DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

URLA İÇMELER - TURASAN (İZMİR) JEOTERMAL ALANIN HİDROJEOLOJİSİ

Özge ŞAMLI

Aralık, 2016
İZMİR

URLA İÇMELER - TURASAN (İZMİR) JEOTERMAL ALANIN HİDROJEOLOJİSİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı

Özge ŞAMLI

Aralık, 2016
İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖZGE ŞAMLI, tarafından **PROF.DR. GÜLTEKİN TARCAN** yönetiminde hazırlanan **"URLA İÇMELER-TURASAN (İZMİR) JEOTERMAL ALANIN HİDROJEOLOJİSİ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gültekin TARCAN

Yönetici

Prof. Dr. Ünsal Gemici

Jüri Üyesi

Prof.Dr.Fikret Kasaroğlu

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Emine İlknur CÖCEN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı yürüten, hazırlanmasında her türlü bilgi, tecrübe ve desteklerini benden esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Gültekin Tarcan'a başta olmak üzere, çalışma hayatım ve tez çalışmalarım boyunca destek ve yardımlarını eksik etmeyen, her zaman bana yol gösteren Gayzer Yerbilmleri LTD. şti.'nin yönetici Sayın Dr. Servet Yılmazer'e, büro ve arazi çalışmalarında yanımda olan Jeoloji Müh. Seray Işık ve Jeoloji Müh. Sayın Murat Durgay 'a katkılarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

Son olarak, tüm hayatım boyunca bana maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemeyen ve beni her konuda destekleyen tüm aile bireylerine gösterdikleri sabır ve anlayışlarından dolayı saygı ve minnetlerimi sunarım.

Özge ŞAMLI

URLA İÇMELER-TURASAN (İZMİR) JEOTERMAL ALANIN HİDROJEOLOJİSİ

ÖZ

Çalışma alanı, İzmir'in batısında ve yaklaşık İzmir İl merkezine 35 kilometre uzaklıkta bulunan Urla İçmeleri ve doğusunu kapsamaktadır. Karaburun yarımadası ile Anadolu'nun bağlantısında yer alan inceleme alanının stratigrafik istifinde alttan üste sırasıyla; temelde Alt Triyas yaşlı Andız kumtaşı birimi, Orta - Üst Triyas yaşlı İçmeler kireçtaşı, Üst Kretase - Paleosen yaşlı Demircili karmaşığı, Neojen yaşlı Urla tortulları, Neojen yaşlı volkanitler ve en üste Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelir. İnceleme alanında tektonik hatlar genel olarak, kuzeydoğu - güneybatı, kuzeybatı-güneydoğu ve kısmen kuzey - güney şeklinde gelişmiştir. Sahada mevcut olan jeotermal akışkanlar, bu birimlerin oluşturduğu stratigrafik istifte fay boyunca yükselerek yüzeylenmektedir.

İnceleme alanından alınan sıcak ve soğuk su örnekleri üzerinde laboratuarda jeokimyasal deneyler yapılmış olup, suların hidrojeokimyasal özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Yapılan hidrojeokimyasal değerlendirmelere göre, sıcak suların sodyum klorürlü sular ve soğuk suların çoğunluğunun kalsiyum bikarbonat, kalsiyum – magnezyum bikarbonat, kalsiyum – sodyum bikarbonatlı sular sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Yöredeki sıcak suların yüzey sıcaklıkları 22 - 37 santigrat derece arasında değişmekte ve bu suların kökenlerinin deniz suyu orijinli olduğu anlaşılmıştır. Soğuk suların sıcaklığı ise, ortalama 20 santigrat derece olup denize yakın kesimlerde aşırı çekime bağlı tuzlanmaların olduğu görülmüştür.

Analizlenen sıcak sularda uygulanan çeşitli jeotermometre teknikleri ile sistemin hazne kaya sıcaklığı maksimum 171 santigrat derece olarak tahmin edilmiştir. 2013 yılında Urla İçmeler bölgesinde yapılan derin sıcak su sondajında hesaplanan akifer sıcaklıkları elde edilememiştir.

Anahtar kelimeler: Urla, jeotermal, hidrojeoloji, hidrojeokimya.

HYDROGEOLOGY OF URLA İÇMELER-TURASAN (İZMİR) GEOTHERMAL FIELDS

ABSTRACT

The Study area covers the region of Urla İçmeler and its west which is in the west of Izmir and about 35 km to the city center of Izmir. The stratigraphic sequence of the study area which is located in connection of Karaburun Peninsula and Anatolia includes the following lithological units from the bottom to to; Middle-Upper Triassic İçmeler limestone, Upper Cretaceous-Paleocene Demircili melange, Neogene Urla sedimentaries, Neogene Urla volcanics, Quarternary alluvials The tectonic lines in the study area were developed in North-East to South-West and North-West to South-East directions. Geothermal fluid in the field rises along the fault in stratigraphic sequence.

Geochemical experiments were conducted in the laboratory on cold and hot samples obtained from study area to reveal the hydro-chemical features of waters. According to the hydrogeochemical evaluation, hot waters are in the sodium chloride class cold waters are in calcium-bicarbonate, calcium-magnesium bicarbonate and calcium sodium bicarbonate class. The surface temperature of hot waters in the region, changes between 22-37 santigrate degree and the origin of those waters were found out to be sea. Water the average temperature of cold waters are 20 santigrate degree and salinization caused by excessive abstraction in areas that are close to the sea.

The maximum reservoir rock temperature of the geothermal system is estimated to be 171 santigrat degree based on some geothermometer ealculations used in the analysis of hot water. Those temperatures could not be obtained calculated for the deep hot water well in Urla İçmeler region drilled in 2013 could not be obtained.

Keywords: Urla, geothermal, hydrogeology, hydrogeochemistry**.**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜRLER iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER LİSTESİ x
TABLOLAR LİSTESİ xiii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

1.1 Çalışma Alanın Yeri 1
1.2 Çalışmanın Amacı 2
1.3 Önceki Çalışmalar 2
1.4 Morfoloji 7
1.5 İklim 9
1.6 Bitki Örtüsü 12
1.7 Tarım ve Hayvancılık 12
1.8 Ulaşım 12
1.9 Materyal ve Yöntem 12

BÖLÜM İKİ - JEOLOJİ 14

2.1 Bölgesel Jeoloji 14
2.2 Stratigrafik Jeoloji 17
2.2.1 İçmeler Kireçtaşı Birimi 20
2.2.2 Demircili Karmaşığı 22
2.2.3 Urla Tortulları 26
2.2.4 Urla Volkanitleri 29
2.2.5 Ballıkaya Çakıltaşı Birimi 33
2.2.6 Alüvyon 34

2.3 Yapısal Jeoloji 35
2.3.1 Faylar 37
2.3.2 Kıvrımlar 41
2.3.3 Eklem Takımları ve Çatlakları 41

BÖLÜM ÜÇ - JEOFİZİK 46

3.1 Jeofizik Çalışmalar 46
3.1.1 Gravite Yöntem 47
3.1.2 Manyetik Yöntem 48
3.1.3 Self Potansiyel Yöntemi (SP) 51
3.1.4 Elektrik Özdirenç (Rezistivite) Yöntemi 53

BÖLÜM DÖRT - HİDROJEOLOJİ 55

4.1 Bölgenin Hidrojeolojik Yapısı 55
4.2 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri 55
4.3 Su Noktaları 57

BÖLÜM BEŞ - HİDROJEOKİMYA 68

5.1 Arazi Çalışmaları 68
5.2 Laboratuvar Çalışmaları 69
5.3 Değerlendirme 70
5.4 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş Birincil İyonlar 70
5.5 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş İkincil ve Üçüncül İyonlar 73
5.6 Suların Sınıflanması 75
5.6.1 Suların Fasiyes Tipine Göre Sınıflanması 76
5.6.2 Piper Üçgen Sınıflaması 78
5.6.3 Schoeller Yarı Logaritmik Diyagrama Göre Suların Sınıflandırılması 79
5.6.4 Suların Hidrojen İyon Konsantrasyonu 80
5.6.5 Suların Elektriksel İletkenlik 83

5.6.6 Suların Sertliği 85
5.7 Suların İçilebilme ve Kullanılabilme Özellikleri 87
5.7.1 İçme Sularının Özellikleri 87
5.7.2 Kullanma (Sulama) Sularının Özellikleri 89
5.7.2.1 Suların Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)..... 90
5.7.2.2 Sulama Sularının Wilcox Diyagramına Göre Sınıflandırılması .92
5.7.2.3Suların ABD Tuzluluk Laboratuarı Diyagramı Göre Sınıflandırılması ve Sodyum Tehlikesi (SAR)..... 94
5.8 Suların Mineral Doygunluk İndeksleri..... 95
5.9 Jeotermal Sistemlerde Hazne Sıcaklıklarının Saptanması 97
5.9.1 Kimyasal Jeotermometreler..... 98
5.9.2 İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreler..... 100
5.9.3 Birleşik (Kombine) Jeotermometre Uygulamaları 101
5.10 Suların Karışım Oranlarının Saptanması..... 102
5.11 Deniz Suyu Girişiminin Önlenmesi 103

BÖLÜM ALTI – SONUÇ VE ÖNERİLER..... 105

KAYNAKLAR 111

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası 1
Şekil 1.2 Çalışma alanı morfolojisinin uydu görüntüsü 8
Şekil 1.3 1962 - 2014 yılları arasında İzmir - Urla İlçesi'ndeki 52 yıllık sıcaklık ve yağış ortalamalarına göre Thronwhite yöntemiyle hesaplanan buharlaşma-terleme diyagramı 11
Şekil 2.1Karaburun yarımadasının Neojen öncesi kaya birimlerine ait genelleştirilmiş strarigrafik kolon kesiti 15
Şekil 2.2 Karaburun yarımadasının genel jeoloji haritası 16
Şekil 2.3 İnceleme alanına ait genelleştirilmiş kolon kesit 18
Şekil 2.4 İnceleme alanın jeoloji haritası 19
Şekil 2.5 Urla İçmelerinin batısında Çeşme yolu üzerinde mostra veren İçmeler kireçtaşlarından görünüm 21
Şekil 2.6 İçmeler bölgesinde kalan Çarpan tepenin kıyı kesimlerinde görülen Megalodan fosilli İçmeler kireçtaşından bir görünüm 22
Şekil 2.7 Demircili karmaşığında gözlenebilen bir kesit 23
Şekil 2.8 Yağcılar köyü yolu üzerinde Demircili karmaşığından bir görünüm 25
Şekil 2.9 Ovacık yolu üzerinde mostra veren çörtlü seviyelerden bir görünüm 26
Şekil 2.10 Küp sırtında gözlenen killi kireçtaşlarından bir görünüm 27
Şekil 2.11Turasan güneyi İzmir - Çeşme karayolu üzerinde görülen Urla tortullarından bir görünüm 28
Şekil 2.12 Ilıksu güneyinde görülen killi kireçtaşlarından bir görünüm..... 28
Şekil 2.13 Karaburun ve yakın çevresindeki volkanitlere ilişkin radyometrik yaşlar.29
Şekil 2.14 Saraç tepede mostra veren Urla volkaniklerinden bir görünüm 31
Şekil 2.15 Bozavlu Tepe bölgesindeki volkanitlerin genel görünümü 31
Şekil 2.16 Özbek köyü yolu üzerinde bulunan tüf-tüfitlerden bir görünüm..... 32
Şekil 2.17 Ovacık köyü güneybatısında görülen Urla volkaniklerine ait bazalt bloklarından bir görünüm..... 32
Şekil 2.18 Çeşme-Karaburun yol ayrımı ve devamında görülen Ballıkaya çakıltaşından bir görünüm..... 33

Şekil 2.19 İçmeler ovasında görülen alüvyonal birime genel bakış..... 34
Şekil 2.20 İskele bölgesinde görülen Kuvaterner yaşlı alüvyona genel bir bakış..... 35
Şekil 2.21 Batı Anadolu'nun paleotektonik kuşakları; Menderes masifi, İzmir-Ankara zonu ve Karaburun kuşağının genel uzanımı 36
Şekil 2.22 Ortadoğu Ege çöküntüsünün yapısal-stratigrafik basamakları 37
Şekil 2.23 Karaburun yarımadasının ve çalışma alanın genel tektonik özellikleri... 38
Şekil 2.24 KB - GD doğrultulu İçmeler fayını kesen ve kaynak oluşumunu sağlayan faydan bir görünüm 39
Şekil 2.25 Küp sırtı kuzeyi İzmir-Çeşme karayolu üzerinde Neojen tortullarında görülen eğim atımlı normal faydan bir görünüm 40
Şekil 2.26 Küp sırtı kuzeyi İzmir-Çeşme karayolu üzerinde Neojen tortullarında görülen eğim atımlı normal faydan bir görünüm 40
Şekil 2.27 Küp sırtı İzmir-Çeşme karayolu üzerinde görülen Urla tortul biriminde kıvrımlanmalardan bir görünüm..... 41
Şekil 2.28 Demirciler köy yolu üzerinde Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarında izlenen tabakalanmadan bir görünüm 42
Şekil 2.29 İçmeler mevkinden geçen A-B jeolojik kesiti 44
Şekil 2.30 Turasan tepe-Saraç tepe arasından geçen C-D jeolojik kesiti..... 44
Şekil 2.31 Külcü tepe-İskele arasından geçen E-F jeolojik kesiti..... 45
Şekil 2.32 Özbek köyü-Maksut Mahallesi arasından geçen G-H jeolojik kesiti 45
Şekil 3.1 Çiftlik ovasında jeofizik çalışma yapılan alan 47
Şekil 3.2 (a) Gravite ölçüm noktaları, (b) yerel Bouger haritası, (c) genel alanında anomalilerin görünümü 49
Şekil 3.3 (a) Manyetik ölçüm noktaları, (b) toplam manyetik anomali haritası, (c) genel alanında anomalilerin görünümü 50
Şekil 3.4 Çiftlik ovasındaki self-potansiyel ölçüm profiller ve anomali haritası…. 52
Şekil 3.5 İçmeler ovasındaki SP ölçüm noktalarının arazideki dağılımını gösteren harita 53
Şekil 3.6 Jeofizik ölçüm noktalarının (DES) dağılımını gösterir harita 54
Şekil 4.1 Örneklenen su noktalarının yerlerini gösteren harita..... 57
Şekil 4.2 Ilıksu kaplıcası kaynağı ve kaptajından bir görüntü 61

Şekil 4.3 Ilıksu kaynaklarının jeotermal sistem içindeki oluşumunu açıklayan ölçesiz şematik kesit 61
Şekil 4.4 Gülbahçe kaplıcasından bir görüntü 62
Şekil 4.5 Gülbahçe kaplıca kaynağının oluşumunu açıklayan ölçeksiz kesit 63
Şekil 4.6 Urla İçmeler kaynağından bir görüntü 64
Şekil 4.7 Mega sıcak su sondajında yapılan üretim testinden genel bir görüntü 65
Şekil 4.8 Mega sıcak su kuyusu teçhiz planı 66
Şekil 4.9 Mega sıcak su kuyusuna ait kuyu logu 67
Şekil 5.1 İçmeler kaynağından alınan su örneğinin pH, EC, tuzluluk, sıcaklık ölçümünden bir görüntü 69
Şekil 5.2 İnceleme alanında örneklenen suların piper üçgen diyagramındaki sınıflamaları (derişimler %mek/lt cinsinden) 79
Şekil 5.3 İnceleme alanında örneklenen suların scholler yarı logaritmik diyagramda gösterilişi 80
Şekil 5.4 Örneklenen suların Wilcox diyagramına göre sınıflandırılması 93
Şekil 5.5 İnceleme alanında örneklenen suların ABD tuzluluk diyagramına göre sınıflandırılması 94
Şekil 5.6 Çalışma alanında örneklenen suların Na-K-Mg üçgen diyagramına göre sınıflandırılması 102
Şekil 5.7 Aşırı pompaj sebebiyle oluşan tuzlu su girişimi 104

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 1926-2014 yılları arasında İzmir ili-Urla ilçesindeki sıcaklık ve yağış ortalamalarına göre buharlaşma-terleme tablosu 10
Tablo 5.1. İnceleme alanında yer alan sıcak ve soğuk suların analizleri 71
Tablo 5.2 TS 266 (2005) ' ya göre içme suyu standartları 73
Tablo 5.3 İnceleme alanında yer alan bazı sıcak ve soğuk sulara ait çözünmüş ikincil iyon değerleri 75
Tablo 5.4. Suların Uluslararası Hidrojeologlar Birliğine göre sınıflandırılması 77
Tablo 5.5 İnceleme alanından alınan su örneklerinin pH değerleri 82
Tablo 5.6 Suların elektriksel iletkenliğine göre sınıflaması..... 92
Tablo 5.7 Çalışma alanında örneklenen suların EC' ye göre sınıflanması 83
Tablo 5.8. Fransız Sertliği'ne Göre Suların Sınıflaması 85
Tablo 5.9 İnceleme alanındaki suların sertlik değerleri 86
Tablo 5.10 İçme suyu kalite parametreleri..... 88
Tablo 5.11 % SAR' a göre sulama sularının sınıflaması 91
Tablo 5.12 İnceleme alanında örneklenen suların SAR' a göre sınıflaması 99
Tablo 5.13 Çalışma alanındaki suların % Na ve EC (mS/cm) değerleri..... 92
Tablo 5.14 Çalışma alanındaki suların mineral doygunluk indeksleri..... 96
Tablo 5.15 Kimyasal jeotermometre hesaplamalarının sonuçları..... 99
Tablo 5.16 Örneklenen suların karışım oranları 103

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı, İzmir'in batısında ve İzmir İl merkezine yaklaşık 35 km uzaklıkta bulunan Urla İçmeleri ile İçmelerin doğusunu kapsamaktadır. Karaburun yarımadası ile Anadolu'nun bağlantı yerinde yer alan inceleme alanı, doğudan Güzelbahçe ve Seferihisar, batıdan Çeşme, kuzeybatıdan Karaburun, kuzeyden Ege Denizi, güneyden ise Demircili ve Yağcılar köyleri ile sınırlandırılmıştır (Şekil 1.1).

İzmir L17-a3 paftasında yer alan inceleme alanı 210 km² olup, Gülbahçe kaplıcası kaynağını, Urla İçmeleri ile Ilıksu kaplıcası kaynağını kapsamaktadır.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google Maps, 2016).

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak sunulmak üzere hazırlanmıştır.

Çalışmalara topografik harita temini ve önceki çalışmalar hakkında veri derlemesi yapılarak başlanılmış, bu kapsamda çalışma alanı jeotermal jeoloji, hidrojeoloji, hidrotermal alterasyon, tektonik yönden çalışılmış ve 1/25000 ölçeğinde haritalanmıştır. Daha sonra bölgede var olan sıcak ve soğuk sular ile 2013 yılında İçmeler kaynağının yaklaşık 1,5 km doğusunda açılan sıcak su sondajından su örnekleri alınarak kimyasal analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda suların kökenleri, içilebilirlik, tarımsal ve termalizm uygulamalarının yanı sıra çeşitli jeotermometre yöntemleri kullanılarak inceleme alanındaki sıcak su noktalarının hazne kaya sıcaklıkları saptanmıştır. Bunun dışında çalışma alanının jeolojisi göz önüne alınarak bölgenin hidrojeolojik yapısı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1.3 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve yakın çevresinde resmi ve özel kurumlar ile üniversiteler tarafından jeoloji, hidrojeoloji, jeokimya ve jeotermal amaçlı çalışmalar yapılmıştır.

Egemen (1957), Urla ilçesi ve çevresinde yaptığı çalışmalarda; alanın temelini yersel mermerleşmiş, karstik özellikte, denizel kökenli, Mesozoyik kireçtaşlarının oluşturduğunu ve bu birimin üzerine ise yaşlı kumtaşı-şeyl ardalanmasından yapılı birimin geldiğini belirterek Neojen yaşlı birimleri iki seviyeye ayırmıştır.

- Alt seviye= Denizel kökenli tüf ve marn
- Üst seviye= Gölsel oluşumlu küçük kömür düzeyleri içeren tortullar.

Kalafatçıoğlu (1961), Karaburun Yarımadası' nda yaptığı genel incelemelerde, Demircili Köyü'nün batısında yer alan birimin, başlıca şist, arkoz, konglomera, grovak ve kuvarsitten oluştuğuna değinir. Ayrıca şist ve grovak içinde esmer renkli

kalker bantlarının da bulunduğunu belirtir. Bu birimi Karaburun Yarımadası' nın en eski formasyonlarına dâhil ederek Devoniyen yaşını veren araştırıcı, bölgedeki kireçtaşlarının Üst Kretase yaşlı olduklarını öne sürmüştür. İçmeler batısındaki kireçtaşlarında Trocholina cft. Lenticularis fosili bulmuş ve Senomaniyen-Türoniyen yaşını vermiştir. Ayrıca İçmeler güneyindeki esmer renkli, kalsit damarlı sert kalkerlerde Verneuilinidae fosili bulunduğuna değinen yazar; bölgedeki en genç birimlerin, Neojen yaşlı kumtaşı, kiltaşı, marn, kireçtaşı ve tüfler olduklarını belirtir.

Akartuna (1962), İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla bölgelerinde yaptığı çalışmalar sonucunda, bölgedeki temel kayaçların metamorfikler olduğunu, bu birimin üzerine uyumsuz olarak 'Kretase formasyonu' adını verdiği fliş biriminin geldiğini belirtir. Urla ilçe merkezinin 6,5 km güneybatısında renkli kireçtaşlarından bahseder ve bu kayaların fliş üzerine uyumlu, şistler üzerine uyumsuz olarak geldiğine değinir. Kireçtaşlarının ince kesitlerinde, Lituolidae, Rotaliidae, Biloculina sp., Triloculina sp., Quinqueloculina sp., Textulariidae, Bryozoer, Mercan, Krinoid sapları, Ekinid spikülleri, alg ve oolitik konkresyonlar bularak Maestrihtiyen yaşını vermiştir.

Öngür (1972), İzmir-Urla arasında 380 km² ' lik bir alanda 1/ 50,000 ölçekli harita alımı yapmış, 'İçmeler Kalker formasyonu' olarak adlandırdığı İçmeler çevresindeki kireçtaşlarının Operculina, Discocycdina., Aulotartus sp. fosilleri içerdiğini ve Jura-Eosen yaşında olabileceğini belirtmiştir. İçmeler kalker formasyonunun İzmir fliş formasyonunu uyumsuz olarak üstlediğini vurgulayan yazar, bu birimlerin de Urla kireçtaşı, konglomera formasyonu ile uyumsuz olarak üstlendiğini belirtir.

Borsi ve diğer. (1972), bölgedeki volkanik kayaçlarda yaptıkları radyometrik yaş tayinlerinde yöredeki riyolitik volkanitlere 11,9 milyon yıl yaş vermişlerdir.

Savaşçın (1978), Urla bazaltlarının kuzey - kuzeybatı doğrultulu düşey atımlı faylar boyunca yerleşerek dizildiğini belirtmiş ve Urla volkanizması için Miyosen yaşını vermiştir.

Ercan (1979), Urla-Seferihisar yörelerinde, alkalin nitelikli, Orta Miyosen yaşlı, hem bazik hem de asidik bir volkanizmanın meydana geldiğini, lavların alkali bazaltik, trakitik, alkali riyolitik ve riyolitik türde olduğunu belirtmiştir.

Gümüş (1979), İzmir' in güneybatısında ve inceleme alanının doğusunda yaptığı çalışmada Paleozoyik yaşlı kristalin şist ve mermerlerden oluşan Dere Boğazı meta tortul birimi üzerine uyumsuz olarak gelen Kretase yaşlı İnpınar kireçtaşı birimi ve bu birimi uyumlu olarak örten Kretase sonu yaşlı İzmir fliş biriminden bahseder ve İzmir fliş birimini Neojen yaşlı Çamlı çakıltaşı biriminin uyumsuz olarak üstlediğini belirtmiştir. Ege Bölgesi' nde yaptığı bölgesel ölçekli çalışmalarda, Urla kireçtaşı olarak adlandırdığı birimin başlıca kireçtaşı, kalkerli çamurtaşı, kiltaşı az olarak litarenit ve tüften yapılı olduğunu belirtir. Bu birimin Mesozoyik yaşlı birimlerden türeme çakıllardan yapılı çakıltaşı, çakıllı kireçtaşı düzeyi ile temel üzerine oturduğuna değinen yazar, birimin belgesel yayılım içinde Foça tüfünü, Dikili andezit karmaşığını Karaburun formasyonunu üstlediğini, Ovacık bazalt ve Menteş trakit girmeleri ile kesildiğini öne sürer.

Kaya (1979), Ege bölgesinin kendine özgü yapısal-stratigrafik özellikler taşıyan bloklardan yapılı olduğunu, orta Ege kıyı kuşağında Neojen kayalarının başlıca KD ve K gidişli çizgisel yükselti ve çöküntü bloklarının kontrolü altında oluştuğunu belirterek bunların korunduğunu veya silindiğini belirtmiştir.

Gümüş ve Savaşçın (1984), taban çakıltaşı ile başlayan Neojen serilerinin kumtaşı, çakıltaşı ardalanması, killi kireçtaşı, volkanosedimanter çakıltaşı, tüf, tüfit, killi kireçtaşı ve magmatik türevlerden oluştuğuna değinen yazarlar, magmatizmanın en az iki düzeyde gözlendiğini ve Batı Anadolu' daki değişik kökenli, farklı petrografik-jeokimyasal özellikli volkanitlerin tümüne bölgede rastlandığını belirtirler.

Filiz ve Yalçın (1984), Ildır-Balıklıova arasında Paleozoyik kırıntılı ve karbonatlı kayaların batıda Triyas, Jura ve Kretase yaşlı büyük çoğunluğu karbonatlı pek azı kırıntılı olan kayaçları alanın orta kesiminde, Neojen volkanitlerin ise doğuda ve

batıda yüzeylediğini belirtirler. Karbonatlı kayalarda dikey akaçlamanın, volkanik kayaçlardaysa yüzey akaçlamasının önem taşıdığını belirten araştırıcılar Gülbahçe kaynağında suyun yeraltında uzun bir yol izlediğini belirtirler.

Erdoğan (1988), İzmir-Ankara zonunda f1iş fasiyesindeki tortullar içinde çapı 20 km' yi aşan kireçtaşı blok ve mega bloklarından bahseder ve bu kireçtaşlarının Karaburun Yarımada'sındaki karbonat istifi ile benzerliğine değinir. Araştırıcı Karaburun İlçe merkezi ve yarımadanın Anadolu' ya bağlandığı, Urla İlçesi yakınında olmak üzere iki ayrı yerde Bornova karmaşığı benzeri kayalarla, Karaburun karbonat istifinin ilişkisinin gözlendiğini ve bu dokanakların normal stratigrafik ilişkilerle açıklanamayacak yapısal karmaşıklıklar sunduğunu belirtir.

Tarcan (1989), yüksek lisans çalışmasında, bölgenin temelini Mesozoyik yaşlı Urla kireçtaşı oluşturduğunu, Orta-Üst Triyas yaşlı bu kireçtaşı birimin üzerini Üst Kretase yaşlı Urla karmaşığının uyumsuz olarak örttüğünü belirtmiştir. Neojen yaşlı volkanitler, Urla karmaşığının üzerine uyumsuz bir dokanakla yerleşmiş, en üstte yer alan Kuvaterner yaşlı alüvyon en genç oluşukların olduğunu ifade etmiştir. Bölgede sığ gölsel ortamda çökelen kireçtaşları önemli bir akiferdir. Bölgede gözlenen fayların doğal bir sonucu olarak bazı kaynakların olduğunu söylemiştir.

Erdoğan (1990), Batı Anadolu'da, İzmir çevresinde üç tektonik kuşağın yer aldığını ve bu kuşakları doğudan batıya doğru, Menderes masifi, İzmir-Ankara zonu ve Karaburun kuşağı olarak belirtmiştir. Ayrıca Erdoğan çalışmasında, Orta-Üst Miyosen'de başlayıp günümüzde devam eden ve Batı Anadolu'daki grabenleri oluşturmuş D-B uzanımlı neotektonik yapıların bu eski tektonik kuşakları kesmiş ve parçalamış olduğunu, paleotektonik kuşakları tanınmayacak ölçüde birbirinden ayırmasa da çöküntü alanlarını dolduran tortul dolgu, birçok yerde bu sınırları örterek gizlediğini ve özellikle Karaburun kuşağı ile İzmir-Ankara zonu arasındaki ilişkiyi, birkaç sınırlı alan dışında, Neojen tortullarının örttüğünü ifade etmiştir. Alt Triyasdan Alt Kretaseye kadar devamlılık sunan bu Mesozoyik istifinin üzerinde uyumsuz olarak Kampaniyen-Mestrihtiyen yaşlı karbonat kayalar ile fliş fasiyesinde kumtaşlarından meydana gelen Balıklıova formasyonu bulunmaktadır. Yine bu

çalışmada, yukarıda stratigrafisi sıralanan Karaburun kuşağının her tarafından, Bornova Karmaşığı adı verilen bloklu bir birim ile çevrelendiği belirtilmiştir. Çalışma alanımızdaki Seferihisar bölgesinde yer alan bu bloklu birimin, ileri derecede ezilmiş bir fliş matriksden meydana geldiğine ve İzmir-Ankara zonu içerisinde Mestrihyen ile Daniyen aralığında oluştuğuna da değinmişlerdir. Bornova karmaşığı ile Karaburun kuşağının dokanak ilişkilerinin, Karaburun platformunun İzmir-Ankara zonu içerisine bu zonun açılımı sırasında tektonik taşınmalarla nap şeklinde ilerlediğini ifade etmişlerdir.

Türkecan ve diğer. (1998), çalışma alanının da içinde yer aldığı Karaburun yarımadasının, Erken Miyosen ve Orta Miyosen dönemlerinde, bazaltik andezitten riyodasite kadar değişen bileşimde ve yüksek potasyumlu kalkalkalen karakterli bir volkanizmanın etkinliği altında kaldığını belirtmişlerdir.

Yaman (1999), yüksek lisans çalışmasında, Gülbahçe kaplıcası ve Ilıksu kaplıcası sıcak su kaynaklarının gerek sıcaklık ve gerekse kimyasal özellikleri ile biribine benzediklerini belirtmiştir. Açık jeotermal sistem sınıfına giren inceleme alanındaki iki sıcak su kaynağının hazne kayası karstik İçmeler kireçtaşı birimi, örtü kayası Yağcılar birimi ve ısı kaynağı tektonik hatlar boyunca yükselen genç volkanik etkinliklerdir. Kökenini deniz suyunun oluşturduğu sıcak su kaynakları, yüzeye erişirken büyük oranda soğuk deniz suyu ile karıştığından hazne kaya sıcaklığı çok düşük olduğunu söylemiştir.

Tarcan (2001), makalesinde, Gülbahçe körfezindeki hidrotermal karst kaynaklarının, çıkış sıcaklıklarının 35-37 ºC, elektriksel iletkenliklerinin 51600-58400 mS/cm, suda çözünmüş toplam katı madde içeriklerinin 26420-35380 mg/l arasında olduğunu, Na-CI bileşenli bu termal suların karstik İçmeler kireçtaşlarından boşalım yaptıklarını söylemiştir. Gülbahçe ve Ilıksu sıcak su kaynakları olarak adlandırılan bu kaynakların deniz suyu bileşimli olduğunu, bu oranın %64-92 oranında değişmekte olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak bu jeotermal karst sistemlerinin, hidrojeokimyasal değerlendirmeler sonucunda soğuk deniz bileşenli ve düşük entalpili (90-100 ºC) sistemler olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanındaki sular

$Ca\text{-}HCO_3$, Na-Cl' lı sular sınıfına girmekte olup, çalışma alanında örneklenen yeraltısularının jips anhidrit, kuvars, manyezite yerüstüsularının dolomite kalsedona ve kuvarsa doygun sular olduğunu ifade etmiştir.

Tarcan (2001), Gülbahçe kaynağını izotop teknikleriyle incelerken, Gülbahçe kaplıca kaynağının suyunun kökeni deniz suyu olduğunu ve ^{18}O zenginleşmesi göstermesi nedeniyle hazne kaya sıcaklığının yüksek olabileceği ve jeotermal enerji açısından elverişli olabileceğini söylemiştir.

Çakmakoğlu ve Bilgin (2006), Karaburun Yarımadası'nda, kendi içinde oldukça düzenli Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı göreli bir otokton istif ile allokton konumlu çeşitli tektono-stratigrafik birimlerin bulunduğunu ifade etmişler ve buna göre açıklamışlardır. Bütün bu birimlerin, Neojen-Kuvaterner yaştaki çeşitli kaya birimleri tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü belirtmişlerdir.

Pamukçu ve diğer. (2013), Gülbahçe jeotermal alanında jeofizik yöntemlerinin uygulanması çalışmasında, inceleme alanında gravite, manyetik self potansiyel, özdirenç yöntemlerini kullanmışlardır. Bu çalışmalar sonucunun Gülbahçe fayının batısında derinleşen olası bir jeotermal sistemin varlığını işaret ettiğini, araştırma bölgesinde sıcak suyun, deniz kıyısında sadece girişim şeklinde ve yüzeye yakın yerleştiği daha iç kesimlerde ise 170 metre gibi derin kırık sistemleri ile taşındığını söylemişlerdir.

1.4 Morfoloji

Bölgenin morfolojik görünümü jeolojik yapısıyla ilişkili olmaktadır. Çalışma alanının batısı, güneybatısı ve yer yer kuzeyinde mostra veren Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile inceleme alanının kuzeyinde mostra veren Urla volkanitleri oldukça yüksek ve engebeli bir topografya sunmaktadır. İçmeler mevkinde, Özbek köyü çevresinde ve inceleme alanın kuzeydoğusunda alüvyonlar geniş düzlükler oluşturur. Çalışma alanının büyük bir kesiminde Neojen tortullar mostra verir ve bu kesimlerde genellikle hafif engebeli bir topografya izlenir (Şekil 1.2).

İnceleme alanında kalan belli başlı tepeler; İçmeler tepe, Çarpan tepe, Maksut tepe, Eskidağ tepe, Akbaba tepe, Değirmendağı tepe, Nalbant tepe, Beylik Tepe, Malkaça Tepe, Karakaya tepe, Ayyıldız tepe, Bozavlu tepe, Değirmendağı tepedir. Çalışma alanı içerisinde ve dışında olmak üzere bölgede ciddi anlamda su taşıyan dereler yoktur. Bu dereler genellikle Ege denizine dökülürler. Var olanlar daha ziyade yağmurlara bağımlı olarak akış gösteren dereciklerdir. Bunlar; Çakal deresi, Karapınar deresi, Kaplan dere, Pınarlı dere, Urlacık deresi, Bozavlu deresi, Akpınar deresi, Kaynarca deresi, Burgaz dere, Karamersin dere, Akpınarlı dere, Koca dere vb. derelerdir.



Şekil 1.2 Çalışma alanı morfolojisinin uydu görüntüsü (Google Maps, 2015).

1.5 İklim

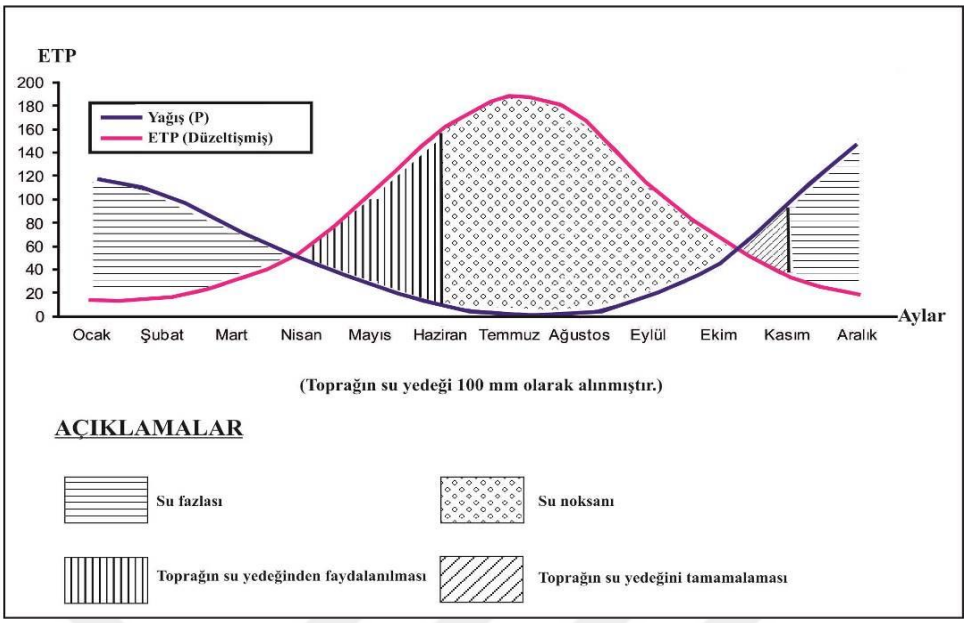
İklim, yeryüzünün şekillenmesinde aktif rol oynayan önemli bir faktörlerin başında gelmektedir. Çalışma alanı, yarı kurak-
az nemli alan içinde yer almaktadır. İnceleme alanının, yaz aylarını sıcak ve kurak, kış aylarını ılık ve yağışlı olduğu Akdeniz iklimini yansıttığı görülmektedir. Karaburun Yarımadası' nın Anadolu' yla bağlantı yerinde olan çalışma alanı (Urla-Gülbahçe Bölgesi) kuzey-güney doğrultulu esen rüzgârların etkisi altında kalmaktadır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan iklim verilerine göre (Şekil 1.3); Ortalama sıcaklıklar 8,3 °C ile 27 °C (yıllık ortalama 16,7 °C) arasında, ortalama en yüksek sıcaklıklar 12,6 °C (Ocak) ile 32,7 °C (Temmuz) arasında, ortalama en düşük sıcaklıklar 4,5 °C (Ocak) ile 20,4 °C (Temmuz) arasında, ortalama rüzgar hızları 2,5m/s (Nisan) ile 3,9 m/s. (Temmuz) arasında, nispi nem oranları % 53 (Temmuz) ile % 72 (Aralık) arasında değişmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 599,5 mm, en fazla yağış Aralık ayında ortalama 117,6 mm, en az yağış Ağustos ayında ortalama 0,5 mm' dir.

