



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EDREMİT FAYI (BALIKESİR) CİVARINDAKİ BAZI JEOTERMALLERİN
AKTİF TEKTONİKLE OLAN İLİŞKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE ÖREN

**TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SÜHA ÖZDEN**

ÇANAKKALE – 2023



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EDREMİT FAYI (BALIKESİR) CİVARINDAKİ BAZI
JEOTERMALLERİN AKTİF TEKTONİKLE OLAN İLİŞKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE ÖREN

Tez Danışmanı
PROF. DR. SÜHA ÖZDEN

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Kurulu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2021-3811

ÇANAKKALE – 2023



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Merve ÖREN tarafından, Prof. Dr. Süha ÖZDEN yönetiminde ve **28/08/2023** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Edremit Fayı (Balıkesir) Civarındaki Bazı Jeotermallerin Aktif Tektonikle Olan İlişkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Süha Özden

(Danışman)

Doç. Dr. Savaş Topal

Dr. Öğr. Üyesi Özkan Ateş

İmza

.....

.....

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 28/08/2023

.....

Prof. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL

Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Merve ÖREN

28/08/2023

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, danışman hocam Prof. Dr. Sũha Özden'e laboratuvar, saha ve bũro çalışmalarında Dr. ŐĐr. Őyesi Özkan Ateş'e ve aileme teŐekkũrlerimi sunarım.

Merve ÖREN
anakkale, AĞustos 2023



ÖZET

EDREMİT FAYI (BALIKESİR) CİVARINDAKİ BAZI JEOTERMALLERİN AKTİF TEKTONİKLE OLAN İLİŞKİSİ

Merve ÖREN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Süha ÖZDEN

28/08/2023, 34

Bu çalışma Edremit Fayı'nın karakterini ortaya çıkarırken aynı zamanda bu fayın yakın civarında yer alan jeotermal kaynaklardaki sıcak suların fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Aynı zamanda bu bölgede örnekleme döneminde olabilecek bir depremin bu kaynaklarda nasıl bir değişim oluşturacağı araştırılacaktır. Saha çalışmalarında fay düzlemlerinden elde edilen veriler ile Edremit Fayı'nın çok küçük bir sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip bir normal fay olduğu tespit edilmiştir. Edremit Fayının KKD-GGB genişleme rejimi altında şekillenmiş bir fay olup, günümüzde de aktiftir. Edremit fayı üzerinde 1944 yılında 6.7 büyüklüğünde önemli bir deprem üretmiş bir faydır. Fay boyunca ve çevresindeki alanlarda çalışma döneminde bazı depremlerin olduğu bilinmektedir. Bu dönemde 4'ten büyük 15 adet deprem karada ve denizde meydana gelmiştir. Bu depremlerden üç tanesi 6-10 Ocak 2023 tarihleri arasında Midilli adası hemen kuzeyinde (kaynaklara uzaklığı 50-70 km) meydana gelmiştir.

Edremit-Entur Termal Otel (Derman Kaynağı) (E-1), Edremit-Adramis Termal Otel (Bostancı Köyü Kaynağı) (E-2), Güre-Isı Merkezi (G-1) ve Güre-Adrına Termal Otel (G-2), ve olmak üzere dört farklı kaynaktan yerinde ölçüm ve örnekleme yapılmıştır. 2022 yılı Şubat, Mayıs, Eylül, Aralık ve 2023 yılı Ocak aylarında; redoks potansiyeli (Eh), tuzluluk (NaCl), toplam katı madde (TDS), pH, elektriksel iletkenlik (EC), özdirenç ve sıcaklık (T) gibi yerinde ölçümler yapılmış ve ayrıca analiz için sular örneklenmiştir. Ayrıca, F, Cl, NO₃, PO₄, SO₄, CO₃ ve HCO₃ gibi major anyon analizleri sıcak su kaynaklarından alınmıştır. Jeotermal kaynaklarda Midilli adası kuzeyinde meydana gelen depremler sırasında ve sonrasında bazı fiziko-kimyasal değişimleri olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, Hidrojeokimya, Deprem, Aktif Fay, Kinematik

ABSTRACT

RELATIONSHIP OF SOME GEOTHERMALS AROUND EDREMIT FAULT (BALIKESİR) WITH ACTIVE TECTONICS

Merve ÖREN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Chair for Geological Engineering Thesis of Master of Science

Supervisors: Prof. Dr. Süha ÖZDEN

28/08/2023, 34

While this study reveals the character of the Edremit Fault, it also aimed to determine the physico-chemical properties of the hot waters in the geothermal springs located in the vicinity of this fault. At the same time, it will be investigated how an earthquake that may occur during the sampling period in this region will cause a change in these resources. With the data obtained from the fault planes in the field studies, it was determined that the Edremit Fault is a normal fault with a very small right-lateral strike-slip component. It is a fault formed under the NNE-SSW extensional regime of the Edremit Fault and is still active today. It is a fault that produced a significant earthquake of 6.7 magnitude on the Edremit fault in 1944. It is known that some earthquakes occurred along the fault and in the surrounding areas during the study period. During this period, 15 earthquakes greater than 4 occurred on land and in the sea. Three of these earthquakes occurred between 6-10 January 2023, just north of the island of Lesbos (50-70 km from the sources).

