

16508

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HIDIRLAR ILICASI (ÇANAKKALE – YENİCE)
ve
DOLAYININ TERMAL HİDROJEOLOJİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeoloji Müh. Aydın BAKIR
(505021313)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Haziran 2005**

Tez Danışmanları :

**Prof.Dr. Erdoğan YÜZER
Yrd.Doç.Dr. H.Tolga YALÇIN**

Diğer Jüri Üyeleri :

Prof.Dr. İ. Aral OKAY (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. Yüksel ÖRGÜN (İ.T.Ü.)

Yrd.Doç.Dr. Ö. Lütfi ŞEN (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı Uygulamalı Jeoloji Programında hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi ile Biga Yarımadası sınırları içerisinde yer alan Çanakkale ili Yenice ilçesi Hıdırlar Köyü sıcak sularının araştırılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma; M.T.A-İ.T.Ü Biga Yarımadası'nın Ekonomik ve Çevre Jeolojisi Ortak Projesi olanakları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle M.T.A Genel Müdürü Sayın Ali Kemal IŞIKER, M.T.A Proje Koordinatörü Sayın Gürkan Tunay, İ.T.Ü Maden Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Mahir VARDAR, İ.T.Ü Proje koordinatörü ve aynı zamanda yabancısı olduğum bir konuda beni yönlendiren ve bilgilendiren, yapmış olduğum çalışmanın tüm aşamalarında destek olan hocam Prof. Dr. Erdoğan YÜZER'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu araştırmanın yürütülmesinde, arazi çalışmalarında ve kaynak sağlamamda, her türlü yardımı sunan, çalışmanın her aşamasında yorumları ile ışık tutan Yrd. Doç. Dr. H.Tolga YALÇIN'a, tezimin çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, arazi çalışmalarım sırasında tüm bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan Jeoloji Yük. Mühendisi Dr. Erkan BOZKURTOĞLU ve MTA Altınoluk Kamp Şefi Sayın Jeolog Hüseyin KAR ile diğer MTA Enstitüsü çalışanlarına, büro çalışmalarında gerek duyduğum bilgi ve belgelere ulaşmamda yardımcı olan MTA Enstitüsü Batı Anadolu Balıkesir Bölge Müdürü Sayın Kemal YENİGÜN ve Bölge Müdür Yardımcısı Sayın Ramazan SARI ile tez yazım aşamasında gerekli kolaylık ve yardımı sağlayan çalışma arkadaşlarıma, bu araştırma sırasında maddi ve manevi her yönden destek gördüğüm sevgili eşim ve aileme gönülden sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2005

Aydın BAKIR

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve İçeriği	1
1.2. Çalışma Yöntemleri ve Kullanılan Gereçler	2
2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI	3
2.1. Coğrafi Konum ve Ulaşım	3
2.2. Yerleşim	4
2.3. Morfoloji, Akarsular ve Bitki Örtüsü	4
2.4. İklim ve Meteoroloji	7
2.4.1. Yağış, sıcaklık ve bağıl nem	7
2.4.2. Buharlaşma	9
2.4.3. Meteorolojik su bilançosu	14
2.5. Sosyal ve Ekonomik Durum	15
3. GENEL JEOLJİ	16
3.1. Önceki Çalışmalar	16
3.2. Bölgesel Jeoloji	20
3.3. İnceleme Alanının Jeolojisi	25
3.3.1. Kazdağ Grubu (Pzk)(Gn, Af, Mr)	25
3.3.2. Karakaya Formasyonu (TRk)(SPO+DPO)	25
3.3.3. Eybek Granodiyoriti (Tgd)	28
3.3.4. Kontakt Metemorfizma Kayaçları (Kmk)	30
3.3.5. Hallaçlar Volkanitleri (Thv)	30
3.3.6. Neojen göl sedimentleri (Ng)	31
3.3.7. Pliyosen çökelleri (Ply)	31
3.3.8. Alüvyonlar (Qal)	32
3.4. Yapısal Jeoloji	32
3.5. Jeolojik Evrim	34
3.6. Ekonomik Jeoloji	35

4. HİDROJEOLOJİ	37
4.1. Hidroloji	37
4.1.1. Akarsu ve kuru dereler	37
4.1.2. Su noktaları	37
4.1.2.1. Soğuk su kaynakları	39
4.1.2.2. Soğuk su içeren adi kuyular	39
4.1.2.3. Sıcak su kaynakları	40
4.1.2.4. Hıdırlar Ilıcası MTA sondaj kuyusu	42
4.2. Hidrojeolojik Ortamlar	43
4.2.1. Geçirimli taneli ortam (Gçt)	43
4.2.2. Geçirimli kaya ortam (Gçk)	44
4.2.3. Geçirimsiz ortam (Gz)	44
4.2.4. Yeraltısuyunun akış yönü ve hidrolik eğimi	44
4.3. Su Kimyası	45
4.3.1. Soğuk sular	45
4.3.2. Sıcak sular	49
4.4. Sıcak Suların Jeokimyasal Açıdan Değerlendirilmesi	54
4.5. Sıcak Suların İnsan Sağlığına Etkisi	61
5. OLUŞUM MODELİ	64
5.1. Jeotermal Sistem	64
5.2. Beslenme	66
5.3. Hazne Kaya	67
5.4. Rezervuar Sıcaklıkları	68
5.5. Kaynak Koruma Alanları	69
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	78
EKLER	79

KISALTMALAR

UTM	: Universal Transverse Mercator (Ulusal koordinat sistemi)
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TS	: Türk Standartları
M.T.A	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
TDS	: Total Dissolved Solid (Toplam Çözünmüş Madde)
D.S.İ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
M.S.H	: Meteorik Su Hattı
ppm	: Milyonda bir veya mg/l
ppb	: Milyarda bir veya µg/l



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Bayramiç meteoroloji istasyonu meteorolojik verileri (1970 – 1995).	8
Çizelge 2.2. Buharlaşma yüzeyinin yansıma katsayısı (Albedo değeri)	10
Çizelge 2.3. PENMAN yöntemi ile hazırlanmış potansiyel buharlaşma hesap çizelgesi.	12
Çizelge 2.4. PENMAN yöntemi ile hesaplanmış gerçek buharlaşma değerleri ve su bilançosu.	13
Çizelge 4.1. İnceleme alanında yer alan soğuk su kaynakları.	39
Çizelge 4.2. İncelem alanındaki adi kuyularda ölçülen statik su seviyeleri.	39
Çizelge 4.3. İnceleme alanında yer alan sıcak su kaynakları ve MTA (H-1) sıcaksu sondaj kuyusunun debi ve koordinatları.	40
Çizelge 4.4. Hıdırlar Ilıcası ve dolayındaki soğuksuların katyon içerikleri.	46
Çizelge 4.5. Hıdırlar Ilıcası ve dolayındaki soğuksuların anyon içerikleri	46
Çizelge4.6. Hıdırlar Ilıcası ve dolayındaki soğuksuların minör element içerikleri.	47
Çizelge 4.7. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) (Türkiye çevre mevzuatı, 1992)	48
Çizelge 4.8. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre soğuk suların kalitesi.	49
Çizelge 4.9. Türk Standartlarına (TS 266, 1984) göre içme suyunda tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değerler.	50
Çizelge 4.10. Hıdırlar Ilıcası ve dolayındaki termal suların değişik yıllarda, farklı kişiler tarafından, arazide ölçülen özellikleri.	51
Çizelge 4.11. Hıdırlar Ilıcası ve dolayındaki termal suların, değişik yıllarda yapılmış olan kimyasal analizleri	52
Çizelge 4.12. Hıdırlar Ilıcası ve dolayındaki termal suların minör element analiz sonuçları.	53
Çizelge 4.13. Toplam çözünmüş madde (TDS) miktarına göre yeraltı suyunun basit sınıflaması.	54
Çizelge 4.14. İnceleme alanında bulunan sıcaksu kuyusu ve kaynaklarının toplam sertlik dereceleri	55
Çizelge 4.15. Bu çalışma sırasında, sıcak su numuneleri üzerine yapılmış olan analizlerde elde edilen verilerin anyon, katyon eşitliği.	55
Çizelge 4.16. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre sıcak suların kalitesi.	63
Çizelge 5.1 İnceleme alanında yeralan sıcak su kaynaklarının kimyasal açıdan sınıflandırılması ve hesaplanmış rezervuar sıcaklıkları.	68

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.	İnceleme alanının yerbulduru ve ulaşım haritası.	3
Şekil 2.2.	İnceleme alanının morfolojisi.	5
Şekil 2.3.	Armutcukkavşağı sırtından güneye bakış.	6
Şekil 2.4.	Yıllık bölgesel su bilançosu.	14
Şekil 3.1.	Biga Yarımadası ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası.	21
Şekil 3.2.	Biga Yarımadasının stratigrafik dikme kesiti.	23
Şekil 3.3.	Biga Yarımadası tektonik haritası	24
Şekil 3.4.	İnceleme alanının stratigrafik kesiti	26
Şekil 3.5.	Karakaya Formasyonuna ait tabakalı şekilde konumlanmış metamorfikler (Ilıca Deresinin içinde)	27
Şekil 3.6.	Ilıca deresi batı yamacından alınan diyabaz el numunesi.	27
Şekil 3.7.	Metakumtaşlarında gözelenen limonitleşme.	28
Şekil 3.8.	Uyuz Ilıcasının ağız kısmında yer alan granodiyoritler.	29
Şekil 3.9.	Hıdırlar Ilıcası civarında bulunan ve granit kumuna dönüşmüş bol kırıklı, çatlaklı, Eybek Granodiyoritleri.	30
Şekil 3.10.	İnceleme alanında yer alan faylara bağlı olarak oluşan ezilme zonu.	32
Şekil 3.11.	İnceleme alanında ölçülen çatlakların dalımlarına ait gül diyagramı.	33
Şekil 3.12.	İnceleme alanında ölçülen çatlakların doğrultularına ait gül diyagramı.	34
Şekil 3.13.	Hıdırlar Ilıcasında bulunan çamur havuzu.	35
Şekil 3.14.	Hıdırlar Ilıcasında banyo amaçlı kullanılan havuz.	36
Şekil 3.15.	Hıdırlar Ilıcasında konaklama için kullanılan odalar.	36
Şekil 4.1.	İnceleme alanında yer alan su noktaları.	38
Şekil 4.2.	Hıdırlar Ana Kaynağı ve çamaşırhane.	40
Şekil 4.3.	Hıdırlar Köyüstü Ilıcası.	41
Şekil 4.4.	Hıdırlar Uyuz Ilıcası.	41
Şekil 4.5.	Hıdırlar Ilıcası MTA (H-1) sıcaksu sondaj kuyusu logu	42
Şekil 4.6.	Bu çalışmada analizleri yapılan sıcak sular ile soğuk suların Piper diyagramında gösterilmesi	57
Şekil 4.7.	Bu çalışmada analizleri yapılan sıcak sular ile A6 soğuk suyunun katyon ve anyon değerlerinin schoeller diyagramı.	58
Şekil 4.8.	Bu çalışmada analizleri yapılan sıcak sular ile A6 soğuk suyunun ağır metal değerlerinin schoeller diyagramı.	59
Şekil 4.9.	Bu çalışmada analizleri yapılan sıcak sular ile tüm soğuk suların katyon ve anyon değerlerinin schoeller diyagramı.	60
Şekil 5.1.	Meteorik suların yeraltına süzülmesi	64
Şekil 5.2.	Suların oluşum modeli	65
Şekil 5.3.	DSİ’de ve önceki çalışmalarda yapılmış izotop analizleri yardımıyla çizilen $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ - $\delta^2\text{H}(\text{‰})$ grafiği.	67

Şekil 5.4.	Hıdırlar Ilıcası ana kaynağının yakınında, sağlıksız koşullarda bulunan tuvalet.	70
Şekil 5.5.	Kaynak koruma alanları.	71



HIDIRLAR ILICASI (ÇANAKKALE – YENİCE) ve DOLAYININ TERMAL HİDROJEOLJİSİ

ÖZET

Bu çalışmada Hıdırlar (Çanakkale - Yenice) Köyü sıcak ve soğuk suları incelenmiş ve özellikle sıcak su kaynaklarının tektonizma, volkanizma ve soğuk sular ile ilişkileri araştırılarak, sahanın sıcaksu potansiyelinin belirlenmesine ışık tutacak verilerin toplanması amaçlanmıştır. Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda; kaynakların hidrojeokimyası ile jeotermal enerji oluşumunu sağlayan faktörler belirlenmeye çalışılmış, daha önceki yıllarda bölgede yapılan incelemelerden de yararlanılarak birimlerin, çalışma alanı içinde bulunanların, çalışma amacı doğrultusunda özellikleri araştırılmıştır.

İnceleme alanının temelini, Paleozoik yaşlı Kazdağ Grubuna ait birimler olan gnays, şist ve fillatlar oluşturmaktadır. Bunların üzerine tektonik dokanaklarla gelen, Permien kireçtaşı olistolitleri içeren Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonuna ait birimler, bu birimleri keserek yerleşen ve çeşitli araştırmacılar tarafından Oligo-Miyosen yaşlı oldukları belirtilmiş olan Eybek Granodiyoritleri bulunmaktadır. Alttaki Kazdağ Grubu, Karakaya Formasyonu ve Eybek Granodioritlerinin üzerine ise muhtemelen Miyosen yaşlı Andezitler gelmektedir. Andezit türü volkanik kayalar üzerine ise Neojen yaşlı, kil, marn, silt ve kireçtaşı ardalanmalı çökel birim gelir. Plio Kuvaterner ve Kuvaterner yaşlı tutturulmamış çakıllar ve alüvyal örtü en genç birimler olarak inceleme alanında yüzeilenmektedir.

İnceleme alanında, jeotermal çıkışları sağlayan önemli tektonik hatların, Biga Yarımadasını oluşturan çizgiselliklerle aynı doğrultuda olduğu ve sıcak suların kesişen fay ve kırıklar boyunca yükseldiği sonucuna varılmıştır. Sahanın merkezinde yer alan Ilıca yöresindeki faylar ve fayların yakınlarında gözlenen, KD-GB yönlü kuvvetlerin etkisiyle oluşan açılma çatlakları, jeotermal akışkanın dolaşımını kolaylaştırmaktadır.

İnceleme alanında, Oligosen'den Pliyosen'e kadar, aralıklı olarak volkanik etkinlik devam etmiştir. Ayrıca genç plütonik sokulumlar da yer almaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda Oligosen-Miyosen yaşlı granodiyorit intrüzyonların ve Miyosen-Pliyosen yaşlı genç volkanizmaların ısıtıcı özellikler taşıdığı saptanmıştır. Böylece jeotermal enerji oluşumunda, önemli olan tektonizma, magmatizma ve volkanizmanın etkisi açıklanmaktadır.

Anyon ve katyon içerikleri açısından sodyum sülfatlı oldukları belirlenen sıcak su kaynaklarının, yakınlarında ve sığ derinliklerde bulunan, soğuk sulardan etkilendiği izlenimi edinilmiştir. Özellikle, Hıdırlar Ana Kaynağı ile Uyuz Ilıcası arasında yer alan, A(6) soğuk su kaynağının kimyasal olarak sıcak sulara benzer karakterde olması böyle saptamayı kuvvetlendirmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, inceleme alanındaki, sıcak suların, ısıtmada, sağlık amaçlı kullanımda ve seracılık için uygun karakterler sunduğu belirlenmiştir. Sıcak suyun sağlık amaçlı kullanımı için, bugünkü Ilıca ve çevresinin, kaynakların doğal güzelliğinin korunması ve tüm kirletici yapılardan kaçınılarak yalnızca doğal park ve gezi alanı olarak düzenlenmesi kaynakların korunması açısından zorunlu olduğu belirlenmiştir.

THE THERMAL HYDROGEOLOGY OF HİDİRLAR SPA (ÇANAKALE-YENİCE) AND ITS VICINITY

SUMMARY

With this study, hot and cold waters in Hıdırlar (Çanakkale- Yenice) region were investigated by collecting information, especially about the tectonics of hot water sources, volcanism and their relation to cold water, the potential of hot water. It was aimed to determine the factors, which provide geothermal energy and hydro-geochemistry of the sources were studied with the help of pre-studies on the area, the lithology and their properties were reviewed.

The base of the study area comprises gneiss, schist and phyllite, of the to Paleozoic aged Kazdağ Group. Units of Lower Triassic aged Karakaya Formation with limestone Olistoliths, overlies the basement tectonically. Oligo-Miocene aged Eybek Granodiorite intruded within older rocks. On andesit type volcanic rocks are Neocene aged clay, marl, silt and limestone including settlements layered. Gravels and alluvium at the top soil are Plio-Quaternary and Quaternary aged.

In the study area, it has been found out that; the important tectonic lines, which are providing the geothermal discharges, are on the same direction with the lines forming the Biga Peninsula. Therefore, hot waters are rising along the intersecting faults and fractures. What's more; faults, which are on the center of the study area around the Ilıca region, and the fractures, close to the faults and formed by NE-SW directional forces increasing the flow ability of the geothermal fluid.

In the study area; from Oligocene to Pliocene, volcanic activities continued from time to time. Also some young aged plutonic rocks were also formed. According to the studies, it is found out that Oligocene and Miocene aged grano-diorite intrusions and Miocene-Pliocene aged young volcanic rocks have the ability to heat the water. Therefore, it can be said that; the important factors creating geothermal energy are the tectonic, magmatic and volcanic features.

Hot waters, which are sodium sulfate type affected by cold waters, are at shallow depths. Especially, A(6) cold water spring between, Hıdırlar main spring and Uyuz hot spring, has a chemical character like hot waters and this result lead us to such a opinion.

As a result of the study; hot waters in the region can be used for space heating, thermal spa and greenhouse workings etc. The water has a useful character for those kinds of managements and should not be wasted. To use the hot water for health activities, it is important to protect the natural beauty of the source and they should be protected from all hazardous factors. It is necessary to use the area only as a natural park and visiting area, to protect the sources.



1. GİRİŞ

Hıdırlar jeotermal alanı, sıcak sular açısından, önemli bir potansiyele sahiptir. Buradaki sıcak suların kullanım olanaklarını belirlemek amacıyla İ.T.Ü ile M.T.A tarafından ortaklaşa yürütülen “Biga Yarımadası Ekonomik ve Çevre Jeolojisi Projesi” kapsamında Temmuz 2003 ve Eylül 2004’de M.T.A Batı Anadolu Bölge Müdürlüğü’nün çalışma programı içinde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bu bölümde; yapılan çalışmanın amacı ve içeriği, uygulanan yöntemler, kullanılan araç ve gereçler ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Bu çalışma ile; Çanakkale ili Yenice ilçesi Kalkın bucağının Kuzeybatı kesiminde bulunan ve halen çok sınırlı kullanılan, Hıdırlar köyü sıcak su kaynaklarının araştırılıp potansiyelinin ve kaynak koruma alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda aşağıda belirtilen çalışmalar yapılmıştır.

- Arazi çalışmalarından önce, bölgenin genel jeolojisi ve hidrojeolojisi ile ilgili, yapılmış olan, çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalardan, Duru, (2004) hazırlamış olduğu 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritası baz alınarak, inceleme alanının genel jeoloji haritası hazırlanmıştır (EK-1).
- Bayramiç Meteoroloji istasyonundan sağlanan yıllık yağış, sıcaklık vb. meteoroloji (1970 – 1995 arası) verilerini kullanarak, çalışma alanı ve çevresi için, yıllık meteorolojik su bilançosu çıkarılmıştır (Çizelge 2.4).
- Mevcut kayaç türlerinin hidrojeolojik özelliklerine göre 1/10000 ölçekli hidrojeoloji haritası ve kesitleri hazırlanmıştır. İnceleme alanında bulunan jeolojik birimlerin yayılımları, hidrojeolojik özellikleri saptanmıştır (EK-2).
- Alınan sıcak ve soğuk su numunelerinin majör (klor, sülfat, bikarbonat) ve ağır metal içerikleri saptanmıştır. Tüm sıcak suların ve bazı soğuk suların, Türk içme suyu standartlarına (TS 266, 1984) göre içilebilirlikleri, Çevre

Kanunu (Türkiye Çevre Mevzuatı, 1992) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) inorganik parametrelerine göre de su kalitesi belirlenmiştir.

- Sıcak ve soğuk suların birbirleri ile ilişkisi ortaya konmuş ve suların oluşum modeli belirlenmiştir.
- Son olarak da Ilıca ve çevresinin doğal güzelliğinin korunması ve tüm kirlletici yapılardan arındırılması amacıyla koruma alanlarının belirlenmesine çalışılmıştır.

1.2 Çalışma Yöntemleri ve Kullanılan Gereçler

Arazi çalışmalarında, inceleme alanının genel jeolojik özellikleri (jeolojik formasyon sınırları ve birbirleri ile ilişkileri, çatlak ve kırık sistemleri vb.) ile su noktalarının yerleri tespit edilmiştir.

Tespit edilen 17 su noktasından, 3 tanesi sıcak su kaynağı (Hıdırlar Ilıcası Ana Kaynak, Hıdırlar Uyuz Ilıcası, Hıdırlar Köyüstü Ilıcası), 1 tanesi sıcak su sondajı (Hıdırlar Ilıcası MTA (H-1) sıcak su sondaj kuyusu), 10 tanesi adi soğuksu kuyusu (K1 - K2 - K3 - K4 - K5 -K6 - K7 - K8 - K9 - K10) ve 3 tanesi de (A6-A7-A8) soğuksu kaynağıdır (EK-2). Tespit edilen su noktalarından alınan örnekler, kimyasal analizler için İ.T.Ü. Maden Fakültesi Hidrojeoloji Laboratuvarına (Hıdırlar Ilıcası Ana Kaynak - Hıdırlar Uyuz Ilıcası - Hıdırlar Köyüstü Ilıcası - A6 - K5 -K6 - K7) getirilmiş ve burada klor, sülfat ve bikarbonat tayini yapılmıştır. Ayrıca, alınan 4 sıcaksu (Hıdırlar Ilıcası Ana Kaynak - Hıdırlar Uyuz Ilıcası - Hıdırlar Köyüstü Ilıcası) 4 soğuksu (A6 - A7 - A8 - K3) örneği de Kanada ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD.'e gönderilerek jeokimyasal analiz yaptırılmıştır.

Tüm arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında Brunton tipi jeolog pusulası, jeolog çekici, lup, GPS, polietilen su kapları, otomatik titrasyon aleti, spektrofotometre gibi araçlar kullanılmıştır.

Elde edilen tüm veriler, büro çalışmaları sırasında Auto CAD, SURFER ve Microsoft Office programlar kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

İnceleme alanına ulaşım karayolundan ve deniz yolundan olmak üzere farklı yollar izlenerek sağlanabilir. Ulaşım için; ya İstanbul'u Tekirdağ üstünden İzmir'e bağlayan Gelibolu, Eceabat, Çanakkale, Ezine, Akçay'dan Edremit ve oradan da Kalkım-Hıdırlar'a giden karayolu ile, ya da İstanbul'u Bursa üzerinden Balıkesir-Edremit'e bağlayan karayolu ile ulaşılabilir. Bunların dışında, deniz yolu kullanılarak İstanbul-Bandırma feribotu ile Bandırma'ya, oradan da karayolu ile Gönen – Yenice – Kalkım – Hıdırlar'a ulaşılabilir.