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 52 yıllık (1962-2014) iklim verilerine göre ortalama sıcaklık ile yağış bilgileri hakkında genel bilgiler elde edilmiştir (Tablo 1.1). Yıllık ortalama sıcaklık 17,93 ºC, yıllık ortalama yağış miktarı 690,1 mm' dir. 1962-2014 yılları arasındaki veriler kullanılarak bölgenin deneştirmeli nem bilonçosu Thronwhite yöntemi uygulanarak hazırlanmıştır. Su bilançosunun hesaplanması ve kurak dönem ile yağışlı dönemin daha iyi yorumlanabilmesi için yağış (P, mm) ve düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terlemenin (Etpc) yıllık değişim grafiği çizilmiştir (Şekil 1.3).

Tablo 1.1 1926-2014 yılları arasında İzmir İli-Urla İlçesi'ndeki sıcaklık ve yağış ortalamalarına göre buharlaşma-terleme tablosu (Thronwhite).

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık Sıcaklık ortalaması (ºC)	8,8	9,4	11,7	15,9	20,9	25,7	28	27,6	23,6	18,9	14,1	10,6	-
Sıcaklık İndisi (i)	2,35	2,60	2,62	5,76	8,71	11,92	13,57	13,28	10,48	7,49	4,80	3,12	87,731
Yağış (P-mm)	118,6	103,8	75,3	48,3	26,9	8,5	1,9	2	17,3	44,5	95,5	147,5	690,1
Pot. Buharlaşma-Terleme (Etp-mm)	16,094	18,273	27,847	50,254	85,063	126,636	149,350	145,271	107,473	70,090	39,879	23,027	859,257
Enlem Düzeltme Katsayısı (38º)	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,255	1,175	1,04	0,96	0,84	0,825	-
Düzeltilmiş Etpc	13,68	15,35	28,68	55,28	104,63	157,03	186,69	169,97	111,77	67,29	33,50	19,110	962,98
Rezerv su (mm)	100	100	100	93,02	15,293	0	0	0	0	0	62,002	100	-
Gerçek Buharlaşma-terleme (Etr-mm)	13,680	15,349	28,682	55,280	104,62	23,793	1,9	2	17,300	44,500	33,498	19,112	359,714
Su Noksanı(mm)	0	0	0	0	0	133,235	184,788	167,967	94,472	22,786	0	0	603,248
Su Fazlası(mm)	104,92	88,451	46,618	0	0	0	0	0	0	0	0	90,389	330,378
YAS' a Sızan Su (I)	75,120	81,785	64,197	32,099	16,049	8,025	4,012	2,006	1,003	0,502	0,251	45,320	330,369
P-I	43,480	22,015	11,103	16,201	10,851	0,475	-2,112	-0,006	16,297	43,998	95,249	102,18	359,724



Şekil 1.3 1962-2014 yılları arasında İzmir-Urla İlçesi'ndeki 52 yıllık aylık sıcaklık ve yağış ortalamalarına göre Throntwhite yöntemiyle hesaplanan buharlaşma-terleme diyagramı.

Yapılan hesaplamalara göre kurumsal su tablasının yağışlı ve kurak devrelerdeki bütçeleri aşağıdadır.

Yağışlı devrelerde su bütçesi, 1962-2014 yılları arasındaki veriler kullanılarak hazırlanan yağış (P,mm) ve düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terlemenin (Etpc) yıllık değişim grafiğine bakıldığı zaman Nisan ayı sonuna kadar yağış miktarı (P), buharlaşmadan (Etp), fazladır. Nisan ayı dâhil toplam yağış miktarı 346 mm'dir. Toplam buharlaşma (Etp) 112,47 mm'dir. Burdan P-Etp=233,53 mm olan yağış fazlası yüzey ve yeraltısularını besler. Kurak devrenin sonunda bir sonraki yağışlı devrenin başlangıcından Kasım ayından itibaren yağış (P) buharlaşmadan (Etp) fazladır. Bu yağış 100 mm zemin yedeğini tamamlar. Geri kalan kısım akarsu ve süzülmeye gider.

Kurak devrelerde su bütçesi, 1962-2014 yılları arasındaki veriler kullanılarak hazırlanan yağış (P, mm) ve düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terlemenin (Etpc) yıllık değişim grafiğine bakıldığı zaman Mayıs ayında yağış Etp'den azdır ve zemin yedeği Haziran ayında tüketilir. Böylece Ekim sonuna kadar su açığı açığa çıkar. Sonuna kadar yağış miktarı (P), buharlaşmadan (Etp), fazladır. Kurak dönemde

toplam buharlaşma 734,14 mm, toplam yağış 101,1 mm'dir. 101,1 mm'lik su tamamen buharlaştıktan sonra 100 mm'lik zemin yedeği harcanır ve su açığı ortaya çıkar.

1.6 Bitki Örtüsü

Urla bölgesinde kızılçam, bozuk kızılçam alanları, bozuk karışık baltalık orman ve maki toplulukları, ziraat alanları ile fıstıkçamı görülür. Genel olarak dar alanlarda Halep çamı, bozuk meşelikler, geniş alanlarda maki toplulukları egemendir.

1.7 Tarım ve Hayvancılık

İnceleme alanı ve yakın çevresinde zeytinciliğin yanı sıra sebze ve meyve tarımı yapılmaktadır. Tarım sektöründeki en çok uğraşı alanı tahıl, zeytincilik, sebze, meyve ve çiçekçiliktir. Zeytinalanı ve İçmeler Mahallesi ile Kuşçular köyündeki seralarda sebze üretimi yoğunluktayken, Özbek Mahallesi'nde kesme çiçek ve süs bitkileri üretilmektedir. Tarım dışında büyükbaş ve küçükbaş hayvan besiciliği ve balıkçılık ekonomik girdinin diğer önemli kaynakları arasındadır.

1.8 Ulaşım

Çalışma alanından geçen en önemli karayolu İzmir-Çeşme ilçesini bağlayan O-32 karayoludur. Mordoğan ve Karaburuna ulaşım da bu yoldan sağlanır. Bunun dışında inceleme alanında bulunana köylere ve mahallelere ulaşım asfalt yollarla olmaktadır.

1.9 Materyal ve Yöntem

Yüksek lisan tezi doğrultusunda yapılan çalışmalara ilk olarak literatür çalışması yapılarak başlanılmıştır. Daha sonra sırasıyla arazi, laboratuar ve büro çalışmaları şeklinde tamamlanmıştır. Literatür çalışmaları, İzmir-Urla ve çevresinde yapılan jeolojik, tektonik, hidrojeolojik, jeotermal çalışmaların derlenmesi ve elde edilen verilerin incelenmesi şeklinde yapılmıştır.

Arazi çalışmaları, 1/25000 ölçekte jeoloji haritasının yapımı, sıcak ve soğuk su örneklerinin alımı, örnekleme yapılan kaynak ve kuyu başlarında pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık ölçümü, örnekleme noktalarının GPS ile koordinatlarının belirlenmesi ile tez sürecinde özel sektör tarafından Urla-İçmeler mevkinde yapılan sondaj çalışmalarının izlenmesi şeklinde olmuştur.

Laboratuvar çalışmaları kapsamında çalışma alanından alınan sıcak ve soğuk suların kimyasal analizleri Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya Laboratuvarı' nda ve Çevre Mühendisliği Laboratuvarı' nda yapılmıştır. Örnekleme çalışmalarında seyreltilmiş hidroklorik asit, saf su, plastik şişeler kullanılmıştır. Laboratuar çalışmalarında katyonlar için atomik absorpsiyon yöntemi, alkalinite, karbonat, bikarbonat, klorür anyonları için titrasyon yöntemi ve sülfat için ise gravimetrik yöntem uygulanarak analizler tamamlanmıştır.

Büro çalışmalarında, analizi yapılan su örnekleri, hidrojeokimyasal program olan Aquachem 3.70, Phreeqci ve Watch 2010 programları kullanılarak yorumlanmıştır. Bu programlar yardımıyla inceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca Microsoft Office paket programı ve CorelDraw X5 programları da raporun yazımında, şekil ve grafiklerin çizilmesinde kullanılmıştır.

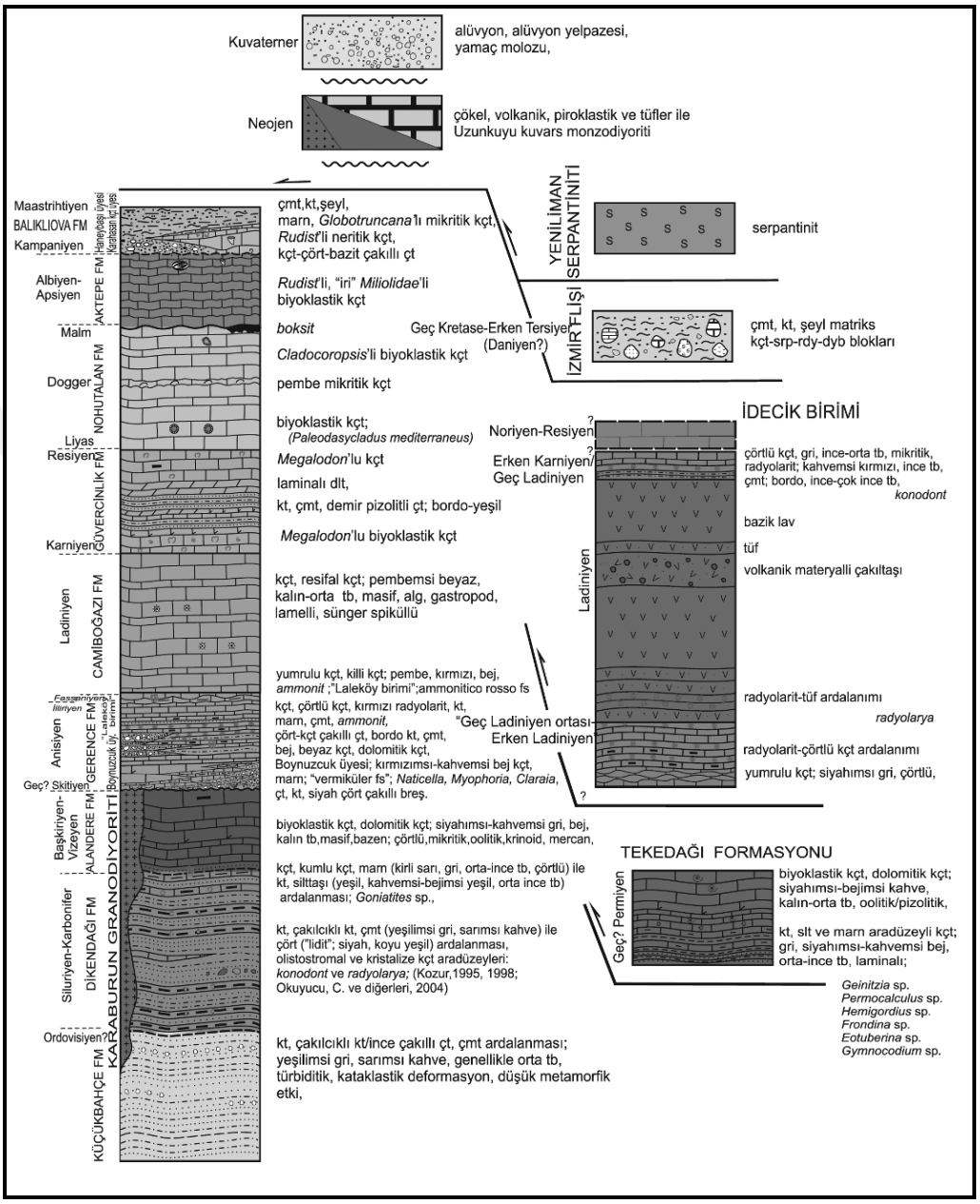
Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan 52 yıllık (1962-2014) ortalama yağış ve sıcaklık parametreleriyle de bölgenin iklim ve su durumuna ilişkin yorumlamalarda bulunulmuştur.

BÖLÜM İKİ
JEOLOJİ

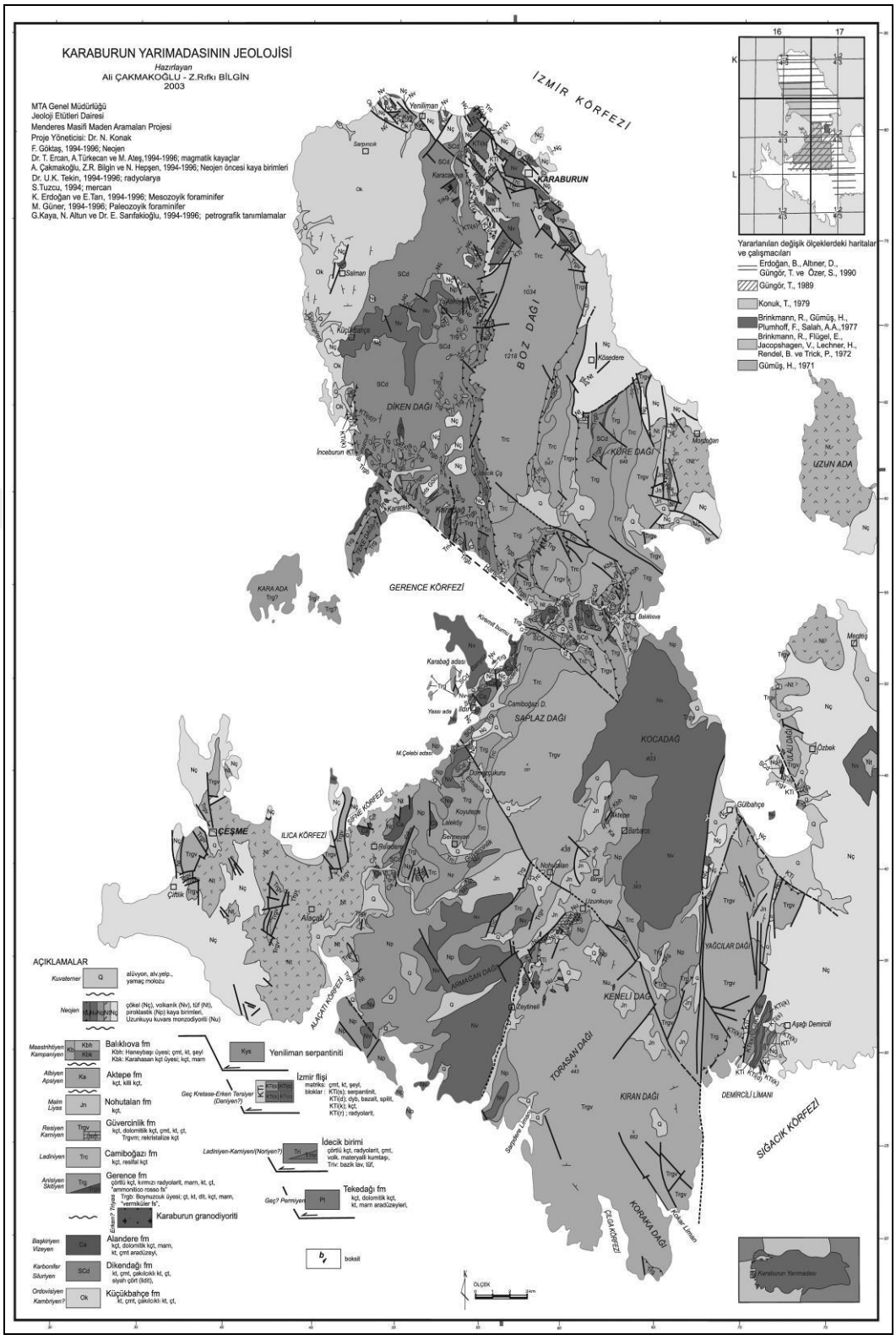
2.1 Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı ve çevresine bölgesel olarak bakıldığında, Karaburun yarımadasında, kendi içinde oldukça düzenli Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı göreli bir 'otokton' istif ile allokton konumlu çeşitli tektono-stratigrafik birimler bulunduğu görülmektedir. 'Otokton' istifin Paleozoyik yaşlı en alt biriminde türbiditik kumtaşı, silttaşı, çakıltaşı ve çamurtaşlarından oluşan kayalar bulunmaktadır. Bu formasyon Karareis, Karaburun Melanjı ve en son çalışmalara göre ise Salmanköyü civarında yüzeylenen temel kayalar Küçükbahçe formasyonu olarak adlandırılmış ve Ordovisiyen yaşı verilmiştir (Çakmakoğlu ve diğer., 2006). Aynı araştırıcılar, Yaylaköy civarındaki kayaları ise Silürüyen-Devon yaşlı Dikendağı formasyonu olarak tanımlamışlardır. Dikendağı formasyonun üzerine, kırıntılı karbonat kayalarla temsil edilen Vizeyen - Başkiriyen yaşlı Alandere formasyonu gelir ve bu birimleri Erken Triyas yaşlı Karaburun granodiyoriti keser. Karaburun bölgesinde sözü edilen temel kayaların üzerine diskordanslı olarak Neojen tortulları ile andezit, bazalt ve tüflerden oluşan volkanitler gelir. Paleozoyik temel üzerine uyumsuz olarak gelen Mesozoyik birimler sırasıyla, kumtaşları, çörtler, pelajik kireçtaşları ve az oranda çörtlü kireçtaşlarından oluşan Gerence formasyonu, masif kireçtaşlarından oluşan Camiboğazı formasyonu, stromatolitik dolomitler, Megalodonlu kireçtaşları ve kuvarsitik kumtaşlarından oluşan, Karniyen-Resiyen yaşlı Güvercinlik formasyonu, düzgün katmanlı kireçtaşlarından oluşan Nohutalan birimi, kireçtaşlarından oluşan Aktepe formasyonu, pelajik kireçtaşı-marn-kumtaşı-çamurtaşı birimlerinden oluşan Balıklıova formasyonu gelir. Otokton konumlu kaya birimlerin üzerine Permiyen yaşlı kumtaşı, silttaşı ve marn ara düzeyli kireçtaşı-dolomatik kireçtaşlarından oluşan Tekkedağı formasyonu, Ladiniyen-Erken Kambriyen yaşlı bazik volkanit, türbidit ve karbonatları kapsayan İdecik birimi, Geç Kretase - Erken Tersiyer yaşlı İzmir flişi ve Yeniliman serpantinitlerinden oluşan allokton birimler tektonik olarak bulunmaktadır. Bütün bu birimlerin üzerine, gölsel tortullarla ve bazalttan - riyolite kadar değişen volkanik kayaçlarla temsil edilen Neojen birimler ve en üstte

Kuvaterner yaşlı alüvyon bulunmaktadır (Çakmakoğlu ve diğer., 2006). Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik istifi Şekil 2.1'de, jeoloji haritası Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Karaburun yarımadasının Neojen öncesi kaya birimlerine ait genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Çakmakoğlu ve diğer., 2006).



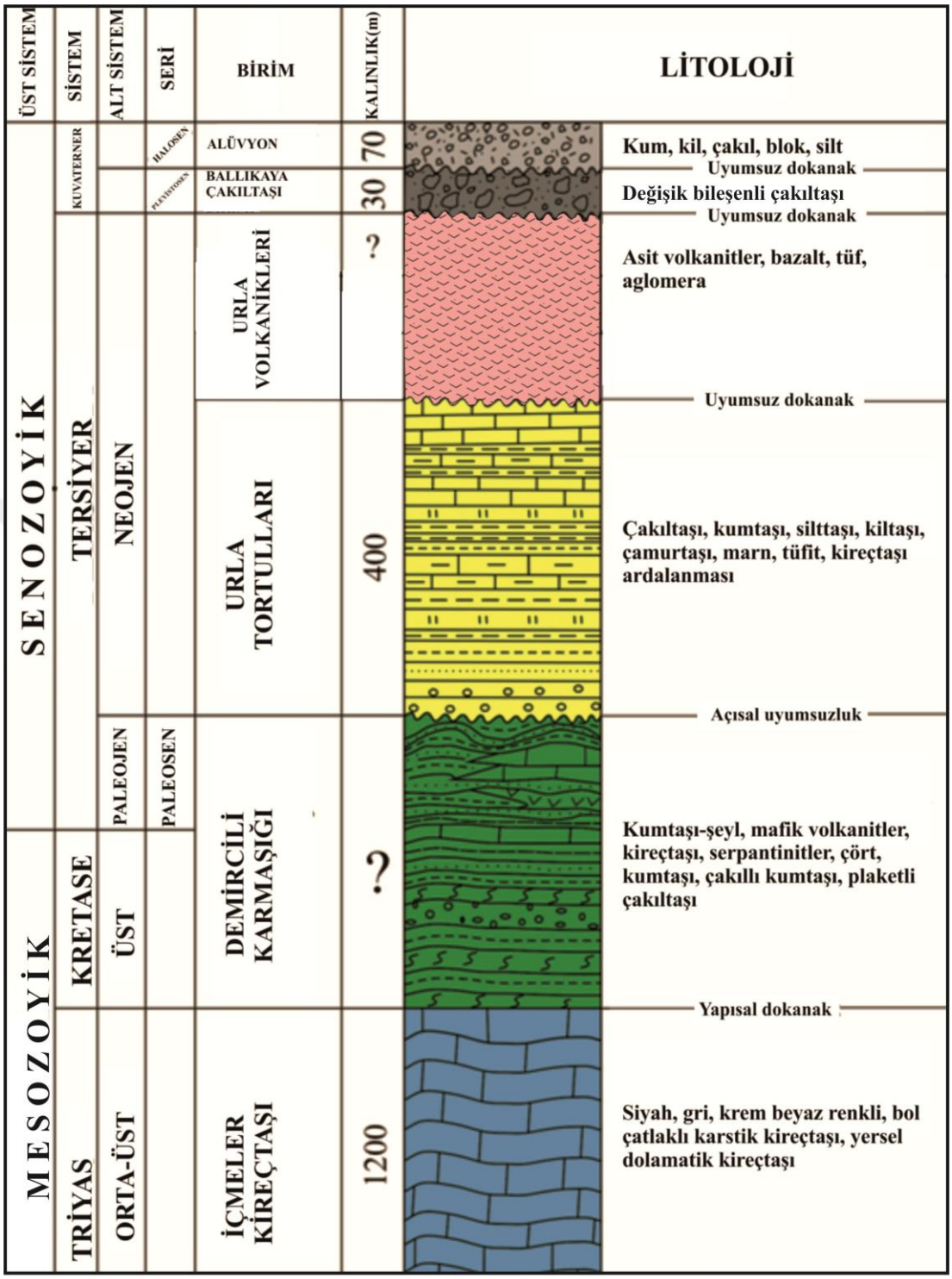
Şekil 2.2 Karaburun yarımadasının jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve diğer., 2006).

2.2 Stratigrafik Jeoloji

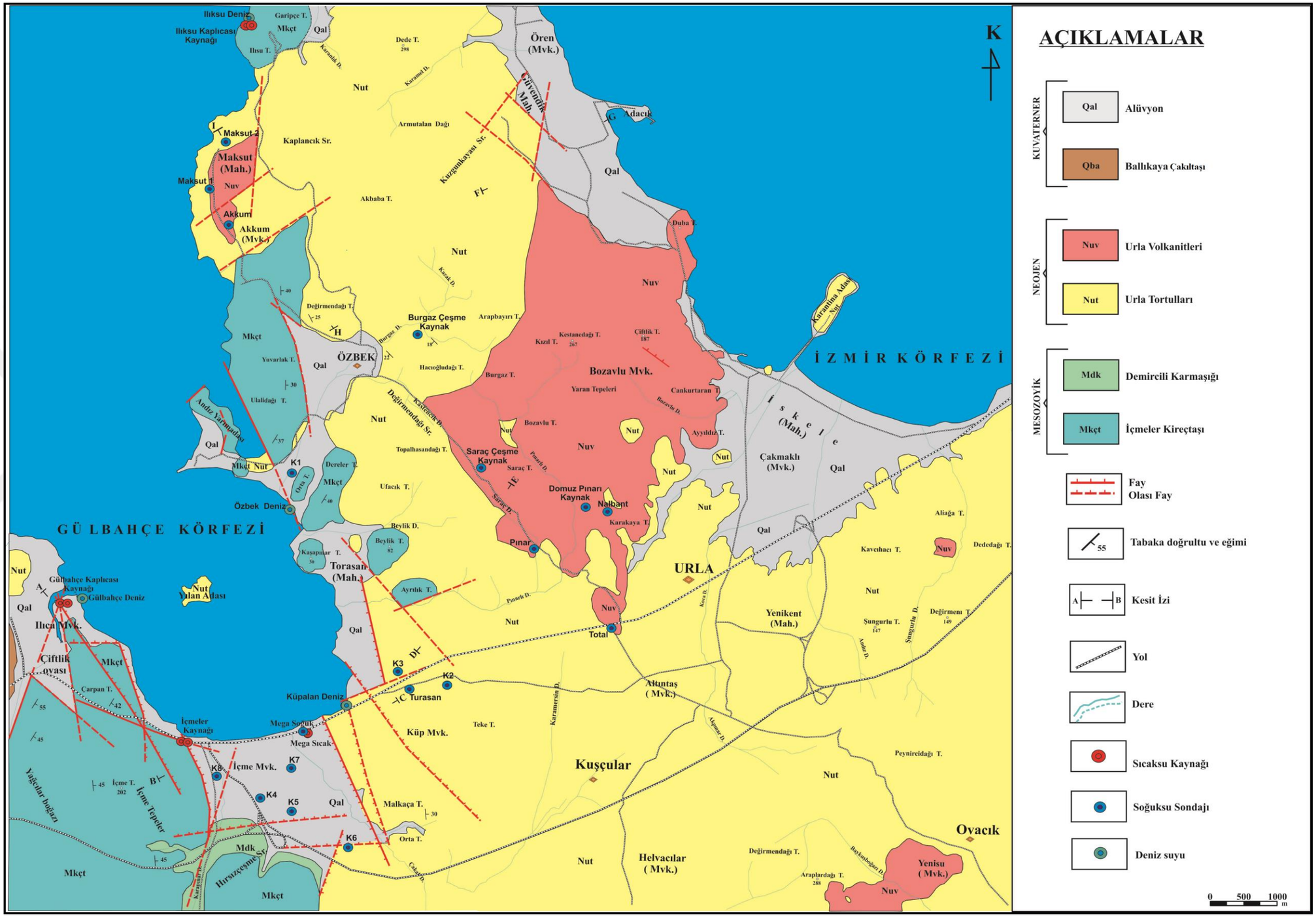
İnceleme alanının bulunduğu Urla bölgesinde stratigrafik olarak sırasıyla temelde Orta-Üst Triyas yaşlı İçmeler kireçtaşı, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Demircili karmaşığı, Neojen yaşlı Urla tortulları, Neojen yaşlı volkanitler ve en üste Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelir (Şekil 2.3).

Karaburun kuşağı birimleri ile Urla bölgesinde kalan ve bazı araştırıcılar tarafından İzmir flişi (Yılmazer,1989) olarakta adlandırılan Demircili karmaşığı birimleri Gülbahçe fayı ile birbirlerinden ayrılırlar ve karşı karşıya gelirler (Emre, 2005). Gülbahçe fayının doğusunda kalan inceleme alanında ise temel kaya olarak İçmeler kireçtaşları yer almaktadır. Urla içmeler bölgesinde en iyi şekilde görülen İçmeler kireçtaşları, yapısal dokanaklı olarak Üst Kretase-Paleosen yaşlı Demircili karmaşığını üstlemektedir. Bunların üzerine ise diskordanslı olarak Urla tortulları ve hepsinin üzerine Urla volkanitleri ve alüvyonlar gelmektedir (Şekil 2.4).

İnceleme alanında yer alan litolojik birimler hakkında yaş sırasına göre en alttan üste doğru bilgiler aşağıda sunulmuştur.



Şekil 2.3 İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit (Tarcan, 1989 değiştirilerek).



Şekil 2.4 İnceleme alanın jeolojik haritası (Yılmazer ve diğer., 2013).

2.2.1 İçmeler Kireçtaşı

İçmeler kireçtaşı en iyi şekilde Urla İçmeleri'nde görülmüş ve araştırmacılar tarafından İçmeler kireçtaşı birimi olarak tanımlanmıştır. Değişik tipte karstik kireçtaşlarından oluşan birim çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde kalan Özbek çevresinde, Turasan çevresinde, İçmeler-Gülbahçe çevresinde, İçmelerden güneye Yağcılara doğru uzanan kesimlerde mostra vermektedir Bu birim ismini İzmir-Karaburun yolu üzerinde kalan İçmelerden almakta ve bu bölgede en geniş yayılımını göstermektedirler. Bu kireçtaşları gri, siyah ve beyaz renklerde olup yer yer dolomitik özelliktedir. İçmeler kireçtaşı birimi Menteş, Karaburun ve Çeşme yönünde de yayılım göstermektedir.

Genel olarak krem beyaz, açık gri, koyu gri ve grimsi siyah renk tonlarında gözlenen birim, kristalize, sert ve kıymıklı kırılgan, ince taneli, orta - kalın düzenli katmanlı, bol çatlaklı, yer yer bitüm kokulu, ortaç dayanımlı kireçtaşları ve yersel dolomitik kireçtaşlarından yapılıdır. Eklem ve çatlaklar yer yer kalsit dolguludur. Yanal ve düşey yönde litoloji değişimleri belirgin olmamakla birlikte, alt kısımlara doğru yersel ikincil dolomitleşme gözlenmektedir (Tarcan, 1989). Bu birim Demircili karmaşığını tektonik bir dokanakla üstlemektedir. Tarcan (1989), İçmeler bölgesinde yapmış olduğu çalışmada bu birimin kalınlığını 1200 m olarak belirtmiştir. İnceleme bölgesinde yer alan kireçtaşları tektonik hareketler sonunda iyice parçalanmış ve yer yer çökmeler olmuştur. Bu çöküntü alanlarına Neojen yaşlı tortullar ve volkanitler doldurmuş olduğundan İçmeler kireçtaşları inceleme alanında birbirlerinden farklı lokasyonlarda görüntü sergilemektedir (Şekil 2.5, 2.6).

Birçok araştırmacının Üst Kretase, Jura-Eosen ve Triyas gibi değişik yaşlar verdiği İçmeler kireçtaşına, Neomegaladon sp. fosillerine dayanılarak Orta-Üst Triyas yaşı önerilmiştir. Son yıllarda diğer araştırmacılar da mikro fosillerin yaş tahlillerine dayanarak birime Orta - Üst Triyas yaşı önermişlerdir (Tarcan, 1989).



Şekil 2.5 Urla İçmelerinin batısında Çeşme yolu üzerinde mostra veren İçmeler kireçtaşlarından görünüm.

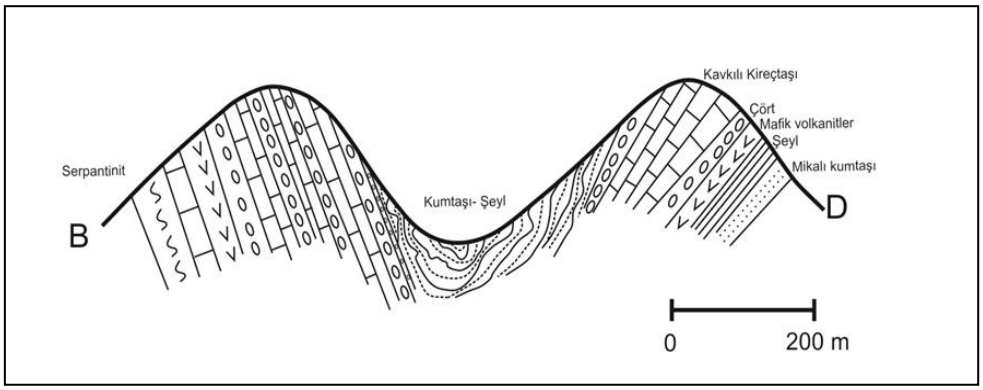


Şekil 2.6 İçmeler bölgesinde kalan Çarpan tepenin kıyı kesimlerinde görülen Megalodan fosilli İçmeler kireçtaşından bir görünüm.

2.2.2 Demircili Karmaşığı

Stratigrafik istifte İçmeler kireçtaşlarının üzerinde yer alan ve inceleme alanında İçmelerin güney kesiminde izlenen Demircili karmaşığı, İçmelerden güneye doğru gelen fayın batısında İçmeler kireçtaşları üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Ancak bu sınır bazı yerlerde faylıdır.

İnceleme alanında, İçmelerin güneyinde Hırsız çeşme sırtında görülen Demircili karmaşığı güneye doğru denize kadar kesintili şekilde uzanmaktadır. Demircili karmaşığı olarak işaret edilen birim fliş fasiyesinde tortul kayalar ve mafik volkanik ara katkılardan yapılı bir matriks ve bu matriks içinde yüzen irili ufaklı kireçtaşı bloklarından oluşmuştur. Demircili köyünün batısında 2832 enlem, 7072 boylamları arasında ve İçmeler mevkinin güneyinde yaygın olarak gözlenen Demircili karmaşığı; kumtaşı-şeyl ardalanması, çakıltaşı, kumtaşı, serpantinit, mafik volkanitler, kireçtaşı, çört, plaketli kireçtaşları gibi değişik türde kayaların oluşturduğu karmaşık bir birim olarak ifade edilmiştir. Sazlı pınardan geçen yaklaşık doğu-batı yönlü alınmış ölçeksiz ve şematik kesit (Şekil 2.7) biriminin karmaşıklığı hakkında bir fikir verebilir. Bazen 100 m² gibi küçük bir alanda 4-5 çeşit kaya biriminin gözlendiği Demircili karmaşığı, olasılıkla 'Bornova karmaşığı' adı verilen İzmir-Ankara zonuna ait kaya topluluğunun çok daha deforme olmuş bir devamıdır (Tarcan, 1989).



Şekil 2.7 Demircili karmaşığında gözlenebilen bir kesit (Tarcan, 1989).

Demircili karmaşığı yukarıda da belirtildiği gibi Bornova karmaşığının bir devamı kabul edildiğinde Üst Kretase - Paleosen yaşı verilmiştir. Demircili karmaşığı, İçmeler kireçtaşları üzerine tektonik bir dokanakla gelip yerleşmiştir. Yaygın bir denizaltı volkanizmasıyla birlikte fliş çökelimi sırasında naplaşmaya uğrayan İçmeler kireçtaşı biriminin bazı kesimlerinde Demircili karmaşığına ait sıvamalar gözlenir. Neojen yaşlı Urla tortulları, Demircili karmaşığı ile İçmeler kireçtaşı birimini açısal uyumsuz olarak örter. Orta Tepe bazalt birimi adı geçen üç birimi de keserek yüzeylemiştir. Birimde, yukarıda da belirtildiği gibi yanal ve düşey yönde sık sık litoloji değişimleri gözlenir. Bu nedenle, İzmir fliş formasyonunda da olduğu gibi Demircili karmaşığına ait değişik birimlerin litolojileri aşağıda verilmiştir (Tarcan, 1989).

Kumtaşı-şeyl ardalanması, grimsi yeşil, kahverengi renk tonlarında, ince, orta yer yer kaba taneli, ince orta düzenli katman1anma, ortaç dayanımlı kumtaşı ile sarımsı kahverengi-gri renkli, ince taneli, laminalı, dayanımsız şeyl ardalanmasından yapılıdır (Tarcan, 1989).

Kum-kil boyutunda tanelerden oluşan bir ara madde ve çapı 2 mm ile blok boyutuna erişen kötü boylanmış, ortaç iyi yuvar1ak1aşmış değişik çakıllar içeren çakı1taşlarının genel görünüşü kırmızımsı kahverengi-sarı renk tonlarındadır. Çakıllar bolluk sırasına göre kireçtaşı, kumtaşı ve şeyl olup yer yer tane desteklidir. Tane boyları üste doğru yersel yanal yönde küçülerek dereceli olarak kumtaşlarına geçer (Tarcan, 1989).

Ayrışma yüzeyleri yeşilimsi, açık-koyu kahverengi, taze yüzeyleri morumsu kahverengi, orta-kalın düzenli katmanlanma, iri-kaba taneli kumtaşları kötü boylanmıştır (Tarcan, 1989).

Ayrışma yüzeyleri beyazımsı yeşil renkli ve ağsı görünümlü, taze yüzeyleri açık-koyu yeşil renk tonlarında değişen, sabunsu kayganlıktaki serpantinitler ayrışarak yer yer talka dönüşmüşlerdir. Fliş fasiyesindeki tortullarla olan konumu belirgin değildir.

Büyük olasılıkla dalma batma zonlarındaki dalan litosfer parçasıyla kıtasal litosferin sürtünmesi nedeniyle derinlerden yüzeye doğru sürüklenen ultrabazik - bazik kayaçların fliş tortullaşma havzasında bileşimlerine su girmesiyle oluşmuşlardır (Tarcan, 1989).

Mafik Volkanitler, fliş fasiyesindeki tortullar arasında ara katkılı düzeyler halinde gözlenen birim ayrışma yüzeyleri siyahımsı kahverenkli, taze yüzeyleri kahverengi-yeşi1 renkli, gaz boşluklu, sert bol çatlaklı olasılıklı diyabaz türü kayalarla, denizaltı volkanitlerinden oluşur (Tarcan, 1989).

Fliş tortullaşma havzasında çökelmeyle eş yaşlı gelişen denizaltı volkanitlerine ait lavlar türbidit akıntısıyla karışarak tortullarla ara katkılı olarak çökelmişlerdir. Birim içinde yer yer çevre kayalardan anklavlar şeklinde parçacıklar (Özellikle kireçtaşı anklavları) bulunur (Tarcan, 1989).