Edremit-Entur Thermal Hotel (Derman Spring) (E-1), Edremit-Adramis Thermal Hotel (Bostancı Village Spring) (E-2), Güre-Heat Center (G-1) and Güre-Adrına Thermal Hotel (G-2)), and on-site measurements and sampling were made from four different sources. In February, May, September, December of 2022 and January of 2023; on-site measurements such as redox potential (Eh), salinity (NaCl), total solids (TDS), pH, electrical conductivity (EC), resistivity and temperature (T) were made, and waters were also sampled for reduction. In addition, major anion analyzes such as F, Cl, NO₃, PO₄, SO₄, CO₃ ve HCO₃ were taken from hot water sources. There have been some physico-chemical changes in geothermal resources during and after the earthquakes in the north of Lesbos.

Keywords: Geothermal, Hydrogeochemistry, Earthquake, Active Fault, Kinematics

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

1.1. Çalışmanın Amacı ve İçeriği.....	2
1.2. Çalışmanın Konusu ve Kapsamı.....	3
1.3. Çalışma Alanının Genel Özellikleri.....	4
1.3.1. Coğrafi Konum ve Ulaşım.....	4
1.3.2. Yerleşim	5
1.3.3. Morfoloji Akarsular ve Bitki Örtüsü.....	6
1.3.4. İklim ve Meteoroloji.....	7
1.3.5. Yağış ve Sıcaklık.....	7
1.4. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri.....	8
1.4.1. Saha Çalışmaları.....	8
1.4.2. Su Kimyası Çalışması.....	9
1.4.3. Büro Çalışmaları.....	10

İKİNCİ BÖLÜM	
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	
	11
2.1. Genel Jeolojik Amaçlı Yapılan Çalışmalar.....	11
2.2. Hidrojeolojik Çalışmalar.....	12
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM	
	15
3.1. Fayların Kinematik Analizi.....	15
3.1.1. Fayların Kinematik Analizinde Kullanılan Yöntem.....	15
3.2. Hidrojeokimyasal Analiz Çalışmaları.....	15
3.2.1. Numune Alım Noktalarının Belirlenmesi.....	16
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
ARAŞTIRMA BULGULARI	
	19
4.1. Çalışma Sahasının Jeolojik Özellikleri	19
4.1.1. Bölgesel Jeoloji ve Tektonik (Biga Yarımadası).....	19
4.1.2. Çalışma sahası ve yakın civarının jeolojisi ve tektoniği.....	21
4.1.3. Çalışma alanı ve yakın civarının aktif tektoniği ve depremselliği.....	22
BEŞİNCİ BÖLÜM	
SONUÇ ve ÖNERİLER	
	26
KAYNAKÇA	31
ÖZGEÇMİŞ	I

SİMGELER VE KISALTMALAR

MTA	Maden Teknik Arama
TJD	Türkiye Jeoloji Derneği
F	Flor
Cl	Klor
NO ₃	Nitrat
PO ₄	Fosfat
SO ₄	Sülfat
CO ₃	Karbonat
HO ₃	Bikarbonat
MWt	Megawatt
Mg/l	Miligram/litre
Ph	Asit-baz derecesi
T	Sıcaklık
Ec	Elektiriksel İletkenlik
mV	Redoks potansiyeli
TDS	Toplam Katı Madde
G1	Güre Isı Merkezi
G2	Güre Adriana Termal Otel
E1	Edremit Entur Termal Otel
E2	Edremit Adramis Termal Otel
K-Ar	Potasyum-argon
Rb-Sr	Rubidyum-stronsiyum
°C	Satigrant derece
BDTİM	Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi.
USGS	United States Geological Survey

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Proje alanında belirlenen sıcak su kaynaklarında yapılan yerinde ölçüm ve analiz sonuçları.	29