2.2. Yerleşim

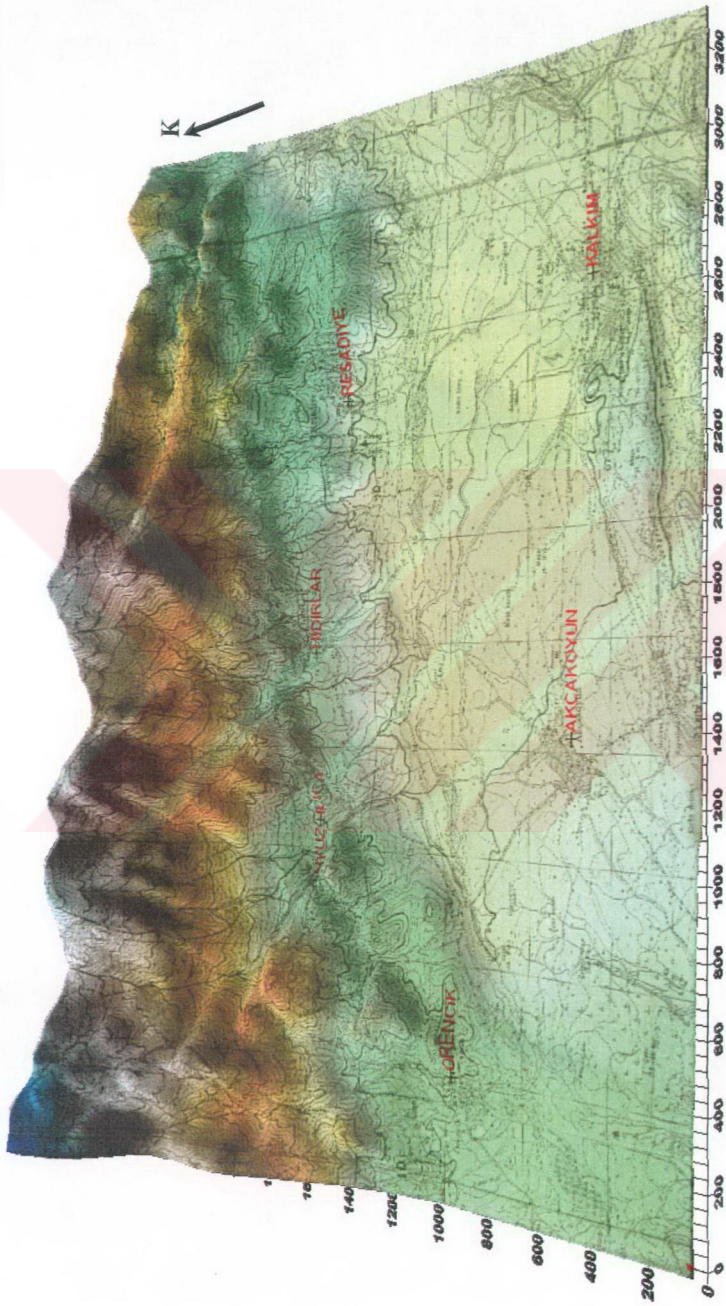
İnceleme alanına en yakın yerleşim alanı, Hıdırlar İlçesi'nin yaklaşık 1.5 kilometre batısında bulunan ve ilçenin ismini aldığı Hıdırlar Köyü'dür. Bu çevrede bulunan diğer köyler ise Hamdibey ile Hıdırlar Köyü arasındaki yol güzergâhında kurulmuş olan 50 -100 evlik Reşadiye ve Kurtlar Köyleridir. Bir de İlca alanının güneyinde Akçakoyun Köyü ile en büyük yerleşim alanı olan Kalkım yer almaktadır (Şekil 2.2, Şekil 2.3).

2.3. Morfoloji, Akarsular ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanında topoğrafya güneyden kuzeye doğru ani olarak yükselir. Bu yükselime bağlı olarak; kuzeyde 915 m. yüksekliğindeki Tahtalı Tepe, 870 m yüksekliğindeki Cumayükseği Tepe, 840 m. yüksekliğindeki Tütünlük Tepe, 542 m. Yüksekliğindeki Ilcabaşı Tepesi yer almaktadır. Güney de ise 400 m. yüksekliğindeki Tatlıelma Tepesi, 381 m. yüksekliğindeki Elmedeği Tepe ile 340 m. yüksekliğindeki Korkut Tepe yer almaktadır (Şekil 2.2, Şekil 2.3).

Bölgedeki en büyük akarsu, doğu – batı uzanımlı Değirmençayı (Kocaçay) dır. Bu akarsuya karışan ikincil akarsular ise İlca, Kızılağaç ve Karağaçlı dereleridir. Ayrıca Sarp Dere, Tuzlukçatı Dere ve Sulu Dere gibi debileri az olan ve yazları kuruyan küçük dereler de mevcuttur (EK-2).

Ormanlık alanlarda, yükseltiden dolayı, değişen iklim ve yetişme çevresi koşullarının etkisi ile değişik ağaç türleri ve bunların oluşturduğu karışık topluluklar mevcuttur. Buna bağlı olarak bölgenin doğal bitki örtüsünü çoğunlukla karaçam, meşe, göknar ve kestane ağaçlarının yetiştiği ormanlık alanlar oluşturmaktadır.



Şekil 2.2. İncelene alanının morfolojisi.



Şekil 2.3. Armutcukkavşağı sırtından güneye bakış.

2.4. İklim ve Meteoroloji

Yenice ve Kalkım da meteoroloji gözlem istasyonunun olmayışından dolayı, yöreye en yakın, Bayramiç Meteoroloji İstasyonunun 1970 – 1995 yılları arasındaki ölçümleri kullanılmıştır. Tüm meteorolojik özellikler, aylık değişimler bazında yıllık olarak değerlendirilmiş ve bölgesel yıllık meteoroloji su bilânçosu çıkarılmıştır. Bu konudaki çalışmalar ve varılan sonuçlar izleyen alt bölümlerde verilmiştir.

İnceleme alanında yazları sıcak, kışları ılık ve yağışlı olan Marmara ikliminin özellikleri görülmektedir.

2.4.1. Yağış, Sıcaklık ve Bağıl Nem

İnceleme alanının meteorolojik özelliklerinin değerlendirilebilmesi için gereken veriler Bayramiç Meteoroloji İstasyonu'ndan sağlanmıştır. Hesaplamalar için alınan zorunlu kayıt tipleri ve aylık değerler Çizelge 2.2'de listelenmiştir.

Bayramiç meteoroloji istasyonu verilerine göre ortalama bağıl nem % 70'dir. Genel olarak bağıl nem kış mevsiminde yüksektir. Mayıs ayında bağıl nemde düşme başlar ve minimum değere Temmuz ve Ağustos aylarında ulaşır (Çizelge 2.2).

Meteorolojik veriler değerlendirildiğinde bölgenin 1970 – 1995 yılları arasındaki aylık yağış ortalaması 54,6 mm olduğu hesaplanmıştır. En yüksek yağış 152,4 mm ile Aralık ayında, en düşük yağış 5,2 mm ile Temmuz ayındadır (Çizelge 2.2.). Genel olarak Ekim ayında başlayan yağışlı dönem Mart ayında da devam etmekte ve Nisan'dan itibaren giderek azalmaktadır. Buna göre yıllık yağışın %83,2'si yağışlı dönemde (Ekim–Nisan) ve %16,8'i kurak dönemde (Mayıs–Eylül) düşmektedir.

1970–1995 yılları arasında ölçülen yıllık sıcaklık ortalaması yaklaşık 14,5 °C'dir. Seçilen meteoroloji istasyonunda sıcaklık değerlerinin ağırlıklı istatistik ortalamasına göre en soğuk aylar 5 °C ile Ocak ve 6,6 °C ile Şubat ayı, en sıcak aylar ise 24,2 °C ile Temmuz ve 23,8 °C ile Ağustos ayıdır. Sıcaklığın yıl içindeki aylık dağılımına bakıldığında, Eylül ayında başlayan sıcaklık azalmasının Nisan ayında da halen etkin olduğu ve Mayıs ayından itibaren artmaya başladığı görülmektedir (Çizelge 2.2).

İstasyon Adı : Bayramiç

Konum: N 39° 47'

Çizelge 2.1. Bayramiç meteoroloji istasyonu meteorolojik verileri (1970 – 1995).

Aylar Özellikler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Σ	Σ _{ort.}
P (mm)	97,3	78,2	64,1	48,4	38,8	23,7	5,20	5,50	34,7	29,7	77,1	152,4	655,1	54,6
t (°C)	5,00	6,60	7,90	12,9	17,3	21,9	24,2	23,8	19,7	14,9	11,3	8,40	-	14,5
n(saat/gün)	2,44	3,55	4,30	6,23	9,04	11,1	12,24	11,46	9,04	6,43	4,18	2,33	-	6,91
R _H (%)	0,79	0,77	0,76	0,70	0,66	0,58	0,53	0,55	0,64	0,72	0,77	0,80	-	0,7
U ₁₀ (m/sn)	2,50	2,20	2,30	1,90	1,70	1,60	2,30	1,90	1,40	1,83	1,40	2,20	-	1,94

(P: yağış, t: sıcaklık, n: güneşlenme süresi, R_H: bağıl nem, U₁₀: 10 m'deki rüzgar hızı)

2.4.2. Buharlaşma

İnceleme alanının meteorolojik su bilançosunu hazırlayabilmek için bilinmesi gereken meteorolojik verilerden, bölgesel potansiyel ve gerçek buharlaşma değerleri, Çizelge 2.3’de listelenmiştir. Tüm veriler Penman Yöntemine göre değerlendirilmiş ve zeminin her zaman suya doygun olduğu varsayımından yola çıkılarak, öncelikle bölgedeki günlük potansiyel buharlaşma değerleri hesaplanmıştır. Enerji dengesi ve kütle transferi denklemlerine dayanan Penman Yönteminde kullanılan değerlerin hesaplanması Yüzer ve Öztaş (1984) den derlenmiştir. Buna göre;

Havzadaki Potansiyel Buharlaşma (E_p) aşağıda verilen (2.1) eşitliği ile hesaplanır.

$$E_p = \frac{A.H + 0,27.E_a}{A + 0,27} \quad (2.1)$$

Burada;

E: Günlük potansiyel buharlaşma değeri (mm.su.gün⁻¹),

A: Mutlak sıcaklıktaki doygun su buharı basıncı ile günlük sıcaklık arasındaki ilişkiyi belirleyen katsayı (boyutsuz).

Bu sayı grafikten okunabilmekle birlikte, bilgisayar ile hesaplanması daha kolay olduğu için sıcaklık değerine bağlı olarak aşağıda verilen (2.2) ve (2.3) eşitlikleri yardımıyla bulunur.

Sıcaklık (t) 0 °C ile 20 °C aralığında ise;

$$A = 0,75 - [0,67(1 - e^{0,057t})] \quad (2.2)$$

Sıcaklık (t) 21 °C ile 30 °C aralığında ise;

$$A = 0,17t - 1,3 \quad (2.3)$$

Eşitlik (2.2) ve (2.3) kullanılacak sıcaklık (t, °C) değerleri ortalama aylık olarak meteoroloji bültenlerinden elde edilir.

H : Buharlaşma yüzeyinde kullanılan güneş enerjisi miktarı (mm.su.gün⁻¹) dır. Bu değer aşağıdaki (2.4) eşitliği ile belirlenir.

$$H = R_c - R_b \quad (2.4)$$

Eşitlik (2.4) de;

R_C : Buharlaşma yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı (mm.su.gün^{-1}) dır. Bu değer aşağıda verilen (2.5) eşitliği ile belirlenir.

$$R_C = R_A \left(1 - r\right) \left(0,18 + 0,55 \frac{n}{N}\right) \quad (2.5)$$

Eşitlik (2.5)'te;

R_A : Aylık ortalama atmosfer üstü güneş enerjisi miktarı (mm.su.gün^{-1}),

N : Aylık ortalama astronomik güneşlenme süresi (saat/gün),

n : Aylık ortalama güneşlenme süresi (saat/gün),

Bu değerlerin hepsi Meteoroloji Bülteninde (1974) bulunabilir.

r : Buharlaşma yüzeyinin yansıtma katsayısı (boyutsuz). Bu değer aşağıda verilen Çizelge 2.2 den seçilebilir.

Çizelge 2.2. Buharlaşma yüzeyinin yansıtma katsayısı (Albedo değeri)

Buharlaşma Yüzeyi	Albedo değeri (r)
Serbest su	0,05
Ormanlık alan	0,08
Çeltik arazisi	0,10
Tarım arazisi	0,25
Adi kum	0,30
Parlak ince kum	0,37
Kirlenmiş kar yüzeyi	0,42-0,70
Yeni yağmış kar yüzeyi	0,81-0,89

R_B : Buharlaşma yüzeyinden çeşitli nedenlerle kaybolan güneş enerjisi miktarı (mm.su.gün^{-1}). Aşağıda (2.6) eşitliğinde verildiği gibi hesaplanır.

$$R_B = B.(0,56 - 0,92.\sqrt{e_d}).(0,10 + 0,90n/N) \quad (2.6)$$

Eşitlik (2.6)'da;

B : BOLTZMANN katsayısı ile hava sıcaklığı arasındaki ilişkiyi belirleyen bir değerdir (mm.su.gün^{-1}). Bu sayı aşağıdaki şekilde formüle edilebilir.

$$B = 0,2t + 11 \quad (2.7)$$

e_d : Havanın çiğleşme noktasındaki doymun buhar basıncı (mm.Hg)

$$e_d = R_H e_a \quad (2.8)$$

R_H : Havanın aylık ortalama bağıl nem değeri (boyutsuz). Bu değer meteoroloji bültenlerinden elde edilir.

e_a : Havanın aylık ortalama sıcaklıktaki (t) doymuş su buharı basıncı. Bu sayı aşağıdaki şekilde (2.9) formüle edilebilir.

$$e_a = 4,579 + 0,333512t + 1,069 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,879 \cdot 10^{-4}t^3 + 3,081 \cdot 10^{-6}t^4 \quad (2.9)$$

E_a : Havanın su buharlaştırma gücü. Aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$E_a = 0,35(e_a - e_d)(1 + 0,0098U_2) \quad (2.10)$$

U_2 : Yer yüzeyinden 2 metre yükseklikteki rüzgarın aylık ortalama hızı ($m.s^{-1}$).

Meteoroloji bültenlerinde bu değer genellikle 10 metre yüksekte ölçülen rüzgar hızı olarak (U_{10}) yer alır. Bu değer 2 metre yükseklikteki hıza indirgenmesi için grafik kullanılmakla birlikte, aşağıdaki (2.11), (2.12), (2.13) eşitlikleri ile formüle edilebilir.

$U_{10} = 0,1 - 2,2 m.s^{-1}$ aralığı için;

$$U_2 = 0,2U_{10}^2 \quad (2.11)$$

$U_{10} = 2,3 - 4,1 m.s^{-1}$ aralığı için;

$$U_2 = U_{10} - 1,3 \quad (2.12)$$

$U_{10} = 4,2 - 5,0 m.s^{-1}$ aralığı için;

$$U_2 = 1,435U_{10} - 2,875 \quad (2.13)$$

Sonuçta, hesaplanan değerlerin eşitlik (2.1) ile verilen PENMAN bağıntısında yerine konulmasıyla bölgenin günlük potansiyel buharlaşma değeri $mm.su.gün^{-1}$ olarak belirlenir. Her ayın gün sayısı göz önüne alınarak aylık, aylık değerlerin toplamı ile de yıllık potansiyel buharlaşma değeri bulunur. Yapılan hesaplamalarda, potansiyel buharlaşmanın Temmuz ayında 140,25 $mm.su/ay$ ile en yüksek, Aralık ayında 2,81 $mm.su/ay$ ile en düşük olduğu görülmektedir. Toplam yıllık potansiyel buharlaşma yüksekliği 736,71 $mm.su/yıl$ olarak bulunmuştur.

Potansiyel buharlaşmanın hesaplanması sonrasında, yine Penman Yöntemi kullanılmış ve zeminin suya doymunluğunun, ortamlar çerçevesinde, aylara göre değişimi göz önünde bulundurularak bölgenin gerçek buharlaşma değerleri saptanmıştır. Meteorolojik su bilançosu çerçevesinde elde edilen gerçek buharlaşma yüksekliklerinin Mayıs ayında 106,72 $mm.su/yıl$ ile en yüksek, Aralık ayında 2,81 $mm.su/yıl$ ile en düşük olduğu anlaşılmış, ayrıca bölgedeki yıllık gerçek buharlaşma değeri 357,71 $mm.su/yıl$ olarak bulunmuştur (Çizelge 2.4.).

İstasyon Adı : Bayramiç

Konum: N 39° 47'

Çizelge 2.3. PENMAN yöntemi ile hazırlanmış potansiyel buharlaşma hesap çizelgesi.

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Özellikler												
Sıcaklık(°C)	5	6,6	7,9	12,9	17,3	21,9	24,2	23,8	19,7	14,9	11,3	8,4
A	0,971	1,056	1,131	1,478	1,876	2,415	2,742	2,862	2,139	1,646	1,356	1,161
R _A (mm.su/gün)	6	8,3	11,3	13,9	16	16,9	16,4	14,6	12	9,5	6,8	5,5
n(saat/gün)	2,44	3,55	4,3	6,23	9,04	11,1	12,24	11,46	9,04	6,43	4,18	2,33
N(saat/gün)	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15	14,7	13,8	12,5	11,2	10	9,3
R _c (mm.su/gün)	1,44	2,26	3,21	4,56	6,3	7,44	7,85	6,97	5,2	3,53	2,09	1,31
B (mm.su/gün)	12	12,32	12,58	13,58	14,46	15,38	15,84	15,76	14,94	13,98	13,26	12,68
R _H	0,79	0,77	0,76	0,7	0,66	0,58	0,53	0,55	0,64	0,72	0,77	0,8
e _a (mmHg)	6,54	7,31	7,99	11,15	14,8	19,69	22,63	22,09	17,2	12,7	10,03	8,26
R _B	1,38	1,68	1,78	2,15	2,62	2,93	3,25	3,2	2,86	2,43	1,92	1,34
U ₁₀ (m/sn)	2,5	2,2	2,3	1,9	1,7	1,6	2,3	1,9	1,4	1,8	1,4	2,2
U ₂ (m/sn)	1,25	0,97	1,06	0,72	0,58	0,51	1,06	0,72	0,39	0,65	0,39	0,97
E _a	0,487	0,594	0,678	1,179	1,771	2,909	3,761	3,504	2,175	1,252	0,811	0,584
E(mm.su/gün)	0,149	0,581	1,282	2,225	3,442	4,345	4,524	3,752	2,323	1,123	0,276	0,091
Ep(mm.su/gün)	4,61	16,27	39,75	66,75	106,72	130,36	140,25	116,3	69,69	34,82	8,27	2,81
Ep(mm.su/yıl)	736,61											

E_p: Günlük potansiyel buharlaşma değeri (mm.su.gün⁻¹), A: Mutlak sıcaklıktaki doymuş su buharı basıncı ile günlük sıcaklık arasındaki ilişkiyi belirleyen katsayı (boyutsuz), R_c: Buharlaşma yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı (mm.su.gün⁻¹) dir. R_A: Aylık ortalama atmosfer üstü güneş enerjisi miktarı (mm.su.gün⁻¹), N: Aylık ortalama astronomik güneşlenme süresi (saat/gün), n: Aylık ortalama güneşlenme süresi (saat/gün), R_B: Buharlaşma yüzeyinden çeşitli nedenlerle kaybolan güneş enerjisi miktarı (mm.su.gün⁻¹), B: BOLTZMANN katsayısı ile hava sıcaklığı arasındaki ilişkiyi belirleyen bir degerdir (mm.su.gün⁻¹), e_a: Havanın çiglenme noktasındaki doymuş buhar basıncı (mm.Hg), R_H: Havanın aylık ortalama bağıl nem değeri (boyutsuz), e_a: Havanın aylık ortalama sıcaklıktaki doymuş su buharı basıncı. E_a: Havanın su buharlaştırma gücü, U₂: Yer yüzeyinden 2 metre yükseklikteki rüzgarın aylık ortalama hızı (m.s⁻¹), U₁₀: Yer yüzeyinden 10 metre yükseklikteki rüzgarın aylık ortalama hızı (m.s⁻¹).

İstasyon Adı : Bayramiç

Konum: N 39° 47'

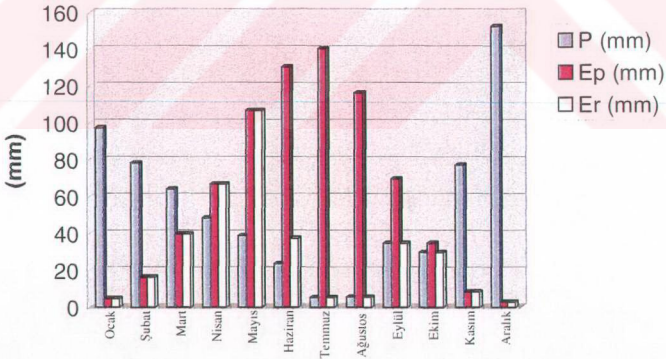
Çizelge 2.4. PENMAN yöntemi ile hesaplanmış gerçek buharlaşma değerleri ve su bilançosu.

Aylar Özellikler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Σ
YAĞIŞ (Y) (mm)	97,3	78,2	64,1	48,4	38,8	23,7	5,20	5,50	34,70	29,70	77,10	152,40	655,1
POTANSİYEL BUHARLAŞMA E _P (mm)	4,61	16,27	39,75	66,75	106,72	130,36	140,25	116,30	69,69	34,82	8,27	2,81	736,61
Y - E _P (mm)	92,69	61,93	24,35	-18,35	-67,92	-106,66	-135,05	-110,80	-34,99	-5,12	68,83	149,59	-81,5
REZERV SU (R _i)	100	100	100	81,65	13,73	0	0	0	0	0	68,83	100	
GERÇEK BUHARLAŞMA (E _R)(mm)	4,61	16,27	39,75	66,75	106,72	37,43	5,20	5,50	34,70	29,70	8,27	2,81	357,71
EKSİK SU (mm)	0	0	0	0	0	92,93	135,05	110,80	34,99	5,12	0	0	378,89
FAZLA SU (mm)	92,69	61,93	24,35	0	0	0	0	0	0	0	0	118,42	297,39
AKIŞ (A _i)	75,95	68,94	46,65	23,33	11,66	5,83	2,92	1,46	0,73	0,37	0,18	59,21	297,23
YAĞIŞIN AKIŞA GÖRE AÇIĞI (mm)	21,35	9,26	17,45	25,07	27,14	17,87	2,28	4,04	33,97	29,33	76,92	93,19	357,87

2.4.3. Meteorolojik Su Bilançosu

Önceki bölümde hesaplanmış olan aylık potansiyel buharlaşma ve yağış değerlerinden hareketle Penman Yöntemi uygulanarak, inceleme alanı ve dolayına ait su bilançosu çıkarılmıştır. Bunun sonucunda Çizelge 2.4'de yer alan bilanço elemanlarının yıl içindeki değişiminin izlenebilmesi daha anlaşılır hale gelmiştir. Şekil 2.4'de ki diyagramda yağış (P), Potansiyel Buharlaşma (Ep) ve Gerçek Buharlaşma (Er) değerlerinin yıl içindeki değişimlerine göre, en çok yağışın Aralık ayında, potansiyel buharlaşmanın da Temmuz ayında olduğu görülmektedir.

Bilanço çizelgesine (Çizelge 2.4) bakıldığında bölgede oldukça belirgin bir potansiyel buharlaşma açığı bulunduğu görülür. Potansiyel buharlaşma kurak dönemi oluşturan Mayıs-Eylül ayları arasında, zemin nemi bulunmayışına bağlı olarak, gerçek buharlaşmadan büyüktür. Yağışlı dönemi oluşturan Ekim-Nisan ayları arasında zeminin suya doymun veya yarı doymun bulunuşu nedeniyle, potansiyel buharlaşma gerçek buharlaşmaya eşit olmaktadır. Bölgenin yıllık yağış miktarı 655,1 mm'dir. Yıllık yağışın %54'ü buharlaşmakta, geri kalan %46'sı ise akışa geçmektedir. Akışa geçen yağış sularının bir kısmı süzülerek yeraltı sularını oluşturmaktadır.