Demirci1i karmaşığı içinde çeşitli boyutlardaki kireçtaşı bloklarının yanısıra, flişin katmanlanmasına koşut, orta katmanlı, gri renkli, küçük kirpik şekilli lamellibranch kavkıları içeren, sert, dayanımlı merceksel konumlu kireçtaşları yer alır. Yer yer ikincil olarak diyajenetik çörtleşmiş kireçtaşlarının flişe ait diğer tortullarla olan dokanağı geçişlidir. Ortamsal değişikliklerle fliş koşullarının geçici olarak değişmesiyle çökelmişlerdir. Çoğunlukla kırmızı, yersel yeşil renkli, ince taneli, dayanımlı, kılcal çatlaklı, sert, kırılgan, ince düzenli katmanlanmalı çörtler Sazlı pınarın doğusunda yer alan sırtta geniş yayılım sunar ve beyazımsı gri renkli, ince taneli, mikritik dokulu kırılgan, dayanımlı plaketli kireçtaşlarıyla ardalanmalıdır (Tarcan, 1989).

Çörtler içerdikleri radiolaria nedeniyle radyolarit olarak tanımlanabilir ve tipik olarak ofiyolitik serilerde gözlenir. Aşırı deformasyona uğrayan bu ardalanmalı düzeyler küçük ölçekli birçok kıvrım içerir (Şekil 2.10). Çörtlerle plaketli kireçtaşlarının ardalanmalı oluşu, çökelme sırasındaki jeokimyasal ortamın sık ve ani değişmeler gösterdiğini belirtir (Tarcan, 1989).



Şekil 2.8 Yağcılar köyü yolu üzeri nde mostra veren Demircili karmaşığından bir görünüm**.**



Şekil 2.9 Ovacık yolu üzerinde mostra veren çörtlü seviyelerden bir görünüm.

2.2.3 Urla Tortulları

Bu birim inceleme alanında bulunduğu gibi Urla, Seferihisar ve Çeşme yöresinde de dağılım göstermektedir. Bu çalışmada, Urla tortulları olarak adlandırılan birim, daha önce Tarcan (1989) tarafından Yağcılar birimi olarak ifade edilmiştir. Orta-Üst Miyosen yaşlı olarak ifade edilen bu birim burada da Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir.

Urla tortulları genellikle çalışma alanının yarısından fazla kısmında mostra vermişlerdir. Doğuda Turasan ve çevresinde, kuzeyde Özbek tarafında, Urla-Kuşçular ve Urla-Ovacık arasında yayılım gösterirler.

Urla tortulları killi kireçtaşı, çakıltaşı, kumtaşı, miltaşı ve silttaşlarından ibarettir. İnceleme alanı içerisinde kalan birim daha ziyade killi kireçtaşları şeklinde yaygındır (Şekil 2.10). Killi kireçtaşları genellikle tepe kesimlerde mostra vermektedir. Alt kesimlerde ise kiltaşı, miltaşı benzeri birimler bulunur.

Killi kireçtaşları litolojik olarak, beyazımsı, orta ile çok iyi arasında pekleşmiş, ince ile kalın arası tabakalıdır. Yer yer masif görünümle yer yer de bol çatlaklı ve kıvrımlı bir yapı gösterir. Marn ve kiltaşları beyazımsı, grimsi karbonatlı kayalardır. Tabaka kalınlıkları değişkendir. Çakıltaşları ise muhtelif irilikte ve litolojide tanelerden ibarettir. Bu birimin toplam kalınlığı ortalama 400 m civarındadır (Tarcan, 1989).



Şekil 2.10 Küp sırtında gözlenen killi kireçtaşlarından bir görünüm.

Üst bölgelerde kalan sert killi kireçtaşlarının alt kesimlerinde orta dayanımlı, gevrek ve iyi pekleşmiş kumtaşları kil arakatkılıdır. Yeşilimsi gri renkli kil ve silt boyutlarında tanelerden oluşmuş, az pekleşmiş, dayanımsız çamurtaşları, olasılıkla aynı yaşlı olarak gelişen volkanik etkinlik nedeniyle tüfitlerle yer yer yanal geçişlidir. Bu ardalanmalı düzeyler üzerine açık beyaz, bej renkli, ince taneli, bol kırıklı, yer yer az silisifiye, alg ve gastropot fosilleri içeren, yer yer kuşgözü (löferit) yapıları içeren, ince orta düzenli katmanlanma1ı gölsel kireçtaşları ile yine marn ve kiltaşı ardalanması da gelmektedir (Tarcan, 1989). İnceleme alanında mostra veren Neojen birimlerden görünümler Şekil 2.11 ve 2.12' de verilmiştir.



Şekil 2.11 Turasan güneyi İzmir - Çeşme karayolu üzerinde görülen Urla tortullarından bir görünüm.

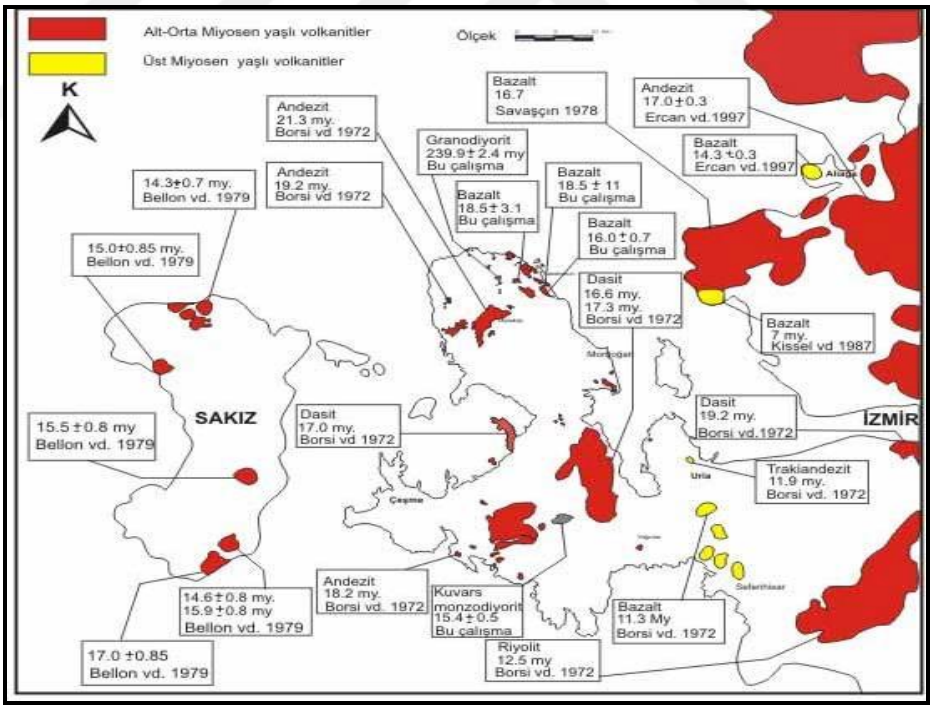


Şekil 2.12 Ilıksu güneyinde görülen killi kireçtaşlarından bir görünüm.

2.2.4 Urla Volkanitleri

Volkanik kayalar inceleme alanında ve dışında yayılım gösterirler. Pliyosen yaşında olan bu birim; Özbek kuzeybatısındaki Maksut mahallesinde, Özbek-Çeşmealtı arasındaki Nalbant tepede Kestane dağı, Bozavlu, Yaran tepeleri, Kızıltepede ve Urla doğusunda kalan Keklik tepede, inceleme alanın güneydoğusunda Ovacık köyünde görülmektedir. İnceleme alanı dışında ise; Menteş, Seferihisar, Çeşme ve Karaburun bölgesinde bulunur. Gülbahçe çevresindeki volkanitlerin kalınlığı ise 300 m olarak işaret edilmiştir (Tarcan, 1989).

Türkecan ve diğer. (1998), Urla kuzeyinde kalan volkanitleri trakiandezit olarak tanımlamışlar ve Borsiden aldıkları verilere göre 11,9 milyon yıl yaş vermişlerdir. Yine Urla güneyinde kalan volkanitler için de 11,3 milyon yılı yaş vermişlerdir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Karaburun ve yakın çevresindeki volkanitlere ilişkin radyometrik yaşlar (Türkecan ve diğer., 1998).

Bu bölgede bulunan volkanitler genel olarak andezit, aglomere tüf, riyolitik ve bazaltik volkanitlerden ibarettir. İnceleme alanı içerisinde kalan Çeşmealtı-Nalbant

tepe volkanitleri andezitik tüf ve aglomeralardan, Özbek kuzeybatısında kalan Maksut mahallesi volkanitleri ise aglomera, tüf, andezit tüflerden, Ovacık köyü volkanitleri bazaltlardan oluşmaktadır. Buradaki volkanitler daha ziyade akıntı sonucu bölgeye gelmiş bir konum sergilemektedirler. Bu nedenle Urla tortulları üzerinde diskordan olarak otururlar. Çalışma alanın kuzeydoğusunda mostra veren asidik birimler lav akması şeklinde oluşmuşlardır. Bölgede geniş yayılım sunan birimler kırmızımsı, kahverengimsi ve gri renkli, bol alterasyonlu kırıklı çatlaklı, sert dayanımlı yapıdadır (Şekil 2.14 ve 2.15).

Kızıl tepede bulunan volkanitler mikrokristalin dokuda riyolit ile trakit arasında değişen volkanik kayalardan oluşmaktadır. Birimde kuvars, feldispat ve yer yer biyotit kristalleri gözlenmektedir. Çoğunlukla riyolitik volkanitlerden oluşan birimde yer yer gözlenen sanidin kristali birimin riyolit-trakit arasında değişen volkanit türevlerinden yapılı olduğunu gösterir (Tarcan, 1989).

Tüf, aglomera ve andezitlerden oluşan birim çalışma alanının batısında geniş yayılım sunarken orta kesimlerinde dar alanda yayılım gösterirler. Tüfler kirli beyaz, sarımsı, yeşilimsi renklerdedir (Şekil 2.16). İnceleme alanın kuzeybatısında bulunan Gülbahçe tarafında gözlenen volkanik biriminin alt kesimlerinde gözlenen tüfler üste doğru dereceli olarak aglomeralara dönüşür. İrili ufaklı andezit çakıl ve blokları ile tüf ara maddesinden oluşan aglomeralar ortaç dayanımlıdır. Siyahımsı gri ayrışma renkli, gri-pembe arasında değişen taze kırık yüzey renkli, sert, dayanımlı, masif yersel akma yapıları içeren, bol çatlaklı andezitler Urla volkanik biriminin üst seviyelerinde yer alır. Kuvars, plajioklas ve biyotit kristalleri yer yer çıplak gözle de görülmektedir Urla volkanik biriminin çevre kayaçlarla olan dokanakları uyumsuzdur. Tektonik hareketlerle gelişen faylanmalar sonucunda İçmeler kireçtaşıyla ile fay1ı dokanak sunar (Tarcan, 1989).

İnceleme alanın güneybatısında Ovacık köyü ve çevresinde, Dede dağı batısında ve Kestane dağı kuzeyinde mostra veren bazaltlar sarımsı-kahvemsi-koyu kırmızımsı renklerde, mikrokristalin, mafik mineralli, sert ve dayanımlıdır (Şekil 2.17).



Şekil 2.14 Saraç tepede mostra veren Urla volkaniklerinden bir görünüm.



Şekil 2.15 Bozavlu Tepe bölgesindeki volkanitlerin genel görünümü.



Şekil 2.16 Özbek köyü yol üzerinde bulunan tüf-tüfitlerden bir görünüm.



Şekil 2.17 Ovacık köyü güneybatısında görülen Urla volkaniklerine ait bazalt bloklarından bir görünüm.

2.2.5 Ballıkaya Çakıltaşı

İnceleme alanının batısında, Tatar deresinin denize açıldığı delta kesimde görülen Pleyistosen yaşlı birim çok bileşenli çakıl ve yer yer bloklardan oluşur. Ara maddesi kum kil boyutlarında tanelerden oluşur. Bulunduğu ve dokanak yaptığı kaya birimine göre bileşenleri değişir. Tane bileşenlerini bolluk sırasına göre Urla volkanik, Urla tortul ve İçmeler kireçtaşına ait çakıl ve bloklar oluşturur (Şekil 2.18).

Çakıllar ortaç - iyi yuvarlaklaşmış, kötü boylanmıştır. Genellikle az pekleşmiş ve bir alüvyonel yelpaze oluşuğu olan birim tortul kayalardaki çakıltaşlarının türümsel ve kökensel özelliklerine göre sınıflanırsa ‘fanglomera’ terimine karşılık gelir. Çakıl ve bloklarda herhangi bir derecelenme ve yönlenme gözlenmemektedir (Tarcan, 1989).



Şekil 2.18 Çeşme-Karaburun yol ayrımı ve devamında görülen Ballıkaya çakıltaşından görünüm.

2.2.6 Alüvyon

Gülbahçe Körfezi, İskele ve Özbek çevresi alüvyonları düz ovaları oluşturur (Şekil 2.19). İçmeler mevkinde, İskele bölgesinde Özbek çevresinde ve deniz kenarlarına yakın kesimlerde alüvyonlar mostra vermektedir (Şekil 2.20). Başlıca kum, çakıl, kumlu çakıl, killi kum, siltli kum ile kil ve şistlerden oluşan alüvyonun ortalama kalınlığı 0 - 20 m arasında değişmektedir. Nitekim 2013 yılında İçmeler ovasında yapılan jeotermal sondajda alüvyon kalınlığı 24 metre olarak görülmüştür.



Şekil 2.19 İçmeler ovasında görülen alüvyonal birime genel bir bakış.



Şekil 2.20 İskele bölgesinde görülen Kuvaterner yaşlı alüvyona genel bir bakış.

2.3 Yapısal Jeoloji

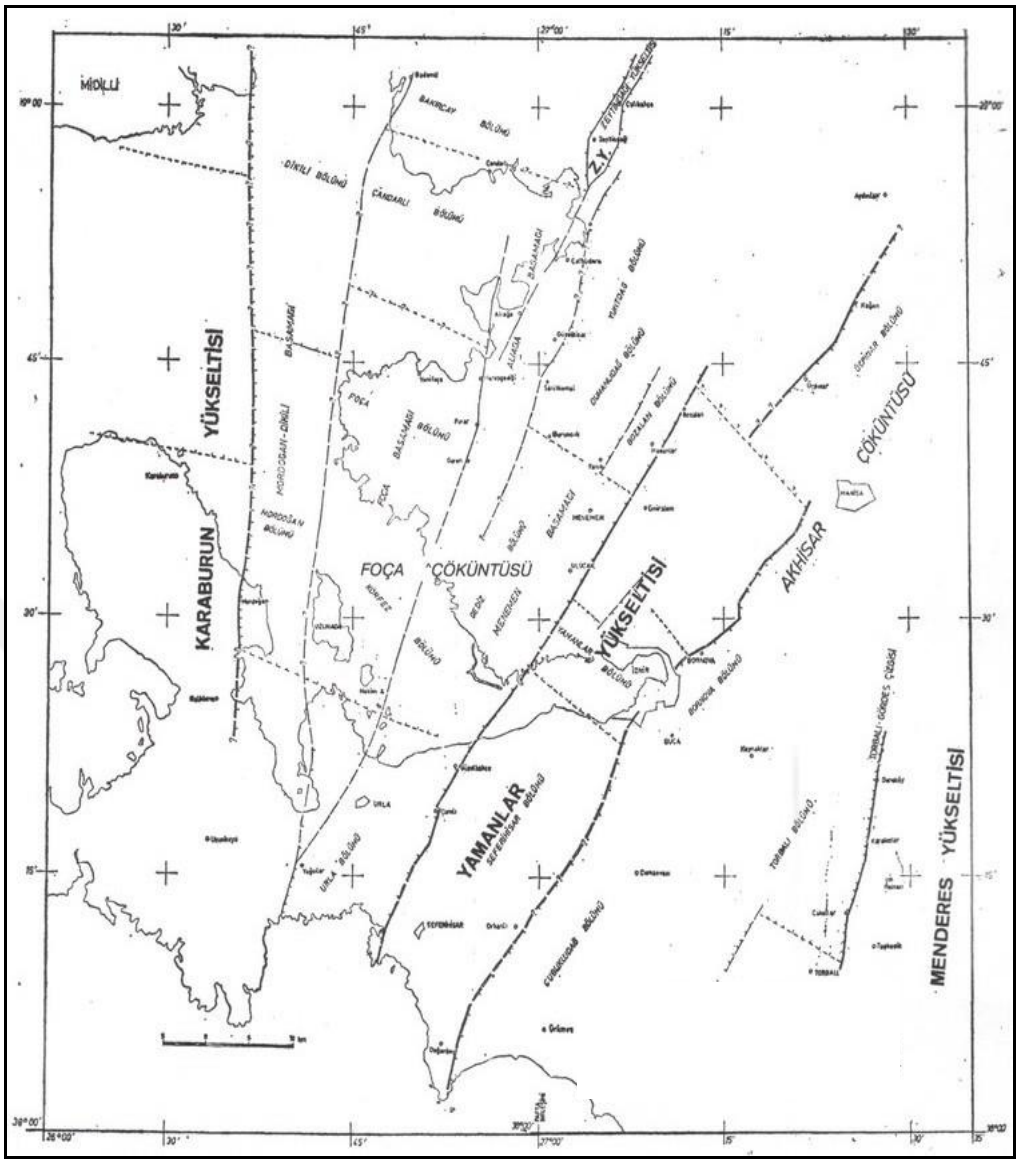
Çalışma alanının yer aldığı Urla bölgesi ve çevresinde, genel uzanımları kuzeybatı-güneydoğu olan üç önemli tektonik kuşak varlığından söz edilmektedir. Bunlar doğudan batıya doğru Menderes masifi, İzmir - Ankara zonu ve Karaburun kuşağıdır (Şekil 2.21).

Orta-Üst Miyosende başlayıp günümüzde devam eden ve Batı Anadolu'daki grabenleri oluşturmuş doğu batı uzanımlı neotektonik yapılar, bu eski tektonik kuşakları kesmiş ve parçalamıştır (Şengör, 1980). Graben tektoniği, paleotektonik kuşakları tanınmayacak ölçüde birbirinden ayırmasa da çöküntü alanlarını dolduran tortul dolgu, birçok yerde bu sınırları örterek gizlemiştir. Özellikle Karaburun kuşağı ile İzmir-Ankara zonunun arasındaki ilişkiyi, birkaç sınırlı alan dışında, Neojen tortulları örtmektedir. Bu yoğun tektonik olaylar bölgede pek çok kırılmalara neden olmuş ve bunun sonucu olarak çökme ve yükselmeler meydana gelmiştir. Bölgede neotektonik olaylar halen devam etmektedir (Erdoğan, 1990).



Şekil 2.21 Batı Anadolu'nun paleotektonik kuşakları; Menderes masifi, İzmir-Ankara zonu ve Karaburun kuşağının genel uzanımı (Yılmaz, 1997).

Kaya'nın (1979) çalışmalarına göre Karaburun-İzmir arasında kuzeydoğu-güneybatı gidişli tektonik olaylar sonucu çökme ve yükseltiler gelişmiştir. Urla bölgesi de bir çöküntü alanı içerisinde yer almaktadır (Şekil 2.22).



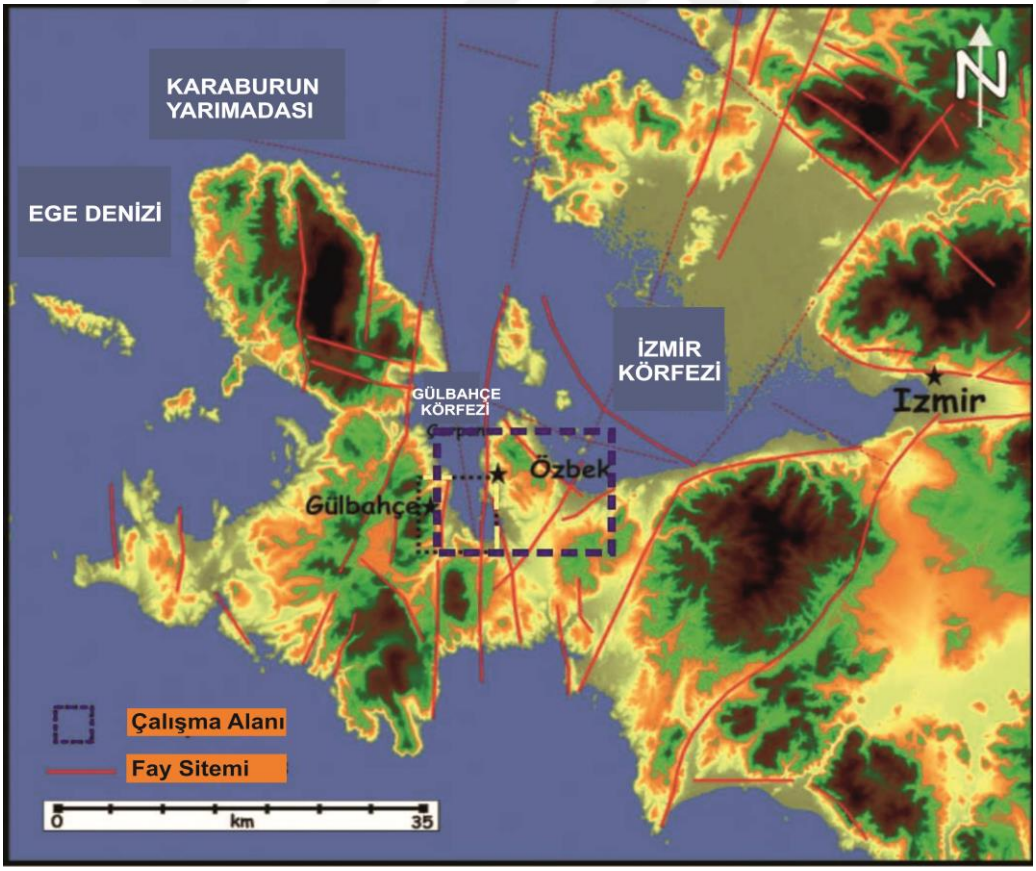
Şekil 2.22 Ortadoğu Ege çöküntüsünün yapısal - stratigrafik basamakları (Kaya, 1979).

Şiddetli deformasyon geçirmiş olan inceleme alanındaki yapısal ögeler faylar, kıvrımlar, eklemler ve çatlaklar olmak üzere 3 grupta incelenmiştir.

2.3.1 Faylar

Miyosen sonu - Pliyosen volkanizmasıyla birlikte bölge, gravite tektoniğinin etkisinde kalarak yaklaşık D - B yönlü bir tansiyonel rejimin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda eğim atımlı normal faylar gelişmiştir (Tarcan,1989).

İnceleme alanında İzmir körfezi ile Karaburun yarımadasını yapısal ve morfolojik olarak ayıran Gülbahçe fayı diri bir faydır (Erdoğan, 1990). K-G doğrultulu fayın karadaki uzunluğu 15 km dir. Su altındaki bölümleri ile birlikte fayın tamamı 70 km'yi bulur (Ocakoğlu ve diğer., 2004; 2005). Gülbahçe Fayı'nın karada Kuvaterner çökellerini denetlediği, denizaltında Sığacık körfezi bölümünde genç çökelleri kestiği ve çok sayıda doğrultu atımlı faydan oluştuğu belirlenmiştir. Ancak fayın Holosendeki aktivitesinin açıklanamadığı, su altı verilerinde fayın ters bileşeni olduğu ve batı bloğunun doğu blok üzerine itildiği açıklanır. Gülbahçe Fayı'nın İzmir körfezi çıkışında elde edilen sismik kayıtlara göre, deniz tabanında devam ettiği ve genç çökelleri keserek fay sarplıkları oluşturduğu kesindir (Ocakoğlu ve diğer., 2005). Emre ve diğer. (2005)'e göre fayın kuzey segmenti boyunca oluşan sıkışmalı bileşenlerden dolayı fayın sağ yönlü doğrultu atımlı olabileceği düşünülmüştür (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 Karaburun yarımadasının ve çalışma alanın genel tektonik özellikleri (Pamukçu ve diğer., 2013).

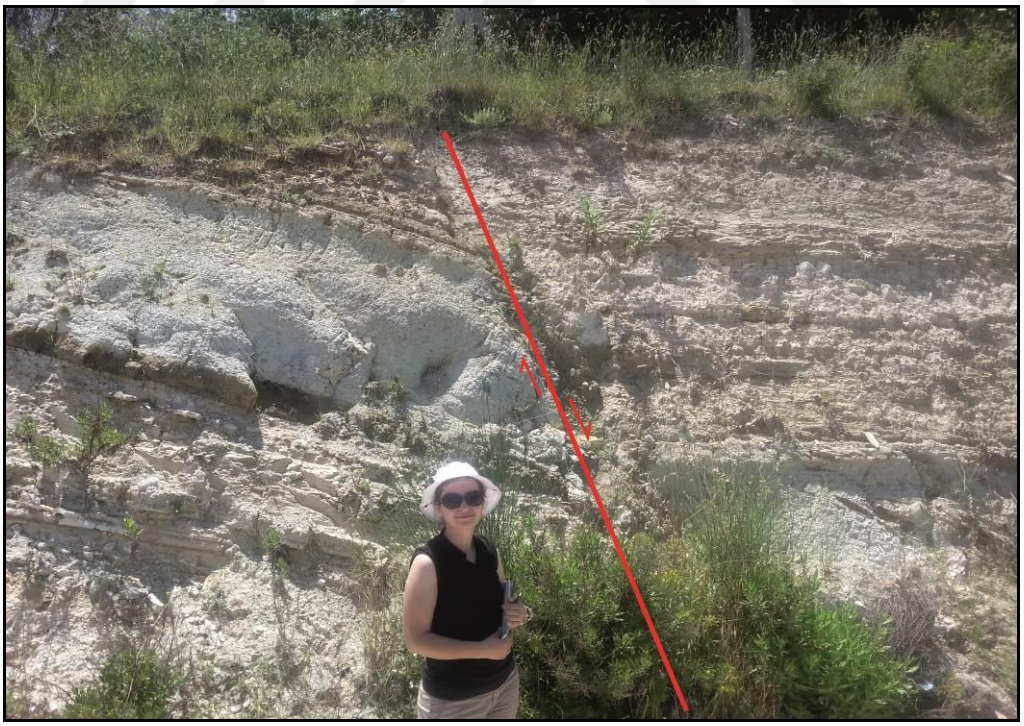
Jeolojik harita incelendiğinde görülebileceği gibi, tektonik hatlar genel olarak, kuzeydoğu-güneybatı, kuzeybatı-güneydoğu ve kuzey-güney şeklinde gelişmiştir. Burada işaret edilen faylar eğim atımlı normal faylardır. Faylanmaların bir kısmı İçmeler kireçtaşları ile Neojen tortullar arasında olmakla beraber Neojen tortulların kendi içerisinde de kırılmalar olmuştur. Yine Özbek kuzeydoğusunda yer alan volkanitler ile Neojen tortullar arasında faylanmalar gelişmiştir. İçmelerden geçerek güneye doğru uzanan fay, İçmeler kireçtaşları ile alüvyonu sınırladığı gibi, İçmeler kireçtaşları ile bir kısım Demircili karmaşığını da sınırlamaktadır (Şekil 2.24, 2.25,2.26).



Şekil 2.24 KB-GD doğrultulu İçmeler fayını kesen ve kaynak oluşumunu sağlayan faydan bir görünüm.



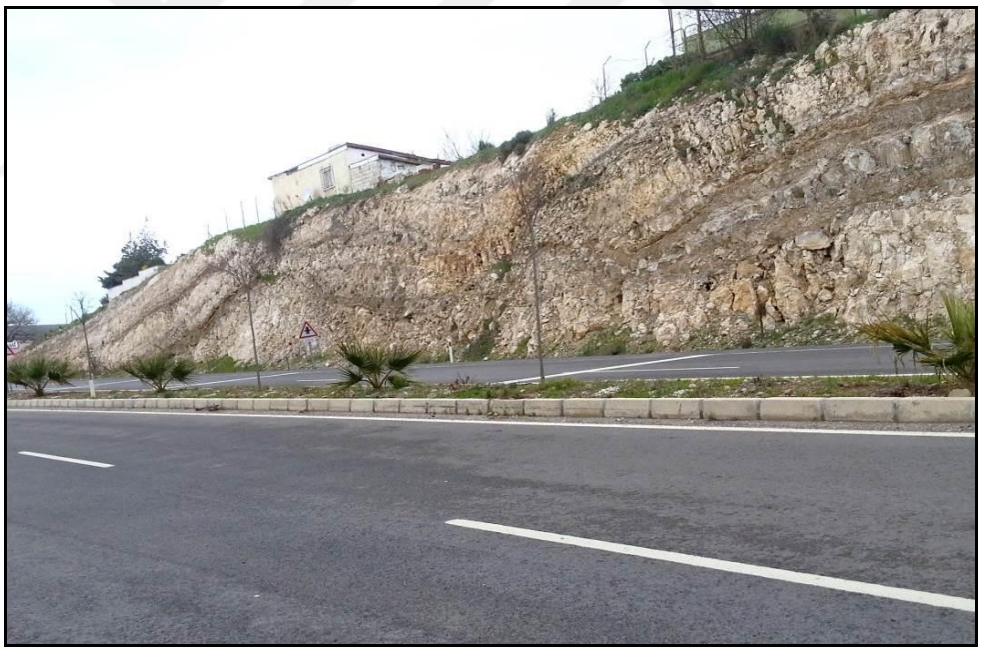
Şekil 2.25 Küp sırtı kuzeyi İzmir - Çeşme karayolu üzerinde Neojen tortullarında görülen eğim atımlı normal faydan bir görünüm.



Şekil 2.26 Küp sırtı kuzeyi İzmir - Çeşme karayolu üzerinde Neojen tortullarında görülen eğim atımlı normal faydan bir görünüm.

2.3.2 Kıvrımlar

Tortul kayalarda katman eğimleri değişken olmakla birlikte çoğunluk doğuya doğrudur. Eğim dereceleri Neojen yaşlı çökellerde yatay ya da yataya yakın, Mesozoyik oluşuklarında ise 30° - 40° civarındadır. Bu eğim dereceleri yer yer artmaktadır. Ayrıca kaya birimleri anlatılırken belirtildiği gibi volkanik kayaların tortullarla olan dokanakları ayrımlı kaya uyumsuzluğu ile faylı, Urla tortul biriminin Mesozoyik oluşuklarla dokanağı açısal uyumsuzdur. Üst Kretase-Paleosen sıralarında gelişen sıkışma tektoniği Demircili karmaşığı içinde sık gözlenen küçük ölçekli kıvrımların oluşumuna neden olmuştur. İçmeler kireçtaşları içinde de katman eğim ve doğrultularında sık sık dönmeler, yersel kıvrımlanmalar bulunmaktadır (Tarcan, 1989). Benzer şekilde Urla tortulları içerisinde de kıvrımlanmalar izlenmiştir(Şekil 2.27).



Şekil 2.27 Küp sırtı İzmir-Çeşme karayolu üzerinde görülen Urla tortul biriminde kıvrımlanmalardan bir görünüm.

2.3.3 Eklem Takımları ve Çatlakları

Daha önce de belirtildiği gibi şiddetli deformasyon geçirmiş olan inceleme alanında eklem takımları çok karmaşık ve birbirini keser türdedir. Mesozoyik

oluşuklardan İçmeler kireçtaşı biriminde ve Demircili karmaşığında eklem ölçümü sonucunda şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Eklem takımları başlıca K60- 70D ve K80- 90 B olmak üzere iki ana doğrultuda yoğunlaşırlar. Bu ölçüler gül diyagramına geçirilecek olursa egemen sıkıştırma yönü iki ana doğrultuyu ortalayacağından yaklaşık K80- 90D doğrultulu bir sıkışma tektoniğinin olduğu sonucuna varılabilir. Eklem eğimleri çoğunluk 40°- 90° arasında KD ve KB yönlerindedir. İçmeler kireçtaşı biriminde ölçülen çatlak doğrultusunun büyük çoğunluğunun K-G ve yakın doğrultular da olduğu anlaşılmıştır (Tarcan, 1989). İçmeler kireçtaşı birimlerinde gözlenen tabakalanma ve deformasyonlar Şekil 2.28'de verilmiştir.



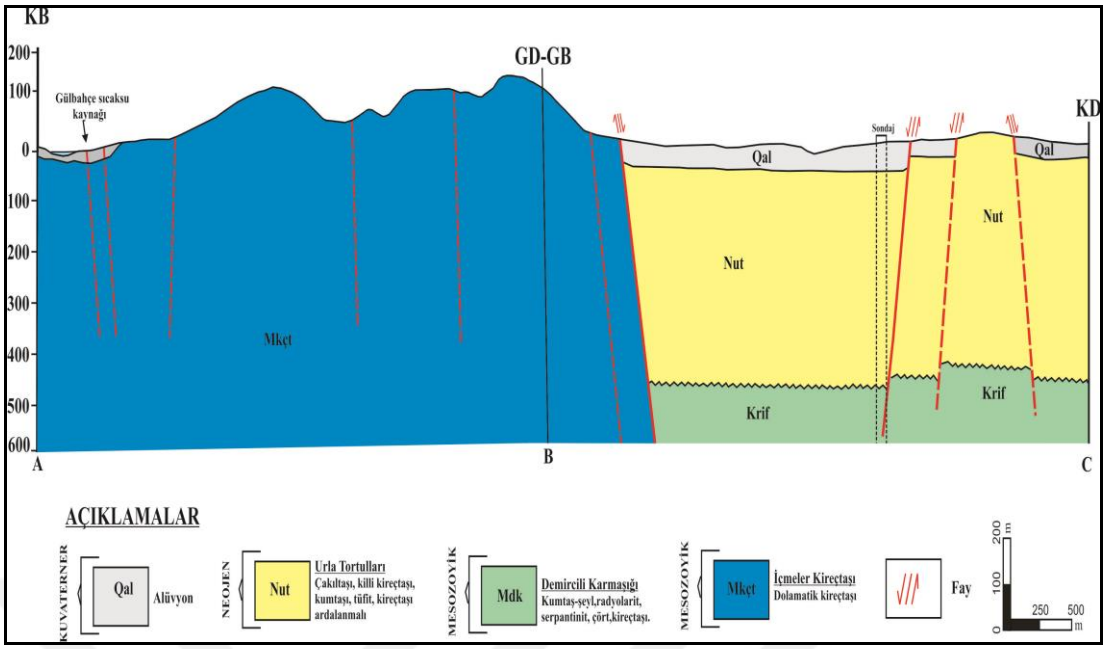
Şekil 2.28 Demirciler köy yolu üzerinde Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarında izlenen tabakalanmadan görünüm.

İnceleme alanı içersinde 4 adet jeolojik kesit alınmıştır. A-B kesiti inceleme alanında KB-GD yönlüdür. Bu kesit 2013 yılında İçmeler mevkinde yapılmış olan sıcak su sondajından geçecek şekilde alınmıştır. Bu kesitte görüleceği gibi Urla tortulları ile İçmeler kireçtaşı birimi arası faylıdır. Fayların doğrultuları KB-GD yönlüdür. Burada görülen alüvyonlar taşınmayla gelmiş olup Neojen tortullar üzerinde bir örtü konumundadır (Şekil 2.29).

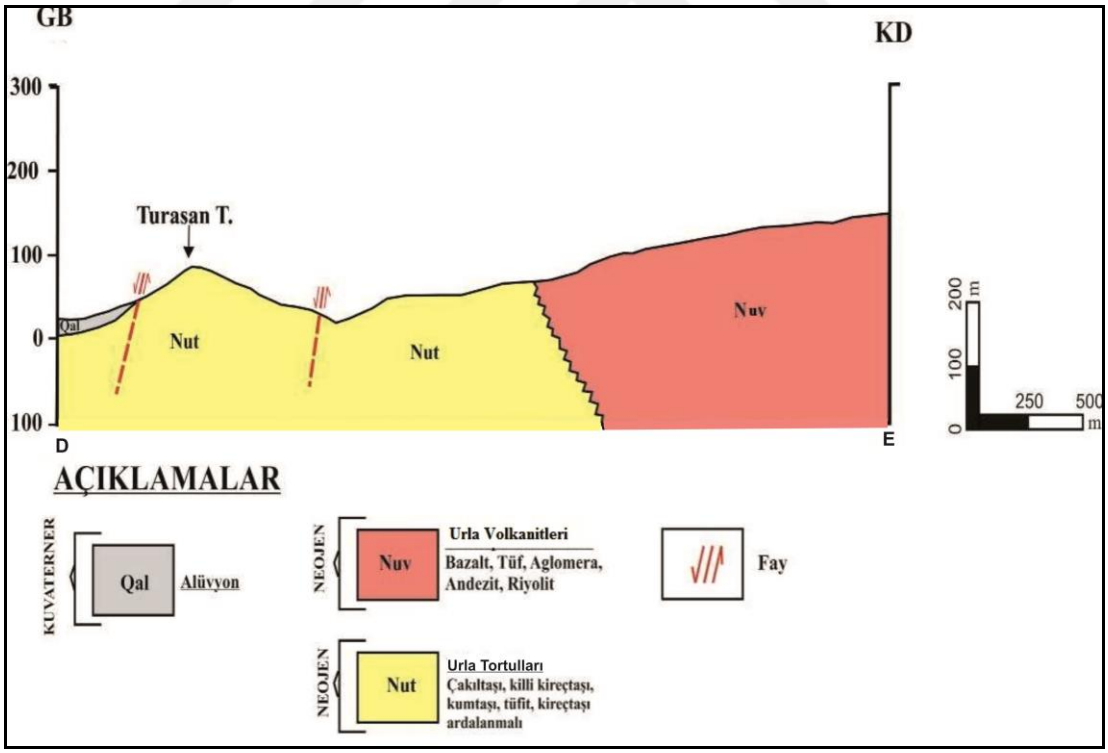
C-D kesiti inceleme alanı güneybatısında bulunan Turasan tepe ile Saraç tepe arasından geçirilmiştir. Şekil 2.30'da görülebileceği gibi Urla tortulları ile volkanitler arasında bir fay bulunmamakla birlikte bir uyumsuzluk görülmektedir. Bunun dışında kesite bakıldığında Neojen tortulların kendi içerisinde gelişen faylanmalar görülmektedir.