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Dünyadaki jeotermal alanlar kırmızı hat boyunca gösterilmiştir (O'Gorman vd., 2014).	1
Şekil 2.	Türkiye'nin sıcak su kaynaklarını ve sıcaklıklarını gösteren harita (MTA).	2
Şekil 3	Çalışma alanına ulaşım	5
Şekil 4	Çalışma alanı yerleşim yerleri (Google Earth).	6
Şekil 5	Meteoroloji Genel Müdürlüğü Balıkesir ili iklim verileri(MGM).	7
Şekil 6	Saha Çalışmaları Noktaları (E1, E2, G1, G2 ve Fay kinematiği istasyonu).	9
Şekil 7	Arazide fiziksel parametre ölçümü	9
Şekil 8	Balıkesir ili jeotermal kaynakları (Akkuş vd., 2005)	13
Şekil 9	Bir fay düzlemi kayma vektörü ve düzlem ilişkisi (Över vd., 2001).	15
Şekil 10	Güre Isı Merkezi (G1) ölçüm noktası	16
Şekil 11	Güre Adriana Termal Otel (G2) ölçüm noktası	17
Şekil 12	Edremit-Entur Termal Otel (E1) ölçüm noktası	17
Şekil 13	Edremit-Adramis TermalOtel (E2) ölçüm noktası	18
Şekil 14	Biga Yarımadası Fay Sistemleri (Siyako vd., 2009).	22
Şekil 15	Edremit Körfezi ve Diri Fay Haritası (MTA).	23
Şekil 16	Çalışma sahasında son yüzyılda (1923-2023) M:4'den büyük depremlerin dağılımı. Burada Edremit depremi (06.10.1944, M: 6.7) çalışma sahası içerisinde yer almaktadır (USGS Kataloğu).	24
Şekil 17	Saha çalışması döneminde Midilli Adasında 07.01.2023-10.01.2023 tarihinde meydana gelmiş depremler (BDTİM).	24
Şekil 18	Midilli Adasında 07.01.2023 tarihinde meydana gelmiş deprem çözümleri (USGS).	25

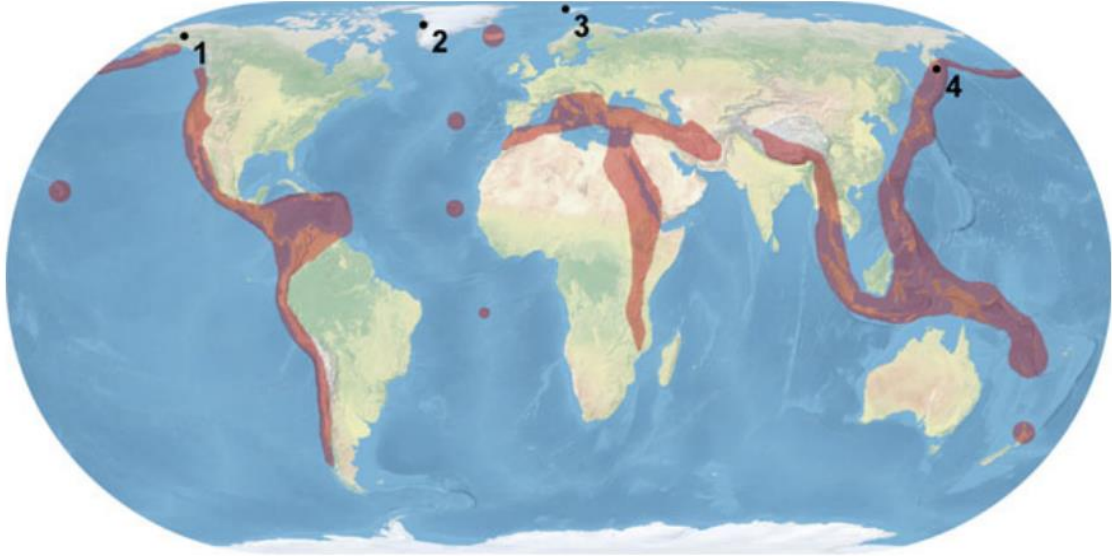
Şekil 19	Edremit Fayının görünümü (35 S 0482421-4380177, h: 7 m., İzmir-Çanakkale yolu, Yarmataş Mevki, Altınoluk Antandros Ören Yeri civarı yol yarması).	26
Şekil 20	Edremit Fay düzlemi yakından görünümü	27
Şekil 21	Edremit Fay düzlemi uzaktan görünümü	27
Şekil 22	Edremit Fayı, fay kinematığı çözümü	28



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Dünyadaki jeotermal sistemler okyanus ortası sırtlarda, aktif tektonizmanın yaşandığı levha sınırlarında ve volkanik adalar üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1). Jeotermal kaynaklar, insanlık tarihinde sağlık amaçlı ve ısınma için kullanılmıştır. Yüzyılın başında İtalya’da 1904 yılında, Jeotermal sulardan enerji olarak elektrik üretilmeye başlanmıştır. Ülkemiz jeotermal alanlar bakımından zengin bir ülkedir.



Şekil 1. Dünyadaki jeotermal alanlar kırmızı hat boyunca gösterilmiştir (O’Gorman vd., 2014).

Ülkemizde yüksek bir jeotermal potansiyel vardır. Bu durum jeolojik zenginlik ile uyumludur. 1960’lı yıllarda ilk jeotermal çalışmalar MTA bünyesinde araştırmaya başlanmış ve bugüne kadar 227 jeotermal saha envantere girmiştir. Bununla birlikte bu alanlarda 1500 sıcak su kaynağı ve kuyusu bulunmaktadır (TJD, 2015).