Şekil 2.4. Yıllık bölgesel su bilançosu.

2.5. Sosyal ve Ekonomik Durum

İlıcaya en yakın yerleşim alanları olan Hıdırlar ile Reşadiye Köylerindeki nüfusun geneli yerli halktan oluşmaktadır. Bunun nedeni ise bölgede sanayileşmenin pek olmamasıdır.

Halkın en önemli geçim kaynağı tarımdır. Başta tütün olmak üzere, son yıllarda biber ekimi ile birlikte buğday, arpa v.b. gibi tarım ürünleri yetiştirilir. Yöre tütünü, Agonya tütünü adıyla meşhurdur. İlbaharda ekilen ve yaz aylarında hasat edilen tütün, sonbaharda kurutularak bir dahaki baharda satılmaktadır. Bu nedenle bahar aylarında bölge değişik yerlerden gelen tütün alıcılarını misafir etmektedir. Halkın diğer geçim kaynağı ise önemli bir uğraş olmasına karşın ev işletmeciliğinin dışına çıkarılamamış olan hayvancılıktır.

Ayrıca bölgede inceleme konumuzu oluşturan termal suların, şifa özelliği (Karagülle, 2004) bulunmasına rağmen, turistik olarak fazla tanınmamaktadır. Bu olanağın önümüzdeki yıllarda önemli bir gelir kaynağı olması için son zamanlarda yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

3. GENEL JEOLojİ

Biga Yarımadasının jeolojisi ile bu alan içersinde yer alan, inceleme alanının jeolojik özellikleri genel jeoloji bölümünde açıklanmıştır. İncelemede Biga yarımadasına ait genel jeolojik özellikler "Bölgesel Jeoloji", çalışma sahası ise "İnceleme Alanı Jeolojisi" alt başlığı altında detaylı olarak verilmiştir.

3.1 Önceki Çalışmalar

Birçok araştırmacı tarafından, Biga Yarımadası ve çevresi değişik jeolojik amaçlar için detaylıca çalışılmıştır. Bu çalışmalardan başlıcaları kronolojik sıra içinde aşağıda sunulmuştur.

KETİN, (1947), geniş amaçlı yapmış olduğu çalışmalarda Biga Yarımadası'nın kuzey kısmını ve Bandırma dolaylarını ele alarak burada yüzeylenen kristalin şistler, granodiyoritler ve bunların çöküntü sahalarının oluşumundaki etkinliklerini araştırarak üzerindeki daha genç birimler ile ilişkilerini belirtmiştir.

KAADEN, (1957), yaptığı araştırmada Kuzeybatı Anadolu'daki metamorfik temellerin özelliklerini ve bölgedeki magmatizmayla ilişkilerini ortaya koymaya çalışmıştır.

ŞAMİLGİL, (1966), Tuzla ve Kestanbol sıcaksu kaynaklarının 102 °C ve 20 lt/sn debileri ile buhar enerjisi yönünden dünyanın sayılı havzalarından birisi olduğunu, suların; 1500 – 2000 m derinlikteki Mesozoyik sedimanları içinde hapsolan denizel ve lagünel sulardan geldiğini öne sürmüştür.

BİNGÖL, (1968), Kazdağ masif ve magmatiklerini jeokronolojik açıdan incelemiş ve mikrotektoniğini analiz etmiştir. Bölgedeki Mesozoik zamana ait kayaçların 233 milyon yıl yaşında ve Alpin metamorfizmasının 22-18 milyon yıl önce(Oligosen-Miyosen) olduğunu belirtmiştir.

BİNGÖL, vd. (1973), Biga Yarımadası'nın 1/25000 ölçekli haritasını yaparak bölgedeki temel kayaçları "Kazdağ Grubu" olarak adlandırılmış ve birimlerin Rb-Sr ve K-Ar yöntemleri ile ilk yaş tayinleri elde edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar Neojen

sonlarına doğru Çan-Biga arasındaki bölgede olivinli bazaltik karakterde bir volkanizmanın geliştiğini belirtmiştir.

KRUSHENSKY, (1976), bölgedeki volkanitler de ayrıntılı çalışmalarda bulunmuş ve yaptığı radyometrik yaş tayinlerinde 19,5 – 20 milyon yıl (Alt – Orta Miyosen) değerlerine ulaşmıştır.

ÖZBAYRAK, (1980), Çanakkale – Yenice – Hıdırlar Bölgesi'nde yaptığı hidrojeoloji amaçlı çalışmada; sıcak suların yüzeye ulaşmasının belirli çatlak sistemlerine bağlı olduğunu vurgulayarak, sondaj aşamasında bazı değerlerin göz önünde bulundurulmasına dikkat çekmiştir. Ayrıca sahanın jeotermal açısından olumlu yönlerini belirtmiştir.

ATİKER, (1981), Kalkın - Hıdırlar arasındaki ikinci hidrojeolojik çalışmadır. Bu çalışmada Hıdırlar yöresinin jeomorfolojisi ile birlikte bölgedeki jeotermal kaynakları tesbit etmiş ve bu kaynakların kullanım imkanları üzerinde durmuştur.

GÖZLER, vd. (1984), Biga yarımadasında daha önceleri yapılmış değişik amaç ve ayrıntıdaki çalışmaları denetirerek, yapılmış 1/25000 ölçekli haritaları tamamlayarak, tek bir lejant altında toplamıştır. Ayrıca bölgede rejyonel metamorfizmanın Barrow tipi fasiyes serilerinin yüksek sıcaklık altında oluşan almandin – amfibolit fasiyesi tespit edilmiştir. Yüksek dereceli metamorfik kayaçların sıcaklığının belli bir artış göstermesi sonucu anateksi geçirdiğini belirtmektedir.

GÖZLER, vd. (1986), Kazdağ batısı Mıhlıdere vadisinin jeloji ve petrografisi ile ilgili yapmış olduğu çalışmada; Kazdağ Grubunun bir bölümünde çalışmış ve bölgede temelde kısmi ergime ile oluşmuş bir anateksi graniti bulunduğunu belirtmiştir. İstifin yönlü granitler, diyateksitler, metateksitler, gnayslar, amfibolit ve metadunitler ile mermerler şeklinde devamlı bir dizilim gösterdiğini ve bunların üzerinde de uyumsuz olarak Permian yaşlı şistler ve mermerlerin yer aldığını vurgulamıştır.

TUFAN, vd. (1987), Çanakkale - Yenice – Vakıfköy Pb-Zn-Cu cevherleşmesi ile ilgili yaptıkları çalışmanın sonucunda 1/ 2000 ölçekli detay haritası hazırlamışlardır. Çalışma sahasında cevherleşmeyi kontrol eden fay ve kırıklarda küçük çapta cevherleşmelerin oluştuğunu belirtmişlerdir.

YALÇIN, (1989), Çanakkale ili Ayvacık ilçesine bağlı Tuzla Köyü ve civarında sayıları elliden fazla olan tuzlu su kaynaklarının hidrojeolojik incelemesini yapmıştır. Yazar çalışmasında, Tuzla termal sularının kaynağının, uzantısı denizle sonlanan

derin faylardan süzülen ve ısınıp yeryüzüne çıkan deniz suları olduğunu belirtmiş ve deniz sularının az oranda magmatik ve meteorik sularla karıştığına değinmiştir. Sahada suların tuzluluğunun denizden iki kat daha fazla ve sıcaklıklarının ise 100 °C dolaylarında ölçüldüğünü belirtmiştir.

SİYAKO, vd. (1989), Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon çalışmalarıyla Biga ve Gelibolu yarımadaalarında Erken ve Orta Miyosende yaygın bir kalkalkalen volkanizmanın geliştiğini ve buna bağlı olarak gelişen lavlar ve tüflerin geniş alanlar kapladığını, birçok granodiyorit bileşimli plütonun bölgeye yerleştiğini belirtmiştir.

HERECE, (1990), Biga yarımadasında kuzeydoğu – güneybatı yönlü en-echelon fayların Kuzey Anadolu Fayının (KAF) en batıdaki uzantılarını oluşturduğunu ve bu ana fayların doğuda Manyas – Danişment, ortada Yenice – Gönen ve kuzeyde Sarıköy – İnova fayları olduğunu belirtmiştir.

OKAY, vd. (1990), Kuzeybatı Anadolu’da Gelibolu ve Biga yarımadaalarında KD-GB doğrultusunda uzanan Tersiyer öncesi Gelibolu, Ezine, Ayvacık, Karabiga ve Sakarya olmak üzere, dört tektonik zon ayırmışlardır.

ŞAROĞLU, (1994), Türkiye’de neotektonik dönemin Orta Miyosende Bitlis Kenet kuşağında meydana gelen kıta-kıta çarpışması ile başladığını belirtmiş ve Türkiye’nin neotektoniğini gözlem ve yorumlar ışığında aydınlatmaya çalışmıştır.

ERCAN, vd.(1995), “Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan Adalarındaki Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri “ ile ilgili yapmış oldukları çalışmada; Çalışma yaptıkları alanda Eosen’den başlayarak Üst Miyosen sonlarına kadar çeşitli evrelerde oluşan volkanik kayalarda saha ve laboratuvar çalışmaları yaparak 6 ana gruba ayırtlanmış, tüm yarımada da bulunan volkanitleri yeniden adlandırmışlardır.

OKAY vd. (1996), Kuzeybatı Anadolu’nun tektonik evrimi üzerine yaptıkları çalışmalarında metamorfik kayaların Karakaya Kompleksi’nin temelini oluşturduğunu belirtmiş ve zayıf dereceli metamorfik karbonat istifin Geç Permian-Erken Triyas döneminde Gondwana’nın kenarında gelişmiş olduğunu, Biga yarımadasında Ezine çevresinde izlenen büyük peridotit kütlelerinin ise Intra-Pontit okyanusundan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

SARP, vd. (1998), Bu çalışmada; Biga Yarımadasında bulunan sıcak su kaynaklarının tektonizma ve volkanizma ile ilişkilerini araştırılarak, sahaların potansiyellerinin belirlenmesine ışık tutacak verilerin toplanması amaçlanmıştır.

BOZKURTOĞLU, (2003), "Çanakkale-Tuzla yöresi volkanik kayaçlarında süreksizliklerin ayrışma - alterasyon olaylarına etkisinin araştırılması" adlı Doktora tezinde; değişik jeolojik koşullarda oluşan kayaçların iç ve dış etmenler ile bünyelerindeki değişimini araştırmış ve kayaçların bünyelerindeki değişimleri, fiziksel, kimyasal, mineralojik, petrografik, mekanik ve elastik özelliklerine bağlı olarak açıklamaya çalışmıştır.

MARAL, (2004), Yüksek Lisans Tez'i olarak hazırlamış olduğu çalışmasında, Biga Yarımadası'nın orta ve doğu kesiminde kalan çalışma sahasında bulunan kömür oluşumlarını incelemiş ve modellemiştir.

KARAGÜLLE, (2004), Çanakkale Yenice ilçesi Hıdırlar Köyünde yer alan sıcak suları, tıbbi balneolojik açıdan değerlendirmiştir. Bu suların; banyo ve içme uygulamaları şeklinde kullanılabilecek balneoterapötik bir ajan niteliği taşıdığını belirtmiştir. Sulardaki yüksek florür içeriği nedeniyle 0 – 7 yaş grubu çocukların içme amaçlı kullanmasında sakıncalar olabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca, bu akrototermal suların kullanılacağı kaplıca tesisinde, Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji uzmanı, hekimin görev yapmasının gerekliliğini belirtmiştir.

Yukarıda adı geçen incelemelerin dışında Biga Yarımadası ve çevresinde pek çok tez hazırlanmıştır. MTA ise uzun yıllardır bölgedeki çalışmalarını sürdürmektedir. Halen devam eden 2002 yılında başlayıp 2005 yılında tamamlanması planlanan "MTA-İTÜ Biga Yarımadası'nın Ekonomik ve Çevre Jeolojisi Ortak Projesi" kapsamında bölge ayrıntılı olarak çalışılmaktadır. Bu araştırmalarda yeni harita alımı, önceki haritalar ile denetlenmesi yapılmakta, bölgedeki metamorfik, sedimanter, ve volkanik birimlerin incelenmesi ile metalik madenler ve endüstriyel ham madde olanakları, bölgenin hidrojeolojisi vb. bir çok konu ayrıntıları ile çalışılmaktadır.

3.2. Bölgesel Jeoloji

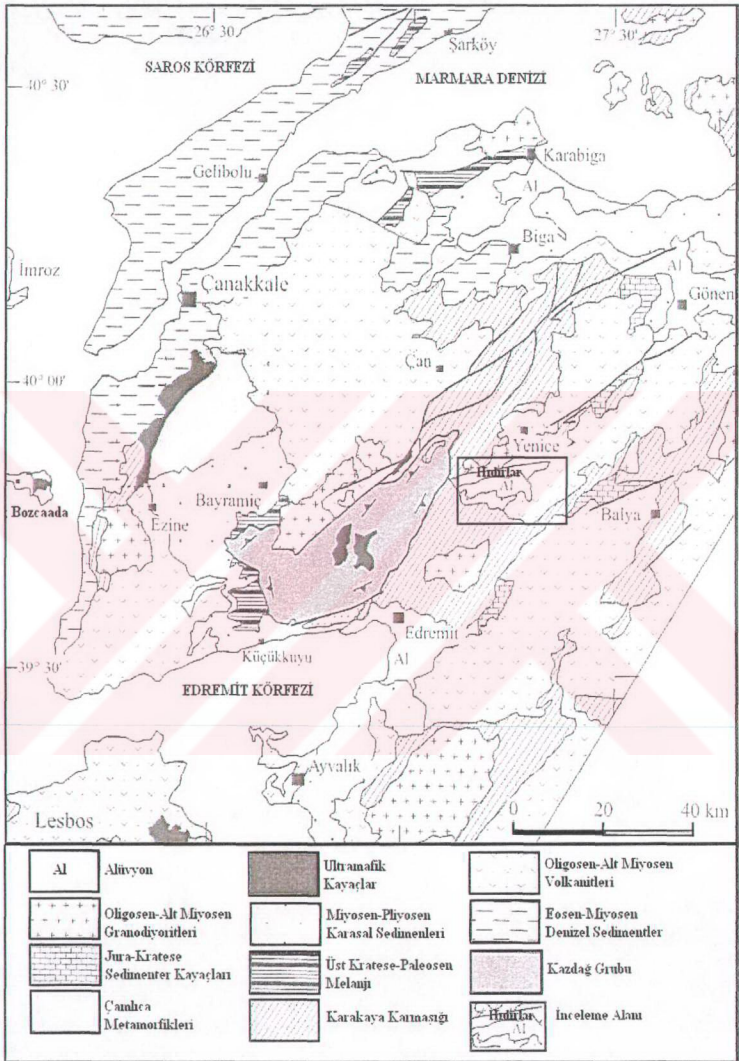
Biga Yarımadasının genel jeolojisi, özellikle sıcak su kaynakları ve çevresinde gözlenen birimler göz önüne alınarak, Sarp vd (1998)' den derlenmiştir.

Bölgede (Şekil 3.1) ayırt edilen en yaşlı birim Kazdağ Grubu (Pzk) olarak adlandırılan ve yüksek dereceli metamorfizmaya uğramış gnays (Gn), amfibolit (Af), mermer (Mr) ve metaofiyolitten oluşmuş, Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardır. Bu birimdeki hakim litolojiyi oluşturan Gnayslar koyu gri, yeşilimsi siyah ve kirli sarı renklerde olup, arazide genellikle bantlı veya gözlü yapıda foliyasyonlar göstermektedir (Gözler, 1984). Gnays birimlerinin ara seviyelerinde ve en üst kısımlarında ise, Gri, bej, beyaz ya da koyu renkli olan mermerler, sert, sıkı dokulu olup kırık ve çatlaklıdır. İçinde piroksen, amfibol, sfen, kuvars, skapolit ve iri taneli kalsit kristalleri gözlenmektedir (Gözler, 1984).

Kazdağ Grubu kayaları üzerinde, Alt Triyas yaşlı, "Karakaya Formasyonu (TRk) (SPO+DPO)" (Bingöl, 1968, Sarp vd. 1998), Gözler (1984) tarafından "Edremit Grubu" olarak adlandırılan, daha sonra ise "Karakaya Grubu" ya da "Karakaya Kompleksi" (Bingöl, 1978) olarak belirtilen kaya birimleri, uyumsuz olarak yer alırlar. Bu formasyon, spilitik bazalt, diyabaz, gabro, çamurtaşları, çört ve radyolaritlerle (SPO) zaman zaman giriklik gösteren feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, konglomera ve silttaşı ardalanmasından (DPO) meydana gelmiştir. İçinde yer yer çeşitli boyutlarda Permian ve Karbonifer fosilleri içeren kireçtaşı (P) blokları bulunmaktadır.

Karakaya Formasyonunu üzerine, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı, gri, açık bej renkli olan, Bingöl vd. (1973)' ün Alancık Formasyonu'na, Ercan (1990)' in Akçakoyun Formasyonuna, Gözler (1984)'ün Paşadağ kireçtaşlarına tekabül eden Filiş (Efl), karakterindeki birim bulunmaktadır. Birim kumlu (Kçtk) ve sileks yumrulu (Kçtsy) kireçtaşları (Sarp vd,1998) ile Paleosen-Orta Eosen yaşlı konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn ve killi kireçtaşından oluşmaktadır.

Filişlerin üzerine ise; Üst Oligosen'den Alt Miyosen'e kadar etkili olan volkanik faaliyetlerle oluşan, Ercan vd. (1995) tarafından Çan Volkanitleri, Krushensky (1976) tarafından Hallaçlar Formasyonu (Thv) olarak adlandırılan birim gelmektedir. Birim andezitik domlar (Thvdm), dasit, riyodasit türde lav, tuf ve aglomeralardan (Thvag) meydana gelmiştir. Ayrıca, Oligo-Miyosen yaşlı Kestanbol, Eybek, Kuşçayırı, Evciler, Nevruz - Çakıroba vb. granodiyorit sokulumlar sahada bulunmaktadır (Sarp vd,1998).



Şekil 3.1. Biga Yarımadası ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Okay vd. 2000' den değiştirilerek)

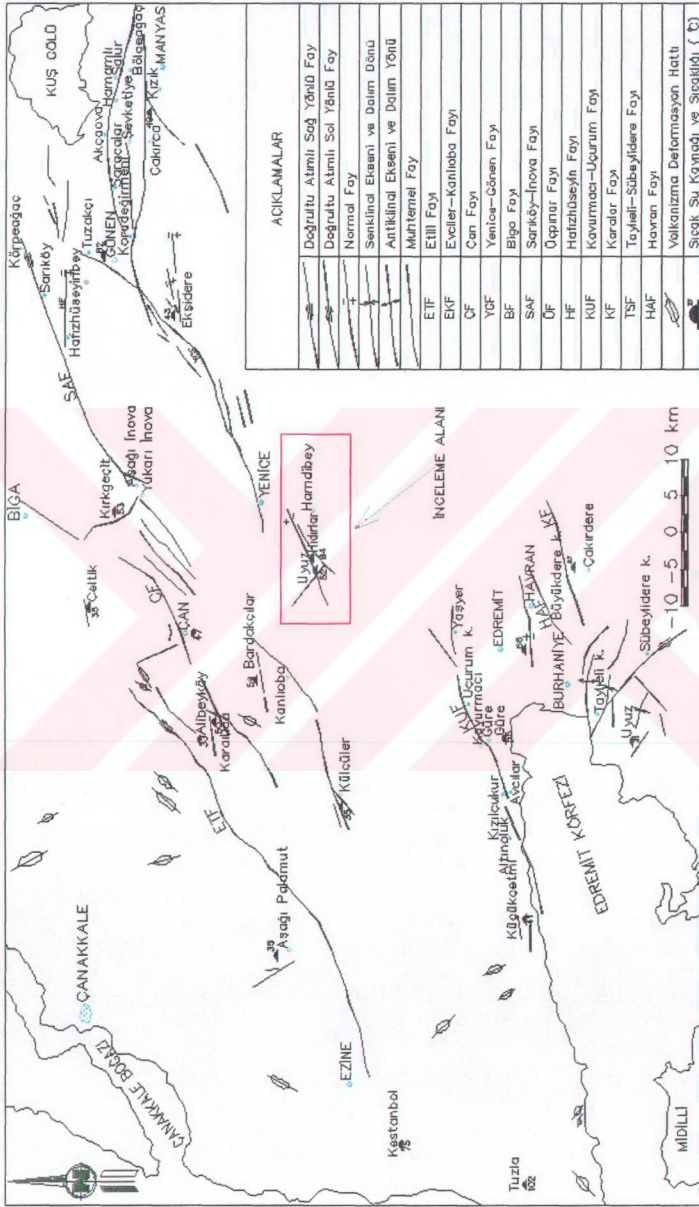
Tüm bu birimlerin üzerine, yaşı Alt-Orta Miyosen'e denk gelen özellikle Gönen'in kuzeydoğusunda, Gönen-Bandırma yolu üzerinde Sızıdedetepe'de yüzlekler veren ve Ercan vd. (1995)'in Behram Volkanitleri ile eşdeğer olan Sızıdedetepe Volkanitleri gelmektedir. Birim; andezitik aglomeralar (Tsvag), tüfler (Tsvt), dasit, riyodasit, latit türde lavlar (Tsva) ile geniş alanlar kaplayan ignimbritlerden meydana gelmiştir (Ercan vd., 1995).

Bölgede geniş mostralar veren ve yer yer tuf düzeyleri içeren Neojen göl (Ng) çökelleri; konglomera, kumtaşı, marn, kiltası, killi kireçtaşı ve kireçtaşı aralanmasından oluşur. Birim Orta-Üst Miyosen yaşındadır (Sarp vd. 1998).

Oligosen'den başlayıp Miyosen-Pliyosen'e kadar aralıklarla devam eden volkanizmanın son evrelerine doğru oluşan Üçpınar volkanitleri Neojen gölsel kayalar üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Birim Riyolitik tuf, pomza ve perlit (Tüvt) ile riyolitik, dasitik domlar (Tüvdm) şeklinde arazide görülmektedir (Sarp vd. 1998).

Bölgede hüküm süren volkanizma bazaltlar (Tß) ile sona ermektedir. Genelde siyah ve kahve renkli olan bazaltların içerisinde olivin kristalleri gözlenmektedir. Bazaltların üzerinde ise yine aynı yaşlı, az tutturulmuş çakıltası, kumtaşı, kiltasından oluşan Pliyosen çökelleri (Ply) bulunmaktadır. En üstte ise Kuvaterner yaşlı taraça (Qtrç), traverten (Qtr) ve alüvyonlar (Qal) yer almaktadır (Sarp vd 1998). (Şekil 3.2).

Biga Yarımadasında meydana gelen kıtasal ölçekli dilimlenmeler sonucu, kıta kabuğunun kalınlaşması ile bölge Oligosen'de yükselmiş ve yaygın bir Oligo-Miyosende kalkalkalen magmatizması geçirmiştir (Okay, 1988). Erken Miyosen'den itibaren, sıkışma tektoniği sonucunda oluşan, KD-GB yönelimli doğrultu atımlı sağ yönlü faylar, KB-GD doğrultulu, doğrultu atımlı sol yönlü faylar ve D-B doğrultulu normal faylar (Şekil 3.3), sıcak su kaynaklarının çıkışını kontrol etmektedir.



Şekil 3.3. Biga Yarımadası tektonik haritası (Sarp vd. 1998'den değiştirilerek).