E-F kesiti Çeşmealtı bölgesinde olup Külcü tepe ile İskele arasından geçirilmiştir. Burada batıdan doğuya doğru basamak faylanma şeklinde bir görünüm vardır. Urla tortullarının devamı F noktasında denizin altında devam etmektedir. İnceleme alanı içinde ve dışında kalan Neojen tortullar yer yer hafif kıvrımlanmalar göstermektedir. Neojen tortulları ile İçmeler kireçtaşları arası dokanaklar faylı ve diskordanslıdır. İçmeler kireçtaşlarında ve Neojen tortullarında tabaka doğrultuları genel olarak kuzeydoğu-güneybatı, kuzeybatı-güneydoğu yönlerdedir. Bu doğrultu yönleri kırık hatları ile de bir paralellik göstermektedir (Şekil 2.31).

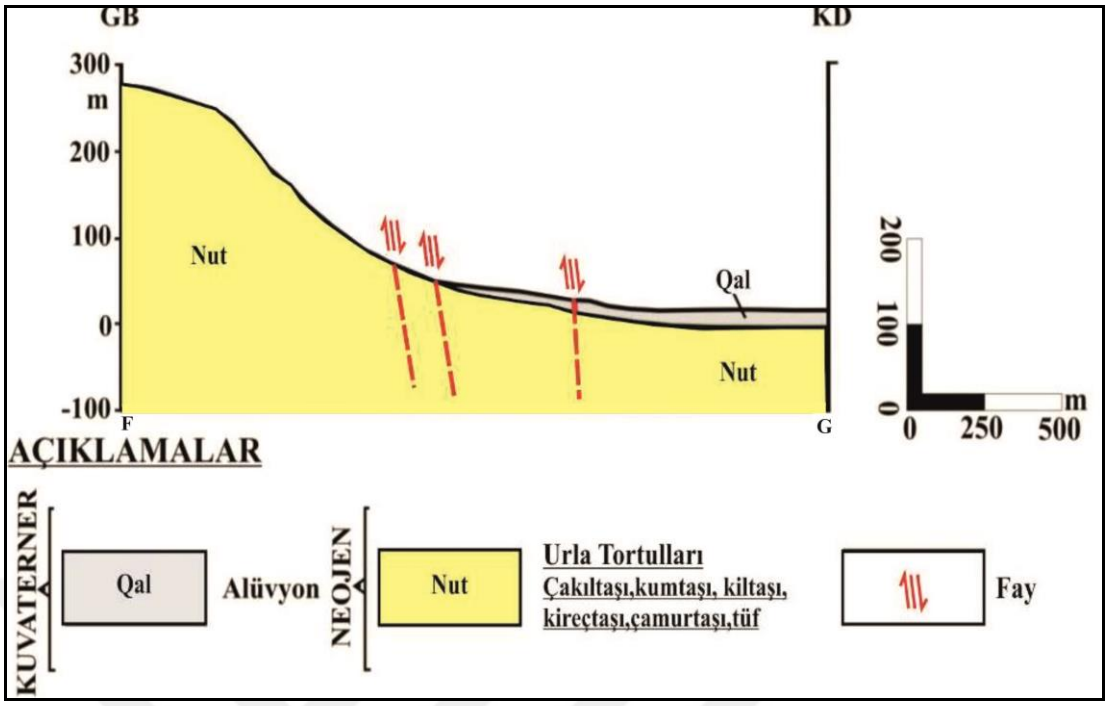
G-H kesiti Özbek Köyü-Maksut Mahallesi arasından geçirilmiştir. Bu kesitte Değirmen tepe tortulları ile İçmeler kireçtaşı arası güney doğuda diskordanslı, kuzeybatı sınırında ise faylıdır. Burada görülen volkanitler taşınmayla gelmiş olup Neojen tortullar üzerinde bir örtü konumundadır (Şekil 2.32).



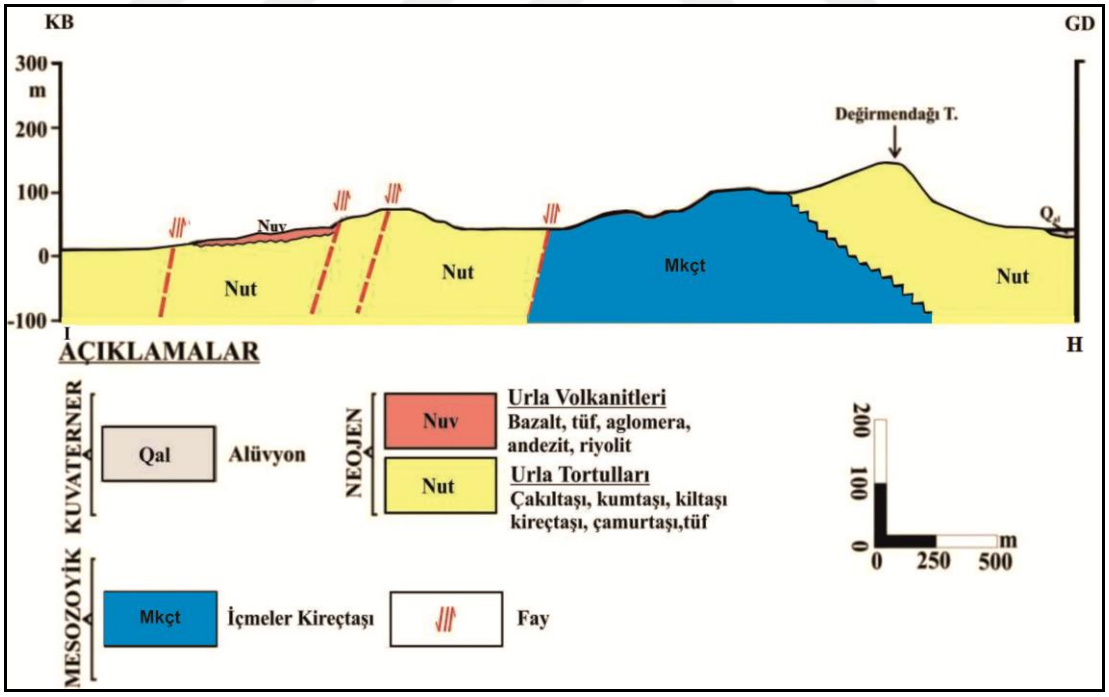
Şekil 2.29 İçmeler mevkinden geçen A-B-C jeolojik kesiti.



Şekil 2.30 Turasan tepe-Saraç tepe arasından geçen D-E jeolojik kesiti.



Şekil 2.31 Külcü tepe-İskele arasından geçen F-G jeolojik kesiti.



Şekil 2.32 Özbek köyü-Maksut Mahallesi arasından geçen H-I jeolojik kesiti.

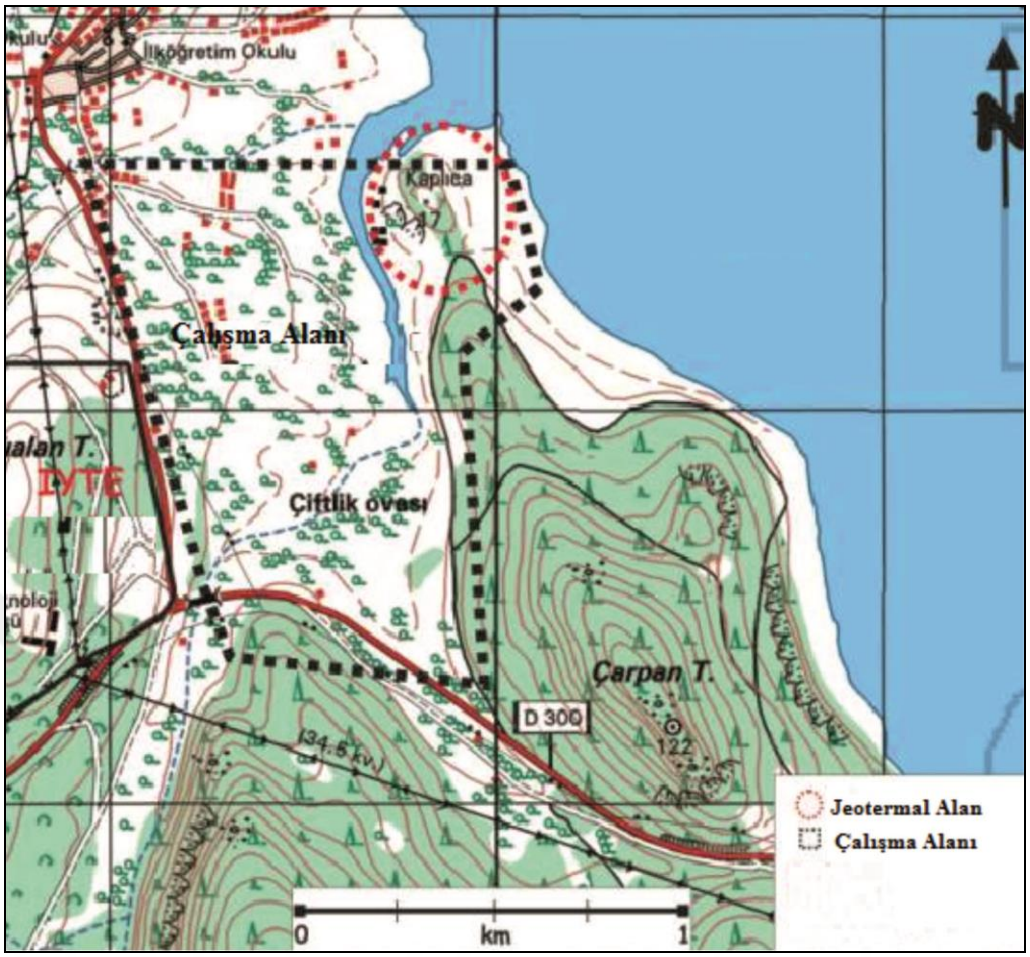
BÖLÜM ÜÇ
JEOFİZİK

3.1 Jeofizik Çalışmalar

Jeotermal alanların araştırılmasında jeolojik çalışmalara ek olarak yapılan jeofizik araştırmalar, kolay, pratik, ucuz ve güvenilir olması açısından günümüzde yaygın olarak kullanılan çalışmalardır. Jeofizik çalışmalar, sahadaki jeolojik-tektonik yapının ortaya çıkarılmasında, hazne kaya ve örtü kaya ilişkilerinin saptanmasında, sondaj lokasyon yeri ve sondaj derinliğinin tespitinde uygulanan yöntemlerdir.

Urla İçmeler ve çevresinde Maden Tetkit ve Arama Genel Müdürlüğü, üniversite ve özel yatırımcılar tarafından çalışmalarda bulunulmuş, farklı jeofizik yöntemlerle jeotermal sistemlerinin yerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda saha araştırmalarında gravite, manyetik, self potansiyel (SP) ve elektrik özdirenç (rezistivite) yöntemleri kullanılmıştır.

Türkiye Proje Araştırma kapsamında (Tübitak) İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi akademisyenleri tarafından yürütülen çalışmada Gülbahçe kaplıcasının da içinde bulunduğu alanda gravite, manyetik, self potansiyel ve rezistivite çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3.1). 105 noktada gravite ve manyetik, altı profil boyunca self potansiyel (SP) ve 4 noktada maksimum 500 metre derinlikli (AB/2:500) düşey elektrik özdirenç yöntemi uygulanmıştır. Bu çalışmaların yanında özel kuruluşlar tarafında da inceleme alanında rezistivite ve self potansiyel ölçüm çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 3.1 Çiftlik ovasında jeofizik çalışma yapılan alan (Pamukçu ve diğer., 2013).

3.1.1 Gravite Yöntemi

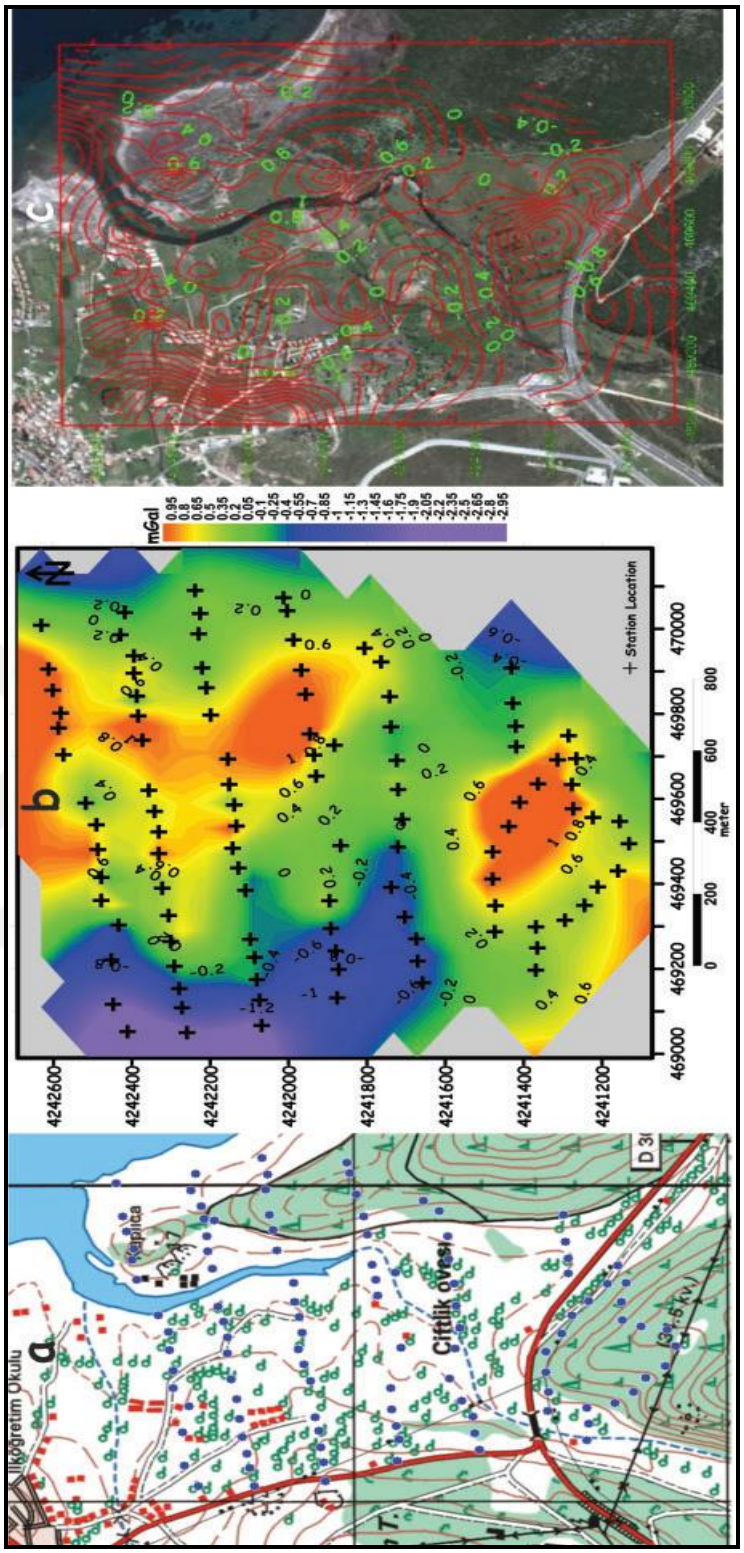
Gravite prospeksiyonu, potansiyel teoriye dayalı bir jeofizik arama yöntemidir. Doğrudan yerçekimi ivmesi ölçülmesi teorisine dayanır. Yeraltının homojen olmaması ve değişik yoğunluktaki kayaçların bulunması nedeniyle yerçekimi ivmesinde küçük değişimler olur. Bu yöntem uygulamalarında araştırılan yapı veya cisim ile çevre kayaçlar arasında yoğunluk farkı bulunması gerekir. Yoğunluk farkı bulunmayan veya yatay tabakalı yapılarda bu yöntemle iyi sonuç alınmaz. Birim olarak miligal kullanılır (Özen, 2013).

Gravite haritalarında negatif değerdeki yapılar düşük yoğunluktaki birimleri ve çöküntü alanlarını temsil ederken, pozitif değerli yapılar ise yüksek yoğunluklu birimleri temsil etmektedir.

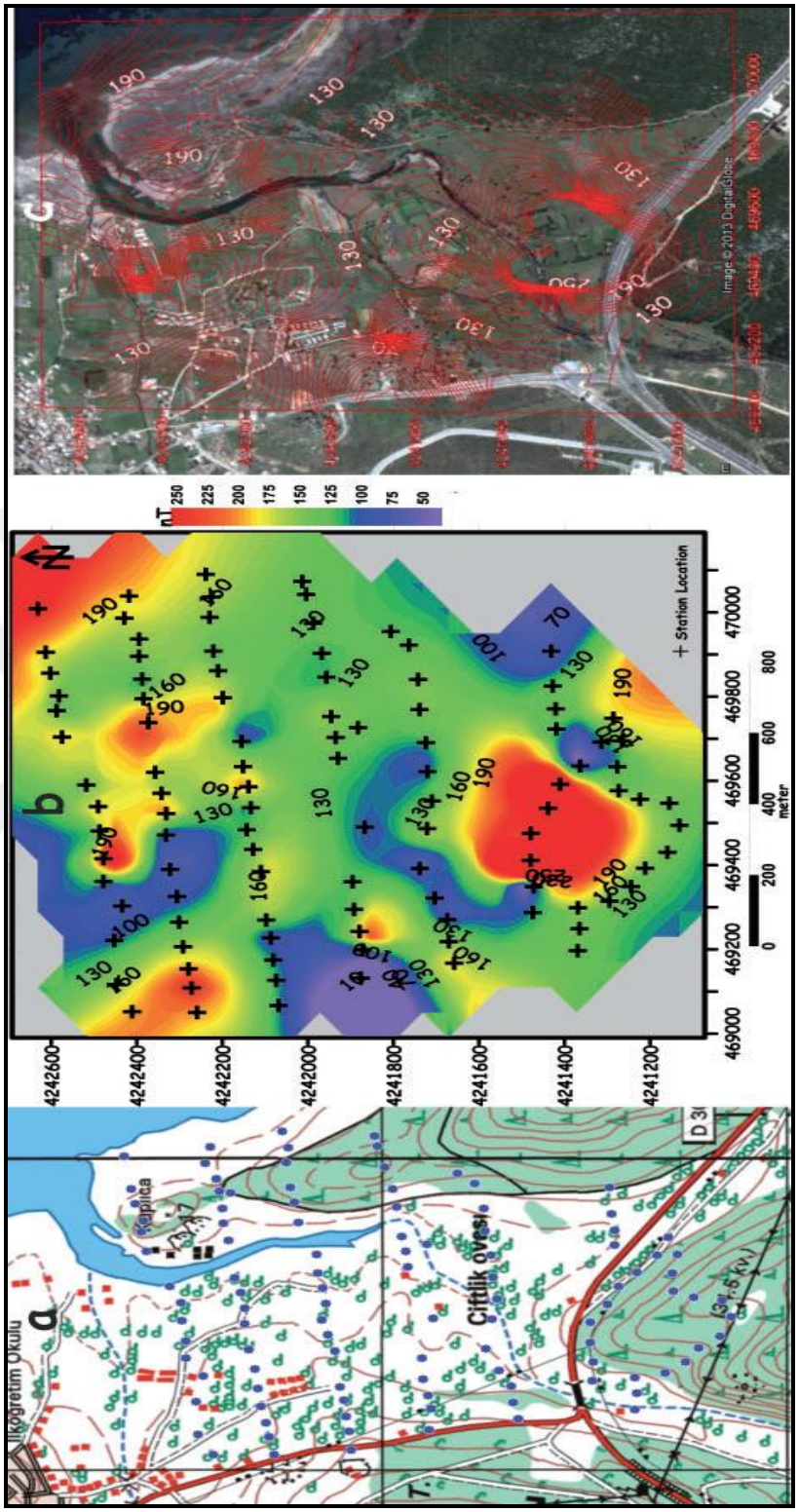
3.1.2 Manyetik Yöntem

Bu yöntem ile yerin manyetik alandaki değişimleri incelenir. Bu yöntemin teorik alt yapısını Gauss yasaları oluşturur. Birim olarak gamma kullanılır. Bir yerin manyetik özelliği yörede bulunan kayaçlara ve kayaçlarda bulunan manyetik minerallerin türüne ve büyüklüğüne bağlıdır. Bunlar daha çok demir ve titanlı minerallerdir. Manyetit, ilmenit, hematit ve pirotin vs. dir. Yeraltında bir cismin veya bir yapının manyetik anamoli verebilmesi için o cismin veya yapının manyetik duyarlılığın çevre kayaçlarlardan farklı olması gerekir. Bu özelliklerden yararlanarak jeotermal sahalarda örtülü intrüziv yapılar, ısıtıcı kayaç, gömülü magma odaları, dayklar, faylar ve hidrotermal alterasyon alanları saptanmaya çalışılır. Sedimanter alanlarda genellikle manyetik alan oluşmaz (Özen, 2013).

İnceleme alanında yapılan gravite, manyetik anamoli haritaları Şekil 3.2, 3.3'de verilmiştir. Bouguer yerçekimi anomalisi haritasında anomali değerleri 29,9 - 37,7 mgal arasındadır. Anomali değerleri güneydoğudan kuzeybatıya azalmaktadır. Manyetik anomali değerleri ise kuzey-kuzeybatıda azalma göstermektedir (Pamukçu ve diğer., 2013).



Şekil 3.2 Gravite ölçüm noktaları, (b) yerel Bouguer haritası, (c) genel alanında anomalilerin görünümü (Pamukçu ve diğer., 2013).

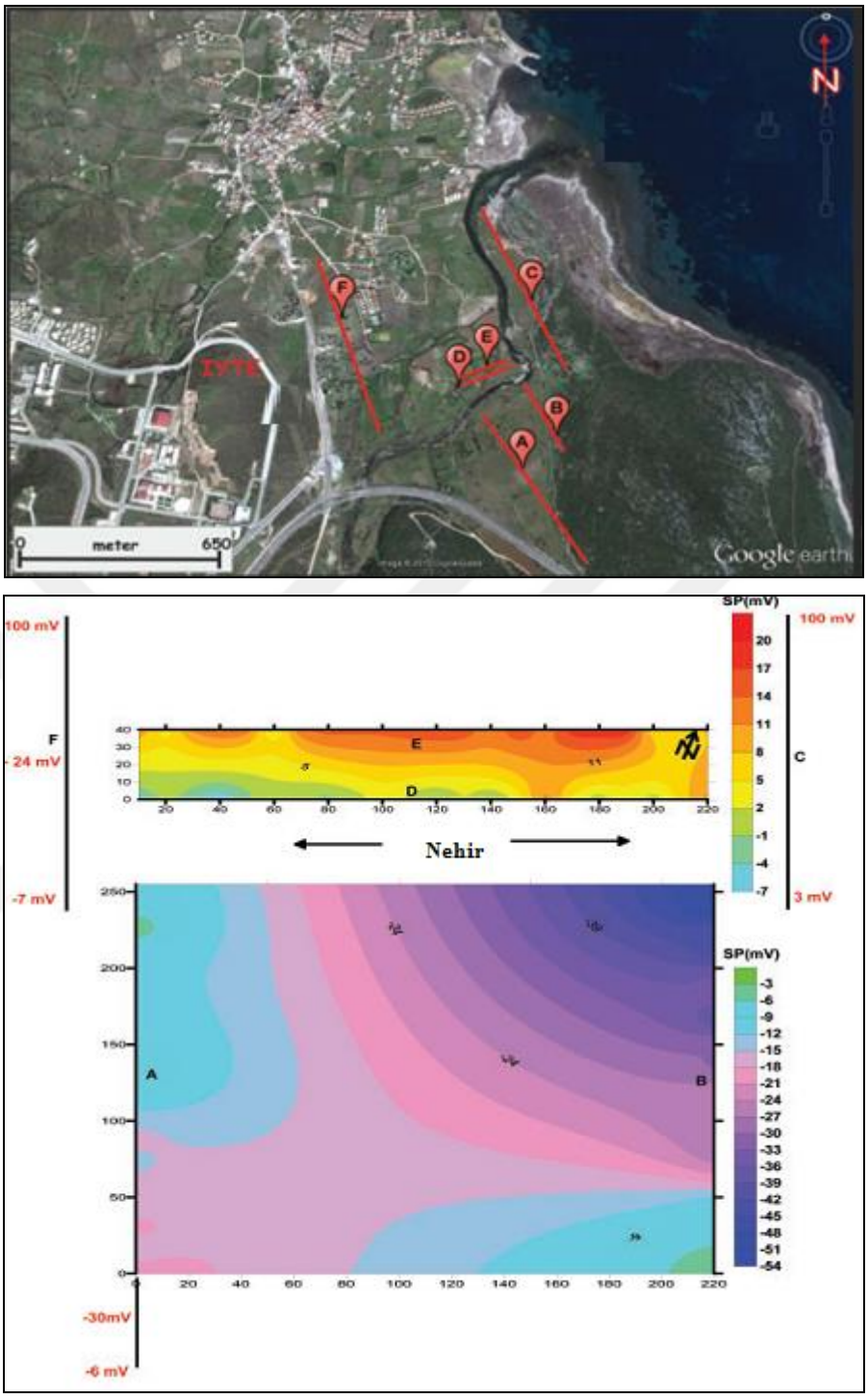


Şekil 3.3 (a) Manyetik ölçüm noktaları, (b) toplam manyetik anamoli haritası, (c) genel alanında anomalilerin görünümü (Pamukçu ve diğer., 2013).

3.1.3 Self Potansiyel Yöntemi (SP)

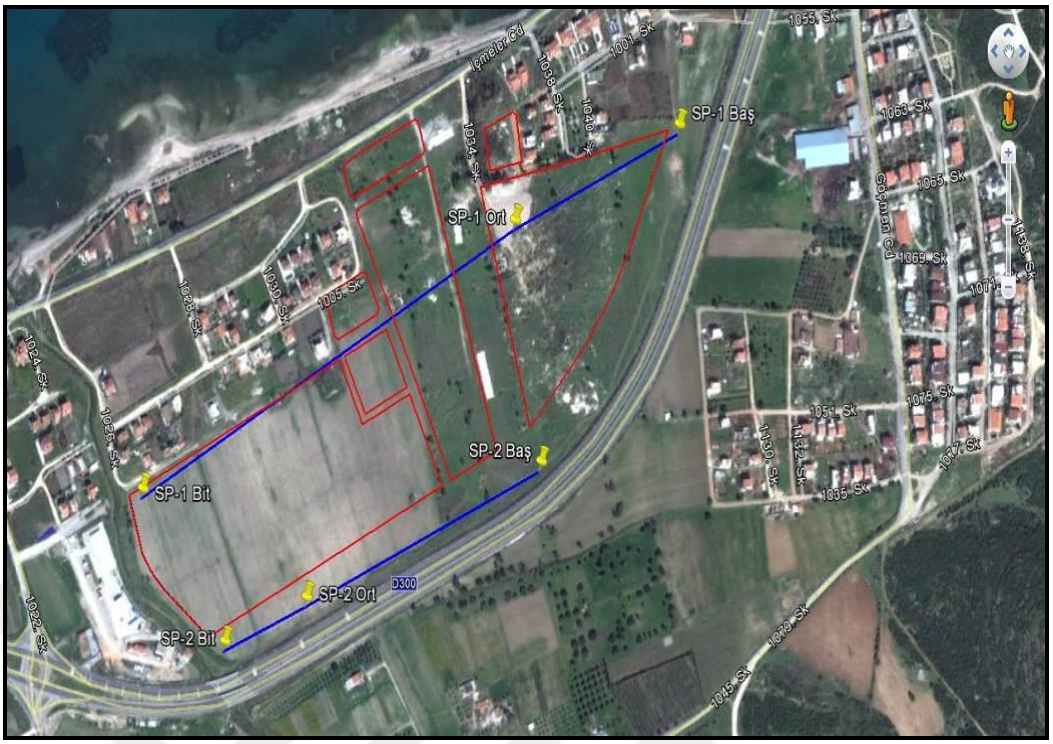
Herhangi bir yapay kaynak kullanmadan yer içinde oluşan elektrik akımlarının doğal potansiyel alanda meydana getirdiği değişimler incelenir. Hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Jeotermal alanlarının sınırlanmasında ve kırık hatların belirlenmesinde yaygın olarak kullanılır. Sistemin esası yer içindeki doğal olarak oluşan sıcak yerlerde ısınan suyun gözenek basıncı ve çözelti yoğunluğunun artması nedeniyle çevresinden basınç, sıcaklık ve iletkenlik ayrılığı doğar. İşte bu alanlarda gelişen kimyasal ve fiziksel olaylar yer içinde doğal akımların oluşmasına ve akmasına neden olur ve doğal potansiyel alan yaratılmış olur (Özen, 2013).

Çalışma alanında İçmeler kaynağının kuzeybatısında kalan Çiflik ovasında 5 profilde, İçmeler ovasında 2 profilde olmak üzere toplam 7 pofilde SP ölçümleri yapılmıştır. Çiftlik ovasında yapılan ölçümlerin profil uzunlukları, A-615 m B-255 m, C-660, D-220 m, E-200 m, ve A-615 m F-585 m. dir. Profilleri arası örnekleme aralığı A, B, C, ve F 15 m, D ve E 10 m dir (Şekil 3.4). Çalışma alanın kuzeydoğusunda bulunan C profilinde jeotermal akışkan ve deniz suyu tarafından etkilendiği için yüksek negatif SP anamolilerli (ca.-50 mV) gözlenmiştir. Diğer negatif SP anomalileri çalışma alanın kuzeybatısında bulunan A ve F (ca.-24 mV) profillerinde görülmüştür. Şekil 3.4'e göre güneydoğudan kuzeybatıya doğru derinlik artar. Yüksek negatif SP anomali değerlerinin genel olarak derin yapıları desteklediği belirtilmektedir (Pamukçu ve diğer., 2013).



Şekil 3.4 Çiftlik ovasındaki self-potansiyel ölçüm profiller v e anamoli haritası (Pamukçu ve diğer., 2013).

İçmeler kaynağının doğusunda yapılmış olan SP çalışmaları 2 adet profilde alınmış olup bu profillerin örnekleme aralıkları 10 metredir. Bu profillerin yönü GB-KD şeklindedir (Şekil 3.5).

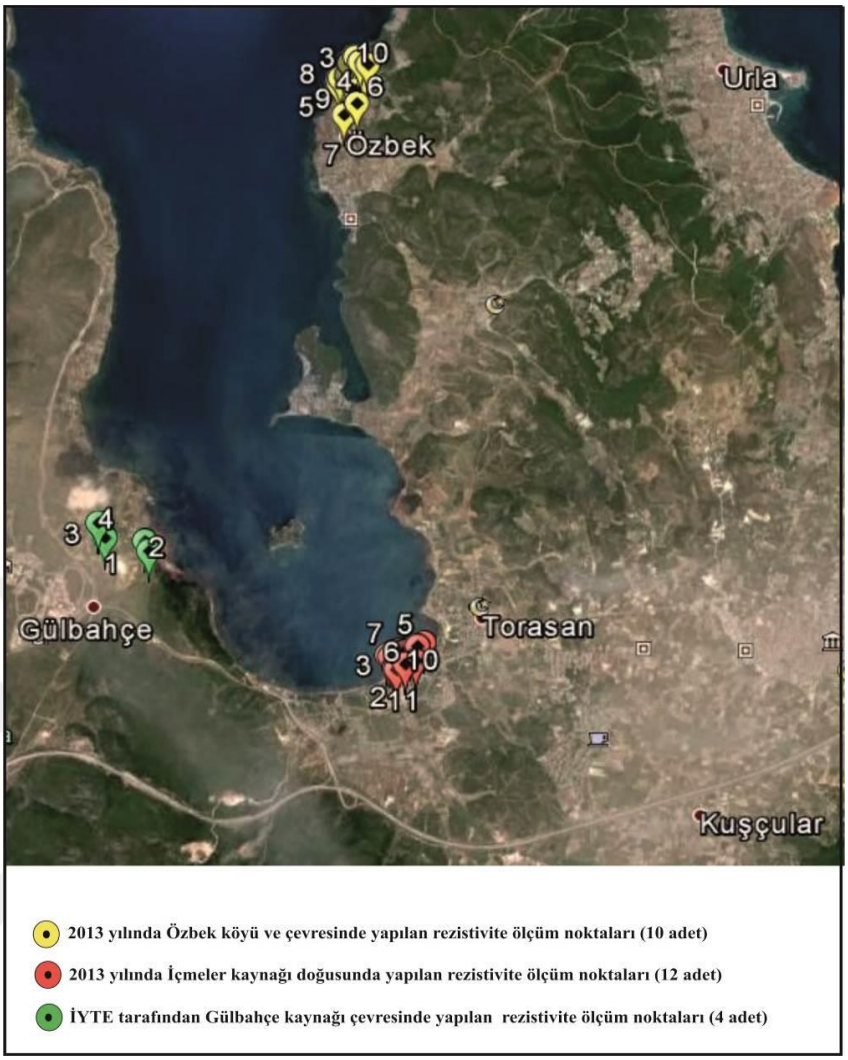


Şekil 3.5 İçmeler ovasındaki SP ölçüm noktalarının arazideki dağılımını gösteren harita.

Yapılan ölçümler sonucunda SP-1 profilinin 400-600 m arasında SP-2 profilinin ise başlangıç noktalarında 100-200 m arasında izlenen anomaliler araziden geçen ve profilleri belirtilen mesafelerde kesen N-S yönlü fayın etkisi sonucunda oluştuğu söylenebilir (Yılmazer, 2013).

3.1.4 Elektrik Özdirenç(Rezistivite) Yöntemi

Elektrik özdirenç çalışmaları yüzey rezistivite metotlarından Schlumberger elektrot dizilimi ile düşey elektrik sondaj (DES) yöntemini uygulayarak gerçekleştirilmiştir. Rezistivite, jeotermal enerji araştırmalarında kullanılan en yaygın araştırma yöntemidir. Bir ortamın, içinden geçen elektrik akımına karşı birim hacminin gösterdiği direnç o ortamın rezistivite değeridir. Birimi Ohm'dur. Rezistivite değerleri, litolojideki değişimler, sıcaklık, akışkanın tuzluluğu, porozite göstermektedir. Örneğin, jeotermal alanlarda, akışkanın tuzluluğunun ve sıcaklığının fazla olması, rezistivite değerlerinin azalması anlamına gelmektedir (Yılmazer ve diğer., 2005). Urla jeotermal alanın çeşitli lokasyonlarında farklı kuruluşlar tarafından rezistivite çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Jeofizik ölçüm noktalarının (DES) dağılımını gösterir harita.

Gülbahçe kaplıcasının hemen batısında alınan ölçümlerde düşük direnç değerleri yakalanmıştır. Düşük dirençli seviyelerin gözlendiği alanlara çok yakın 33 ºC sıcaklığında su içeren bir sondaj (MTA sondajı) ve Gülbahçe jeotermal kaynağı bulunduğundan burada deniz suyu ve termal su birlikte direnç değerlerini düşürdüğü düşünülmektedir. İçmeler doğusunda ve Özbek köyünde yapılan ölçümlerdede benzer düşük dirençli değerler gözlenmiştir. Bu ölçümlere istinaden 2013 yılında İçmeler kaynağının doğusunda özel teşebbüs tarafından 1 adet jeotermal araştırma sondajı açılmıştır. 640 metre derinlikli araştırma sondajından 22 ºC de 60 - 70 lt/sn debide deniz suyu karışımlı akışkan üretilmiştir. Buradanda görülmektedirki, deniz suyu derinlere kadar nüfuz ettiğinden dolayı hesaplanan direnç değerleri yanıltıcı olmuştur.

BÖLÜM DÖRT
HİDROJEOLOJİ

Bu bölümde Urla İçmeler-Turasan jeotermal alanının hidrojeolojik özellikleri, sıcak ve soğuk su noktaları, beslenme ve boşalım alanları ile bölgede yer alan kayaçların hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir.

4.1 Bölgenin Hidrojeolojik Yapısı

İnceleme alanı İzmir İli'nin Urla İlçesi sınırlarında kalmaktadır. Urla, Özbek, Turasan, Kuşçular, İçmeler ve Gülbahçe'nin kıyı kesimlerini içerisine alan bu jeotermal sahada Urla içmeleri, Gülbahçe kaplıcası kaynağı, Ilıksu kaplıcası kaynağı bulunmaktadır. Bilinen verilere göre bu alan düşük sıcaklık dereceli bir jeotermal alanı temsil etmektedir. Bunun dışında bölge soğuk su kaynakları açısından oldukça iyi sayılabilir. Özellikle Mesozoyik kireçtaşlarının karstik oluşumlarına bağlı gelişen soğuk su kaynakları ile İzsu ve özel şahısların açtırmış olduğu soğuk su kuyularında verim oldukça iyidir.

4.2 Kayaçların Hidrojeolojik Özelikleri

İnceleme alanında görülen jeolojik birimler İçmeler kireçtaşı, Demircili karmaşığı, Urla tortul birimi, Urla volkanitleri ve alüvyonlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında en temelde yer alan İçmeler kireçtaşı birimi yoğun kırıklı çatlaklı ve karstik özellikte kayalardır. İlksel oluşumlarda gözeneklilikleri ve geçirimlilikleri yok denecek kadar az olan kireçtaşları, geçirdikleri tektonik olaylar nedeniyle kazanmış oldukları kırık ve çatlaklı yapılarından dolayı son derece gözenekli ve geçirgen bir kayaç özelliğine bürünerek 'Karstik Akifer' niteliği kazanmışlardır. Bu kayaların porozite ve permeabilite özellikleri oldukça iyi olup su verimleri de iyi olacaktır. İçmeler kaynağının boşalım debisi 200 l/s'dir (Tarcan, 1989). Ancak bugünkü görünür debi çok daha azdır.

