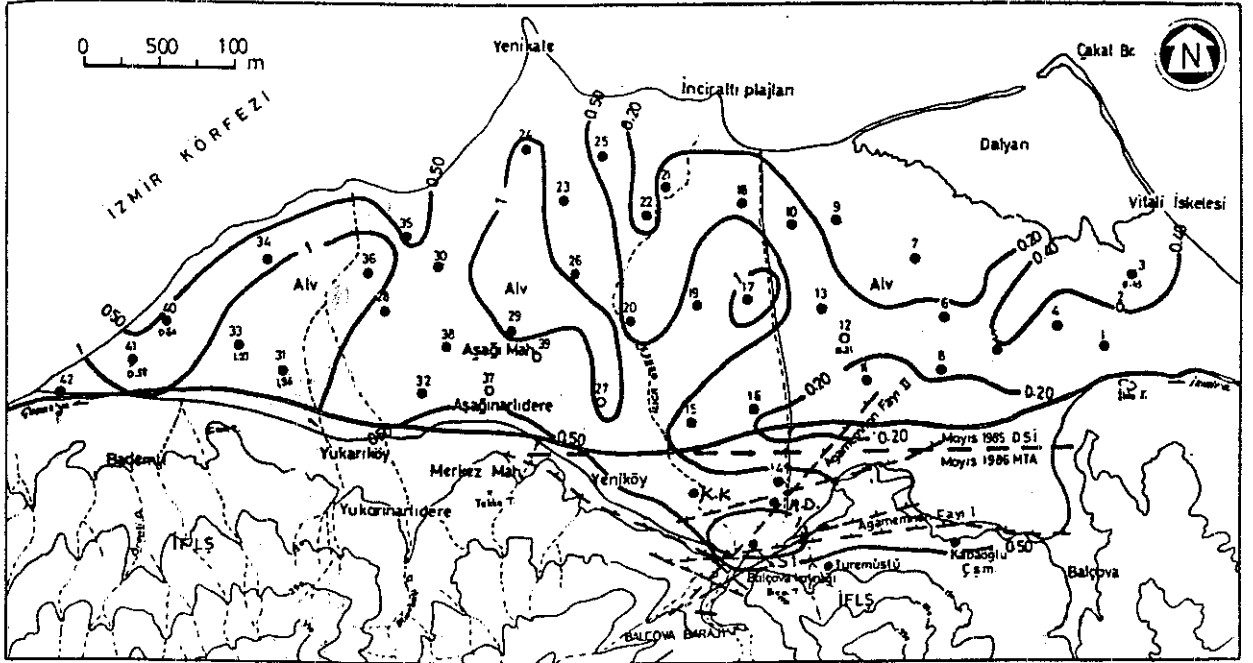
Sonuç olarak sıcaksuların kökenlerinin jeokimyasal olarak araştırılmasında yararlanılan iyon oranlamalarından somut bir sonuç çıkarmak olası değildir. Balçova kaplıcaları ve yakın civarı için sağlıklı sonuçlar elde edilmesine karşın, kuzeydeki ova içinde ve deniz kıyısında denizel ve yüzeysel kirlenmeler oran sonuçlarını olumsuz yönde etkilemektedir.



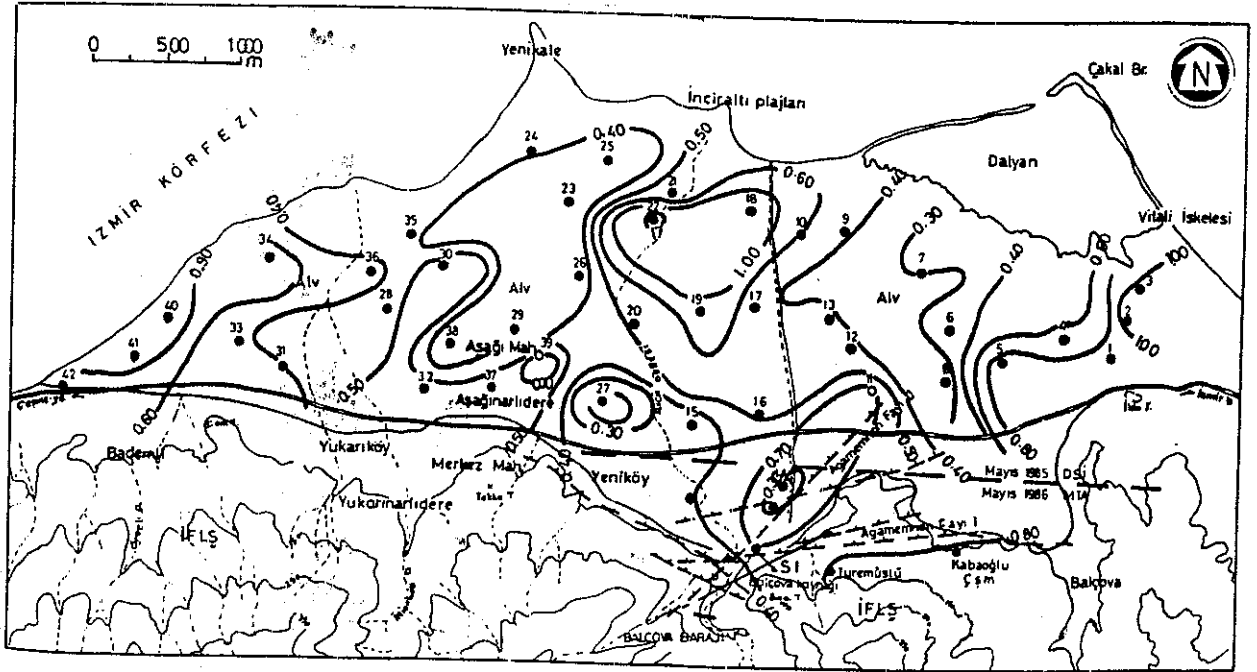
Şekil-40 Balçova yöresindeki Na/K oranları eş dağılımı (MTA-1986, DSİ-1985 analizleri)



Şekil-41 Balçova yöresi $Cl/(HCO_3+CO_3)$ oranı eş eğrileri (DSİ-1985, MTA-1986 analizleri)



Şekil-42 Balçova jeotermal alanı Cl/SO₄ oranları eş eğrileri (MTA-1986, DSI-1985 analizleri)



Şekil-43 Balçova jeotermal alanı Mg/Ca oranı eş eğrileri (DSI-1985, MTA-1986 analizleri)

IX.5.2. Suların Sınıflaması

Genel olarak sular kullanılma amaçlarına göre değişik biçimlerde sınıflandırılabilir. İnceleme alanında sıcak ve soğuk suların birlikte bulunması ve kullanışlı olmaları bakımından tuzluluğa, Piper, Schoeller, Şahinci ve AIH'ye göre yapılan sınıflamalar burada verilmiştir.

a. Suların Tuzluluğa Göre Sınıflaması

Su içinde çözülmüş iyon miktarına göre yeraltı suları şu şekilde sınıflandırılır.

	<u>Suda çözülmüş toplam iyon(mg/l)</u>
Tatlı sular	: 0 - 1000
Hafif tuzlu sular	: 1000 - 10000
Tuzlu sular	: 10000 - 100000
Çok tuzlu sular	: 100000 den fazla

Çalışma alanından düzenli ve düzensiz toplam 590 adet su analizi verilmiştir(Ek-7). Aynı kaynağın aylık periyodik analizleri arasında tuzluluk sınıflamasını değiştirecek farklılıklar görülmemiştir. Bu nedenle burada DSİ den alınan kırk iki adet Mayıs-1985 ve MTA dan alınan altı adet Mayıs-1986 analizleri ile periyodik olmayan on üç adet (Analiz No: 60 - 72 arası) analizlerden sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamaya göre Balçova-Narlıdere ovasından, Mayıs-1985 te alınan kırk iki örneğin analizinden sekizi(21, 23, 24, 25, 26, 35, 37, 38) 1000 mg/l'nin üzerinde toplam çözülmüş iyon bulundurduklarından hafif tuzlu sular sınıfına, geri kalanlarda tatlı sular sınıfına girerler. Mayıs-1986 da alınan altı örneğin analizine göre (Analiz No: 51-56 arası) sadece 56 nolu S-1 sondajının suyu hafif tuzlu, geri kalan 53, 54, 55 nolu sıcaksu kaynakları tatlı sular sınıfına girmektedir. 51 ve 52 nolu kaynaklar soğuk olup, tatlı suları işaret eder.

Periyodik olmayan ve değişik tarihlerde analizlenen No: 60 - 72 arası kaynaklardan 62 nolu dere analizi hariç hepsi hafif tuzlu sular sınıfına girerler. Burada toplam iyon miktarı 10000 mg/l nin üzerinde olan kaynağa rastlanmamıştır.

Sınıflama

Tatlı Sular; Toplam iyon miktarı 0-1000 mg/l olan,
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12,
13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 27, 28,
29, 30, 32, 33, 34, 36, 39, 40, 41, 42,
51, 52, 53, 54, 55, 62.

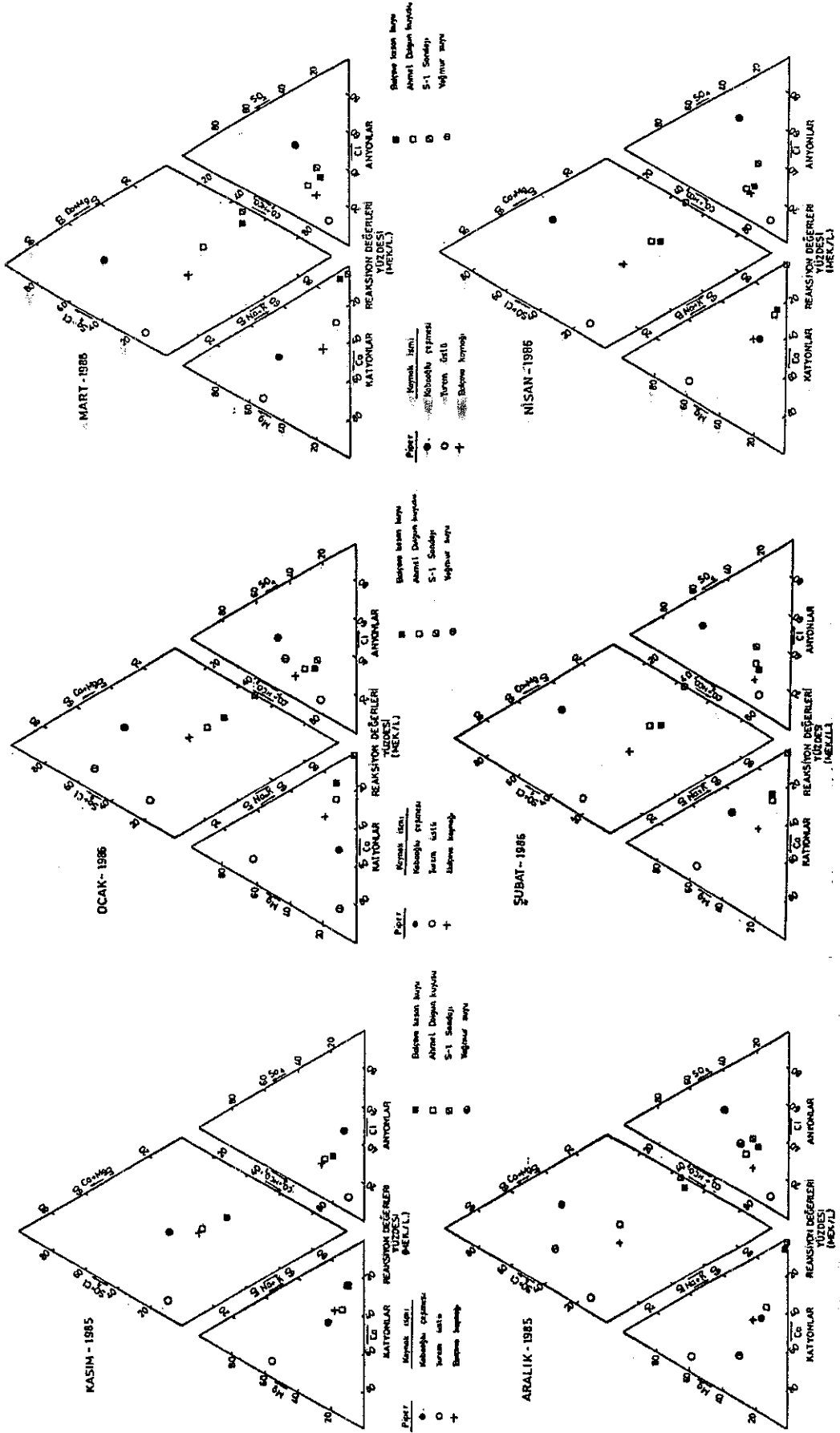
Hafif tuzlu sular; Toplam iyon miktarı 1000-10000 mg/l arası olanlar.

21, 23, 24, 25, 26, 31, 35, 37, 38,
56, 60, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67,
68, 69, 70, 71, 72.

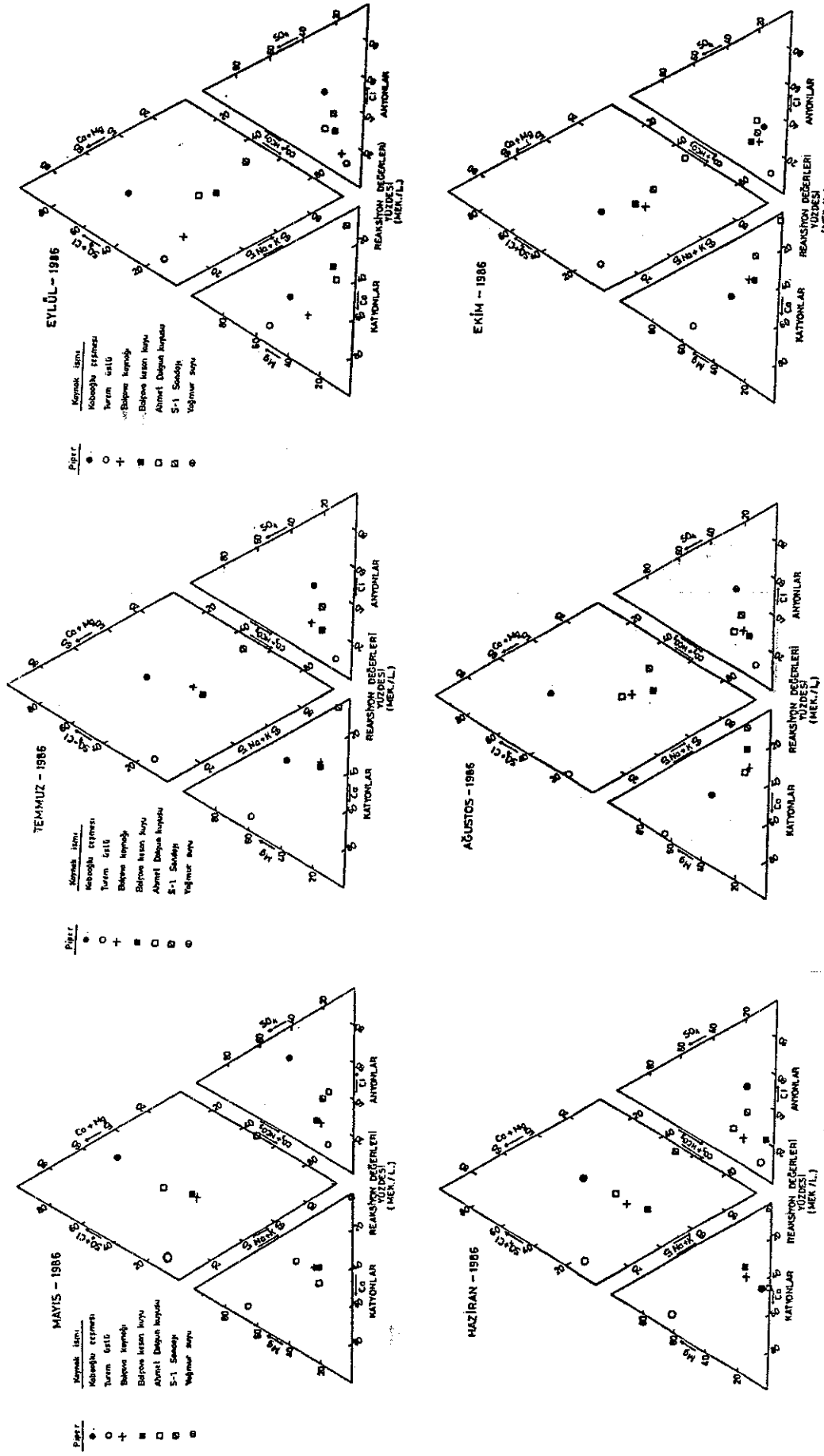
b. Piper'e Göre Suların Sınıflaması

Piper'e göre suların sınıflamasında 1985-1986 yılları arasında Balçova kaplıcaları civarından bir yıl süreyle aylık periyodik olarak alınan su analizlerinden (Analiz No: 51-56 arası) yararlanılmıştır. Bu yedi kaynağın Piper diyagramlarında gösterilişi Şekil-44, 45 te verilmiştir. Bu analizlerden Kabaoğlu çeşmesi ile Balçova kaynağının bir yıl süreli aylık periyodik kimyasal değişimleri aşıağıda verilmiştir.

- Balçova Kaynağı; Kasım-1985, Ocak-Temmuz-Ekim-1986 aylarında anyon ve kasyonlar Ca,Na-SO₄, HCO₃ şeklinde dağılırlarken, Aralık-1985, Nisan-Mayıs-Eylül-Ekim-1986 aylarında Ca,Na-HCO₃ olarak ve sadece Ağustos-1986 ayında da Na-HCO₃,SO₄ şeklinde dağılım gösterirler.



Şekil-44 Balçova kaplıcaları yöresi Käsım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart-Nisan ayları sularının Piper diyagramına göre sınıflaması



Şekil-45 Balçova kaplıcaları yöresi Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül-Ekim ayları sularının Piper diyagramlarına göre sınıflaması

Genelde anyon dağılımına bakıldığında Kasım-1985, Ocak-Temmuz-Ekim-1986 aylarında kaynak sülfatça zenginleşmekte, diğer aylar ise bikarbonat ön plana çıkmaktadır. Katyonlar için en çarpıcı değişiklik Ağustos-1986 da Na, öteki aylarda Ca yüksektir. Diğer taraftan Aralık-1985 te $Ca+Mg > Na+K$ olup alkali toprak elementler alkali elementlerden büyüktür. Öteki aylarda zayıf asit kökleri olan karbonat ve bikarbonat toplamı, güçlü asit kökleri olan klor ve sülfat toplamından büyüktür. Aralık-1985, Şubat-Mart-Nisan-Eylül-Ekim -1986 aylarında karbonat iyon sertliği % 50 den fazladır. Geri kalan diğer aylarda iyonların hiçbiri % 50 yi geçmeyen karışık sulardır.

Tüm bu açıklamalardan sonra aylara göre benzer analizler şu şekilde gruplandırılabilir.

Kasım-85, Ocak-86, Temmuz-86
Nisan-86, Eylül-86
Aralık-85
Şubat-86, Mart-86
Mayıs-86, Haziran-86
Ağustos-86
Ekim-86

Bu gruplandırmalardan, birbirini takip eden Şubat-Mart ayları ile Mayıs-Haziran ayları analizlerinde görülen benzerlikler diğerlerinde yoktur(Şekil-44,45). Bundan da anlaşılıyor ki Balçova kaynağına zaman zaman su karışımı olmaktadır.

Kabaoğlu Çeşmesi: Kabaoğlu çeşmesinin bir yıl süreli analiz değerleri Piper diyagramlarına göre değerlendirildiğinde şöyle gruplandırılır;

Kasım-85, Ekim-86
Aralık-85, Ocak-86
Şubat-86, Mayıs-86
Mart-86, Ağustos-86, Eylül-86
Nisan-86, Haziran-86, Temmuz-86

Kasım-85, Ekim-86 aylarında anyonlar ile katyonlar Ca, Mg, $Na-HCO_3$, Cl şeklinde sıralanırken, toprak alkali

elementlerin toplamı(Ca+Mg), alkali elementler toplamından (Na+K) büyüktür. Ayrıca iyonların hiçbirisi % 50 yi geçmeyen karışık sulardır. Aralık-85, Ocak-86 aylarında Ca,Na-HCO₃,Cl,SO₄ şeklinde iyonlar sıralanır. Alkali toprak elementler alkali elementlerden büyük olup, iyonların hiçbirisi % 50 yi geçmeyen karışık sulardır. Şubat-86 Mayıs-86 aylarında iyonlar Na,Mg-SO₄,Cl şeklinde sıralanır. Güçlü asit kökleri toplamı (SO₄+Cl), zayıf asit kökleri toplamından (CO₃+HCO₃) büyüktür. Diğer taraftan iyonların hiçbirisi % 50 yi geçmeyen karışık sulardır. Mart-1986 Ağustos-Eylül-1986 aylarında ise Ca,Mg,Na-HCO₃,Cl,SO₄ şeklinde iyonlar sıralanır ve alkali toprak elementler (Ca+Mg) toplamı, alkali elementler(Na+K) toplamından büyüktür. Geri kalan Nisan-Haziran-Temmuz-1986 ayları kendi başlarına grup oluşturur. Burada Nisan ayında güçlü asitlerin kökleri toplamı(SO₄+Cl), Haziran ve Temmuzda ise alkali toprak elementleri hakimdir(Şekil-44,45).

Piper diyagramları ile Kabaoğlu çeşmesi suyu yorumlandığında Haziran-Ekim-86 suları dışında kalan on ayda benzer durum gözlenir. Birbirlerine benzer olan Kasım-Aralık-85, Ocak-Şubat-Mart-Nisan-Mayıs-Temmuz-Ağustos-Eylül-86 analizlerine göre toprak alkali elementler toplamı(Ca+Mg), Alkali elementler toplamından(Na+K) büyük ve güçlü asit köklerinin toplamı(SO₄+Cl), zayıf asit kökleri toplamından(CO₃+HCO₃) büyüktür. Diğer taraftan iyonların hiçbirisi % 50 yi geçmeyen karışık sular bu alanda bulunurlar.

Haziran-1986 da toprak alkali elementlerin toplamı, alkali elementlerin toplamından küçük olup, iyonların hiçbirisi % 50 yi geçmeyen sular bu grupta olduğu gibi alkaliler ve güçlü asitlerin etkisi diğer aylara göre az hissedilir.

Ekim-86 da toprak alkaliler, alkalilerden, zayıf asit kökleri güçlü asit köklerinden büyük olup karbonat sertliği % 50 den fazla olan sulardır.

Aylık periyodik analizlerden ayrı olarak, ısı üretim sondajları ile keson kuyu analizlerinden yararlanarak Piper üçgen diyagramı uygulandı(Şekil-46). Burada 42 numara ile gösterilen su bir ara tipi yansıtırken, diğerleri bikarbonatlı sulardır.

Sonuç olarak Piper sınıflamasına göre Balçova jeotermal alanı suları bikarbonatlı sulardır denilebilir.

c. Schoeller'e Göre Suların Sınıflaması

Piper sınıflamasında olduğu gibi burada da MTA da yaptırılan aylık periyodik su analizleri önce Schoeller diyagramında gösterilmiş, daha sonra Balçova kaynağı ile Kabaoğlu çeşmesi sularının bir yıl süreli aylık periyodik analizleri alınarak sınıflama yapılmıştır.

Balçova Kaynağı: Bu kaynağın anyon ve katyonlarını Schoeller diyagramına uyguladığımızda, bütün aylardaki analiz değerlerinin bikarbonatlı olduğu, Aralık-85 ile Eylül-86 aylarının kalsiyum bikarbonatlı, geri kalan tümünün sodyum bikarbonatlı su olduğu anlaşılır(Şekil-47,48).

Sınıflama;

Kalsiyum bikarbonatlı olanlar: Aralık-85, Eylül-86

Sodyum bikarbonatlı olanlar : Kasım-85, Ocak-86,
Şubat-Mart-Nisan-Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Ekim-86

Kabaoğlu Çeşmesi: Schoeller diyagramı bu kaynağa uygulandığında beş ayrı grupta su varlığı ortaya çıkmıştır. Bunlar;

Sodyum bikarbonatlı olanlar: Kasım-85, Temmuz-Ekim-86

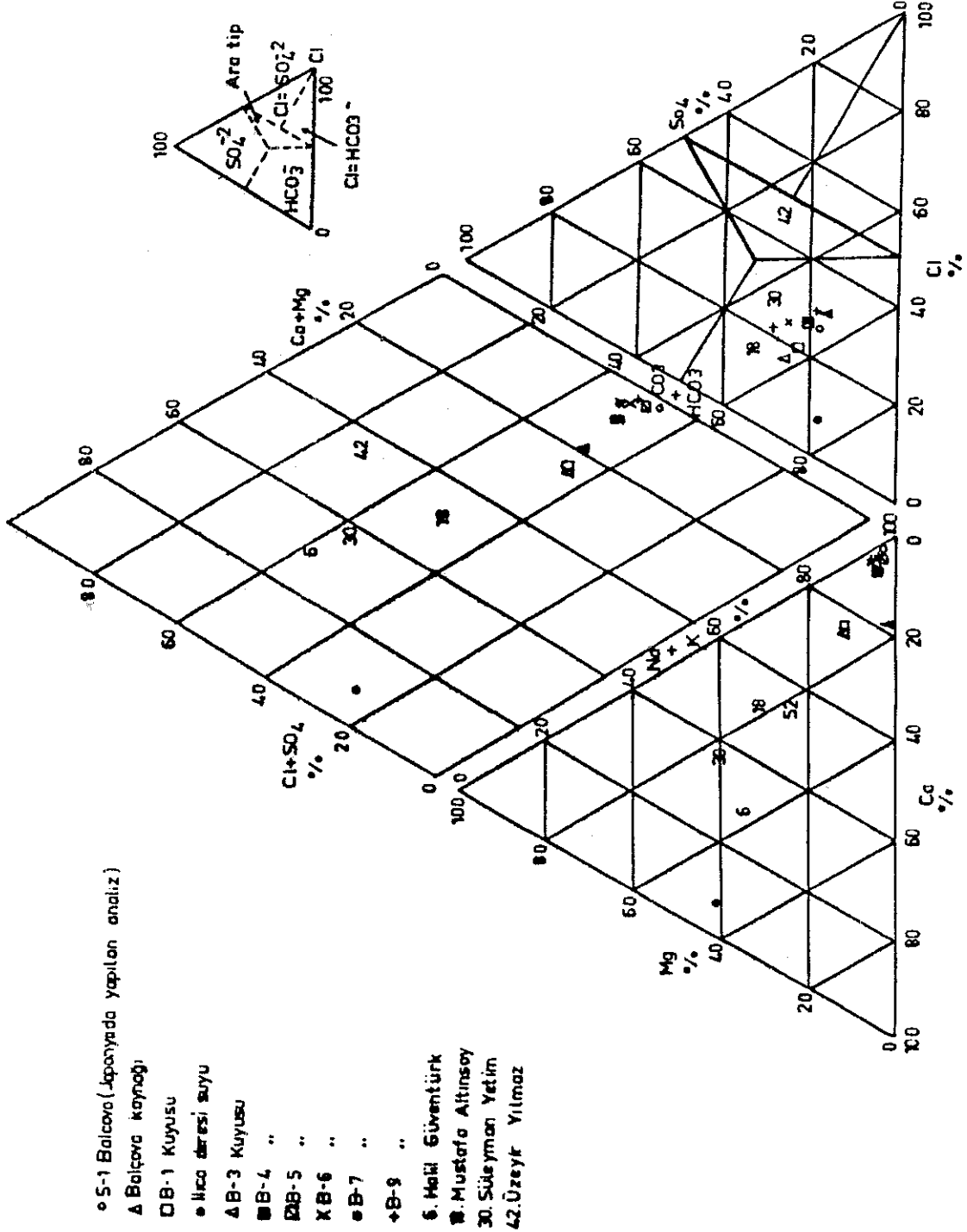
Sodyum klorürlü olanlar : Aralık-85, Nisan-86
Ağustos-Haziran-86

Kalsiyum sülfatlı olanlar : Ocak-86

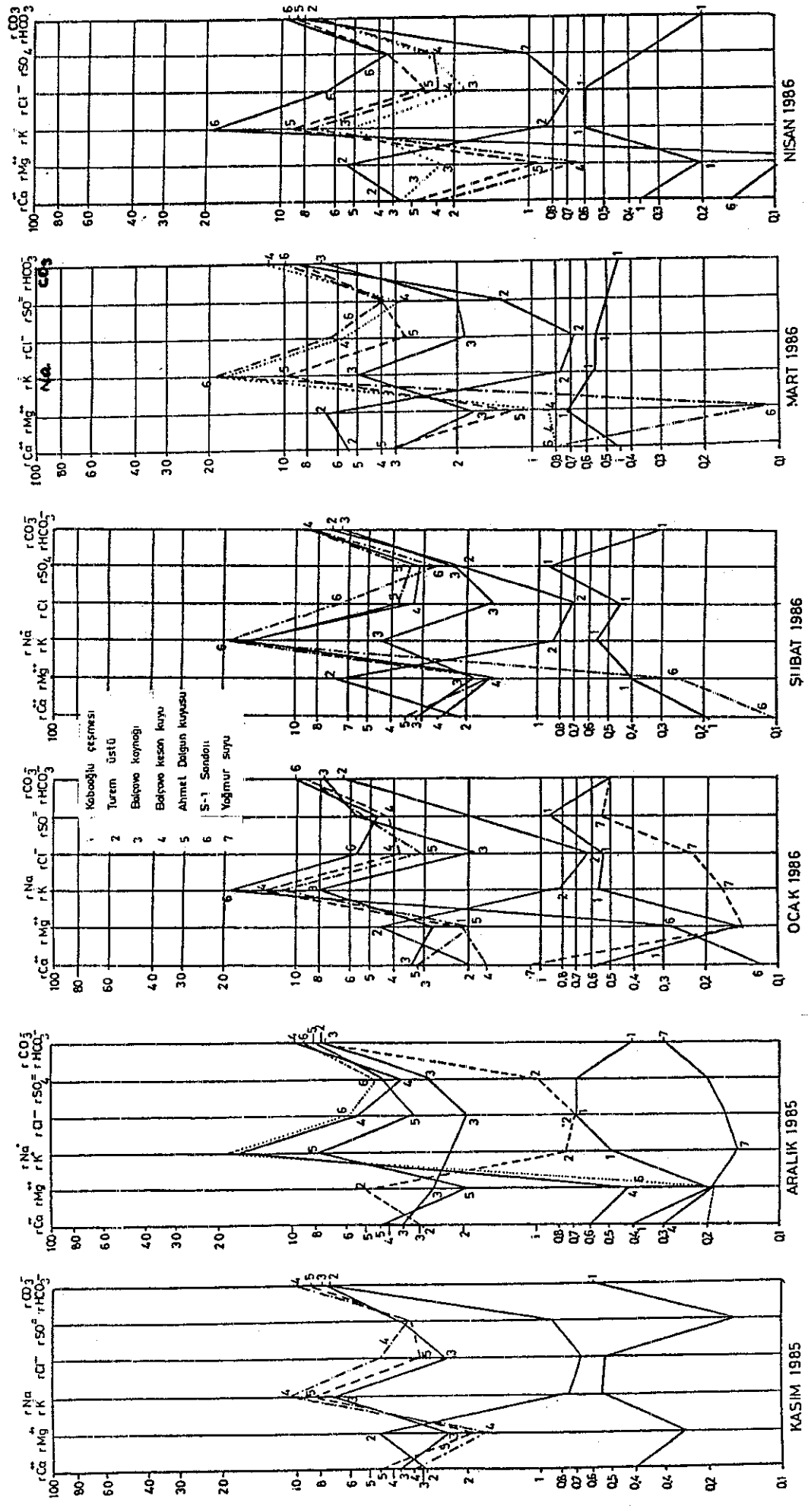
Sodyum sülfatlı olanlar : Şubat-Mayıs-86

Mağnezyum klorürlü olanlar : Mart-Eylül-86

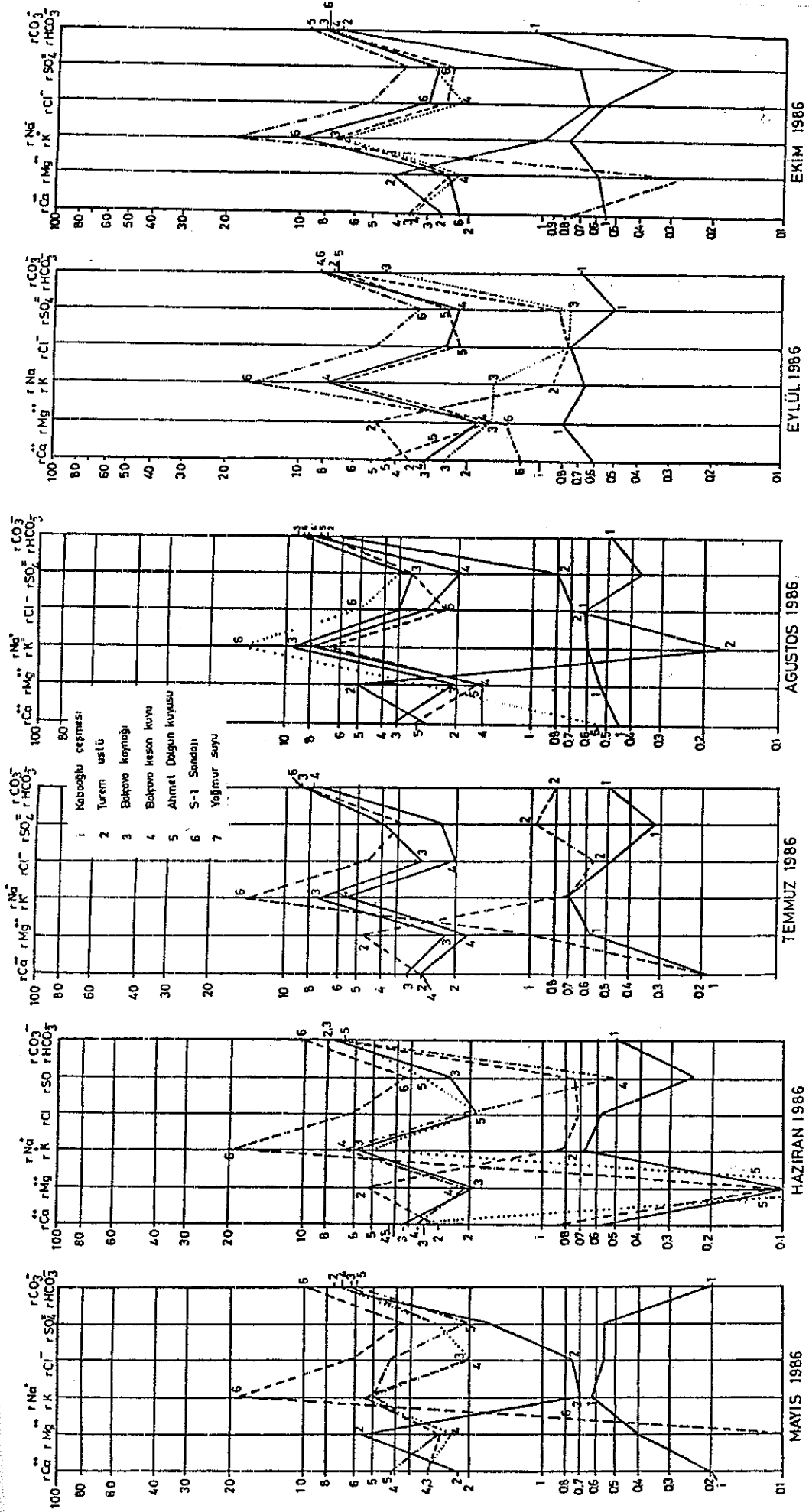
Burada görüldüğü gibi bütün ayların suları farklı kimyasal bileşimlidir. Bu kaynağın suları sığ çatlaklardan geldiğinden zaman zaman karışma olabilmektedir.