3.3. İnceleme Alanının Jeolojisi

Biga Yarımadası sınırları içindeki inceleme alanının temelini, Paleozoik yaşlı Kazdağ Grubu oluşturmaktadır. Birimin üzerine tektonik dokanaklarla gelen, Permien kireçtaşı olistolitleri içeren Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu gelmektedir. Tüm bu birimleri keserek yerleşen ve çeşitli araştırmacılar (Krushenksy, 1976; Ayan, 1979) tarafından Oligo-Miyosen yaşlı oldukları belirtilmiş olan Eybek Granodioritleri bulunmaktadır. Alttaki Kazdağ Grubu, Karakaya Formasyonu ve Eybek Granodioritlerinin üzerine ise Miyosen yaşlı (Özbayrak, 1980) Andezitler gelmektedir. Andezit türü volkanik kayalar üzerine ise Neojen yaşlı, kil, marn, silt yer yer kireçtaşı ardalımalı çökel birim gelir. Plio Kuvaterner ve Kuvaterner yaşlı tutturulmamış çakıllar ve alüvyal örtü en genç birimler olarak, inceleme alanında, yüzeylenmektedirler.

Sarp vd. (1998) yapmış olduğu çalışmada kullanılan isimlendirme temel alınarak hazırlanan stratigrafik sütun kesit (Şekil 3.4) ve genel jeoloji haritası (EK-1)'de gösterilmiştir.

3.3.1. Kazdağ Grubu (Pzk) (Gn, Af, Mr)

İnceleme alanında mostra vermemesine rağmen temelde yer almaktadır. Bölgenin en yaşlı kayaç topluluğudur. Kazdağ Grubu; gnays (Gn), amfibolit (Af) ve mermer (Mr)'den oluşmuştur.

3.3.2 Karakaya Formasyonu (TRk) (SPO+DPO)

Karakaya Formasyonu (TRk) (SPO+DPO) tektonik dokanakla Kazdağ Grubu üzerine gelmektedir. Alt Triyas yaşlı olan birim killi şistler, metakumtaşları, metasilttaşlar (DPO) ile spilit ve diyabazdan (SPO) oluşmaktadır (Şekil 3.5). Ayrıca çökeltme ortamına yabancı Permien (P) yaşlı kireçtaşı blokları olistolitler şeklinde birimin içerisinde bulunmaktadır. İnceleme alanının kuzey - kuzeydoğusunda geniş mostralara vermektedir. Birimi, özellikle Eybek Granodioritleri ile yakın veya kontakt yaptığı kesimlerde, çok farklı yatımlı şekilde veya oldukça kıvrımlı nitelikte bir yapı arz etmektedir. Özbyrak (1980)'de yapmış olduğu çalışmada, birimin Triyastan itibaren çeşitli aralıklarla tektonik hareketler ile falyanmış, kıvrımlanmış, ayrıca genç hareketlerin de etkisinde kalarak bugünkü konumunu kazandığını belirtmiştir. Fayların oluşturduğu etkenler sonucu Neojen ve daha genç çökeller ile dokanağını (EK-1) doğrusal çizgi halinde izlemek olasıdır.

ALT TRIYAS ÖNCESİ	ALT TRIYAS	TERSİYER		KUVATERNER	SİSTEM
		ÜST OLGÖSEN- ALT MİYÖSEN	ORTA-ÜST MİYÖSEN		ALT SİSTEM
					SERİ
					SİMGE
					FORMASYON
Pzk (Gn, Af, Mr) KAZDAĞ GRUBU	TRk (DPO+SPO) KARAKAYA FORMASYONU	Tgd Thv	Ng	Qtrc Qal	
EYBEK GRANODİYORİT HALLAÇLAR VOLKANİTLERİ					
LİTOLOJİ					
AÇIKLAMALAR					
Qal: Alüvyon					
Qtrc: Taraça					
UYUMSUZLUK					
Ply: Az tutturulmuş çakıltı, kumtaşı, kiltaşı					
UYUMSUZLUK					
Ng: Neojen göl sedimentleri konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn ve killi kireçtaşı.					
UYUMSUZLUK					
Tgd: Granodiyorit					
Thv: Andezit tuf ve lavlar.					
UYUMSUZLUK					
TRk: (DPO + SPO)					
SPO: Spilit, diyabaz, permien kireçtaşı (P)					
DPO: Metakumtaşları, Metasilttaşları, Killişistler					
UYUMSUZLUK					
Pzk					
Mr: Mermer					
Af: Amfibol					
Gn: Gnays					

Şekil 3.4 İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti



Şekil 3.5. Karakaya Formasyonuna ait tabakalı şekilde konumlanmış metamorfikler (Ilıca Deresinin içinde)

1/25000 ölçekli genel jeoloji haritasında (EK-1), (TRk) (SPO+DPO) olarak gösterilen birimde yerel farklılıklar görülmektedir. Siyah, gri ve yeşil renklerde, kolay ayrılan spilitler sahada hakim kayalardır. Açık yeşil renkli, sert bol kırıklı serpantinler nadir görülürler. Diyabazlar düşük metamorfizma geçirmiş, genellikle koyu gri – yeşilimsi renkli ve sıkı dokulu olarak izlenirler (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Ilıca deresi batı yamacından alınan diyabaz el numunesi.



Şekil 3.7. Metakumtaşlarında gözelenen limonitleşme.

İnceleme alanında ki killiştir; koyu gri - yeşil renkli olup çok ince tabakalıdır. Ana malzeme çok ince taneli olup, belirgin şistozite kazanmıştır. Genelde K-G doğrultulu olup, doğuya metakumtaşlarının altına dalmaktadır.

Tabaka kalınlığı değişken olan metakumtaşları Krem – boz renkli, eklemlili ve bol kırıklıdır. Değişik boyutta kuvars, feldispat, muskovit tanelerinden oluşmaktadır. Metakumtaşlarında bolca kloritleşme, serisitleşme ve limonitleşme (Şekil 3.7) görülür (Tufan vd. 1987).

İnceleme alanın kuzey – kuzeydoğusunda, sırtlar boyunca kumtaşlarını örten ince - orta belirgin bir şekilde tabakalanmış metasilttaşları mevcuttur. Birim silt boyutlu malzemeden oluşmuş, kuvars, epidot, biyotit (Tufan vd. 1987) içermektedir.

Karakaya Formasyonunun içerisinde, değişik boyutlarda bulunan koyu gri renkli, dokanıkları ezilmiş, kırılmış olan Permiyen yaşlı kireçtaşları Ilıca kuzeyi ve kuzeybatısında mostralara vermektedir.

3.3.3. Eybek Granodiyoriti (Tgd)

İnceleme alanın kuzey ve kuzeydoğusunda yaygın olarak mostra vermektedirler. Sahada açık-koyu gri, pembemsi, açık yeşilimsi renklerde gözlenirler. Oligo-Miyosen yaşlı (Krushensky, 1976; Ayan, 1979) olan Eybek Granodiyorit intrüzyonları Kazdağ Grubu'nu ve Karakaya Formasyonu'nu kesmektedir.

Uyuz Ilıcasının ağız kısmında yer alan granodiyoritlerin çatlak yüzeylerinde, sıcak suyun etkisi ile yoğun karbonatlaşmalar gerçekleşmiştir (Şekil 3.8). Çatlak sistemleri daha çok KB - GD doğrultuludur.



Şekil 3.8. Uyuz Ilıcasının ağız kısmında yer alan granodiyoritler.

Tufan vd. (1987) yapmış olduğu çalışmada cevherleşmelerin, muhtemelen granodiyorit son safhasındaki, cevherli hidrotermal solusyonlarını, bazik volkanikler ve metakumtaşlarının kırık ve çatlak sistemlerine bırakması ile oluştuğunu belirtmiştir. Litolojik birimlerin çok sık dokulu olması ve karbonatlı seviyeler yönünden fakir olması nedeniyle cevher damarları ekonomik değere ulaşmamıştır.

Özellikle kaplıca çevresinde, çok çatlaklı, ince taneli ve yüzeysel ufalanma nedeniyle çok yerde granit kumuna dönüşmüşlerdir (Şekil 3.9). Eybek Granodiyoriti, arazide, genellikle Karakaya Formasyonu tarafından çevrelenmiş bir şekilde izlenmektedir. Birimin Karakaya Formasyonu ile kontaklarında skarn zonları izlenmektedir.



Şekil 3.9. Hıdırlar Ilıcısı civarında bulunan ve granit kumuna dönüşmüş bol kırıklı, çatlaklı Eybek Granodiyoritleri.

3.3.4. Kontakt Metamorfizma Kayaçları (Kmk)

Çalışma alanında Eybek Granodiyoritli ile Karakaya Formasyonundaki kayaçlar arasında geniş alterasyon zonları meydana gelmiştir. Jeoloji haritasında da (EK-1) gözüktüğü gibi, özellikle Uyuz Ilıcısı civarında ve Hıdırlar köyü kuzeyinde gözlenen bu zonlar hidrotermal alterasyonları sonucu oldukça silisifiye olmuşlardır.

Kayhan (1978), yapmış olduğu çalışmada W, Mo, Cu, Fe gibi minerallerin bu kuşakta (KMK) yer yer zenginleştiğini belirtmiştir. Birim içerdiği mineral yoğunluğuna göre, kirli sarı, siyah, bej, yeşilimsi, gri renklerde görülmektedir.

3.3.5. Hallaçlar Volkanitleri (Thv)

Biga Yarımadasında daha önceden yapılmış çalışmalar da Krushensky (1976) tarafından Hallaçlar Formasyonu olarak adlandırılan birim, Ercan vd.(1995) tarafından Çan Volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Andezitler çalışma alanının GB ve KD da küçük mostralara şeklinde metamorfik kayaçlar üzerinde yüzeylenmektedirler. Bu püskürük kayaçlar grimsi – pembe kahve renkleri içermekte, daha çok altere olmuş aşınım yüzeyleri göstermektedir.

Andezitler kaplıca çevresinde fazla mostra vermemesine rağmen, örtülü alan altında, geniş bir şekilde yayılmaktadırlar. Andezitlerin geniş bir alana yayılması ve grabeni oluşturan kırık sistemine bağımlı olarak çıkışları volkanik olayları anlamak açısından

önemlidir. Çalışma alanındaki grabeni oluşturan basamak faylarının oluşması sırasında volkanik faaliyetlerin de devam ettiği bu yakın ilişki nedeniyle bilinebilmektedir. Bu hareketlerin graben boyunca halen devam etmesi nedeniyle, andezitlerin az yükselti veren seviyeleri genç birimlerle örtülmüştür (Özbayrak, 1980).

3.3.6. Neojen Göl Sedimentleri (Ng)

İncelem alanının güneyinde, Akçakoyun-Kalkım dolaylarında, mostralara veren Orta-Üst Miyosen yaşındaki Neojen göl çökelleri, konglomera, kumtaşı, marn, kilitaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşmuştur. Ayrıca, yer yer de tuf düzeyleri içermektedir.

Neojen yaşlı tortullar genellikle Andezitlerle dokanak yapmakta, dar bir sınır içinde metamorfizmler ile birlikte gözlenebilmektedir. Bu tortullar, yükseltisi az olan Andezit seviyelerini tamamen örtmüşlerdir. Neojen seviyeleri, grabenin oluşumuna bağımlı olarak Miyosende çökelmiş tortullardır. Tüm çöküntü alanının o ana kadar en genç birimini oluşturmuş, daha sonra fayların aktif olmaları nedeniyle graben çökmesine devam etmiş ve çukurluklar da Kuvaterner yaşlı çökellerin birikimi gerçekleşmiştir. Kuvaterner çökeller Neojen göl tortullarının kısmen örtülmesini sağlamışlardır. Grabenin bir kısmında ise bu tortullar tamamen gömülmüş ve kalın bir Alüvyon birikim ile örtülmüştür (Özbayrak, 1980).

Tortul birimlerin tane büyüklükleri farklı olmayıp yaklaşık eş büyüklüktedir. Bu da çökeltme anının sakin geçtiğini göstermektedir. Neojen birimleri, grabeni örten, süreklilik götüren Pliyosen çökelleri ve Alüvyonlardan sonra inceleme alanının en genç, aynı zamanda yüzey sularının derine süzülmesi açısından çok önemlidirler.

3.3.7. Pliyosen Çökelleri (Ply)

Döküntü malzemeden oluşan, fazla kalınlığı olmayan ve grabenin doğu-batı doğrultusu boyunca geniş bir alanda yayılım gösteren genç çökellerdir. En iyi gözlemlendiği yerler kaplıca güneydoğusu ile Hıdırlar-Reşadiye köyleri arasındadır. Buralardaki dağılımları ile Neojeni örtmüşler ve mostra vermesini engellemişlerdir. Dağılgan karakterde olan, herhangi bir çimentolanma içermeyen bu birim, metamorfik kaya parçaları, kireçtaşı, şist, gnays, andezit, diabloz, gabro, bazalt parçaları içeren kil ve marn ile karışarak daha karmaşık bir yapı kazanmıştır. Üzerine oturduğu birim ile uyumsuz durumdadır.

İnceleme alanında geniş bir şekilde gözlenen bu döküntü malzeme büyük olasılıkla genç faylanmaların daha hızlı oluştuğunu ve Miyosen sonrası çökellerin daha çok

grabenin kuzeyindeki faylanmalarla ilişkili olduğunu belirtmektedir. D-B yönünde akan Değirmen Çayının güneyde ki yatağının, zamanla kuzeye doğru kayması bunun ayrı bir belirticidir (Özbayrak, 1980).

3.3.8. Alüvyonlar (Qal)

Değirmen Çayı etrafında mostra veren alüvyonlar yörenin en genç birimleri dir. Kalınlıkları grabenin kenarından iç kısma doğru gittikçe artmaktadır. Kesin kalınlıkları bilinmeyip graben çöküşüne bağlı olarak 5-10 m kadar (Özbayrak, 1980) olabileceği düşünülmelidir. Çevrede izlenebilen tüm birimlerin parçaları Alüvyon içinde gözlenmekte, ayrıca kireçtaşı parçaları yönünden zenginlik göstermektedir.

3.4. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının morfolojisi, fay hattına kadar normal ve az eğimle yükselmektedir. Fay hattında eğimi artmakta, normale göre daha fazla eğim kazanmaktadır. Pliyosen tortullar ile metamorfitletler arasında yer alan faylara bağlı olarak yer yer breşik ezik zonlar oluşmuştur. Faylanmaların bu iki birim arasında gözlenen hatlarını granodioritlerde de gözlemek olasıdır (Şekil 3.10).

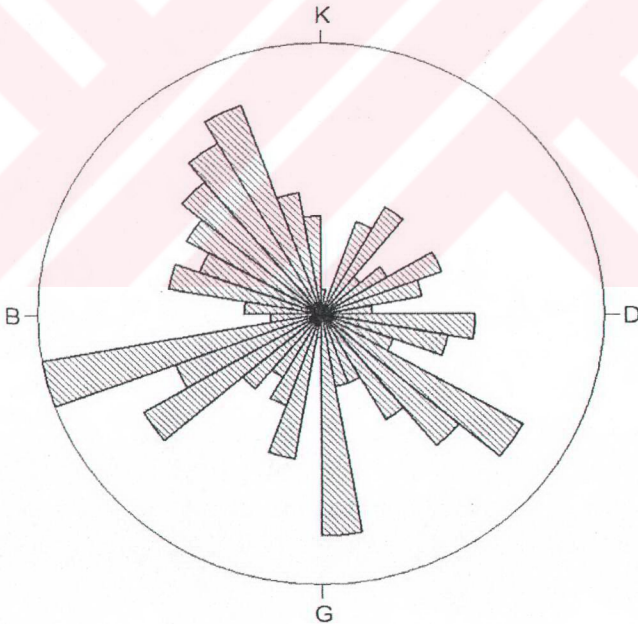


Şekil 3.10. İnceleme alanında yer alan faylara bağlı olarak oluşan ezilme zonu (Uyuz Ilıcısı KD'su).

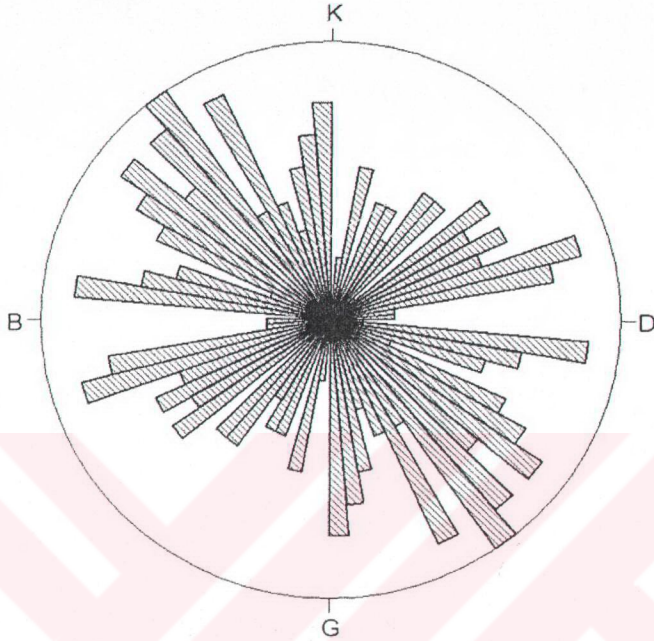
KD-GB doğrultusunda, doğrultu atımlı sağ yönlü faylar ve D-B doğrultulu normal fayların eğimleri GGD yönündedir. Örencik-Hıdırlar-Reşadiye arasında Neojen

tortulları fayların oluşturduğu döküntü malzemelerle örtülmüştür. Özbayrak (1980) yapmış olduğu çalışmada, inceleme alanında gözlenen fayların yönlenmesinin Biga Yarımadasını oluşturan çizgiselliklerle aynı doğrultuda olduğunu ve sıcak suların bu kesişen fay ve kırıklar boyunca yükseldiğini vurgulamıştır.

Sahanın merkezinde yer alan Ilıca yöresindeki faylar ve fayların yakınlarında gözlenen çatlaklar, jeotermal akışkanın hareket yeteneğini artırmıştır. Arazi çalışmaları sırasında, 21 lokasyonda 174 adet çatlak konumu ölçülmüştür. Sahada gelişen tektonizmaya bağlı olarak çatlakların genel tektonik yapı içindeki konumları ve jeotermal akışkanların geliş yönleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bu çalışma içinde ölçülen çatlakların konumlarına göre gül diyagramları (Şekil 3.11 - Şekil 3.12) çizilmiştir. KD-GB doğrultusu boyunca uzanan faylara bağlı olarak dikine, enine, boyuna ve diyagonal çatlak sistemlerinin geliştiği belirlenmiştir. KD-GB yönlü kuvvetler etkisiyle oluşan bu çatlaklardan dikine, enine ve boyuna gelişen çatlak sistemleri yüzey sularının yeraltına süzülmesi açısından önemlidir



Şekil 3.11. İnceleme alanında ölçülen çatlakların dalımlarına ait gül diyagramı.



Şekil 3.12. İnceleme alanında ölçülen çatlakların doğrultularına ait gül diyagramı.

3.5. Jeolojik Evrim

İnceleme alanı, muhtemelen Hersiniyen ve Alpin orojenezlerine bağlı olarak düşük derecede metamorfizma geçirmiş ve bugünkü konumunu kazanmıştır. Eybek Granodiyoritinin son ürünleri olan cevherli hidrotermal solüsyonların kırık ve çatlaklara yerleşmesi ile ufak çapta galenit, kalkopirit, sfalerit ve pirit (Tufan vd. 1987) cevherleşmeleri gelişmiştir.

Tufan vd.(1987) yapmış olduğu çalışmada, sahada tek birim olarak izlenen metasedimentit ve metavolkaniklerin oluşumu ve gelişmesini şu şekilde açıklamıştır. Önce duraylı olan Tetis denizinin neritik ortamında ince malzemeden oluşan killi malzeme çökmüştür. Daha sonra hareketli bir ortamda değişik boyutlarda kumtaşları oluşmuştur. Ortam tekrar durulmuş, yer yer turbiditik akıntılar ile Silttaşlarının içindeki kumtaşı mercekleri oluşmuştur. Bütün bu olaylar esnasında volkanik faaliyetler süregelmiş, bazik volkanik day ve silleri değişik boyutlarda bu seri içine yerleşmiştir. Çökelme ve volkanik faaliyetler devam ederken zaman zaman bu Tetis

denizine başka ortamlardan değişik boyutlarda kireçtaşı blokları yuvarlanıp yerleşmiştir.

3.6. Ekonomik Jeoloji

Gelişmekte olan ülkemizin enerji gereksinimi büyüktür. Bu nedenle yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının en kısa zamanda değerlendirilmesi ve uygun kullanım alanlarının belirlenmesi önemlidir. İnceleme alanımız içerisinde bulunan Hıdırlar sıcak suları, şu ana kadar yeterli çalışma ve yatırım yapılmadığından turistik ve şifa amaçlı kullanımı yeterli düzeyde değildir. Ilıcada iki banyo havuzu (Şekil 3.14) ve bir çamur havuzu (Şekil 3.13), sıcak su verilebilen 6 banyo odası, sıcak ve soğuk su verilmeyen 12 adet ikişer yatak kapasiteli (Toplam 24 yatak kapasiteli) odalar mevcuttur (Şekil 3.15). Yatak kapasitesini arttırmak ve kışın da kullanılmak üzere, 2004 yılında yapımına başlanan yeni odaların inşaatı devam etmektedir. Ayrıca lokanta ve kahvehane olarak kullanılan bina bulunmaktadır. Yeterli yatırım olmadığından insanlar sadece yaz aylarında kısa süreliğine kaplıcada konaklamaktadırlar.



Şekil 3.13. Hıdırlar Ilıcasında bulunan çamur havuzu.

Son zamanlarda yapılan jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar sonucunda yapılacak yeni bir tesisleşme ile Hıdırlar sıcak suları ekonomik açıdan çok önemli bir gelir kaynağı olacaktır. Mevcut veriler ışığında, M.T.A tarafından 1989 yılında, yapılan H-1 sondaj kuyusundan 58⁰C sıcaklıkta ve 0.33 lt/sn debide akışkan üretimi sağlanmıştır. Hâlbuki yüzeydeki mevcut sıcak su kaynakları 84⁰C sıcaklıkta ve 7

İt/sn debiye sahiptir. Öngörülen çalışmaların yapılması halinde ortaya çıkarılacak jeotermal potansiyel yöreye önemli bir ekonomik katkı sağlayacaktır.



Şekil 3.14. Hıdırlar İlçesinde banyo amaçlı kullanılan havuz.



Şekil 3.15. Hıdırlar İlçesinde konaklama için kullanılan odalar.

4. HİDROJEOLOJİ

İ.T.Ü – M.T.A tarafından ortaklaşa yürütülen “Biga Yarımadası Ekonomik ve Çevre Jeolojisi” projesi kapsamında elde edilen veriler bu bölümde sunulmuştur. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda polietilen numune kapları ile sıcak ve soğuksu örnekleri alınmıştır. Alınmış olan su numunelerinin analiz sonuçları ile önceki yıllarda bölgede yapılmış olan çalışmalarda elde edilen veriler, bu bölümde değerlendirilmiştir. Bu numunelerin analiz sonuçlarından hareketle Hıdırlar Köyü sıcak sularının jeolojik ve jeotermal açıdan özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

4.1. Hidroloji

Doğada su sürekli dolaşım halindedir. Bu dolaşımda yağışla yeryüzüne gelen suların bir kısmı yeraltına süzülerek değişik ortamlarda yeraltı suyunu oluştururken, bir kısmı da doğrudan akışa geçerek yüzey sularını oluşturmaktadır. Yağışın buharlaşma, akış ve süzülme şeklindeki dağılımını kapsayan bu olaya hidrolojik dolaşım denir.