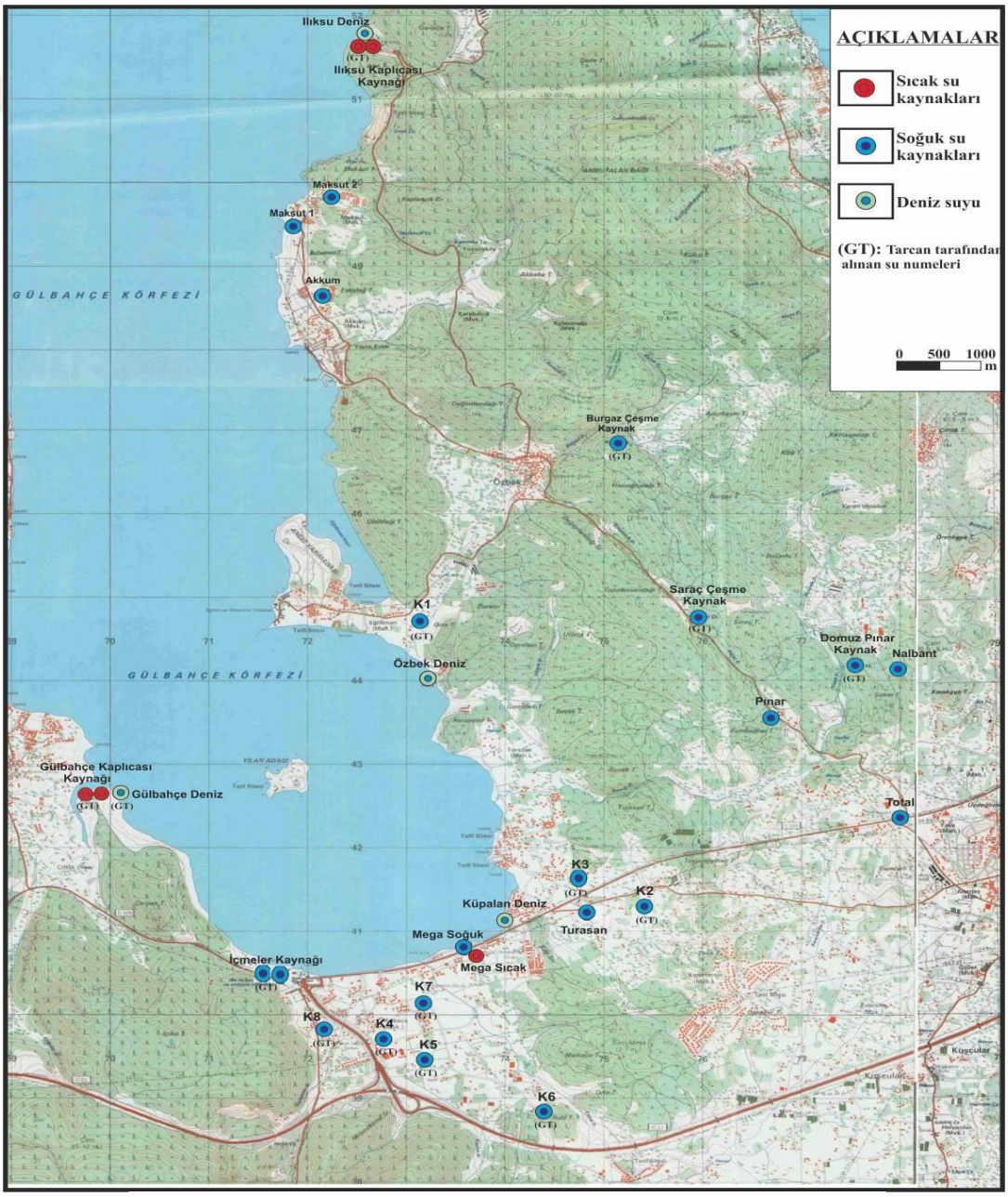
İçmeler kireçtaşı biriminin üzerine uyumsuz olarak Demircili karmaşığı gelir ki bu birimin içerisinde de yeraltısuyu açısından olumlu özellikler gösteren kristalize kireçtaşları ile bir kısım metakumtaşları ve serpantinitler bulunmaktadır. Bu kayalarda su veren kayalardır. Demircili karmaşı içerisinde yeraltısuyu içermeyen metakiltaşları, radyolaritler ve çok fazla altere olmuş serpantinlerde vardır.

Urla tortulları olarak adlandırılan birim ise kireçtaşı, çakıltaşı, kumtaşı, miltaşı ve silttaşı gibi birimlerden ibarettir. İnceleme alanında en fazla Neojen yaşlı tortul birimleri yer alır. Bunlardan killi kireçtaşları çatlaklı, poroziteli ve permeabil olduklarından rezervuar olma özellikleri iyidir. Ayrıca yine Urla tortulları içerisinde kalan kumlu ve çakıllı seviyeler de yeraltısuyu içermektedir. Bu kayaların içerisinde kalan kiltaşları ve silt taşları yeraltısuyu açısından olumsuz özellikte kayalardır. Kumtaşları ince tabakalı kırılgan geçirimli kayalardır. Tektonik etkinliklerle gelişen kırıklarda gözeneklik ve geçirgenlik artmıştır. Kiltaşları ise tamamen geçirimsizdirler. Çakıltaşları genellikle kötü boylanmalı kırıklı ve gevşek tutturulmuş kayalardır. Bu nedenle çakıltaşları bir miktar yeraltısuyu içerebilirler. Urla tortul birimi içerisindeki kireçtaşlarında kil oranı artarsa, kayanın su potansiyeli azalacaktır. Burada kil oranının değişmesi su potansiyelini etkilemektedir. Sonuç olarak kumtaşı, kiltaşı, çakıltaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Urla tortulları bol su veren kayalar değildir. Ancak sığ kuyularda soğuk içme sularının bulunması, deniz etkisinin görülmemesi killi kireçtaşlarındaki beslenmenin iyi olduğunu işaret etmektedir.

Haritalama alanı içerisinde kalan volkanitlerden andezit ve bazalt bileşimli olan kesimlerden az oranlarda yeraltısuyu alınabilecektir. İnceleme alanında alüvyonların kalınlıkları çok fazla değildir. Genel olarak çok iyi hazne özelliği gösteren alüvyonlar içerisine açılan sığ sondajlardan yeraltısuyu almak mümkündür. Deniz kenarına yakın olan alüvyonlarda deniz suyu karışımı olabilmektedir. İnceleme alanı içinde Urla İçmeleri doğusunda kalan alüvyonlardan bol soğuk su üretimi yapılabilmektedir. Ancak aşırı su çekimleri yapılarak rezervuar tuzlandırılmamalıdır.

4.3 Su Noktaları

İnceleme alanında toplamda 30 noktadan sıcak ve soğuk su numuneleri alınarak örnekleme yapılmıştır. Bunlardan 15 tanesi Tarcan (1989) ve Yaman (1999) tarafından yapılmış olan yüksek lisans tezlerinden alınmış olup, diğer numuneler 2013 yılında örneklenmiştir. Örnekleme yapılan sulardan 5 tanesi sıcak su kaynağından, 4 tanesi Gülbahçe körfezinden, kalan 21 tanesi ise inceleme alanında açılan soğuk su kuyularından ve kaynaklardan alınmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Örneklenen su noktalarının yerlerini gösteren harita.

Örneklenen Su Noktalarına ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir:

K1 kuyusu, Eğriliman mahallesinde alüvyon biriminde X=4273150, Y=0444750 koordinatlarında bulunmaktadır. Tarcan tarafından 1989 yılında yapılan kuyu içi seviye ölçümlerinde yüzeyden itibaren su derinliği Eylül ayında 5,85 metre olarak ölçülmüştür (Tarcan,1989).

K2 kuyusu, Karamersin mevki kuzeybatısında X=4275400, Y=0441300 koordinatlarında olup, Neojen tortul birimlerinde açılmış olan kuyuda su derinliği 7,20 metre olarak olarak ölçülmüştür (Tarcan,1989).

K3 kuyusu**,** Turasan ovasında, K2 kuyusunun yaklaşık 1 km kuzeybatısında bulunmaktadır. X=4274750, Y=0441550 koordinatlarında bulunan soğuk su kuyusunda statik su seviyesi 4,125 metre olarak ölçülmüştür (Tarcan,1989)

.

K4 kuyusu, İçmeler ovasında Malkaça mevkinde bulunmaktadır. X=4272750, Y=0439750 koordinatlarında bulunan sığ kuyunun statik su seviyesi 3,240 metre olarak ölçülmüştür (Tarcan,1989).

K5 kuyusu, K4 kaynağının yaklaşık 500 metre güneydoğusunda İçmeler ovasında bulunmaktadır. X=4273175, Y=0439425 koordinatlarında bulunan sığ kuyunun yeraltısu derinliği 2,40 metre olarak ölçülmüştür (Tarcan,1989).

K6 kuyusu, İçmeler ovasının güneydoğusunda X=4274400, Y=0438850 koordinatlarında bulunan sığ kuyunun yeraltısu derinliği 7,60 metre olarak ölçülmüştür (Tarcan,1989).

K7 kuyusu, İçmeler ovasında X=4273175, Y=0440100 koordinatlarında bulunmaktadır. Kuyu statik seviyesi 1,49 metre olarak ölçülmüştür (Tarcan,1989).

Mega soğuk su kuyusu, 2013 yılında İçmeler ovasında açılan Mega sıcak su sondajının yaklaşık 10 metre kuzeyinde X=4240720, Y=0473719 koordinatlarında

bulunmaktadır. Kuyu keson kuyu özeliğinde olup yaklaşık 8 metre derinliğinde, statik su seviyesi 1,5 - 2 metre civarındadır.

Turasan soğuk su kuyusu, K2 soğuk su kuyusunun yaklaşık 500 metre batısında X=4241199, Y=0474889 koordinatlarında bulunan soğuk su kuyusunun debisi yaklaşık 10 l/sn'dir. Bölgede üst kesimlerde tatlı su derinlere inildikçe tuzlu su karışımı olduğu söylenmektedir.

Total soğuk su kuyusu, Özbek köyü çıkışında İzmir-Çeşme karayolu üzerinde bulunan Total benzinliğin içerisinde X=4242393, Y=0478042 koordinatlarında bulunmaktadır.

Pınar soğuk su kuyusu, Özbek köyü yol üzerinde, çiçek serasında X=4243575, Y=0476715 koordinatlarında bulunan soğuk su kuyusunun derinliği 49 metredir. Tüf-tüfit mostrasında açılan kuyuda statik seviye 3 - 4 metre civarındadır.

Nalbant soğuk su kuyusu, Nalbantoğlu çimento dolum tesisinin X=4244121, Y=0477985 koordinatlarında açmış olduğu soğuk su kuyusunun derinliği 160 metredir. Urla volkanik biriminde açılan kuyunun debisi yaklaşık 7-8 l/sn'dir.

Domuz pınar kaynağı, Nalbant soğuksu kuyusunun yaklaşık 200 metre batısında X=4277400, Y=0444250 koordinatlarında bulunmaktadır. Domuz Pınarı, Urla volkanit birimlerin kırık ve çatlakları boyunca dışarıya süzülmektedir (Tarcan, 1989).

Saraç çeşme, Özbek köyü yol kenarında X=4275900, Y=0444675 koordinatlarında bulunmaktadır. 0,150 l/s debiye sahip kaynak Urla tortul birimi içindeki kireçtaşı ve marnlı seviyelerden süzülmektedir (Tarcan, 1989).

Burgaz çeşme, Özbek köyünün kuzeydoğusunda Burgaz deresinin hemen güneyinde X=4275250, Y=0446825 koordinatlarında bulunmaktadır 0,250 l/s debiye sahip kaynak Urla tortul birimi içindeki kireçtaşı ve marnlı seviyelerden süzülmektedir (Tarcan, 1989).

Akkum soğuk su kuyusu, inceleme alanın kuzeybatısındaki Akkum mahallesinde X=4272075, Y=0448632 koordinatlarında bulunmaktadır. Urla volkanik biriminde açılan kuyunun derinliği 66 metredir.

Maksut 1 soğuk su kuyusu, inceleme alanın kuzeybatısındaki Maksut mahallesinde X=4271931, Y=0449500 koordinatlarında bulunmaktadır. Urla tortul biriminde açılan kuyunun derinliği 30 metredir.

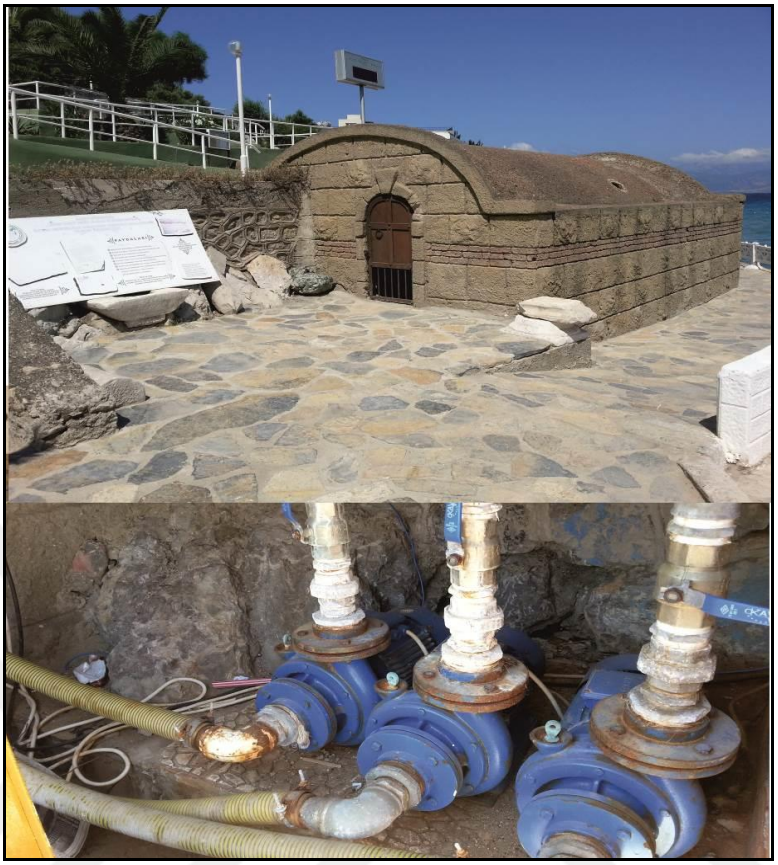
Maksut 2 soğuk su kuyusu, inceleme alanın kuzeybatısındaki Maksut mahallesinde X=4272174, Y=0449808 koordinatlarında bulunmaktadır. Urla tortul biriminde açılan kuyunun derinliği 10 metredir.

Yüksek lisans tezinin hidrojeoloji çalışmaları kapsamında Gülbahçe körfezinin çeşitli yerlerinden 4 adet deniz suyu numunesi alınmıştır. Bu numuneler Gülbahçe kaplıcası yanından, İçmeler ovası sahilinden, Özbek İskelesinden ve Ilıksu koyundan alınmıştır.

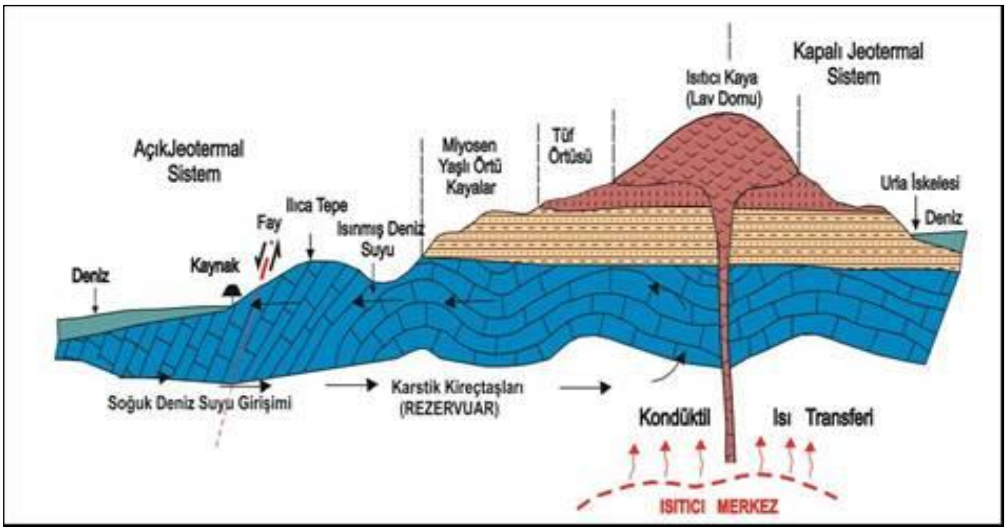
Ilıksu kaplıcası kaynağı, inceleme alanın kuzeybatısında Urla - İstihkâm Ordu Komutanlığı sahası içerisinde bulunmaktadır. X=4251659, Y=0472622 koordinatlarında bulunan kaynağın sıcaklığı 37 ºC' dir (Şekil 4.2).

Ilıksu kaplıcası kaynağından başka Ilıca koyunun başka yerlerinde de sıcak su çıkışları bulunmaktadır. Tüm Ilıksu kaynakları, Mesozoyik yaşlı kalın, bol kırıklı çatlaklı, fosilli kireçtaşlarından boşalım yapmaktadır (Tarcan,1989). Kireçtaşları Ilıksu kaplıcası kaynağının hazne kayasını oluşturur (Şekil 4.3).

Ilıksu kaplıcası kaynağı deniz beslenmeli bir kaynak olup ısıtıcı kayası bölgedeki genç volkaniklerdir. Fay hatları, kırık ve çatlaklardan yüzeye ulaşan sular derin kökenli olmayıp, bütünüyle deniz suyudur. Ilıksu mevkinde yapılan jeolojik gözlemde, Ilıksu'yun doğu - batı yönlü kireçtaşlarını kat eden fayın arka kesiminden genellikle kuzey - güney yönlü ve bunları kesen çatlaklardan geldiği belirlenmiştir (Tarcan,1989).



Şekil 4.2 Ilıksu kaplıcası kaynağı ve kaptajından bir görüntü.



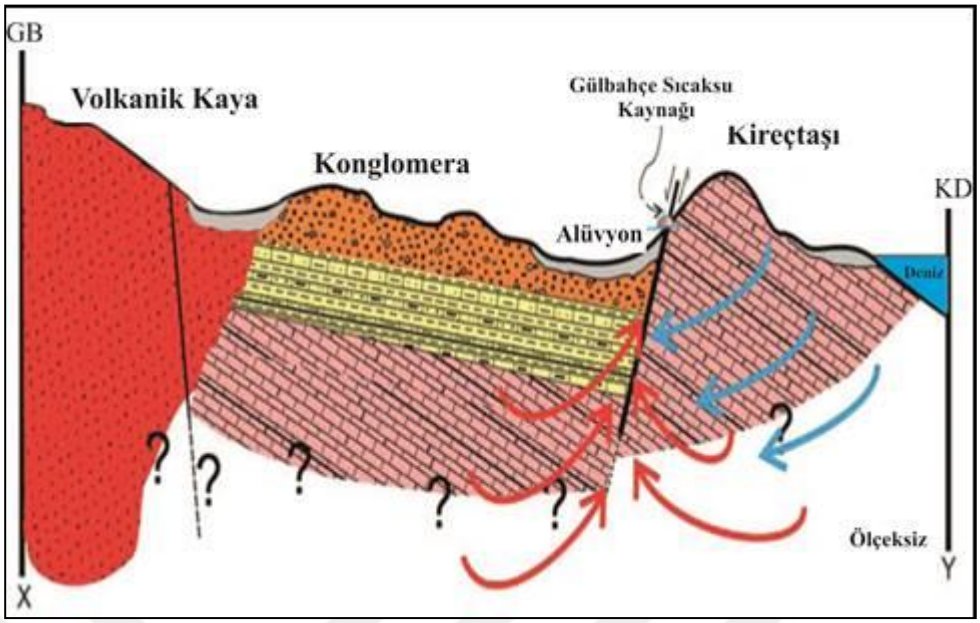
Şekil 4.3 Ilıksu sıcak su kaynaklarının jeotermal sistem içindeki oluşumunu açıklayan ölçeksiz şematik kesit (Tarcan, 1989, değiştirilerek).

Gülbahçe kaplıcası kaynağı, Gülbahçe köyünün yaklaşık 1 km güneydoğusunda X=0469779, Y=0469779 koordinatlarında bulunan kaplıcanın sıcaklığı önceki verilerde 37 ºC olarak verilmiştir (Şekil 4.4). Mart 2013 tarihinde yüksek lisans çalışması kapsamında yapılan ölçümlerde sıcaklık 33,5 ºC olarak ölçülmüştür. Gülbahçe kaynağı deniz bileşenli bir kaynak olup az oranda meteorik sularla da karışmaktadır. Gülbahçe kaynağı güneybatıdan gelen Söğütköy fayı ile İçmelerden gelen olası fayın keşistiği noktadan yüzeylemektedir. Hazne kayası Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarıdır.



Şekil 4.4 Gülbahçe kaplıcasından bir görünüm.

Gülbahçe kaplıcasının oluşumu beslenme alanında bulunan suyun derinlere süzülerek hazne kayaya erişmesi, burada sıcaklığını henüz yitirmemiş olan genç magmatik sokulumların etkisi ile ısınması ve sonuçta Söğütköy fayının süreksizlik hatlarını izleyerek tekrar yüzeye çıkması şeklindedir (Tarcan,1989). Gülbahçe kaplıca kaynağının oluşumunu açıklayan ölçeksiz şematik kesit Şekil 4,5' te verilmiştir.



Şekil 4.5 Gülbahçe kaplıca kaynağının oluşumunu açıklayan ölçeksiz şematik kesit (Pamukçu ve diğer., 2013).

İçmeler kaynağı, İçmeler kaynağı Urla-İçmeler mevkinde X=4240447, Y=0473719 koordinatlarında bulunmaktadır. Önceki araştırmacılar tarafından yapılan gözlemlerde bu kaynağın toplam debisi yaklaşık 200 l/sn belirtilmiş olmasına rağmen 2013 yılında yapılan gözlemlerde debide azalma gözlenmiştir. İçmeler kireçtaşı birimi İçmeler kaynağının hazne kayası olup, karstik akifer özelliğindedir. Çalışma alanında yeraltısuyu açısından en zengin birimdir. Malkaça İçmecesi olarakta bilinen İçmeler kaynağı büyük oranda meteorik sular ile deniz suyunun karşımınından meydana gelmektedir.

Birbirine yakın ve yaklaşık doğrusal bir hat boyunca uzanan kaynaklar Gülbahçe kaplıcasına kadar uzanan fay boyunca yüzeylemektedir. Yapılan ölçümlerde kaynağın sıcaklığı 19 ºC olarak ölçülmüştür (Şekil 4,6).



Şekil 4.6 Urla İçmeler kaynağından bir görüntü.

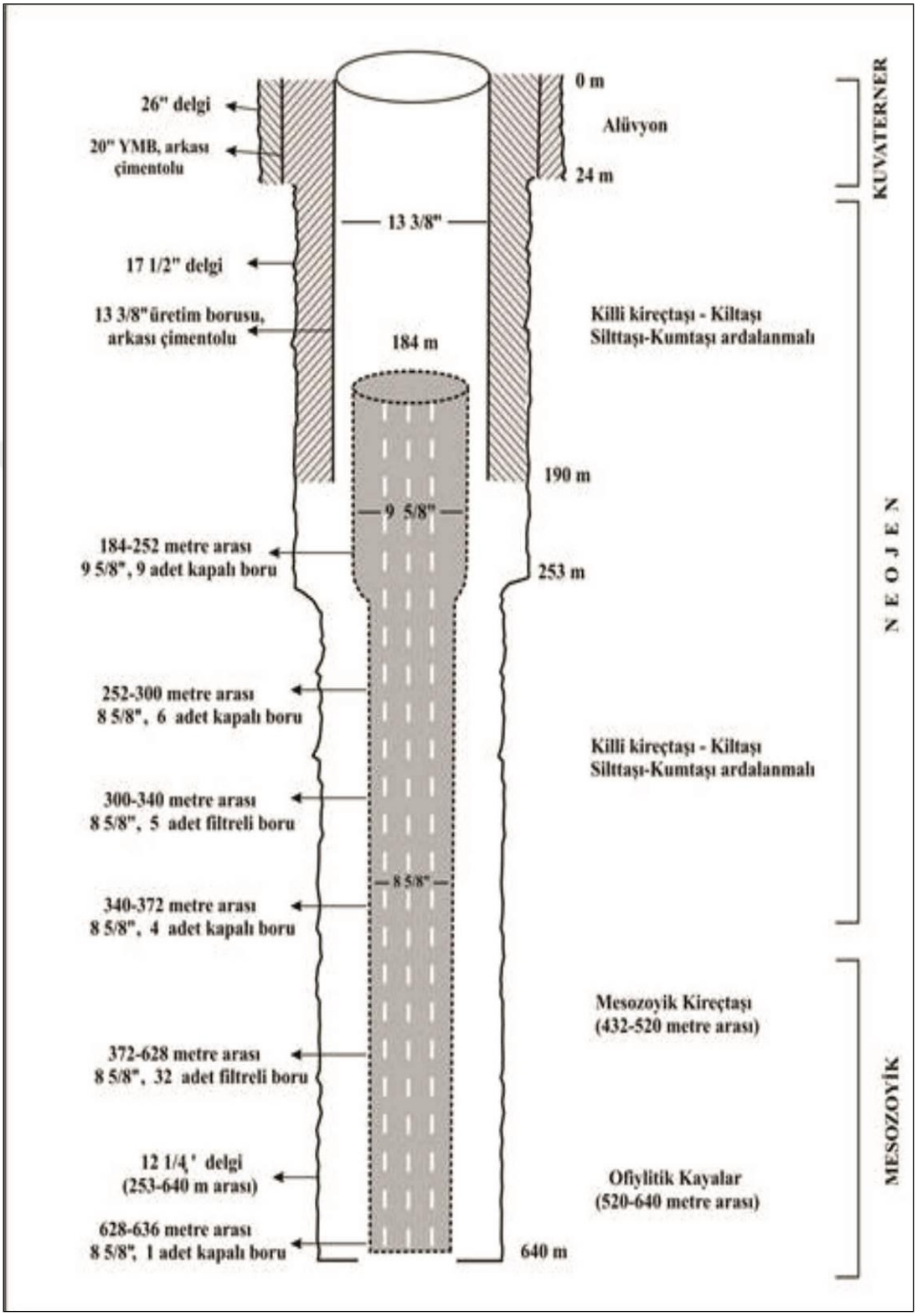
Mega sıcak (sondaj), Urla İçmeleri doğusunda özel sektöre ait arazide 2013 yılında yapılan jeofizik çalışmalarından sonra sondaj çalışmalarına geçilmiştir. X=4240664 Y=0473749 koordinatlarında 640 metre derinliğinde açılan kuyu sıcak su amaçlı olarak yapılmış olup, Urla-İçmeleri bölgesinde yapılmış olan ilk derin kuyudur. Ancak bu kuyu sıcaklık açısından amacına ulaşmamıştır. Sondaj bitiminde yapılan üretim testlerinde sıcaklık 22 ºC, debi 60-70 l/s olarak belirlenmiştir (Şekil 4.7).

Ruhsat alanında açılan Mega sıcak su kuyusunda teçhiz durumu ve kuyu loğu şekil 4.8 ve 4.9’ da verilmiştir.

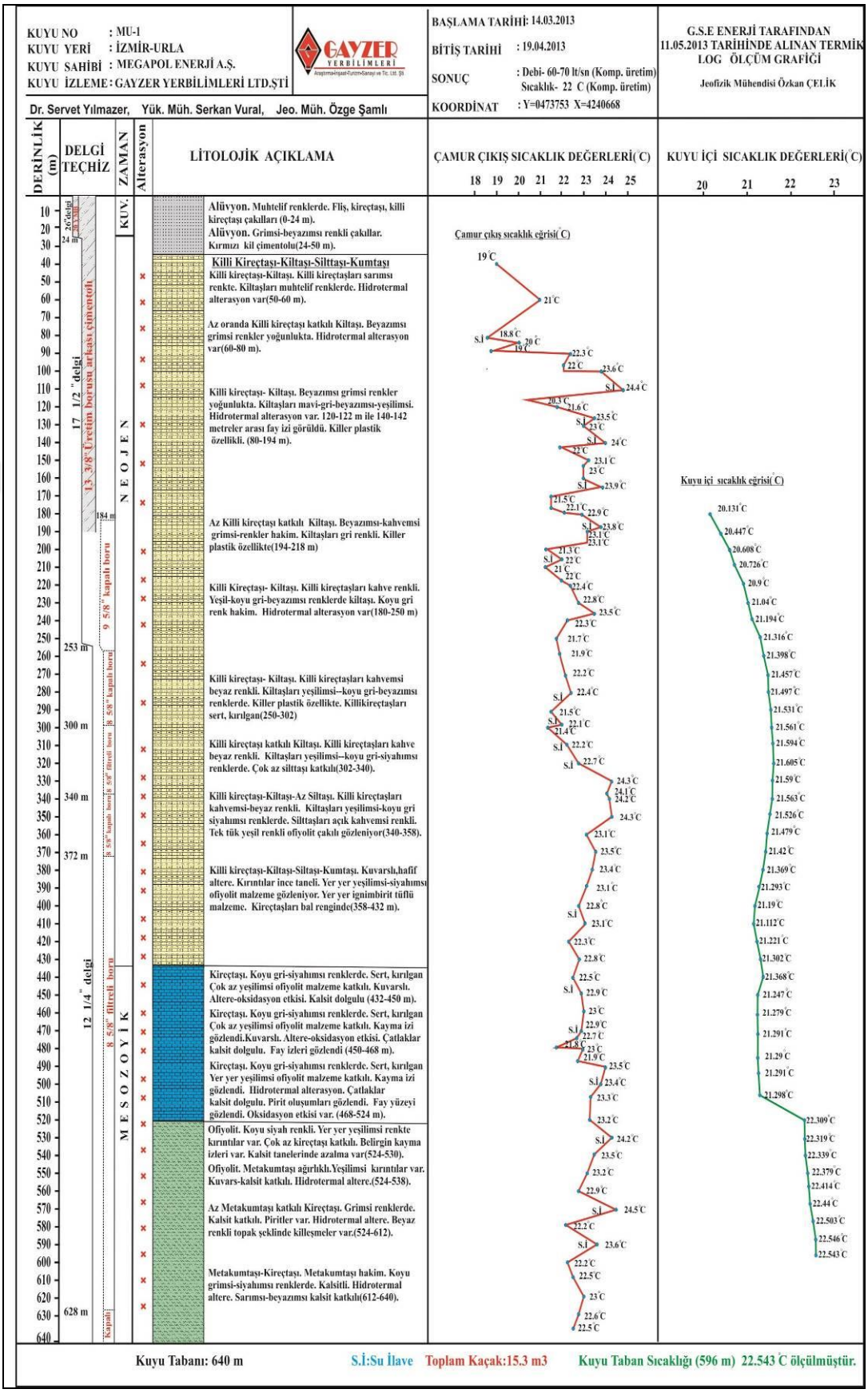
Yapılan sondaj çalışması sonucunda, başlangıçta kuyu projelendirilirken öngörülen sıcaklık değerine ulaşılamamıştır. Bunun nedeni üretilen suyun çok tuzlu olmasının jeofizik rezistivite ölçümlerini düşük özdirenç şeklinde yansımasına neden olması şeklinde açıklanmıştır.



Şekil 4.7 Mega sıcak su sondajında yapılan üretim testinden genel bir görüntü.



Şekil 4.8 Mega sıcak su kuyusu teçhiz planı.



Şekil 4.9 Mega sıcak su kuyusuna ait kuyu logu.

BÖLÜM BEŞ
HİDROJEOKİMYA

Yeraltının çeşitli derinliklerinde bulunan sular, buralardaki değişik bileşimli kütlelerle temas halindedir. Bu kütleler suda eriyebilme derecelerine göre az ya da çok oranda çözünmüş maddeyi yeraltısularına karıştırır. Çözünmüş maddelerin miktarı, yeraltısularının kütlelere değme süresine, suyun hızına, sıcaklığına, kütlenin cinsine ve ortamın basıncına bağlı olarak değişir. Diğer taraftan atmosferden aşağı inerken içerisine çözünmüş halde kimyasal maddeleri alan yağmur suları, yeraltına süzülme sırasında bunların önemli kısmını, beraberlerinde yeraltısularına taşırlar. Böylelikle yeraltısularında çeşitli kaynaklardan gelen kimyasal maddeler bulunur. Bu yüzden yeraltısularındaki çözünmüş madde miktarı genellikle yüzey sularındakilerden fazladır. Bu maddelerin belirli sınırları aşması halinde, yeraltısularının kullanılma alanları da kısıtlanır. Ayrıca bu suların pH, sertlik ve elektriksel geçirgenliği gibi diğer kimyasal özellikleri incelenerek yeraltısularının kimyasal yönden sınıflandırılması yapılır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

Yüksek lisans tezi kapsamında Urla jeotermal alanındaki suların kimyasal parametrelerini belirlemek amacıyla yapılan hidrojeokimya çalışmaları, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve değerlendirme olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

5.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında çalışma alanındaki sıcak-soğuk su kaynakları ve kuyularının yerleri tespit edilmiş, GPS yardımıyla koordinat değerleri saptanmıştır. Tez süresinde özel sektör tarafından inceleme alanında açılan sondaj çalışmalarının teknik takibi yapılmıştır. Örnekleme yapılan suların sıcaklık, eğer ölçülebilirse kuyu dibi sıcaklıkları, pH, elektriksel iletkenlik (EC), tuzluluk ve ölçülebiliyorsa debi ölçümleri kuyu başında yapılmıştır. Su örneklemelerin hazırlanmasında örnekleme kuralları ve analiz yapacak laboratuvarın standartları dikkate alınmıştır. Kimyasal analizler için her örnekleme sırasında örneğin alındığı su ile en az 3 kere çalkalanan

polietilen şişeler hava kalmayacak şekilde tamamen doldurulmuştur. Şişelerin tıpası ve kapağı sıkıca kapatılarak, güneş görmeyen serin bir yerde analize gidene kadar korunmuştur. Katyonlar için örnekleme yapılırken örnek şişesi içine bir miktar nitrik asit damlatılarak, pH 2-3 aralığına gelecek şekilde arazi uygulaması yapılarak su içindeki değerler sabitlenmiştir. Anyonlar için süzülen suyun içine hiçbir şey katmadan şişe kabarcık kalmayacak şekilde tamamen doldurulmuştur (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 İçmeler kaynağından alınan su örneğinin pH, EC, tuzluluk, sıcaklık ölçümünden bir görünütü.

5.2 Laboratuvar Çalışmaları

İkinci aşama olarak araziden alınan örnekler Dokuz Eylül Jeoloji Mühendisliği jeokimya laboratuvarı ve Çevre Mühendisliği laboratuvarına gönderilerek anyon ve katyonların analizleri yapılmıştır. Analiz çalışmalarında alkalinite analizi, Ag^{+} çöktürme titrasyonu (Arjenometrik titrasyon yöntemi), çöktürme (Gravimetri) ile sülfat analizi, atomik absorbsiyon spektrofotometresi metodu (AAS) kullanılmıştır. Laboratuvar çalışmalarına Jeoloji mühendisi Seray Işık ve Jeoloji mühendisi Murat Durgay katkıda bulunmuşlardır.

5.3 Değerlendirme

Çalışma alanında yer alan sıcak ve soğuk suların hidrojeokimyasal özelliklerinin ortaya çıkartılması amacıyla örneklenerek kimyasal analizleri yapılmıştır. Örneklenen suların pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC) gibi fizikokimyasal özellikleri kuyu ve kaynak başlarında ölçülmüştür. Kimyasal analizlerde major iyonları ile bazı su örneklerinin ikincil iyonları saptanmıştır. Suların kimyasal analiz değerleri Tablo 5.1' de sunulmuştur. Bu çalışmada kaynakları verilen mevcut yeni kimyasal analizlerden 30 (15 eski örneklemeler, 15 yeni örneklemeler olmak üzere) su noktasından seçilmiştir. Suların hesaplamalar sonucunda elde edilen fiziksel ve kimyasal özellikleri ile çeşitli grafiklere bağlı olarak saptanan özellikleri dikkate alınarak araştırma alanında yer alan sıcak ve soğuk sular incelenmiştir. Piper üçgen diyagramı, Schoeller yarı logaritmik diyagramı, ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı, Wilcox diyagramı, üçgen diyagramlar bu çalışmada kullanılan diyagramlardır.

5.4 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş Birincil İyonlar

Yeraltısularının ayrıntılı kimyasal analizlerinde 50 den fazla özellik saptanır. Ancak herhangi bir yerdeki yeraltısuyunun içme, kullanma endüstri ve sulama amaçları için uygun olup olmadığının anlaşılması için bu özelliklerinin tümünün ayrı ayrı bilinmesi gerekmez. Sertlik, pH, elektriği geçirgenlik gibi özelliklerin yansıra sayıları 10 ila 15 arasında değişen anyon ve katyonların miktarlarının öğrenilmesi ile suyun kimyası hakkında bilgi elde edilebilir. Minerallerin suda çözündüğünde iyon adı verilen elektrikle yüklü parçacıklara ayrılırlar. Bu parçacıkların bir kısmı negatif anyon, bir kısmı pozitif katyon yüklüdür. Doğal sularda bulunan birincil iyonların başlıcaları; kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, klorür, karbonat, bikarbonat, sülfat ve silisyumdur (Erguvanlı, 1973).

Çalışma alanında örneklen suların kimyasal analiz sonuçları Tablo 5.1' de verilmiştir.