Türkiye’de yaklaşık 2000 sıcak ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynakların sıcaklığı 20-287°C arasında değişmektedir (MTA, 2015). Bu alanlar başlıca Kuzey Anadolu Fayı boyunca, yer yer İç ve Doğu Anadolu’nun volkanik bölgelerinde, Batı Anadolu horst-graben yapılarında yer almaktadır.



Şekil 2. Türkiye'nin sıcak su kaynaklarını ve sıcaklıklarını gösteren harita (MTA).

Türkiye'de 332000 m jeotermal sondaj MTA tarafından yapılmıştır. Bu anlamda sondaj derinlikleri ise 4000 m'yi bulmuştur. Bugüne kadar elde edilen verilere göre, Ülkemizin sıcak su ısı kapasitesi yaklaşık 60000 MWt dır (Yılmaz, 2009; TJD, 2015).

Ülkemiz jeolojik çeşitliliği ile gerek levha içi gerekse levha sınırlarındaki potansiyeli ile sıcak sular için önemli bir zenginliğe sahiptir. Ülkemizde çıkan sıcak sular genellikle düşük ve orta sıcaklıklarda olmasına rağmen, özellikle Batı Anadolu'daki kaynakların derin sondajlarından yüksek sıcaklık ve buhar elde edilerek enerji üretimi yapılmaktadır. Bunlardan Aydın ovası güzel bir örnektir (Kervankıran, 2012).

1.1. Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Bu tez çalışmasında ki amaç Edremit Fayı, Balıkesir civarındaki jeotermal alanların aktif tektonizma ile olan ilişkisini irdelemek, fay kinematığı analizleri ile fayları oluşturan ana kuvvetleri belirlemek ve tektonik hareketlerden önce jeotermal sulardaki değişimleri ortaya koymaktır.

Biga Yarımadası'nda birden çok aktif fay segmenti bulunmaktadır, bu aktif fayların hareketleriyle çatlaklardan yeryüzüne ulaşmış sıcak sular jeotermal alanlar oluşturmuştur. Oluşan bu jeotermal alanlardan alınan örneklerde yapılan su analizleri ile tektonikle olan ilişkisi ortaya çıkarılmak istenmiştir.

Bu amaçla Edremit (Balıkesir) jeotermal sahasında periyodik ölçümler yapılmış, belirlenen noktalardan su numuneleri alınmıştır. Laboratuvar ve yerinde ölçümler sonucunda elde edilen sonuçlarda, bir tektonik hareket öncesinde ve sonrasında jeotermal suların fiziko-kimyasal özelliklerinde bir farklılığa sebebiyet verdiği bu araştırmanın konusunu oluşturmuştur. Bunun yanında fay kinematiki çözümlenmeleri yapılarak Edremit Fayı'nın günümüzdeki karakteri belirlenmeye çalışılmıştır.

Arazi çalışmalarında bölgede yer alan Edremit Fayı'nın yüzlek verdiği yerlerde fay düzlemleri ölçülmüş, fay düzlemlerindeki doğrultu kaymalar tespit edilmiş ve fay topluluklarının kinematik analizi yapılmıştır.

Jeotermal suların hidrojeokimyası için Edremit-Entur Termal, Edremit-Adramis Termal, Güre-Isı Merkezi ve Güre-Adrina Termal'den su örnekleri alınırken, aynı zamanda yerinde ölçümlerde yapılmıştır. Yerinde fiziksel ölçümlerde; toplam katı madde, öz direnç, redoks potansiyeli, elektriksel iletkenlik, pH, tuzluluk ve sıcaklık gibi değerlere bakılmıştır. Bununla birlikte; F, NO₃, PO₄, HCO₃⁻, CO₃, SO₄⁼ ve Cl⁻ gibi major anyon analizleri yapılmıştır.

1.2 Çalışmanın Konusu ve Kapsamı

Bu çalışma, bölgedeki aktif fayların yarattığı depremler sonucunda, bölgede bulunan jeotermal alanlardaki suların fiziksel veya kimyasal özelliklerinde bir artış veya azalmayı gözlemlemek ve buna bağlı olarak depremlerin önceden tayin edilmesi konusunu ele alınmıştır. Edremit bölgesinde bulunan ve fay sistemleri ile kontrol edilen jeotermal alanlarda, tektonik bir hareketliliğin öncesinde veya sonrasında suyun fizikokimyasında ne tür farklılıklar getireceği olgusu üzerinde çalışmış bu sayede depremlerin önceden tayin edilebilirliği araştırılmıştır. Araştırma boyunca toplanan örneklerde hem yerinde hem de laboratuvar deneyleri sayesinde bazı parametreler ölçülmüştür. Örnekleme yapılan dönemde

meydana gelen depremler su kimyasında ki farklılıkların değerlendirilmesinde faydalı olmuştur.