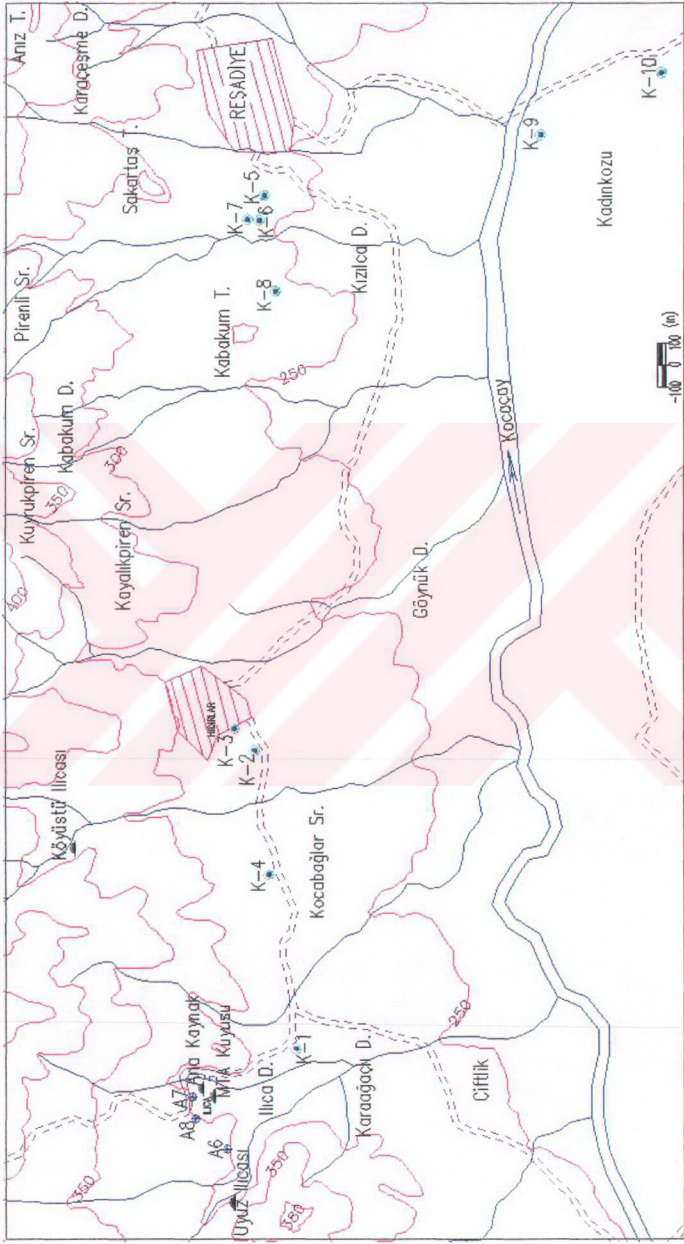
Hıdırlar Ilıcası ve çevresinin hidrolojik özelliğinin tanımlanabilmesi amacıyla mevcut drenaj ağını oluşturan akarsu, kuru dereler, kaynak ve kuyuların özellikleri hakkında bu bölümde bilgi verilmektedir. Ayrıca yapılan hidrojeoloji haritasında (EK-2) bu öğelerin yerleri belirtilmiştir

4.1.1. Akarsu ve Kuru Dereler

İnceleme alanındaki en büyük akarsu, doğu – batı uzanımlı Değirmençayı (Kocaçay) dır. Bu büyük akarsuyu ikincil olarak Ilıca Deresi, Göynük Deresi ve Köy deresi; üçüncül olarak da Kızılağaç Dere, Tuzlukçatı Dere, Sarp Dere ve Sulu Dere beslemektedir (EK-2).

4.1.2. Su Noktaları

İnceleme alanında ki tüm su noktaları (Şekil 4.1), ayrı alt başlıklar halinde, bu bölümde değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1. İnceleme alanında yer alan su noktaları.

4.1.2.1 Soğuk Su Kaynakları

İnceleme alanının içinde ve çevresinde, düşük debili, birçok soğuk su kaynağı bulunmaktadır. Bu soğuk su kaynakları sırasıyla A6 - A7 – A8 (Çizelge 4.1) olarak adlandırılan sulardır. A6 soğuk su kaynağı, Hıdırlar Ilıcası ana kaynağı ile Uyuz Ilıcası arasında yer almaktadır. A7 soğuk su kaynağı Ilıcanın 50 m kuzeyinde çıkmaktadır. Bu soğuk su, Ilıcada kullanılan banyo ve havuzlardaki, sıcak suyu soğutma amaçlı kullanılmaktadır. A8 soğuk su kaynağı ise, Ilıcanın yaklaşık 3 km kuzeybatısından, borular ile getirilip içme suyu olarak kullanılmaktadır. EK-1 ve EK-2 de yerleri işaretlenmiş olan bu soğuk su kaynakları granodiyoritlerin içinden çıkmaktadır.

Çizelge 4.1. İnceleme alanında yer alan soğuk su kaynakları.

Su Noktası	Koordinat (UTM)	Kotu (m)
A6	0513140-4410581	289
A7	0513378-4410722	287
A8	0513305-4410723	308

4.1.2.2. Soğuk Su İçeren Adi Kuyular

Yerleşim yerleri ve tarım arazileri civarında bulunan adi kuyuların birkaç tanesi, özellikle Reşadiye köyünde yer alan kuyular, sulama amaçlı kullanılmaktadır. Adi kuyuların derinlikleri 5-10 m arasında değişmektedir. Bu kuyularda ölçülen statik su seviyeleri yardımı ile (Çizelge 4.2) yer altı suyu akış eğrileri çizilmiş ve hidrolik eğimleri hesaplanmıştır (EK-2).

Çizelge 4.2. İnceleme alanındaki adi kuyularda ölçülen statik su seviyeleri.

Kuyu	Koordinat (UTM)	Kuyu Ağız Kotu (m)	Statik Su Seviyesi (cm)
K1	0513588-4410279	280	180
K2	0514912-4410460	283	120
K3	0515007-4410547	285	550
K4	0514361-4410398	281	110
K5	0517383-4410422	252	280
K6	0517269-4410442	253	465
K7	0517274-4410489	254	210
K8	0516953-4410369	251	280
K9	0517645-4409199	221	180
K10	0517921-4408668	220	205

Arazi çalışmaları sırasında tespit edilen soğuk su içeren adi kuyulardan (K3) numunesi Kanada'ya ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD.'e gönderilip jeokimyasal analiz yaptırılmıştır. K5 – K6 - K7 sularına ait numuneler ise İ.T.Ü Hidrojeoloji Laboratuvarına getirilip sadece anyon içerikleri saptanmıştır.

4.1.2.3. Sıcak Su Kaynakları

İnceleme alanında çok sayıda su kaynağı bulunmasına rağmen en önemlileri, bu çalışmanın esas konusunu oluşturan, sıcaksu kaynaklarıdır. Hıdırlar - Örencik arasında D-B ve KB-GD yönlü fayların kesişme yerlerinden, Kızılağaç Dere, Ilıca Dere ve Karaağaçlı Deresi vadilerinde, yüzeye çıkan üç sıcak su kaynağının (Çizelge 4.3) toplam debisi yaklaşık 11 - 13 lt/sn dir.

Çizelge 4.3. İnceleme alanında yer alan sıcak su kaynakları ve MTA (H-1) sıcaksu sondaj kuyusunun debi ve koordinatları.

Kaynak Adı	Kotu (m)	Koordinat (UTM)	Debi (lt/sn)
Hıdırlar Ilıcası Ana Kaynak	286	0513411-4410688	7
Hıdırlar Köyüstü Ilıcası	308	0514487-4411240	3-5
Hıdırlar Uyuz Ilıcası	286	0512902-4410549	1
Hıdırlar Ilıcası MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu	282	0513377-4410637	0,5



Şekil 4.2. Hıdırlar Ana Kaynağı ve çamaşırhane.

Sıcak suların çıktığı üç kaynaktan ilki Hıdırlar Ilıcası Ana Kaynağıdır. Kaynak Hıdırlar köyünü Ilıcaya bağlayan yol üzerinde, köyün yaklaşık 1.5 km kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Sıcaklık ortalaması 84°C olan suyun debisi ise 7 lt/sn. olarak ölçülmüştür (Yüzer, (2004), kişisel görüşme). İkinci kaynak ise sıcaklığı ortalama 45°C olan, Hıdırlar köyü kuzeyinde, bulunan Hıdırlar Köyüstü Ilıcasıdır (Şekil 4.3). Üçüncü kaynak ise Uyuz Ilıcasıdır (Şekil 4.4). Ana kaynağın 500 m batısında yer almaktadır. Bu kaynağın sıcaklık ortalaması 50°C , debisi de 1 lt/sn. olarak ölçülmüştür.



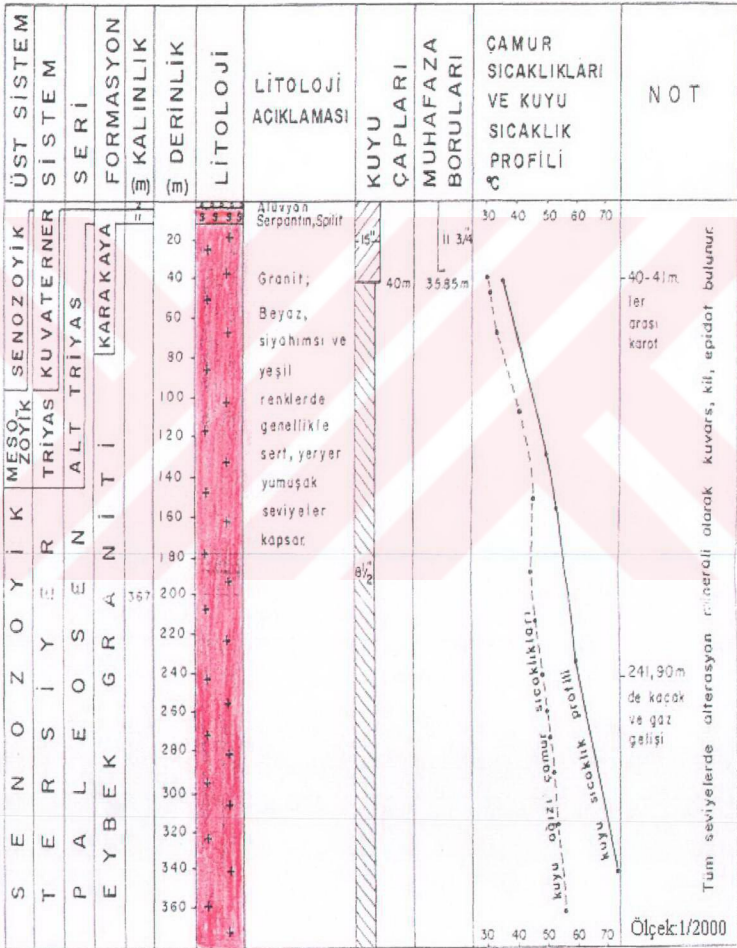
Şekil 4.3. Hıdırlar Köyüstü Ilıcası.



Şekil 4.4. Hıdırlar Uyuz Ilıcası.

4.1.2.4. Hıdırlar İlçası MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu

M.T.A tarafından, Halk Bankası adına, 1989'da açılmıştır. Toplam derinliği 380 metredir. Sıcaklık ortalaması 65 °C, debisi 0,5 lt/sn olarak ölçülmüştür. Sondaj kuyusu, kaplıca içerisinde bulunan banyoların hemen önünde yer almaktadır (Çizelge 4.3).



Şekil 4.5. Hıdırlar İlçası MTA (H-1) sıcaksu sondaj kuyusu logu (MTA, 1989).

380 m derinlikteki sondajın ilk 2 metresi alüvyon, 11 metresi serpantin ve split, geri kalan 367 metresi ise graniti kesmektedir. Sondaj boyunca tüm seviyelerde, alterasyon minerali olarak kil ve epidot bulunmakta ve bunlara kayaç yapıcı mineral olarak da kuvars eşlik etmektedir. Ayrıca, kuyu sıcaklık profili incelendiğinde, en yüksek sıcaklığın 65 °C olduğu, kuyu ağzı çamur sıcaklıklarının ise en fazla 50 °C olduğu görülmüştür. Kuyu içinde yapılmış olan ölçümlerde 241,9 m. de gaz çıkışının olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.5).

4.2. Hidrojeolojik Ortamlar

İnceleme alanı içerisinde litolojik ve yapısal özellikleri açısından ayrıntılı olarak ele alınan tüm birimler, boşluk bulundurma, boşlukların boyutları, boşluklar arası ilişkiler ve bu ilişkilerin derecesi gibi yeraltı suyu geçirebilme ve iletebilme kapasitelerini tanımlayan özelliklere göre farklı hidrojeolojik ortamlara ayrılmıştır. Bu hidrojeolojik ortamlar geçirimsiz ortam, geçirimli kaya ortam ve geçirimli taneli ortam olarak üç farklı grupta incelenmiştir. Ayrıca bu ortamlar, aralarındaki konum ve geometrik bulunuş şekillerine göre varlığı belirlenen su taşırılar (akifer) türündeki hidrojeolojik ortamın belli başlı özellikleri bakımından da bu bölümde ele alınmıştır.

4.2.1. Geçirimli Taneli Ortam (Gçt)

İnceleme alanı içerisinde yer alan Pliyosen yaşlı çökeller, Neojen göl çökelleri ile Kuvaterner yaşlı alüvyon örtü Geçirimli Taneli Ortam olarak isimlendirilmiştir. Pliyosen çökelleri genel joloji haritasında (EK-1) “Ply” olarak, Neojenler “Ng”, alüvyonlar ise “Qal” olarak simgelenmiştir.

Ortam geçirimlilik özelliğini; esas olarak çimentosuz veya çimentolu olsa bile, malzemesinin su etkisi ile çözülmesiyle kolayca serbest hale geçebilen gevşek tutturulmuş, değişik boyutta kayaç elemanları arasındaki, taneler arası boşlukların açık ve bağlantılı olmasıyla kazanmıştır. Boşlukların kil ve silt gibi ince malzeme ile doldurulma derecesine bağlı olarak ortamın su geçirme kapasitesinde değişiklikler görülebilir. Çimentolanma göstermeyen, dağınık karakterli, taneler arası boşluk boyutunun geniş olduğu bu dolgu malzemelerinin litolojik özellikleri açısından geçirimli taneli ortam olarak nitelendirilir.

Hidrojeoloji haritasında (EK-2) Gçt olarak temsil edilen geçirimli taneli ortam; sahip oldukları yüksek geçirimlilik, iletimlilik ve depolama katsayıları nedeniyle de ekonomik olarak yer altı suyu sağlamak için birinci dereceden bulunması istenilen en önemli hidrojeolojik ortamdır. İnceleme alanında, yaklaşık 44 km² lik bir alan

kaplayan ortamın ortalama kalınlığı bilinmemektedir. Ova tabanında, büyük olasılıkla, Pliyosen az tutturulmuş çakıltası, kumtaşı, kıltaşı ve Neojen göl sedimentleri ile en altta geçirimsiz metamorfikler yer almaktadır.

4.2.2. Geçirimli Kaya Ortam (Gçk)

İnceleme alanında geniş yayılım gösteren Eybek Granodiyoritleri ile Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu'nun içerisinde bulunan Permien yaşlı kireçtaşı blokları Geçirimli Kaya Ortam olarak değerlendirilmiştir. Permien yaşlı kireçtaşı blokları; orta sertlikte, karstik, bol erime boşluklu, gözenekli ve süreksizlik düzlemleri içerdiğinden birincil porozite ve permeabiliteye sahip hazne kayalardır.

İnceleme sahasında yer alan granodiyoritler tektonizma sonucu kırık ve çatlaklı özellik kazandığı yerlerde yerel hazne kaya özelliğine sahip olmuştur. Yine Karakaya Formasyonunun tektonik olarak etkilenmiş bölgeleri rezervuar kayaç özelliğindedir.

İnceleme alanında yer alan ve 1/25000 ölçekli jeolojik haritada (EK-1) KMK olarak gösterilen, kontak metamorfizma kayaçları da bu ortama dahildir. Ortama geçirimsizlik özelliğini; çatlak sistemlerinin oldukça iyi gelişmeleri ve çatlak açıklıklarının çoğunlukla dolgunsuz ve ya çok az dolgulu olması sağlar. Ortam hidrojeoloji haritasında Gçk olarak simgelenmiştir (EK-2), ve yaklaşık 17 km² lik bir alan da yüzeylenmektedir.

4.2.3. Geçirimsiz Ortam (Gz)

İnceleme alanının güneybatı ve kuzeydoğusunda yer alan ve (TRk) (SPO+DPO) olarak jeoloji haritasına (EK-1) işlenen Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu Geçirimsiz Ortam olarak adlandırılmaktadır. Fissür ve çatlak sistemleri iyi gelişebildiği halde, mevcut süreksizliklerin kil dolgulu olması ve çatlak aralıklarının birbirleri ile bağlantılı olmaması bu birime geçirimsiz ortam özelliği kazandırır. Ortam hidrojeoloji haritasında Gz olarak simgelenmiştir (EK-2). Birim yaklaşık 7 km² lik bir alanda yüzeylenmiştir.

4.2.4. Yeraltısuyunun Akış Yönü ve Hidrolik Eğim

İnceleme alanının da yer alan (Çizelge 4.2) kuyularda yeraltı su düzeyi ölçülmüştür. Derinlikleri ve kuyuların ağız kotları esas alınarak eş yeraltı su düzeyi eğrilerine dik olarak çizilen oklarla, yeraltı suyu akış yönünün GD'ya doğru olduğu belirlenmiştir. Eş yeraltı su düzeyi eğrilerinin sıklıkları göz önüne alınarak farklı geçirimsizlik niteliği taşıyan bölgeler belirlenmiştir. Buna göre Pliyosen az tutturulmuş çakıltası, kumtaşı birimleri içerisinde açılan kuyular (Hıdırlar Köyü içerisinde bulunan K2 ve

K3 kuyuları ile Reşadiye köyünde yer alan K5 ve K7 kuyular) ile Alüvyon birim içerisinde yer alan K9 – K10 kuyuları baz alınarak hidrolik eğim değerleri belirlenmiştir. Hidrolik eğimler sırası ile; $I_{K2-K3} = 0,02$, $I_{K5-K7} = 0,02$, $I_{K9-K10} = 0,001$ olduğu belirlenmiştir. Görüldüğü gibi inceleme alanında B'dan D'a doğru geçirimsizliğin Pliyosen yaşlı çakıltısı – kumtaşı biriminde pek değişmediği, fakat Alüvyonlarda yer yer, killi birimlerin yoğunluğundan, geçirimsizliğin azaldığı gözlenmiştir (EK-2).

4.3. Su Kimyası

Yeraltı suları normal koşullarda yağış suları ile beslenirler. Bu sular akifere ulaşmadan önce süzülükleri ortamlarla iyon alışverişinde bulunur. Dolayısıyla yeraltı sularının kimyasal bileşimleri büyük oranda akifer kayalarının bileşimleri ile belirlenir. Bu ilişkiyi belirlemek için, inceleme alanın farklı yerlerinde bulunan sıcak ve soğuk sulardan alınan 11 su örneğinin analiz sonuçları ile önceki yıllarda yapılmış olan sıcak su analizleri birlikte değerlendirilmiştir.

Değerlendirilen su örnekleri polietilen numune kapları ile alınmıştır. Numune kapları alınan su ile üç kere çalkalandıktan sonra doldurulmuştur. Kaynaklardan numune alınırken kaynak gözünden, adi soğuksu kuyularında ise su seviyesinin altından alınmasına dikkat edilmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında tespit edilen tüm su noktaları genel jeoloji (EK-1) ve hidrojeoloji haritalarına (EK-2) işaretlenmiştir.

4.3.1. Soğuk Sular

Çalışma kapsamında, Hıdırlar ve Reşadiye köylerinde bulunan, toplam 7 soğuk su örneği hidrojeokimyasal olarak incelenmiştir. Numune yetersizliğinden dolayı, bu 7 soğuk sudan, A7 – A8 – K3 sularının sadece katyon, K5 – K6 - K7 sularının sadece anyon analizleri yapılabilmiştir. Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de görüldüğü gibi, A6 soğuksu kaynağının ise hem anyon, hem de katyon analizi yapılmıştır.

Reşadiye köyünde yer alan 3 adet (K5 – K6 – K7) adi soğuksu kuyusu ile Hıdırlar İlıcısı yakınında bulunan (A6) soğuksu kaynağından alınan numunelerin, anyon (SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-) içerikleri, İTÜ Maden Fakültesi Hidrojeoloji Laboratuvarında, spektrofotometre ve otomatik titrasyon cihazları kullanılarak saptanmıştır. Ayrıca, Hıdırlar köyünde yer alan (K3) adi soğuksu kuyusu ile sıcak suların yakınında bulunan A6 – A7 – A8 soğuk su kaynaklarından alınan numuneler katyon ve ağır

metal analizleri de Kanada ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD.'e yaptırılmıştır (Çizelge 4.6).

Soğuk su analizlerinden elde edilen tüm bu veriler; TS 266 (1984) içme suyu standardı ve Çevre Kanunu (Türkiye çevre mevzuatı, 1992) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) inorganik parametrelerine göre (Çizelge 4.7) değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.4. Hıdırlar Ilıcısı ve dolayındaki soğuksuların katyon içerikleri.

Soğuk Su Katyon	A6	A7	A8	K3
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Ca ⁺²	37,70	63,00	52,60	66,77
K ⁺	4,34	0,774	1,30	4,17
Mg ⁺²	3,00	17,4	14,75	29,38
Na ⁺	152,5	16,2	11,18	48,17

Çizelge 4.5. Hıdırlar Ilıcısı ve dolayındaki soğuksuların anyon içerikleri

Soğuk Su Anyon	A6	K5	K6	K7
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Cl ⁻	41,66	38,33	72,33	15,5
HCO ₃ ⁻	225,7	347,7	420,9	122
SO ₄ ⁼	220	75	85	10

Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'deki analiz sonuçları incelendiğinde, A6 soğuk suyu hariç, baskın anyonun (K5 – K6 - K7 sularında) bikarbonat (HCO₃⁻), baskın katyonun (A7 – A8 – K3 sularında) ise kalsiyum (Ca⁺²) olduğu görülür. Karbonatlı kayalar kalsit, aragonit, dolomitçe zengindir. Bu tür kayalarda bulunan HCO₃⁻, Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının soğuk sular ile etkileşimi sonucunda konsantrasyonları artmaktadır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde suların içerisinde geldiği Pliyosen ve Neojen birimlerinin litolojik özelliklerini temsil ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 incelendiğinde, Hıdırlar Ilıcısı Ana Kaynak ile Hıdırlar Uyuz Ilıcısı arasında yer alan A6 soğuk suyunda, baskın katyon Na, baskın anyonların ise HCO₃⁻ ve SO₄⁼ olduğu görülmektedir. A6 soğuk suyunun, diğer soğuk sulardan farklı olarak, yüksek oranda içerdiği SO₄⁼ miktarı, pirit (FeS₂)

cevherleşmelerine (Tufan vd. 1987) bağlı olarak artmaktadır. Ayrıca, aynı çizelgeler (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6) incelendiğinde A6 suyunda tespit edilen SO_4^{2-} miktarının, TS 266 (1984) içme suyu standarda (Çizelge 4.9) maksimum izin verilen değer olan 250 mg/l'ye çok yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.6. Hıdırlar Ilıcası ve dolayındaki soğuksuların minör element içerikleri (ppb – milyarda bir).