Tablo 5.1 İnceleme alanında yer alan sıcak ve soğuk suların analizleri (d: Yaman (1999) örnekleme tarihi 19.12.1998; e: örnek tarihi 25.5.1999; (G1-G15) örnekleme tarihi 2013; kalan veriler Haziran 1987 yılında alınmıştır)

No	Örnek Yerleri	Su Tipi (>%20)	pH	EC (µS/cm)	Na^{+} (mg/l)	K^{+} (mg/l)	Ca^{+2} (mg/l)	Mg^{+2} (mg/l)	Cl^{-} (mg/l)	HCO_3^{-} (mg/l)	SO_4^{-2} (mg/l)	SiO_2 (mg/l)	CO_2 (mg/l)
1 d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	Na-Cl	7,3	52700	9565,0	241,0	249,0	813,0	16500,0	232,0	1884,0	20,0	167,3
3 e	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (37 °C)	Na-Cl	6,75	58400	11200,0	470,0	1015,0	925,0	18890,0	195,0	2685,0	33,0	140,7
4 e	İçmeler Kaynağı (19 °C)	Na-Cl	7	6350	1750,0	50,0	210,0	130,0	3110,0	295,0	510,0	18,0	212,8
5	Gülbahçe Deniz	Na-Cl	8,18	58000	12164,0	502,0	532,0	1320,0	22262,0	1626,0	3211,0	8,0	117,9
10	Saraç Çeşme Kaynak	$Ca\text{-}HCO_3$	7,4	607	16,0	2,0	80,0	6,0	26,0	263,0	38,0	51,0	189,7
11	Burgaz Çeşme Kaynak	$Ca\text{-}HCO_3$	7,53	690	25,0	4,0	78,0	10,0	35,0	273,0	26,0	17,0	196,9
12	Domuz Pınar Kaynak	$Ca\text{-}Mg\text{-}Na\text{-}HCO_3$	7,61	692	38,0	3,0	62,0	22,0	43,0	260,0	56,0	56,0	187,5
19	K1 Sığ Kuyu	$Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3\text{-}SO_4$	7,77	637	29,0	2,0	85,0	8,0	32,0	193,0	75,0	22,0	139,2
20	K2 Sığ Kuyu	$Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3\text{-}SO_4$	7,56	883	29,0	8,0	114,0	21,0	55,0	297,0	93,0	89,0	214,2
21	K3 Sığ Kuyu	$Ca\text{-}Na\text{-}Cl\text{-}HCO_3$	7,5	1030	100,0	8,0	109,0	17,0	225,0	230,0	65,0	33,0	165,9
22	K4 Sığ Kuyu	$Ca\text{-}Mg\text{-}Na\text{-}HCO_3\text{-}Cl$	7,74	748	35,0	1,0	82,0	26,0	71,0	270,0	46,0	11,0	194,8
23	K5 Sığ Kuyu	$Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3\text{-}Cl$	7,79	684	25,0	1,0	76,0	20,0	46,0	241,0	42,0	14,0	173,8
24	K6 Sığ Kuyu	$Ca\text{-}HCO_3$	7,36	613	15,0	1,0	90,0	7,0	31,0	209,0	48,0	28,0	150,8
25	K7 Sığ Kuyu	Ca-Na-HCO3-Cl	7.7	843	60,0	4,0	89,0	17,0	109,0	256,0	81,0	19,0	184,7

Tablo 5.1 İnceleme alanında yer alan sıcak ve soğuk suların analizleri devamı (d: Yaman (1999) örnekleme tarihi 19.12.1998; e: örnek tarihi 25.5.1999; (G1-G15) örnekleme tarihi 2013; kalan veriler Haziran 1987 yılında alınmıştır)

No	Sample Name	Water Type (>%20)	pH	EC (mS)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO_3 (mg/l)	SO_4 (mg/l)	SiO_2 (mg/l)	CO_2 (mg/l)
26	K8 Sığ Kuyu	Na-Cl	7,5	5657	1248,0	53,0	221,0	135,0	2220,0	217,0	320,0	17,0	156,5
G1	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (33.5°C)	Na-Cl	6,86	54100	65070	280,9	938,5	673,8	20325,0	219,6	2443,3	16,0	158,4
G2	İçmeler Kaynak (19°C)	Na-Cl	7	900	1640,0	46,3	225,4	165,2	3675,0	317,2	421,0	15,1	228,8
G4	Özbek Deniz (15.2°C)	Na-Cl	8,23	57100	6725,0	314,8	397,5	801,1	23775,0	31,7	2819,3	1,5	22,9
G5	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	Na-CI	7,3	52600	12629,24	355,09	511,91	1136,57	11423	231,8	1359,5	12,59	167,2
G6	Ilıksu Deniz (28.7 °C)	Na-CI	8,2	53800	21466,53	430,8	345,99	2261,83	23889,5	183	3480,5	3,44	132
G7	Akkum (20.5 °C)	Ca-Na-HCO3	6,9	1080	66,9	7,38	163,89	20,71	80,73	351,36	43,2	93,61	253,44
G8	Mega sıcak (22 °C)	Na-CI	-	-	16004,83	214,18	773,5	1849,6	46438	265,96	6435,5	29,0311	191,84
G9	Total (19.9 °C)	Ca-Na-HCO3-Cl	7,2	1047	93,48	10,95	219,47	19,86	115,3	346,48	49,7	69,49	249,92
G10	Maksut 1 (20.9 °C)	Ca-Na-HCO3-Cl	6,9	1245	94,17	6,69	250,04	12,41	106,2	424,56	76,8	85,02	306,41
G11	Nalbant (21.5 °C)	Ca-HCO3	7,3	880	47,43	5,08	188,17	21,51	45,8	435,84	44,6	78,92	327,36
G12	Pınar (21.8 °C)	Ca-Na-HCO3	7	820	62,65	8,32	138,42	21,43	58,5	290,36	67,24	67,24	209,44
G13	Maksut 2 (20.9 °C)	Ca-Na-Cl-HCO3	7	1553	134,29	9,95	261,71	23,71	255,8	300,12	47,6	91,12	216,48
G14	Küpalan Deniz (25.7 °C)	Na-Mg-Cl	8,6	53800	25030,42	512,13	435,87	2852,05	24813	195,2	3982,5	3,55	140,8
G15	Turasan (18.9 °C)	Ca-Na-Mg-HCO3	7,4	860	120,04	12,76	148,89	30,56	40,8	185,44	62,5	77,19	133,76

5.5 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş İkincil ve Üçüncü İyonlar

Doğal sularda elementleri, miktarlarına göre sınıflamak oldukça güçtür. Bazı elementler, deniz suyu ortalamalarında birincil durumda olmalarına karşın, tatlı sularda, ikincil veya üçüncül durumdadırlar. Tersine bazı elementler ise, tatlı sularda yüksek deniz sularında azdır (Şahinci, 1991). Yeraltısularında yukarıda belirtilen anyon ve katyonların dışında genellikle 1 mg/l' den az, fakat sayıca çok fazla olan kimyasal madde bulunur. Bunların bir kısmı zararlı, bir kısmı zararsızdır. Bu nedenle yeraltısularının kimyasal özellikleri Tablo 5.2' deki TS 266 (2005) içme suyu standartlarına göre değerlendirilmektedir.

Tablo 5.2 TS 266 (2005) 'ya göre içme suyu standartları

(A)		En Düşük Değer	En Yüksek Değer
1.Zehirli Maddeler	Kurşun (Pb)	-	0,05 mg/l
	Selenyum (Se)	-	0,01 mg/l
	Arsenik (As)	-	0,05 mg/l
	Krom (Cr)	-	0,05 mg/l
	Siyanür (CN)	-	0,2 mg/l
	Kadmiyum (Cd)	-	0,01 mg/l
2.Sağlığa Etki Yapan Maddeler	Florür (F)	1,0 mg/l	1,5 mg/l
	Nitrat (NO3)	-	45 mg/l
3. İçilebilme Özelliğine Göre Maddeler	Renk	5 birim	50 birim
	Bulanıklık	5 birim	25 birim
	Koku ve Tat	Kokusuz normal	Kokusuz normal
	Buharlaşma Kalıntısı	500 mg/l	2500 mg/l
	Demir (Fe)	0,3 mg/l	1 mg/l
	Mangan (Mn)	0,1 mg/l	0,5 mg/l
	Bakır (Cu)	1 mg/l	1,5 mg/l
	Çinko (Zn)	5 mg/l	15 mg/l
	Kalsiyum (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
	Magnezyum (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
	Sülfat (SO4)	200 mg/l	400 mg/l
	Klorür (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
	pH	7 - 8,5	6,5 - 9,2
	Bakiye Klor	0,1 mg/l	0,5 mg/l
	Fenolik Maddeler	-	0,002 mg/l
	Alkali Benzin Sülfonat	0,5 mg/l	1 mg/l
	Mg + Na2SO4	500 mg/l	1000 mg/l
4. Kirlenmeyi Belirten Maddeler	Toplam Organik Madde	3,5 mg/l	-

Tablo 5.2 TS 266 (2005)' ya göre içme suyu standartları (devamı)

(B)			Uluslararası		Avrupa
Fiziksel ve Kimyasal Parametreler			Standart	Hedef	Standart
Bulanıklık		FTU	25	5	-
Renk			50	5	-
Koku ve Tat			Hissedilmeyecek		-
Hidrojen Sülfür		mg/l	-	-	0,05
Çinko		mg/l	15	5	5
Bakır		mg/l	1.5	0,05	0,05
Demir		mg/l	1	0,1	0,1
Mangan		mg/l	0.5	0,05	0,05
Amonyum		mg/l	-	-	0.05
Klorür		mg/l	600	200	600
Kalsiyum		mg/l	200	75	-
Sülfat		mg/l	400	200	250
Fenol Bileşikleri		mg/l	0.002	0,001	0,001
pH			6,5 - 9,2	7 - 8,5	-
Toksik Maddeler					
Arsenik		mg/l	0,05	-	0,05
Baryum		mg/l	-	-	-
Kadmiyum		mg/l	0,01	-	0,01
Krom		mg/l	-	-	0,05
Kurşun		mg/l	0,1	-	0,1
Siyanür		mg/l	0,05	-	0,05
Magnezyum		mg/l	125	-	125
Civa		mg/l	0,001	-	-
Nitrat		mg/l	45		100
Selenyum		mg/l	0,01	-	0,01
Gümüş		mg/l	-	-	-
Stronsiyum		pC /l	-	-	-
Florür (Max günlük sıcaklıklardaki ortalama)					
10 - 12 °C		mg/l	-	1,7	1,7
12 - 15,5 °C		mg/l	-	1,5	1,5
14,5 - 17 °C		mg/l	-	1,3	1,3
17 - 21,5 °C		mg/l	-	1,2	1,2
21,5 - 26 °C		mg/l	-	1	1
26 - 31,5 °C		mg/l	-	0,8	-

Birincil iyonlarda olduğu gibi ikincil iyonlar da suların kökeni, hidrojeokimyasal evrimleri ve kullanılabilirlikleri hakkında bilgi vermektir. İnceleme alanında ikincil element tayinine yönelik kimyasal analizlerde 2013 yılında örneklenen suların As, Fe, Li, Sr, içerikleri saptanmış olup, diğer su örneklerinin ikincil iyon değerleri saptanamamıştır. Tablo 5.3' te inceleme alanındaki sıcak ve soğuk yeraltısularına ait ikincil element değerleri verilmiştir.

Tablo 5.3 İnceleme alanında yer alan bazı sıcak ve soğuk sulara ait çözünmüş ikincil iyon değerleri (Derişimler mg/ lt cinsinden)

Örnek no	As	Fe	Li	Sr
G1	<0,00	0,003	0,376	0,515
G2	<0,00	0,003	0,067	1,141
G3	<0,00	0,005	0,013	0,397
G4	0,01	0,003	0,267	5,001
G5	<0,00	0,005	0,007	8,021
G6	<0,00	0,002	0,008	12,328
G7	<0,00	<0,00	0,03	0,449
G8	<0,00	0,981	0,927	23,863
G9	0,003	0,116	0,013	0,474
G10	<0,00	<0,00	0,02	0,289
G11	0,003	<0,00	0,03	0,630
G12	<0,00	0,03	0,02	0,386
G13	<0,00	0,13	0,02	0,562
G14	0,001	0,331	0,659	13,678
G15	0,005	0,087	0,024	0,859

5.6 Suların Sınıflanması

İnceleme alınandan alınan su örnekleri, kimyasal analiz sonuçlarına göre sınıflandırılmış ve çeşitli özellikler saptanmıştır. Genel olarak sular kimyasal, içme, sulama, endüstride kullanılan özelliklerine göre sınıflandırılır. İçme amaçlı kullanılan suların kimyasal özelliklerinin yanında renk, koku, sıcaklık gibi fiziksel özellikleri ile bakteriyolojik özelliklerde önemlidir. Kimyasal sınıflama; yeraltısularının kökeni, egemen ve toplam çözünmüş iyon miktarı, değişik kökenden gelen suların karşılaştırılması, içme, kullanma, endüstri ve sulamada kimyasal yönden kullanılabilme özellikleri gibi birçok sorunun yanıtlanmasında yardımcıdır.

5.6.1 Suların Fasiyes Tipine Göre Sınıflanması

Hidrokimyasal fasiyes kavramı ilk olarak suların üçgen diyagramlarındaki izdüşüm yerlerine göre Back, (1966) tarafından geliştirilmiştir. Buna göre suda çözünen başlıca iyonlardan anyon ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere mek/l cinsinden %50'den fazla olan iyonlar hidrokimyasal fasiyes tipini belirtmektedir. Eğer iyonların hiçbirisi %50'yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir. AIH (Uluslararasi Hidrojeologlar Birliği) sınıflamasında ise suda çözünmüş başlıca iyonların, anyon ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere yine mek/l olarak % 20'den fazla çözünmüş bulunan iyonlar su tipini belirtmektedir (Başkan ve Canik, 1983).

Çalışma alanında örneklenen suların mek/l değerleri Tablo 5.2' de verilmiştir. Suların fasiyes tiplerini belirleyebilmek için AIH (Uluslararası Hidrojeologlar Birligi)' nin sınıflaması kullanılmıştır. Bu sınıflamaya göre suda çözünmüş başlıca iyonların katyon ve anyonlarının % mek/lt değerleri Aquachem 3.70 programıyla hesaplanmıştır. Bu sınıflamada % 20 ve % 20' den daha fazla mek/lt değerine sahip olan iyonlar, büyük değerden küçük değere olmak kaydıyla, öncelikle katyonlar sonrasında anyonlar sınıflanarak Tablo 5.4' te gösterilmiştir.

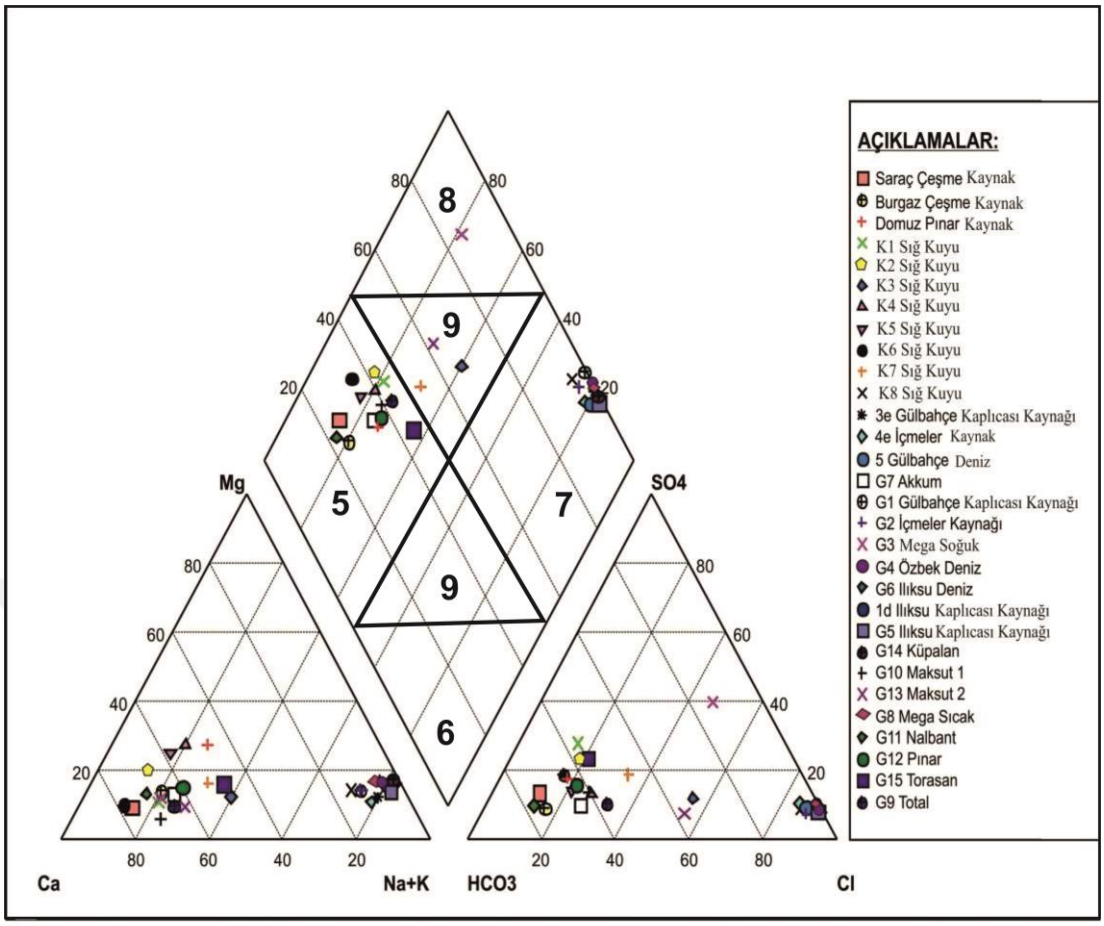
Tablo 5.4 Suların Uluslararası Hidrojeologlar Birliğine (AIH) göre sınıflandırılması

No	Örnek Yeri	Su Fasiyes Tipi (>%20)	No	Örnek Yeri	Su Fasiyes Tipi (>%20)
1 d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 ^{o}C)	Na-Cl	**G1**	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (33,5°C)	Na-Cl
3 e	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (37 ^{o}C)	Na-Cl	**G2**	İçmeler Kaynak (19°C)	Na-Cl
4 e	İçmeler Kaynak (19 ^{o}C)	Na-Cl	**G3**	Mega Soğuk (17°C)	Ca-Cl-SO_4
5	Gülbahçe Deniz	Na-Cl	**G4**	Özbek Deniz (15,2°C)	Na-Cl
10	Saraç Çeşme Kaynak	Ca-HCO_3	**G5**	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	Na-CI
11	Burgaz Çeşme Kaynak	Ca-HCO_3	**G6**	Ilıksu Deniz (28,7 °C)	Na-CI
12	Domuz Pınar Kaynak	Ca-Mg-Na-HCO_3	**G7**	Akkum (20,5 °C)	Ca-Na-HCO_3
19	K1 Sığ Kuyu	Ca-Mg-HCO_3-SO_4	**G8**	Mega Sıcak (22 °C)	Na-CI
20	K2 Sığ Kuyu	Ca-Mg-HCO_3-SO_4	**G9**	Total (19,9 °C)	Ca-Na-HCO_3-Cl
21	K3 Sığ Kuyu	Ca-Na-Cl-HCO_3	**G10**	Maksut 1 (20,9 °C)	Ca-Na-HCO_3-Cl
22	K4 Sığ Kuyu	Ca-Mg-Na-HCO_3-Cl	**G11**	Nalbant (21,5 °C)	Ca-HCO_3
23	K5 Sığ Kuyu	Ca-Mg-HCO_3-Cl	**G12**	Pınar (21,8 °C)	Ca-Na-HCO_3
24	K6 Sığ Kuyu	Ca-HCO_3	**G13**	Maksut 2 (20,9 C)	Ca-Na-Cl-HCO_3
25	K7 Sığ Kuyu	Ca-Na-HCO_3-Cl	**G14**	Küpalan Deniz (25,7 °C)	Na-Mg-Cl
26	K8 Sığ Kuyu	Na-Cl	**G15**	Turasan (18,9 °C)	Ca-Na-Mg-HCO_3

Çalışma alanındaki suların hidrokimyasal fasiyesine bakıldığı zaman, yapılan analiz sonuçları doğrultusunda sıcak sular Na-Cl' lı sular; soğuk sular ise Ca-HCO_3, Ca-Mg-Na-HCO_3, Ca-Mg-HCO_3-SO_4, Ca-Na-Cl-HCO_3, Ca-Mg-Na-HCO_3-Cl, Ca-Mg-HCO_3-Cl, Ca-Na-HCO_3, Ca-Na-HCO_3-Cl, Ca-Na-HCO_3, Ca-Na-HCO_3-Cl, Na-Mg-Cl, Ca-Na-Mg-HCO_3' lü sulardır.

5.6.2 Piper Üçgen Sınıflaması

Şekil 5,2'deki Piper diyagramına bakıldığı zaman inceleme alanındaki suların 5,7,8,9 nolu alanlara düştüğü görülmektedir. Saraç çeşme kaynak, Burgaz çeşme kaynak, Domuz Pınar kaynak, K1, K2, K4, K5, K6, Akkum, Total, Maksut 1, Nalbant, Pınar, Turasan piper diyagramında 5 numaralı bölgeye düşmekte ve karbonat sertliği % 50' den fazla olan sular sınıfına girmektedir. Ilıksu kaplıcası kaynağı, Gülbahçe kaplıcası kaynağı, İçmeler kaynağı, Gülbahçe deniz, K8, Özbek deniz, Ilıksu deniz, Mega sıcak, Küpalan deniz piper üçgen diyagramında 7 nolu alana düşmektedir. Karbonat olmayan alkalinitesi % 50' den fazla olan bu sular; NaCl, KCl, Na_2SO_4, alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır. Mega sıcak sondajının hemen yanındaki soğuk su kuyusundan alınan soğuk su örneği (Mega soğuk) piper üçgen diyagramında 8 nolu alana düşmekte ve karbonat alkalileri % 50' den fazla olan, doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular sınıfına girmektedir. K3, K7, Maksut 2, piper üçgen diyagramında 9 nolu alana düşmektedir. Bu sular iyonların hiçbiri % 50' yi geçmeyen, karışık sular alanına girer.

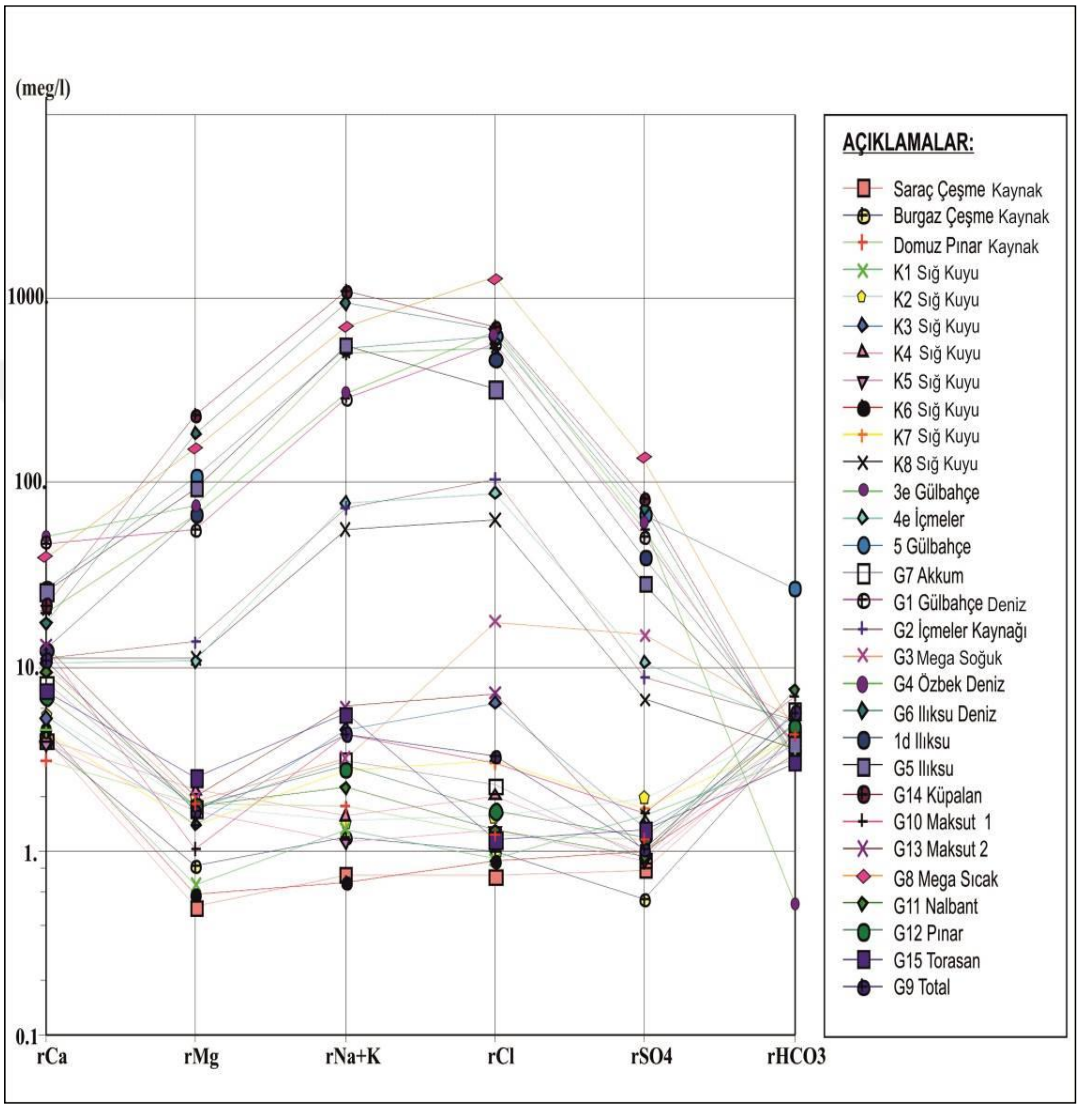


Şekil 5.2 İnceleme alanında örneklenen suların piper üçgen diyagramındaki sınıflamaları (derişimler % mek/ lt cinsinden).

5.6.3 Schoeller Yarı Logaritmik Diyagrama Göre Suların Sınıflandırılması

Düşey ekseni logaritmik, yatay ekseni aritmetik ölçekli kâğıtlar üzerine eşit aralıklarla yatay eksen üzerine sırası ile rCa, rMg, r(Na+K), rCl, rSO_4 ve $r(CO_3+HCO_3)$ iyonları yerleştirilir. Her bir iyonun mek/l (r) degerleri logaritmik düşey eksenlere işaretlenerek birleştirilir. Böylece suların kimyasal özellikleri kırık çizgilerle tanımlanmış olur. Yarı logaritmik diyagramlarda, farklı sular ilk bakışta ayırt edilebilir. Buna karşın yüzde ile gösterilen diyagramlarda, kökenleri ve kimyasal özellikleri çok farklı olan sular bir arada bulunabilir. Ayrıca, bu diyagramda benzer sular kırık paralel çizgiler meydana getirebilirler. Suların $[CaSO_4]$, $[CaCO_3]$' ca doygunluğu, denge pH'ı yarı logaritmik diyagram üzerinde saptanabilir (Şahinci, 1986). Çalışma alanında örneklenen sular Scholler yarı

logaritmik diyagramına göre değerlendirilmiştir Sıcak sular, İçmeler kaynağı, deniz sularında ve K8 sığ kuyuda hâkim katyon [Na+K], anyon [CI] iken soğuk sularda genelde hâkim katyon [Ca], anyon [HCO_3]' tür (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 İnceleme alanında örneklenen suların schoeller yarı logaritmik diyagramda gösterilişi.

5.6.4 Suların Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

Su içerisindeki hidrojen iyon konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması 'pH' değeri olarak tanımlanmakta ve 0 - 14 arasında değer almaktadır. PH = 7 olan sular 'Nötr' Sular olup [H^+] ve [OH^-] iyonları denge halindedir. [OH^-] iyon konsantrasyonunun artması ile pH 7' den büyük değer alır ve su bazik karakter

kazanır. H^+ iyon konsantrasyonunun artması ile pH, 7' den küçük değer alır, su asit karakter kazanır. Genelde yeraltısuları asit özellikte, yerüstüsuları ise bazik özellikteki sulardır. Buna göre pH<4,5 olan sular 'Asit Sular', pH>8,2 olan sular 'Bazik Sular' olarak kabul edilmektedir. Genelde yeraltısularının pH' ı 4-9 arasında değişir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

Türk Standartlari Enstitüsü'ne (TSE) göre kaynak (memba) suları dışındaki içme ve kullanma sularında müsade edilen pH değeri 6,5 – 8,5 arasında değişmektedir. İzin verilen maksimum değerler ise 6,5 – 9,5 arasındadır (Şahinci,1991). İnceleme alanından alınan su örneklerinin pH değerleri 6,75 ile 8,56 arasında değişmektedir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5 İnceleme alanından alınan su örneklerinin pH değerleri

No	Örnek Yeri	pH	No	Örnek Yeri	pH
1 d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	7,3	**G1**	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (33,5°C)	6,86
3 e	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (37 °C)	6,75	**G2**	İçmeler Kaynak (19°C)	7
4 e	İçmeler Kaynak (19 °C)	7	**G3**	Mega Soğuk (17°C)	7,1
5	Gülbahçe Deniz	8,18	**G4**	Özbek Deniz (15,2°C)	8,23
10	Saraç Çeşme Kaynak	7,4	**G5**	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	7,3
11	Burgaz Çeşme Kaynak	7,53	**G6**	Ilıksu Deniz (28,7 °C)	8,2
12	Domuz Pınar Kaynak	7,61	**G7**	Akkum (20,5 °C)	6,9
19	K1 Sığ Kuyu	7,77	**G8**	Mega sıcak (22 °C)	-
20	K2 Sığ Kuyu	7,56	**G9**	Total (19,9 °C)	7,2
21	K3 Sığ Kuyu	7,5	**G10**	Maksut 1 (20,9 °C)	6,9
22	K4 Sığ Kuyu	7,74	**G11**	Nalbant (21,5 °C)	7,3
23	K5 Sığ Kuyu	7,79	**G12**	Pınar (21,8 °C)	7
24	K6 Sığ Kuyu	7,36	**G13**	Maksut 2 (20,9 °C)	7
25	K7 Sığ Kuyu	7,7	**G14**	Küpalan Deniz (25,7 °C)	8,6
26	K8 Sığ Kuyu	7,5	**G15**	Turasan (18,9 °C)	7,4

5.6.5 Suların Elektriksel İletkenlik (EC)

Genel olarak bütün sular elektriği iletir, iyon konsantrasyonunun artması ile bu iletkenlik artar. Elektriksel iletkenliğin ölçüsü olarak mikromho/cm kullanılmaktadır. Bu, 25°C' de 1 cm^3 suyun iletkenliğidir. Genelde iletkenlik, 50,000 µmho/cm'ye kadar sudaki iyon konsantrasyonu ile orantılı olup, su içindeki çözünmüş madde miktarı fazla ise EC değerleri de artar (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). 1980 sonrasında EC ölçüsü olarak µS/cm kullanılmaktadır.

Laboratuvarda elde edilen saf suların elektriksel iletkenlikleri 0,5 ile 5 mikromho/cm; içilecek suların 30-2000; çok tuzlu petrol sularının ise 10000 mikromho'dan fazladır (Şahinci, 1991). Suların elektriksel iletkenliğe bağlı sınflaması Tablo 5.6' da verilmiştir. EC suların tuzluluğunu belirten bir parametredir. Yüksek derişimli suların EC değerleri yüksek, seyreltik suların EC değerleri düşüktür. Suların elektriksel iletkenlik değerleri çözünmüş madde miktarları ile doğrudan ilişkilidir. İyon derişimi arttıkça EC değeri de artmaktadır.

Tablo 5.6 Suların elektriksel iletkenliğine göre sınıflaması (Erguvanlı ve Yüzer, 1973)

EC (25 C' de µmho/cm)	**Suyun Sınıfı**
<250	Çok İyi
250 – 750	İyi
750 – 2000	Kullanılabilir
2000 – 3000	Şüpheli
> 3000	Kullanılamaz

Çalışma alanında örneklenen suların elektriksel iletkenlikleri değişken olup, EC değerlerine göre sınıflandırılması Tablo 5.7' de verilmiştir. EC değerlerine bakıldığında genel olarak soğuk suların iyi-kullanılabilir özellikte olduğu, sıcak sular ve deniz sularının ise kullanılamaz özellikte olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5.7 Çalışma alanında örneklenen suların EC' ye göre sınıflanması

No	Örnek Yeri	EC (µS/cm)	Açıklamalar	No	Örnek Yeri	EC (µS/cm)	Açıklamalar
1 d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	52700	Kullanılamaz	**G1**	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (33,5°C)	54100	Kullanılamaz
3 e	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (37 °C)	58400	Kullanılamaz	**G2**	İçmeler Kaynak (19°C)	9000	Kullanılamaz
4 e	İçmeler Kaynak (19 °C)	6350	Kullanılamaz	**G3**	Mega Soğuk (17°C)	1925	Kullanılabilir
5	Gülbahçe Deniz	58000	Kullanılamaz	**G4**	Özbek Deniz (15,2°C)	57100	Kullanılamaz
10	Saraç Çeşme Kaynak	607	İyi	**G5**	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	52600	Kullanılamaz
11	Burgaz Çeşme Kaynak	690	İyi	**G6**	Ilıksu Deniz (28,7 °C)	53800	Kullanılamaz
12	Domuz Pınar Kaynak	692	İyi	**G7**	Akkum (20,5 °C)	1080	Kullanılabilir
19	K1 Sığ Kuyu	637	İyi	**G8**	Mega sıcak (22 °C)	-	-
20	K2 Sığ Kuyu	883	Kullanılabilir	**G9**	Total (19,9 °C)	1047	Kullanılabilir
21	K3 Sığ Kuyu	1030	Kullanılabilir	**G10**	Maksut 1 (20,9 °C)	1245	Kullanılabilir
22	K4 Sığ Kuyu	748	İyi	**G11**	Nalbant (21,5 °C)	880	Kullanılabilir
23	K5 Sığ Kuyu	684	İyi	**G12**	Pınar (21,8 °C)	820	Kullanılabilir
24	K6 Sığ Kuyu	613	İyi	**G13**	Maksut 2 (20,9 °C)	1553	Kullanılabilir
25	K7 Sığ Kuyu	843	Kullanılabilir	**G14**	Küpalan Deniz (25,7 °C)	53800	Kullanılamaz
26	K8 Sığ Kuyu	5657	Kullanılamaz	**G15**	Turasan (18,9 °C)	860	Kullanılabilir

5.6.6 Suların Sertliği

Suların sertliği, başta kalsiyum, magnezyum ve bikarbonat iyonları olmak üzere kalsiyum ve magnezyum sülfat, kalsiyum ve magnezyum klorür, kalsiyum ve

magnezyum nitrat ve az miktarda da demir, alüminyum ve stronsiyum iyonlarından ileri gelmektedir. Suların sertliği karbonat ve karbonat olmayan sertlik olmak üzere ikiye ayrılır (Tarcan, 2002).

Karbonat ve karbonat olmayan ileri gelen sertliğe toplam sertlik denir. Türkiye'de Fransız Sertlik Derecesi kullanılmaktadır. 1 lt suda, 10 mg kalsiyum ve Magnezyumbikarbonat veya buna eşit miktarda diğer sertlik verici iyonların bulunması halinde o suyun sertliği, 1 Fransız Derecesi (1ºFr.) olarak tanımlanır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Tablo 5.8' de suların Fransız sertliğine göre sınıflaması verilmiştir.

Tablo 5.8 Fransız Sertliği'ne Göre Suların Sınıflaması (Şahinci,1991)

Fransız Sertliği	**Suyun Sınıflaması**
0 -7,2	Çok Yumuşak
7,2 -14,5	Yumuşak
14,5 -21,5	Az Sert
21,5 – 32,5	Oldukça Sert
32,5 - 54	Sert
>54	Çok Sert

Tablo 5.9 İnceleme alanındaki suların sertlik değerleri

No	Örnek Yeri	Sertlik	Açıklamalar	No	Örnek Yeri	Sertlik	Açıklamalar
1 d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 ^{o}C)	395,30	Çok Sert	**G1**	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (33,5°C)	506,19	Çok Sert
3 e	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (37 ^{o}C)	628,22	Çok Sert	**G2**	İçmeler Kaynak (19°C)	122,96	Çok Sert
4 e	İçmeler Kaynak (19 ^{o}C)	104,72	Çok Sert	**G3**	Mega Soğuk (17°C)	59,23	Çok Sert
5	Gülbahçe Deniz	672,97	Çok Sert	**G4**	Özbek Köyü Deniz (15,2°C)	426,62	Çok Sert
10	Saraç Çeşme Kaynak	21,98	Oldukça Sert	**G5**	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	592,58	Çok Sert
11	Burgaz Çeşme Kaynak	23,14	Oldukça Sert	**G6**	Ilıksu Deniz (28,7° C)	1015,18	Çok Sert
12	Domuz Pınar Kaynak	24,18	Oldukça Sert	**G7**	Akkum (20,5° C)	48,50	Sert
19	K1 Sığ Kuyu	24,02	Oldukça Sert	**G8**	Mega sıcak (22 °C)	949,81	Çok Sert
20	K2 Sığ Kuyu	36,45	Sert	**G9**	Total (19,9 °C)	61,70	Çok Sert
21	K3 Sığ Kuyu	33,58	Sert	**G10**	Maksut 1 (20,9 °C)	66,09	Çok Sert
22	K4 Sığ Kuyu	30,70	Oldukça Sert	**G11**	Nalbant (21,5 °C)	54,75	Çok Sert
23	K5 Sığ Kuyu	26,77	Oldukça Sert	**G12**	Pınar (21,8 °C)	42,58	Sert
24	K6 Sığ Kuyu	24,83	Oldukça Sert	**G13**	Maksut 2 (20,9 °C)	73,59	Çok Sert
25	K7 Sığ Kuyu	28,70	Oldukça Sert	**G14**	Küpalan Deniz (25,7 °C)	1279,99	Çok Sert
26	K8 Sığ Kuyu	109,46	Çok Sert	**G15**	Turasan (18,9 °C)	48,89	Sert

Tablo 5.9 ’a bakıldığında çalışma alanındaki suların çok sert, sert, oldukça sert sular sınıfına girdiği gözlenmektedir. Ilıksu kaplıcası kaynağı, Gülbahçe kaplıcası

kaynağı, Gülbahçe deniz, İçmeler kaynağı, K8, Mega soğuk, Özbek deniz, Mega sıcak, Total, Nalbant, Maksut 1, Maksut 2, Küpalan deniz çok sert sular; K2, K3, Akkum, Pınar, Turasan sert sular, Saraç çeşme, Burgaz çeşme, Domuz pınar, K1, K4, K5, K6, K7 oldukça sert sular sınıfındadır.