Şekil-46 Balçova kaplıcaları yöresindeki periyodik olmayan su analizlerinin Piper diyagramına göre sınıflaması



Şekil-47 Balçova kaplıcaları yöresi Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart-Nisan ayları sularının Schoellere göre sınıflaması



Şekil-48 Balçova kaplıcaları yöresi Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül-Ekim sularının Schoellere göre sınıflaması

d. Şahinci'ye Göre Suların Sınıflaması

Suların kimyasal olarak sınıflamasında yeni bir yöntem Şahinci tarafından geliştirilmiştir(1986). Bu sınıflamada anyon ve katyonların sınıflamaları birleştirilerek Tablo-8 de görüldüğü gibi **çok** basit formüllerle tanımlanmıştır. Sınıflamada görülen büyük harfler, A= $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$, B= SO_4 , C= Cl anyonları, küçük harfler ise a= Ca, b= Mg, c= Na+K katyonları tanımlar(Şahinci-86). Mek/l olarak alınan anyon ve katyon değerlerini tanımlayan noktaların alanları romen rakamları ile belirtilmiştir.

Balçova jeotermal alanından periyodik olarak yaptırılan altı adet kaynağın suları Şahinci sınıflamasına göre tabloda görüldüğü gibi yapılmış ve şu sonuçlar alınmıştır.

Kabaoğlu çeşmesinin periyodik analizlerinden sular yedi gruba ayrılmıştır. Kasım ve Ekim ayları karbonatlı-klorürlü-Ca-(Na+K)-Mg'lu iken, Aralık ve Ocak'ta karbonatlı-sülfatlı-klorürlü-kalsiyum-(Na+K)'lu, Mart-Ağustos-Eylül aylarında karbonatlı-klorürlü-sülfatlı-Ca-Mg-(Na+K)'lu sular sınıfına girerler. Şubat ve Mayıs aylarında sülfatlı-klorürlü-magnezyumlu-(Na+K)'lu sular görülürken, Nisan-Haziran-Temmuz aylarının suları hiçbir gruba girmemektedir.

Bu kaynağın suyunun aylara göre farklı kimyada olması meteorolojik değişikliklerle açıklanabilir. Yağış, buharlaşma-terlemenin etkisi bu tür sığ çatlaklardan gelen kaynak sularında etkilidir.

Turizm okulunun üstünde olan Turem üstü soğuksu kaynağı da çatlaklardan çıkan kaynak suyu olmakla beraber kimyasal yapısı kabaoğlu çeşmesinin suyunda olduğu gibi çok sayıda gruplaşma yoktur. Burada Kasım-Aralık-Mart-Nisan-Temmuz-Eylül-Ekim ayları bir grup oluşturur. Bu

KAYNAKLAR	KABAOĞLU ÇEŞMESİ 51	TUREM ÜSTÜ 52	BALÇOVA KAYNAĞI 53	BALÇOVA KESON K. 54	AHMET DOLGUN K. 55	S-1 SONDAJI 56
KASIM 1985	AC-Vabc	A-Iab	AB-Vac	AB-VIII c	ABC-Vbc	-
ARALIK 1985	ABC-Vac	A-Iab	A ₂ B-IV abc	ABC-VIII c	ABC-Vac	ABC-VIII c
OCAK 1986	ABC-Vac	A ₂ B-Ib ₁ a	AB-Vac	ABC-VIII c	ABC-VIII c	ABC-VIII c
ŞUBAT 1986	BC-VIbc	A ₂ B-Ib ₁ a	A ₂ B-IVac	AC-VIIIc	ABC-VIII c ₂ a	ABC-VIII c
MART 1986	ABC-Vabc	A-Iab	A-Iac	AC-VIIIc	ABC-VIII c ₂ a	AC-VIII c
NİSAN 1986	BC-IXac	A-Iab	A ₂ B-IV abc	ABC-VIII c ₂ a	AB-VIII c ₂ a	AC-VIII c
MAYIS 1986	BC-VIbc	A-Ib ₁ a	A ₂ B-IV abc	AB-Vabc	AC-Vabc	AC-VIII c
HAZİRAN 1986	AC-Vac	A-Ib ₁ a	A ₂ B-IV ac	A ₁ C-IVac	AB-Vac	AC-VIII c
TEMMUZ 1986	ABC-Vbc	A-Iab	AB-Vac	A-IVac	-	ABC-VIII c
AĞUSTOS 1986	ABC-Vabc	A-Ib ₁ a	AC-VII c ₂ a	A ₁ C-VIIc	AB-Vac	ABC-VIII c
EYLÜL 1986	ABC-Vabc	A-Iab	A-IVabc	A ₁ C-VII c ₂ a	AB-Vac	AC-VIIIc
EKİM 1986	AC-Vabc	A-Iab	A-IVac	A ₂ B-IVac	AC-VIIIc	ABC-VIII c
Benzer gruplar	Kasım Ekim Aralık Ocak Mart Ağustos Eylül Şubat Mayıs Nisan Haziran Temmuz	Kasım Aralık Mart Nisan Temmuz Eylül Ekim Ocak Şubat Mayıs Haziran Ağustos	Kasım Ocak Temmuz Aralık Nisan Mayıs Şubat Haziran Mart Ekim Ağustos Eylül	Kasım Aralık Ocak Şubat Mart Nisan Mayıs Haziran Temmuz Ağustos Eylül Ekim	Kasım Aralık Ocak Şubat Mart Nisan Mayıs Haziran Ağustos Eylül Ekim	Aralık Ocak Şubat Temmuz Ağustos Ekim Mart Nisan Mayıs Haziran Eylül

Tablo-8 Şahinci'ye göre Balçova sularının sınıflaması

sular karbonat oranı çok yüksek kalsyum ve mağnezyumlu suları oluştururlar. Ocak ve şubat aylarında aynı sular karbonat oranı yüksek sülfatlı-mağnezyum oranı yüksek kalsyumlu sular sınıfına girerler. Geri kalan Mayıs-Haziran-Ağustos ayları suları da karbonat oranı çok yüksek, mağnezyum oranı yüksek kalsyumlu sulardır. Genel olarak bakıldığında karbonat ve mağnezyum oranının yüksek olduğu Turem üstü kaynağının benzer kimyada kayalardan etkilendiği söylenebilir.

Balçova kaynağı bilindiği gibi Agamemnon fayı-I,II' nin kesim noktasında yer alır. Dere suyuna ve yüzeysel etkilere karşı iyi korunmuş olmakla beraber bir miktar karışımın olduğu Tablo-8 den izlenebilir. Tablodan görüleceği gibi burada altı grup vardır. Kasım-Ocak-Temmuz ayları suları karbonatlı, sülfatlı-Ca-(Na+K)'lu durlar. Aralık-Nisán-Mayıs aylarında karbonat oranı yüksek sülfatlı-Ca-Mg-(Na+K) lu olurlar. şubat ve Haziran aylarında karbonat oranı yüksek sülfatlı-Ca-(Na+K) lu, Mart ve Ekim aylarında karbonat oranı çok yüksek-Ca-(Na+K) lu durlar. Ağustos ve Eylül ayları karbonat oranı yüksek klorürlü -(Na+K) oranı yüksek su ile karbonat oranı çok yüksek Ca-Mg-(Na+K) lu suları temsil ederler.

Balçova kaynağı genelde karbonatlı, sülfatlı, klorürlü, kalsyumlu, mağnezyumlu ve (Na+K)'lu bir sudur.

Balçova Keson kuyusu ile Ahmet Dolgun kuyusu suları ise çok grupların bulunduğu sulardır. Balçova keson kuyusunun suyu 1985-86 yıllarında kullanılmadığından suda bir yenilenme yoktur. Dolayısı ile analizler hazne kimyasını tam yansıtmamaktadır. Ahmet Dolgun kuyusu kiş aylarında kullanılmakla beraber yüzeysel kirlenmelere karşı korunması olmadığından aylara göre farklı gruplar oluşturur(Tablo-8).

S-1 sondajı 40 m derinlikte yüzeysel etkilerin en az olduğu bir kuyudur. Bu durum kimyasal analizlere de yansımış ve en az gruplaşma S-1 sondajında görülmüştür.

Aralık-Ocak-Şubat -Temmuz-Ağustos-Ekim aylarında karbonatlı, klorürlü, sülfatlı ve (Na+K) oranı çok yüksek sulardır. Geri kalan Mart-Nisan-Mayıs-Haziran ve Eylül aylarında ise karbonatlı klorürlü (Na+K) oranı çok yüksek sular hakimdir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında Şahinci sınıflamasına göre Balçova yöresi suları (Na+K)'lu karbonatlı, klorürlü, sülfatlı sulardır. Ancak sülfat oranı ilk grup sularda biraz daha fazladır.

e. Suların AIH'ya Göre Sınıflaması

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği(AIH) tarafından sıcak ve mineralli sular sınıflandırılmıştır. Ülkemizde böyle bir sınıflama ilk kez Başkan ve Canik(1983) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacıların Batı Anadolu'nun bir kısmında gerçekleştirdikleri bu çalışmada, Balçova (Agamemnon) kaynağında değerlendirilmiştir. AIH'ya göre suların sınıflandırılmasında anyon ve katyonların mek/l değerlerinin % 20 den büyük olanları ile özel elemanlar alınmıştır(Başkan, Canik-1983).

Çalışma alanında periyodik olmayan sıcak sondaj suyu analizlerine(Ek-) uygulanan AIH sınıflaması Tablo-9 da verilmiştir. Buna göre soğuk olan ılıca deresinin suyu hariç, tüm sular sodyum bikarbonatlı, borlu, florlu, kısmen arsenikli, sıcak ve mineralize sulardır. Bu sınıflama soğuk sulara uygulanmamakla beraber, kıyaslama olması bakımından Tablo-9 da ılıca deresi suyu da gösterilmiştir.

Keynak No	Keynak Ismi	Sıcaklık °C	Total Mineralizasyon (g/l)	> % 20 Katyonlar mek/l	> % 20 Anyonlar mek/l	Özel Elemanlar mg/l	Sınıflı
60	Bal.Kay. 1976	62	1.453	Na	HCO ₃ -Cl	B=9.5, I=1 F=3.8	Sodyum bikarbonatlı mineralli sıcak su
61	Bal.Kay.	62	1.394	Na - Mg	HCO ₃ -Cl	B=9.5, F=3.8	NaHCO ₃ 'li, borlu mineralli sıcak su
62	Ilıca D. 1972	16	0.376	Ca - Mg	HCO ₃	-	Kalsiyum bikarbonatlı soğuk su
63	B - 1	115	1.226	Na	HCO ₃ -Cl SO ₄	F=4.26	NaHCO ₃ , florlu mineralli sıcak su
64	B - 3	112	1.351	Na	HCO ₃ -Cl	B=11.1	NaHCO ₃ , borlu mineralli sıcak su
65	B - 4	112	1.526	Na	HCO ₃ -Cl SO ₄	B=13.3 F=6.7	NaHCO ₃ , borlu, florlu mineralli sıcak su
66	B - 5	114	1.419	Na	HCO ₃ -Cl	B=13.5 F=5.6	NaHCO ₃ , borlu, florlu mineralli sıcak su
67	B - 6	93	1.514	Na	HCO ₃ Cl ² SO ₄	B=15.6, F=3	NaHCO ₃ , borlu, florlu mineralli sıcak su
68	B - 7	115	1.611	Na	HCO ₃ Cl ² SO ₄	B=13.6, F=3	NaHCO ₃ , borlu, florlu mineralli sıcak su
69	B - 9	122	1.556	Na	HCO ₃ Cl ² SO ₄	B=12 As=0.19	NaHCO ₃ , borlu, arsen. mineralli sıcak su
70	B - 9	122	1.555	Na	HCO ₃ -Cl	B=14, F=8.2 As=0.1	NaHCO ₃ , borlu, arsen. mineralli sıcak su
71	Bal.Kay.	62	1.054	Na	HCO ₃ -Cl	B=8.5	NaHCO ₃ , borlu mineralli sıcak su
72	S - 1 Jap. 1986	115	2.075	Na	HCO ₃ -Cl	B=12.3 As=0.36	NaHCO ₃ , borlu, arsen. mineralli sıcak su

Tablo-9 Uluslararası Hidrojeocloglar Birliği(AIH)'ne Göre Balçova Sıcaksularının Sınıflaması

IX.5.3. Suların İçme Özellikleri

Temiz güvenli içme suyu temininde, her ülkenin kendine özgü kabul ettiği standartları vardır. Ülkemizde bu iş için görevli Türk Standartları Enstitüsü(TSE), içilebilir sularda öngörülen fiziksel kimyasal özellikleri Tablo-10 daki gibi vermiştir. Tablodan görüleceği gibi suların fiziksel, kimyasal, kirlilik ve sağlığa etkili olabilecek maddelerin kabul edilir ve üst sınır değerleri verilmiştir.

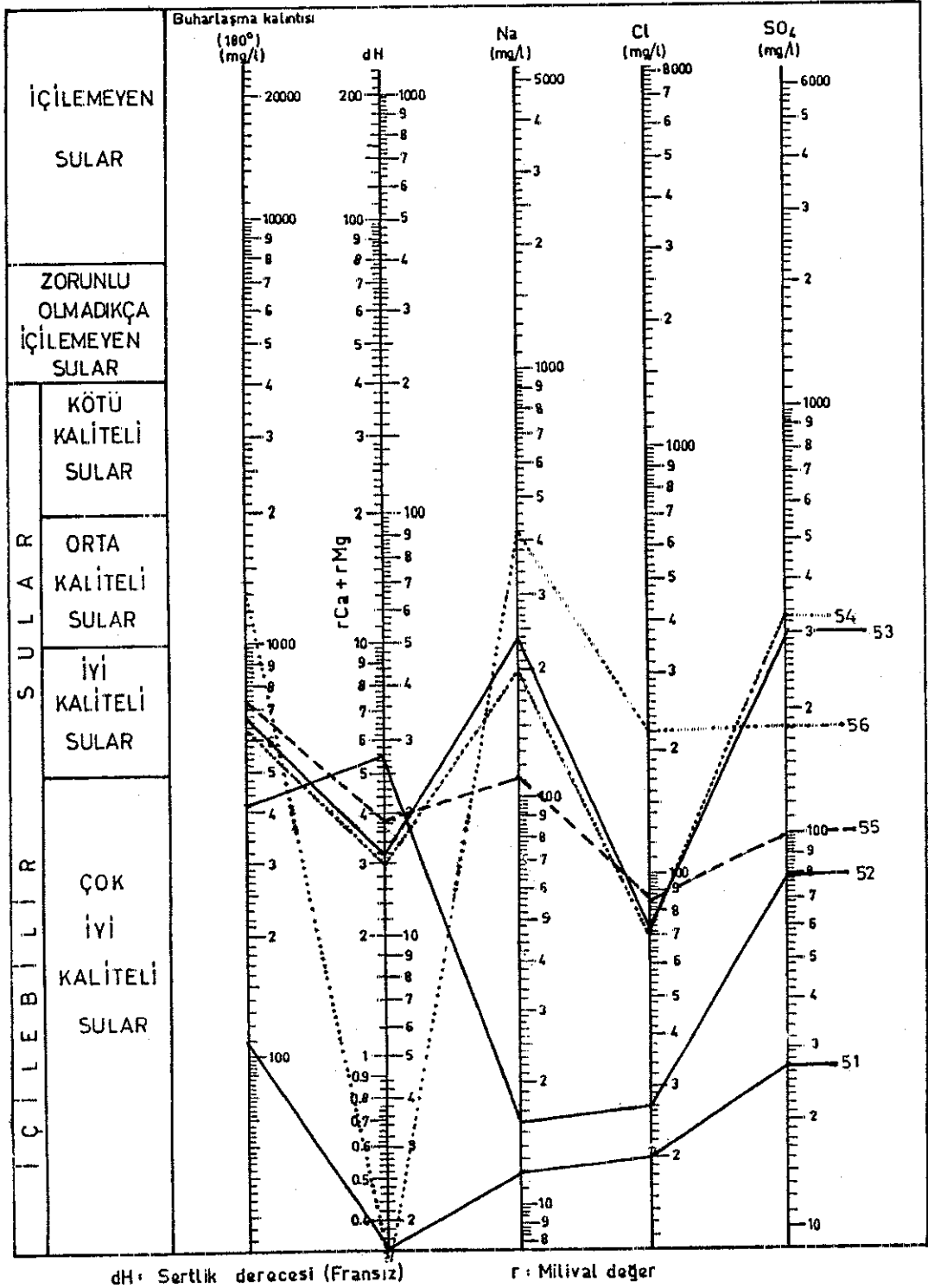
Balçova yöresi suları Ek-7 deki su analizlerinden seçilerek Schoeller'in içilebilirlik diyagramında verilmiştir(Şekil-49). Diyagram incelendiğinde görülecektir ki yörenin sıcak ve soğuk suları içilebilir özelliktedir. Kabaoğlu çeşmesi ve Turem üstü kaynağı suları çok iyi kaliteli sular olarak görülmektedir. Genelde sıcak sular (Analiz No:53, 54, 55) iyi kaliteli içme suları olarak kabul edilmekte, sadece 56 numaralı S-1 sondajının suyu orta kaliteli sulara sokulmaktadır. Aslında sadece soğuk sular için geçerli olan Schoeller içilebilirlik diyagramına, burada sıcak sular da işaret edilerek bir kıyaslama yapılmıştır.

İçme sularının kimyasal özelliklerinin yanı sıra bakteriyolojik özellikler de önemlidir. İçme suları renksiz, kokusuz, berrak, serin, yumuşak ve bakteriyolojik yönden standartlara uygun olmalıdır.

<u>Madde İsmi</u>	<u>Müsade edilebilen değer</u>	<u>Maksimum değer</u>
<u>1. Zehirli maddeler</u>	-	0.05 mg/l
1.1. Kurşun(Pb)	-	0.01 mg/l
1.2. Selenyum(Se)	-	0.05 mg/l
1.3. Arsenik(As)	-	0.05 mg/l
1.4. Krom(Cr ⁺⁶)	-	0.2 mg/l
1.5. Siyanür(C _n)	-	0.01 mg/l
<u>2. Sağlığa etki yapan maddeler</u>		
2.1. Florür(F)	1.0	1.5 mg/l
2.2. Nitrat(NO ₂)	-	45 mg/l
<u>3. İçilebilme özelliğine etki yapan maddeler</u>		
3.1. Renk	5 Birim	
3.2. Bulanaklık	5 Birim	
3.3. Koku ve tad	Kokusuz nor	Kokusuz nor
3.4. Buharlaştırma kalın.	500 mg/l	1500 mg/l
3.5. Demir(Fe)	0.3 mg/l	1.0 mg/l
3.6. Mangan(Mn)	0.1 mg/l	0.5 mg/l
3.7. Bakır(Cu)	1.0 mg/l	1.5 mg/l
3.8. Çinko(Zn)	5.0 mg/l	15 mg/l
3.9. Kalsiyum(Ca)	75 mg/l	200 mg/l
3.10. Magnezyum(Mg)	50 mg/l	150 mg/l
3.11. Sülfat(SO ₄)	200 mg/l	400 mg/l
3.12. Klorür(Cl)	200 mg/l	600 mg/l
3.13. pH	7.0-8.5	6.5-9.2
3.14. Bakiye klor	0.6 mg/l	0.5 mg/l
3.15. Fenolik maddeler	-	0.002 mg/l
3.16. Alkil benzil sülfonat	0.5 mg/l	1.0 mg/l
3.17. Mg+Na ₂ SO ₄	500 mg/l	1000 mg/l
4.1. Toplam organik maddeler	3.5 mg/l()	-
4.2. Nitrik	-	-
4.3. Amonyak	-	-

() Sudaki toplam organik maddenin litrede 3.5 mg'ı aşması halinde bakteriyolojik muayenesine özellikle titiz davranılacaktır.

Tablo-10 İçme sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri
(Türk Standartları, TS.266'dan)



Şekil-49 Balçova kaplıcaları yöresi sularının Schoellere göre içilebilirlik diyagramı

Suların içme kalitesini etkileyen özelliklerden olan sertlik, kalsyum- mağnezyum bikarbonat, sülfat, klorür, nitrat iyonlarından ileri gelir. Suların kaynatılması ile giderilen sertliğine karbonat sertliği, kaynatılmakla giderilemeyen sertliğede karbonat olmayan sertlik denir. Birde toplam sertlik vardır ki bu karbonat ve karbonat olmayan iyonların oluşturduğu sertliktir.

Suların sertliklerinin belirtilmesinde Fransız, Alman, İngiliz, Amerikan, Rus sertlik dereceleri vardır. Ülkemizde en çok fransız sertlik derecesi kullanılmaktadır. Bir fransız sertlik derecesi, bir litre suda 10 mg kalsyum ve mağnezyum bikarbonat veya buna eşit miktarda diğer sertlik verici iyonların bulunması olarak kabul edilir. (1 Fransız sertlik derecesi=1.42 Alman sertlik derecesi) Balçova yöresi suları sertlik derecelerine göre Tablo-11 da görüldüğü gibi sınıflanmıştır.

<u>Sertlik derecesi</u>	<u>Suyun sınıfı</u>	<u>Kaynaklar</u>
0 - 10	Memba suyu	51, 56, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71
11 - 22	Tatlı su	5, 10, 13, 15, 27, 28, 29, 52, 53, 54, 55, 60
23 - 32	Sert su	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 16, 18, 19, 20, 26, 40, 41, 42, 53
33 - 54	Çok sert su	17, 22, 23, 24, 25, 30, 34, 35, 36, 38, 39
> 55	Çok fazla sert su	21, 31, 32, 33, 37

Tablo-11 Balçova yöresi sularının sertlik derecelerine göre sınıflaması

İnceleme alanındaki periyodik analizlerden Mayıs-86 (MTA), Mayıs-85 (DSİ) ve periyodik olmayan analizler(Ek-7) sertliğe göre sınıflanmıştır. Tablodan anlaşılacağı gibi soğuk olan Kabaoğlu çeşmesi ve sıcak sular memba ve tatlı sular sınıfına girmektedir.

IX.5.4. Suların Tarımda Kullanılma Özellikleri

Sulama sularının kimyasal özellikleri toprak ve bitki üzerinde doğrudan etkili olur. Bu bakımdan sulama sularının kimyasal bileşimi toprak ve iklim koşulları kadar önemlidir. Sulama sularındaki aşırı çözülmüş iyonlar, bitkileri ve toprağı etkileyerek verimi düşürebilir. Sulama sularının özelliklerinin tayininde kullanılan önemli yöntemlerden bazıları aşağıda verilmiştir.

IX.5.4.1. Sodyum Tehlikesi(SAR)

Sulama sularının kalitelerinin belirlenmesinde sodyum miktarı çok önemlidir. sulama suyundaki aşırı sodyum genellikle sulamadan sonra toprağın üst kısmında toplanarak bir tabaka oluşturur ki bu tabaka bitkilerin hava almasına engeldir. Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) şöyle bulunur. $SAR = Na/((Ca+Mg)/2)^{1/2}$ bağıntısındaki iyonlar mek/l dir.

Çalışma alanındaki periyodik olan Mayıs-85(DSİ), Mayıs-86(MTA) ve periyodik olmayan kaynak analizlerinin SAR değerleri Tablo-12 de görülmektedir. Sondaj kuyularında genellikle fena özellikte sulama suyu değerleri görülürken, sıcak kaynak suları iyi ve orta özellikte sulama suları sınıfına girerler.

	SAR	İnceleme alanı kaynakları
Çok iyi özellikte sulama suları	< 10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42.
İyi özellikteki sulama suları	10 - 18	64, 65
Orta özellikte sulama suları	18 - 26	66, 67
Fena özellikte sulama suları	> 26	56, 68,69, 70,72

Tablo-12 Balçova yöresi sularının SAR'a göre sınıflaması

IX.5.4.2. Klorür Tehlikesi

Sulama sularında fazla miktarda bulunan klorür iyonu, bitkilerde yaprak yanması şeklinde tehlike oluşturur. Bu nedenle bitkiler için kabul edilebilir klorür derişimleri yöre sularına uygulanmış ve Tablo-13 oluşturulmuştur.

Bitki	Kabul edilebilir en yüksek klorür derişimi(mek/l)	İnceleme alanı kaynakları
Cirus spp.Limon, ekşi portakal	15	Bütün sular kullanılır
Mandalin	25	" " "
Tatlı portakal	10	" " "
Prunus spp. sert çekirdekli meyveler	7 - 25	" " "
Vitis spp. Çekirdeksiz Thomson	8	" " "
Kardinal, siyah gül	5	33, 56, 66, 68, 69, 72 kullanılmazlar
Lassen	8	Bütün sular kullanılabilir.
Sahasta	5	33, 56, 66, 68, 72 kullanılmaz

Tablo-13 Bazı bitkiler için kabul edilebilir klorür derişimleri ve Balçova yöresi sularına uygulanışı

Tablodan görüleceği gibi sıcak sondaj sularının dışındaki bütün sular, sulamada kullanıldığında klorür tehlikesi yoktur.Yöre sularındaki klorür dağılımı ile ilgili diğer çalışma şekil-34 te verilmiştir.

IX.5.4.3. Bor Tehlikesi

Sulama sularındaki bor'un bitkiler üzerindeki etkisi olumlu ve olumsuz olabilir. Sudaki fazla miktarda

bulunan bor zehirleyici etki yaparken, az miktarda bulunması özellikle faydalıdır. Ek-7 deki kimyasal analizlerden Balçova sıcaksularının içerdikleri bor(yaklaşık 10-15 ppm), yeraltısularının akışı istikameti olan kuzey kesimlerde azalmaktadır. Buna rağmen bor'un narenciye üzerine olan zararlı etkisi görülmektedir.

IX.5.4.4. ABD Tuzluluk Diyagramı

ABD Tuzluluk diyagramında dişey eksen sodyum adsorpsiyon oranı(SAR), yatay eksen elektriki iletkenliği(EC), C tuzluluğu ve S sodyumu gösterir(Şekil-50). Örneğin C_4 yüksek tuzluluğu, S_1 düşük sodyumluluğu işaret eder. Buna göre, yöre sularından alınan su analizlerinden Mayıs-85(DSi), Mayıs-86(MTA) ile periyodik olmayan diğer analizler uygulanmış ve şu sonuçlar alınmıştır.

- Tüm ova suları(No=1-42 arası) C_2S_1 , C_3S_1 bölgesinde olup her türlü sulamada kullanılabilir.

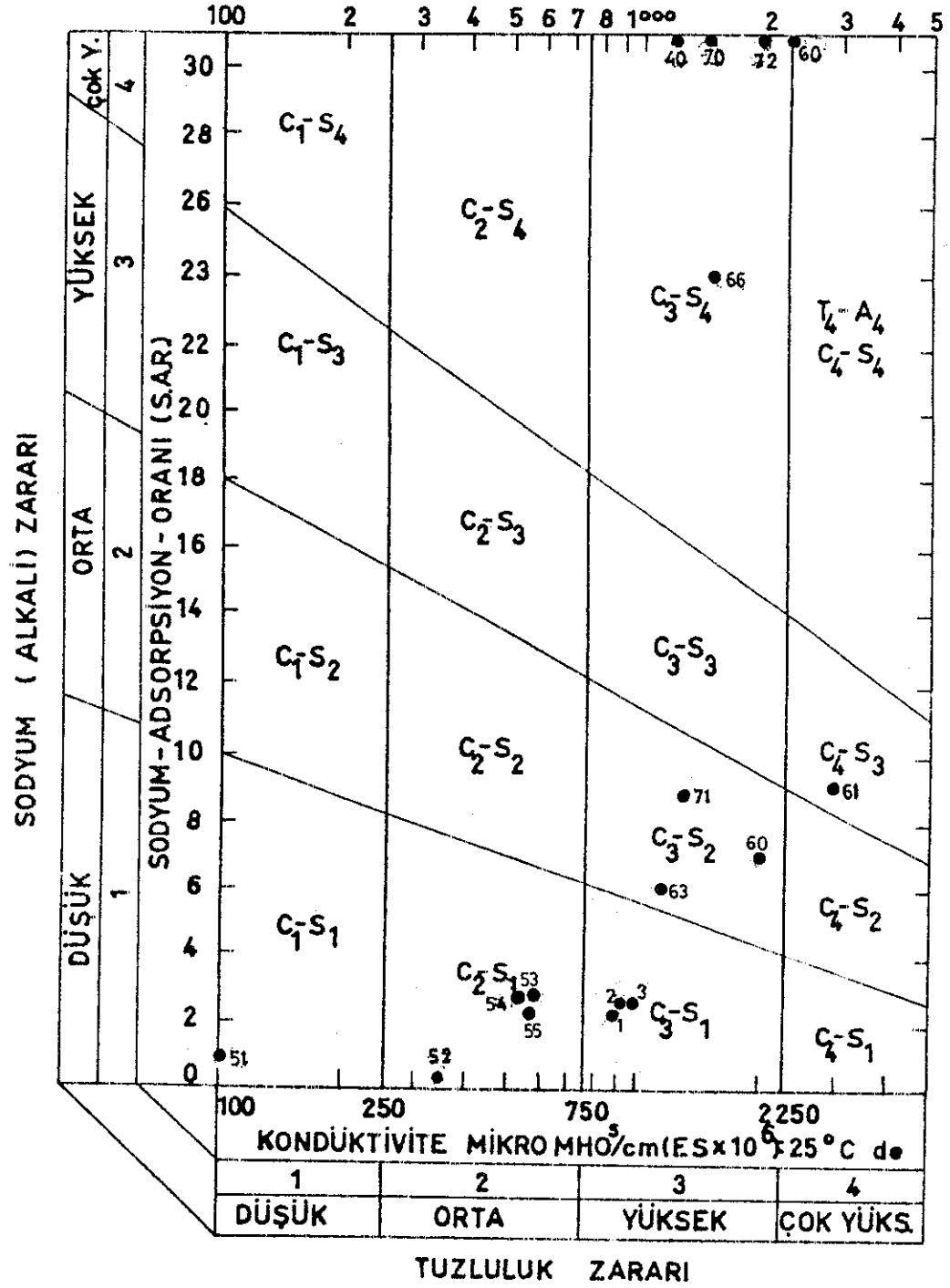
- 51 - 55 nolu sular C_1S_1 ve C_2S_1 bölgesine düştüklerinden her türlü sulamada kullanılır.