Soğuk Su Elementler (ppb)	K3 (ppb)	A6 (ppb)	A7 (ppb)	A8 (ppb)
Al	< 1	9	< 1	< 1
As	2,2	1,6	< 0,5	< 0,5
B	40	132	< 20	< 20
Ba	18,76	35,93	50,87	120,12
Br	71	60	49	32
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ce	< 0,01	0,4	< 0,01	< 0,01
Co	0,13	0,02	0,03	0,03
Cr	28	17,3	20,2	18,9
Cs	0,05	7,84	< 0,01	0,13
Cu	1,4	2,8	0,3	0,8
Fe	150	72	143	124
Ga	0,07	0,1	< 0,05	< 0,05
Ge	< 0,05	3,55	< 0,05	< 0,05
Ir	0,58	0,51	0,3	0,28
Li	11,1	74,6	1,5	4,7
Mn	< 0,05	94,36	0,18	< 0,05
Mo	0,04	10,2	0,8	7,1
Nb	0,03	0,01	0,02	0,02
P	261	< 20	< 20	< 20
Pb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Rb	1,87	21,10	0,43	1,69
Rh	0,03	0,04	0,01	0,02
S	5000	81000	5000	7000
Sb	0,8	1,43	0,16	0,08
Se	0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Si	10510	28813	12558	10256
Sr	571,89	1198,71	421,98	458,13
U	0,47	4,40	14,79	7,91
V	0,7	0,9	1,8	0,8
W	0,64	13,09	0,34	0,47
Zn	< 0,5	0,7	< 0,5	1,3

TS 266 (1984) içme suyu (Çizelge 4.9) standardına göre ağır metal yönünden incelenen A6 - A7 - A8 - K3 sularında standardı aşan herhangi bir iyon yoktur. Ayrıca TS 266 (1984) belirtilmemiş olmasına rağmen, toksik maddelerden arsenik (Çizelge 4.6), bütün soğuksu kaynaklarında oldukça düşük konsantrasyonda bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) (Türkiye çevre mevzuatı, 1992) (Pehlivan, 1998)

Su Kalite Parametreleri (ppb)	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Hg	0.1	0.5	2	>2
Cd	3	5	10	>10
Pb	10	20	50	>50
As	20	50	100	>100
Cu	20	50	200	>200
Cr	20	50	200	>200
Co	10	50	200	>200
Ni	20	50	200	>200
Zn	200	500	2000	>2000
S	2	2	10	>10
Fe	300	1000	5000	>5000
Mn	100	500	3000	>3000
B	1000	1000	1000	>1000
Se	10	10	20	>20
Ba	1000	2000	2000	>2000
Al	300	300	1000	>1000
Na	125000	125000	250000	>250000
Cl	25000	200000	400000	>400000
SO ₄	200000	200000	400000	>400000
PO ₄ - P	20	160	650	>650

İnceleme alanında ki A6 - A7 - A8 - K3 soğuk ve sıcak sularında yapılmış olan su kimyası analiz sonuçları Çevre Kanunu (Türkiye çevre mevzuatı, 1992) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) inorganik parametrelerine göre (Çizelge 4.7) değerlendirilmiştir. K3 soğuk suyunun fosfor (P) ve krom (Cr) bakımından II. Kalite su, A6 soğuk suyunun da sülfat (SO₄), klor (Cl), sodyum (Na) bakımından ise II. Kalite su olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Bu durum da su kalite sınıfı I ve II olan suların arıtma ve dezenfekte işlemlerinden sonra içme suyu olarak kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre soğuk suların kalitesi.

Madde	K3		A6		A7		A8	
	Madde Miktarı (ppb)	Su Kalite Sınıfı	Madde Miktarı (ppb)	Su Kalite Sınıfı	Madde Miktarı (ppb)	Su Kalite Sınıfı	Madde Miktarı (ppb)	Su Kalite Sınıfı
Al	< 1	I	9	I	< 1	I	< 1	I
As	2,2	I	1,6	I	< 0,5	I	< 0,5	I
B	40	I	132	I	< 20	I	< 20	I
Ba	18,76	I	35,93	I	50,87	I	120,12	I
Cd	< 0,05	I	< 0,05	I	< 0,05	I	< 0,05	I
Co	0,13	I	0,02	I	0,03	I	0,03	I
Cr	28	II	17,3	I	20,2	II	18,9	I
Cu	1,4	I	2,8	I	0,3	I	0,8	I
Fe	150	I	72	I	143	I	124	I
Mn	< 0,05	I	94,36	I	0,18	I	< 0,05	I
Pb	< 0,1	I	< 0,1	I	< 0,1	I	< 0,1	I
Se	0,6	I	< 0,5	I	< 0,5	I	< 0,5	I
Zn	< 0,5	I	0,7	I	< 0,5	I	1,3	I
SO4	Ölçülmedi	-	220000	II	Ölçülmedi	-	Ölçülmedi	I
Cl	Ölçülmedi	-	41660	II	Ölçülmedi	-	Ölçülmedi	-
P	261	II	< 20	I	< 20	I	< 20	I
Na	48170	I	152485	II	16162	I	11182	I

K3 adi soğuk su kuyusundaki fosfor (P) (Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.8)diğer soğuk sulara göre daha yüksektir. Genelde yeraltı suyundaki fosforun kaynağı az çözünebilen hidroksiapatit $[(Ca_5(OH)(PO_4)_3]$, strenit $(FePO_4 \cdot 2H_2O)$ ve varasit $(AlPO_4 \cdot 2H_2O)$ mineralleri (Freze vd, 1979) olmasına rağmen, bu kuyu suyundaki fosfor kirlenmesinin ana nedeninin tarım ilaçları, bilinçsiz kullanılan gübreler ile evsel atıklar olduğu düşünülmektedir.

4.3.2. Sıcak Sular

İnceleme alanındaki sıcak su örneklerinin kimyasal sınıflamasını yapmak ve bileşimlerinin belirginleşmesinde hangi tür kayaçların etkili olduğunu ortaya koyabilmek için Piper ve yarı logaritmik Schoeller diyagramlarından yararlanılmıştır. Örneklerin anyon içerikleri (Çizelge 4.11,) İTÜ Maden Fakültesi Hidrojeoloji laboratuvarında spektrofotometre ve otomatik titrasyon cihazları kullanılarak saptanmıştır.

Çizelge 4.9. Türk Standartlarına (TS 266, 1984) göre içme suyunda tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değerler.

İyon Türü (mg/l)	TS 266	
	Tavsiye Edilen	Maksimum İzin Verilen
Cl	25	600
SO ₄	25	250
Ca	100	200
Mg	30	50
Na	20	175
K	10	12
NO ₂	-	0.1
NO ₃	25	50
Al	0.05	0.2
B	1	2
Fe	0.05	0.2
Mn	0.02	0.05
Cu	0.1	3
Zn	0.1	5
P	0.4	5
F	-	1.5
Ba	0.1	0.3
Pb	-	0.05
Cr	-	0.05
Cd	-	0.005
Hg	-	0.01
Ni	-	0.05

Ağır metal (Çizelge 4.12) ve katyon (Çizelge 4.11) içerikleri ise ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD.'e gönderip analiz yaptırılmıştır. Elde edilen Tüm bu veriler ile sıcak sular için TS 266 (1984) içme suyu standardı ve Çevre Kanunu (Türkiye çevre mevzuatı, 1992) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) inorganik parametrelerine göre (Çizelge 4.7) değerlendirmesi yapılmıştır. Sıcak suların arazide yapılmış analizleri ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Hıdırlar Ilıcası ve dolayındaki termal suların değişik yıllarda, farklı kişiler tarafından, arazide ölçülen özellikleri.

Kaynak Adı / Özellik	Hıdırlar Ilıcası Ana Kaynak							Hıdırlar Ilıcası MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu				Hıdırlar Uyuz Ilıcası				Hıdırlar Köyüstü Ilıcası		
	MTA 1996 [4]	Yalçın, 1997 [5]	MTA, 1997 [5]	MTA, 2003 [1]	ITÜ-MTA, 2003 [2]	MTA, 2003 [1]	Karagülle, 2004 [6]	MTA, 1996 [4]	MTA, 2002 [3]	MTA, 2003 [1]	Karagülle, 2004 [6]	MTA, 1997 [5]	MTA, 2002 [3]	MTA, 2003 [1]	Karagülle, 2004 [6]	MTA, 1997 [5]	MTA, 2003 [1]	Karagülle, 2004 [6]
Sıcaklık (T, °C)	73	84,2	84	-	86,3	-	85	58	64	-	65	46,2	56,4	-	-	40	-	42
Elektrik iletkenlik (EC, µS/cm)	-	980	1000	873-853	1205	793	900	1070	722	885	730	980	742	883	750	720	644	600
pH	7,4	6,6	-	7,6	7,6	8-8,1	8,1	6,7	7,2	7,9	8,1	8,3	8	7,7	8,34	8,3	7,7	7,33
Asidite (mmol/l)	-	-	-	-	0,2	0,1	-	0,1	-	0,1	-	-	0,1	-	-	-	-	-
Alkalinite (mmol/l)	-	-	-	-	1,9	2,1	-	1,5	-	1,5	-	-	1,5	-	-	-	-	-
Debi (Q, l/s)	-	3	7	10	-	-	-	0,5	0,5	-	-	0,25	2	-	-	-	-	-
TDS (mg/l)	-	-	-	-	-	377	-	-	354	-	-	-	372	-	-	-	-	-

[1] MTA Lab. Analizleri (2003) (ITÜ - MTA Biga Ornak Projesi), [2] ITÜ-MTA Arazı Ölçümleri (2003) (ITÜ - MTA Biga Ornak Projesi), [3] MTA Arazı Ölçümleri (2002), [4] MTA (1996) Türkiye Jeotermal Envanteri, [5] M.T.A., (1997). Türkiye termal ve mineral sular envanteri Çanakkale (17). M.T.A. Rap. No: , [6] KARAGÜLLE, M.Z., (2004) Çanakkale Yenice Hıdırlar Köyü Ilıcası doğal kaynak suyu tıbbi balneolojik değerlendirme raporu. I.U.Tıp Fak.Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji A.B.D. (yayınlanmamış).

Çizelge 4.11. Hıdırlar İlcaısı ve dolayındaki termal suların, değişik yıllarda yapılmış olan kimyasal analizleri (mg/l).

Kaynak Adı	Hıdırlar İlcaısı Ana Kaynak						Hıdırlar İlcaısı MTA (H-1) Seaksu Sondaj Kuyusu						Hıdırlar İlcaısı Uyuz İlcaısı						Hıdırlar İlcaısı Köyüstü İlcaısı			
	Çağlar, 1948 [4]	MTA, 1996 [4]	MTA, 1997 [5]	MTA, 2003 [1]	İTÜ- MTA, 2004[7]	Karagülle, 2004 [6]	*Bu Çalışma 2004	MTA, 1996 [4]	MTA, 2003 [1]	Karagülle, 2004 [6]	*Bu Çalışma 2004	MTA, 1997 [5]	MTA, 2003 [1]	Karagülle, 2004 [6]	*Bu Çalışma 2004	MTA, 1997 [5]	MTA, 2003 [1]	Karagülle, 2004[6]	*Bu Çalışma 2004			
Element (mg/l)																						
Na ⁺	174,6	200	180	141	202,7	212,65	215	186	140	241,39	212,4	175	136	239	199,2	92	73,6	119,6	123,3			
K ⁺	19,9	7,50	6	7,4	6,5	7,8	6,5	5,4	6,7	4,69	4,9	6	7,8	5,0	5,8	4	8,2	3,9	4,8			
Ca ⁺²	22,4	16	18	19,9	18,2	22,3	17,7	20	18,7	24,23	20,8	26	23,1	29,8	24,4	52	52,2	59,64	51,4			
Mg ⁺²	1,7	2,4	<1	0,10	0,10	3,6	0,1	1	<1	1,216	0,2	<1	<1	2,4	1,1	9,7	10	9,72	8,3			
Cl ⁻	42,7	18	19	15,3	-	15,66	38,8	39	14,3	15,20	38,8	19	14,6	15,67	36,6	19	21,7	16,13	18,4			
SO ₄ ⁼	328	368	408	215	-	390,0	405	352	208	380	410	372	214	370,0	400	175	174	220	210,8			
HCO ₃ ⁻	98,4	73	91,5	76,9	-	91,50	97,6	104	82,9	183	85,4	79	82,9	183	97,6	275	195	213,5	208,5			
F ⁻	-	-	8,8	5,8	-	7,35	-	8	-	8,05	-	8,3	6,1	7,35	-	3,8	2,1	5	-			
NH ₄ ⁺	-	-	-	<0,1	-	0,077	-	<0,2	<0,1	0,077	-	-	<0,1	0,019	-	-	<0,1	0	-			
NO ₃ ⁻	-	-	-	<0,1	-	0	-	1	<0,1	0	-	-	<0,1	0	-	-	<0,1	0	-			
NO ₂ ⁻	-	-	-	-	-	0,013	-	-	-	0,019	-	-	-	0,023	-	-	<0,1	0,019	-			
HPO ₄ ⁼	-	-	-	<0,1	-	0,23	-	-	<0,1	0,47	-	-	<0,1	0,32	-	-	<0,1	0,48	-			
SiO ₂	56	84	72	78	-	-	96,7	71	65	-	79,5	48	71	-	87,9	23,5	46,1	-	61,3			

[1] MTA Lab. Analizleri (2003) (İTÜ - MTA Biga Ortak Projesi), [2] İTÜ-MTA (Biga Ortak Projesi) Arazi Ölçümleri (2003), [3] MTA Arazi Ölçümleri (2002), [4] MTA(1996) Türkiye İçermal Envanteri, [5] M.T.A., (1997), Türkiye termal ve mineral sular envanteri Çanakkale (17), M.T.A Rap.No.: [6] KARAGÜLLE, M.Z., (2004) Çanakkale Yenice Hıdırlar Köyü İlcaısı doğal kaynak suyu tıbbi balneolojik değerlendirme raporu. İ.U Tip Fak.Tıbbi Ekoloji ve Hidroklmatoloji A.B.D. (yayınlanmamış), [7] İ.T.Ü - M.T.A., (2004). 2004 Biga ortak projesi Nisan 2004'de ACME analiz sonuçları (yayınlanmamış). * Bu tez çalışmasında yapılmış olan analizler.

Çizelge 4.12. Hıdırlar İlçası ve dolayındaki termal suların minör element analiz sonuçları (ppb =milyarda bir)

Kaynak Adı	Hıdırlar İlçası Ana Kaynak			Hıdırlar İlçası MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu	Hıdırlar Uyuz İlçası	Hıdırlar Köyüstü İlçası
Çalışma Tarihi Element (ppb)	Çağlar, 1948	İTÜ-MTA 2004 ^[7]	*Bu Çalışma 2004	*Bu Çalışma 2004	*Bu Çalışma 2004	*Bu Çalışma 2004
Al	19	24	33	14	2	3
As	-	2,5	2,2	2,4	2,2	3,9
B	-	211	194	201	200	135
Ba	-	20,54	26,02	31,17	36,71	51,65
Br	-	38	65	61	62	66
Cd	-	0,32	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ce	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Co	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cr	-	4,3	5,9	6,4	6,7	15,7
Cs	-	9,27	10,2	9,32	12,7	9,12
Cu	-	1,9	2,9	3	2,9	1,9
Fe	40	-	18	39	38	78
Ga	-	2,54	2,63	1,14	0,46	0,38
Ge	-	7,65	7,67	6,55	7,13	4,86
Ir	-	1,04	2,25	0,6	0,54	1,12
Li	-	86,7	87,5	83	79,5	54
Mn	22	0,7	11,11	19	20,72	0,17
Mo	-	10,1	11,2	11,3	11,2	8,9
Nb	-	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03
Pb	-	0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
Rb	-	37,47	34,91	25,14	34,44	20,91
Rh	-	0,08	0,08	0,03	0,03	0,04
S	-	125000	121000	126000	122000	75000
Sb	-	0,29	0,48	0,37	0,57	0,53
Se	-	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Si	-	40120	45106	37101	41002	28607
Sr	-	490,13	552,18	743,95	622,38	667,06
U	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,12	1,13
V	-	0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1,2
W	-	22,92	23,26	24,06	24,91	15,47
Zn	-	14,8	< 0,5	0,5	0,5	< 0,5

^[7] İ. T. Ü. – M.T.A, (2004). 2004 Biga ortak projesi Nisan 2004'de ACME analiz sonuçları (yayınlanmamış).

* Bu tez çalışmasında yapılmış olan analizler.

4.4. Sıcak Suların Jeokimyasal Açıdan Değerlendirilmesi

Genel olarak yeraltısuları, pH'ı 7'den küçük olan ve asit özelliği fazla bulunan sulardır. Asit ve bazik suların esas sınır değerleri 4,5 ve 8,2 kabul edilmektedir. Buna göre pH<4,5 olan sular "asit su", pH>8,2 olan sular "bazik su" olarak nitelendirilmektedir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Kaynakların çoğunda sülfatın yüksek olması, derinlerde suların asidik karakterde olabileceği (pH<7) fikrini akla getirmektedir. Ancak, sular yüzeyde serbest hale geçip gazlarını kaybedince bazikleşmektedir. Çizelge 4.10 incelendiğinde, bütün kaynaklarda ölçülen pH değerlerinin 6,6 – 8,34 aralığında olduğu görülecektir. Bu da sıcak suların bazikleştiğini göstermesi açısından önemlidir.

Aynı şekilde Çizelge 4.11 belirtilen ve M.T.A (2002) tarafından yapılmış olan analizlerde Toplam çözünmüş madde (TDS) miktarının 372 – 377 mg/l olduğu görülmektedir. TDS miktarları Çizelge 4.13'e göre değerlendirildiğinde tüm sıcak suların, tatlı su sınıfında yer aldığı görülecektir.

Çizelge 4.13. Toplam çözünmüş madde (TDS) miktarına göre yeraltı suyunun basit sınıflaması (Freze and Cherry, 1979)

Kategori	Toplam Çözünmüş Madde Miktarı TDS (mg/l)
Tatlı su	0 -1000
Acı su	1000 - 10000
Tuzlu su	10000 - 100000
Aşırı tuzlu su	>100000

Suların önemli özelliklerinden biride sertliktir. Sertlik; halk arasında sabunla köpürme özelliği olarak da bilinir. Suların sertliği; içermiş oldukları kalsiyum ve magnezyum bikarbonat iyonları başta olmak üzere kalsiyum ve magnezyum sülfat, kalsiyum ve magnezyum nitrat, kalsiyum ve magnezyum klorür iyonlarından kaynaklanır. İnceleme alanında ki sıcak sularının sertliği (M.T.A, 2003 ve Karagülle, 2004) tespit edilmiş ve Çizelge 4.14'de belirtilmiştir. Belirtilmiş olan verilere göre, inceleme alanında bulunan sıcak su kaynaklarından Hıdırlar Ilıcısı Ana Kaynak, Hıdırlar Ilıcısı MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu ve Hıdırlar Uyuz Ilıcısı yumuşak; Hıdırlar Köyüstü Ilıcısı ise sert su olarak tanımlanabilir. Hıdırlar Köyüstü Ilıcısı sıcak suyu, içerdiği magnezyum ve kalsiyum iyonlarının, diğerlerine oranla fazla olması suyun sertlik derecesini arttırmaktadır.

Çizelge 4.14. İnceleme alanında bulunan sıcaksu kuyusu ve kaynaklarının toplam sertlik dereceleri

Kaynak Adı	Sertlik Derecesi ($^{\circ}\text{Fr}$)	
	MTA,2003 ^[1]	Karagülle, 2004 ^[6]
Hıdırlar Ilıcısı Ana Kaynak	6	7,1
Hıdırlar Ilıcısı MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu	4,5	6,6
Hıdırlar Köyüstü Ilıcısı	16,4	18,9
Hıdırlar Uyuz Ilıcısı	5,8	8,5

^[1] MTA Lab. Analizleri (2003) (İTÜ - MTA Biga Ortak Projesi), ^[6] KARAGÜLLE, M.Z., (2004) Çanakkale Yenice Hıdırlar Köyü Ilıcısı doğal kaynak suyu tıbbi balneolojik değerlendirme raporu. İ.Ü Tıp Fak.Tıbbi Ekoloji ve Hidroklmatoloji A.B.D. (yayınlanmamış),

Yapılan kimyasal analizler sonucunda sıcak suların kimyasal bileşimlerinde gözlenen zamana bağlı değişimler, tüm iyon konsantrasyonu göz önüne alındığında en fazla %7 olabilen bir oranda farklılık göstermektedir. Bu değişim oranı ise pratik açıdan kabul edilebilir sınıra yakındır. Bu aradaki farkların ise analiz hatasından kaynaklanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Bu çalışma sırasında, sıcak su numuneleri üzerine yapılmış olan analizlerde elde edilen verilerin anyon, katyon eşitliği.

Anyon-Katyon	Toplam Katyon	Toplam Anyon	Δ
Kaynaklar	(mek)	(mek)	(%)
Hıdırlar Ilıcısı Ana Kaynak	10,43	11,10	6
Hıdırlar Ilıcısı MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu	10,38	11,00	6
Hıdırlar Uyuz Ilıcısı	10,16	10,94	7
Hıdırlar Köyüstü Ilıcısı	8,75	8,34	4

Kasım 2004 de İ.T.Ü Maden Fakültesi Hidrojeoloji Laboratuvarı ve ACME'den elde edilen sıcak ve soğuksu analizleri Piper ve yarı logaritmik Schoeller diyagramlarında değerlendirilmiştir. Piper Diyagramı; aynı kökenli suların aynı iyonlarının, üçgenler üzerinde aynı bölgelerde gruplar oluşturması mantığına dayanır (Şekil 4.6). Yarı Logaritmik Schoeller diyagramlarında ise (Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9) genellikle iyonları birleştiren çizgilerin paralel gidişleri, suların aynı kökenden geldiği şeklinde yorumlanır. Buna göre;

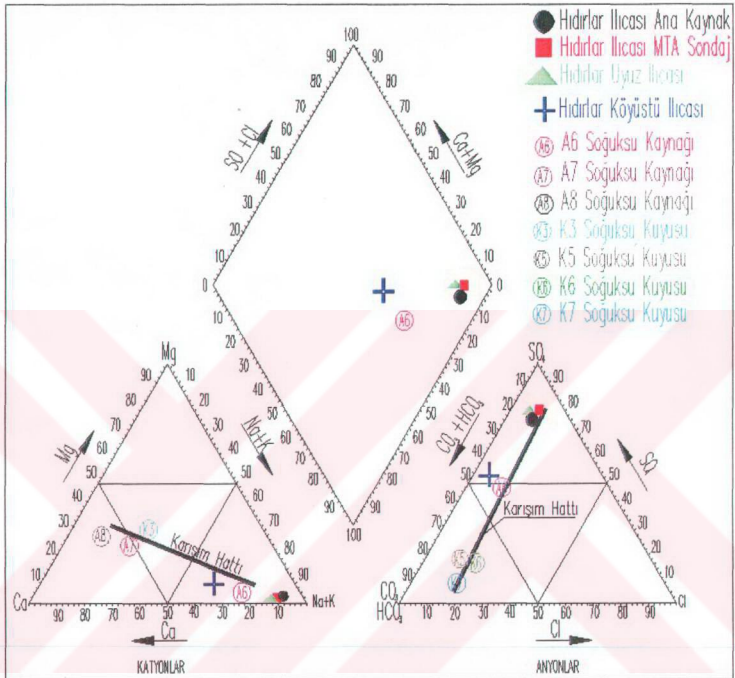
İncelenen bütün sıcak sularda katyon ve anyon dizilimleri; $(Na^{+}+K^{+}) > Ca^{+2} > Mg^{+2}$ ve $SO_4^{2-} > HCO_3^{-} > Cl^{-}$ şeklindedir. Hıdırlar Ilıcısı Ana Kaynak, Hıdırlar Ilıcısı MTA (H-1) sıcaksu sondaj kuyusu ve Hıdırlar Uyuz Ilıcısı sıcak suları sodyum-sülfatlı ($Na-SO_4$) sular sınıfında yer almaktadır. Yerin derinliklerine süzülen sularda, pirit cevherleşmelerine (Tufan, 1987) bağlı olarak, SO_4 miktarı artmakta, buna karşın CO_2 gazının azalması ile birlikte, suya karışan HCO_3 miktarı görece olarak azalmaktadır. Yüksek oranda gözlenen sodyumun daha çok plajyoklasların ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi ile yer altı sularına karıştığı düşünülmektedir.