5.7 Suların İçilebilme ve Kullanılabilme Özellikleri

5.7.1 İçme Sularının Özellikleri

Suların içme özelliklerinin saptanması, iklim koşullarına, su potansiyeline ve jeolojik formasyonlara bağlı olarak ülkeden ülkeye değişir (Tablo 5.10). Kurak bölgelerde veya çöllerde önerilen içme suyu standartları, yağışlı yörelerdeki ülkelerden çok farklı olacağı bir gerçektir. Genel olarak içme sularının sıcaklığı 7-10 °C arasında bulunmaktadır. 5 °C alt sınır, 18 °C üst sınır kabul edilir (Şahinci, 1991). İnceleme alanında örneklenen suların sıcaklıkları 15-37 ºC arasında değişmektedir.

Tablo 5.10 İçme suyu kalite parametreleri

İÇME SUYU KALİTE PARAMETRE DEĞERLERİ (Kabul Edilebilir Maksimum Değerler)			
STANDARTLAR	**TSE 266** Türk Standartları Enstitüsü	**EC** Avrupa Birliği	**WHO** Dünya Sağlık Teşkilatı
Mikrobiyolojik EMS/100 mL			
*Koliform	0	0	0
*Escherichia Coli (E. Coli)	0	0	0
*Toplam Koloni Sayısı (22C')	20		
*Toplam Koloni Sayısı (37C')	5		
C.perfringens	0	0	0
Pseudomonas Aeruginosa	0	0	0
Kimyasal mg/L			
pH (pH)	6.5-9.5	6.5-9.5	6.5-8.5
İletkenlik 20' (uS/cm)	2500	2500	2500
Nitrat (NO3)	50	50	50
Nitrit (NO2)	0.50	0.50	0.50
Bor (B)	1	2	2
Nikel (Ni)	0.02	0.02	0.02
Arsenik (As)	0.01	0.01	0.01
Kadmiyum (Cd)	0.005	0.005	0.003
Krom Toplam (Cr)	0.05	0.05	0.05
Florür (F)	1.50	1.50	1.50
Kurşun (Pb)	0.01	0.01	0.01
Siyanür (CN)	0.05	0.05	0.07
Bromat (Br)	0.010	0.010	0.025
Benzen (C6H6)	0.001	0.001	0.010
Selenyum (Se)	0.010	0.010	0.010
Antimon (Sb)	0.005	0.005	0.005
Bakır (Cu)	2,0	2,0	2,0
Demir (Fe)	0.2	0.2	0.3
Mangan (Mn)	0.05	0.05	0.10
Alüminyum (Al)	0.20	0.20	0.20
Amonyum (NH4)	0.50	0.50	1.50
Sodyum (Na)	200	200	200
Klorür (Cl)	250	250	250
Sülfat (SO4)	250	250	250
Sertlik(CaCO3)			500
Fiziksel ve Organoleptik			
Renk(Co-Pt birimi)	20	20	15
Bulanıklık(NTU birimi)	5,0	4,0	5,0
Koku	Duyusal	Duyusal	Duyusal
Tat	Duyusal	Duyusal	Duyusal

Yapılan kimyasal analizlerde insan sağlığına zararlı, zehirli maddeler ölçülmediği için sular içme suyu özelliklerine göre değerlendirilememiştir. İnceleme alanından örneklenen sular Tablo 5.2' de verilen TS 266' a göre içme suyu standartlarına göre elde var olan verilere göre değerlendirildiği zaman soğuk sulardan K8 sığ kuyu dışındaki sular içme suyu kriterlerine kısmen uygundur.

5.7.2 Kullanma (Sulama) Sularının Özellikleri

Suda çözünmüş iyon miktarı fazla ise bitkilere ve tarımsal toprağa fiziksel ve kimyasal yollarla etkiyerek verimi düşürür. Bu iyonların fiziksel etkisi, bitki yapısındaki hücrelerde osmotik basıncı azaltarak suların dal ve yapraklara erişmesini engeller. Kimyasal yolla ise bitki metabolizmasını bozarlar. Tuzlu sulardaki sodyum, zemindeki kalsiyum iyonları ile yer değiştirerek toprak geçirgenliğini ve havalanmasını azaltır, böylece dolaylı olarak bitkilerin gelişmesi yavaşlar. Bitkilerin sudaki tuzlara karşı dirençleri farklı olduğundan, sulama için kullanılan suların tuz derişiminin üst sınırını vermek güçtür. Bitki gelişmesi ile su kalitesi arasındaki ilgi yanında toprağın akaçlaması da önemli yer tutar. Geçirgenliği fazla, akaçlaması iyi tarım topraklarında su, tuzlu da olsa bitkilerin gelişmesini engellemez. Tersine geçirgenliği ve akaçlaması kötü zeminlerde su az tuzlu olsa bile, bitki köklerinde tuz birikimleri oluşarak bitkilerin gelişmesi güçleşir. Toplam tuz derişiminden çok suda bulunan sodyum ve bor iyonlarının miktarı bitkilerin gelişmesini etkiler. Böylece, bitkilerin gelişmesini su kalitesinden başka toprağın cinsi, geçirgenliği, akaçlaması, iklim koşulları, kullanılan su miktarı, bitki türü, sulama şekilleri ve uygulanan yetiştirme yöntemleri gibi özellikleri de etkiler. Sulama sularının kimyasal özelliklerini saptamak için çeşitli yöntemler önerilmiştir (Şahinci, 1991).

İnceleme alanında örneklenen suların içme ve kullanıma uygunluğu EC, SAR, sodyum yüzdesi, çözünmüş madde miktarı ve diyagramlar yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kısımda Urla ve çevresinde örneklenen sıcak ve soğuk sular için hazırlanan Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramlarından bahsedilecektir.

5.7.2.1 Suların Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Sulama sularında sodyum miktarı önemli bir yer tutar. Toprağın yapısını bozarak, geçirgenliğini azaltan ve sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde soğurulan sodyum, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engellenir. Ayrıca, sodyum, bitkiler için zehirli bir ortam yaratır. Cinsine bakılmaksızın, sodyumca doygun topraklarda bitkiler çok az gelişir veya gelişmezler. Sudaki sodyum miktarı % olarak söyle bulunur. SAR' a göre sulama suları Tablo 5.11' de verildiği gibi sınıflanır (Şahinci, 1991).

Tablo 5.11 % SAR' a göre sulama sularının sınıflaması (Şahinci, 1991)

SAR (%)	**Suyun Sınıfı**
< 10	Çok iyi özellikte sulama suyu
10 – 18	İyi özellikte sulama suyu
18 – 26	Orta özellikte sulama suyu
> 26	Kötü özellikte sulama suyu

İnceleme alanından örneklenen suların sulama suyu olarak kullanılabilmesi açısından uygunluğunu belirlemede sodyum adsorpsiyon oranı kullanılmıştır. Tablo 5.12' ye bakıldığı zaman inceleme alanında bulunan sıcak suların kötü özellikte sulama suyu sınıfına girdiği görülmektedir. İçmeler kaynağı orta özellikli sulama sınıfına girmektedir. İnceleme alanındaki soğuk sulara bakıldığı zaman deniz suları ve K8 hariç çok iyi özellikte sulama suyu sınıfına girmektedir. K8 numaralı soğuk su iyi özellikte sulama sınıfına girerken deniz suları kötü özellikli sulama suyu sınıfına girmektedir.

Tablo 5.12 İnceleme alanında örneklenen suların SAR' a göre sınıflaması

No	Örnek Yeri	SAR	Sınıflandırma
1 d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 ^{o}C)	66,14	Kötü özellikte sulama suyu
3 e	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (37°C)	61,44	Kötü özellikte sulama suyu
4 e	İçmeler Kaynak (19 ^{o}C)	23,51	Orta özellikte sulama suyu
5	Gülbahçe Deniz	64,47	Kötü özellikte sulama suyu
10	Saraç Çeşme Kaynak	0,47	Çok iyi özellikte sulama suyu
11	Burgaz Çeşme Kaynak	0,71	Çok iyi özellikte sulama suyu
12	Domuz Pınar Kaynak	1,06	Çok iyi özellikte sulama suyu
19	K1 Sığ Kuyu	0,81	Çok iyi özellikte sulama suyu
20	K2 Sığ Kuyu	0,66	Çok iyi özellikte sulama suyu
21	K3 Sığ Kuyu	2,37	Çok iyi özellikte sulama suyu
22	K4 Sığ Kuyu	0,87	Çok iyi özellikte sulama suyu
23	K5 Sığ Kuyu	0,66	Çok iyi özellikte sulama suyu
24	K6 Sığ Kuyu	0,41	Çok iyi özellikte sulama suyu
25	K7 Sığ Kuyu	1,54	Çok iyi özellikte sulama suyu
26	K8 Sığ Kuyu	16,40	İyi özellikte sulama suyu
G1	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak(33,5°C)	39,76	Kötü özellikte sulama suyu
G2	İçmeler Kaynak (19°C)	20,33	Orta özellikte sulama suyu
G3	Mega Soğuk (17°C)	1,13	Çok iyi özellikte sulama suyu
G4	Özbek Deniz (15,2°C)	44,77	Kötü özellikte sulama suyu
G5	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 °C)	71,33	Kötü özellikte sulama suyu
G6	Ilıksu Deniz (28,7 °C)	92,63	Kötü özellikte sulama suyu
G7	Akkum (20,5 °C)	1,32	Çok iyi özellikte sulama suyu
G8	Mega sıcak (22 °C)	71,40	Çok iyi özellikte sulama suyu
G9	Total (19,9 °C)	1,63	Çok iyi özellikte sulama suyu
G10	Maksut 1 (20,9 °C)	1,59	Çok iyi özellikte sulama suyu
G11	Nalbant (21,5 °C)	0,88	Çok iyi özellikte sulama suyu
G12	Pınar (21,8 °C)	1,32	Çok iyi özellikte sulama suyu
G13	Maksut 2 (20,9 °C)	2,15	Çok iyi özellikte sulama suyu
G14	Küpalan Deniz (25,7 °C)	96,19	Kötü özellikte sulama suyu
G15	Turasan (18,9 °C)	2,36	Çok iyi özellikte sulama suyu

5.7.2.2 Sulama Sularının Wilcox Diyagramına Göre Sınıflandırılması

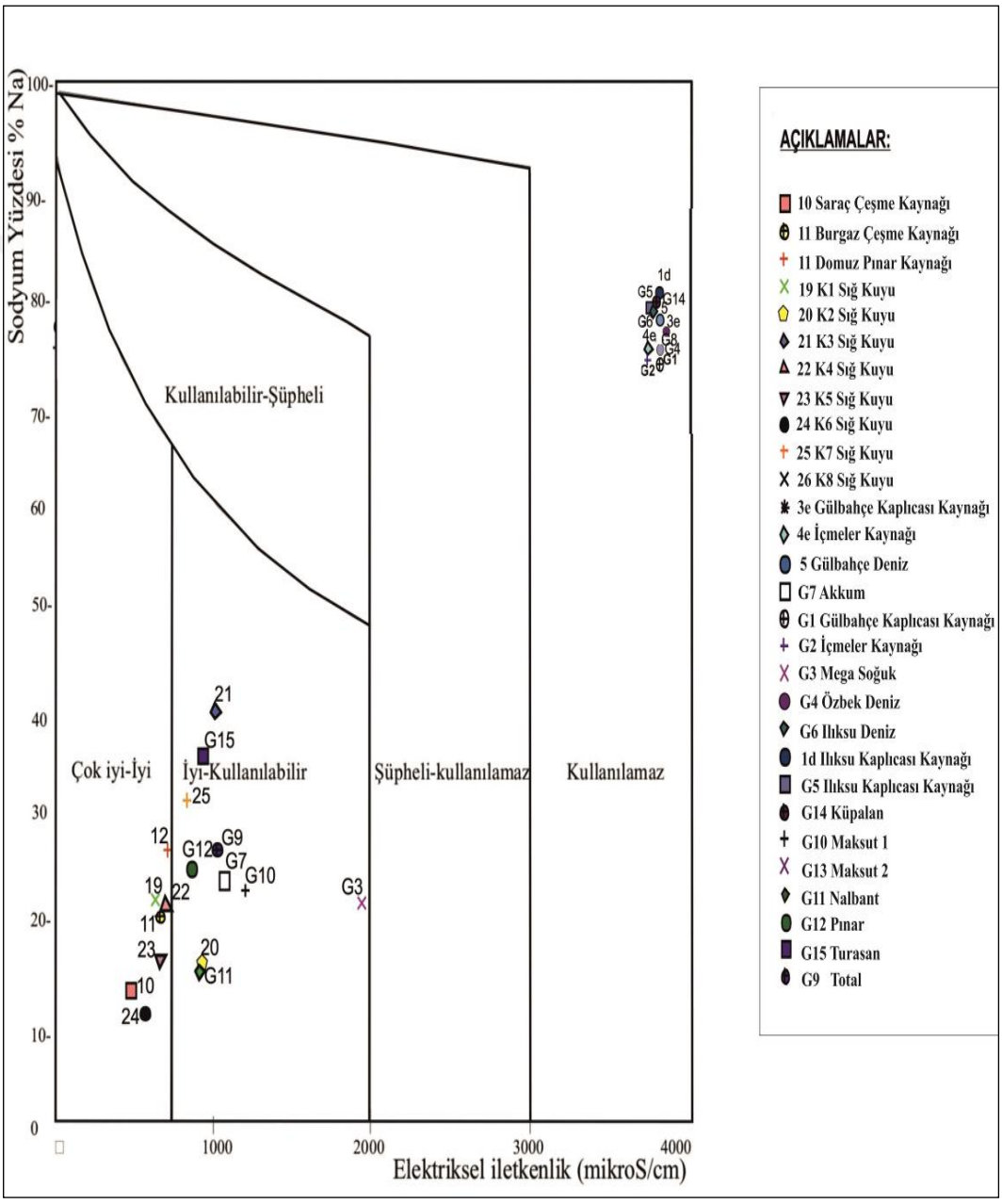
Düşey eksende %Na miktarı, yatay eksende elektriksel iletkenlik (EC) gösterilmiştir. Suyun kimyasal analizinden hesaplanan %Na değeri düşey eksene işaretlenerek bu noktadan yatay eksene paralel çizilir. EC değeri de yatay eksende bulunarak bu noktadan yatay eksene dik çıkılır ve paraleli kestiği nokta suyun özelliğini verir. Bu diyagramdan sulama suları doğrudan yorumlanabilir (Şahinci, 1991).

İnceleme alanında örneklenen suların %Na ve EC değerleri Çizelge 5.13' te, suların Wilcox diyagramındaki dağılımları Şekil 5.4' te verilmiştir.

Tablo 5.13 Çalışma alanındaki suların % Na ve EC (µS /cm) değerleri

No	Örnek Yeri	EC	%NA	No	Örnek Yeri	EC	%NA
1 d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 ^{o}C)	52700	84,22	**G1**	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (33,5 ^{o}C)	54100	83,86
3 e	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak (37 ^{o}C)	58400	79,88	**G2**	İçmeler Kaynak (19 ^{o}C)	9000	74,67
4 e	İçmeler Kaynak (19 ^{o}C)	6350	78,7	**G3**	Mega Soğuk (17 ^{o}C)	1925	21,22
5	GülbahçeDeniz	58000	80,1	**G4**	Özbek Deniz (15,2 ^{o}C)	57100	77,88
10	Saraç Çeşme Kaynak	607	14,52	**G5**	Ilıksu Kaplıcası Kaynak (37 ^{o}C)	52600	86,80
11	Burgaz Çeşme Kaynak	690	20,44	**G6**	Ilıksu Deniz (28,7 ^{o}C)	53800	82,48
12	Domuz Pınar Kaynak	692	26,34	**G7**	Akkum (20,5 ^{o}C)	1080	24,21
19	K1 Sığ Kuyu	637	21,45	**G8**	Mega Sıcak (22 ^{o}C)	-	71,80
20	K2 Sığ Kuyu	883	16,74	**G9**	Total (19,9 ^{o}C)	1047	26,04
21	K3 Sığ Kuyu	1030	40,4	**G10**	Maksut 1 (20,9 ^{o}C)	1245	24,40
22	K4 Sığ Kuyu	748	20,13	**G11**	Nalbant (21,5 ^{o}C)	880	16,68
23	K5 Sığ Kuyu	684	17,21	**G12**	Pınar (21,8 ^{o}C)	820	25,64
24	K6 Sığ Kuyu	613	12,01	**G13**	Maksut 2 (20,9 ^{o}C)	1553	29,28
25	K7 Sığ Kuyu	843	32,08	**G14**	Küplan Deniz (25,7 ^{o}C)	53800	68,54
26	K8 Sığ Kuyu	5657	71,76	**G15**	Torasan (18,9 ^{o}C)	860	36,19

Çalışma alanındaki sıcak ve soğuk suların şekil 5.14'teki Wilcox diyagramındaki dağılımlarına bakıldığında çok iyi-iyi, iyi-kullanılabilir, kullanılamaz özellikte olduğu gözlenmektedir. Sıcak sular, İçmeler kaynağı, deniz suyu ve K8 numaralı soğuk su örnekleri kullanılamaz sınıfına girerken, diğer soğuk sular çok iyi-iyi, iyi-kullanılabilir sular sınıfına girmektedir.

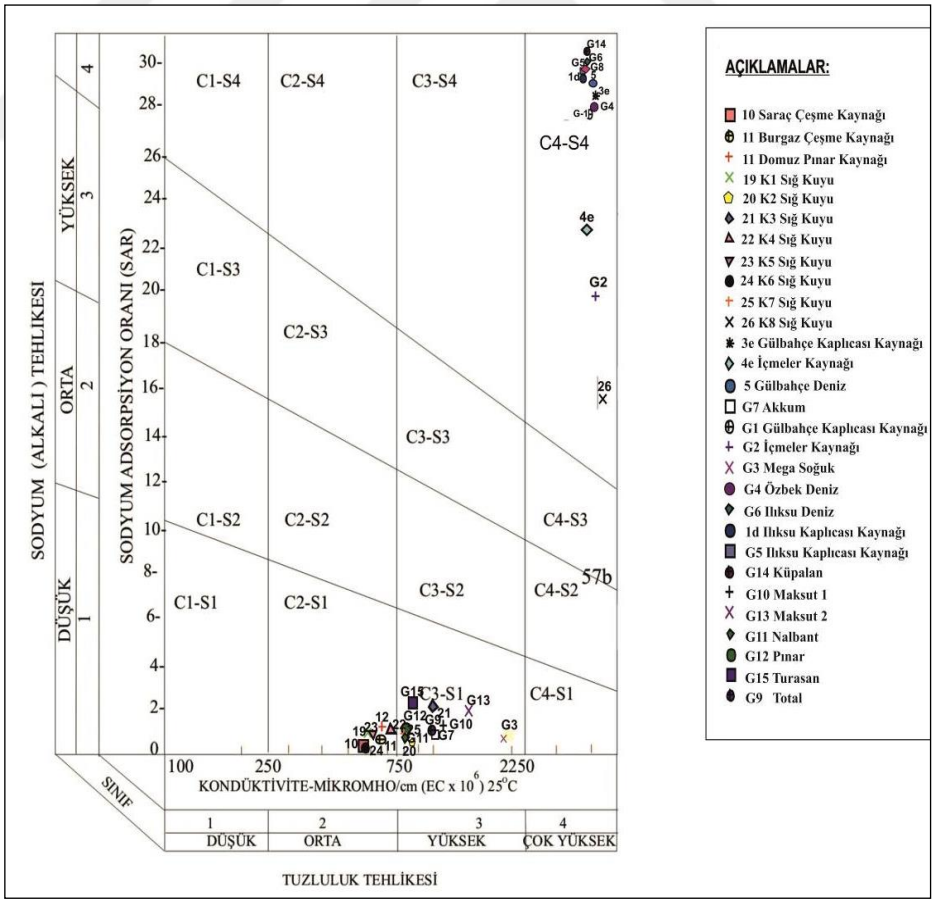


Şekil 5.4 Örneklenen suların Wilcox diyagramına göre sınıflandırılması.

5.7.2.3 Suların ABD Tuzluluk Laboratuarı Diyagramına Göre Sınıflandırılması ve Sodyum Tehlikesi (SAR)

Sulama sularının kalitesinin belirlenmesinde sodyum konsantrosyonu oldukça önemlidir. Sulardaki aşırı sodyum konsantrasyonu, toprağın sulanmasından sonra üst seviyelerde toplanarak bir tabaka oluşturabilir ve bitkilerin hava almasını engelleyerek olumsuz etkiler yaratabilir (Canik, 2003).

ABD tuzluluk diyagramı suların elektriksel iletkenlik ve sodyum adsorbsiyon oranına göre hazırlanmaktadır. İnceleme alanında örneklenen suların ABD tuzluluk diyagramına göre sınıflaması Şekil 5.5' te verilmiştir. Bunlara bağlı olarak C1-S1, C2-S1, C3-S1 her türlü sulamada; C4-S1, C3-S2 bazı özel koşullarda kullanılabilir. C4-S2, C4-S3, C4-S4 sulamada kullanılmaz (Şahinci,1991a).



Şekil 5.5 İnceleme alanında örneklenen suların ABD tuzluluk diyagramına göre sınıflaması.

ABD tuzluluk diyagramına bakıldığı zaman inceleme alanındaki soğuk sulardan K8 ve deniz suları dışındakilerin C2-S1, C3-SI bölümüne düştüğü görülmektedir. Bu alana düşen sular her türlü sulamada kullanılmaktadır. İnceleme alanından örneklenen sıcak sular, soğuk sulardan K8 ve deniz suları C4-S4 alanına düşmektedir. Bu bölüme düşen sular sulamada kullanılamaz. Çok tuzlu ve sodyumlu olan bu sular sulamaya elverişli olmamasına rağmen tuzlu suyu seven bitkiler için kullanılabilir.

5.8 Suların Mineral Doygunluk İndeksleri

Suların yeraltında dolaşımı süresince, temasta bulundukları kayaçlar ve akışkan arasında oluşan kimyasal tepkimeler ile ortamın termodinamik koşulları suların kimyasal özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Suların hangi minerale doygun olduğu ya da doygun olmadığının hesaplanması ile üretime yönelik çalışmalarda; hangi minerallerin çökeleceği ve kabuklaşmaya neden olabileceği gibi konular hakkında yaklaşımlarda bulunulur. Suların denge koşullarının değişmesi, termodinamik denge sabitleriyle ve iyon etkinliği hesaplanan Doygunluk indeksleri (Dİ), genel olarak aşağıdaki gibi yorumlanmaktadır (Bayarı, 2005).

- Dİ (logQ/K) = 0 ise su ilgili mineral ile dengededir (doygundur).
- Dİ (logQ/K) > 0 ise su ilgili mineralle aşırı doygundur (mineral çökeltici özelliktedir).
- Dİ (logQ/K) < 0 ise su ilgili mineralle doygun değildir (minerali çözündürücü özelliktedir).

Suların doygunluk indeksleri, literatürdeki kimyasal bağıntılar ile son yıllarda gelişen bilgisayar programlarıyla hesaplanabilmektedir. Çalışma alanında örneklenen sıcak ve soğuk sularının doygunluk indeksleri Aquachem bilgisayar programı ile hesaplanmış ve Tablo 5.14’ te verilmiştir.

Tablo 5.14 Çalışma alanındaki suların mineral doygunluk indeksleri

No	Örnek Yeri	T (°C)	Anhidrit	Kalsit	Aragonit	Dolomit	Kuvars	Talk	Kalsedon
1d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak	37 °C	-1,10	0,10	-0,04	1,21	0,41	3,86	0,02
3e	GülbahçeKaplıcası Kaynak	35 °C	-0,611	0,020	-0,111	1,503	0,699	1,64	0,468
4e	İçmeler Kaynak	19 °C	-1,910	-0,091	-0,285	0,962	0,582	-2,00	0,409
5	Gülbahçe Deniz	18 °C	-0,951	1,837	1,697	5,479	0,206	6,14	0,006
10	Saraç Çeşme Kaynak	18 °C	-2,222	0,249	0,109	0,696	0,945	-1,46	0,745
11	Burgaz Çeşme Kaynağı	18 °C	-2,409	0,381	0,241	1,195	0,465	-0,765	-1,93
12	Domuz Pınar Kaynak	18 °C	-2,202	0,323	0,183	1,518	0,982	1,60	0,782
19	K1 Sığ Kuyu	18 °C	-1,926	0,490	-1,926	1,274	0,583	-0,84	0,383
20	K2 Sığ Kuyu	18 °C	-1,791	0,556	0,416	1,699	1,184	-1,96	0,984
21	K3 Sığ Kuyu	18 °C	-1,983	0,361	0,221	1,241	0,758	-0,40	0,558
22	K4 Sığ Kuyu	18 °C	-2,201	0,576	0,436	1,978	0,274	-0,25	0,074
23	K5 Sığ Kuyu	18 °C	-2,239	0,559	0,419	1,863	0,462	0,16	0,262
24	K6 Sığ Kuyu	18 °C	-2,082	0,158	0,018	0,528	0,682	-2,55	0,482
25	K7 Sığ Kuyu	18 °C	-1,934	0,532	0,392	1,669	0,521	-0,14	0,321
26	K8 Sığ Kuyu	18 °C	-1,487	0,395	0,255	1,925	0,466	0,64	0,266
G1	Gülbahçe Kaplıcası Kaynak	33,5 °C	-0,99	-0,44	0,58	-1,04	2,31	2,91	1,91
G2	İçmeler Kaynak	19 °C	-1,62	0,18	-0,52	0,34	2,48	2,61	2,03
G3	Mega Soğuk	17 °C	-1,27	-0,52	-0,67	-1,70	2,73	0,32	2,27
G4	Özbek Deniz	15,2 °C	0,74	0,65	0,50	1,86	-0,39	2,53	-0,85
G5	Ilıksu Kaplıcası Kaynak	37 °C	-1,01	0,38	0,25	1,62	0,21	3,57	-0,18
G6	Deniz Ilıksu	28,7 °C	-0,95	0,75	0,61	2,77	-0,18	7,16	0,59
G7	Akkum	20,5°C	-2,00	0,7	-0,08	-0,47	1,24	-1,55	0,79
G8	Mega sıcak	22 °C	-0,30	0,58	0,43	1,91	0,91	5,66	0,47
G9	Total	19,9°C	-1,83	0,47	0,32	0,18	1,12	-0,36	0,68
G10	Maksut 1	20,9°C	-1,61	0,30	0,16	-0,40	1,19	-2,41	0,75
G11	Nalbant	21,5°C	-1,92	0,65	0,51	0,67	1,15	0,77	0,71
G12	Pınar	21,8°C	-1,88	-0,01	-0,16	-0,52	1,08	-1,64	0,64
G13	Maksut 2	20,9°C	-1,83	0,14	0,01	-0,45	1,23	-1,56	0,78
G14	Küpalan Deniz	25,7°C	-0,84	1,03	0,89	3,32	-0,11	9,23	-0,54
G15	Turasan	18,9°C	-1,85	0,20	0,06	-0,01	1,18	1,29	0,73

Tablo 5.14 incelendiğinde, inceleme alanında örneklenen sıcak sulardan Gülbahçe kaplıcası kaynağı, Ilıksu kaplıcası kaynağı, İçmeler kaynağı ve Mega sıcak genel olarak anhidrit, aragonit mineralleri bakımından doygunluk altı değerler (Dİ<0) göstermekte ve bu mineralleri çözündürücü özelliktedirler. Sadece Gülbahçe kaplıcası kaynağı (G1) dolamit mineralini çözündürücü özellik gösteririr. Sıcak su örnekleri + değerlikli mineraller (Kalsit, dolomit, kuvars, talk, kalsedon) bakımından doygundur (Dİ> 0). Yani bu mineraller çökelebilir özellikte olup kabuklaşmaya neden olabilir.

İçmeler ovasında, K1-K2-K3-K4-K5-K6-K7-K8 numaralı sığ kuyulardan örneklenen soğuk sular anhidrit, talk minerallerini çözündürücü özellik gösterirken, kalsit, aragonit, dolomit, kalsedon minerallerine doygun olup, çökebilir özelliktedir. Saraç çeşme kaynağı, Burgaz çeşme kaynağı, Domuz pınarı kaynağı, Total, Nalbant soğuk su örnekleride benzer özellik göstermektedirler. Akkum, Maksut 1, Pınar, Maksut 2 Turasan kaynağları diğer su örneklerinden farklı olarak dolamit mineraline doygun olmayıp, dolomit mineralini çözündürücü özellik göstermektedir.

Çalışma alanında 4 noktada örneklenen deniz sularının doygun indeks değerleri farklılık göstermektedir. Gülbahçe deniz örneği, anhidrit minerallerine doygun olmayıp, diğer mineralleri çökeltici özellik gösterirken, Küpalan deniz, Ilıksu deniz, Özbek deniz numunleri anhidrit, kuvars minerallerini çözündürücü özellik gösterir. Özbek deniz numunesi değerlerine bakıldığı zaman bu minerallerin yanında kalsedonuda çözücü özellikte olduğu görülmektedir. Diğer değerlikli minerallere doygun olup, bu mineraller çökebilir özelik gösterirler.

5.9 Jeotermal Sistemlerde Hazne Sıcaklıklarının Saptanması

Jeotermometre uygulamaları, jeotermal sahalarda kaynak olarak ya da sondajlar yardımıyla yüzeyleyen sıcak akışkanın kimyasal özelliklerinden yararlanarak rezervuar (hazne) sıcaklığının tahmin edilmesi esasına dayanmaktadır (Tarcan, 2002).

Termal kaynak sularının sıcaklıkları genellikle rezervuar sıcaklıklarından daha düşüktür. Sıcak suların yüzeye erişirken soğuk yeraltısuları ile karışmaları, dokanakta bulundukları kayalarla ısı alış verişi, örtü kayanın kalın veya ince oluşu gibi nedenlerden dolayı sıcak suların sıcaklıklarının doğrudan ölçülmesi hazne kayaya kadar inen kuyularla yapılabilmektedir. Günümüzde jeotermal alanlarda hazne sıcaklığı tahminine yönelik uygulanan birçok jeotermometre yöntemi vardır.

Bu çalışmada inceleme alanında örneklenen suların hazne kaya sıcaklıklarını tahmin ederken kimyasal jeotermometre uygulamaları ile birlikte kombine (birleşik) jeotermometre ve mineral denge-sıcaklık diyagramı jeotermometresi uygulamalarından yararlanılmıştır.

5.9.1 Kimyasal Jeotermometreler

Kimyasal jeotermometreler, sıcak ve mineralli suların kimyasal özelliklerine bağlı olup, ucuz ve pratik olmasından dolayı akifer sıcaklığının tahmininde en çok kullanılan jeotermometrelerdir. Kimyasal jeotermometreler kalitatif (niteliksel) ve kantitatif (sayısal) olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Urla yöresi sıcak suları için Office - Excel paket programında pratik bir şekilde hesaplanmıştır. Hesaplanan jeotermometre sonuçları Tablo 5.15'de verilmiştir.

Tablo 5.15 Kimyasal jeotermometre hesaplamalarının sonuçları

No	**Örnek Yeri**	**1d**	**3e**	**4e**	**G1**	**G2**	**G5**	**G8**	**Referans**
T (Ölçülen sıcaklık ºC)		**37 ºC**	**37 ºC**	**19 ºC**	**33.5 ºC**	**19 ºC**	**37 ºC**	**22 ºC**	
No	**Jeotermometreler (ºC)**								
1	SiO_2 (Kuvars max buhar kaybı)	63	83	60	55	53	47	78	Fournier, 1977
2	SiO_2 (Kalsedon)	64	84	60	55	53	46	79	Fournier ve Potter, 1982
3	SiO_2 (Kuvars)	45	63	42	38	36	30	58	Fournier ve Potter, 1982
4	SiO_2 (Kuvars)	49	69	44	40	38	31	64	Arnorsson vd., 1988
5	SiO_2 (Kalsedon)	50	71	46	41	39	31	66	Arnorsson vd., 1989
6	SiO_2 (Kalsedon)	31	52	27	23	21	14	47	Fournier, 1977
7	SiO_2 (kalsedon)	42	60	39	35	33	27	55	Arnorsson vd., 1983
8	SiO_2 (Kalsedon buhar kaybı)	28	49	24	20	18	11	43	Arnorsson vd., 1983
9	Na/K	75	110	83	112	83	62	40	Truesdell, 1976
10	Na/K	128	159	135	161	134	115	94	Fournier 1979
11	Na/K	77	113	85	115	84	63	41	Tonani, 1980
12	Na/K	87	121	95	123	94	74	52	Arnorsson vd., 1983
13	Na/K	127	156	134	157	133	115	96	Arnorsson vd., 1983
14	Na/K	111	141	118	142	117	99	79	Nieva ve Nieva, 1987
15	Na/K	142	171	149	173	148	130	110	Giggenbach vd., 1988
16	Na/K	110	138	117	140	116	100	82	Arnorsson vd., 1998
17	Na/Li	-	-	-	41	35	29	44	Kharaka vd., 1982
18	Na/K*	87	122	95	124	94	74	52	Tonani, 1981
19	Na/K	65	101	73	103	72	51	29	Arnorsson vd., 1983
20	Na/K	133	166	140	168	140	119	97	Fournier ve Truesdell 1973
21	Mg/Li	-	-	-	17	0	19	27	Fournier ve Potter, 1979
22	Li	-	-	-	120	77	142	152	Kharaka ve Mariner, 1989
23	K-Mg	91	108	75	98	70	93	78	Fouillac ve Michard, 1981

Tablo 5.15' te verilen jeotermometre sonuçlarına bakıldığında kuvars jeotermometrelerinden bazılarının amorf silis, alfa ve beta kristobalit eksi (-) değerler veya ölçülen kaynak ve sondaj sıcaklıklarından düşük değerler verdikleri gözlenmiştir. Hazne kaya sıcaklığının yüzey sıcaklığından düşük olamayacağı için bu değerler göz ardı edilmiştir. Diğer silis jeotermometrelerinden ise maksimum 84 °C akifer sıcaklığı elde edilmiştir. Bunun yanında Na/K jeotermometre hesaplamalarında 41 ^{o}C' den 171 ^{o}C' ye ulaşan çok çeşitli akifer sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. Lityum miktarına bağlı hesaplanan jeotermometrelerde 1d, 3e, 4e nolu örneklerin lityum değerleri bilinmediği için hesaplanamamış diğer 4 örnek için jeotermometre hesaplamaları yapılmıştır. Bu ampirik kimyasal jeotermometre sonuçlarını yorumlarken jeotermometre sonuçlarından olanaksız sonuçlar ve hatta sondajlarda yada kaynakta ölçülen sıcaklıklardan bile düşük sonuçlar verenler göz ardı edilmeli ve hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal ortama göre hangi jeotermometre sonucunun gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği irdelenmelidir (Tarcan,1989).

5.9.2 İyon Etkinliğine Bağlı Jeotermetreler

Bu tür jeotermometrelerde sıcak akışkanların kimyasal analizlerinde bulunan iyon değerleri yerine bu iyonların hesaplanan iyon etkinlikleri kullanılır. Burada örnek olarak iyon etkinliğine bağlı kalsedon jeotermometresi anlatılmıştır. Bu jeotermometre genellikle 25-180 ^{o}C arasında iyi sonuç vermektedir (Tarcan,1989).

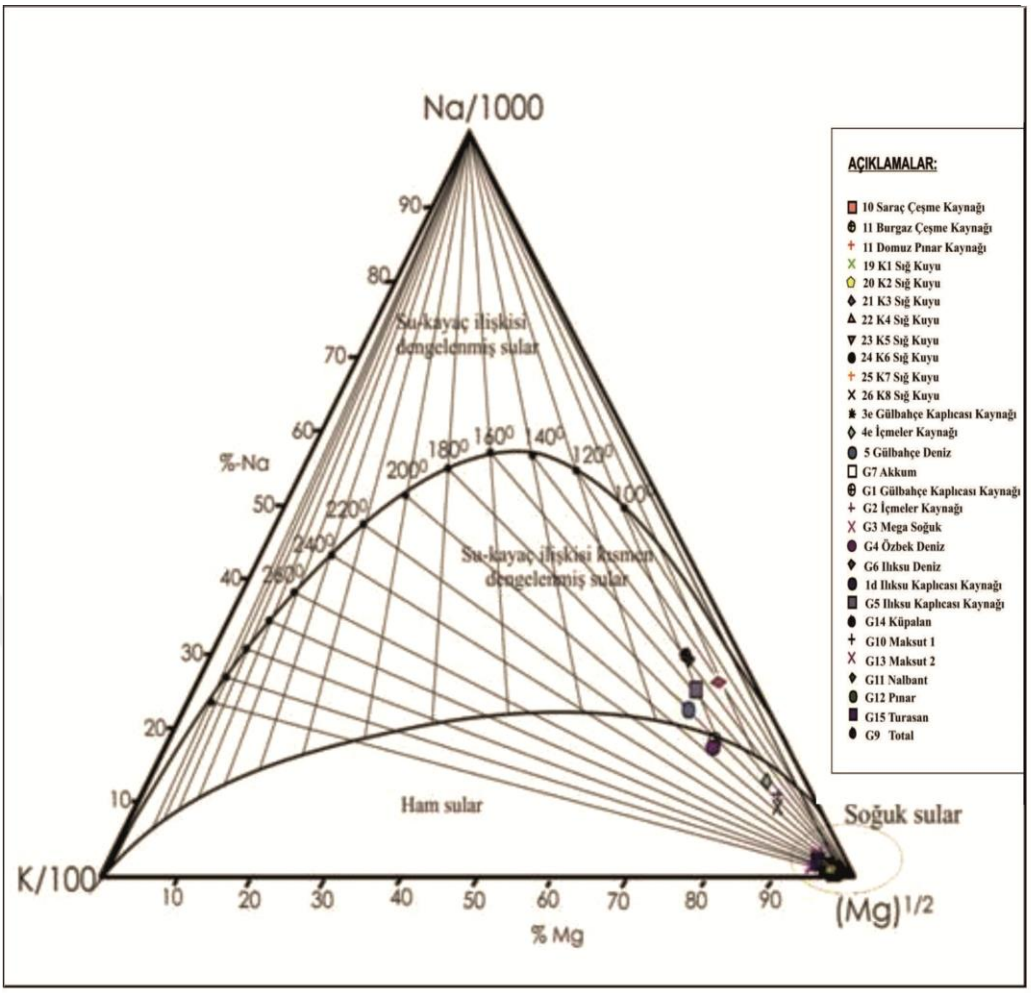
Gülbahçe Kaplıcası kaynağı, Ilıksu kaplıcası kaynağı (1d) ve Ilıksu kaplıcası kaynağı (G5) sıcak su noktalarında H_4SiO_4 sırası ile 28 mg/l, 26 mg/l ve 27 mg/l dir. İyon etkinliği ise $2,52x10^{-4}$ mol/l, $2,74 \times 10^{-4}$ mol/l ve $2,86 \times 10^{-4}$ mol/l dir. Buna göre üç sıcak su noktasında hesaplanan hazne sıcakları 35 ^{o}C, 29 ^{o}C ve 28 ^{o}C olarak kaplıca yüzey sıcaklığından bile az çıkmaktadır. Bunun nedeni diğer silis jeotermometrelerinde olduğu gibi suların denizel beslenmeli olması ve deniz sularında göreli olarak daha az silisyum bulunması ile açıklanabilir. Çünkü deniz suyundaki çözünmüş silis bazı mikro organizmalar tarafından kullanılmaktadır (Tarcan, 1989).