- 56 nolu S-1 sondajı ve 40, 66, 70, 72 nolu sular C_3S_4 bölgesinde olduklarından sulamada kullanılmaz.

- 60, 63, 71 nolu sular C_3S_2 bölgesinde olup, bazı özel koşullarda sulamada kullanılabilir.

- 61 nolu kaynak C_4S_3 bölgesinde olduğundan sulamada kullanılmaz.

Sonuç olarak sulama sularının değişik metotlarla sulama suyu olup olmayacağı incelendi. Ancak bu suların bir kısmı bor, bazısı klorür, bazısı SAR, bazısı da bunların hepsi yönünden tehlike göstermektedir. Bu bakımdan yöre suları sulamada kullanılmadan önce her açıdan araştırılıp daha sonra sulamada kullanılmalıdır.



Şekil-50 Balçova yöresi sularının ABD tuzluluk diyagramında gösterilişi

IX.5.5. Suların Endüstride Kullanılma Özellikleri

Sular endüstride kullanılırken yerine göre değişik fiziksel ve kimyasal özelliklerde olsun istenir. Sanayide sular, buhar kazanlarında kabuklaşma, köpürme ve çürütme yapabileceği gibi beton üzerinede değişik etkileri vardır.

IX.5.5.1. Suların Buhar Kazanlarında Kullanılma Özellikleri

Bazı suların içindeki çözülmüş maddeler, kazan ci-
darlarında çökerek kazan taşı denilen kabuklaşmayı ya-
parlar. Böylece kazanların ısı iletimi azalacağından ya-
kıt giderleride artacaktır. Buhar kazanlarında suyun kö-
pürmesi $F = 62 r_{Na} + 78 r_K$ bağıntısı ile saptanır. Suların
kaynarken köpürmesine neden, su yüzeyinde sodyum ve potas-
yum tuzlarının zengin bir zar tabakası meydana getirmesi-
dir. Verilen bağıntıya göre Balçova yöresindeki Mayıs-85
(DSİ), Mayıs-86(MTA) ve periyodik olmayan suların Na ve K
değerleri Mek/l olarak alınıp köpürmeleri hesaplanmıştır
(Tablo-14).

$F < 60$	Kaynarken Köpürmeyen	51, 52, 62.
$60 < F < 200$	Kaynarken Köpüren	17, 18, 19, 21, 28, 31, 34, 36, 39, 40, 41, 42,
$F > 200$	Kaynarken çok köpüren	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 35, 37, 38, 53, 54, 55, 56, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Tablo-14 Balçova yöresi sularının buhar kazanlarındaki köpürme özellikleri

Tablo-14 ten görüleceği gibi Kabaoğlu çeşmesi, Turcm üstü ve ılıca deresinin suları kaynarken köpürmezler. Balçova ovasından alınan bazı sular köpürme gösterirken, diğer bir kısım sıcaksular, kaynarken çok köpüren sular sınıfına girerler. Bu bakımdan sıcaksular endüstride kullanılmazlar.

IX.5.5.2. Suların Çürütme Özellikleri Ve Sülfat Etkisi

Bazı sular buhar kazanlarında ve sondaj borularında çürütme etkisi yapar. Bunun için kullanılan sularda $Cl < 200$ mg/l, buharlaşma kalıntısı < 300 mg/l, organik maddeler < 30 mg/l, $pH > 7$ ve saldırgan CO_2 bulunmamalıdır. Sondaj kuyularında hidrojen sülfürlü ve karbonatlı sular çürütücü etki yaparlar. Onun için bu tür suların olduğu arazilerdeki kuyulara "amyant borular ve filtreler kullanılmalıdır"(Şahinci- 1986)

Beton yapımında kullanılan sularda sülfat etkisi oldukça önemlidir. Tablo-15 te Balçova yöresi sularının sülfat miktarına göre betonların etkilenme dereceleri görülmektedir. Bu sınıflamada periyodik analizlerden Mayıs-85(DSI), Mayıs-86(MTA) ve periyodik olmayan analizler kullanılmıştır(Ek-7).

<u>Etkime derecesi</u>	<u>Sudaki SO_4(gr/l)</u>	<u>Su kaynakları</u>
Pratik olarak etkime yok	0 - 0.15	17, 19, 24, 26, 27, 29, 34, 36, 40, 41, 42, 51, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 62, 64, 71.
Etkileme var	0.15 - 1.00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 56, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72.
Önemli	1.00 - 2.00	
Çok önemli	2 den fazla	

Tablo-15 Balçova sularındaki sülfatın beton üzerine etkisi

Tabloya göre Balçova yöresi sularının betonlar üzerine etkisi yoktur.

X. BÖLÜM

SONDAJLI ÇALIŞMALAR VE SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ

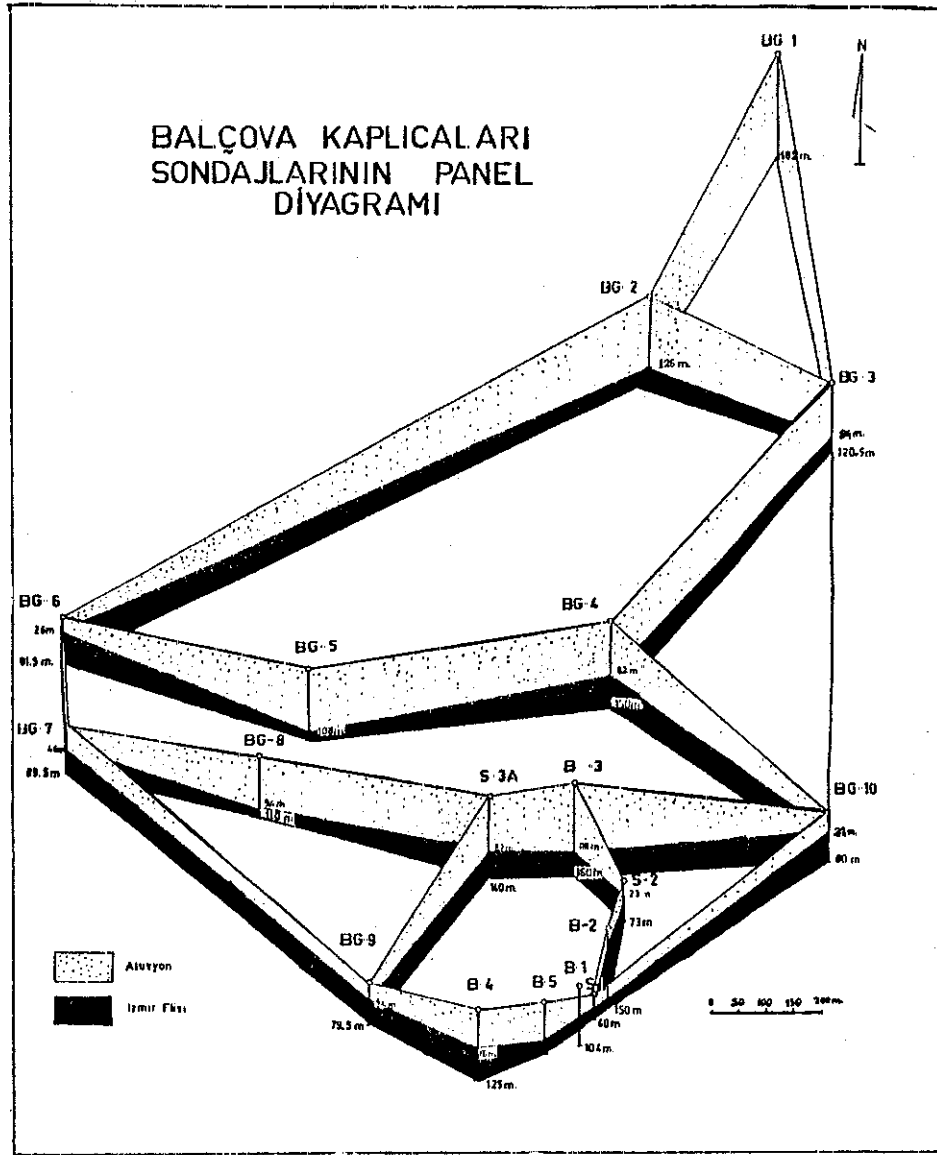
Balçova jeotermal alanında ilk sondajlı çalışmalara 1963 yılında başlayan MTA Genel Müdürlüğü en son 1983 yılında açtığı kuyulardan sonra, çalışmalarına bir süre ara vermiştir. Bu yirmi yıllık zaman dilimi içerisinde MTA yörede yerici sıcaklık ölçümleri için gradyan sondajları, buhar araştırma sondajları ve ısı üretim sondajları yapmıştır.

X.1. Sıcaklık Ölçümleri

Jeotermal enerji etüdlerinde çalışılan saha hakkında bilgi toplama yollarından birisi de sıcaklık ölçümleridir. Balçova jeotermal alanında yüzeysel sıcaklık dağılımları ile rezistivite dağılımları uygunluk gösterir. Ancak yüzeysel sıcaklık dağılımları meteorik olaylardan etkilendiğinden, derindeki sıcaklıklar hakkında pek fazla bilgi vermezler. Bu nedenle çalışma alanındaki sıcaklık dağılımlarının gerçeğe yakın bir şekilde anlaşılması için gradyan sondajları açılmıştır. Açılan bu sondajlarla ilgili detay bilgiler aşağıda verilmiştir.

X.1.1. Gradyan Sondajları

Türkiyede ilk kuyu içi eşanjör uygulaması 1982 yılında açılan B-1 kuyusunun iyi netice vermesinden sonra, kaplıcalar yöresinde kurulacak turistik tesislerin ve İzmir'in bir kısmının ısıtılmasını amaçlayan projede on adet dar çaplı gözlem kuyusu açılması öngörülmüş ve bunlar 1983 yılında gerçekleştirilmiştir(Ek-4). Gradyan amaçlı açılan bu gözlem kuyuları 79.5-182 m derinlikli ve 14.29 cm çaplıdır. Bu kuyularla ilgili kuyu yerlerinin konumu ve derinliklerini gösteren panel diyagram hazırlanmıştır (Şekil-51).



Şekil-51 Balçova kaplıcaları yöresinde açılan gradyan ve ısı üretim kuyularının panel diyagramı

Gradyan kuyularından ölçülen sıcaklıklar yardımı ile sığ hazne için jeotermal alanın yaklaşık sınırları ve sıcaklık zonları çizilmiştir(Ek-6). Bu zonlar 100°C nin üzerinde, 80°C - 100°C arası ve 60°C - 80°C arasında olmak üzere üç tanedir. Belirlenen bu zonlar 150 m derinlik sınırları içinde geçerlidir. Eğer 80°C - 100°C sıcaklıklı ikinci zon'a 150 m den daha derin bir kuyu açılacak olsa, daha yüksek sıcaklık bulunması mümkün olacaktır. Ancak 150 m den daha derin kuyularda kuyu içi eşanjör uygulaması bugünkü koşullarda ekonomik görülmemektedir.

Çalışma alanında gradyan kuyuları açıldıktan sonra kuyu içine alt tarafı kör tapa ile kapalı 1"-2" lik borular indirilerek, aynı borunun dışından kuyuya ağır çamur basılıyor. Bu işlemden sonra indirilen boru içerisine temiz su dolduruluyor. Bu işlemler bittikten yaklaşık bir hafta sonra da boru içerisinden yüzeyden tabana doğru her 10 m de bir sıcaklıklar ölçülür.

Gradyan kuyularının açılmasından ve sıcaklık zonlarının belirlenmesinden sonra, 150 m ye kadar derinlikte 100°C den fazla sıcaklık bulunabilecek olan alana ısı üretim kuyuları açılmasına geçilmiştir. Birinci ve ikinci zonlar kuyu içi eşanjörlü ısı üretimine uygun alanlardır. Çalışma alanına açılan gradyan kuyularının derinlik, alüvyon kalınlığı, taban sıcaklığı ve gradyanlarını gösterir durum Tablo-16 da verilmiştir.

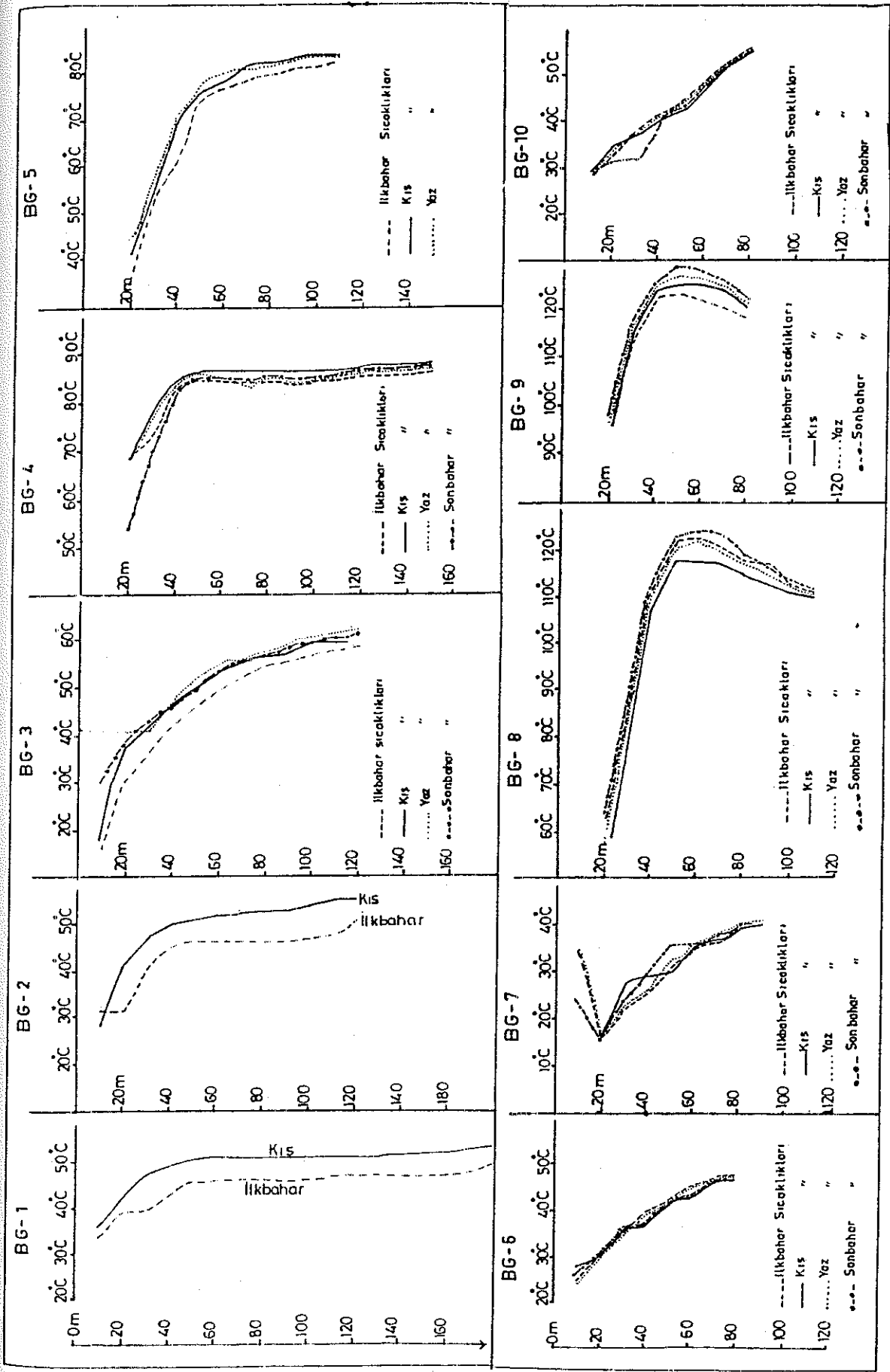
<u>Kuyu No</u>	<u>Derinlik(m)</u>	<u>Alüvyon Kalınlığı(m)</u>	<u>Taban Sıcak.(C)</u>	<u>Ortalama Gradyan(m)</u>
BG - 1	182	182	50	20
BG - 2	126	126	50.5	20
BG - 3	120.5	95	58	4.76
BG - 4	150	82	83.5	25
BG - 5	108	108	80.5	4.54
BG - 6	81.5	26	42	3.57
BG - 7	89.5	46	36	4
BG - 8	110	95	116	~1
BG - 9	79.5	44	126	~1
BG - 10	80	32	49.5	2.85

Tablo-16 Gradyan kuyularındaki derinlik sıcaklık ve gradyan durumları

Yukarıdaki tablodan görüleceği gibi, dar çaplı gradyan kuyuları 79.5 m-182 m'ler arasında derinlik ve 42 °C - 126 °C'ler arasında taban sıcaklıkları gösterirler. Gradyanlar ise yaklaşık 1 m ile 25 m arasında değişmektedir(Tablo-16). Bazı kuyular sulu ortamda bulduklarından hiçbir zaman gerçek gradyan değerini vermeyecektir. Ancak bir fikir vermesi bakımından burada ortalama gradyan şeklinde değerlendirilmiştir. BG-10, BG-6 ve BG-7 nolu kuyularda yeraltı suyuna rastlanılmadığından gerçek gradyan değerleri elde edilmiştir. Bu kuyular ve yakın civarında açılacak derin kuyularda, yüksek değerlerde sıcaklık bulmak mümkündür.

X.1.1.1. Gradyan Dağılımları

Gradyan, yer kabuğunun içine doğru, sıcaklığın 1°C artması için inilmesi gereken derinlik olarak tanımlanır. Jeotermal sahalarda sıcaklığın 1°C artması için bu derinlik bir iki metre kadar olabilirken (BG-8,BG-9), jeotermal olmayan sahalarda normal arz gradyanı 1°C/33 m olmaktadır. Belirtildiği gibi BG-8 ve BG-9 nolu kuyular çok ani ve çok hızlı sıcaklık artışı gösterdiklerinden, bu kuyuların gradyan değerleri yaklaşık 1 m olarak verilmiştir(Tablo-16). Ayrıca BG-6, BG-7, BG-10 nolu kuyuların dışındakiler gradyan değerlerini tam yansıtmazlar, çünkü o kuyularda yeraltı suyuna girilmiştir. Gradyan kuyularının açılması ve teçhiz işi bittikten sonra belli zamanlarda sıcaklık ölçümleri alınarak her kuyu için mevsimsel sıcaklık dağılımları çıkarılmıştır(Şekil-52).



Şekil-52 Balçova jeotermal alanındaki gözlem kuyularında mevsimsel sıcaklık dağılımı

X.1.1.2. Gradyan Sondajlarında Mevsimsel Sıcaklık Dağılımı

- BG-1 Kuyusu;

Bu kuyuda Kış dönemi (Şubat) sıcaklıkları, İlkbahar (Mayıs) dönemine göre 5°C kadar fazlalık gösterir. Bu sıcaklık farkının meteorolojik etkiden oldukça uzak olan 100 m ve daha derinlerde korunması dikkate değerdir. İlkbahar sıcaklıklarının düşük olması, Kışın çok yağın yağmur sularının Mayıs aylarına doğru hazneye ulaştığı ve hazneyi soğuttuğu şeklinde yorumlanabilir.

- BG-2 Kuyusu;

BG-1 kuyusu özelliğinde olup, Kış dönemi sıcaklıkları İlkbahar dönemi sıcaklıklarından yüksektir.

- BG-3 Kuyusu;

Burada Mayıs dönemi sıcaklıkları, Ağustos ve Aralık dönemi sıcaklıklarından azdır. Yani Mayıs dönemi sığ jeotermal haznenin en soğuk olduğu dönemdir. Buradaki mevsimsel sıcaklık ölçümleri 120 m derinlik için şöyle sıralanabilir. Mayıs (59.5°C) < Şubat (61°C) < Aralık (62°C) < Ağustos (63°C). En sıcak dönem Ağustos oluyor ve Mayıs ayına kadar hazne yavaş yavaş 3-4°C azaldıktan sonra, Ağustosa kadar hızlı bir şekilde ısınmaya geçiyor. Bu durum yağmur sularının doğrudan hazneye etkilemesiyle ilgilidir.

- BG-4 Kuyusu;

BG-4 kuyusunda ortalama gradyan değeri 0.25°C/10 m olup, genel olarak Kış (Şubat) dönemi sıcaklıkları diğer dönemlere göre çok az fazladır. BG-1, BG-2, BG-3 kuyuları bundan farklı durum gösterirler. Bu durum şöyle değerlendirilebilir. BG-4 kuyusu hem jeotermal merkeze yakın, hemde yüzey suyunun eyleşmediği bir yerdir. Bu bakımdan bu kuyuda hazne sıcaklıklarında mevsimsel farklılıklar fazla değildir.

- BG-5 Kuyusu;

BG-1, BG-2, BG-3 kuyularında olduğu gibi en soğuk dönem İlbahar(Mayıs), en sıcak dönem Ağustosdur. Ancak BG-1, BG-2, BG-3 kuyularında gözleendiği gibi bu durum kuyu boyunca yoktur. Burada İlica deresinin etkisi vardır ve bu etki ilk 70 m içerisinde görülür.

- BG-6 Kuyusu;

BG-4 kuyusuna benzerlik gösterir. Aralık Şubat dönemleri çok az artma gösterir. Buna göre BG-6 kuyusu meteorolojik şartlardan az etkileniyor denilebilir.

- BG-7 Kuyusu;

Burada 20 m deki sıcaklıkların 10 m deki sıcaklıklardan düşük olması, 20 m civarında soğuksu katkısı olabileceğini işaret eder. Diğer taraftan mevsimsel dönemlere göre ölçülen sıcaklıklarda büyük bir değişiklik yoktur. Sıcaklık değişikliklerinin 20 m den aşağıda görünmesi soğuksu katkısı ile ilgili olabilecektir.

- BG-8 Kuyusu;

Bu kuyuda en yüksek sıcaklığa 60 m'lerde rastlanmakta(Şekil-52) ve daha sonraki sıcaklıklarda düşme izlenmektedir. Bilindiği gibi BG-7 kuyusunda 20 m civarında bir soğuma görülmekteydi. Burada da BG-7 kuyusunda olduğu gibi jeotermal hazneye güneyden ve güneybatıdan soğuksu girişi olduğu düşünülebilir. Bu kuyuda Mart ve Ağustos aylarında ölçülen sıcaklıklar, Mayıs ve Aralık aylarına göre daha düşüktür. Mart < Ağustos < Mayıs < Aralık şeklinde mevsimsel sıcaklıklar sıralanabilir. Burada Ağustos sıcaklıklarının Mayıs sıcaklıklarından düşük olması ilginçtir.

- BG-9 Kuyusu;

BG-8 kuyusu özelliğinde bir kuyu olup 50 m den sonra haznede soğuma gözlenir. Diğer taraftan mevsimlere göre sıcaklık dağılımı Mayıs < Mart < Ağustos < Aralık şeklindedir. Yani burada en yüksek hazne sıcaklığı Aralık'tadır. Kışın yağmur suları ile hazne Mayıs ayına kadar en soğuk durumuna geliyor ve daha sonra ısınmaya geçiyor.

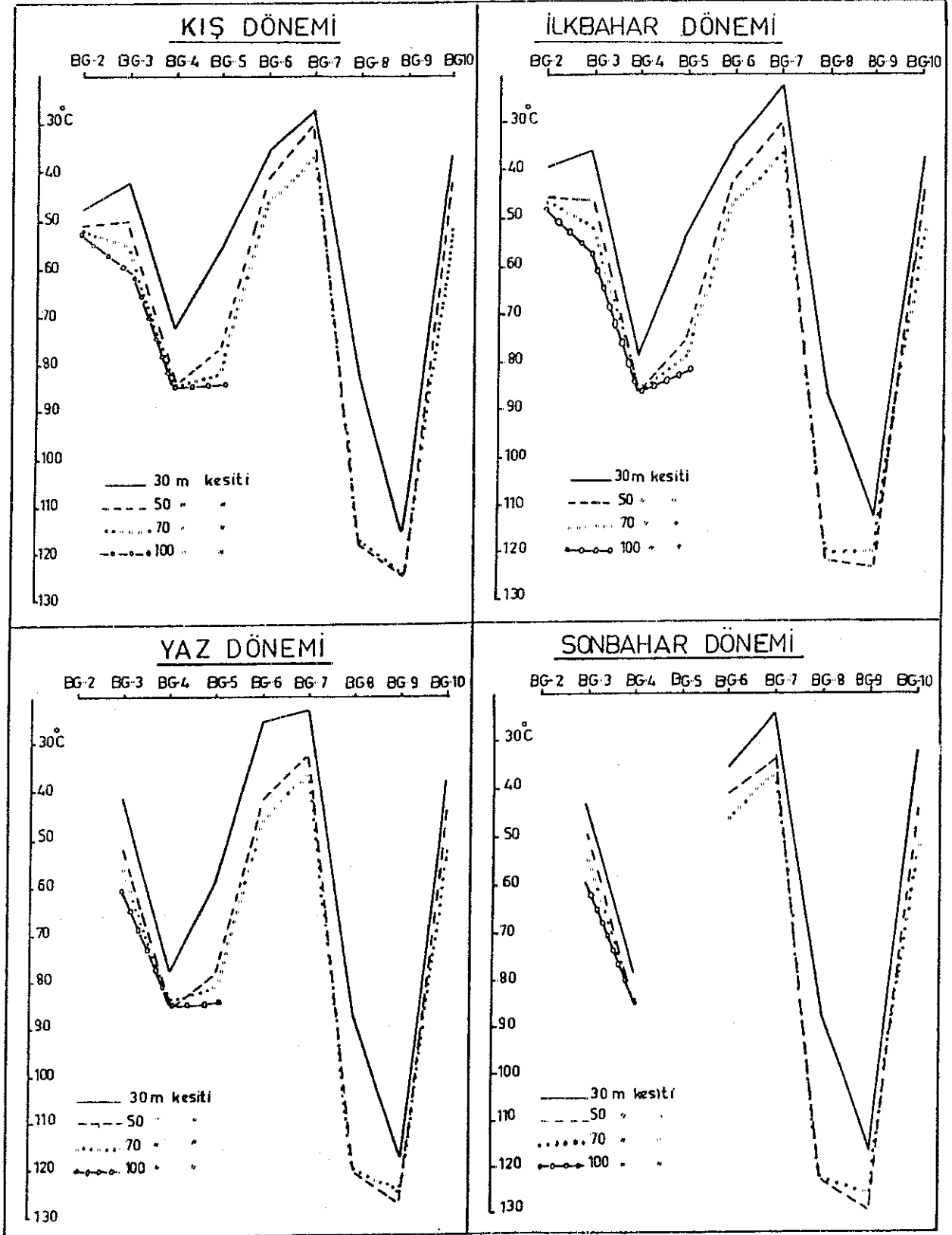
- BG-10 Kuyusu;

Burada ilk 30 m içerisinde sıcaklıklarda değişiklik izlenirken sonraki metrelerde değişiklik yoktur. Bu durum BG-10 kuyusunun iyi bir örtü kaya içerisinde olduğunu, kırık ve çatlaklı olmadığını gösterir. Zaten bu kuyunun gradyan değerinin yüksek olması da iyi bir örtü kayaya sahip olduğunu işaret eder.

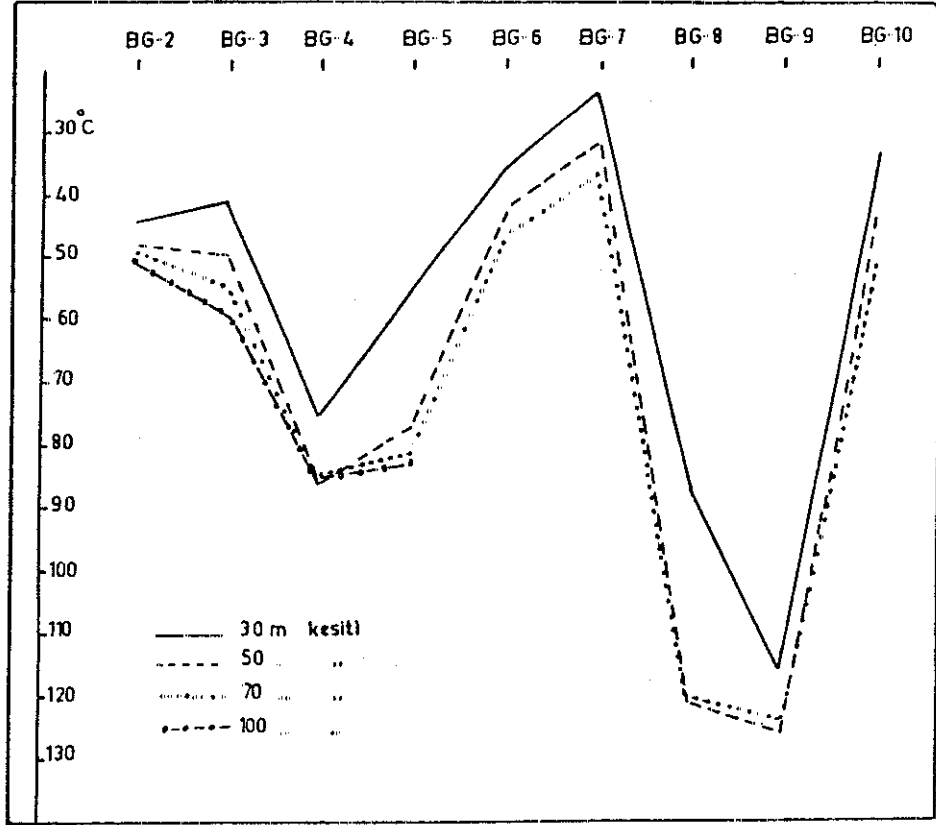
Yukarıda sunulan on adet gradyan kuyusundaki mevsimsel sıcaklık dağılımları tek tek açıklanmıştır. Yine aynı şekilde aynı kuyuların 30, 50, 70, 100 metrelerdeki mevsimsel sıcaklık kesitleri verilmektedir(Şekil-53). Aynı kuyuların aynı metrelere ait mevsimsel sıcaklık **ortalama** kesitleri Şekil-54 te görülebilir. Bütün bu kesitlerde BG-7 kuyusunun düşük sıcaklıklı olduğu gözlenmektedir. Gradyan kuyularındaki derinlik sıcaklık ilişkilerinden izlenebileceği gibi (Şekil-55), BG-8 ve BG-9 nolu kuyular sığ derinlikte yüksek hazne sıcaklığına, BG-7 kuyusu ise en düşük hazne sıcaklığına sahiptir.