1.3.Çalışma Alanının Genel Özellikleri

1.3.1. Coğrafi Konum ve Ulaşım

Çalışma alanı, Marmara Bölgesinde yer alan Balıkesir ilimizin Edremit ilçesi sınırlarında kalmaktadır. Edremit ilçesi Balıkesir ilinin batısında, Çanakkale-İzmir hattında, Ege Denizi kıyısında yer almaktadır. Edremit, Balıkesir ilinin en büyük üçüncü ilçesi olup Edremit Körfezi'nin ilçelerindedir. İlçe merkezi deniz seviyesinden 16 metre yükseklikte ve Edremit Körfezi ile Kaz Dağı arasında kalmaktadır. 1/25.000 ölçekli İ17-c3 ve İ18-d4 paftalarında yer almaktadır.

Bölgeye ulaşım her üç yolla da sağlanabilmektedir Çanakkale'yi İzmir'e bağlayan karayolu üzerinden kolaylıkla ulaşım sağlanabilir (Şekil 3). İstanbul'dan farklı güzergahlar kullanarak; İstanbul-Bursa-Balıkesir yolu veya İstanbul-Tekirdağ-Çanakkale yol güzergahı ile Edremit'e ulaşmak mümkündür. Ayrıca Edremit merkeze 8 km yakınlıkta olan Balıkesir Koca Seyit Havalimanı ile bölgeye hava yoluyla ulaşım sağlamak oldukça kolaydır.

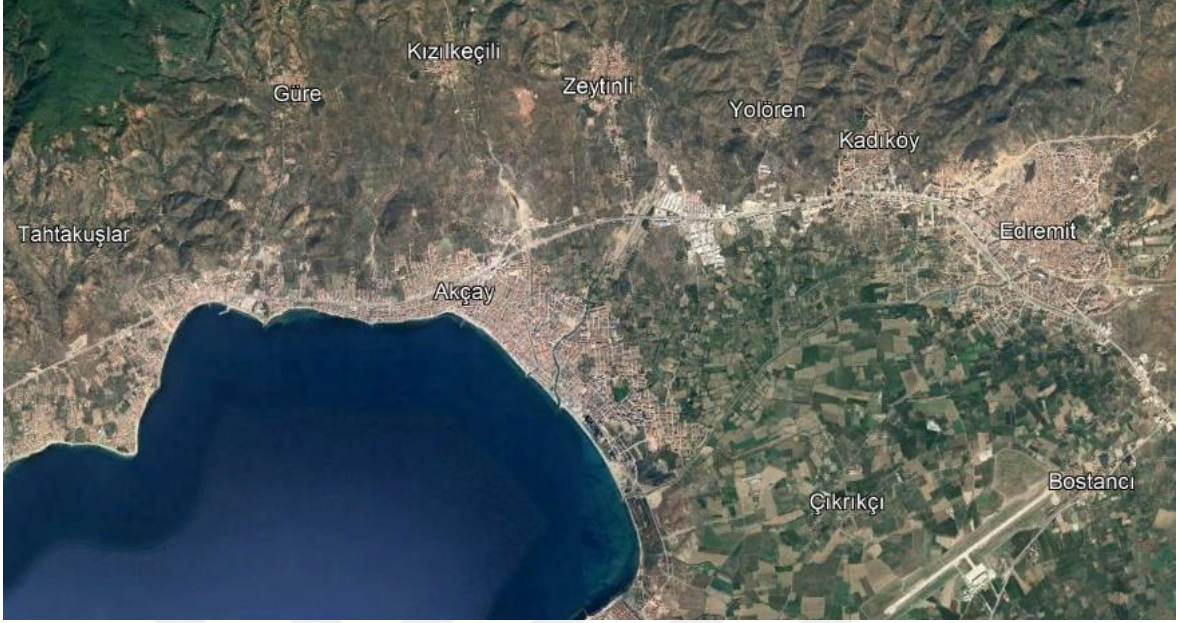


Şekil 3. Çalışma alanına ulaşım.

1.3.2. Yerleşim

Balıkesir ilinde 20 adet ilçe bulunmaktadır. En kalabalık ilçesi Karesi ilçesi olup, en az nüfuslu (küçük) ilçesi Marmara ilçesidir. Coğrafi olarak güneyde Burhaniye ilçesi, doğuda Havran ilçesi, kuzeyde Bayramiç ve Yenice ilçeleri ve Ayvacık ilçesi ve batıda Ege Denizi ile çevrilidir. Balıkesir'in ilçesi olan Edremit'de; 20 köy, 15 mahalle ve 5 belde vardır.