5.9.3 Birleşik (Kombine) Jeotermometre Uygulamaları

Jeotermometrelerin sıcak suyun kimyasal yapısına bağlı olarak uygulanabilirliğinin saptanması amacıyla çeşitli araştırıcılar tarafından grafiksel modeller geliştirilmiştir. Burada üçgen şekilli diyagram tanıtılmıştır (Giggenbach, 1988). Bu diyagram ile hem hızlı bir şekilde jeotermometre sonuçları görülebilmekte, hem de katyon jeotermometre bağıntılarının geçerliliği sınanabilmektedir.

Üçgen şekilli diyagram incelenmiştir. Giggenbach (1988) tarafından sıcak suların akifer (hazne) sıcaklıklarının saptanması ve suların ilişkide olduğu kayaçlarla olan denge durumlarının belirlenmesi için geliştirilmiş olan Na-K-Mg birleşik jeotermometresi ile hem sıcak suların hazne sıcaklığı hızlı olarak yorumlanabilmekte, hem de daha önce belirtildiği gibi katyon jeotermometre uygulamalarının geçerliliği sınanmaktadır. Diyagram aynı anda hem su-kayaç ilişkisinin denge durumunu, hem de jeotermometre sonucunu gösterebilmektedir.

Giggenbach (1988) ham sular bölümüne düşen suların katyon jeotermometre sonuçlarına şüpheyle bakılması gerektiğini belirtmektedir. Bu üçgen diyagrama göre sıcak sulardan örneklenen suların geneli su - kayaç ilişkisi kısmen dengelenmiş sular olarak gözlenmektedir. Örneklenen suların Na-K-Mg üçgen diyagramındaki görünümü Şekil 5.6’ da verilmiştir.



Şekil 5.6 Çalışma alanında örneklenen suların Na- K- Mg üçgen diyagramındaki görünümü.

5.10 Suların Karışım Oranlarının Saptanması

Suların karışım oranlarını saptamak için değişik yöntemler bulunmaktadır. Deniz ve soğuk yeraltısularının karışım oranlarının belirlenmesinde suların kimyasal özellikleri, derişimleri ve hacimsel miktarlarına bağlı bağıntılar yardımıyla suların karışım oranları hesaplanabilmektedir. Karışım oranlarının belirlenmesinde (Cl^-) değerleri göz önüne alınmıştır (Şahinci, 1991).

Hesaplamalarda G14 numaralı deniz suyu örneği (Küpalan deniz) ile deniz suyundan etkilenmediği düşünülen 5 numaralı yeraltısuyu örneği (Saraç çeşme) başlangıç değerleri olarak kabul edilmiştir. Yöredeki deniz suyu ile karışmış olabileceği şüphe edilen su noktalarındaki karışım oranlarını hesaplamış ve bu

değerler Tablo 5.16'da sunulmuştur. Bu kuyulardaki deniz suyu karışım oranları % 96' ya kadar varmaktadır. Açılan sondajların denize yakınlıklarına göre yeraltısularına denizsuyu karışım oranı artmaktadır. Ancak denizden uzaklaştıkça girişimin şiddetinin azaldığı görülmektedir.

Tablo 5.16 Örneklenen suların karışım oranları

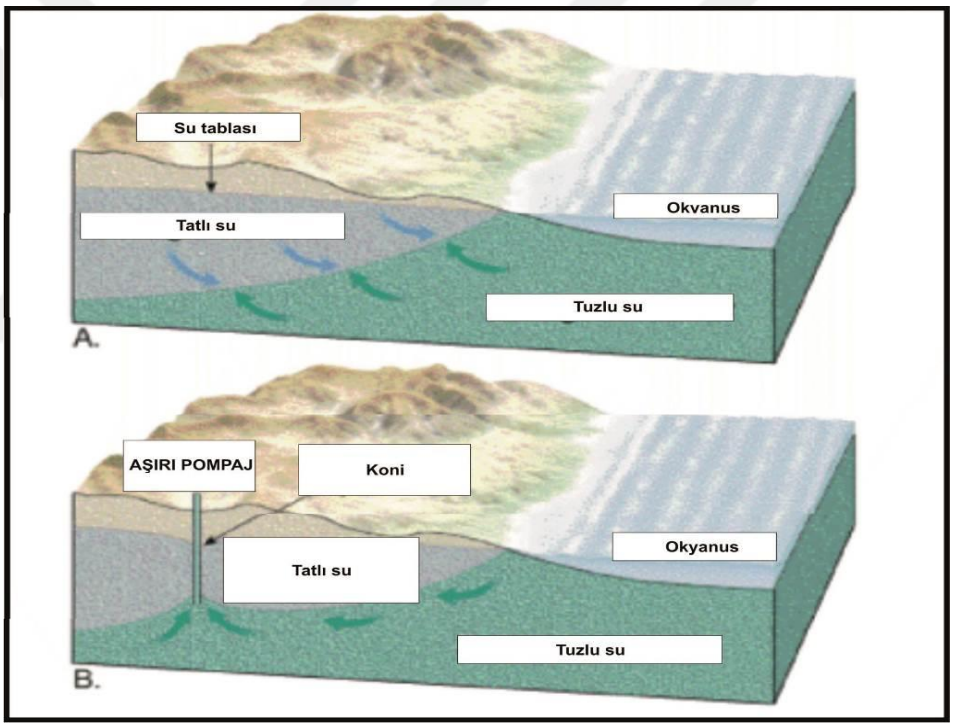
No	Örnek Yeri	Yeraltısuyu Oranı (%)	Denizsuyu Oranı (%)	No	Örnek Yeri	Yeraltısuyu Oranı (%)	Denizsuyu Oranı (%)
1d	Ilıksu Kaplıcası Kaynak	34	66	**G2**	İçmeler Kaynak	85	15
3 e	Gülbahçe KaplıcasıKaynak	24	76	**G3**	Mega Soğuk	98	2
4e	İçmeler Kaynak	88	12	**G4**	Özbek Deniz	4	96
5	Gülbahçe Deniz	10	90	**G5**	Ilıksu Kaplıcası Kaynak	15	85
10	Saraç Çeşme Kaynak	100,00	0,00	**G6**	Ilıksu Deniz	4	96
26	K8 Sığ Kuyu	91	9	**G8**	Mega sıcak	5	95
G1	Gülbahçe KaplıcasıKaynak	18	82	**G14**	Küpalan Deniz	0,00	100,00

5.11 Deniz Suyu Girişiminin Önlenmesi

Deniz suyu girişiminin olduğu yerlerde tuzlanan akiferlerin tekrar tatlı su akiferine dönüştürülmesi kuyulardaki çekim tamamen durdurulsa dahi çok uzun zaman gerektirmektedir. Zamanla deniz suyu geri çekilse bile akiferi oluşturan kayacın veya taneli ayrık malzemenin gözeneklerine giren suyun daha yavaş bir şekilde tekrar geri çıkarak tatlı sulara karışması deniz suyunun tatlı suya oranla aşırı yoğunluğundan dolayı tatlı suların kalitesinin bozulmasına ve tuzlanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle tuzlanan akiferin tekrar eski halini alması çok uzun zaman gerektirir. Yerleşim alanlarında artan su gereksinimine bağlı olarak sondajlardan yapılacak olan pompajın tamamen kesilmesi mümkün olmayacağından akiferlerin

tuzlanmasından önce gerekli önlemlerin alınması gereklidir (Şekil 5.7). Bu kapsamda kıyı akiferlerinde açılacak olan sondajların sayılarının, aralarındaki mesafelerin ve çekim debilerinin dikkatle belirlenerek kontrol altında tutulması gereklidir (Gemici, 1999).

İnceleme alanında İçmeler-Turasan ovalarında aşırı çekime bağlı tuzlu su girişimi tespit edilmiştir. Çalışma alanından açılan sondajlarda denize yaklaştıkça yeraltısularına deniz suyu karışım oranı arttığı gözlenmiştir. Soğuk su kuyularında deniz girişimini önlemek için bu bölgelerde aşırı pompajın yapılmaması ve debinin düşürülerek akiferin verebileceği kadar su alınmalıdır.



Şekil 5.7 Aşırı pompaj sebebiyle oluşan tuzlu su girişimi (Dirik, 2011).

BÖLÜM YEDİ
SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek lisans kapsamında yapılan bu çalışma, İzmir'in batısında ve yaklaşık İzmir il merkezine 35 km uzaklıkta bulunan Urla İçmeleri ve doğusunda kalmakta olup İzmir L17 a3 paftasında 210 km2 lik bir alanda yer almaktadır. Bu alan içerisinde tez çalışması çerçevesinde, jeoloji, hidrojeoloji, jeotermal jeoloji, hidrotermal alterasyon, tektonik yönden çalışılmış ve 1/25000 ölçeğinde haritalanmıştır. Daha sonra bölgede var alan sıcak ve soğuk sular ile 2013 yılında İçmeler kaynağının yaklaşık 1,5 km doğusunda açılan sıcak su sondajından su örnekleri alınarak kimyasal analizleri yapılmış ve elde edilen veriler ışığında çalışma alanı değerlendirilmiştir. Buna göre;

İnceleme alanı ve çevresine bölgesel olarak Karaburun yarımadasında, kendi içinde oldukça düzenli Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı göreli bir otokton istif ile allakton konumlu çeşitli tektono-stratigrafik birimler bulunduğu görülmektedir. İnceleme alanının stratigrafik olarak temeli Orta-Üst Triyas yaşlı İçmeler kireçtaşı oluşturur. İçmeler kireçtaşının üzerinede Üst Kretase-Paleosen yaşlı Demircili karmaşığı yer alır. Triyas yaşlı İçmeler kireçtaşı İzmir flişinin bir uzantısı olan Demircili karmaşığının üzerine bindirme ile yerleşmiştir. Bu birimlerin üzerinde Neojen yaşlı Urla tortulları, Neojen yaşlı Urla volkanitleri ve en üste Kuvaterner yaşlı Ballıkaya çakıltaşı ile alüvyon gelir.

Çalışma alanının yer aldığı Urla bölgesi ve çevresinde genel uzanımları kuzeybatı-güneydoğu olan üç önemli tektonik kuşak varlığından söz edilmektedir. Bunlar doğudan batıya doru Menderes Masifi, İzmir-Ankara Zonu ve Karaburun kuşağıdır. Karaburun-İzmir arasında kuzeydoğu-güneybatı gidişli tektonik olaylar sonucu çökme ve yükseltiler gelişmiştir. Urla bölgesi de bir çöküntü alanı içerisinde yer almaktadır. Jeolojik haritada işaret edildiği gibi, tektonik hatlar genel olarak, kuzeydoğu-güneybatı, kuzeybatı-güneydoğu ve kuzey - güney şeklinde gelişmiştir. Burada işaret edilen faylar eğim atımlı normal faylardır. Faylanmaların bir kısmı İçmeler kireçtaşları ile Neojen tortullar arasında olmakla beraber, Neojen tortulların kendi içerisinde de kırılmalar olmuştur. Yine Özbek kuzeybatısında yer alan volkanitler ile Neojen tortullar arasında faylanmalar gelişmiştir. İçmelerden geçerek güneye doğru uzanan fay, İçmeler kireçtaşları ile

alüvyonu sınırladığı gibi, İçmeler kireçtaşları ile bir kısım Demircili karmaşığını da sınırlamaktadır. Yine İnceleme alanında bulunan İzmir körfezi ile Karaburun yarımadasını yapısal ve morfolojik olarak ayıran Gülbahçe fayı diri fay olarak kabul edilmiş ve Karaburun fayı olarak adlandırılmıştır.

Tortul kayalarda katman eğimleri değişkenlik göstermekle birlikte çoğunluk doğuya doğrudur. Eğim dereceleri Neojen yaşlı çökellerde yatay ya da yataya yakın, Mesozoyik oluşuklarında ise 30°- 40° civarındadır. Bu eğim dereceleri yer yer artmaktadır. Volkanik kayaların tortullarla olan dokanakları ayrımlı kaya uyumsuzluğu ile faylı, Urla tortul birminin Mesozoyik oluşuklarla dokanağı açısal uyumsuzdur. Üst Kretase-Paleosen sıralarında gelişen sıkışma tektoniği Demircili karmaşığı içinde sık gözlenen küçük ölçekli kıvrımların oluşumuna neden olmuştur. İçmeler kireçtaşları içinde de katman eğim ve doğrultularında sık sık dönmeler, yersel kıvrımlanmalar kırılmalar bulunmaktadır.

İnceleme alanında eklem takımları çok karmaşık ve birbirini üç yönde keser türdedir. Mesozoyik oluşuklardan İçmeler kireçtaşı biriminde ve Demircili karmaşığında eklem takımları başlıca K60-70D ve K80- 90B olmak üzere iki ana doğrultuda yoğunlaştıkları gözlenmiştir. Bunun dışında yine bu kayalarda yaklaşık K-G doğrultularda olan çatlaklarda gelişmiştir.

İnceleme alanında Maden Tetkit Arama (M.T.A.), üniversiteler ve özel yatırımcılar tarafından jeofizik çalışmalar yapılmış, farklı jeofizik yöntemlerle jeotermal anomalilerin yerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda sahada gravite, manyetik, self potansiyel (SP) ve elektrik özdirenç yöntemleri de kullanılmış ve yorumlanmıştır. Gülbahçe kaplıcasının hemen batısında alınan ölçümlerde düşük direnç değerleri yakalanmıştır. Düşük dirençli seviyelerin gözlendiği alanlara çok yakın 33 ºC sıcaklığında su içeren bir sondaj (M.T.A. sondajı) ve Gülbahçe kaplıcası kaynağı bulunduğundan burada deniz suyu ve termal su birlikte direnç değerlerini düşürdüğü düşünülmektedir. İçmeler doğusunda ve Özbek köyünde yapılan ölçümlerdede benzer düşük dirençli değerler gözlenmiştir. Bu ölçümlere istinaden 2013 yılında İçmeler kaynağının doğusunda özel teşebbüs tarafından 1 adet jeotermal araştırma sondajı açılmıştır. 640 metre derinlikli

araştırma sondajından 22 ºC de 60-70 lt/sn debide deniz suyu karışımlı akışkan üretilmiştir. Buradanda görülmektedirki, deniz suyu derinlere kadar nüfuz ettiğinden dolayı hesaplanan direnç değerleri yanıltıcı olmuştur.

İnceleme alanında ılık kaynaklar olarak Gülbahçe kaplıcası kaynağı, Ilıksu kaplıcası kaynakları bulunmaktadır. Bunun dışında bölge soğuk su kaynakları açısından da zengindir. Özellikle Mesozoyik kireçtaşlarının karstik oluşumlarına bağlı olarak gelişen soğuk su kaynakları ile İzsu ve özel şahısların açtırmış olduğu soğuk su kuyularında verimler oldukça iyidir. Çalışma alanında en temelde yer alan İçmeler kireçtaşı geçirdiği tektonik olaylar nedeniyle kazanmış olduğu kırık ve çatlaklı yapıdan dolayı karstlaşmış ve son derece geçirgen hazne kaya özelliğine dönüşmüştür. İçmeler kireçtaşı üzerine uyumsuz olarak gelen Demircili karmaşığı içerisinde de yeraltısuyu açısından olumlu özellikler gösteren kristalize kireçtaşları ile bir kısım metakumtaşları ve serpantinitler bulunmaktadır. Neojen yaşlı Urla tortulları, içerdiği killi seviyeler nedeniyle yöredeki jeotermal sistemin örtü kayasını oluşturmakta, içerisindeki geçirimli çakıltaşı ve kireçtaşı seviyeleri ise soğuk sular için akifer niteliğindedir. Ayrıca Neojen yaşlı Urla volkanitleri de soğuk sular için kısmen akiferdir. Alüvyon da soğuk sular için akifer niteliğindedir. Deniz kenarına yakın olan alüvyonlarda deniz suyu karışımı olabilmektedir.

Çalışma alanında bulunan Gülbahçe kaplıcası kaynağı, Ilıksu kaplıcası kaynağı ve Mega sıcak, sıcak su noktalarını oluşturmaktadır. Gülbahçe kaplıcası kaynağı deniz bileşenli bir kaynak olup az oranda meteorik sularla da karışmaktadır. Gülbahçe kaplıcası kaynağı güneybatıdan gelen Söğütköy fayı ile İçmelerden gelen olası fayın keşistiği noktadan yüzeylenmektedir. Ilıksu kaplıcası kaynağıda Gülbehçe kaplıcası kaynağı gibi deniz beslenmeli bir kaynaktır. Mega sıcak su sondajında yapılan kimyasal analizler sonucunda, suyunun deniz bileşenli olduğu ve çok az oranda meteorik sularla da karıştığı tespit edilmiştir.

İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk sular örneklenmiş, analizlenerek kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Sıcak sular Na-Cl' lı, soğuk sular ise Ca-HCO_3, Ca-Mg-HCO_3-SO_4 , Ca-Mg-Na-HCO_3, Ca-Mg-HCO_3-Cl , Ca-Na-HCO_3-Cl, Ca-Cl-SO_4, Ca-Na-HCO_3, Ca-Na-HCO , Ca-Na-Cl-HCO_3, Na-Mg-Cl ve Ca-Na-Mg-HCO_3 lı sular sınıfındadır.

İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların sertlik değerleri 21,98-1279 arasında değişmekte olup sert, oldukça sert, çok sert sular sular sınıfındadır. PH değerleri ise 6,75 ile 8,6 arasında değişmekte olup sular genellikle bazik karakterdedir. Yöredeki sıcak sularda elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 607-58400 µmho/cm arasındadır. EC sınıflamasına göre EC değeri 2000'in altındaki sular kullanılabilir sular sınıfına girmektedir. Sıcak sular, deniz suyu ve deniz suyu karışım oranı fazla olan soğuk sular kullanılamaz sular sınıfında kalmaktadır.

Piper diyagramına göre Saraç çeşme kaynağı, Burgaz çeşme kaynağı, Domuz pınar kaynağı, K1, K2, K4, K5, K6, Akkum, Total, Maksut 1, Nalbant, Pınar, Turasan suları, karbonat sertliği % 50' den fazla olan sular sınıfına girmektedir. Ilıksu kaplıcası kaynağı, Gülbahçe kaplıcası kaynağı, İçmeler kaynağı, Gülbahçe deniz, K8, Gülbahçe Kaplıcası kaynağı, İçmeler kaynağı, Özbek deniz, Ilıksu Kaplıcası kaynağı, Ilıksu deniz, Mega sıcak, Küpalan deniz kaynakları karbonat olmayan alkalinitesi % 50' den fazla olan bu sular; NaCl, KCl, Na_2SO_4, alkaliler ve güçlü asitler egemen olan sular sınıfındadır. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır. K3, K7, Maksut 2 karışık sular alanında kalmaktadır.

Çalışma alanındaki örneklenen sular için çizilen Schoeller yarı logaritmik diyagrama bakıldığında; deniz suyu örneklerinin diğer sulardan farklı olarak [Na+K] ve [Cl] değerlerinde pik yapmış olduğu görülmektedir. Diğer örneklerin çoğunun sülfat değeri düşük, bikarbonat değerleri ise deniz suyu örneklerine göre daha yüksektir.

Çalışma alanında örneklenen suların sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve kullanılmaya uygunlıklarına bakıldığı zaman, sıcak suların ve deniz sularının kötü özellikte sulama suyu sınıfına girdiği, İçmeler kaynağının orta özellikli sulama sınıfına girdiği gözlenmiştir. İnceleme alanındaki soğuk sular K8 hariç çok iyi özellikte kullanma suyu sınıfına girmektedir. Örneklenen sular Wilcox diyagramına göre sınıflandırılmasında da benzer özellikler gösterir.

Çalışma alanındaki sıcak ve soğuk suların doygunluk indeksi değerleri de hesaplanmıştır. İnceleme alanında örneklenen sıcak sulardan Gülbahçe kaplıcası kaynağı, Ilıksu kaplıcası kaynağı, İçmeler kaynağı ve Mega sıcak genel olarak anhidrit, aragonit

mineralleri bakımından doygunluk altı değerler (Dİ<0) göstermekte ve bu mineralleri çözündürücü özelliktedirler. Sadece Gülbahçe kaplıcası kaynağı (G1) dolamit mineralini çözündürücü özellik gösteririr. Sıcak su örnekleri + değerlikli mineraller (kalsit, dolomit, kuvars, talk, kalsedon) bakımından doygundur. İçmeler ovasında, K1-K2-K3-K4-K5-K6-K7-K8 numaralı sığ kuyulardan örneklenen soğuk sular anhidrit, talk minerallerini çözündürücü özellik gösterirken, kalsit, aragonit, dolomit, kalsedon minerallerine doygun olup, çökebilir özelliktedir. Saraç çeşme kaynağı, Burgaz çeşme kaynağı, Domuz pınarı kaynağı, Total, Nalbant soğuk su örnekleride benzer özellik göstermektedirler. Akkum, Maksut 1, Pınar, Maksut 2 Turasan kaynağları diğer su örneklerinden farklı olarak dolamit mineraline doygun olmayıp, dolomit mineralini çözündürücü özellik göstermektedir. Gülbahçe deniz örneği, anhidrit minerallerine doygun olmayıp, diğer mineralleri çökeltici özellik gösterirken, Küpalan deniz, Ilıksu deniz, Özbek deniz numunleri anhidrit, kuvars minerallerini çözündürücü özellik gösterir. Özbek deniz numunesi değerlerine bakıldığı zaman bu minerallerin yanında kalsedonuda çözücü özellikte olduğu görülmektedir.

Bazı jeotermometreler kullanarak, sıcak su kaynaklarının hazne kaya sıcaklıkları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında kuvars jeotermometrelerinden bazı su noktaları için amorf silis, alfa ve beta kristobalit eksi (-) değerler veya ölçülen kaynak ve sondaj sıcaklıklarından düşük değerler verdikleri gözlenmiştir. Hazne kaya sıcaklığının yüzey sıcaklığından düşük olamayacağı varsayılarak bu değerler göz ardı edilmiştir. Diğer silis jeotermometrelerinden maksimum 87 °C akifer sıcaklıkları elde edilmiştir. Na/K jeotermometrelerinde ise su mineral denge durumuna göre 41 ^{o}C' den 171 ^{o}C' ye ulaşan çok çeşitli akifer sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. 2013 yılında İçmeler kaynağının doğusunda özel teşebbüs tarafından 1 adet jeotermal araştırma sondajı açılmıştır. 640 metre derinlikli araştırma sondajından 22 ºC de 60-70 lt/sn debide deniz suyu karışımlı akışkan üretilmiştir. Bu sonuçdan anlaşılacağı üzere jeotermometre hesaplamaları ile elde edilen hazne sıcaklıkları görülememiştir.

Çalışma alanından örneklenen sularda, açılan sondajların denize yakınlıklarına göre yeraltısularına deniz suyu karışım oranı artmaktadır. Ancak denizden uzaklaştıkça girişimin şiddetinin azaldığı görülmektedir. Gülbahçe Kaplıcası kaynağı, Ilıksu kaplıcası

kaynağı, İçmeler kaynağı, Mega sıcak ve K8 kuyusunda deniz suyu karışımı oldukça yüksektir. Soğuk su kuyularında deniz girişimini önlemek için bu bölgelerde aşırı pompajın yapılmaması ve debinin düşürülerek akiferin verebileceği kadar su alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Akartuna, M., Colin, H. J., Gjelsvik, T., Ronner, F. ve Türkünal, M. (1962). İzmir Torbalı-Seferihisar - Urla bölgesinin jeolojisi hakkında. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, (59), 11-19.

Arnorsson, S.(1983). Chemical equilibria in Icelandic geothermal systems-implications for chemical geothermometry investigations. *Geothermics, 12*, 2-3: 119-128.

Arnorsson, S.(1989). Deposition of calcium carbonate minerals from geothermal waters theoretical considerations. *Geothermics, 18*(1), 3-39.

Back, W. (1996). *Hydrochemical facies and groundwatervflow patterns in northen part of Atlantic Coastal Plain.* U.S. Geology Survey Proffesional paper, 498-A,42.

Başkan, M. E. ve Canik, B. (1983*). Türkiye sıcak ve mineralli sular haritası Ege Bölgesi.* Maden Tetkik Arama Genel Enstitüsü Derleme No:189

Bayarı, C.S., Özyurt, N.N. ve Kilani, S. (2005). *Konya kapalı havzası yeraltısuyunda Karbon-14 yaş dağılımı, II. Ulusal Hidrojeolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu,* Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 147-168, İzmir.

Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, F. ve Mazzuoli, R. (1972). Geochronology and petrology of recent volcanics in the Eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesvos Island). *Bulletin Volcanologique*, *36*(3), 473-496.

Canik, B. (2003). *Hidrojeoloji* (2. Baskı). Ankara: Ertem Matbaası.

Çakmakoğlu, A. ve Bilgin, Z. R. (2006). Karaburun Yarımadası'nın Neojen öncesi stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, (132), 33-62.

Dirik, K. (2011). *Yeraltısuları ders notları.* Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Egemen, R. (1957). *Urla Belediyesi su ihtiyacının sağlanması bakımından yapılan hidrojeolojik etüd.* İlbank ve Temel Ltd.Ort. İstanbul.

Ellis, A. J. ve Wilson, S. H. (1960). The geochemistry of alkali metal ions in the Wairakei hydrothermal system. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, *3*(4), 593-617.

Emre, Ö. (2005) Türkiye diri fay haritasının güncellenmesinde yeni yaklaşım ve ilkeler, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 9. Toplantısı (ATAG-9),* 22-23 Eylül 2005, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.

Ercan, T. (1979). Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması. *Jeoloji Muhendisliği Dergisi*, (9), 23-46.

Erdoğan, B. (1988). İzmir-Ankara zonu ile Karaburun karbonat istifinin tektonik ilişkisi, Hacettepe Üniversitesi, *Yerbilimleri Yirminci Yıl Kutlamaları Bildiri Özetleri*, Ankara.

Erdoğan, B. (1990). İzmir-Ankara Zonu'nun, İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, *2*(1), 1-20.

Ergin, K. (1985). *Uygulamalı jeofizik*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Erguvanlı, K. ve Yüzer, E. (1973). *Yeraltısuları jeolojisi (Hidrojeoloji)*. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, İstanbul.

Filiz, Ş. (1982). *Ege bölgesindeki önemli jeotermal alanların 18O, 2H, 3H, 13C izotoplarıyla incelenmesi*. Doçentlik Tezi (Yayınlanmamış), Ege Üniversitesi, İzmir.

Filiz, Ş. ve Yalçın, L. (1984). Ildır-Balıklıova karbonat Karaköprüsünün karst hidrojeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni,* (5), 189-197.

Filiz, Ş. ve Tarcan, G., (1991). Gülbahçe körfezi güneyindeki jeotermal alaının hidrojeolojik, hidrojeokimya ve izotopsal incelenmesi. *Türkiye Petrol Jeologları Bülteni, 2/1*, 52-69.

Fouillac, C. ve Michard, G. (1981). Sodium/Lithium ratio in water applied to the geothermometry of geothermal waters. *Geothermics,10*,55-70.

Fournier, R.O. (1977). A Review of chemical and isotopic geothermometers for geothermal systems. *In: Proceedings of the Symposium on Geothermal Energy, Cento Scientific Programme*, Ankara, 133-143.

Fournier, R.O. (1979), A revised equation for the Na-K geothermometer. *Geothermal Result Council Translate, 3*, 221-224.

Fournier, R.O. ve Potter, R.W., (1982). A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. *Geothermal Research Concil Bulletin 11*,3-9

Fournier, R.O. ve Truesdell, A.H. (1973). An Empirical Na-K-Ca Geothermometer for Natural Waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta, 37*, 1255-1275.

Gemici, Ü. (1999). *Çeşme Yarımadası' nın hidrojeolojisi ve jeotermal enerji olanakları*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Giggenbach, W. F. (1988). Geothermal solute equilibria. derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *52*(12), 2749-2765.

Giggenbach, W. F., Gonfiantini, R., Jangi, B.L. ve Truesdell, A.H. (1983). Isotopic and Chemical Composition of Parbati Valley Geothermal Discharges, NW Himalaya, Indiana. *Geothermics, 5*, 51-62.

Google Maps, (2015). *Çalışma alanın uydu görüntüsü*. 18 Kasım 2015, https://www.google.com.tr/maps/place/Urla,+35430+Urla%2F%C4%B0zmir/@38.3642636,26.7895696,11.5z/data=!4m5!3m4!1s0x14bb949e896c7bc9:0xad4e536a68f1c2b8!8m2!3d38.324972!4d26.76681.

Google Maps, (2015). *Yer bulduru haritası.* 18 Kasım 2015, https://www.google.com.tr/maps/place/Urla,+35430+Urla%2F%C4%B0zmir/@38.4011598,26.5961718,41210m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x14bb949e896c7bc9:0xad4e536a68f1c2b8!8m2!3d38.324972!4d26.76681.

Gümüş, H. (1979). *Güzelbahçe-Payamlı-Çatalkaya (İzmir) yöresinin jeolojisi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Gümüş, H. ve Savaşçın, M.Y. (1984). Karaburun Menteş Yarımadaları Senozoyik stratigrafisi ve magmatizması, *Türkiye Jeoloji Kurultayı* (38), *Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri*.

Güneş, C. (2006). *Gediz Kaplıcaları' nın (Kütahya) hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Kalafatçıoğlu, A. (1961). Karaburun yarımadasının jeolojisi. *Maden Tetkit Arama Dergisi*, *56*, 53-62.

Kaya, O. (1979). Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, *22*(1), 35-58.

Kharaka, Y. K. ve Mariner, R. H. (1989). *Chemical Geothermometers and their Application to formation waters from sedimentary basins.* In: N. D. Näser & T. H. McCulloh (Eds.), Thermal history of sedimentary basins; methods and case histories (99-117). Springer Verlag.

Kharaka, Y. K., Lico, M.S. ve Law, L.M. (1982). Chemical geothermometers applied to formation waters, *Gulf of Mexico and California Basins American Association Petroleum Geologists Bulletin 66,* 558.

Koçak, A. (2002). Jeotermal sistemler ve hidrolojik modelleme, *Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Kitabı*, Editörler: Savaşçın, M.Y., Güleç, N., Şişek, Ş., Parlaktuna, M., İzmir:D.E.Ü Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, 109-118.

Koga, A. (1970). Geochemistry of the waters discharged from drillholes in the Otake and Hatchobaru areas. *Geothermics, 2,* 1422-1425.

Lindal, B. (1973). *Industrial and other applications of geothermal energy:(except power production and district heating),* In Geothermal Energy, Review of Research and Devolopmant, Paris, Unesco, L.C. No:72-97138, 135-148.

Mahon, W. A. J. (1966). Silica in hot water discharged from drillholes at Wairakei, New Zealand. *Geology Science, 9*(1), 165-144.

Mizutani, Y. (b.t). *Duraylı izotop jeokimyası*. (Sünger, Z., Çev). İzmir: Maden Tetkit Arama Ege Bölge Müdürlüğü.

Mutlu, H. (1999). *Kimyasal modellemedeki temel prensipler*. JENARUM (Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi) Yaz Okulu Ders Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 38-54.

Nieva, D. ve Nieva, R. (1987). Development in geothermal energy in Mexico, part 12-Acationic composition geothermometer for prospection of geothermal resources. *Heat Recovery Systems and CHP, 7*, 243-258.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ. (2004). Neotectonic structures in the area offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (western Turkey): Evidence of strike-slip faulting in the Aegean extensional province. *Tectonophysics*, *391*(1), 67-83.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ. (2005). Neotectonic structures in İzmir Gulf and surrounding regions (western Turkey): evidences of strike-slip faulting with compression in the Aegean extensional regime. *Marine Geology*, *219*(2), 155-171.

Öngür, T. (1972). *İzmir-Urla jeotermal araştırma sahasına ilişkin jeolojik rapor*u. Maden Tetkit Arama Raporu: 4835.

Özen N., Kocakaya B. ve Özen, S., (2013). *LDG Enerji Çiftlikköy (Aydın) 200-/120 nolu arama ruhsat alanı jeofizik etütü raporu*. SNS Jeotermal Ltd. Şti (yayınlanmamış), Ankara, 58-66.

Pamukçu, O., Gönenç, T., Sındırgı, P. ve Baba, A. (2014). Application of geophysical methods in Gulbahce geothermal site, Urla-Izmir, western Anatolia. *Geothermal Systems and Energy Resources: Turkey and Greece*, 251-265.

Pope, L. A., Hajash, A. ve Popp, R. K. (1987). An experimental investigation of the quartz, Na-K, Na-K-Ca geothermometers and the effects of fluid composition. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, *31*(1-2), 151-161.

Roberts, A. A. (1975). *Helium surveys over known geothermal resource areas in the Imperial Valley, California.[Concentration of helium in soil gas]* (No. USGS-OFR-75-427). Geological Survey, Reston, Va.(USA).

Şahinci, A. (1986). *Yeraltısuları jeokimyası,* Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları. *No: MM/JEO- 86 EY 99*, İzmir.

Şahinci, A. (1991). *Jeotermal sistemler ve jeokimyasal özellikleri*. İzmir: Reform Matbaası, 548s.

Savaşçın, M.Y. (1978). *Foça-Urla Neojen volkanitlerinin minerolojik-jeokimyasal incelenmesi ve kökensel yorumu*. Doçentlik Tezi (Yayınlanmamış), Ege Üniversitesi.

Şengör, A.M.C. (1980). *Türkiye'nin neotektoniğinin esasları*. Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını, 40 s.

Şengül, F. ve Türkman, A. (1998). *Su ve atıksu analizleri.* Türkiye Mimarlar ve Mühendisler Odası Birliği Çevre Mühendisleri Odası, İzmir, 151-152.

Tarcan, G. (1989). *Urla-İçmeler (İzmir) ve çevresinin jeolojik ve hidrojeolojik İncelenmesi, yeraltısularının jeokimyasal yorumlanması*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Tarcan G. (2001). Hydrogeology and Hydrogeochemistry of the Gülbahçe Bay Hydrothermal Karst System, İzmir, Turkey. *Proceedings of the 6th International Symposium and Field Seminar on "Present State and Future Trends of Karst Studies"17-26 Sept.2000, Marmaris-Turkey*. (eds.) Günay, Ford, Johnson & Johnson, International Hydrological Programme-UNESCO, 515.

Tarcan, G. (2002). *Jeotermal su kimyası*. Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Kitabı. Editörler: Savaşçın, M.Y., Güleç, N., Şişek, Ş., Parlaktuna, M., Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.

Tonani, F. (1970). Geothermical methods of exploration for geotermal energy. *Geotermics*. *Special issue 2,* 1, 492-515.

Tonani, F. (1980). Europe Geothermal Resources Second *Symposium, Proceedings, Advanced Europe Geothermal Resources Second Symposium,* Strasbourg, 428-443.

Truesdell, A. H. (1976). Summary of section III geochemical techniques in exploration. *In: Proceedings, Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources,* San Francisco.

Türk Standartları 266 (TS–266) (2005). *İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, sular-içme ve kullanma suları,* Ankara.

Türkecan, A., Ercan, T. ve Sevin, D. (1998). *Karaburun yarımmadasının Neojen volkanizması*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No:10185, 35.

World Health Organization, (1993). Drinking water standarts. *In Engineering Geology And Environmental Approach* (Rahn, P., 1996). (2 nd Ed). 256 – 257.

Vural S. (2009). *Urganlı (Turgutlu-Manisa) jeotermal alanın jeolojisi ve hidrojeokimyasal özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.

Yaman, D. (1999). *Gülbahçe (Urla) jeotermal alanın hidrojeolojik incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Yılmaz, Y. (1997). Geology of Western Anatolia. In: Schindler, C ve Pfister, M. (Eds.) Active tectonics of Northwestern Anatolia–The Marmara Poly Project; A

multidisciplinary approach by Space Geodesy, Geology, Hydrogeology, *Geothermics and Seismology.* Vdf. Hochschulerl, an der ETH Zurich, pp. 31–53s.

Yılmazer, S. (1989). *Balçova kaplıcalarının (İzmir) jeokimyasal özellikleri ve alanın jeotermal enerji olanakları*. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.

Yılmazer S. ve Yakabağ, A. (2005). *Urganlı-Turgutlu (Manisa) sıcak su araştırma raporu.* Gayzer Yerbilimleri Ltd. Şti., şirket raporu No:224 (yayınlanmamış), İzmir, 40-43s.

Yılmazer, S. (2009). Kentimizde jeotermal enerjinin anlamı ve değerlendirilmesi. *İzmir Kent Sempozyumu*, İzmir, 155-161.

Yılmazer S., Şamlı Ö., Vural S. ve Alakuş Y. (2013). *Urla (İzmir) jeotermal alanın sıcak su araştırma raporu.* Gayzer Yerbilimleri Ltd. Şti., şirket raporu No:560, (yayınlanmamış), İzmir.