X.1.2. Isı Üretim Sondajları

Gradyan kuyularından alınan bu sonuçlardan sonra Ek-6 da görülen sıcaklık zonları belirlenmiş ve ısı üretim kuyularının yerleri planlanmıştır. Isı üretim kuyularından alınan sıcaklıkların derinlikle olan ilişkileri Şekil-56 da,



Şekil-53 Balçova kaplıcaları gözlem kuyularında 30-50-70 metrelerdeki mevsimsel sıcaklık kesitleri

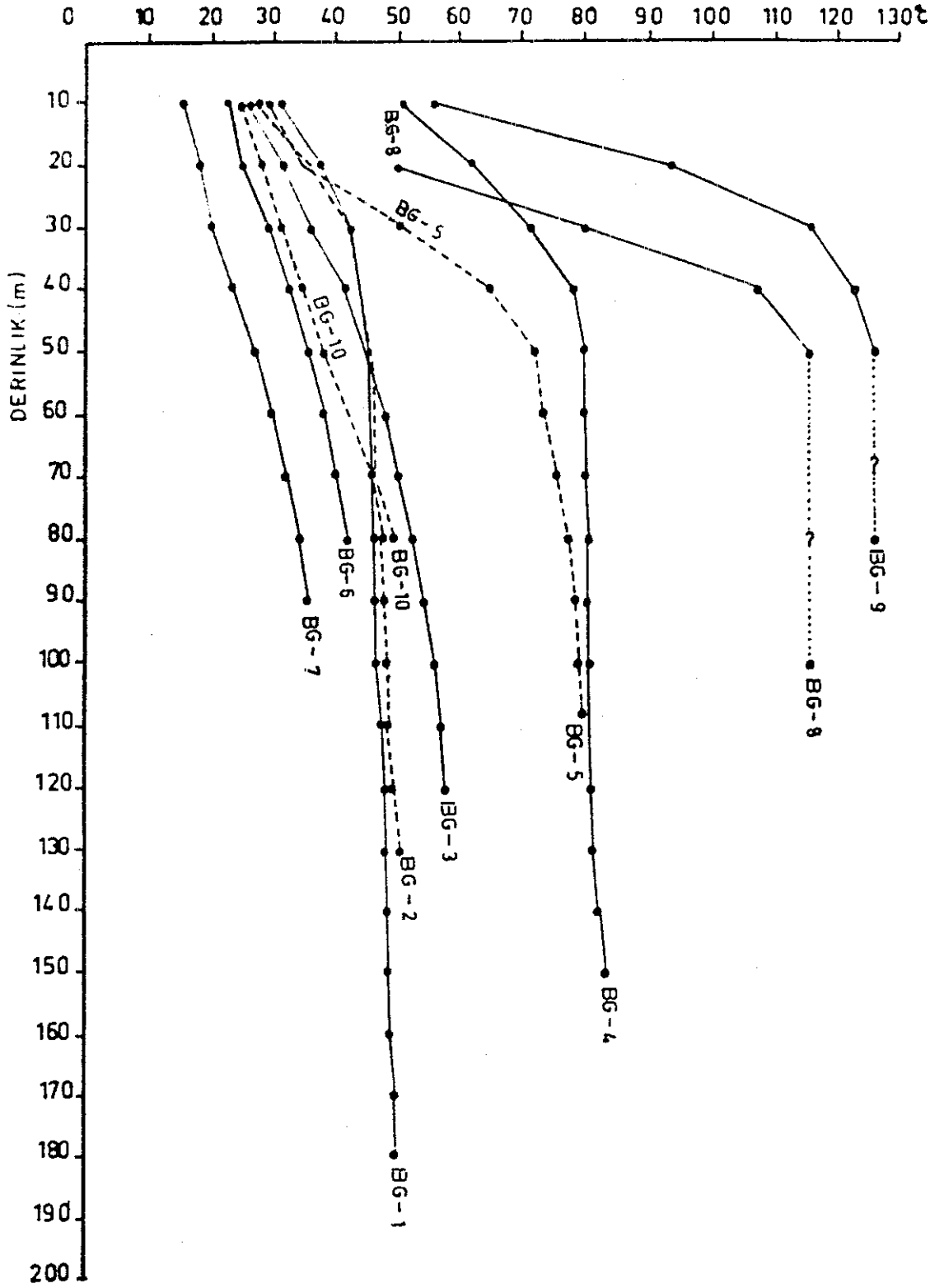


Şekil-54 Balçova kaplıcaları gradyan kuyularından 30, 50, 70, 100 metrelerden ölçülen mevsimsel sıcaklık ortalamaları

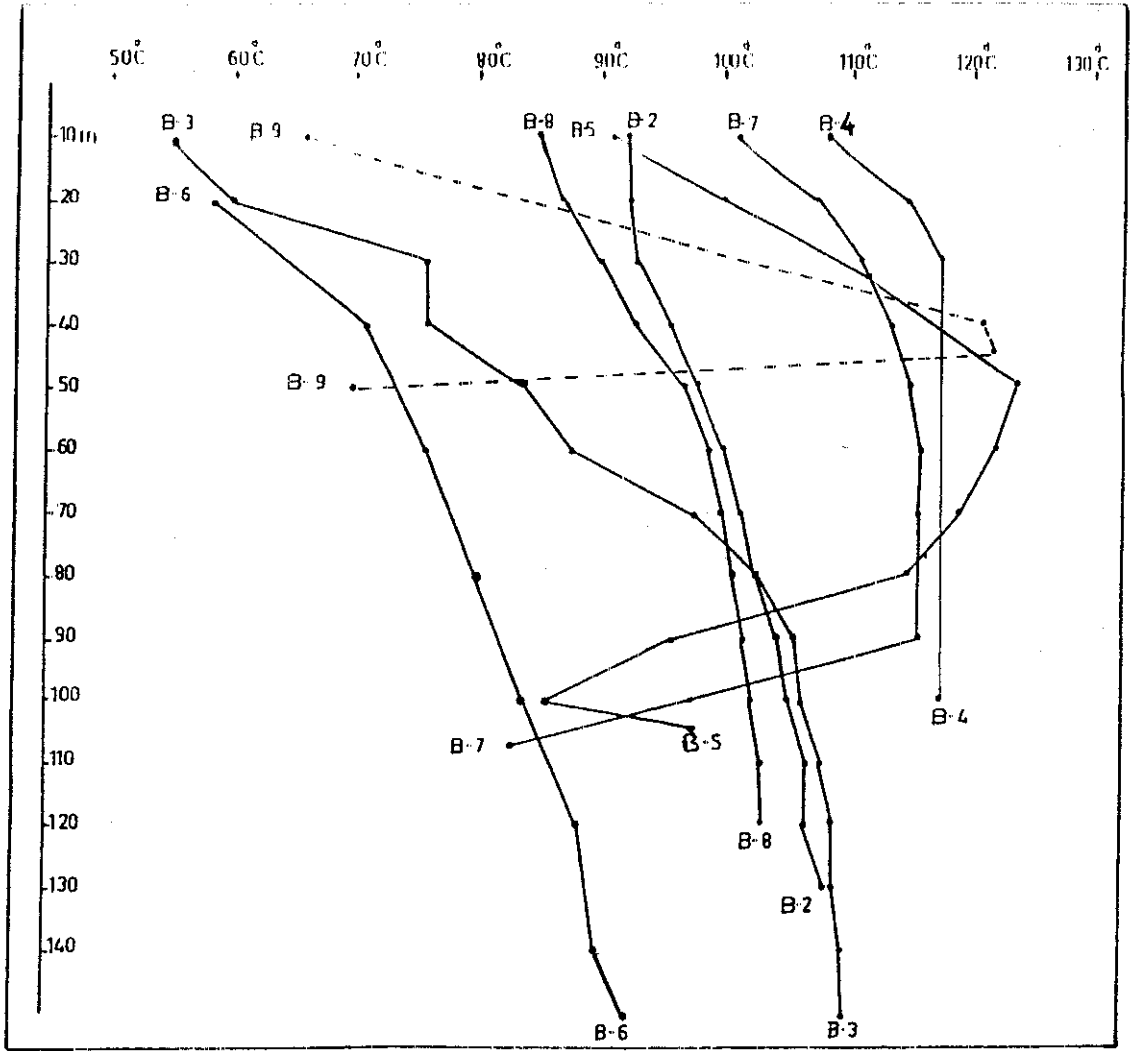
ısı üretim kuyularından geçen sıcaklık kesitleri de Şekil-57 de verilmiştir. Şekillerden anlaşılacağı gibi B-9 kuyusunda 43 m ye kadar hazne sıcaklığı yükselmekte, daha sonra çok büyük hızla 70°C ye kadar düşmektedir. Bu durum B-7 ve B-5 kuyularında da izlenebilmektedir. B-6 kuyusu düzenli bir gradyan artışı göstermekle beraber iyi hazne özelliği göstermediğinden konveksiyon yavaş olmakta ve diğer kuyulara göre düşük sıcaklık göstermektedir.

X.2. Kuyu Logları

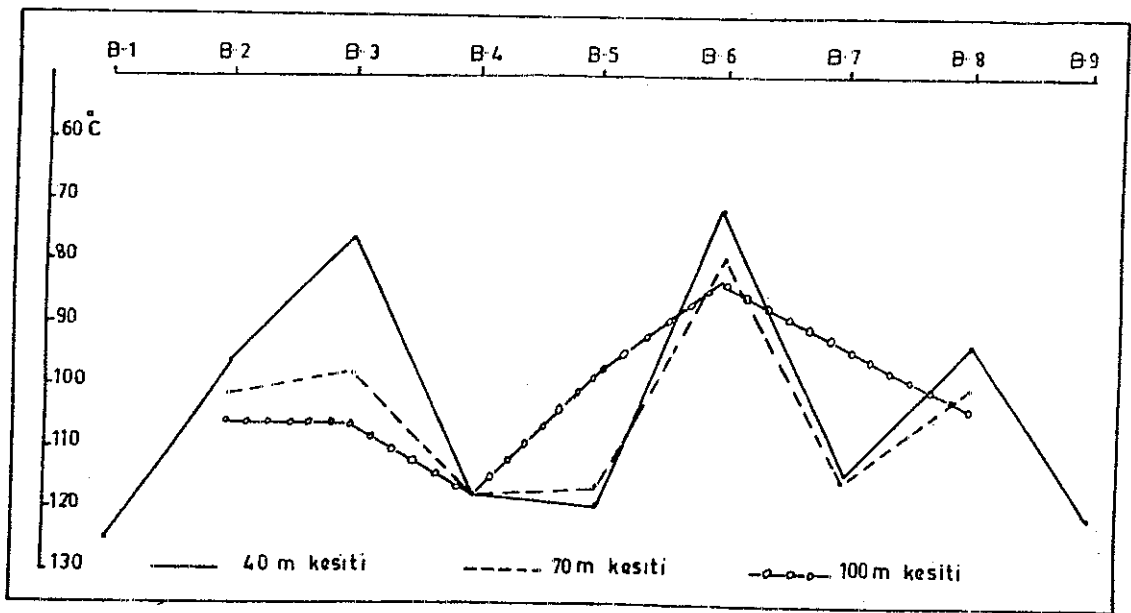
Balçova jeotermal alanında gradyan ve ısı üretim kuyuları açıldıktan hemen sonra, kuyularda kuyu içi log alımları yapılmıştır. Gradyan kuyularında Gamma-Ray,



Şekil-55 Balçova gradyan kuyularında derinlik-sıcaklık ilişkisi



Şekil-56 Balçova ısı üretim kuyularında derinlik sıcaklık ilişkisi



Şekil-57 Balçova ısı üretim kuyularında 40-70-100 m sıcaklık kesitleri

Neutron, Density(Gamma-Gamma) ve termik loglar, ısı üretim kuyularında da gradyan kuyularındaki loglara ilaveten S.P. ve rezistivite logları alınmıştır. Gözlem kuyularına örnek olması bakımından BG-9 kuyusundan alınan loglar Şekil-58 de verilmektedir(Kapucu ve Arıca). Neutron logundan alüvyon ve fliş sınırı ayrılabilirken, density logunda pek fark gözlenememektedir. Bu durum alüvyonların fliş malzemesinden kaynaklanmasından ileri gelir.

Öte yandan B-5 ısı üretim kuyusundan alınan loglar şekil-59 da görülmektedir(Önder ve Tunçay). Sıcaklık logunda ilk 10 m de sıcaklıkta düşme gözlenirken daha sonra düzenli bir şekilde artış olmaktadır. En yüksek sıcaklık artışının 50 m civarında olduğu izlenir.

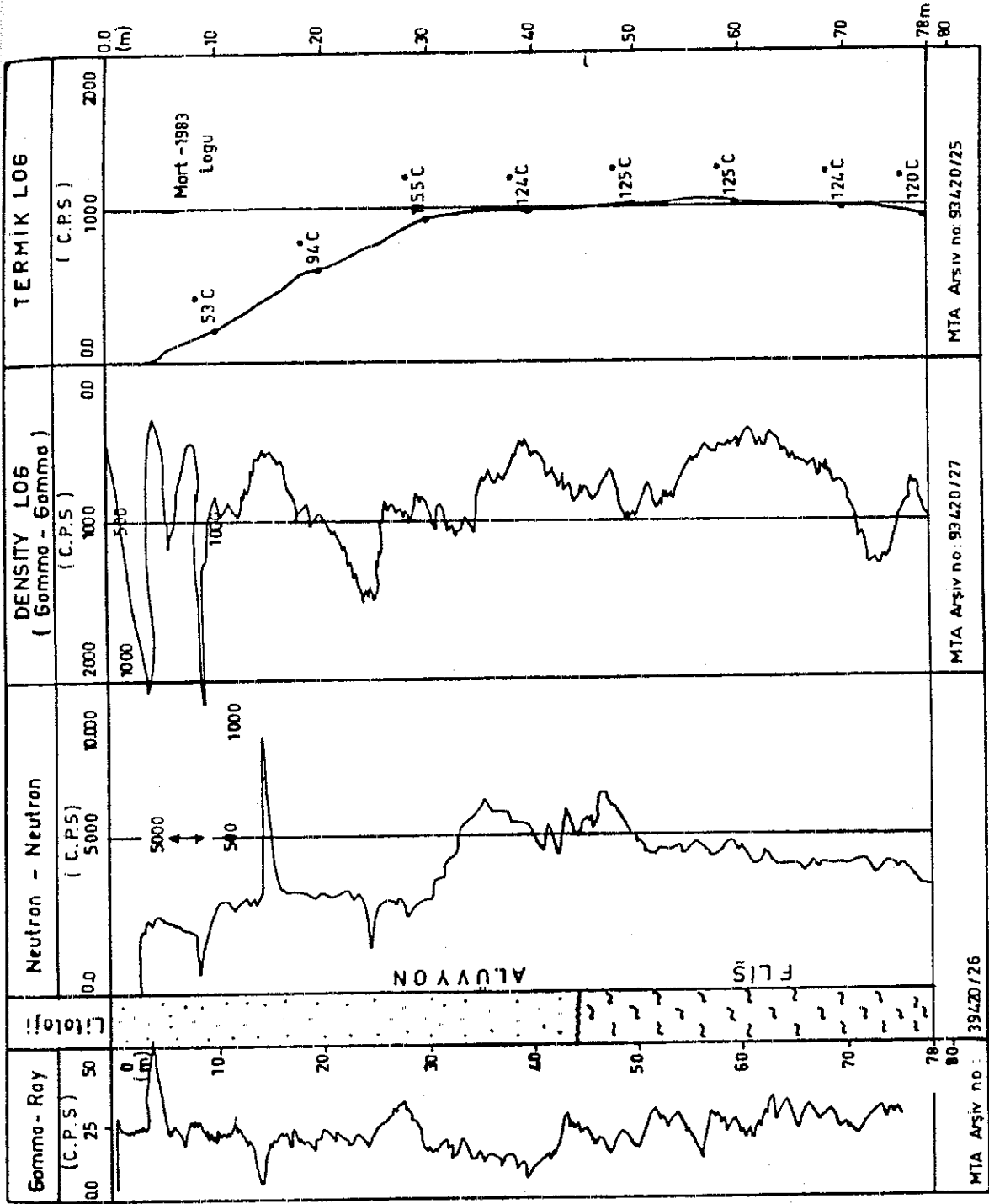
Elektrik logunda 51-72 m'ler ile, 90-100 m'ler arasında formasyon daha rezistiv, S.P'ce negatif yönde bir değer alır. Termik log dikkate alındığında kuyunun sıcaklık açısından bu metrelerden beslendiği ortaya çıkmaktadır.

Gamma-Ray/Nötron log'u; Gamma-Ray de görülen değişimden kuyu tabanına gidildikçe fliş içinde azda olsa bir artış kaydediliyor. Nötron logunda 50-56 m ler arasında düşük seviyelerin kaçak zonlara karşı geldiği, density logu göz önüne alındığında izlenebilmektedir.

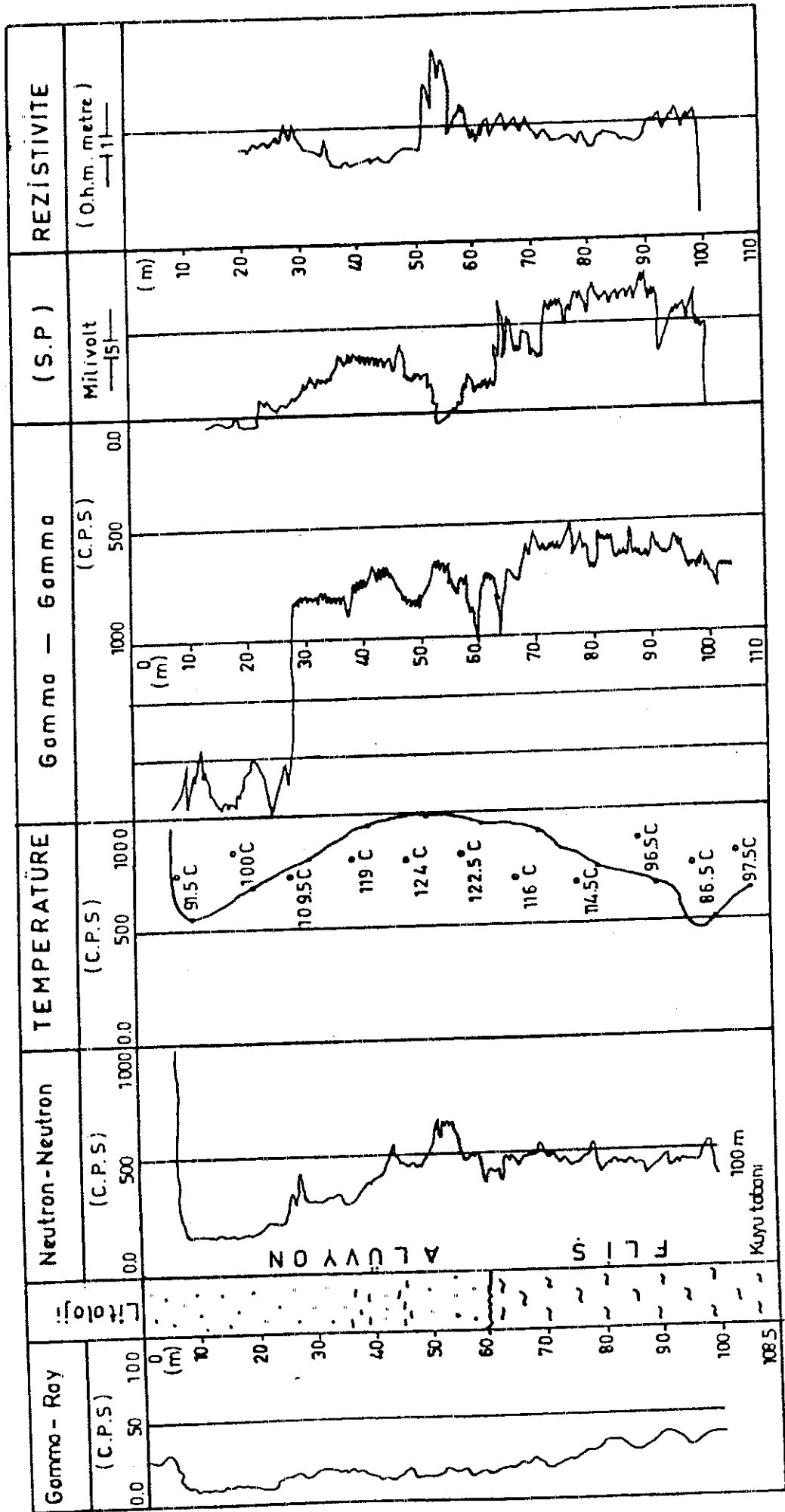
Density logundan görüleceği gibi 0-39 m, 45-52 m, 55-56 m, 95-102 m'ler arasındaki seviyeler daha az yoğunlukta (gevşek yapılı), 70-90 m'ler arası ince taneli daha kompakt olduğu anlaşılmıştır(Tunçay ile sözlü görüşme).

X.3. Buhar+Sıcaksu Araştırma Sondajları

Bu sondajlar ilk kez 1963 yılında sıcaksu + buhar araştırmak amacıyla açılmıştır. Üç adet olarak yapılan



Şekil-58 Balçova kaplıcaları **BG-9** kuyusundan alınan Gamma-Ray ve Termik logları (Kapucu ve Arıca-1983)



Şekil-59 Balçova kaptıcaları B-5 kuyusundan alınan Gamma-Ray, Neutron, Temperature Gamma, S.P ve Rezistivite logları (Önder ve Tunçay-1983)

bu kuyular üzerinde fazla durulmayacak sadece Tablo-17'de verilen bilgilerle yetinilecektir.

Kuyu No	Alüvyon(m)	Derinlik(m)	Statik sv.	Debi(T/h)	Sıcaklık
S - 1	23.3	40	6.5	100	124 °C
S - 2	23	73.5	3.5	40	102 °C
S - 3A	82	140	12	4.5	101 °C

Tablo-17 Balçova jeotermal alanındaki buhar üretim ve Araştırma sondajları ve neticeleri(Şamilgil-1963).

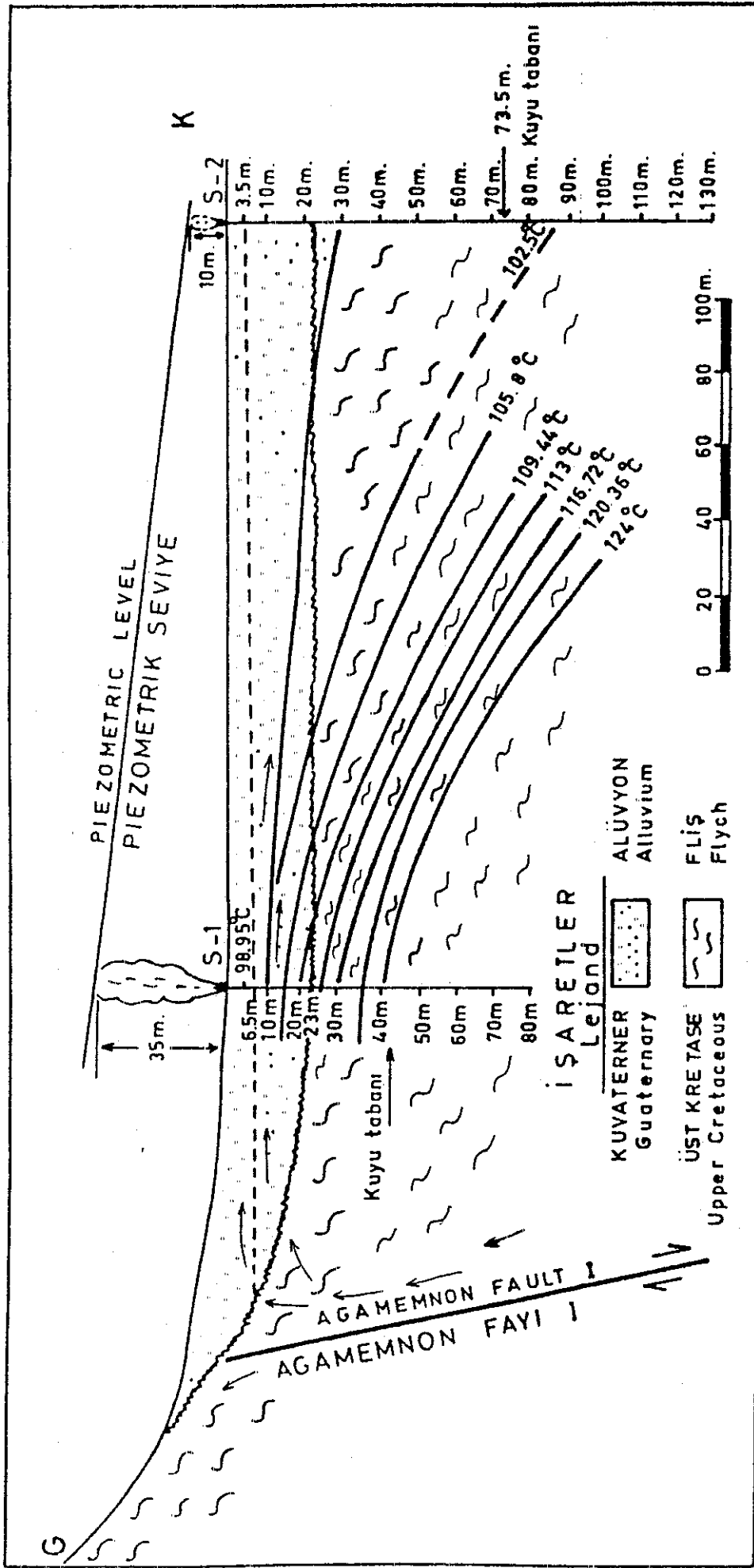
Lokasyonları Ek-4 te görülen üç adet kuyudan yalnız S-1 kuyusundan sıcaksu alma şeklinde yararlanılmaktadır. Diğer iki kuyudan S-2 kapalı, S-3A'nın yeri ise kaybolmuştur. S-1 kuyusu ile diğer kuyular arasından geçirilen jeolojik ve sıcaklık kesitleri Şekil-60, 61 de verilmiştir. Sıcak sular Agamemnon fayı-I'in yüzeyi boyunca gelerek alüvyon ve fliş içinde yayılmaktadır. Bu nedenle yüzeysel sıcaklık güneyden kuzeye doğru tedrici bir şekilde azalmaktadır.

X.4. Isı Üretim Sondajları

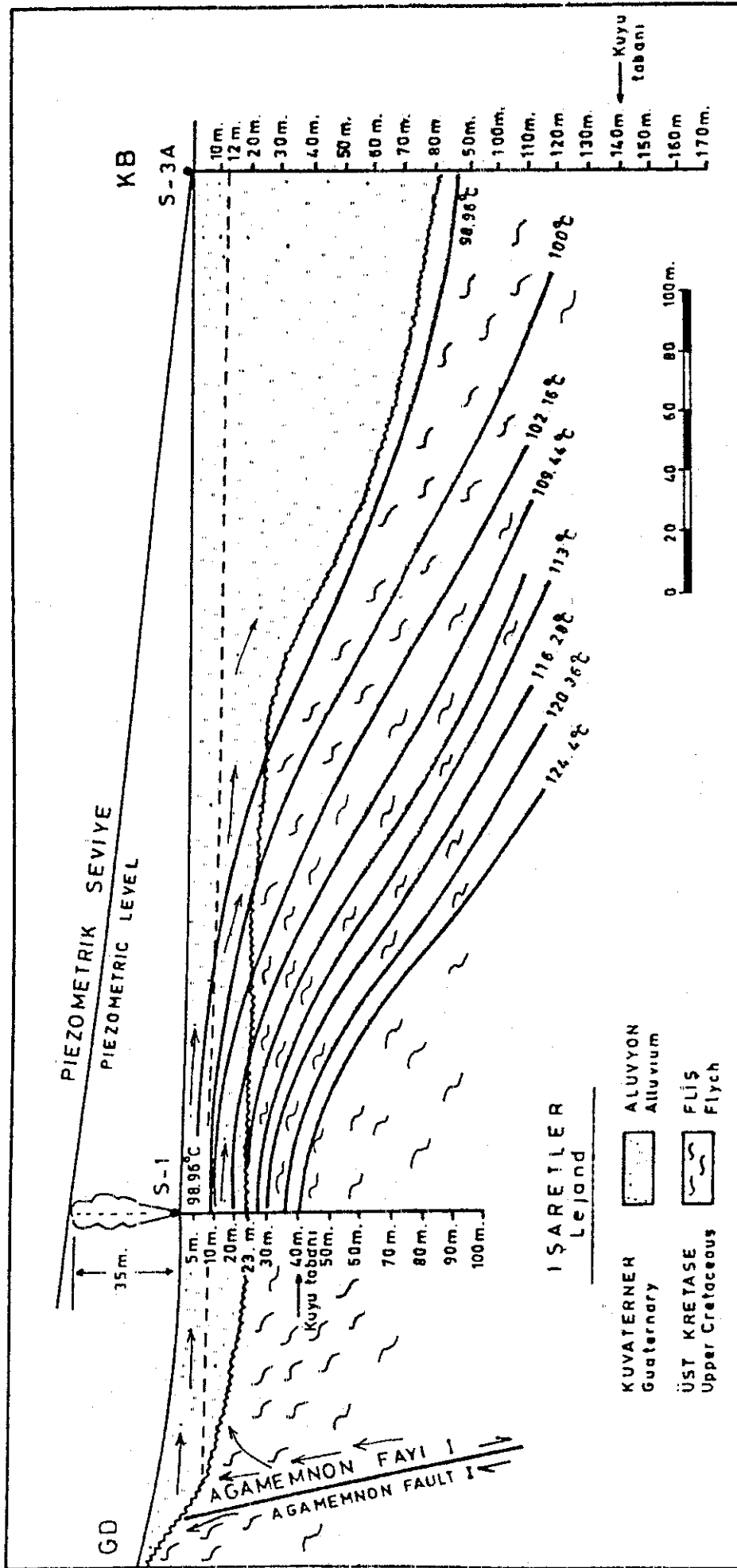
Gradyan amaçlı açılan on adet gözlem kuyusundan sonra Balçova jeotermal alanı Ek-6 da görüldüğü gibi üç sıcaklık zonuna ayrılmış ve yüksek sıcaklıklı I. zonda dokuz adet ısı üretim kuyusu açılmıştır. Bu kuyularla ilgili teknik bilgiler Tablo-18 de toplu halde sunulmuştur.

Kuyu No	Derinlik(m)	Alüvyon(m)	Statik sv	Techiz çp.	Taban s.
B - 1	104	19	5.5	8 5/8"	115 °C
B - 2	150	24	4.75	14"	113 °C
B - 3	160	118	5	14"	112 °C
B - 4	125	66	1.5	8 5/8"	112 °C
B - 5	108.5	60	4.75	"	114 °C
B - 6	150	48	8	"	93 °C
E - 7	120	58	5	"	115 °C
B - 8	250	50	8	"	93 °C
B - 9	48.5	42	8	14"	122 °C

Tablo -18 Balçova ısı üretim kuyularının teknik özellikleri



Şekil-60 Balçova kaplıcaları S-1 ve S-2 jeotermal araştırma kuyuları arası jeolojik ve sıcaklık kesiti



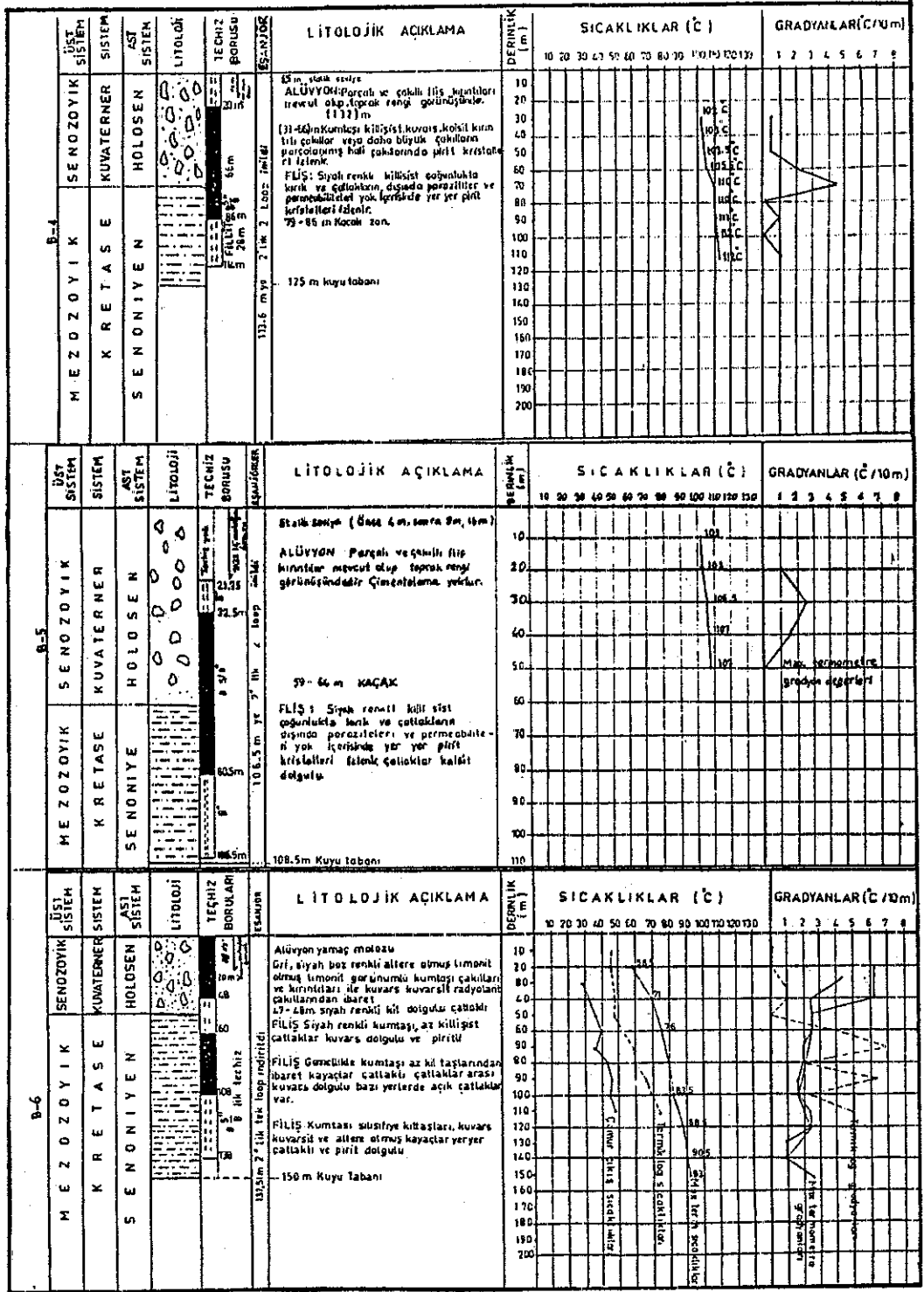
Şekil-61 Balçova kaplıcaları S-1 ve S-3A jeotermal araştırma kuyuları arası jeolojik ve sıcaklık kesiti

Diğer taraftan ısı üretim kuyularına ilişkin kuyu logları ve teçhiz planları Şekil-62, 63, 64 te ayrı ayrı verilmektedir. İki eşanjör kuyularının açılması, diğer alüvyon kuyularının açılmasından farklılıklar göstereceğinden, eşanjör kuyularının açılması işlemi burada kısaca anlatılmıştır.