Yeraltı sularındaki bikarbonat, atmosferde ve topraktaki karbondioksitten ve karbonatlı kayaçların erimesinden sonra oluşur. Karbonat ve bikarbonat miktarı karbondioksit ve suyun pH'na bağlıdır. İncelenen sıcak sular Kazdağ mermerleri ile temas ederek, yerin derinliklerine doğru ilerlerken karbondioksit gazı azalması ile birlikte karbonatlı kayaçların çözülmesi de azalacağından dolayı, bikarbonat miktarı da zamanla azalmaktadır. Yüze daha yakın çıkan soğuk sularda ise (Çizelge 4.5) bikarbonat oranı daha yüksek değerlerde çıkmaktadır.

Hıdırlar Köyüstü Ilıcısı ise karışık sular grubunda yer almaktadır. Bunun nedeni suyun sodyum, kalsiyum, sülfat ve bikarbonat iyonlarının birbirine yakın olmasıdır. Ayrıca içerdiği Mg oranının, inceleme alanında yer alan diğer sıcak su kaynaklarına oranla, daha fazla olması bu suyun yakınlarında ve sığ derinliklerde bulunan soğuk sulardan etkilendiği izlenimini vermektedir. Çizelge 4.11 incelendiğinde Hıdırlar Ilıcısı Ana Kaynak, Hıdırlar Uyuz Ilıcısı ve Hıdırlar Ilıcısı MTA Sondaj Kuyusu sıcak sularında Mg^{+2} oranlarının oldukça düşük değerlerde olduğu görülecektir. Hıdırlar Köyüstü Ilıcısında ise magnezyum 8,3 mg/l çıkmaktadır.

Yarı Logaritmik Scholler diyagramındaki paralel çizgisellik, Hıdırlar Ilıcısı Ana Kaynak, Hıdırlar Ilıcısı MTA (H-1) sıcaksu sondaj kuyusu ve Hıdırlar Uyuz Ilıcısı sıcak sularının aynı akiferden geldiğini göstermektedir. Hıdırlar Köyüstü Ilıcısı sıcak suyu ise muhtemelen soğuk sular ile karıştığından iki farklı noktada bu paralellliği bozmaktadır. Ayrıca (A6) soğuk suyu, yarı logaritmik Scholler diyagramında, Hıdırlar Köyüstü Ilıcısı ile kendi aralarında bir çok noktada birbirine paralel çizgiler

teşkil etmektedirler. Bu da Hıdırlar Köyüstü Ilıcısı sıcak suyunun, aynı bölgede bulunan diğer sıcak sulara göre, soğuk sular ile daha çok etkileşim halinde olduğunu göstermektedir.

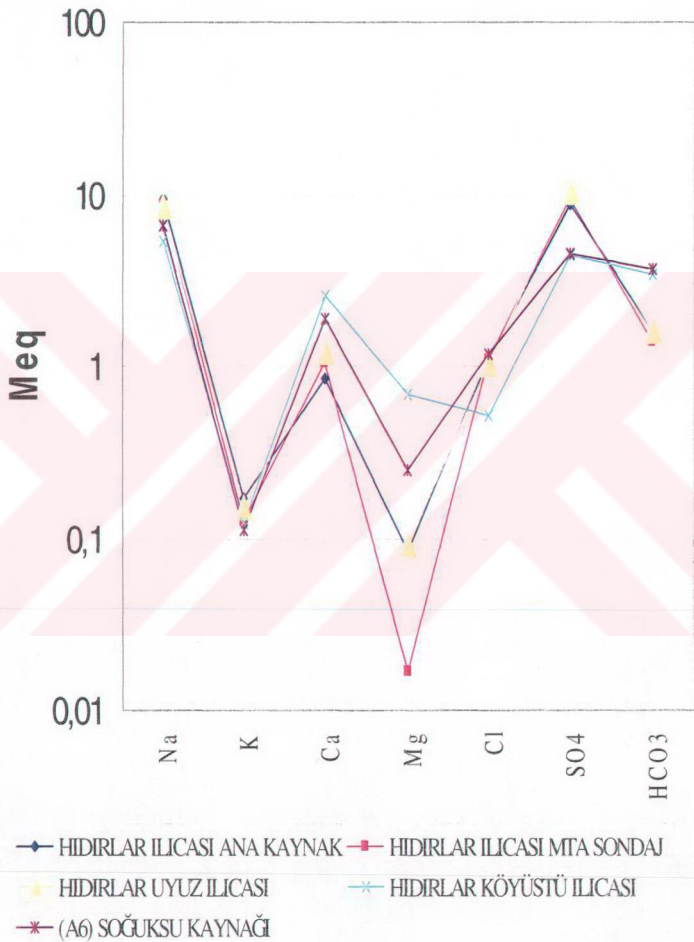


Şekil 4.6 Bu çalışmada analizleri yapılan sıcak sular ile soğuk suların Piper diyagramında gösterilmesi

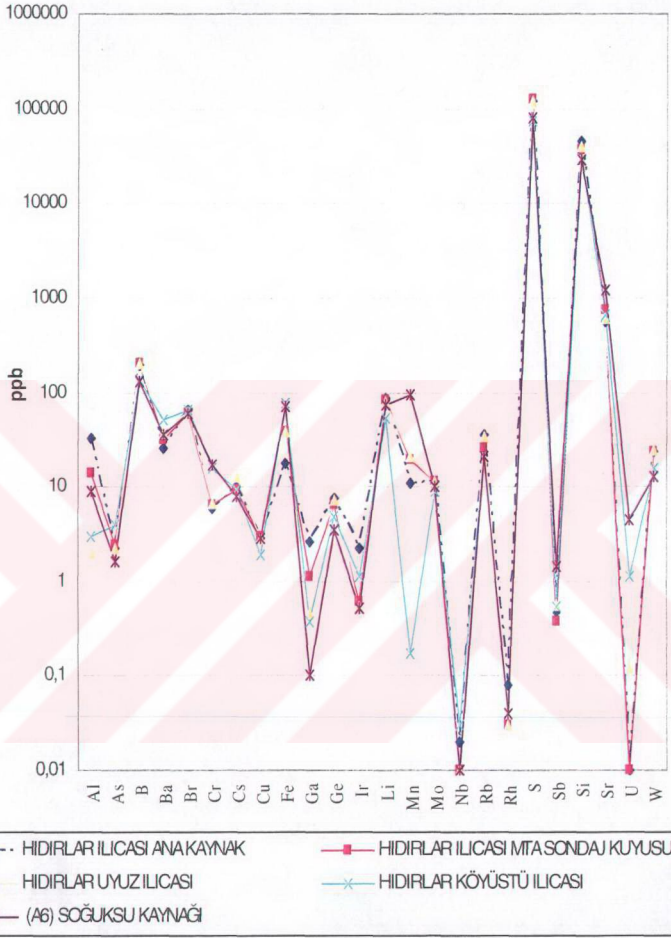
Literatürden Uranyumun ana kaynağının granitik sokulumlar olduğu bilinmektedir. Buna rağmen, Hıdırlar Ilıcısı MTA (H-1) sıcaksu sondajı granit içinde açıldığı (Şekil 4.5) belirtildiği halde, Uranyum miktarının (Çizelge 4.12) soğuk sulardaki Uranyum miktarından (Çizelge 4.6) çok düşük olması, sondaj logunun hatalı hazırlandığı fikrini akla getirmektedir.

Hidrotermal alterasyona uğramış birimlerin içindeki Uranyum ortamı çok çabuk terk eder (Örgün, 2005 kişisel görüşme). Bu yüzden sondaj logunda, granit olarak belirtilmiş olan birimin, alterasyon zonu olduğu fikri daha ağır basmaktadır. Bu zonda Eybek Granodiyoritlerinin içindeki feldispatlar, alterasyon sonucu, tamamen kaoline dönüşmüştür. Bu da sıcak sulardaki sodyumun yüksek değerlerde çıkmasının

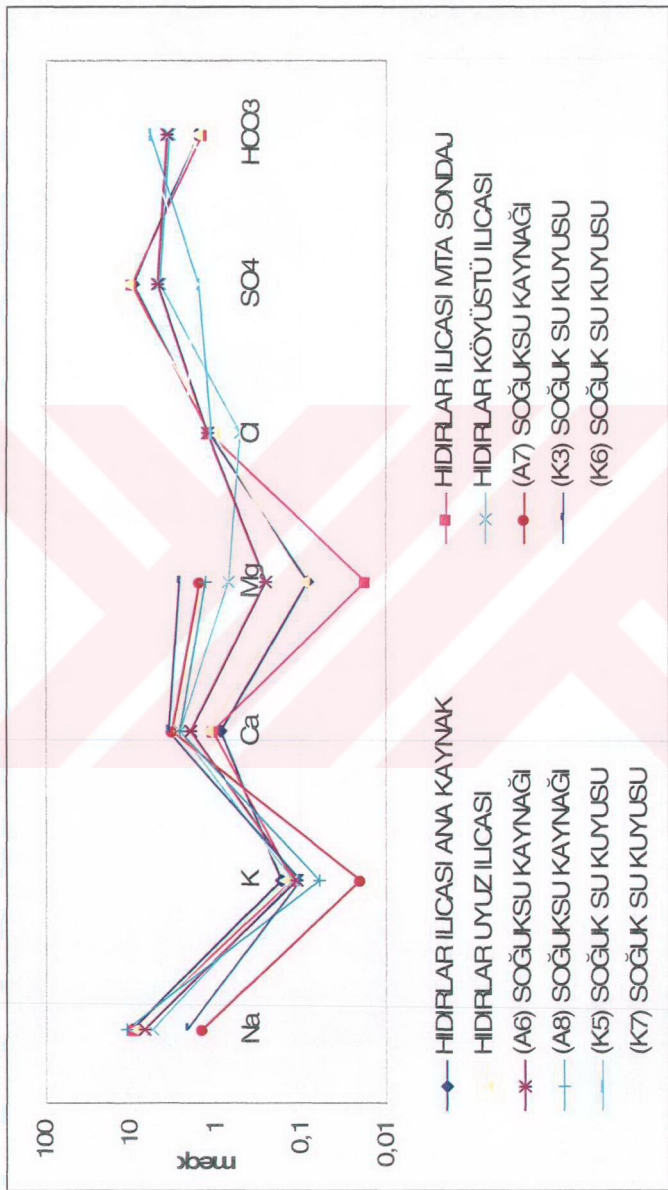
nedenlerinden biridir. Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.12 incelendiğinde sıcak ve soğuk sulara bulunan Uranyumun, A.B.D içme suyu standartlarında (Örgün, 2005 kişisel görüşme) belirtilen 20 - 30 ppb değerini aşmadığı görülmektedir.



Şekil 4.7. Bu çalışmada analizleri yapılan sıcak sular ile A6 soğuk suyunun katyon ve anyon değerlerinin schoeller diyagramı.



Şekil 4.8. Bu çalışmada analizleri yapılan sıcak sular ile A6 soğuk suyunun ağır metal değerlerinin schoeller diyagramı.



Şekil 4.9. Bu çalışmada analizleri yapılan sıcak sular ile tüm soğuk suların katyon ve anyon değerlerinin schoeller diyagramı.

4.5. Sıcak Suların İnsan Sağlığına Etkisi

İnceleme alanındaki sıcak suların ılıcada kullanılması durumunda, insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek (florürü ve sülfat dışında) miktarda ve TS 266 (1984) belirtilen (Çizelge 4.9) limit değerlerini aşan düzeyde iyonlar bulunmamaktadır.

İnceleme alanındaki sıcak suların “Tıbbi Balneolojik Değerlendirme Raporu” Karagülle (2004) tarafından hazırlanmıştır. Hazırlanan raporda sıcak suların banyo ve içme kürlerinde kullanılması ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

Banyo Kürlerinde Kullanım

Ayrıca, Karagülle (2004) yaptığı çalışmada, inceleme alanındaki sıcak suların, banyo kürlerinde kullanılması ile romatizmal hastalıklar, cilt hastalıkları ve düzenleyici sistem hastalıklarında yararlı olabileceğini belirtmiştir. Özellikle bu tür hastalıklarda ağrı giderme, cilt yapısını destekleme ve düzenleyici fonksiyonları iyileştirmede koruyucu ve tedavi edici amaçlarla kullanılabileceğini vurgulamıştır.

Ayrıntılı olarak ele alınırsa şu durumlarda kaplıca kürlerinde banyolar şeklinde kullanılabilir (Karagülle, 2004);

- Romatizmal Hastalıklar
 - Dejeneratif eklem hastalıkları,
 - İnflamatuvar romatizmal hastalıklar,
 - Yumuşak doku romatizmaları (Örn. Fibromyalji)
- Lokomotor Sistemin Travmatik Lezyonları
- Bazı Cilt Hastalıkları (Örn. Psoriasis, Dermatit)
- Nörovegetatif Distoniler (Örn. Sudeck sendromu)
- Nevraljiler (Örn. Siyatalji)
- Fonksiyonel Düzenleyici olarak
- Yaşlılıkta (Gençleştirici Kür)
- Menstrüel Siklus Bozuklukları
- Endokrin sistemin Disregülasyonu

Ayrıca, hareket havuzlarında su içi egzersiz uygulamalarında, yukarıdaki durumlar da rehabilitatif amaçlarla da kullanılabilir.

İçme Kürlerinde Kullanım

Sıcak sulardaki florür miktarı (Çizelge 4.11) 5 – 8,8 mg/l arasında değişmektedir. Bu miktarlar TS 266 içmesuyu standardında (Çizelge 4.9) maksimum izin verilen değer olan 1.5 mg/l'yi aşmaktadır. Florür fazla mobil bir element değildir. Bu yüzden Alterasyona uğramış olan granitler de serbest kalan florür (OH⁻) iyonu ile birleşik yapıp çöker ve miktarı artar (Örgün, 2005, kişisel görüşme).

Karagülle, (2004) yapmış olduğu çalışmada, florür içeriğinin yüksek olması nedeniyle, uzun süreli içilmemesi gerektiğini belirtmiştir. İçilmesi halinde ise; dişlerde kararma ve sararmayla “dental florisis” denilen bir duruma yol açabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca, yüksek miktardaki florür içeriği nedeniyle, 0 -7 yaş arası çocukların bu suyu içmelerinin sakıncalı olduğunu belirtmiştir.

Florür içeriğine bağlı (5 - 8,8 mg/l,) olarak beklenen spesifik etkileri nedeniyle balneolojik içme kürleri şeklinde, aşağıdaki durumlarda destekleyici olarak kullanım potansiyeli vardır (Karagülle, 2004).

- Beslenmede florür eksikliği
- Çocuklar ve gençlerde diş çürüklerinin önlenmesi
- Hamilelikte ve yetişkinlerde florür eksikliği

Ayrıca sıcak su numuneleri üzerinde yapılmış olan su kimyası analiz sonuçlarının Çevre Kanunu (Türkiye çevre mevzuatı, 1992) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) inorganik parametrelerine göre (Çizelge 4.7) yapılan değerlendirmede; sadece sülfat ve florür açısından IV. Kalite su olduğu görülmektedir (Çizelge 4.16). Bunun da sulama suyu açısından bir sakınca yaratmamaktadır.

Çizelge 4.16. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre sıcak suların kalitesi.

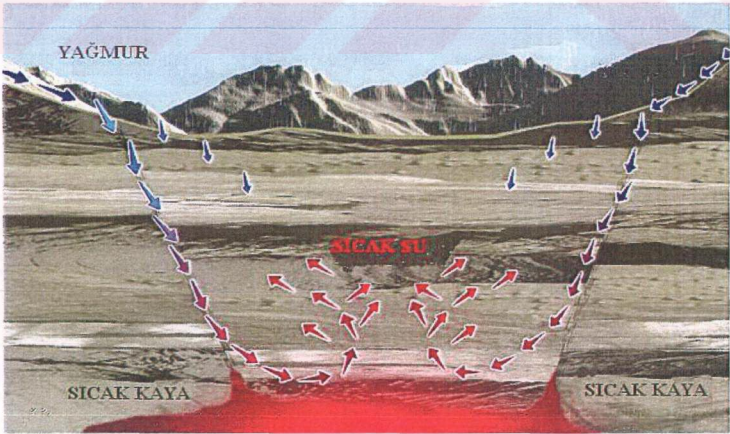
Kaynak Adı	Hıdırlar İlçesi Ana Kaynak		Hıdırlar İlçesi MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu		Hıdırlar Uyuz İlçesi		Hıdırlar Köyüstü İlçesi	
Element	İçerik (ppb)	Su Kalite Sınıfı	İçerik (ppb)	Su Kalite Sınıfı	İçerik (ppb)	Su Kalite Sınıfı	İçerik (ppb)	Su Kalite Sınıfı
Al	33	I	14	I	2	I	3	I
As	2,2	I	2,4	I	2,2	I	3,9	I
B	194	I	201	I	200	I	135	I
Ba	26,02	I	31,17	I	36,71	I	51,65	I
Co	<0,02	I	<0,02	I	<0,02	I	<0,02	I
Cr	5,9	I	6,4	I	6,7	I	15,7	I
Cl	38800	II	38800	II	36600	II	18400	I
Fe	18	I	39	I	38	I	78	I
Mn	11,11	I	19	I	20,72	I	0,17	I
Pb	< 0,1	I	< 0,1	I	0,1	I	< 0,1	I
Se	< 0,5	I	< 0,5	I	< 0,5	I	< 0,5	I
Zn	< 0,5	I	0,5	I	0,5	I	< 0,5	I
Na	212000	II	212000	II	199000	II	123000	II
SO ₄	405000	IV	410000	IV	400000	IV	210000	III
F	7300	IV	8000	IV	7350	IV	5000	IV
PO ₄ - P	<0.2	I	<0.2	I	<0.2	I	<0.2	I
NO ₂	13	II	19	II	23	II	19	II
NO ₃	0	I	0	I	0	I	0	I
NH ₄	77	I	77	I	77	I	0	I

5. OLUŞUM MODELİ

2002 yılı Kaplıcalar Yönetmeliği'ne göre jeolojik ve hidrojeolojik etüt çalışmalarında termal suların oluşumu, ısınması, çıkış mekanizması, akifer formasyonu ve kayaçları, jeolojik yapı ve tektonik, suların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile analizleri, koruma alanları, termal suların sıcaklık ve debi artırımı imkan ve şekilleri gibi konuların öncelikli olarak araştırılması ve raporlanması gerekmektedir. Bundan önceki bölümlerde anlatılmış olan Jeoloji, tektonik, akifer özellikleri ile su kimyası çalışmalarına göre suların sınıflandırılması yapılmıştır. Bu bölümde ise inceleme alanında yer alan kaynak sularının oluşum modeli ve rezervuar kayanın tespiti ile kaynak koruma alanlarından bahsedilecektir.

5.1. Jeotermal Sistem

Magmatik, fosil ve meteorik kökenli olmak üzere üçe ayrılan jeotermal sistemler içerdiği akışkanın kökenine bağlı olarak adlandırılırlar. Ülkemizdeki jeotermal sistemler meteorik kökenli akışkana sahip sistem içerisinde değerlendirilmektedir (Şekil 5.1). Diğer adıyla “Devirli Sistem” olarak ifade edilen bu sistem de, yağış sularının derinlere süzülerek ısınıp, tekrar yüzeye erişmesi söz konusudur.



Şekil 5.1. Meteorik suların yeraltına süzülmesi (www.geothermal.marin.org)

Biga Yarımadasında en önemli yapısal öğeler; Kuzey Anadolu Fayı'nın batı uzantıları olan KD-GB yönlü doğrultu atımlı sağ yönlü faylar, KB-GD yönlü doğrultu atımlı sol yönlü faylar, D-B yönlü normal faylar, açılma çatlakları ve diğer kırıklardır. Bölgede Oligosen'den Pliyosen'e kadar duraksamalarla volkanik etkinlik devam etmiştir. Ayrıca genç plütonik sokulumlar da bölgede bulunmaktadır. Buna göre bölgede yapılan çalışmalarda iki tip ısıtıcı kaynağın varlığı tespit edilmiştir (Sarp vd.1998).

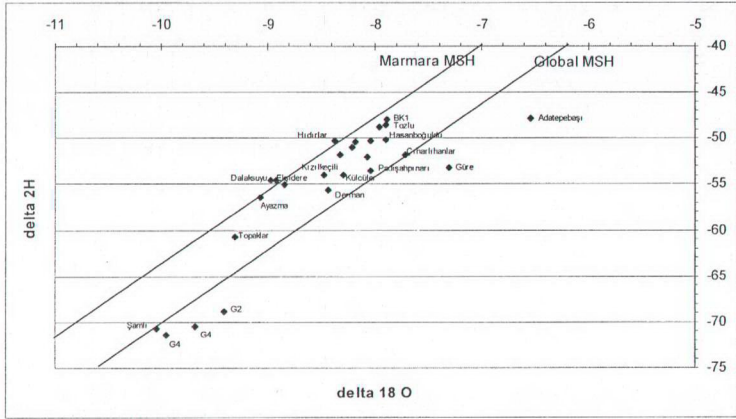
Beslenme bölgesinden çatlaklar vasıtasıyla derinlere doğru inen suyun, jeotermik gradyanla, ısısında artış olur. Isınmaya, derinlerdeki henüz soğumamış bir magma ocağı da sebep olabilir. Radyoaktif minerallerin ayrışması esnasında meydana gelen sıcaklığın, hatta ısı çıkaran oksidasyon ve redüksiyon tepkimelerinin de ısınmaya etkisi olduğu düşünülmektedir. Isınan ve derinlerdeki çatlaklarda dolaşan su, bu derinliğe inen bir fay hattından veya hidrotermal bir oluk teşkil eden müsait çatlaklarla yeryüzüne çıkar. Bunun çok az bir miktarı jüvenil magmatik su da olabilir

İnceleme alanında genç Ezbek Granodiyorit intrüzyonları yer almaktadır. Bu intrüzyonların tektonizmadan etkilendiği yerler, daha derinler de yer alan magma odalarındaki sıcaklığın kondüktif ve/veya konvektif olarak yükselmesini sağlar. Bu özelliği itibarıyla bölgedeki genç Ezbek Granodiyorit intrüzyonları ısıtıcı özelliğe sahip birimler olarak değerlendirilmektedir.

5.2. Beslenme

Jeotermal alanın potansiyeli, alana düşen meteorik sular, havzaya gelen yeraltı ve yer üstü suları sağlamaktadır. İnceleme alanındaki yeraltı sularını besleyen en önemli kaynak yağmur sularıdır. Ayrıca bölgede yer alan akarsularda önemli ölçüde yeraltı sularını besleyen kaynaklardır. İnceleme alanında meteorik sular, su bölüm çizgilerinden başlayarak, birimlerin litolojik özelliklerinin yanı sıra bölgenin yoğun tektonizma geçirmiş olması sonucu kırık ve çatlakları da izleyerek derinlere ulaşmaktadırlar. Ayrıca bu günkü morfolojik görünümünü kazandıran tektonik olaylar, bu alanlarda yoğun bir su depolanmasını da sağlamıştır. Buna göre yüzeyleyen kaya birimlerinin dağılımı, tektonik olayların yoğunluğu, fayların derinliği beslenmeyi olumlu yönde etkileyen faktörler olarak görülmektedir.