Örnekleme yapılan Güre Edremit ilçesine bağlı bir köydür. Güre'nin doğusunda Kızılkeçili, Zeytinli köyleri batısında Çamlıbel, Tahtakuşlar köyleri bulunmaktadır. Örnekleme yapılan diğer yerleşim yeri olan Bostancı köyü doğusunda Çamdibi, Temaşalık köyleri, batısında Çıkrıkçı köyü kuzeyinde ise Edremit merkez ilçesi bulunmaktadır.



Şekil 4. Çalışma alanı yerleşim yerleri (Google Earth).

1.3.3. Morfoloji Akarsular ve Bitki Örtüsü

Edremit ilçesi, Balıkesir ilinin batı tarafında bulunur. Çalışma sahasının kuzeyinde Kazdağı (1774 m.), doğuda Eybek Dağı (1294 m) ve Belen Dağı (651 m), kuzeydoğusunda Gürgen Dağları (1125 m) Edremit ilçesi etrafında çevrilidir. Edremit konum açısından Kaz Dağları ve Madra Dağları arasında kaldığından yarı graben bir havzadır. Çalışma alanı bu graben sistemi içindeki Edremit ovasında bulunan alüvyon düzlüğündedir. Edremit ovası faylarla sınırlanmış batıdan doğuya doğru kademeli olarak artan bir yükselti çizgisi izlemektedir Çalışma alanlarının deniz seviyesinden yüksekliği 4 m. ile 22 m. arasında değişmektedir.

En önemli yükselti olan Kazdağı 1774 m yükseklikte ve çevresi büyük ölçüde ormanlar ile kaplıdır. Kaz Dağları'nda 32 tane endemik bitki türü olduğu 29 tanesinin Kaz Dağları milli parkında bulunduğu kayıtlardan anlaşılmaktadır. Edremit bölgesinde deniz seviyesine göre 500 metreye kadar zeytin ağaçları görülür. Yüksek kesimlerde kara ve kızılâğaç orman bölgeleri bulunur.

Edremit Körfezi'nde deniz seviyesi değişimlerinden dolayı kıyı şeridi sürekli değişmiştir. Buna bağlı olarak Edremit Körfezi'nde tektonik ve jeolojik unsurlar altında çeşitli alüvyal ortamlar gelişmiştir. Bunlar karasal, denizel ve delta ortamlarıdır.

Çalışma Alanı Edremit ovası akarsu kaynaklarının kaynağı büyük ölçüde fay boylarını izlemektedir. Bu akarsular; Edremit, Kızılköçü, Zeytinli, Kuruçay, Havran, Akçay ve Pınarbaşı'dır.

1.3.4. İklim ve Meteoroloji

Çalışma bölgesi Ege bölgesinde olduğundan Akdeniz iklim özelliklerinin etkisi altındadır. Kışları yağışlı ve ılık, yazları ise sıcak ve kuraktır. Çalışma alanında Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında olan geçiş iklimi hâkimdir. Bu nedenle yağış ve sıcaklık farklı özellikler sergilemektedir. Yıllık olarak yaz aylarında ortaya çıkan yağışların toplamı Akdeniz ikliminin değerlerinden daha fazladır. En fazla yağış kış aylarında almaktadır genellikle eylül ayında başlayan yağışlar nisan ayına kadar devam etmektedir (Şekil 5). Yaz sıcaklıkları Akdeniz bölgesi iklimine göre daha düşüktür.

BALIKESİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1999 - 2022)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	4.6	6.2	8.7	12.8	17.8	22.6	25.5	25.6	21.2	15.9	10.3	6.3	14.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.0	11.3	15.0	19.8	25.5	30.1	32.5	32.6	28.8	22.6	16.6	10.8	21.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	0.9	1.8	3.3	6.3	10.4	15.1	18.0	18.5	14.2	10.0	5.2	2.5	8.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.0	3.9	5.2	6.8	8.7	10.3	11.4	10.3	8.1	6.1	4.2	2.8	6.7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.83	12.67	12.08	9.46	7.58	5.79	1.08	1.42	4.25	7.25	8.63	12.13	96.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	86.2	80.1	79.0	53.8	35.5	34.8	12.5	25.6	55.8	48.7	72.0	91.6	675.6
Ölçüm Periyodu (1999 - 2022)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.5	25.2	29.6	33.1	37.8	42.5	43.2	43.2	40.3	38.3	29.0	26.1	43.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-12.1	-18.8	-7.1	-4.0	1.1	5.0	11.0	9.4	3.2	-1.6	-7.9	-10.1	-18.8

Şekil 5. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Balıkesir ili iklim verileri (MGM).