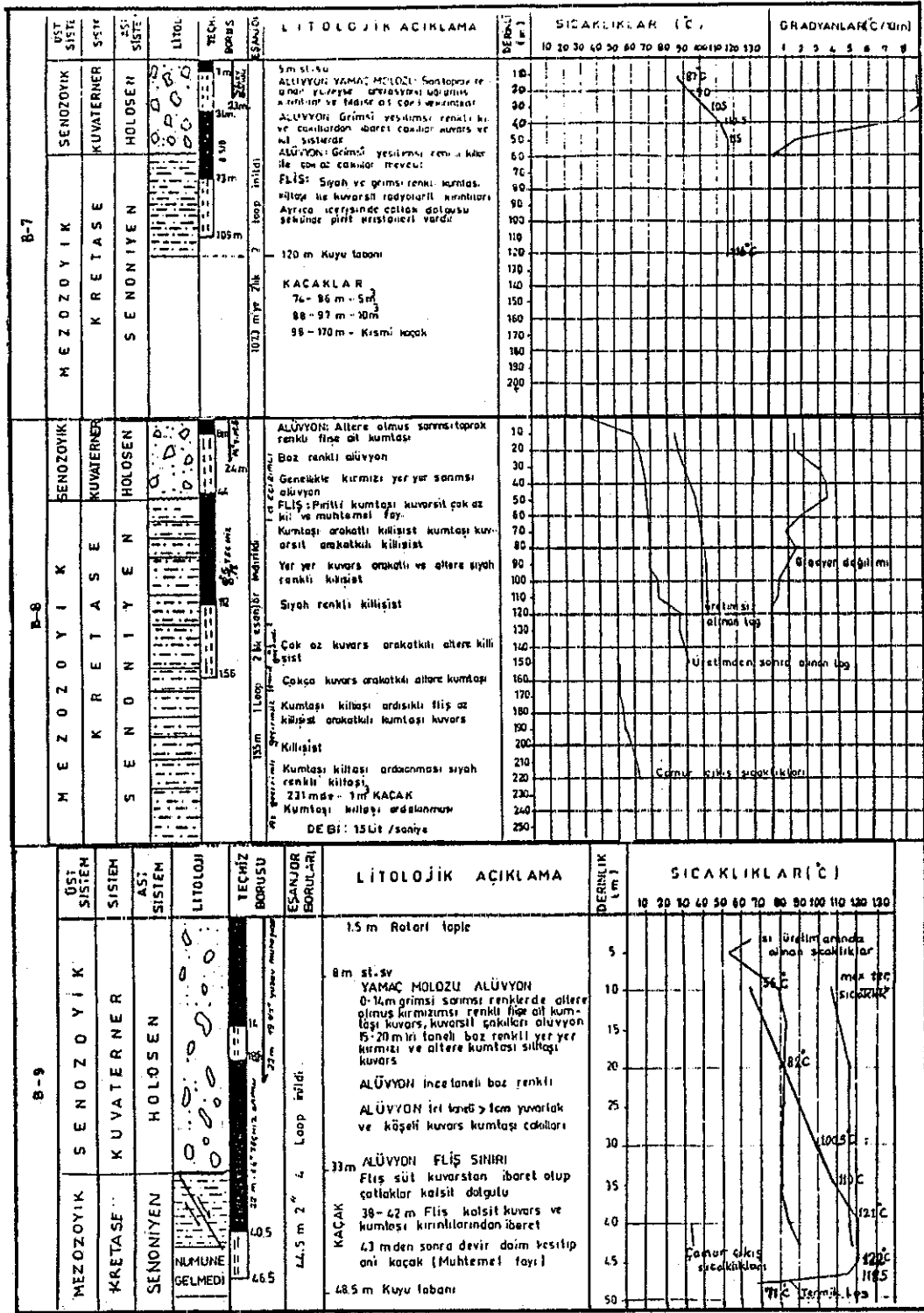
X.4.1. Isı Üretim Sondajlarının Yapılma Tekniği

Sondaj yapılacak yer belirlendikten ve öngörülen dizayn şartları tayin edildikten sonra, sondaj kulesi lokasyona oturtulur. Eşanjör sistemli ısı üretimine yönelik sondajların açılması iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşamada dar çaplı matkapla ilerleme yapılarak alüvyonun yıkılmaya eğimli seviyeleri tesbit edilir. Daha sonra kuyu çapı genişletilerek istenilen derinliğe kadar yüzey muhafaza borusu indirilip boru arkası çimentolanır. Bu işlem ile hem yıkıntılı seviyelerin çalışmalara engellemesi önlenmiş hemde muhafaza borusunun arkası çimentolandığı için, formasyondan gelebilecek basınçlı suların dışarı çıkması önlenmiş olur. İkinci aşamada, kuyu programında öngörülen derinliğe kadar ilerlenir. Bu ilerleme sırasında sondaj çamurunun getirdiği sedimanlardan her iki metrede bir numune alınır. Yine bu esnada sirkülasyon çamurunun sıcaklığı sürekli ölçülerek kuyu başında çamur sıcaklığı-derinlik grafiği çıkarılır. Sondajın ilerlemesi tamamlandıktan sonra kuyu tabanı sediman kırıntılarından temizlenerek kuyuda öngörülen kuyu içi logları alınır. Ancak termik log alınması istendiğinde, kuyuda belli zaman aralıklarında (kuyu açıldıktan hemen sonra, 6, 12, 24 saat aralarda) sıcaklıklar ölçülür. Bu sıcaklık verilerinden muhtemel kuyu dibi sıcaklığı hesaplanır, kuyu litolojik verileri de değerlendirilerek kuyu teçhiz planı hazırlanır. Böylece hangi metrelere kapalı, hangi metrelere filitreli boru konacağı kesin bir şekilde tayin edilmiş olur.

Sirkülasyon sırasında bir kısım çamur, formasyonun gözenek ve çatlaklarına girerek buraların tıkanmasına neden olur. Eşanjör sistemli kuyularda yüksek ısı çekmek



Sekil- 63 Balçova kaplıcaları B-4, B-5, B-6 ısı üretim kuyularında litoloji, sıcaklık, gradyan logları ve kuyu teçhizleri



Şekil-64 Balçova kaplıcaları B-7, B-8, B-9 ısı üretim kuyularında litoloji, sıcaklık, gradyan logları ve kuyu teçhizleri

için, kuyu teçhiz edilmeden önce tıkalı olan gözenek ve çatlakların temizlenmesi gerekir. Balçova jeotermal alanında formasyonun sağlam olması nedeniyle kuyu içinde belli bir seviyeye kadar boş tijler indirilip içerisinden kompresörle hava basılır. Böylece kuyu ağzından hava ile birlikte jeotermal akışkan da gelmeye başlar. Bu işlem kuyunun temizlendiğine kanaat getirilince durdurulur. Balçova jeotermal alanında geçirimliliğin iyi olduğu yerlerde kompresörle yapılan bu üretim kısa sürede sona erer. Üretimin durdurulması için kompresörün havasını kestikten sonra kuyuya bir miktar soğuk su basmak yeterli olacaktır. Böylece temizlenmiş olan kuyuda gerekli log ölçümleri alınarak teçhiz ve eşanjör boruları indirilir (Şekil-62, 63, 64). Şekillerde görüldüğü gibi her kuyunun kendisine özgü bir teçhizi vardır. Bu farklılık doğrudan haznenin gözenekliliğine, geçirimliliğine, jeotermal suyun sıcaklık ve debisine bağlıdır.

X.4.2. Isı Üretim Kuyularında Yapılan Testler

Isı üretim testleri, kuyuların zamana bağlı olarak ısı kapasitelerinin saptanmasını ve kuyular arasında etkileşimin olup olmadığını araştırmayı amaçlar.

Kuyulardan ısı üretimi, kuyu içi eşanjörü denilen ve uçlarında çökelti toplama borusu olan " U " şeklindeki borular vasıtası ile olur(Foto:3). Kuyulara inilen " U " borularının sayısını hidrojeolojik şartlar, yani kuyu verimi sıcaklık gibi veriler belirler. Kuyulara birden fazla " U " borusu indirilmesi halinde, " U " boruları giriş ve çıkış kollektörlerine monte edilerek bir giriş ve bir çıkış hattına dönüştürülür. Çıkış hattı soğutma devresine, giriş hattı pompa devresine bağlanır(Şekil-65).

Bütün kuyularda testler, yörenin meteorolojik özelliklerine göre yapılmıştır. Böylece çalışma alanında

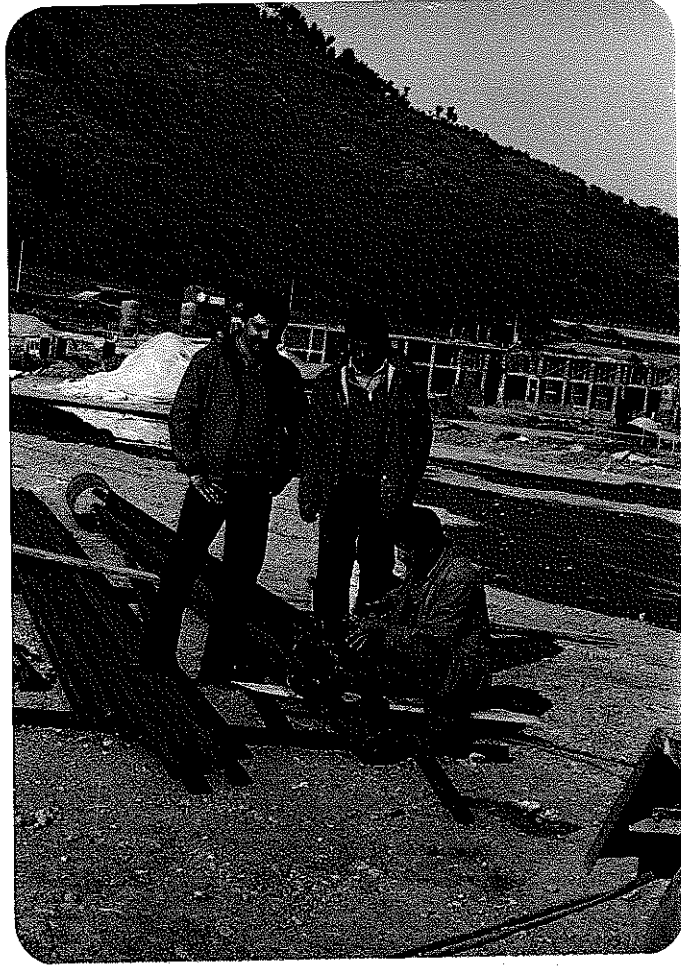
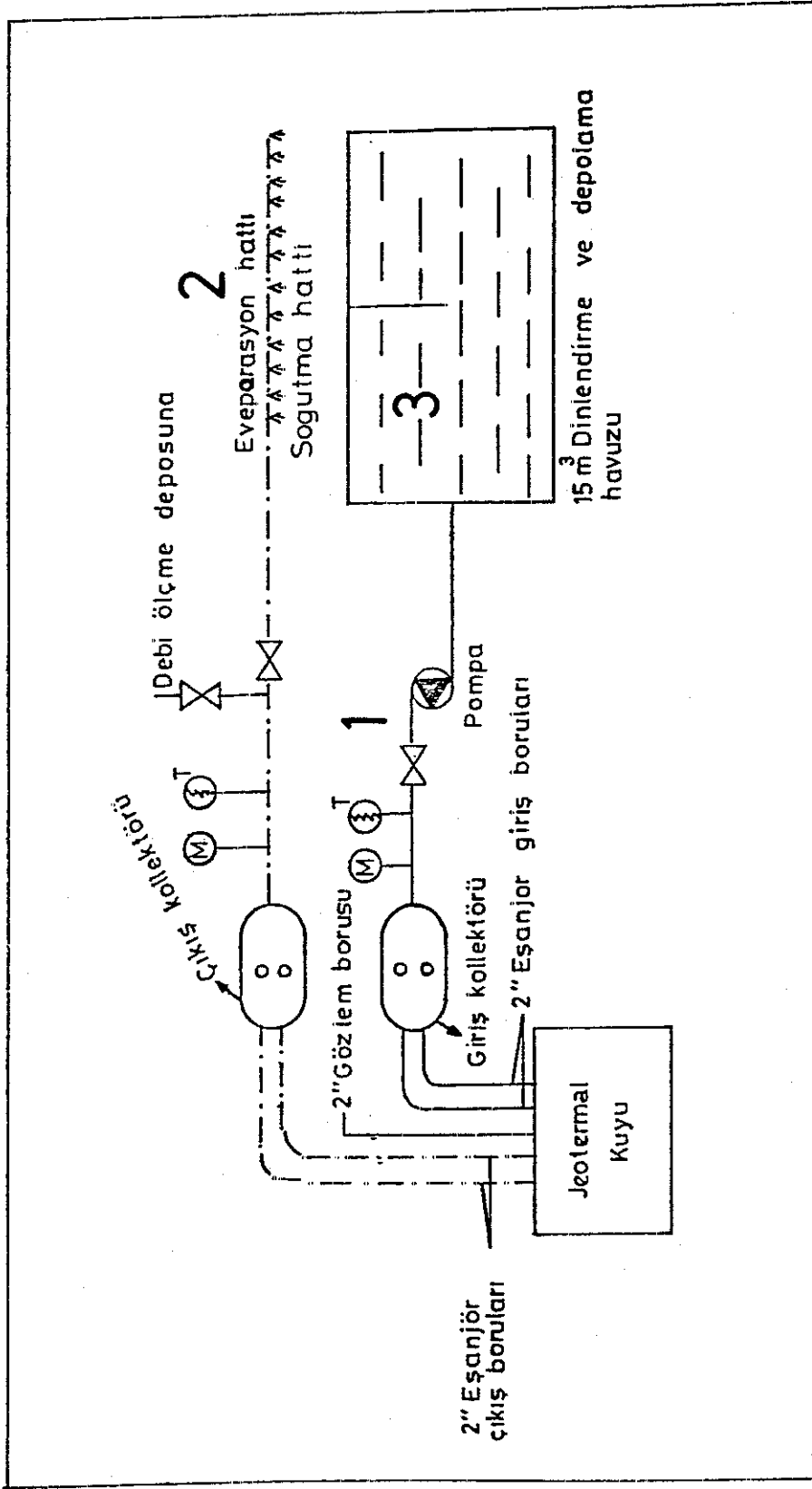


Foto-3 Isı üretim kuyularına indirilen " U " borularının hazırlanışı

eşanjör giriş sıcaklığı 50°C , çıkış sıcaklığı da 70°C alınarak yapılmıştır. Her kuyuda su giriş çıkış sıcaklık farkı sabit oluncaya kadar denemeler sürdürülmüştür. Kuyular arası girişimin olup olmadığının anlaşılması için deneylerin bir Kış boyunca sürdürülmesi gerekmiştir. Şekil-65 te görülen pilot test ünitesinde başlıca üç ana bölüm vardır. Bunlar;

- i - Sirkülasyon pompası, eşanjördeki temiz su dolaşımını sağlar.



Şekil:65 Pilot test ünitesi şeması

ii- Soğutma hattı, eşanjörden gelen ısınmış suyun buharlaştırma yolu ile soğutmaya yarayan delikli bir borudur.

iii-Dinlenme ve depolama havuzu.

Şekil-65 te verilen düzeneğe göre Balçova jeotermal alanında testler yapılmış ve Tablo-19 deki sonuçlar elde edilmiştir.

<u>Kuyu No</u>	<u>Loop Sayısı</u>	<u>Test Süresi(gün)</u>	<u>Çekilen Isı K.cal/h</u>
B - 1	2 x 100 m	30	980.000
B - 2	3 x 124.5 m	30	315.000
B - 3	3 x 137 m	30	225.000
B - 4	2 x 113.6 m	50	450.000
B - 5	2 x 106.5 m	50	650.000
B - 6	1 x 136 m	10	100.000
B - 7	2 x 107.3 m	15	600.000
B - 8	1 x 155 m	10	175.000
B - 9	4 x 44.5 m	15	910.000

Tablo-19 Balçova kaplıcaları ısı üretim kuyuları test sonuçları

- Kuyu İçi Eşanjörünün Çalışma Prensipleri:

Balçova jeotermal alanında kuyu içinde jeotermal akışkanın statik seviyesi ortalama 1-10 m arasında değişmektedir. Bu alanda jeotermal akışkan artezyen yapıdadığından, kuyu içinde akışkandan eşanjöre sürekli ısı geçişi doğal konveksiyon ile olmaktadır. İlk önce kuyu içinde durgun akışkanın ısı eşanjör vasıtasıyla temiz suya akar. Bu esnada kuyu yüzeyine yakın bölgelerde soğuyan akışkan yerçekiminin etkisiyle aşağıya doğru inerken haznedeki sıcak akışkan genleşme özelliğinden dolayı yukarı doğru çıkar. Sıcaksuyun bu hareketi kuyu teçhizi ile sağlanabildiği ölçüde kuyudan ısı üretimi yapılabilir.

X.4.3. Test Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar

i- Balçova jeotermal alanındaki bütün ısı üretim kuyuları I. sıcaklık zonunda(150 m derinlikte 100°C nin üzerinde sıcaklığı olan alan) açılmıştır.

ii- Bir kuyudan optimum ısı çekimi doğrudan kuyu teçhizine bağlıdır.

iii- Sahada açılan dokuz adet ısı üretim kuyusundaki testler esnasında 15, 30, 50, 70 metre uzaklıklardaki kuyularda kuyular arası etkileşim görülmemiştir. Bu durum jeotermal alana ne sıklıkta kuyu açabileceğimizi belirtmesi bakımından oldukça olumlu bir sonuçtur.

iv- Dokuz adet ısı üretim kuyusundan elde edilen toplam ısı enerjisi miktarı, eşanjör giriş suyu sıcaklığı 40°C olduğu zaman 4.405.000 Kcal/h tir.

v- Sahada çok derinlerde bulunan ısıl etkinlik, yüzeye faylar yolu ile taşınmaktadır. Fayların yüzeye taşıdığı enerji miktarı kesin olarak bilinmemektedir. Buna rağmen I. sıcaklık zonunda 100 m ara ile en az 50 adet kuyu açılabilir. Ancak sahanın şu anda göstermekte olduğu ısıl yenilenme yeteneğini, yeni kuyular açıldığında da gösterip gösteremeyeceğini bugünden söylemek mümkün değildir. Bu konudaki belirsizliğin azaltılması için ısı kuyularının sayısının artırılması ve yapılacak üretim testleri ile mümkün olacaktır.

vi- Eğer Balçova jeotermal sahasındaki ısıl yeteneğin bugünkü gibi devam etmesi durumunda, ve açılacak her bir kuyunun ortalama ısıl veriminin 400 Kcal/h olması durumunda (Şu an mevcut 9 kuyunun ortalama ısı verimi 488.000 Kcal/h) $50 \times 400.000 \text{ Kcal/h} = 20 \times 10^6 \text{ Kcal/h}$ ısı enerjisinin üretimi mümkün olabilecektir.

vii- Birinci zon'un yanı sıra II. ve III. zonlardan ısı çekimi yapılarak 150 m lik bu sığ haznenin verimi artırılabilir.

İkinci ve üçüncü sıcaklık zonlarından ayrı olarak sahada 300-500 m derinliklerde kuyuların açılması halinde elde edilecek ısı enerjisi miktarı % 50 oranında artabilecektir.

viii- $8^{5/8}$ " ile teçhiz edilen kuyulardaki verim, 14 " ile teçhiz edilen kuyulara göre daha yüksek verimli olmuştur. Balçova alanı için ideal teçhiz çapı $8^{5/8}$ inç olup, teçhiz çapı ile kuyu çapı arasında ($8^{5/8} / 12^{1/2}$) $7/10$ oranı vardır. Bu çap ve orandaki teçhiz planı Balçova için en uygun teçhiz planı olmuştur (İsmail Dokuz ile sözlü görüşme).

ix- Kuyularda statik su seviyesi ile kuyu başı arasında kalan boşluğun yanık yağ ile doldurulması, eşanjör ve muhafaza borularının korozyondan önlenmesi için yararlı olmuştur.

x- Her ısı üretim kuyusunun başı, üretim esnasında manometre ve termometrelerle donatılmalı ve test sonuçlarına uygun ısı üretimi yapılmalıdır.

xi- Eşanjör devresinde sirküle eden temiz suyun sertliği giderilerek eşanjör borularında oluşacak kirlenmeler önlenmelidir.

X.5. Balçova Jeotermal Sahasının Yaklaşık Isı Potansiyeli

Jeotermal enerji yer kabuğunun derinliklerindeki yüksek ısıdan kaynaklanan bir enerji türüdür. Bu enerji çoğunlukla sıcak su kaynakları şeklinde doğal olarak yeryüzüne ulaşabildiği gibi, bazen sondajlarla sıcak su ve buhar şeklinde üretilir.

MTA Genel Müdürlüğünün ülkemiz için yaptığı araştırmalara göre elektrik üretimine elverişli 4500 MW_e , doğrudan ısı enerjisi olarak kullanılacak 31.500 MW_t potansiyel belirlenmiştir.

Hazne sıcaklığı 150°C nin üzerinde olan jeotermal alanlardan elektrik üretimi şeklinde, sıcaklığı 150°-10°C arası olan kaynaklardan ısıtmacılıkta yararlanılır. Son yıllarda ısı pompaları yardımı ile suların ısısı, sıcaklıkları 5°C'a düşene kadar alınabilmektedir.

Ülkemiz jeotermal enerjiden elektrik üretimi, ısıtmacılık, karbondioksit üretimi ve kaplıca şeklinde yararlanmaktadır. Balçova kaplıcalarında, bina ısıtmacılığının yanı sıra jeotermal ısıtmalı kapalı ve açık yüzme havuzları ile fizik tedavi ünitesi inşa edilerek hizmete hazır hale getirilmiştir(Foto-4).

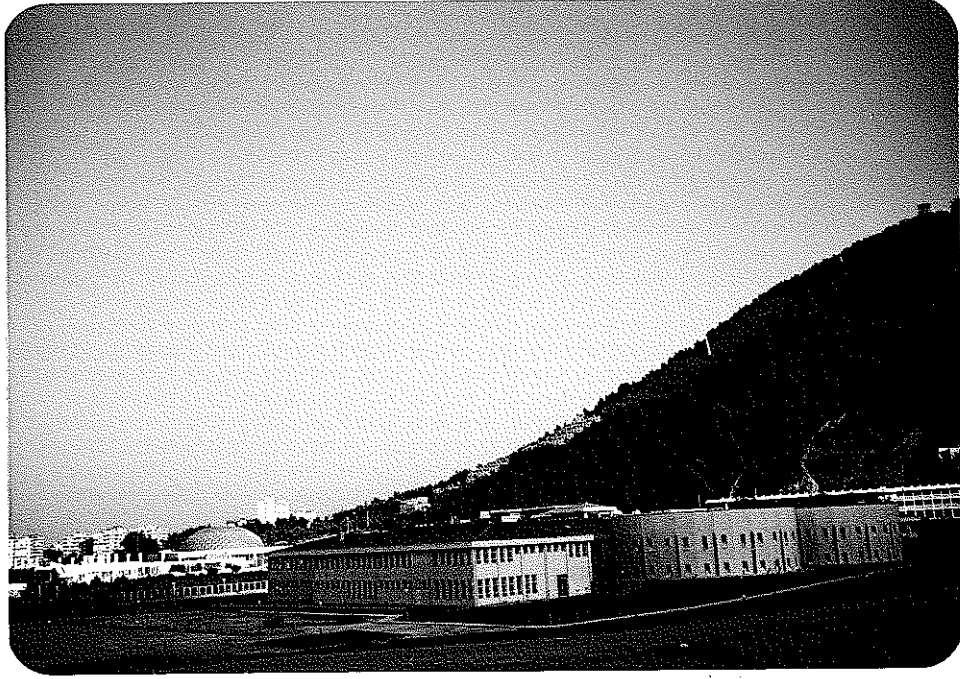


Foto-4 Balçova kaplıcalarındaki jeotermal ısıtmalı fizik tedavi ünitesi, yüzme havuzları ve diğer otel tesisleri

Balçova jeotermal sahasının ısı potansiyelinin yaklaşık olarak belirlenmesi yörede açılan ısı üretim sondajı ve testleri sayesinde olabilmektedir. Bunun için

jeotermal alanda açılan dokuz adet ısı üretim kuyusunun linyit ve fuel-oil cinsinden karşılıkları Tablo-20 de verilmiştir. Tablodan görüleceği gibi, kuyulardan toplam 4.405.000 Kcal/s ısı üretilebilmektedir (Bir kuyunun ortalama verimi 488.000 Kcal/s). Bu enerjinin günlük 12 saatten 5 ay kullanılması durumunda linyit karşılığı 1931.4 ton, fuel-oil karşılığı 828 ton dur.

Tüm Balçova jeotermal alanı ısı potansiyelinin saptanmasında şöyle bir yaklaşım yapılabilir. Ek-6 da görülen birinci sıcaklık zonuna, mevcut dokuz adet kuyu dahil 50 kuyu birbirlerini etkilemeyecek şekilde yerleştirilebilecektir. Herbir kuyunun ısı verimini 400.000 Kcal/s kabul edersek, $50 \times 400.000 \text{ Kcal/s} = 20 \times 10^6 \text{ Kcal/s}$ ısı çekilebilecektir. Yine 150 m derinlikli ikinci ve üçüncü sıcaklık zonları ile, tüm zonların 300 m-500 m derinliklerindeki haznedan yaklaşık % 50 ilave ısı katkısının sağlanması mümkün olacağından, tüm alandan $30 \times 10^6 \text{ Kcal/s}$ ısı enerjisi çekilebilecektir. Burada yapılan enerji hesaplamalarında kuyuya su giriş sıcaklığı 40°C, çıkış sıcaklığı 60°C olarak alınmıştır. Sahanın yaklaşık potansiyeli olarak görülen bu miktar ısı enerjisinin 7500 ton/yıl linyit ve 3125 ton/yıl fuel-oil'e eşdeğer olduğu hesaplanmıştır. Oysa $30 \times 10^6 \text{ Kcal/s}$ 'lik enerji jeotermalden karşılanacak olsa, yenilenebilir enerji olduğundan kaynak israfı olmayacağı gibi çevre kirliliği, taşıma, depolama vs. gibi sorunları da olmayacaktır. Bu tür uygulamalara bir an önce başlanmasında büyük yararlar vardır. Zaten ülkemizin bu yönde oluşturduğu belli bir hedefi de vardır (Tablo-21).

<u>Yıl</u>	<u>Konut adedi</u>	<u>Isı değeri (Bin TEP)</u>
1990	12500	20
1995	69200	110
2000	125000	200
2005	250000	400
2010	500000	800

Tablo-21 Jeotermal ısı enerjisi üretim hedefleri (Türkiye 4. Enerji Kongresi, İzmir-1986)

TEP, Ton Eşdeğer Petrol demektir.

Kuyu No	Isı Kapasitesi Kcal/h	Isı Kapasitesine eş linyit Kcal/h	Isı Kapasitesine eş Fuel-oil Kg/h	Yıllık Linyit tasarrufu (ton)	Tasarruf edilen linyit Tlx1000	Yıllık Fuel-oil tasarrufu (ton)	Tasarruf edilen fuel-oil Tlx1000
B - 1	980.000	245	103	441	35280	185.4	55620
B - 2	315.000	79	33	142.2	11376	59.4	17820
B - 3	225.000	56	23	100.8	8064	41.4	12420
B - 4	450000	113	47	203.4	16272	84.6	25380
B - 5	650000	163	68	239.4	19152	122.4	36720
B - 6	100000	25	10	45	3600	18	5400
B - 7	600000	150	63	270	21600	113.4	34020
B - 8	175000	44	18	79.2	6336	32.4	9720
B - 9	910000	228	95	410.4	32832	171	51300
	4.405.000	1103	459	1931.4	154512	826	248400

Tablo-20 Balçova kaplıcalarında açılan dokuz adet ısı üretim kuyusunun Linyit ve Fuel-oil eşdeğerleri

Kabuller; 1 Ton linyit=80.000 Tl, 1 Ton Fuel-oil=300.000 Tl, 1 Kg linyit=4000 Kcal/h,
1 Kg fuel-oil=9600 Kcal/h, Meskenlerde günlük ısıtma süresi=12 saat,
Yıllık ısıtma süresi= 5 ay = 150 gün olarak alınmıştır

SONUÇ VE ÖNERİLER

Balçova yöresinin hidrojeoloji ve jeokimyasal özelliklerini araştırmak amacı ile yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuç ve öneriler şöyle özetlenebilir.

i- Balçova jeotermal sahasının jeotermal modelini açıklamak için ilk etapta 160 km² lik bir alanın 1/25.000 ölçekli jeolojik haritası yapılarak sahaya ilişkin kesitler çıkarılmıştır.

ii- Jeolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre Balçova jeotermal kaynaklarının oluşumu modellenmiştir.

iii- Bu çalışmanın asıl amacı olan hidrojeoloji bölümünde, kayaların hidrojeolojik özellikleri ve suların kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Suların kimyasal özelliklerinden yararlanarak Balçova-Narlıdere ovasında değişik iyonlardan eş iyon ve iyon oranları çizilerek yorumlar getirilmiştir. Buna göre jeotermal kaynakların ve denizin yeraltı sularına olan etkileri irdelenmiştir.

iv- Sıcak sulara uygulanan jeotermometrelerden 200°C'a ulaşan hazne sıcaklıkları hesaplanarak, Balçova jeotermal alanının gelecekte derin sondajlarla araştırılması tavsiye edilmiştir.

v- Balçova jeotermal alanı ısı üretim kuyularındaki kırıntı numunelerinden X-Ray analizleri yaptırılarak kuyular arası hidrotermal alterasyon fasiyes dağılımları çıkarılmıştır.

vi- S-1 kuyusundan alınan su örneğinin izotop jeotermometresinden 196.6°C hazne sıcaklığı hesaplanmıştır.

vii- Yeriçi sıcaklık ölçümlerinden sığ jeotermal suların mevsimsel değışimlerden etkilendikleri ve bu etkilenmelerin nedenleri açıklanmıştır. Ayrıca 150 m derinlikli sığ hazne için sıcaklık zonları belirlenmiştir.

viii- Isı üretim ve gözlem kuyularından alınan jeofizik log ölçümlerinden örnekler verilerek yorumlar getirilmiştir.

ix- Balçova jeotermal alanında yapılan ısı üretim sondajlarının yapılma özellikleri, teçhiz planları ve eşanjör sistemleri hakkında detay bilgiler verilerek bu kuyularda yapılan test çalışmalarının sonuçları açıklanmıştır.

x- Bu çalışmayla birinci sıcaklık zonunda toplam 50 adet ısı üretim kuyusu açılabilceğı ve yaklaşık 20×10^6 Kcal/h ısı enerjisinin çekilebileceğı hesaplanmıştır.

xi- Balçova jeotermal alanında mevcut olan B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9 nolu kuyulardan toplam 4.400.000 Kcal/h ısı çekilmektedir. 1988 yılı sonu için 1 ton linyit=80.000 Tl ve 1 ton fuel-oil=300.000 Tl alınarak yapılan hesaplamadan (5 aylık bir ısıtma süresi için) yaklaşık 154.512.000 Tl linyit veya 248.400.000 Tl fuel-oil tasarrufu sağlanabilecektir.

xii- Jeotermal enerji bilindiğı gibi çevre sorunları en az olan enerji türüdür. Bu bakımdan tercih nedeni olmalı ve bu enerji mutlaka hayata geçirilmelidir.

xiii- Balçova jeotermal enerjisinden yararlanma daha ziyade konut ve ser ısıtması ile banliyoterapi ağırlıklı olmalıdır. Bu yönde kapasite artırımı için kuyu içi ve kuyu dışı eşanjör uygulamalarının yanı sıra jeotermal suyun kendisinden de faydalanılmalıdır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- AKARTUNA, M., 1962, İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla bölgesinin jeolojisi, MTA Dergisi 59, MTA Rap.No:2624
- AKDENİZ, N., ve diğerleri, 1986, İzmir Manisa dolaylarının jeolojisi, MTA Ege Bölge Müd.Kütüphanesi, No:Je/79
- ANGELIER, J., DUMONT, J.F., KARAMANDERESİ, İ.H., POISSON, A., ŞİMŞEK, Ş., ve UYSAL, Ş., 1981, Analyses of fault mechanisms and expansion of southwestern Anatolia since the late Miosene Tectonophisics, 75, T1-T9
- ARDEL, A., KURTER, A., DÖNMEZ, Y., 1969, Klimatoloji Tatbi-katı. İ.Ü. yayınlarından No:1123, Taş Matbası, İST.
- ARNİ, P., 1942, Anadolu ofiyolitlerinin yaşlarına mütedair malumat, MTA Dergisi 28, Sayfa:272-280
- ARNORSSON, S., 1975, Aplication of the silicia geothermo-meter in low temperaturu area in Iceland. Amer., J. sci, 275, pp. 763-784
- ATABEK, S., 1941, 31 Mart 1928 ve 22 Eylül 1939 senelerinde İzmirde vukubulan zelzeleler hakkında tetkikat MTA Rap. No:1249
- ATILA, A., FİLİZ, Ş., YILMAZER, S., 1981, Batı Anadolunun sıcaksu madensuyu ve kaplıcalarındaki bor dağılımı ile bor'un tarımsal uygulamadaki önemi MTA Ege Bölge Müdürlüğü kütüphanesi, J.E./31 İZMİR
- BARBIER, E., 1982, First Turkish İtalian seminar on geother-mal energy sept., 6-28, ODTÜ, ANKARA
- BAŞKAN, E., CANİK, B., 1983, Türkiye Sıcak ve Mineralli sular haritası. Ege Bölgesi, MTA yayınları No:189 ANKARA
- BİRD, D.K., ELDERS, W.A., Hydrothermal alteration and mass transfer in the discharge portion of the dunes geothermal system, İmperial valley of California, USA
- BRAWNE, P.R.L., 1978, Hydrothermal alteration in active geothermal fields. Ann. Rev. Earth planet Sci. vol.6 p. 228-250
- BRİNKMANN, R., 1966, Geotektonische gliederung von West Anatolien, N. 76. Geol.Mh., 603-618
- CANİK, B., 1986, Bodrum yarımadasının doğu yarısında karst şekillerinin oluşumu ve yeraltı suyundan yararlanma imkanları, D.S.İ. Jeoteknik Seminer, Cevizli-İST.