İzotop analizleri sonuçlarına göre sıcak suların hemen hepsi Marmara ile Global Meteorik Su Hatları arasında yer alır (Şekil 5.3) ve kökenleri meteorik yani yağış sularıdır (Yalçın ve Sarp, 2003).



Şekil 5.3. DSİ’de ve önceki çalışmalarda yapılmış izotop analizleri yardımıyla çizilen $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ - $\delta^2\text{H}(\text{‰})$ grafiği (MSH – Meteorik Su Hattı)(Yalçın ve Sarp, 2003)

5.3. Hazne Kaya

Jeotermal sistemlerin oluşmasında diğer önemli etken, derinlere süzülen yeraltı sularının depolanabileceği gözenekli ve geçirimli kayalardan oluşan hazne kayadır. Kayaçların gözenekli ve geçirimli oluşları, litolojik özelliklerinin yanı sıra sonradan bazı faktörlerin etkilemesi sonucu ikincil olarak da ortaya çıkabilmektedir. İncelenen alanda istiflenen kaya birimlerden bazıları hem litolojik olarak bu özelliğe sahiptirler hem de ikincil olarak gözeneklilik ve geçirimlilik kazanmışlardır. Bunda da en önemli etken bölgeyi etkileyen yoğun tektonik olaylardır. İnceleme alanının temelini oluşturan, fakat yüzeylenmeyen, kayaçlardan Kazdağ Grubuna ait mermerler, Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu'nun içerisinde bulunan Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları, Neojen göl sedimentleri ile Pliyosen yaşlı az tutturulmuş konglomera, kumtaşı seviyeleri ve alüvyonlar birincil porozite ve permeabiliteye sahip hazne kayalardır. Bu ve diğer birimlerin yoğun tektonizmaya uğramış kısımları da akifer formasyon özelliği göstermektedirler. Örneğin granodiyoritler tektonizma sonucu kırık ve çatlaklı özellik kazanmış ve hazne kaya özelliğine sahip olmuştur. Yine Karakaya Formasyonunun tektonik olarak etkilenmiş bölgeleri rezervuar kayaç özelliğindedir.

5.4. Rezervuar Sıcaklıkları

Jeotermal enerji aramalarında rezervuar sıcaklıklarının belirlenmesi önemli bir özelliktir. Doğadaki hazne kayaların sıcaklıklarının hesaplanmasında değişik jeotermometre yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler, kalitatif ve kantitatif yöntemlerdir. Kalitatif yöntem; suların bıraktıkları çökellerde bazı elementlerin anormal şekilde bulunuşları ile jeotermal özellikleri belirten yöntemdir. Kantitatif yöntem ise; sıcak sulardaki maddelerin oluşması için hazne kaya ile su arasında gerçekleşen kimyasal tepkimelerle jeotermal özellik belirten yöntemdir.

Sıcaklığı 120 °C'nin altında olan sular da kalseduvan silisin suda çözünürlüğünü denetler. Silisin suda çözünürlüğünü sıcaklık da etkilemektedir. Çalışma sırasında inceleme alanında yer alan kaynak sularındaki silisyum dioksit (SiO₂) miktarları ölçülmüş (Çizelge 4.12, Bölüm 4.3.2), daha sonra rezervuar sıcaklıkları aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Çizelge 5.1).

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{1309}{5,19 - \log C} - 273,15 \text{ (Fournier, 1973)}$$

(t °C: rezervuar sıcaklığı, C: SiO₂ konsantrasyonu (mg/l))

Çizelge 5.1. İnceleme alanında yer alan sıcak su kaynaklarının kimyasal açıdan sınıflandırılması ve hesaplanmış rezervuar sıcaklıkları.

Kaynak Adı	Kimyasal Sınıfı	Ölçülmüş Kaynak Sıcaklığı (°C)	Hesaplanmış Rezervuar Sıcaklığı (TSiO ₂ , °C)
Hıdırlar İlçası Ana Kaynak	Na SO ₄	84,8-86,3	135
Hıdırlar İlçası MTA (H-1) Sıcaksu Sondaj Kuyusu	Na SO ₄	64	124
Hıdırlar Uyuz İlçası	Na SO ₄	56,4	130
Hıdırlar Köyiçi İlçası	Na Ca SO ₄ HCO ₃	44,7	113

Bölüm 4.3.2, Çizelge 4.12 incelendiğinde Si oranı Hıdırlar Köyüstü İlçasında düşük değerdedir. Bu da; Hıdırlar Köyüstü İlçası suyunun yüzeyde, soğuk sular ile karıştığını göstermesi açısından önemlidir.

5.5. Kaynak Koruma Alanları

2002 yılı Kaplıcalar Yönetmeliği'nin dokuzuncu maddesine göre kaynak koruma alanları: Termal suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, debi ve sıcaklıklarının yer altı ve yerüstünde olabilecek çeşitli etkenlerle değişmesini önlemek ve her türlü kirlenmeye karşı korunması amacı ile doğal çıkışlı termal kaynak, sondaj kuyusu çevresinde jeolojik ve hidrojeolojik verilere göre koruma alanları ve alınacak tedbirlerin belirlenmesi olarak tarif edilmiştir. Bu amaçla, yapılacak kaptaj ve sondaj kuyularının üretim sistemlerinin kirlenmeyi önleyici tekniğe uygun olması gerektiği vurgulanmıştır.

Yapılan çalışmada, inceleme alanında yer alan, sıcak su kaynaklarının tabi olduğu jeotermal sisteminin; bozulması, kirlenmesi ve yenilenebilir özelliğinin yitirilmesine neden olacak fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticiler den etkilenmemesi için koruma alanları belirlenmiştir. Bu koruma alanları; 1 / 25000 ölçekli harita üzerinde gösterilen 3 zon dan oluşacak şekilde belirlenmiştir. (Şekil 5.5).

- I. zon olarak tanımlanan alan; fay doğrultusu boyunca ve tüm sıcak su kaynaklarını içine alan bir elips şeklinde belirlenmiştir. Bu alanın belirlenmesindeki amaç, kirlenmeye sebep olan tüm alt yapı unsurlarını fay boyunca sızmalarını önlemektir. Bu zonda; kaynakların bulunduğu doğal çevrenin korunması için alt yapı ve üst yapı yasağı getirilmelidir. Kaynaklar üzerinde bilgisizce kurulan kaplıca, çamaşırılık, tuvalet (Şekil 5.4) gibi yapılar tümüyle kaldırılarak, yalnızca doğal park ve gezi alanları olarak düzenlenmelidir. Ayrıca, bu zon içinde geçen yolun, ulaşımı kapatılması ve hiçbir şekilde araç geçişine izin verilmemesi gerekmektedir.
- II. koruma zonunda ise; çevre kirliliğine sebep olan tüm alt yapı unsurları için (çöp, kanalizasyon vb.) belirlenen uygun alan, kaynaklardan uzak ve drenajın Kocaçay yönünde oluşu nedeniyle kirlenmeye yol açmayacak şekilde olmalıdır. Üst yapının yapılacağı alan olarak tasarlanacak yerin, ılıcanın bulunduğu kottan 10 – 15 metre alt kotta oluşu ve uygun eğim nedeniyle konaklama yapılarının sıcak su gereksinimi kolaylıkla sağlanacaktır.
- III. zon da ise; altyapının gerçekleştirilmesinden sonra, gübrelerini III. Zon dışında toplanması koşulu ile her çeşit tarımın ve hayvancılığın geliştirilmesi için izin verilmelidir. Yeraltı ve yerüstü suları bakımından zengin bir potansiyele sahip olan yörede, modern uygulamalar olmamakla beraber, kanallar ve arklar aracılığı ile derelerden ve kaynaklardan yararlanılarak sulanan tarım arazileri geniş yer tutuyor. Bu sulanabilen tarım alanları,

kaynaklara yakınlığı ve kaplıca tesisi için önerilen alandan daha alt kotta oluşu nedeniyle, sulama açısından olumlu bir özellik arz etmektedir. Ayrıca yörede hayvancılık da önemli bir yer tutmaktadır. Hayvancılık, halkın en yatkın olduğu uğraş olduğu için, bu dalda yapılacak modern uygulamalar ile kümes ve ahır ısıtmacılığında hiç yakıt harcanmadan yumurta, et, süt gibi hayvansal ürünlerin üretimini büyük ölçüde arttırmak mümkün olacağından modern çiftliklerin kurulması, yöre ekonomisi açısından, çok büyük bir önem taşır (Atiker, 1981). Üstelik sıcak sular da kabuklaşma sorunu olmadığından suyun taşınması ve kullanımı da kolay sağlanacaktır.

Tüm zonlarda termal suların emniyetini sağlamak için, belirlenen alanlar dışında, sondaj yapılmaması, dinamit patlatılmaması kaynakların korunması için gereklidir. Kaplıca planlaması sırasında yapı alanlarının aktif kırık hatları üzerinde yapılmaması ve deprem katsayılarının titizlikle belirlenmesi gerekir.



Şekil 5.4. Hıdırlar Ilıcasi ana kaynağının yakınında, sağlıksız koşullarda bulunan tuvalet.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

1. İnceleme alanı içerisinde litolojik ve yapısal özellikleri açısından ayrıntılı olarak ele alınan tüm birimler, boşluk bulundurma, boşlukların boyutları, boşluklar arası ilişkiler ve bu ilişkilerin derecesi gibi, yeraltı suyu geçirebilme ve iletebilme kapasitelerini tanımlayan özelliklere göre farklı hidrojeolojik ortamlara ayrılmıştır.

- Pliyosen yaşlı çökeller, Neojen göl çökelleri ve Kuvaterner yaşlı alüvyal örtü 'geçirimli taneli ortam' olarak değerlendirilmiştir.
- İnceleme alanında geniş yayılım gösteren Eybek granodiyoritleri ile Triyas yaşlı Karakaya formasyonu'nun içerisinde bulunan Permien yaşlı kireçtaşı blokları, 'geçirimli kaya ortam' olarak değerlendirilmiştir.
- Alt Triyas yaşlı Karakaya formasyonu geçirimsiz ortam olarak adlandırılmıştır.

2. Bölgenin yıllık yağış miktarı 655 mm'dir. Yıllık yağışın %54'ü buharlaşmakta, geri kalan %46'sı ise akışa geçmektedir. Akışa geçen yağış sularının bir kısmı süzülerek yeraltı sularının oluşumuna etki etmektedir.

3. İncelenen sıcaksu kaynaklarında ana anyon Na olup, onu konsantrasyon sıralamasına göre, Ca, K ve Mg takip etmektedir. Kaynakların hakim katyonu ise SO_4 bunu HCO_3 takip etmektedir. Sülfatın (SO_4) baskın katyon olmasının en önemli nedeni, yan kayalarda bulunan pirit cevherleşmeleridir.

4. Yapılan analizler sonucunda Hıdırlar Ilıcası Ana Kaynak, Hıdırlar Uyuz Ilıcası ve Hıdırlar Ilıcası MTA (H-1) sıcaksu sondaj kuyusu suları, sodyum sülfatlı sular sınıfına girmektedir.

5. Hıdırlar Köyüstü Kaynağının içerdiği magnezyum ve bikarbonat miktarları soğuksular ile paralellik göstermektedir. Piper diyagramında değerlendirilen verilere göre, bu sıcak su karışık sular sınıfına girmektedir.

6. Hıdırlar Ilıcası MTA (H-1) sıcaksu sondajı granit içinde açıldığı halde, Uranyum miktarının soğuk sulardakinden çok düşük olması, sondaj logunun hatalı hazırlandığı

fikrini akla getirmektedir. Ayrıca sıcak ve soğuk sularda bulunan Uranyumun, A.B.D içme suyu standartlarında belirtilen 20 - 30 ppb değerini aşmadığı belirlenmiştir

7. Bölgede yer alan sıcak su kaynaklarından ekonomik olarak daha çok gelir sağlanabilmesi açısından kaplıca olarak turizm alanında, seracılık gibi zirai alanda, ısıtma gibi endüstriyel alanlarda yararlanılabilir. Bu nedenle bölgenin jeotermal açıdan önemi vurgulanarak çalışmaların artırılması ve tanıtılması gerekmektedir.

8. Hesaplanan rezervuar sıcaklıklarına göre (113 -135° C) sıcak sular yaklaşık 3500 - 4500 m. derinlikten gelmektedir.

9. Yapılan çalışmada, inceleme alanında yer alan, sıcak su kaynaklarının tabi olduğu jeotermal sisteminin; bozulması, kirlenmesi ve yenilenebilir özelliğinin yitirilmesine neden olacak fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticilerden etkilenmemesi için koruma alanları belirlenmiştir. Bu koruma alanları; 1 / 25000 ölçekli harita üzerinde gösterilen 3 zon'dan oluşacak şekilde belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akyürek, B., Soysal, Y. (1980). Biga Yarımadası ve güneyinin 1/100000'lik kompiyasiyonu, M.T.A. Rap. No: 7847, Ankara, , pp.1-13
- Atiker, M., (1981). Kalkım – Hıdırlar (Çanakkale) alanının jeomorfolojisi ve jeotermal kaynakların kullanım olanakları, M.T.A Rap. No: 7165, Ankara.
- Ayan, M. (1979). Geochronological and petrological studies of The Eybek Granodiorite Pluton (Edremit), Comm. de la Fac. des Scien de l'univ d'Ankara, 22, pp. 19-31
- Bingöl, E. (1968). Kazdağı masifinin merkezi ve güneydoğu kesiminin jeolojisi, MTA Dergisi, Sayı:72, Ankara)
- Bingöl, E. (1978). Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi, M.T.A. Dergisi, 86, pp.14-34
- Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B., (1973). Biga Yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Kitabı, M. T. A., pp. 70-75
- Bozkurtoğlu, E., (2003), Çanakkale-Tuzla yöresi volkanik kayalarında süreksizliklerin ayrışma - alterasyon olaylarına etkisinin araştırılması, Tez (Doktora) - İTÜ Fen Bil. Enst., İstanbul
- Çağlar, K. Ö. (1948). Türkiye maden suları ve kaplıcaları fasikül 2, MTA Rap. No. 11, Ankara
- Dayal, A., (1979). Yenice (Çanakkale) Granitinin petrografisi ve buna bağlı cevherleşmeler, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniv. Fen Bilimleri Ens., İzmir
- Dayioğlu, Ü., Akyürek, B., Şentürk, K., Öztürk, E.M., (1971). 1/25.000 ölçekli Ayvalık-İ17-a2,a3,a4,b1,b4 ve Çanakkale-H17-c4,d3 paftalarının jeoloji raporu M.T.A Rap. No: 6535
- Duru, M., (2004). 1/25000 lik Hıdırlar ve dolayının jeoloji haritası. (yayınlanmamış).

- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis, C., Walter, H.J. ve Yıldırım, T., (1995). Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan Adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri, MTA Dergisi No:117, pp. 55-86, Ankara
- Erguvanlı, K. (1957). Outline of geology of Dardanelles, Geological Magazine, London, Vol. 94, No: 1, pp. 47-53
- Erguvanlı, K., Yüzer, E. (1987). Yeraltısuları Jeolojisi, İstanbul, pp. 269-299
- Fournier, R.O., (1973). Silica in thermal waters. Laboratory and field investigations. Proceedings of the International Symposium on Hydrogeochemistry and Biochemistry, Tokyo,1, Clark Co., Washington D.C. ,pp.122-139.
- Freeze, R.A ve Cherry, J.A., (1979). Groundwater, Prentice-Hill, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey
- Gözler, M.Z., Ergül, E., Akçören, F., Genç, Ş., Akat, U., Acar, Ş., (1984). Çanakkale Boğazı Doğusu - Marmara Denizi Güneyi - Bandırma - Balıkesir - Edremit ve Ege Denizi Arasındaki Alanın Jeolojisi ve Kompilasyonu, yayınlanmamış MTA Rap. No: 7430
- Gözler, M.Z., (1986). Kazdağ Batısı Mıhlıdere vadisinin jeolojik ve petrografik incelemesi, TJK Bülteni, 29/1, pp.133-142 . Ankara.
- Herece, E., (1990). 1953 Yenice - Gönen deprem kırığı ve Kuzey Anadolu Fay sisteminin Biga Yarımadasındaki uzantıları, MTA Dergisi No: 111, 47-59 s., Ankara
- İ. T. Ü. Maden Fakültesi. (1984). Çanakkale - Ezine Kestanbol dolayının hidrojeolojisi, sıcak suların tıbbi değerlendirmesi ve kür yerleşim alanının mimari tasarımı hakkında rapor.
- İ. T. Ü. - M.T.A , (2003). 2003 Biga ortak projesi arazi ölçümleri (yayınlanmamış).
- İ. T. Ü. - M.T.A, (2004). 2004 Biga ortak projesi Nisan 2004'de ACME'ye gönderilen numune analiz sonuçları (yayınlanmamış).
- Kaaden, G. (1957). Çanakkale - Edremit - Biga bölgesindeki jeolojik saha çalışmaları ve maden yatakları hakkında rapor, MTA Rap. No: 2661
- Kaplıcalar Yönetmeliği, (2002). Resmi Gazete, Sayı: 24472
- Karagülle, M.Z., (2004). Çanakkale Yenice Hıdırlar Köyü Ilıcısı doğal kaynak suyu tıbbi balneolojik değerlendirme raporu. İ.Ü Tıp Fak.Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji A.B.D. (yayınlanmamış), İstanbul

- Kayhan, F. (1978), Çanakkale ili Yenice ilçesi, Hamdibey ve Hıdırlar köyleri kuzeyinde yer alan Tungsten cevherleşmesi arama etütlerine ait ön rapor(yayınlanmamış), M.T.A, Ankara
- Ketin, İ. (1947). Kapıdağ Yarımadası, Marmara Adaları ve Bandırma Bölgesinin jeolojik etüdü hakkında rapor, MTA Rap. No:1931, İstanbul
- Krushensky, R. D. (1976). Neogene calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşilller area, Northwest Anatolia, Bull. Volcan., 40, pp. 336-360
- Maral, M., (2004). Biga yarımadası (Çan-Yenice-Gönen) çevresi kömür oluşumları, Yüksek Lisans Tezi - İTÜ Fen Bil. Enst., İstanbul
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2005). Çanakkale ili Bayramiç ilçesi meteorolojik verileri, Ankara
- M.T.A (1996). Türkiye Jeotermal Envanteri, Ankara, p. 480
- M.T.A, (1997). Türkiye termal ve mineralli sular envanteri Balıkesir(10), M.T.A Rap.No: 10474
- M.T.A, (1997). Türkiye termal ve mineralli sular envanteri Çanakkale (17), M.T.A Rap.No: 10393
- M.T.A ,(2002). 2002 Arazi ölçümleri (yayınlanmamış).
- Okay, İ. A., Siyako, M., ve Bürkan, K. A.. (1990). Biga Yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi, T.P.J.D. Bülteni, I/3, pp. 83-121
- Okay, İ. A., (1988). Çan - Yenice - Biga arasının jeolojisi ve tektoniği; İTÜ Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları UYG-AR Merkezi. pp. 4-44
- Okay, İ. A., Satır, M., (2000). Upper cretaceous eclogite-facies metamorphic rocks from the Biga Peninsula, Northwest Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J.Earth Sci.), Vol. 9, pp. 47-56 TÜBİTAK, Ankara
- Önal, R. (1991). Çanakkale - Yenice – Kalkın - Hıdırlar köyü kaplıca suyu, yayınlanmamış M.T.A. Rap., Ankara, pp. 208-213
- Örgün, Y., (2005). Kişisel görüşmeler. İ.T.Ü Maden Fakültesi, Doç. Dr.
- Özbayrak, H.Y. (1980). Çanakkale-Yenice-Hıdırlar alanının jeotermal enerji olanakları, Yayınlanmamış MTA Rap. No: 8798, Ankara, pp. 1-11
- Özcan, H. (1988). Çanakkale – Yenice – Kalkın - Tozludere bakır yatağı, Maden Jeolojisi Raporları, MTA Rap. No: 2815, Ankara, pp.1-7

- Pehlivan, R., (1998).** Kırkgeçit (Biga/Çanakkale) sıcak ve mineralli su kaynağı çevresinin jeolojisi, hidrojeokimyasal incelemesi ve sıcak suyun kullanılabilirliği. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yerbilimleri, 20. pp. 155-162, Ankara
- Sarp, S., Burçak, M., Yıldırım. T. ve Yıldırım, N., (1998).** Biga Yarımadasının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları ile Balıkesir-Havran - Derman kaplıca sahasının detay jeotermal etüdü ve gradyan sondajları, MTA Raporu (yayınlanmamış), Ankara.
- Siyako, M., Bürkan, K. A., Okay, İ. A., (1989).** Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları, T.P.J.D. Bült., 1/3, pp. 183-199
- Şaroğlu, F., (1994).** Türkiye'nin neotektoniği (gözlem ve yorumları) M.T.A Hizmetiçi Eğitim Semineri, Ankara
- Tufan, A., Kara A., (1987).** Çanakkale-Yenice Vakıf Köyü Pb-Zn-Cu cevherleşmesi, maden jeolojisi raporu, M.T.A. Rap. No: 8297, Ankara, pp. 6-13
- Türkiye Çevre Mevzuatı, (1992).** Türkiye Çevre Vakfı yayını, Cilt: 1-2, Ankara, pp. 980
- TS-266, (1984).** TS 266/Haziran 1984, UDK 663.6:543, Ankara.
- Yalçın, H. T. (1989).** Çanakkale-Tuzla kaplıcası dolayının hidrojeolojisi ve kaynağın kökeninin araştırılması. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., 80p.
- Yalçın, H. T. (1997).** Hydrogeological investigation of the Gönen and Eksişdere thermal waters, Active Tectonics of Northwestern Anatolia-the Marmara Poly-Project, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, pp. 275-300
- Yalçın, H. T. (2001).** Arazi çalışması, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Yrd.Doç.Dr.
- Yalçın, H. T., Sarp, S., (2003).** İTÜ – M.T.A Biga Yarımadası ekonomik ve çevre jeolojisi su grubu 2. gelişme raporu. (yayınlanmamış), İstanbul.
- Yüzer, E., Öztaş, T. (1984).** Yeraltı suları jeolojisi uygulamaları, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Yayın No:3, İstanbul
- Yüzer, E. (2004).** Kişisel görüşmeler. İ.T.Ü Maden Fakültesi, Prof. Dr.
- www.geothermal.marin.org
- www.saglik.gov.tr/sb/extras/mevzuat/yt_kaplicalar.doc

ÖZGEÇMİŞ

Aydın BAKIR 01.11.1975’de Elbistan’da doğdu. İlk ve Ortaöğrenimini tamamladıktan sonra, 1995 yılında okumaya hak kazandığı İstanbul Üniversitesi M.Y.O Elektrik bölümünde 1997 de ayrıldı. Anı yıl girmiş olduğu İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünden, bir yıl İngilizce hazırlık okuduktan sonra, Haziran 2002’de mezun oldu. Ardından Ocak 2003’de, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında, başladığı Yüksek Lisans öğrenimini Haziran 2005’de tamamladı. Evli olan yazar, özel bir şirkette Jeoloji Mühendisi olarak çalışmaktadır.





EKLER:

EK-1: HİDİRLAR ILCASI (ÇANAKKALE – YENİCE) DOLAYININ JEOLojİ HARİTASI ve KESİTLERİ

EK-2: HİDİRLAR ILCASI (ÇANAKKALE – YENİCE) DOLAYININ HİDROJEOLojİ HARİTASI ve KESİTLERİ