1.3.5. Yağış ve Sıcaklık

Çalışma alanı Balıkesir ili, meteoroloji kayıtlarında 1999-2022 yılları arasında aylık olarak alınan ölçüm sonucuna göre yıllık sıcaklık ortalaması 14.8°C'dir. Yıllık ortalama en yüksek seviyedeki sıcaklık 21.2 °C'dir. Yıllık ortalama en düşük seviyedeki sıcaklık ise 8.9 °C'dir (Şekil 5). Balıkesir ilinde 1999-2022 yılları arasında ölçülmüş en yüksek sıcaklık

2007 yılının Temmuz ayında 43.2 °C, en düşük sıcaklık ise 2004 yılı Şubat ayın da -18.8 °C ölçülmüştür (Şekil 5). (<https://www.mgm.gov.tr/>)

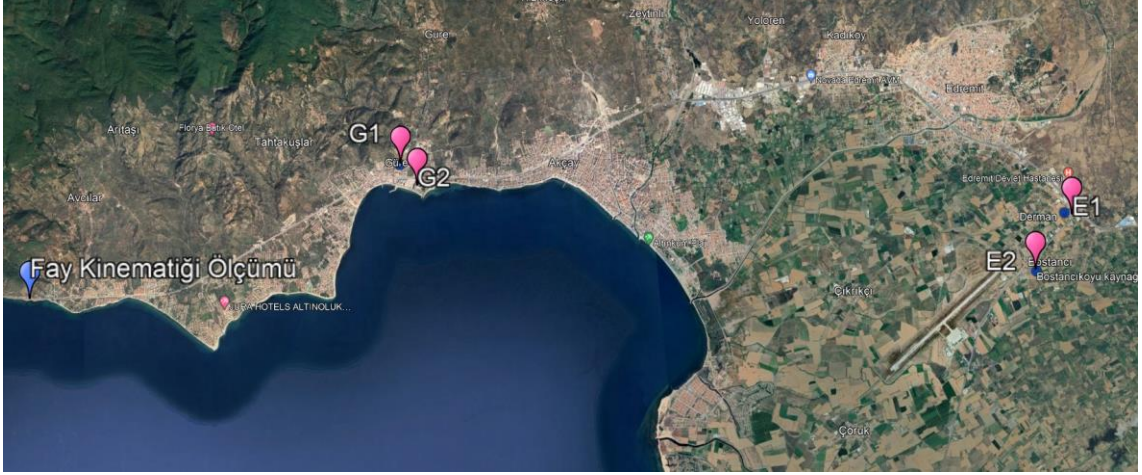
Çalışma alanında 1999-2022 yılları arasında ölçülen verilere göre; yıllık ortalama 675.6 mm yağış almaktadır. En fazla yağış ortalama 91.6 mm ile aralık ayında, en düşük yağış ise ortalama 12.5mm ile temmuz ayında almaktadır. Günlük ölçülmüş en yüksek yağışı 2007'nin Eylül ayında (350.8 mm) yağış almıştır. Genel olarak yağışlar sonbahar kış aylarında daha yoğundur.

1.4.Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri

Bu çalışma arazi, laboratuvar ve ofis çalışmaları olarak üç aşamada yürütülmüştür. Arazi çalışmalarından önce bölgede yapılmış olan çalışmalar incelenmiş, eksik noktalar not edilmiştir. İnceleme alanından numune alınacak noktalar belirlenmiş belirli zaman aralıklarında yapılan örnekleme ve alınan örnekler laboratuvar ortamında fizikokimyasal özellikleri ortaya çıkarılmak istenmiştir. Örnekleme yapılan tarihlerde yerinde ölçümler ile çalışma desteklenmiştir.

1.4.1. Saha Çalışmaları

Saha çalışmalarına konu olan Balıkesir ilinin Edremit ilçesine ait Güre köyünde iki, Bostancı köyünde iki olmak üzere toplam dört jeotermal alanda gerçekleştirilmiştir. Fay kinematiği ölçümleri için ise İzmir-Çanakkale yolu üzerinde, Antandros Ören yeri doğusunda ve Afrodite Tatil Köyü batısında kalan Yarmataş Mevkii, yol yarmaları noktasında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Saha çalışmaları noktaları (E1, E2, G1, G2 ve Fay kinematiği istasyonu).

1.4.2. Su Kimyası Çalışması

Örnekleme için önceden tespit edilen jeotermal kaynaklardan 5 dönem boyunca yerinde ölçümler yapılmıştır. Yerinde yapılan ölçümlerde kaynaktan alınan sularda sıcaklık (T), redoks potansiyeli (mV), tuzluluk (NaCl), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözülmüş tuzlar (TDS) ve rezistivite (Ω) gibi fiziksel parametrelerin ölçümleri yapılmıştır. Her ölçüm noktasından her örnekleme döneminde ayrı olmak üzere 500 ml polietilen şişelere jeotermal sular doldurularak laboratuvar analizi için su örnekleri alınmıştır. Alınan bu örnekler üzerinde major anyon analizleri (F, NO₃, PO₄, HCO₃⁻, CO₃⁼, SO₄⁼ ve Cl⁻) ÇOMÜ Merkez Laboratuvarında yaptırılmıştır.