- CANIK, B., 1988, Bozdağ-Yapalı-Toprakkale dolayındaki (Cihanbeyli) Sıcak ve mineralli sular ve oluşukları I. Ulusal Hidrojeoloji Simpozyumu-ANKARA
- CHAPUT, E., HAKKI, I., 1930, Recherches sur la structure de la region de Smyrna, İst. Darülf. coğ. Enst. Neş. S II. İSTANBUL
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1950, Türkiye maden suları ve kaplıcaları MTA. Ser. B. No:11 ANKARA
- DOMINCO, E., 1970, Agamemnon-Seferihisar-Urla-Çeşme sahasının hidrojeokimyasal araştırılması, MTA Rap.No:4725
- DORA, Ö., 1964, Geologi sche-logasstat siche untersuchen in Yamanlar gebirges MTA Rap.No:116
- DRAHOR, M.G., 1983, Doğal Uçlaşma yöntemi ve İzmir-Agamemnon sıcak alanında doğal uçlaşma çalışmaları (Diploma çalışması), Dokuz Eylül Ün.v.M.M.F. Jeofizik Müh. bölümü. İZMİR
- DUMONT, J.F., UYSAL, Ş., ŞİMŞEK, Ş., KARAMANDERESİ, İ.H., LETOUZEY, J., 1979, Güneybatı Anadoludaki grabenlerin oluşumu MTA Dergisi-92 ANKARA
- EKİNGEN, A., 1970, İzmir-Urla-Seferihisar gravite etüdü MTA Rap. No:4312 ANKARA
- ELDERS, W.A., HOAGLAND, J.R., Mc DOWEL, S.D., and COBO, J. M., 1979, Hydrothermal mineral zones in the geothermal reservoir of cerro prieto. Geological society of Amer. 92'nd Anuel meeting fieldtrip No:7 pp.36-43
- ELLIS, A.J., MAHON, W.A.J., 1977, Chemistry and Geothermal systems. Academic pres New York, San Francis.London
- ENGİN, O., 1965, Cumaovası (İZMİR) civarındaki linyit ihtiva eden sahanın jeolojisi hakkında rapor, MTA Rap.No: 3765 ANKARA
- ERCAN, A., DRAHOR, M., ATASOY, E., YILMAZER, S., 1981, İzmir Balçova sıcaksu alanında kazan yeri belirlemele- rinde doğal uçlaşma çalışmaları, 37. TJK Bildiri özetleri, s. 170 ANKARA
- ERCAN, A., 1982, Doğal Uçlaşma yöntemi, İTÜ Maden Fak. Jeofizik Müh. Yayınları ANKARA
- ERCAN, T., 1982, Batı Anadolunun genç tektoniği ve volkanizması paneli, TJK Kurultayı ANKARA
- ERENTÖZ, C., TERNEK, Z., 1968, Türkiye termomineral kaynakları ve jeotermik enerji etüdüleri. MTA Derg.s.7, ANK.
- ERGUVANLI, A.K., 1969, Mühendislik jeolojisi, İTÜ yayını No:767 Teknik Üniversite matbası, İSTANBUL

- EŞDER, T., ŞİMŞEK, Ş., 1975, İzmir Seferihisar alanı Çubukludağ grabeni ile dolayının jeolojisi ve jeotermal olanakları, MTA Rap. No:5842 ANKARA
- EŞDER, T., YILMAZER, S., ŞİMŞEK, Ş., 1981, İzmir Seferihisar jeotermal alanında yerici sıcaklık ölçümü çalışmaları. MTA Petrol ve Jeotermal Enerji D. arşivi 14 a-14 b ANKARA
- EŞDER, T., YILMAZER, S., AKKUŞ, İ., 1983, Cumalı-I kuyusu kuyu bitirme raporu (Seferihisar), MTA Ener.D. ANK.
- FİLİZ, Ş., Hidrojeolojide izotopların uygulanışı, Yüksek lisans ders notu. DEÜMMF, Jeo.Müh.Bl. İZMİR
- FİLİZ, Ş., 1984, Investigation of the important geothermal area by using C,H,O, isotopes. United Nation Economic commission for Europe seminar of geothermal Florence-ITALY
- FOURNIER, R.O., and ROWE, J.J., 1966, Estimation of underground temperatures from the silica content of water from hot spring and wet-steam wells. Am. Jour. sci., v. 264, p.685-697
- FOURNIER, R.O., and TRUESDELL, A.H., 1972, An empirical Na-K-Ca geothermometry for natural waters. U.S. Geological survey Menlo Park California-USA
- FOURNIER, R.O., 1973, Silica in thermal waters. Laboratory and field investigation (proc. in symp. on hydrogeochemistry and Biogeochemistry, Japan, 1970), 1, J.W. Clarke, Washington. D.S.122-139
- FOURNIER, R.O., TRUESDELL, A.H., 1974, " Geochemical indicators of subsurface and fraction of hot water mixed with cold water" journal research U.S., Geol. survey, vol.2, No:3
- FOURNIER, R.O., 1977, Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. Geothermics, vol. 5, pp.41-50 Pergamon press, 1977. printed in Great Britain
- GEVREK, A.İ., 1978, Clay mineralogy and sedimentary petrography of lower to middle Paleozoic rocks from a single core from Northwest Georgia. Master tezi, Georgia Inst.of Technology USA
- GEVREK, A.İ., 1981, Kil minerallerinin petrol aramalarındaki önemi ve yeri. Petrol ve Jeotermal Enerji Dairesi çevrileri No:17 ANKARA
- GEVREK, A.İ., ŞENER, M., 1985, II. Ulusal kil simpozyumu Çanakkale tuzla sahasında gözlenen hidrotermal alterasyon zonlarının kil mineralleri ile belirlenmesi. Hacettepe Üniv. Beytepe-ANKARA

- GEVREK, A.İ., ŞENER, M., ERCAN, T., 1986, Çanakkale tuzla jeotermal alanının hidrotermal alterasyon etüdü ve volkanik kayaçların petrolojisi. MTA Dergisi No:103/104, s.55-81
- GÜMÜŞ, H., 1979, Güzelbahçe-Payamlı-Çatalkaya (İZMİR) yöresinin jeolojisi (Doktora tezi) E.Ü.Y.B.F. Genel jeoloji bölümü Bornova-İZMİR
- HENLEY, R.W., TRUESDELL, A.H., ve diğerleri, 1984, Fluid - Mineral equilibria in hidrothermal systems. Reviews in economic geology vol.1 University of Texas at El paso, USA
- İZDAR, E., 1975, Batı Anadolu'nun jeotektonik gelişimi ve Ege denizi çevresine ait üniteleri ile karşılaştırılması. E.Ü.M.F. Yayın No:8 İZMİR
- İZDAR, E., ŞAHİNCİ, A., ERANIL, Y., 1984, İzmir yöresi jeolojik yapısının kentleşme ve yerleşimdeki önemi. D.E.Ü.M.M.F. Jeoloji Müh. Bölümü İZMİR
- KAPPELMAYER, O., and HASNEL, R., 1974, Geothermic with special reference to geoeexploration monographs. No:4, Gebrüder Borntraeger.
- KARAMANDERESİ, İ.H., 1986 UNU Geothermal training programme. National energy Authority Grensasvegur 9, 108 Reykjavik, ICELAND
- KAYA, O., 1972, Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri T.J.K. Bülteni Cilt-15, Sayı-1 ANKARA
- KAYA, O., 1979, Ortadoğu Ege çöküntüsünün Neojen stratigrafisi ve tekniği, TJK. Bülteni cilt.22, sayı:2 ANKARA
- KETİN, İ., CANİTEZ, N., 1972, Yapısal jeoloji, İTÜ. matbası Gümüşsuyu İSTANBUL
- KOGA, A., 1974, Hydrothermal geochemistry I. institue of balneotherapeutics. Kuyushu Unuversyty JAPON
- KOGA, A., 1986, Hydrothermal Geochemistry, Textbook of the 17 th international Group Training course in Geothermal Energy Held at Kyushu Univ. JAPAN.
- KONUK, T., 1977, Bornova flişinin yaşı hakkında. Ege Üniv. Fen.Fak.Dergisi seri-B, 1-1, 65-74
- KUBLER, B., 1964, Les argiles, indicateurs de metamorphisme Rev. Inst., Franc. Petrole, 19, 1093-1112
- McDOWEL, S.D., ELDERS, W.A., 1980, Authigenic layer silicate minerals in borohole Elmore I contrib mineral. Petrol vol.74

- MİZUTANI, S., Texbook of JICA group treeining course in geothermal energy held at. Kyushu Univ. JAPAN
- MÜLLER, H., GERHARD, 1955, İzmir vilayetindeki termal kaynaklar. MTA Rap.No:2219
- ÖLMEZ, E., 1983, Balçova kaplıcaları korunma alanları etüdü MTA Derleme No:7329
- ÖNGÜR, T., 1972, İzmir Urla jeotermal araştırma sahasına ilişkin jeolojik rapor. MTA Dergisi. 4835 ANKARA
- ÖZGENÇ, İ., 1978, Cumaovası (İzmir) asit volkanitlerinde saptanan iki ekstrüzyon aşaması arasındaki göreceli yaş ilişkisi TJK Bülteni 21,1,31-34 ANKARA
- PAMİR, H.N., ERENTÖZ, C., 1973, 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası (İzmir) MTA yayınları ANKARA
- PEREJAS, Ed., 1940, Le flysch Cretace des environs de Smyrne pup. Inst. geol. Univ. No:6 İSTANBUL
- PHILLIPSON, A., 1911, Reisen und forsch und forschungen im westlichen kleinasien. Milt. Erg. H., 172
- PINAR, N., 1948, Ege Bölgesinin tektoniği sıcaksu ve maden suyu kaynakları I.Ü.F.F. monografileri, sayı.12
- SCHOELLER, H., 1973, Yeraltısuları, çeviri Kazım Karacadağ Dizerkonca matbası, İSTANBUL
- SERRUYA, S., 1962, Agamemnun ılıcaları, MTA Rap.No:3206 ANK.
- ŞAHİNCİ, A., 1972, Buharlaştırma terleme ve zemin nem rezervi. Ege Üniv. Fen Fak. İlmi raporlar serisi No:127 İZMİR
- ŞAHİNCİ, A., 1981, Çeşme yöresindeki kaplıcaların hidrojeoloji jeokimyasal özellikleri ve soğuk sularla ilişkileri Ege Üniv. Yer Bil.Fak.Müh.Jeo.Bl. (Prof.Tezi)İZM.
- ŞAHİNCİ, A., 1986, Yeraltısuları jeokimyası. Dokuz Eylül Üniversitesi M.M.Fak. Bornova-İZMİR
- ŞAHİNCİ, A., 1986, Genel hidrojeoloji. Dokuz Eylül Üniv. M.M.F. Geo.Müh.Böl. Bornova-İZMİR
- ŞAHİNCİ, A., 1987, Jeotermal sistemler ve jeokimyasal özellikleri. D.E.Ü.M.M.F. Geo.Müh.Böl. İZMİR
- ŞAMİLGİL, E., 1964, İzmir-Agamemnon kaplıcası bölgesinde sıcaksu sondajları ve hidrojeolojik neticeler hakkında rapor. MTA Rap.No:3324 ANKARA
- ŞAMİLGİL, E., 1971, Hidrojeosiminin jeotermal enerji araştırmasındaki rolü. Türkiye I. Jeotermal enerji simpozyumu. MTA yayını, ANKARA

- ŞAMİLGİL, E., 1984, Balçova kaplıcaları ve Türkiyenin ilk jeotermal sondajları. I. Ulusal balneoloji simpoz-yumu İ.Ü. Tıp Fak. Tıbbi ekoloji ve hidroklimatolo-ji ana bilim dalı ve Türk hidroklimatoloji derneği, İSTANBUL
- ŞENGÖR, A.M.C., 1980, Türkiyenin neotektoniğinin esasları TJK konferansları ANKARA
- ŞENGÖR, A.M.C., 1982, Batı Anadolunun genç tektoniği ve volkanizması, Ege'nin neotektonik evrimini yöneten etkenler. TJK kurultayı paneli. ANKARA
- TEZCAN, K., 1963, İzmir (Agamemnon) rezistivite etüdü. MTA Rap No:3214 ANKARA
- THORNTHWAITE, C., W., 1948 An approach toward orantional of deep temperatures in geothermal systems from the chemistry of boiling spring waters of mixed origin (proc.U.N. symp.on the development and use of geothermal resours) Sanfrancisko. vol. 1.pp,837-844
- TRUESDEL, A.H., and FOURNIER, R.O., 1977, Prosedure for esti-mating the temperature of a hot water component in mixed water by using a plot of disolved silica versus enthalpy. Jour. Res. U.S. Geol. Survey, vol.5, No:1, pp.49-52
- TÜRKİYE 4. Enerji kongresi, 1986, Enerji istatistikleri İZMİR
- TÜRKİYE I. Jeotermal enerji simpozyumu, 1971, tebliğleri ANKARA
- ÜLKER, İ., 1980, Türkiyenin kaplıca olanakları ve radyoak-tif maden suları. TMMOB Jeoloji mühendisleri odası (ayrı basım), ANKARA
- ÜRĞÜN, S., 1970, İzmir vilayeti Seferihisar kazası civarı-nın hidrojeolojik ve jeotermik etüdü hakkında rapor. MTA Rapor No: 4344 ANKARA
- ÜSTÜN, N., 1982, Ilıca Narlıdere yöresi yeraltı yerüstü su ilişkileri ve termal suların dağılımı. Jeoloji Müh-endisliği bitirme projesi BORNOVA-İZMİR
- YAĞMURLU, F., 1980, Bornova (İzmir) güneyi fliş topluluk - larının jeolojisi TJK bülteni (141-152) ANKARA
- YENAL, O., ve diğerleri, 1975, Türkiye maden suları. İ.Ü. Tıp fak. Hidroklimatoloji kürsüsü İSTANBUL
- YENİÇ, N., 1982, İnciraltı-Balçova (Agamemnon) yöresi yer-altı yerüstü su ilişkileri ve termal suların dağı-lımı. Jeoloji mühendisliği bitirme projesi Bornova-İZMİR

- WEAVER, C.E., 1960, Possible uses of clay minerals in search for oil. A.A.P.G., 1505-1518
- YILMAZ, H., 1987, Kil mineralleri (2. Baskı), Dokuz Eylül Üniversitesi M.M.Fk. Jeoloji Müh.Böl. Bornova-İZMİR
- YILMAZER, S., GÜMÜŞ, H., ŞİMŞEK, Ş., 1977, İzmir Agamemnon sahasının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları MTA Rap. No:6133 ANKARA
- YILMAZER, S., 1978, Jeotermal enerji araştırmalarında jeotermometrelerin pratik uygulanışı, MTA Ege Bölge Müdürlüğü kütüphanesi, 641/0405 İZMİR
- YILMAZER, S., 1981, Balçova kaplıcalarının termal kapasitesi ve bunlardan yararlanma. MTA Ege Bölge Müdürlüğü kütüphanesi. JE/8 İZMİR
- YILMAZER, S., 1981, Balçova (Agamemnon) jeotermal alanındaki termal enerji kaynağının nitelikleri ve kullanımını üzerine düşünceler. MTA Ege Böl. Müd. kütüphanesi JE/36 İZMİR
- YILMAZER, S., 1981, Balçova (Agamemnon) kaplıcaları civarının jeolojisi ve bina inşaatı için temel yeri seçimi. MTA Ege Böl.Müd. kütüphanesi. JE/7 İZMİR
- YILMAZER, S., 1984, Ege bölgesindeki bazı sıcaksu kaynaklarının hidrojeoloji ve jeokimyasal incelemeleri (Yüksek lisans tezi) D.E.Ü.F.B. Enstitüsü. Bornova-İZMİR

EK-3

PALEONTOLOJİK VE PETROGRAFIK TAYİNLER

a- Paleontolojik Tayinler

Paleontolojik tayinler MTA Genel Müdürlüğünde Sayın Ayşe Ayaroğlu tarafından yapılmıştır. MTA Rapor No: A.A.75/18, kaya numuneleri İzmir L18-a₄ ve Urla L17-b₃ paftalarından alınmıştır.

Numune No: S-1

Fauna, Rotalidae
Gastropoda
Merca
Alg
Yaş verilemez

Numune No: S-2

Fauna, Cuncolina sp.
Miliolidae
Ophtalmididae
Textulariidae
Yaş, Senomanien-Santonien

Numune No: S-3, S-5

Yaş verilebilecek karakteristik foraminifera yok.

Numune No: S-7

Fauna, Rudist kesitleri
Foraminifera görülemedi
Yaş, Üst Kretase

Numune No: S-8

Fauna, Ceskinolinella sp.
Dicyclina sp.?
Orbitolinidae
Ophtalmidiidae
Miliolidae
Textulariidae
Rudist kesiti

Yaş, muhtemelen Senomanien-Turonien

Numune No: S-10

Fauna, Gastropoda sp.
Ostracoda
Yaş, verilemez

b- Petrografik tayinler

Bu tayinler MTA Genel Müdürlüğünde Dr. A. Kraéff tarafından yapılmıştır. MTA Rapor No:8614

Numune No: 305, Filimezari gediği güneyi,

Riyolit; Porfiritik tekstür geçirmiş ve çok kuvvetli serisitleşmiştir. Kuvars fenokristalleri yalnız kuvars ve serisitlerin içindedir.

Numune No: S-6 Seydiköy güneybatısından alınmıştır.

Az kloritlemiş albit izleri diyabaz tekstür yaratır. Ojitler kloritler ve aksesuar lökosen ve opak mineraller bulunur. Albitdiyabaz.

Numune No: S-9 Bazalt, Seydiköy SW'sından alındı.

Yarı kristalli porfiritik tekstür ojit ve tam serisitleşmiş fenokristalleri camsı plajioloklas kristalleri hamurundandır. Aksesuar opak mineraller kalsit ve klorit dolgululu boşluklar ihtiva eder.

Numune No: H-1 Breş, Tekke dağı(Filimezari gediği)

Uralit-Albit diyabaz, Ojit-Albit diyabaz, Ojit, Albit, Epidot parçalarından oluşmuştur.

Numune No: H-2 Ojit-Gabro, Tekke dağı(Filimezari gediği)

Holokristalen gabro tekstürü gösterir. Gabro serisitleşmiş az kalsitleşmiş, plajioklaslardan ojitler ve kloritlerden ibaret, aksesuvar olarak mineraller var.Bölgesel breşleşme.

Numune No: H-3 Ojit-Albit-Gabro, Tekke dağı

Holokristalen gabro tekstürü . Az sosüritleşmiş albitler, ojitler ve klorit psödomorflardan oluşmuş, aksesuvar olarak opak mineraller var. Epidot kalsit damarları ile kesilmiştir.

Numune No: H-4 Amfibolit, İzmir Kavacık köyü, Radar

kavşağı. Albitten ve (az garnitleşme gösterir) hornblendlerden müteşekkil. Zoisit damarları ile kesilmiş yeşil şist fasiyesinden.

Numune No:7, Karabelen tepe kuzeyi, Aktinolit şist.

Şisti tekstür, şist aktinolitlerden oluşmuş, az miktarda kuvars ihtiva eder. Aksesuvar olarak epidot ve lökksen klinozoisit damarları ile kesilmiştir.

Numune No: 6, Karabelen tepe güneyi, Tektonik ile

breşleşmiş albit tonalit. Kuvars(dalgalı yanıp sönme gösteren) az serisitleşmiş albit ve porfiroklaslar var. Bunlar kataklastik kırılmış kuvars ve albit matriksi içerisinde.

Numune No: Karabelen tepe, Tektonik breşleşmiş albit

granodiyorit. Albit granodiyorit taneciklerinden oluşmuş kuvars albit az pertitik ortaklas, aksesuvar olarak epidot ve klorit var. Bunlar daha ince taneli kuvars albit ve ortaklas kataklasları içinde matriks olarak bulunur.

Numune No: K-1 Kuvars Titaronit (Tayin Dr.H.Gümüş)

Kayayı oluşturan taneler, kuvars mika ve opak mineral kırıntılarıdır. Taneler arası kalsit ve kil ile doldurulup birbirine tutturulmuştur. Taneler genellikle orta boyutta ve köşelidir. Boylanma kötüdür. Örnekte laminalanma gözlenmektedir. Örnekteki kahverenklik depolanma alanının ortam özelliklerinden dolayı olabilir.

Numune No: K-2 Litarenit (Tayin Dr.H.Gümüş)

Kayayı oluşturan taneler kuvars, mika ve opak mineral kırıntılıdır. Taneler arası kil ile doldurulmuştur. Taneler orta derecede yuvarlaklaşmış ve küçük boyuttadır. Boylanma kötü olup, katmanlanmayı kesen ve paralel olan kalsit dolgulu eklemler bulunmaktadır. Kesitteki yersel kahverenklik demir oksitli sıvıların çatlaklar boyunca geldiği öngörülebilir. K-1 içinde aynı görüş geçerlidir.

Numune No: B-4A, İnce taneli mika-kuvars şist

(Biyotit, klorit, muskovit, serisit, kuvars şist),

Tayin Gönül KAYA tarafından yapıldı. Örnek, çoğunluğu kuvars kristallerinden oluşmuş feldspat (plajioloklas) muskovit-serisit, biyotit, klorit mineralleri içeren alçak derecede metamorfizmaya uğramış bir kayadır. Kuvarslar mega, poli ve mikrokristalin taneler halinde görülmekte, ayrıca metamorfik kaya kırıntıları da bulunmaktadır. Bu veriler kayanın başlangıçta bir kumtaşı, grovak (Folk'a göre litarenit) olduğu daha sonra yeşil şist fasiyesinin en alçak derecelerinde metamorfizmaya uğradığını gösterir. Metamorfizma çok alçak derecede olduğu için belli bir yönlenme görülmekle beraber ilksel kaya özellikleri hissedilebiliniyor.

İrili ufaklı kuvars kristallerini belli bir dizilimdeki ince ve küçük lameller halinde biyotit, muskovit, klorit ve serisitler ardışıklı izlenmektedir.

Genel olarak örnekte, kilden kaynaklandığı sanılan bir kirlilik görülmektedir. Opak taneler özşekilsiz biyotitlerin etrafında hatta ince çizgiler şeklinde dilinimler üzerinde açığa çıkmış şekilde bulunmaktadır.

Numune No: B-4B, İnce taneli mika-kuvars şist

Bu numune de B-4A gibi Balçova B-4 kuyusu karotlarından alınmıştır. Tayini yapan Gönül Kaya Mineral içeriği olarak 4-A nolu örnekle aynı özellikleri göstermekle birlikte kristal boyutları daha küçük ve birbirleriyle benzerlik göstermektedir.

Çoğunluğunu kuvarşın oluşturduğu örnekte kuvarşlar arasında çok ince lamelcikler şeklindeki mikalar(biyotit, klorit, muskovit, serisit) belli bir yönde dizilim göstermektedir. Bir önceki örnekten yapraklanma daha iyi gelişmiş (metamorfizma etkisi biraz daha fazla) ve kirlilik daha az görülmektedir.

Numune No: A Litarenit-Metakumtaşı (Tayin G.KAYA)

Numune Balçova kaynağı 150 m güneyi sol sahilden alındı. Örnek çoğunluğunu kuvarş ve litik malzemenin oluşturduğu hafif derecede yönlenme kazanmış kırıntılı bir tortul kayadır. İçerisinde kuvarş(mega, poli, mikrokristalin) feldspat, fillosilikatlar(muskovit-serisit, biyotit, klorit) ve karbonat parçaları tane olarak görülmektedir. Bunların küçük kırıntıları ara dolguyu oluşturmaktadır. Dokusal olgunluk zayıftır. Tanelerin uzadığı dizilim kazandığı yönde ve birbirine paralel inceli kalınlı damarlar şeklinde ve yaygın bir opaklaşma gelişmiştir. Ayrıca özşekilsiz tane olanlar vardır. Fillosilikatlar genellikle ince lamelli olarak görülmektedir. Aksesuar minerallerden sadece turmalinler bulunmaktadır.

Numune No: B Meta Kumtaşı-Meta Litarenit(Tayin,

G.KAYA, Balçova ilıca kaynağı 150 m güneyi sol sahil) Örnek kuvarş(mega, poli, mikrokristalin), feldspat(plajioklas) ve fillosilikat(muskovit-serisit, biyotit, klorit) kristalleri ile bunların kırıntılarından oluşan bir ara dolguyla bağlanmış, hafif derecede metamorfizmadan etkilenmiş bir meta kumtaşıdır.

Kristallerin uzadığı yönde süreksiz, genelde çizgisel yapılar şeklinde opaklaşmalar izlenmektedir. Hafif yönlenmeye dik yönde gelişen çatlaklar ikincil silis dolguludur.

Örnekte hidrotermal alterasyon sonucu mikrokristalin kuvarslar daha yaygın hale gelmiştir. Feldspatlarda serisitleşme ve kaolinleşme ile ince mika lamellerinde bükülmeler görülmektedir. Örnek içerisinde çizgisel opaklaşmanın yanı sıra yarı özşekilli ve özşekilsiz opak minerallerde bulunmaktadır.

Numune No: C, Mermer(Tayini yapan G.KAYA)

Numune Balçova kaynağı 150 m güneyi sol sahilden, Örnek orta ve iri boyutlu karbonat kristallerinin belli bir yönlenme kazandığı düşük derecede metamorfizma etkisinde kalmış bir kayadır.

Yönlenmeye paralel şekilde çizgisel opaklaşmaların yanı sıra yönlenmeye dik şekilde gelişmiş çatlaklarda da opak yerleşimi gelişmiştir. Opaklaşma diyajenez sırasında mı, yoksa daha sonra mı olmuştur bilinmiyor. Belli yerlerde yoğunlaşmış tané olarak görülen opaklarda ayrıca bulunmaktadır.

Örnek içerisinde serpilmiş durumdaki irili ufaklı kuvarsların ikincil oluşumlu olduğu düşünülmektedir. Ayrıca az miktarda biyotit, muskovit ve klorit kristalleri ince lameller şeklinde az miktarda bulunmaktadır.

Balçova da yapılan B-9 nolu sondajdan alınan beş adet kaya örneğinin petrografik tayini. Tayinler G. Kaya, A. Dora, N. Helvacı tarafından MTA Ege Bölge Müdürlüğünde yapılmıştır.

B-9, 1 Altere asidik volkanik kaya;

Örnek porfiritik doku gösteren feldspat ve kuvars fenokristalleri içeren, çok fazla altere olmuş volkanik bir kayadır. Alterasyon ürünü kaolinleşme hamurda çok bariz bir kirlenme sergilemektedir. Fenokristaller genelde K-feldspat olup, kuvarslar azdır. Çok bol özşekilsiz opak mineraller ile eser miktarda apatit de görülmektedir.

B-9, 2 Nötr volkanik kayac;

Örnek porfirik doku gösteren piroksen ve andezin cinsi plajiklas fenokristalleriyle volkanik kaya kırıntıları içeren volkanik bir kayacdır. Hamur tüm kristalli olup plajiklas mikrolitlerinden oluşmuştur. İçinde iğnemsî kristaller halinde amfibol (aktinolit) ler dağılmıştır. Kayaca sonradan giren suyun reaksiyonuna bağılı olarak hamurdaki kristaller arası sınırlar girik durumdadır. Ayrıca örnekte ikincil silis ve karbonat dolgulu çatlaklar görölmektedir.

B-9, 3 Asit volkanik kayac;

Örnek akma yapısı gösteren porfirik dokulu ufak feldspat ve kuvars fenokristalleri içeren çok ince taneli volkanik kayacdır. Hamuru silis, serisit ve ince muskovit pulcuklarından oluşmuştur. Serisit pullarında görölen hafif bir yönlenme diyajenez, ankimetamorfizma etkisi nedeniyledir.

B-9, 4 Metakumtaşı-Sleytimsi kumtaşı;

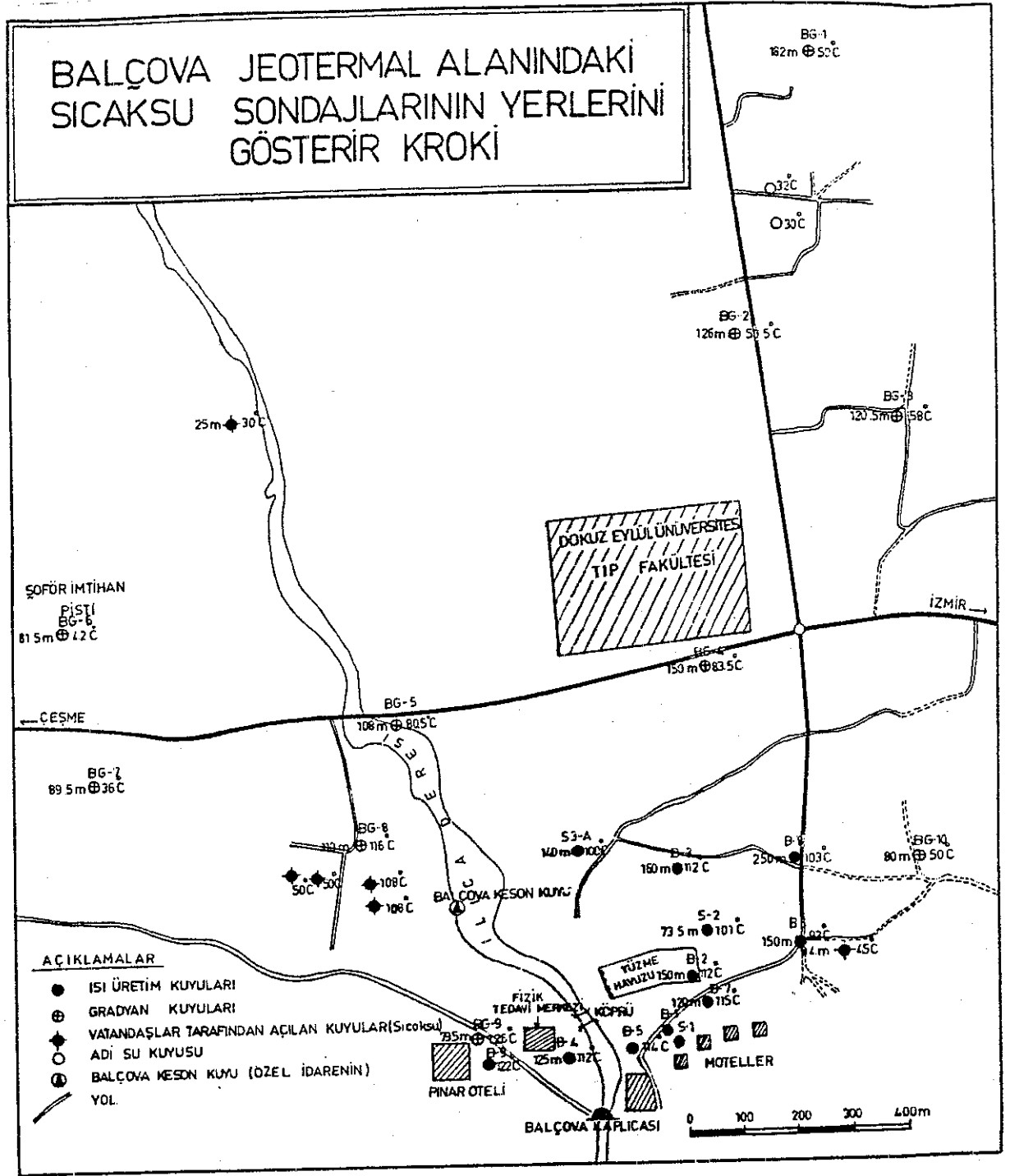
Örnek sleyt gibi ayrılma özelliğı gösteren, ara madde içeren dokusal olgunluğu orta olan kırıntılı bir tortul kayacdır. Taneler içinde egemen olan kuvarslar mega, poli kristalin ve mikrokristalin halindedirler. Feldspatlar genelde bozulmuş silis açığına çıkmıştır. Fillit parçaları (metamorfik kaya kırıntıları) mika parçaları oluşturmuştur. Ayrıca kilden kaynaklanan bir kirlenme de görölmektedir. Ankimetamorfizma etkisi ile mikalarda bir dizilim ve örnekte yarılma özelliğı gözlenmektedir.

B-9, 5 Sublitarenit;

Örnek kuvarsın egemen olduğı litik malzeme ve feldspatın az olduğı ara madde içeren tane destekli dokusal olgunluğu orta olan kırıntılı tortul kayacdır. Kuvarslar mega, polikristalin ve mikrokristalin halindedirler.

Feldspatlar ayrışma geçirmiş, silis açığa çıkmıştır. Mika lamelleri genelde serisitlerdir. Az miktardaki opak mineraller özsekilsizdirler. Adlandırma Folk'un (1968) sınıflandırmasına göre yapılmıştır.

EK-4



Balçova jaotermal alanında açılan gradyan ve ısı üretim sondajlarının yerlerini gösterir kroki

EK-5

İZOTOP ANALİZLERİ

İzotop analizi örnekleri S-1 sondaj kuyusundan ve Balçova barajından gelen soğuksu çeşmesinden alınmıştır.

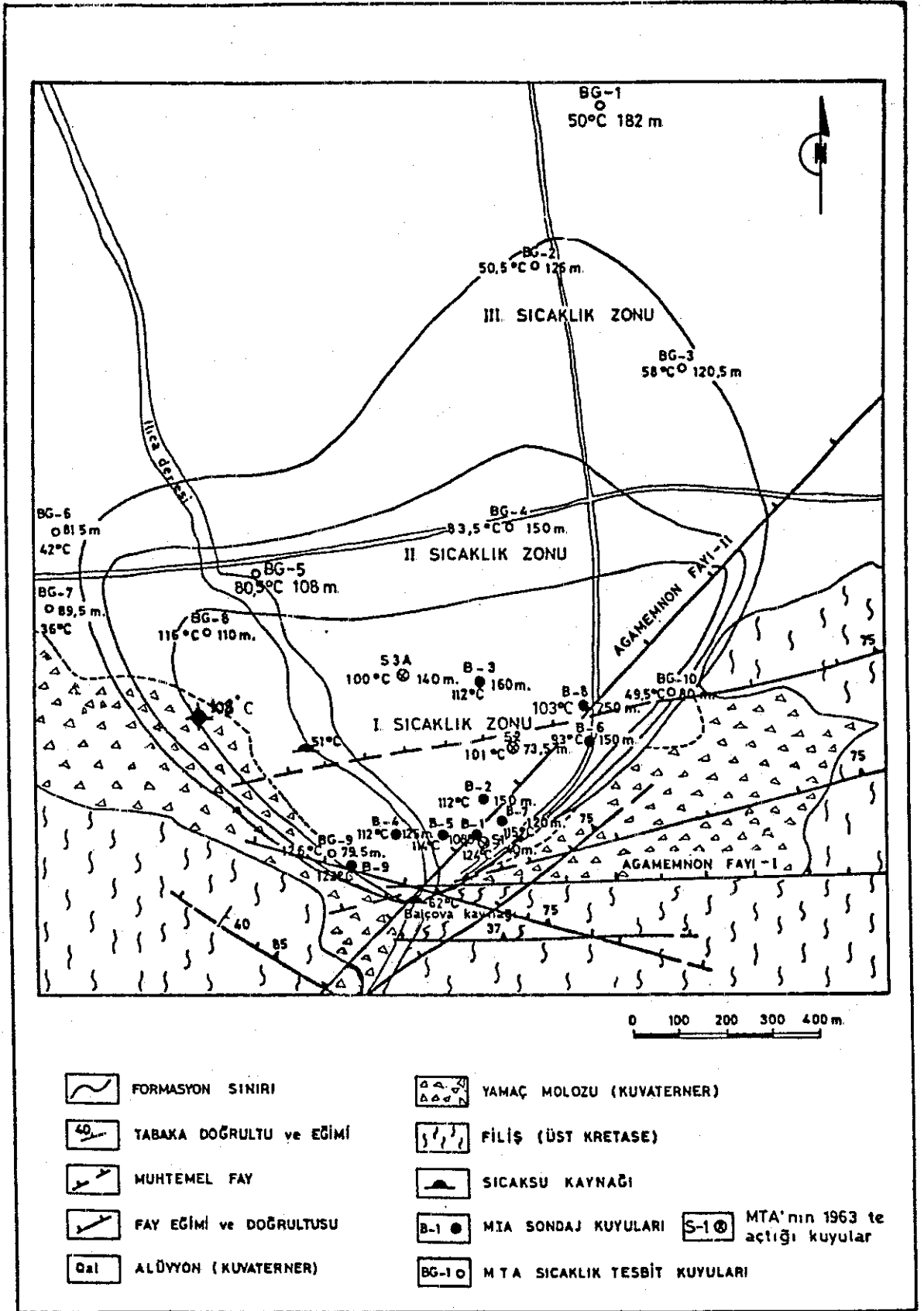
Sıcak suyun izotop analizleri(S-1)

Delta D (rezervuar)	- 36.5 %
Delta O-18 (rezervuar)	- 5.6 %
Delta D (sıcak su)	- 34.9 %
Delta O-18 (sıcak su)	- 5.4 %
Delta D (buhar)	- 61.9 %
Delta O-18 (buhar)	- 10.4 %
Delta S-34 (sıcak su)	15.2 %
Delta O-18 (sıcak su)	3.6 %

Örnek suyun alındığında sıcaklık 95 C, hava sıcaklığı 30.5 C idi.

Soğuk suyun izotop analizleri

Delta D	- 21.5 %
Delta O-18	- 5.9 %
pH =	8.13
Tritiyum (TR)	14.2 TU



Balçova kaplıcaları civarının jeolojisi
ve sıcaklık zonları

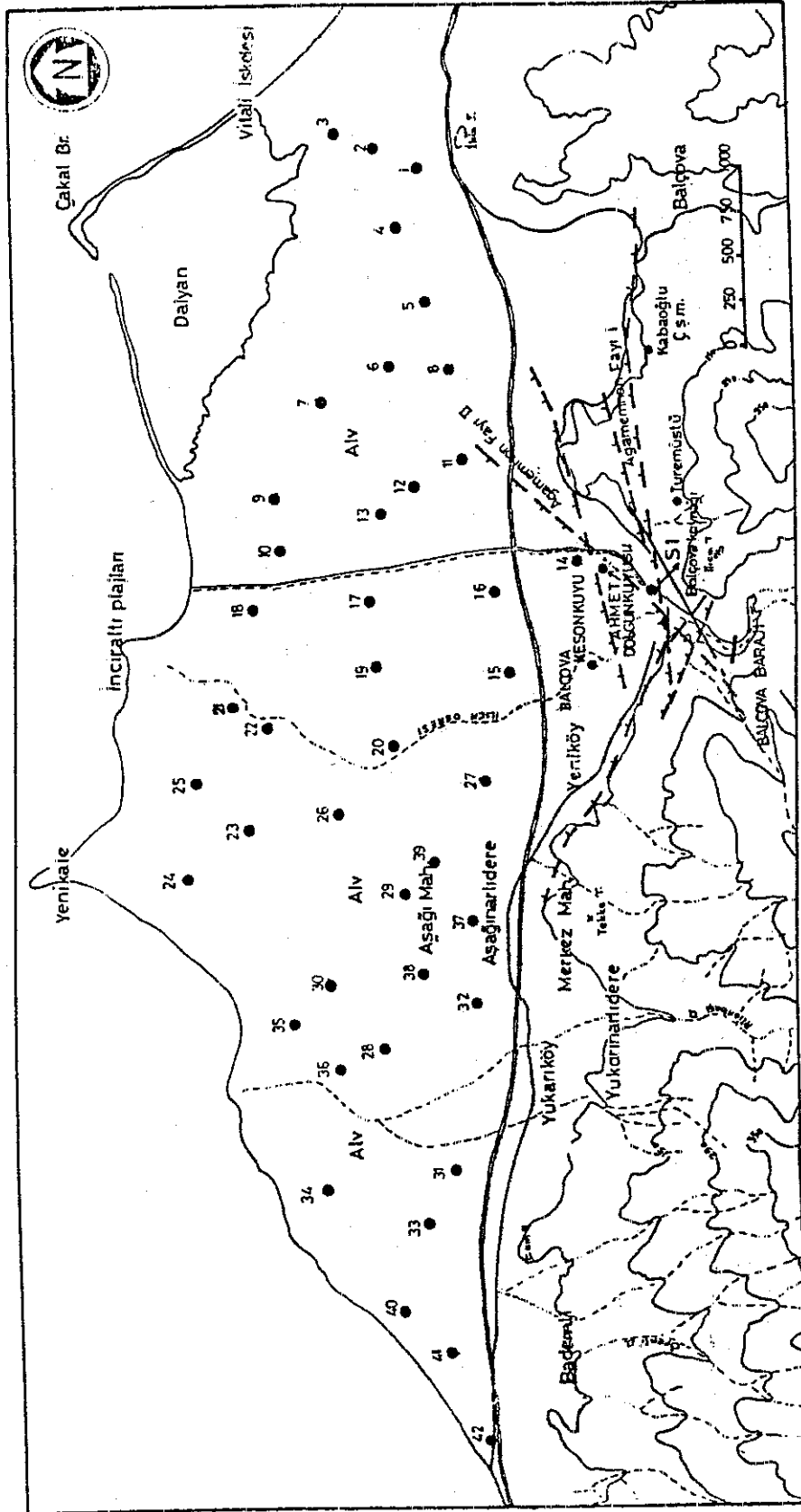
EK-7

PERİYODİK ANALİZLERİN LİSTESİ

- | | |
|--|--|
| 1. Bedrettin Ulucak | 28. Ali Yozgatlı
Ahmet Çamdalı |
| 2. Nurettin Ulucak | 29. Mehmet Cemal
İbrahim Çamdalı |
| 3. Hakkı Balcıoğlu | 30. Süleyman Yetim
Ali Yetim |
| 4. Mehmet Köse | 31. Fadıl Mandel-Fuat Mandel |
| 5. Erdoğan Özel | 32. Hakkı Bey |
| 6. Halil Güventürk | 33. Burhan Maner |
| 7. Hakkı Şen
Ahmet Kaya | 34. İlyas Vezir |
| 8. Pakize Keleş | 35. Hasan Bey-Haydar Tanyeli |
| 9. Mustafa Tekin | 36. Ali Arzuman-Ali Özer |
| 10. Ali Dereli
Ahmet Çitlenbik | 37. Önder Çamdalı
Süleyman Ejder |
| 11. Necati Çakmaklıoğlu | 38. Mahmut Oğlak |
| 12. A.Kenen Bodur | 39. Murteza Avcı |
| 13. Kemal Güleryüz | 40. Yıldırım Önal |
| 14. Muhammer Dolgun
Hasan Cansever | 41. Orhan Ersoy-Behçet Uzel |
| 15. Kemal Güleryüz | 42. Üzeyir Yılmaz |
| 16. Hasan Cansever
Kemal Cansever | |
| 17. Alaattin Erçelik
Alaattin Ersivri | |
| 18. Mustafa Altınsoy | 51. Kabaoğlu Çeşmesi |
| 19. Mustafa Akbelen | 52. Turem Üstü |
| 20. Haydar Öztin | 53. Balçova Kaynağı |
| 21. Sabahattin İlter | 54. Balçova Keson Kuyu |
| 22. ESOT (Balçova) | 55. Ahmet Dolgun Kuyusu |
| 23. Fadıl Özyurtseven | 56. S-1 Sondaj Kuyusu |
| 24. Burhan İkizoğlu | |
| 25. Kemal Dikmen
Kadir Dikmen | Not: 1-42 arası analizler
DSİ'den alınmıştır.
51-56 arası analizler
MTA da yapıldı. |
| 26. Mustafa Tekin | |
| 27. M.Ramazan Duran | |

Analizlerle ilgili açıklamalar;

EC-Eliktiriki iletkenlik, SAR-Sodyum adsorpsiyon oranı, I-Sertlik(F), II-Organik madde, III-Suyun sınıfı, k-küçütür, T-Toplam, MTA analizlerinde I-iletkenlik, II-Spesifik gravite III-Buharlaşma kalıntısı, IV-V-VI-Tolam geçici kalıcı sertlikler(As).



Balçova jeotermal alanı ve ova kesimden alınan periyodik analizlerin yerlerini gösterir kroki

EXIM-1982

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	7.4	7.2	6.9	7.1	6.9	7.3	7.1	7	7	6.9	7.4	7.2	7.2	6.8
EC	575	1200	1795	505	945	1185	848	749	1224	1450	1095	945	879	1438
SAR	1.5	2.1	1.6	1.6	2.1	2.1	1.6	0.7	2.7	4.1	2.4	1.5	2	6.5
I	38	48.5	46.5	34	29.5	36.5	31.5	31	37	35	35	34	27.5	22.5
II	0.8	0.56	0.6	0.56	0.6	1.36	2	1.28	2.24	0.96	0.48	0.56	1.12	0.64
III	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁
K	2.73	3.51	5.46	2.73	1.95	5.85	2.73	1.95	3.51	3.51	4.29	4.29	0.39	0.78
Na	65.7	69	203.7	69	83.7	95	63	30.8	112	177	103	64	77.7	225
Ca	52	80	86	76	58	90	86	88	52	66	6	76	82	40
MG	60.8	69.3	62	36.5	36.5	38.9	24.3	32.8	34	32.8	45	36.4	17	30.4
B	0	0	0.03	0	0.75	0.92	3.01	0.57	3.22	5.01	1.71	0.56	1.63	7.17
HCO ₃	201	256	275	122	131	325	277	207	372	518	302	302	323	521
SO ₄	203	249	298	210	218	225	36.5	110	115	171	210	160	105	102
Cl ₁	106	121	263	124	103	78	135	52	142	56	71	50	50	135

EXUL-1982

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	6.9	6.5	7	7.2	7.3	7.3	7.3	7.5	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	6.9
EC	685	745	520	800	650	740	760	720	665	680	650	590	590	845
SAR	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.8	0.5	0.5	0.5	0.8	0.6	0.6	2.3
I	35	46	33	45	32.5	42	35.5	36.5	35	35.5	20.5	31.5	29	25
II	0.80	0.96	1.12	1.36	1.12	1.04	1.84	0.94	1.44	1.36	1.38	1.52	0.80	1.12
III	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁
K	0.78	1.17	1.56	1.17	1.17	2.73	1.56	1.56	2.73	1.56	1.56	1.17	1.51	1.51
Na	18.7	17.5	18.9	16.6	15.2	14.7	12.4	21.6	17.9	23	31.7	23	23	85.8
Ca	62	76	84	78	58	90	86	80	80	62	78	66	38	8
MG	47.7	41.4	77.8	62	43.8	47.4	34	36.5	36.5	30.4	31.6	29.2	30.4	37.7
B	0.14	0.14	0.12	0.96	0.20	0.96	2.54	0.30	1.90	1.96	1.80	1.82	1.80	6.32
HCO ₃	305	305	287	168	198	231	336	275	290	250	256	250	244	427
SO ₄	16.3	95.5	98.9	182	55.5	176	33.3	61.4	102	69	55	57	73.4	18.7
Cl ₁	88.8	107	167	114	96	60.4	74.5	71	42.6	71	64	45.7	46.2	81.7

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PH	7.2	7.3	7.3	7.3	7.5	7.9	7.7	7.6	7.5	7.3	7.4	7.3	7.8	7.8
EC	744	518	1161	1267	977	860	808	872	1133	1221	953	1209	620	943
SAR	1.1	1.5	1.8	2.5	1.4	1.1	0.9	1.0	2.6	2.5	1.7	4.2	1.4	1.4
I	28	33	42.5	36.5	35	33.5	35	36	37.5	36.5	33	26.5	21	35
II	0.56	0.88	0.64	0.64	1.28	2.2	1.12	0.56	0.28	0.80	1.04	0.50	1.04	2.8
III	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁
K	3.12	1.56	1.17	3.51	5.46	1.17	3.73	4.6	1.15	1.12	69	161	45.5	53.7
Na	42.7	63	70.5	61.2	45	60	56	74	60	56	74	40	48	56
Ca	66	74	92	68	70	58	60	58	60	56	74	40	48	56
MG	27.9	35.2	47.4	52.2	42.5	46.2	48.6	51	60.8	35.4	35.2	40.1	21.8	51
B	1.31	1.93	2.61	3.31	1.35	1.7	0.5	1.16	1.95	4.37	2.57	4.26	1.08	2.47
HCO ₃	281	342	421	442	293	371	305	305	464	454	357	454	271	223
SO ₄	383.5	105	140	159	163	117	106	75.7	97.4	84.9	70.5	103	17.7	141
Cl ₁	42.6	56.8	63.9	56.8	56.8	63.9	53.2	63.9	107	55.2	60.3	55.8	46.1	110

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
PH	7.3	7.3	7.5	7.3	7.1	7.3	7.1	7.3	7.1	7.4	7.4	7.6	6.9	7
EC	1043	1523	1335	1721	2139	1256	1535	1345	1632	1393	1000	750	527	2580
SAR	0.9	2.7	0.4	3.0	2.5	2.2	3.7	2.3	4.5	1.5	1.6	1.1	1.0	7.4
I	47.5	47.5	65.5	52	73.5	43.5	40	43.5	40.5	53	37	33	22	47
II	1.12	8.32	1.92	3.2	3.52	3.68	1.76	2.4	2.72	2.48	2	2.24	2.72	2.72
III	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁
K	2.73	4.25	2.73	5.85	50.7	0.35	2.73	1.56	5.46	3.51	3.12	3.12	1.56	2.73
Na	46	135	23.9	154	153	105	171	112	230	75.1	70.8	45	34	382
Ca	108	98	134	123	158	60	74	50	85	132	62	60	60	82
MG	45.8	55.9	77.8	53.5	82.6	52.2	52.2	57.2	44.9	48.6	52.2	43.7	17	58.3
B	0	3.85	0.12	0.73	0.26	0.77	0.54	1.42	0.95	0.08	0	0	0	0.80
HCO ₃	314	360	253	268	290	372	333	329	406	247	241	165	177	281
SO ₄	164	258	0.28	417	271	152	243	246	177	263	125	182	69.6	261
Cl ₁	107	149	337	156	394	131	142	110	280	163	142	67.4	56.8	42.6

EC eliktirikli konduktivite-SAR, soqum adsorpsiyon orani-I, sertlik(F)-II, organik madda-III, suyum sinifi-Analiz degerleri mg/l't'dir.

EC, eliktirikli konduktivite-SAR, soqum adsorpsiyon orani-I, sertlik(F)-II, organik madda-III, suyum sinifi-Analiz degerleri mg/l't'dir.

KASIM-1982

Table with 14 columns (1-14) and rows for elements PH, EC, SAR, I, II, III, K, Na, Ca, Mg, B, HCO3, SO4, SO3, Cl. Values range from 6.8 to 107.

ARALIK-1982

Table with 14 columns (1-14) and rows for elements PH, EC, SAR, I, II, III, K, Na, Ca, Mg, B, HCO3, SO4, SO3, Cl. Values range from 6.7 to 107.

Table with 14 columns (15-28) and rows for elements PH, EC, SAR, I, II, III, K, Na, Ca, Mg, B, HCO3, SO4, Cl. Values range from 7.8 to 17.7.

Table with 14 columns (29-42) and rows for elements PH, EC, SAR, I, II, III, K, Na, Ca, Mg, B, HCO3, SO4, Cl. Values range from 7.6 to 17.7.

Table with 14 columns (43-56) and rows for elements PH, EC, SAR, I, II, III, K, Na, Ca, Mg, B, HCO3, SO4, Cl. Values range from 7.6 to 124.

Table with 14 columns (57-70) and rows for elements PH, EC, SAR, I, II, III, K, Na, Ca, Mg, B, HCO3, SO4, Cl. Values range from 7.6 to 124.

EC eliktirikli konduktivite-SAR sodyum adsorpsiyon oranı-I sertlik(F)- II organik madde-III suyun sınıflı-Analiz defterleri mg/l't'dir.

ŞUBAT-1983

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	7.3	6.9	6.8	7.1	7.2	7.2	7.4	7.2	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3	6.8
EC	1056	1132	1254	1181	1090	1212	1303	999	1169	1181	1242	803	901	1412
SAR	1.2	0.9	0.9	1.1	1.0	3.7	1.9	2.0	2.3	0.8	1.1	0.8	1.1	5.8
I	44	45	52	40	32	50	33	43	40	40	33.5	33.5	35	25
II	1.2	1.26	1.7	2.4	1.2	1.2	1.2	1.52	1.44	0.8	2.24	0.8	0.8	0.9
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	1.55	3.51	3.51	3.51	2.73	3.51	3.51	2.73	2.73	2.73	3.12	1.95	1.56	2.73
Na	56.1	46	49.2	57	78.2	50.6	152	33.1	85.1	90.1	107	34	48.3	213
Ca	92	100	130	112	108	140	106	126	134	114	116	114	94	74
Mg	51	58.3	49.8	48.6	27.9	36.4	15.8	27.9	15.8	27.9	25.5	12.1	27.9	15.8
B	0	3.55	2.04	0.26	0.54	0.72	2.51	0.49	2.51	1.87	1.27	5.55	2.39	3.03
HCO ₃	320	305	323	195	220	305	427	290	366	366	259	305	381	473
SO ₄	165	144	193	263	200	244	168	108	195	200	307	83	67.0	36.4
Cl ₄	52.3	107	124	124	114	78.1	52.3	110	56.8	63.9	71	53.2	53.2	135

OCAK-1983

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	7.1	7.4	7.8	7.6	7.7	7.6	7.5	7.5	7.4	6.5	7.6	7.8	7.5	7.5
EC	527	1122	1087	1047	972	567	1650	758	1056	1072	1112	723	521	1305
SAR	0.9	1.5	0.4	1.0	1.5	0.5	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.1	0.5	6.6
I	40	42	52.5	44	32.5	44	51	58.5	37	38.5	40	27.5	29	22.5
II	2.4	3.6	3	3.28	2	3.2	3.04	2.8	2.8	3.2	2.8	2.8	1.76	2.8
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	1.95	1.95	2.73	1.95	1.17	1.56	5.46	1.17	1.95	1.95	1.56	1.95	1.95	4.29
Na	42.7	69	22.5	46	77.2	23	201	23	73.6	47.8	72.2	41.4	18.8	201
Ca	88	106	124	110	68	140	160	128	130	120	130	100	104	104
Mg	43.7	37.6	52.2	40.1	25.5	21.6	26.7	15.8	10.9	20.6	18.2	6	7.56	15.8
B	1	1.43	1.08	1.28	1.65	2.95	3.98	2.15	2.13	5.1	2.81	3.15	2.94	3
HCO ₃	293	275	259	153	381	275	366	357	290	244	305	305	503	503
SO ₄	101	166	110	232	254	184	336	92.6	137	112	211	88.3	12	2.88
Cl ₄	107	124	142	124	107	88.7	206	81.6	63.9	71	53.2	49.7	49.7	305

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PH	7.8	7.7	7.7	7.5	7.7	7.6	7.6	7.3	7.5	7.7	7.6	7.6	7.4	7.5
EC	828	562	1108	1291	962	914	1023	501	1242	1205	1218	1137	1169	1205
SAR	1.0	1.3	1.2	2.1	1.1	1.6	0.5	0.8	0.8	1.6	1.0	3.6	4.0	0.5
I	32	32	35.5	43	43	30.5	30.5	48.5	38.5	43.5	50	28	26	55
II	2.24	1.92	1.12	1.5	1.6	1.92	0.4	0.4	0	1.44	1.36	0	1.6	1.92
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	2.73	2.73	3.12	1.95	1.95	2.73	1.95	3.51	1.95	3.51	1.95	2.73	2.73	1.95
Na	42.3	58.4	58.4	102	49.2	42.3	37.7	44.6	78.6	51.5	138	150	72	164
Ca	100	174	166	112	90	82	140	104	112	100	192	84	72	164
Mg	17	41.3	40.1	35.4	38.9	38.5	32.8	30.4	62	35.2	41.3	17	31.6	58.4
B	1.54	1.1	1.65	3.03	1.13	2.36	0.64	0.28	3.66	2.15	1.26	3.02	3.35	0.23
HCO ₃	381	366	396	537	336	381	427	366	458	458	427	458	427	305
SO ₄	26.8	106	155	186	125	69.1	73.4	71.5	83	60.9	106	51.3	12.9	190
Cl ₄	53.2	53.2	53.2	71	63.9	53.2	81.6	67.4	124	121	121	110	160	124

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
PH	7.4	7.4	7.3	7.2	7.3	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.9
EC	1240	1533	1496	2066	1658	550	1552	1426	1545	1556	1072	658	685	1953
SAR	1.5	2.9	0.8	1.8	1.7	1.0	1.3	1.3	2.3	1.1	1.1	1.2	1.0	1.6
I	46	46	79	64.5	70	35.5	62	57	68.5	60	42.5	26	27	55
II	2.9	2.8	2.72	6.24	0	3.2	4	4.4	2.4	4	0	0	0	0
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	1.95	2.73	5.46	4.29	3.12	2.34	1.95	1.95	3.51	1.56	1.56	1.17	1.17	2.73
Na	64.8	65.6	64.4	88.7	60.8	51	71.7	60.2	87.5	63.2	54.7	38.9	40.1	114
Ca	80	84	76	230	108	60	114	132	56	130	136	80	42	102
Mg	60.8	65.6	64.4	88.7	60.8	51	71.7	60.2	87.5	63.2	54.7	38.9	40.1	114
B	2.2	5.64	2.17	1.2	3.11	1.1	2.37	2.76	2.81	1.63	2.11	2.52	1.95	2.02
HCO ₃	287	427	320	305	305	336	412	351	366	427	244	153	198	225
SO ₄	192	175	134	216	249	118	239	253	198	194	160	131	99.8	132
Cl ₄	135	170	462	195	337	71	142	124	337	305	124	71	60.3	320

EC eliktirikli konduktivite-SAR sodyum adsorpsiyon oranı-I sertlik(F)-
 II organik madde-III suyun sanifi-Analiz değerleri mg/l't'dir.

EC eliktirikli konduktivite-SAR sodyum adsorpsiyon oranı-I sertlik(F)-
 II organik madde-III suyun sanifi-Analiz değerleri mg/l't'dir.

MART-1983

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	7.6	8	8	7.5	7.5	7.5	7.9	8	7.9	7.9	8	7.8	7.6	7.7
EC	112	1230	1258	1265	1079	1093	1320	976	1100	1237	1265	818	863	1512
SAR	0.4	1.1	0.6	2.8	2.3	0.7	3.6	0.7	1.5	2.6	2.1	0.7	0.8	5.7
I	53.5	50	56.5	36.5	33	47.5	33.5	42	41.5	37.5	42	35	37	25.5
II	0.8	1.04	1.04	1.52	1.16	1.6	1.04	1.36	1.2	1.36	0.5	0.8	1.44	1.28
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	2.73	1.95	3.12	3.12	2.73	3.12	1.56	1.56	1.56	1.95	1.56	1.17	1.17	3.51
Na	22.5	51.5	31.7	124	56.6	34	128	84	128	69	114	44	122	82
Ca	84	80	70	80	84	128	84	128	84	128	114	44	122	82
Mg	79	73	73	45	0	0	0	1.97	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO ₃	293	293	275	137	198	229	337	275	342	397	263	293	336	503
SO ₃	218	249	228	351	222	245	205	162	184	172	297	119	120	171
Cl ₄	85.2	107	117	114	107	73.1	88.7	71	67.5	85.2	63.9	35.5	35.5	142

MAYIS-1983

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	7.1	6.9	6.9	7.3	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.5	6.9	7.3	7.5	7.4
EC	1144	1242	1364	1254	1047	1181	1317	1084	1084	1412	1089	907	889	1571
SAR	0.9	1.2	1.8	1.5	1.9	1.2	3.1	0.9	1.2	3.6	1.0	1.3	1.4	2.0
I	48	47	48.5	46.5	35	47	40.5	45	47	37.5	43.5	34	32	24.5
II	0.8	0.56	0.24	0.24	0.48	1.36	2.08	0.56	1.2	0.56	2.56	0.88	1.12	1.66
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	2.73	2.73	3.12	3.12	2.73	2.73	3.51	2.73	2.34	3.51	3.51	2.34	1.95	3.12
Na	46.5	57.5	89.3	75.5	81	56.1	145	46	56.7	161	50.1	54.7	57	253
Ca	84	80	98	92	84	132	92	100	88	108	80	82	62	56
Mg	65.7	65.7	58.4	57.1	34	34	42.6	48.7	48.7	25.5	57.1	32.8	40.1	25.5
B	1.75	3.05	2.93	1.71	1.59	3.05	439	275	336	439	305	305	305	525
HCO ₃	275	305	277	334	259	231	253	219	186	259	205	156	117	186
SO ₃	225	205	277	334	259	231	253	219	186	259	205	156	117	186
Cl ₄	88.7	131	110	103	92.3	74.5	284	71	53.2	71	60.3	35.5	53.2	134.9

MAYIS-1983

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PH	7.5	7.4	7.5	7.4	7.4	7.5	7.3	7.2	7.5	7.3	7.3	6.9	6.9	7.2
EC	858	501	1218	1327	1053	907	1242	889	1297	1348	968	1327	1230	1230
SAR	1.0	0.9	1.9	2.4	1.3	1.1	1.1	1.7	2.0	1.9	3.4	4.1	1.8	1.8
I	33.5	36.5	41.5	41.5	40	35.5	57	35	47	46	31.5	32.5	29	56.5
II	0.8	1.36	1.92	1.28	1.44	0.96	0.96	1.12	1.36	0.56	1.36	0.12	1.92	0
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	1.95	1.95	2.73	2.74	2.34	2.73	3.51	2.34	4.29	3.12	3.12	2.73	2.73	1.56
Na	44.2	40	90.2	115	57.5	46	37.7	46	84.2	98.5	78.2	164	161	28.5
Ca	80	86	114	100	92	88	140	82	140	104	80	84	64	144
Mg	32.8	36.4	31.6	40.1	41.3	32.8	53.5	30.4	29.2	48.7	28	28	31.6	49.8
B	1.36	0.88	2.71	2.83	1.43	0.82	0	0.65	2.94	3.02	1.44	4.26	4	0
HCO ₃	381	351	433	439	336	403	498	381	580	519	418	519	500	305
SO ₃	29.7	78.7	353	224	147	51.4	174	14.9	56.1	123	54.2	115	79.2	234
Cl ₄	63.9	60.3	71	53.5	71	53.5	71	88.7	88.7	88.7	67.4	98.4	107	95.8

MAYIS-1983

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
PH	6.9	7.1	7.2	7.2	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.3	7.4	7.4	7.1	7.2
EC	1073	1546	1729	1388	1656	937	1912	1425	2192	1389	998	645	657	1364
SAR	0.4	2.6	1.1	0.6	1.3	0.5	2.4	1.5	2.7	0.4	0.7	0.5	1.1	3.0
I	50.5	47.5	72	62.5	66.5	41.5	65	53.5	73	64	42.5	29.5	27	39.5
II	2	1.6	1.36	2.4	0.96	0.96	2.24	1.2	0.88	0.8	1.2	1.2	0.8	0.8
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	1.95	3.51	4.29	2.73	3.51	2.73	3.51	4.29	5.85	3.51	2.73	1.56	2.73	4.68
Na	18.9	138	69	33.1	76.8	23.9	140	80	167	23	34.5	20.2	30	108
Ca	120	122	202	180	188	112	140	136	230	220	126	60	80	136
Mg	45.8	42.8	52.3	54.7	47.4	32.8	72.9	47.4	38.9	21.8	26.7	28	17	31.6
B	1.57	3.36	0	0	0	0.77	2.41	0	0	0.12	0	0	0	0.61
HCO ₃	409	406	351	432	366	351	488	337	427	305	259	153	229	117
SO ₃	37	257	228	190	165	89.3	321	216	246	210	111	102	56.6	116
Cl ₄	124	124	249	135	256	63.9	199	107	335	160	124	71	63.9	227

MAYIS-1983

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PH	6.2	6.2	6.1	7.9	8	6.1	7.8	7.9	7.9	7.9	8	8.1	8.1	8.1
EC	811	514	1045	1252	1086	514	1457	852	1458	1820	1045	1251	1289	1328
SAR	1.7	1.1	1.2	2.2	1.2	0.6	0.6	0.4	1.8	2.3	1.4	3.9	5.0	0.9
I	28	37	40	42	43	40	66.5	38.5	52	41.5	38.5	28	25	60.6
II	3	2.4	0.32	1.2	1.04	0.32	1.76	0.6	3.6	0.96	6.64	3.36	4	0
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	1.56	2.34	2.73	3.51	3.12	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	3.12
Na	63.5	63.5	57	57	104	54.7	26.2	26.2	18.4	56.6	113	62.1	180	27.6
Ca	66	60	108	84	56.2	76	76	76	80	120	86	70	60	174
Mg	28	41.4	31.6	51	46.2	51	46.2	51	46.2	48.6	48.6	28	24.3	40.1
B	0.7	0	0.52	2.58	1.4	1.12	0	0.47	1.62	2.32	1.66	3.93	2.51	0
HCO ₃	293	275	415	361	366	336	458	336	506	427	366	445	348	305
SO ₃	102	170	118	244	190	129	244	73.9	171	190	137	50.7	174	363
Cl ₄	53.2	53.2	46.1	60.3	39	35.5	76.1	53.2	110	95.2	56.8	95.4	92.3	99.4

MAYIS-1983

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
PH	8.1	8	7.9	7.8	7.9	7.9	8.1	7.9	7.9	7.6	7.7	8	8	8.2
EC	1451	1451	1864	1580	1685	861	2011	1430	2170	1621	1059	664	670	1146
SAR	1.7	1.5	1.3	1.0	1.1	0.7	2.7	0.8	1.5	1.1	1.5	0.7	1.2	4.0
I	50	50												

HAZIRAN-1983

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	8.2	8.2	8.1	8	8.1	7.9	7.8	8.1	7.9	7.8	8	8	8.1	8.2
EC	992	1065	1406	1173	951	535	1861	1075	1189	1344	1075	889	1013	1411
SAR	0.9	1.2	2.0	3.5	1.3	1.0	6.1	1.5	2.3	1.3	3.0	0.5	2.3	10.6
I	41	41	47.5	29	36	37.5	39	37.5	39	37.5	39	28.5	40	34
II	1.2	0.64	1.2	1.04	1.2	0	1.2	1.2	1.2	2.27	0.4	0.8	1.44	2.4
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	3.51	3.51	3.51	3.51	2.73	2.74	5.46	2.73	2.73	3.9	2.34	2.34	2.73	5.46
X	40.9	56.8	105	136	55.2	44.2	267	69	101	68.5	115	23	92	271
Na	72	66	80	66	86	88	74	108	110	72	74	72	82	40
Ca	55.9	59.6	66.9	30.4	47.4	37.7	42.5	29.2	24.3	85.1	24.3	53.5	25.5	6
Mg	1.12	0.68	0.22	0.21	0.64	0.86	5.11	0.93	2.07	4.15	2.39	1.52	2.63	9
B	79.3	76.2	104	372	229	12.2	88.4	18.3	107	153	336	342	-	361
HCO ₃	257	291	145	129	164	165	247	186	253	321	166	84.5	412	201
SO ₄	88.7	88.7	124	107	88.7	63.9	270	71	60.3	88.7	63.9	60.3	60.3	142
Cl ⁴														

MAYIS-1983

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	7.3	7.2	7.1	7.1	6.9	6.9	7	7	6.9	7	6.9	7	7.1	7.4
EC	989	1043	1141	1304	891	913	1173	945	1054	1195	1054	869	840	1117
SAR	0.5	0.9	0.9	1.3	1.6	0.5	2.1	0.6	1.4	2.4	2.3	1.0	2.5	11.0
I	44	43	48	50	30.5	41	37	42	39	36.5	32	34.5	23	8
II	0.56	0.45	0.48	0.4	0.24	0.48	0.32	0.64	0.16	0.4	0.4	0.56	0.32	0.64
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	2.73	2.73	3.12	3.51	1.56	1.95	3.51	2.73	2.73	3.21	1.56	2.73	1.17	2.73
X	26.2	42.7	44.6	81	65.3	23.9	101	28.5	63.9	108	99.2	43.2	227	226
Na	72	74	88	86	52	108	90	100	92	90	76	64	70	24
Ca	63.2	59.6	63.2	69.3	42.6	34	35.3	41.3	38.9	34	35.3	45	13.4	4.9
Mg	0	0.3	0.36	0.17	0.27	0.49	2.57	0.43	2.45	3.59	2.15	1.17	6.37	1.4
B	275	275	287	110	146	281	293	244	311	378	256	275	198	336
HCO ₃	145	155	181	399	196	139	200	188	194	186	234	156	180	124
SO ₄	88.7	99.4	110	124	88.7	63.9	103	63.9	53.2	71	53.2	39	53.2	121
Cl ⁴														

MAYIS-1983

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PH	7.5	7.8	7.1	7.1	7.3	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.3	7.2	7.9	7.7
EC	702	872	1064	1064	840	744	968	702	913	1117	1085	1170	1215	1235
SAR	1.5	0.8	2.5	2.6	1.8	0.9	1.2	1.1	2.0	2.7	2.1	5.2	6.5	0.6
I	24	36	31	30.5	27	30	37	26.5	28.5	32	59	21	28	55
II	0.4	0.36	0.8	0	0.8	0.64	0	0.56	0	0.56	0	0.64	0.5	0.32
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	1.17	2.73	2.73	3.12	1.95	1.56	2.73	1.95	1.12	1.12	1.12	1.51	3.51	3.51
Na	52.9	35.4	102	104	69	34	52.4	40	77.3	112	92	173	199	33.1
Ca	74	84	80	74	56	60	100	54	32	68	56	32	30	11.4
Mg	25.9	36.5	26.7	29.2	31.6	36.5	29.2	31.6	49.8	36.5	51	32.7	25.5	64.5
B	1.1	1.12	2.86	3.04	1.24	1.49	0	1.18	1.4	2.8	1.07	4.6	5.7	0
HCO ₃	287	336	320	348	244	305	336	244	275	419	215	275	351	290
SO ₄	73.4	72.5	166	145	156	73	118	76.3	167	98.9	171	178	174	249
Cl ⁴	53.2	63.9	71	71	42.6	35.5	63.9	53.2	78.1	88.7	107	124	107	92.3

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PH	7.9	7.8	7.7	8	8.1	8	7.9	8	8.1	8.1	8.2	8.2	8.4	7.9
EC	847	1054	1158	1178	899	837	982	899	1158	1116	1075	1282	1158	1160
SAR	2.4	0.8	2.3	4.3	1.8	0.6	1.3	0.5	3.1	0.9	0.8	1.3	0.9	0.4
I	24	45	36	25	29.5	36	37	40	31	46	45	50	48	55
II	1.44	1.6	0.64	0.96	0.8	1.44	1.12	2	1.76	1.2	1.04	0	1.4	2
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	2.73	2.73	3.51	3.9	2.73	2.73	3.12	2.46	2.73	3.51	2.73	4.29	2.73	3.51
Na	85.1	36.8	101	156	71.3	26.2	56.1	23	124	46	44.4	69	23	21.2
Ca	52	48	76	44	60	66	76	56	64	48	60	46	62	82
Mg	26.7	80.3	41.3	34	35.3	47.4	43.6	63.2	36.5	82.7	72.9	93.6	79	56
B	2.63	1.38	3.79	3.9	4.47	2.56	1.1	2.48	2.95	3.03	5.02	5.51	1.05	2.75
HCO ₃	229	336	320	348	244	305	336	244	275	419	215	275	351	290
SO ₄	155	171	263	198	226	116	248	123	143	223	210	149	212	193
Cl ⁴	56.8	56.8	60.3	71	51.1	53.2	53.2	53.2	88.7	85.2	88.7	107	107	124

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
PH	7.7	7.9	7.9	7.5	7.6	7.5	7.6	7.7	7.6	7.6	7.6	8	7	8
EC	1370	1600	1775	1525	1925	1040	1700	1410	1950	1370	940	620	640	1575
SAR	1.2	1.2	1.4	0.5	1.0	0.4	3.1	0.7	2.8	0.4	1.0	0.4	0.8	4.3
I	55	65	70	70	87	50	50.5	64.5	62.5	65	38.5	27.5	25.5	37.5
II	1.2	2	2	0.88	0	0.88	1.76	1.6	1.2	1.6	3.04	0.96	1.44	2.4
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	2.73	5.46	5.46	3.51	5.46	2.46	5.46	5.46	3.51	5.46	3.51	2.73	1.56	5.46
Na	64.4	47.4	87.4	87.4	116	192	116	108	128	140	88	72	60	80
Ca	124	106	160	112	192	116	108	128	140	88	72	60	80	80
Mg	58.4	93.6	72.9	102	94.8	51	79	74.2	72.9	37	74.2	21.25	5	42.5
B	2.85	1.93	0.66	0.4	1.23	0.66	4.11	0.86	0.87	1.32	0.84	1.03	0.27	2.75
HCO ₃	244	366	275	275	214	259	366	259	366	183	183	61	183	244
SO ₄	296	259	208	293	294	178	259	324	271	316	138	141	87.3	108
Cl ⁴	131	170	341	174	383	110	178	135	284	160	128	81.6	60.3	348

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
PH	7.7	7.9	7.9	7.5	7.6	7.5	7.6	7.7	7.6	7.6	7.6	8	7	8
EC	1370	1600	1775	1525	1925	1040	1700	1410	1950	1370	940	620	640	1575
SAR	1.2	1.2	1.4	0.5	1.0	0.4	3.1	0.7	2.8	0.4	1.0	0.4	0.8	4.3
I	55	65	70	70	87	50	50.5	64.5	62.5	65	38.5	27.5	25.5	37.5
II	1.2	2	2	0.88	0	0.88	1.76	1.6	1.2	1.6	3.04	0.96	1.44	2.4
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	2.73	5.46	5.46	3.51	5.46	2.46	5.46	5.46	3.51	5.46	3.51	2.73	1.56	5.46
Na	64.4	47.4	87.4	87.4	116	192	116	108	128	140	88	72	60	80
Ca	124	106	160	112	192	116	108	128	140	88	72	60	80	80
Mg	58.4	93.6	72.9	102	94.8	51	79	74.2	72.9	37	74.2	21.25	5	42.5
B	2.85	1.93	0.66	0.4	1.23	0.66	4.11	0.86	0.87	1.32	0.84	1.03	0.27	2.75
HCO ₃	244	366	275	275	214									

MAXIS-1985

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	8.3	8.2	8.2	8.1	8	7.9	7.9	8	7.9	8.2	7.9	7.9	7.9	-
EC	933	960	1006	1130	902	1056	1309	1012	1202	1190	1102	1114	948	-
SAR	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	2.6	4.2	2.8	4.6	6.4	3.0	2.6	3.9	-
I	27.5	26.5	26	28	31	30	27.5	26.5	23	16	28	31	18.5	-
II	1.04	1.52	1.36	0.72	1.2	1.12	0.88	1.36	1.12	1.12	0.36	0.96	1.48	-
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	14	15.6	17.2	18.7	17.2	23.4	27.3	17.9	25.7	31.2	19.5	18.7	21	-
Na	82.8	94.5	104	113	105	52	161	104	160	185	117	107	123	-
Ca	38	34	36	58	34	76	78	70	54	32	52	74	44	-
Mg	43.8	43.8	43.3	37.7	30.4	26.8	19.5	21.9	23.1	19.5	36.5	30.4	18.2	-
B	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.81	1.82	0.0	1.42	1.71	2.7	1.01	1.57	-
HCO ₃	166	124	125	107	129	150	170	156	126	100	150	177	192	-
SO ₄	196	220	222	316	220	273	404	274	392	356	338	298	238	-
Cl	74.5	88.7	93.4	92.3	88.7	71	71	71	71	88.7	60.3	63.9	53.2	-

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PH	7.9	7.8	8	8.6	8.3	8.2	7.6	8.1	7.6	7.7	8.1	8	7.8	7.6
EC	948	1264	946	814	840	1281	1946	1452	1454	1360	1423	1384	1244	1124
SAR	3.6	4.9	1.0	1.4	1.4	29.5	65	14	37.5	39	36	29	19	16
I	20	23	38	28	28	0.96	1.52	1.44	1.28	1.36	1.36	1.2	1.2	1.2
II	1.36	1.12	1.2	0.96	0.96	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.2	1.2	1.2
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	19.5	27.3	7.8	8.6	8.6	25.7	9.4	27.3	24.2	19.5	25	29.6	30.4	7.8
Na	118	173	46	59.2	55.2	150	58.9	165	155	130	150	170	183	120
Ca	50	50	90	30	44	62	136	2	54	37	88	72	58	46.5
Mg	18.2	25.5	37.7	49.9	43.8	31.6	75.4	34	34	34	34	26.7	10.9	38.9
B	1.37	1.63	1.7	2.53	2.95	0.8	0.02	0.74	2.7	2.47	1.4	5.55	5.18	0.13
HCO ₃	347	420	440	97.6	102	324	454	326	506	525	428	503	409	275
SO ₄	122	212	9.6	162	102	255	286	343	170	108	219	108	111	188
Cl	49.7	53.2	74.5	78.1	53.2	56.8	85.2	56.8	107	110	81.6	107	124	107

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
PH	8.2	7.6	7.6	7.9	8.1	7.7	7.6	7.9	7.4	7.8	7.8	7.9	8.0	7.6
EC	924	1405	1646	1537	990	1670	1320	1843	1520	902	618	552	837	8.7
SAR	3.0	2.5	1.0	0.6	1.5	1.2	3.4	1.3	3.0	2.5	1.1	0.8	0.7	1.8
I	20.5	42	69	60	57.5	37.5	45	51.5	55	48.5	35.5	24.5	22.5	26
II	0.96	1.2	1.04	1.28	1.28	1.04	1.52	1.08	1.52	1.12	1.44	1.36	1.2	1.36
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	17.2	21	10.1	5.5	14	7.8	28	10.1	26.5	19.5	7.2	4.5	3.9	10.9
Na	104	120	58.8	126	136	72	108	120	114	136	62	28	36	44
Ca	62	70	166	126	83.8	53	166	65.3	161	118	46	28	36	44
Mg	15.8	59.5	66.8	69.3	57.1	47.4	43.7	52.3	64.5	48.6	30.4	32.8	36.5	3.5
B	3.01	3.03	0.13	0.0	0.0	0.0	6.19	0.07	0.9	4.95	0.63	0.6	0.84	1.06
HCO ₃	186	323	317	273	229	284	317	533	333	250	195	165	189	270
SO ₄	115	164	193	208	200	146	342	26.9	302	313	158	97.9	67.2	62.1
Cl	131	152	263	163	245	81.6	163	146	245	167	99.4	53.2	39	88.7

EC eliktirikli konduktivite-SAR sodyum adsorpsiyon crani-I sertlik(P)-II organik madde-III suyun sirnafi-Analiz degerleri mg/l't'dir.

AGUSTOS-1983

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	7.2	6.9	7.1	6.9	7.4	7.1	7.1	7.1	6.9	7.2	7.2	7.1	7.2	7
EC	960	1300	1300	1300	500	1000	1200	950	1000	1400	1100	1000	550	1350
SAR	1.1	1.7	1.6	1.7	2.5	1.6	2.9	1.4	1.1	4.8	3.5	1.6	2.5	6.7
I	40	45	50	49.5	27	42.5	35	36	42	29.5	29	36	28.5	21
II	1.36	1.28	0.88	1.52	1.44	0.8	1.28	0.88	1.2	1.6	1.2	1.12	1.2	0.96
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	2.34	2.34	3.12	3.9	4.68	3.12	4.68	2.43	3.12	5.46	4.88	3.12	3.9	6.24
Na	48	82.8	85.1	87.4	94.3	73.6	124	59.8	50.6	202	136	71.3	56.6	223
Ca	74	64	90	86	44	80	68	72	90	64	68	90	60	50
Mg	58.4	70.5	66.9	68	38.9	42.5	43.7	43.7	47.4	32.8	29.2	32.8	32.8	20.6
B	0.04	0.72	0.58	0.12	1.2	1.5	2.14	2.75	2.68	1.65	1.56	1.44	1.79	3.8
HCO ₃	214	268	268	195	153	281	275	268	329	464	329	275	262	531
SO ₄	200	246	249	365	222	191	289	307	153	180	207	206	202	84.5
Cl	88.7	110	149	107	88.7	78.1	71	71	63.9	107	63.9	56.8	53.2	128

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PH	7.2	7.2	7	7.1	7.3	7.3	7.2	7.4	7	6.8	7.3	7.3	7.3	6.5
EC	820	860	1150	1200	950	900	1000	1200	1150	1200	1150	1250	1050	1250
SAR	2.0	1.9	3.6	4.1	1.7	1.3	0.5	0.9	2.7	2.2	1.4	6.0	4.4	1.4
I	26	29	33.5	34	34	32	42	38	29	-	46	22.5	21	50
II	1.36	1.44	1.76	1.48	0.88	1.2	1.44	1.2	1.76	1.3	0	1.68	1.12	0.64
III	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁
K	1.56	3.12	4.68	7	3.9	3.12	2.34	3.12	3.9	4.68	3.9	8.58	6.2	3.9
Na	80.5	75.9	128	175	73.6	55.2	25.3	43.7	106	101	71.3	207	163	73.6
Ca	50	56	56	56	72	50	94	56	58	102	96	36	40	134
Mg	32.8	36.5	47.4	48.6	51	47.4	45	34	35.2	36.5	53.5	32.8	26.7	40.1
B	1.98	2.07	2.42	2.28	1.77	2.08	0.68	0.81	1.65	1.78	1.56	3.35	3.11	0.36
HCO ₃	305	262	366	390	336	381	351	336	275	427	381	412	378	336
SO ₄	99.8	153	212	191	115	54.2	111	110	144	150	180	182	109	230
Cl	60.3	60.3	71	71	78.1	53.2	53.2	63.9	107	88.7	85.2	71	107	107

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
PH	6.6	6.7	6.6	6.5	6.5	6.7	6.6	6.7	6.5	6.9	7.1	6.8	6.8	6.5
EC	1300	1500	1600	1300	2300	1000	1500	1500	1650	1400	1000	820	620	1850
SAR	2.0	2.6	0.9	0.5	2.1	0.9	3.8	2.1	1.8	1.7	1.4	1.2	0.8	

NISAN-1986

MART-1986

ARABIK-1985

KASIM-1985

	51	52	53	54	55	56	57
PH	7.55	8.18	9.16	8.45	8.46	8.87	
I	55	600	680	1200	580	1400	
II	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
III	88	4.78	51.4	12.44	10.0	1316	
IV	4.46	23.7	14.7	49.3	14.1	2.7	
V	1.3	23.7	14.7	31.9	14.1	2.7	
VI	3.26	0	2.4	28.4	2.08	31	
K	1	0.8	0	3.95	230	420	
Na	12.4	17	115	3.95	0.15	0.48	
NH4	8.73	67	72.7	16.03	78.2	17.2	
Ca	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
Mg	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
Fe(T)	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
Fe(F)	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
B	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
L1	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
Mn	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
SiO2	7.38	5.6	26	60	38	33.5	
CO2	1.45	3.85	3.53	4.17	2.87	1.5	
HCO3	29	385	353	655	479	483	
CO3	0	63	33	64	24.8	64	
SO3	24.3	62.5	85.4	165	150	180	
Cl4	20.6	23.7	64.9	206	114.4	231	
I	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
F	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
S	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
NO2	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
NO3	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	
PO4	8.80	81.37	2008	10.36	1.385	1.36	

	51	52	53	54	55	56	57
PH	7.8	6.05	8.00	8.50	7.7	8.7	8.3
I	175	1120	1340	500	750	70	
II	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
III	116	434	732	1240	902	1372	76
IV	1.6	17.45	2.83	17.84	1.11	1.11	
V	1.12	21.56	17.45	2.83	17.84	1.11	1.11
VI	0.95	1.13	0	0	0	0	
K	1.4	0.7	11	31	20	34	0.8
Na	13	17	116	375	172	400	3
NH4	8.02	60	72	12	88	4	6
Ca	2.4	62	32	5	24	2.4	2.4
Mg	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(T)	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(F)	8.02	60	72	12	88	4	6
B	8.02	60	72	12	88	4	6
L1	8.02	60	72	12	88	4	6
Mn	8.02	60	72	12	88	4	6
SiO2	21	20	59	197	70	210	2
CO2	0.6	47	5.9	15	14	2.8	1.3
HCO3	24	407	451	558	494	427	18
CO3	0	30	0	0	0	60	0
SO3	33	48	135	170	205	218	10
Cl4	24	24	69	192	114	216	6
I	8.02	60	72	12	88	4	6
F	8.02	60	72	12	88	4	6
S	8.02	60	72	12	88	4	6
NO2	8.02	60	72	12	88	4	6
NO3	8.02	60	72	12	88	4	6
PO4	8.02	60	72	12	88	4	6

	51	52	53	54	55	56	57
PH	7.5	8.3	8.5	8.5	8.2	8.9	
I	85	350	600	550	600	1250	
II	1.06	4.28	670	640	742	1314	
III	1.71	27.98	1576	1507	1812	0.44	
IV	0.56	21.0	1576	0	1512	0	
V	1.15	6.58	0	4	0	8	
VI	0.3	0.2	3	4	4	8	
K	12	16	124	120	112	420	
Na	8.02	60	72	12	88	4	6
NH4	4	4	4	4	4	4	
Ca	5	5	5	5	5	5	
Mg	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(T)	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(F)	8.02	60	72	12	88	4	6
B	8.02	60	72	12	88	4	6
L1	8.02	60	72	12	88	4	6
Mn	8.02	60	72	12	88	4	6
SiO2	15	17	98	43	95	130	
CO2	0.6	3.07	1.92	1.74	3.18	0.76	
HCO3	12	384	384	354	318	305	
CO3	0	36	36	24	24	150	
SO3	27	75	130	133	100	183	
Cl4	20	27	71	70	84	220	
I	8.02	60	72	12	88	4	6
F	8.02	60	72	12	88	4	6
S	8.02	60	72	12	88	4	6
NO2	8.02	60	72	12	88	4	6
NO3	8.02	60	72	12	88	4	6
PO4	8.02	60	72	12	88	4	6

	51	52	53	54	55	56	57
PH	6.69	7.86	7.86	7.43	7.11	8.84	
I	94	680	740	1180	1220	1550	
II	1.08	4.86	580	534	558	1326	
III	4.15	1.71	21.76	14.02	11.65	14.65	0.57
IV	1.40	0.48	15.60	14.02	11.65	14.65	0.57
V	2.75	0.87	2.16	0	0	0	
VI	1.5	1.2	1.2	15	30	46	
K	12	16	58	220	235	400	
Na	8.02	60	72	12	88	4	6
NH4	4	4	4	4	4	4	
Ca	5	5	5	5	5	5	
Mg	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(T)	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(F)	8.02	60	72	12	88	4	6
B	8.02	60	72	12	88	4	6
L1	8.02	60	72	12	88	4	6
Mn	8.02	60	72	12	88	4	6
SiO2	23	25	30	79	72	133	
CO2	5.4	1.067	9.92	3465	55	1.28	
HCO3	18	427	397	550	550	427	
CO3	0	12	0	0	0	66	
SO3	44	95	117	150	176	205	
Cl4	16	25	55	116	132	226	
I	8.02	60	72	12	88	4	6
F	8.02	60	72	12	88	4	6
S	8.02	60	72	12	88	4	6
NO2	8.02	60	72	12	88	4	6
NO3	8.02	60	72	12	88	4	6
PO4	8.02	60	72	12	88	4	6

	51	52	53	54	55	56	57
PH	6.3	7.4	6.9	7.17	6.85	8.78	
I	113	510	510	1240	1550	1600	
II	122	372	690	970	878	1334	
III	2.09	18	1735	1081	1472	1.12	
IV	1.40	17.92	17.35	10.51	14.72	1.12	
V	0.67	0.08	0	0	0	0	
VI	1.7	0.8	3.2	27	25	40	
K	12	13	170	250	250	400	
Na	8.02	60	72	12	88	4	6
NH4	4	4	4	4	4	4	
Ca	5	5	5	5	5	5	
Mg	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(T)	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(F)	8.02	60	72	12	88	4	6
B	8.02	60	72	12	88	4	6
L1	8.02	60	72	12	88	4	6
Mn	8.02	60	72	12	88	4	6
SiO2	32	44	100	160	110	300	
CO2	24.8	24.8	55.2	54.3	21.66	1.42	1.24
HCO3	31	387	476	543	476	31	
CO3	0	6	0	12	0	66	
SO3	44	88	278	206	222	28	
Cl4	19	22	66	137	110	195	
I	8.02	60	72	12	88	4	6
F	8.02	60	72	12	88	4	6
S	8.02	60	72	12	88	4	6
NO2	8.02	60	72	12	88	4	6
NO3	8.02	60	72	12	88	4	6
PO4	8.02	60	72	12	88	4	6

MAYIS-1986

HAZIRAN-1986

SUBAYR-1986

OCAG-1986

	51	52	53	54	55	56	57
PH	6.32	7.90	7.54	7.90	7.54	7.19	6.78
I	98.58	570	740	1500	900	840	860
II	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958
III	116	742	502	656	656	656	656
IV	1.6	24	15	15	15	15	15
V	0.6	23	3	0	0	0	0
VI	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
K	13	15	115	165	165	195	403
Na	8.02	60	72	12	88	4	6
NH4	4	4	4	4	4	4	4
Ca	5	5	5	5	5	5	5
Mg	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(T)	8.02	60	72	12	88	4	6
Fe(F)	8.02	60	72	12	88	4	6
B	8.02	60	72	12	88	4	6
L1	8.02	60	72	12	88	4	6
Mn	8.02	60	72	12	88	4	6
SiO2	20	20	47	64	73	182	
CO2	9.6	5.54	20.45	40.9	13.23	1.1	
HCO3	12	482	409	405	525	372	
CO3	0	6.0	0	0	0	0	
SO3	17	50	132	116	177	175	
Cl4	21	24	43	82	51	223	
I	8.02	60	72	12	88	4	6
F	8.02	60	72	12	88	4	6
S	8.02	60	72	12	88	4	6
NO2	8.02	60	72	12	88	4	6
NO3	8.02	60	72	12	88	4	6
PO4	8.02	60	72	12	88	4	6

	51	52	53	54	55	56	57
PH	8.09	7.95	8.07	8.07	8.07	7.25	8.87
I	1500	560	900	840	860	1400	
II	1.39	22.2	15.6	14.7	11.7	2.7	
III	0.34	0	2.2	1.6			

TEMUZ-1986

AĞUSTOS-1986

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
PH	7.5	8.1	7.5	8	8.4	8.4	8.07	8.28	8.31	8.41	8.30	8.86										
I	115	450	1050	750	1400	1400	250	250	1000	500	880	820										
II							0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99										
III	70	450	845	652	1066	1066	100	308	248	662	806	1168										
IV	2.17	2124	1517	1250	3.22	3.22	2.74	2148	1584	8.72	1286	9.15										
V	1.40	212	1517	1250	3.22	3.22	1.40	1932	1584	8.72	1286	9.15										
VI	0.77	0	0	0	0	0	1.34	2.16	0	0	0	0										
K	0.3	0.15	4	4	6	6	1.1	0.6	17	16	16	26										
Na	16	16	170	130	320	320	13	17	211	170	143	335										
NH4	K02	K02	0.38	K02	K02	K02	K0.1	K0.1	0.42	K0.1	K0.1	0.73										
Ca	4	56	64	56	4	4	9	53	72	31	55	11										
Mg	7	58	27	22	12	12	6.4	61	25	19	20	33										
Fe(T)	K01	K01	K01	K01	K01	K01	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1										
As(T)	K02	K02	0.04	K02	0.15	0.15	0.01	K0.01	0.07	0.02	0.02	0.09										
B	0.11	0.29	7.1	4.5	10.3	10.3	K0.1	K0.1	7.2	5.5	4.1	11.6										
Li	K0.2	K0.2	0.4	0.4	1.3	1.3	K0.1	K0.1	0.4	0.3	0.3	0.7										
Mn					1.06	1.06	31	20	72	56	51	109										
S102	19	25	66	49	2.49	2.49	0.37	3.36	4.6	3.07	3.6	0.88										
CO2	1.55	5.4	10.6	7.6	41.5	41.5	31	421	567	513	452	354										
HCO3	31	451	530	475	60	60	0	0	0	0	0	84										
CO3	0	13	0	0	18	18	18	39	147	95	152	167										
SO4	16	46	188	112	163	163	22	24	121	55	80	177										
Cl	17	20	100	72	164	164																
F																						
S	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1										
K02	K02	K02	K02	K02	K0.2	K0.2	K02	K02	K02	K02	K02	K02										
K03	3.8	K0.2	K0.2	K0.2	K0.2	K0.2	4.5	K0.2	2.6	5.7	17.5	3.2										
PO4	K0.2	K0.2	K0.2	K0.2	K0.2	K0.2	K005	K005	K005	K005	K005	K005										

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
PH	5.1	5.2	5.1	5.2	5.1	5.1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6										
I	5.5	7.01	6.4	6.7	7.0	7.6	7.84	7.92	7.01	7.22	7.04	7.78										
II	110	610	420	1060	560	1380	120	510	860	840	1250	580										
III	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99										
IV	130	530	440	830	510	1230	138	406	786	766	1180	854										
V	7.06	41.5	220.5	24.5	30.6	13F	3.2F	19.17	16.62	15.79	2.84	13.08										
VI	3.5F	37F	20.5	24.5	30F	13F	3.08	19.17	16.62	15.79	2.84	13.08										
K	3.5	4.5	0	0	0	0	0.12	0	0	0	0	0										
K	1.4	0.8	3.2	20	18.6	27	1.2	0.8	14	18	28	19										
Na	14	20.4	34	166	152	340	17	23	160	148	408	220										
NH4	K0.1	K0.1	K0.1	1.5	K0.1	0.50	K0.1	K0.1	K0.1	0.17	K0.1	1.53										
Ca	12	70	51	63	88	24	11	53	71	70	15	44										
Mg	10	58	20	22	20	17	7.2	51	29	26	3.2	30										
Fe(T)	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1	K0.1										
As(T)	K02	K02	K02	0.03	0.02	0.13	K001	K001	0.02	0.01	0.1	0.05										
B	K0.1	K0.1	0.5	5	4	10	K0.1	K0.1	4.9	4.6	12	5.4										
Li	K0.5	K0.5	K0.5	0.5	0.5	1.0	K0.1	K0.1	0.6	0.6	1.5	0.8										
Na	20	26	19	53	53	115	15	19	57	53	113	74										
S102	10	10	20	40	20	20	1.67	8	80	47	92.8	10.97										
HCO3	43	451	275	520	439	519	67	403	500	470	580	439										
CO3	0	0	0	0	0	0	k3	0	k3	6	k3	24										
SO4	24	41	37	120	140	155	14	35	115	142	178	133										
Cl	27	27	27	106	85	170	20	23	50	77	187	108										
F																						
S	K0.5	K0.5	K0.5	K0.5	K0.5	K0.5	0.01	0.01	K001	K001	K001	K001										
K02	K001	K001	K001	0.04	K001	0.01	0.01	0.01	K001	K001	K001	K001										
K03	K0.1	K0.1	K0.1	0.4	K0.1	0.4	6.2	2.2	3.4	18	2.2	2.8										
PO4	K0.1	K0.1	K0.1	0.6	K0.1	0.6	K005	K005	K005	K005	K005	K005										

60-Balçova kaynağı(1976),61-Balçova kaynağı,62-İlca dereesi(1972), 63-B-1 kuyusu,64-B-3 kuyusu,65-B-4 kuyusu,66-B-5 kuyusu,67-B-6 kuyusu,68-B-7 kuyusu,69-B-9 kuyusu(Şubat-1984),70-B-9 kuyusu(mart-1984), 71-Balçova kaynağı(1985),72-S-1 kuyusu(analiz Japonya'da 1986 de yapıldı),k küçük,i illetkenlik,II spesifik gravite,III buharlaşma hızı,IV-V-VI toplam geçici kalsiyum sertlikler(61 ve 64'ler As)

ÖZGEÇMİŞ

Servet Yılmaz 1948 yılında Nazillide doğdu. İlk öğrenimini Nazilli-Sevindikli köyünde tamamladıktan sonra orta öğrenimini Nazilli Ortaokulu ile Nazilli Lisesinde bitirdi(1967). Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesinin jeoloji bölümünü 1973 yılında jeoloji Yüksek Mühendisi olarak bitirdi ve MTA Genel Müdürlüğü Petrol ve Jeotermal Enerji Dairesinde çalışmaya başladı. 1976 yılında dört ay süreli kısa dönem askerliğini yaptıktan sonra gene aynı daireda görev aldı. Servet Yılmaz 1981 yılında MTA Ege Bölge Müdürlüğüne(İZMİR) naklen atandı. Aydın-Ömerbeyli jeotermal alanının keşfinde de bulunan yazar, buradaki çalışmalarından dolayı MTA Genel Müdürlüğünden takdirname aldı.

Servet Yılmaz 1984 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde " Ege Bölgesindeki Bazı Sıcaksu Kaynaklarının Hidrojeoloji Ve Jeokimyasal İncelemeleri " adlı Yüksek Lisans tezini tamamlamıştır.

Araştırmacı 1986-87 yıllarında Türk-Japon işbirliği şeklinde gerçekleştirilen "Dikili-Bergama Jeotermal alanı araştırma projesi" nde çalışmış ve 1987 de Japonyanın sağladığı bir aylık burs ile Japonyaya gitmiş ve orada jeotermal enerji eğitimi görerek sertifika almıştır. Halen MTA Genel Müdürlüğü-Ege Bölge Müdürlüğünde jeotermal enerji araştırmalarında çalışmakta olan Servet Yılmaz evli ve bir çocuk babasıdır.