Şekil 7. Arazide fiziksel parametre ölçümü.

1.4.3. Büro Çalışmaları

Bu aşamada arazi çalışmaları ve laboratuvar sonuçlarından gelen bilgiler derlenmiş ve amaç doğrultusunda birleştirilmiştir. Saha verileri 2022 yılının Şubat, Mayıs, Eylül Aralık ile 2023 yılının Ocak ayında olmak üzere dönemsel olarak toplandıktan sonra çalışmanın konusunu destekleyecek saha ve laboratuvar verilerinin işlenmesi, fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi, daha önceki çalışmalarla karşılaştırılması ve sonuçlarının değerlendirilmesi tez çalışmasının aşamalarını oluşturmaktadır.



İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı ve yakın çevresinde farklı konularda birçok araştırma yapılmıştır. Biga Yarımadasın hem jeolojik hem tektonik açıdan birçok fay segmentini bir arada bulundurması, hem de ham madde kaynakları açısından oldukça ilgi çekici olmasından dolayı araştırmacıların dikkatini çeken bir bölge haline gelmiştir. Bölgede yapılan bazı araştırmalar şunlardır:

2.1. Genel Jeolojik Amaçlı Yapılan Çalışmalar

Diller, (1883), tarafından Kazdağ Masifinin jeolojisi ve petrografisi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada Kazdağ masifi için jeolojik haritalama yapılmıştır. Bu verilere dayalı olarak Kazdağlarını oluşturan birimlerin yaşları tespit edilmiştir.

Kaaden, (1957), bölgeyi kapsayan birçok araştırmayı içeren çalışmasında Kazdağ Masifi ile Uludağ Masifini kıyaslamıştır. Araştırmacı çalışmasında Kazdağını oluşturan kayaların magmatik ve metamorfizma evrelerini değerlendirmiştir.

Bingöl vd., (1973), Biga Yarımadasını oluşturan kaya birimlerinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını çıkararak bölgedeki temel kayaçlarını 'Kazdağ Grubu' olarak adlandırmıştır. Bölgedeki birimlerin yaş tayinlerini K-Ar ve Rb-Sr yöntemleri ile elde etmiştir. Yaşlı kayaların yaşları tespit edilmiştir.

Gözler, (1986), Kazdağlarının batısında yer alan Mıhlı Dere Vadisinde oluşmuş metamorfik istiflerin jeolojik ve petrografik özelliklerini incelemiştir. Masifin bugünkü yapısını kazanmasında Paleozoyik öncesi kompresyon hareketleri, Üst Triyasta görülen bindirmeler ve yeni tektonik hareketler sonucu oluşmuş faylanmalar ile masifin bugünkü yapısı oluşmuştur.

Erdinç, (1987), Balıkesir ilinin İvrindi ilçesi Küçük Yenice Köyü çevresindeki Paleozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaçlar ve Çamcağız Kaolin Yatağını ele almıştır. Çamcağız Kaolin Yatağı, hidrotermal eriyiklerin bozuşmasıyla oluşan bir yataktır. Tersiyer yaşlı

piroklastik kayalar içerisinde gelişmiştir. Bu yataklanma, önemli bir kaolen yatağıdır. Seramik sanayi ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır.

Yaltırak ve Okay (2004), Edremit Körfezi ve Kazdağı ve çevresinin metamorfik birimlerden oluşan Karakaya Karmaşığı'nın fasiyeslerini incelemiştir. Paleotetis Okyanusu'nun Permo-Karbonifer'de açılması ve Triyas döneminde kapanmasıyla ilgili bulguları Karakaya Karmaşığı içerisinde bulunmaktadır.

Yiğitbaş ve Tunç (2020), Biga Yarımadası'nda Jura öncesi yaşlı metamorfik kayaları üç ana tektonostratigrafik birlik olarak değerlendirmiştir. Bu birlikler; Kazdağ, Kalabak ve Karakaya olarak isimlendirmişlerdir. Kazdağ Birliği, Biga Yarımadası'nın temelinde yer almaktadır. Kazdağ Masifi'nin yüksek dereceli metamorfik kayalarından oluşur. Kalabak ve Karakaya birimleri bu metamorfik temel üzerinde bir tektonik dilim olarak yer alır ve metamorfik masifin daha düşük dereceli zonlarını temsil eder. Kalabak Birliği; bir kaç formasyondan oluşmaktadır. Dedetepe, Sazak, Torasan ve tüm bu birimler kesen Devoniyen yaşlı Çamlık metagranodiyoritinden oluşmaktadır. U-Pb zirkon tarihlendirme sonuçlarına göre Kalabak Birliği'ne ait metasedimanter kayaların protolitlerinin maksimum çökeltme yaşları 557-582 My aralığıdır.

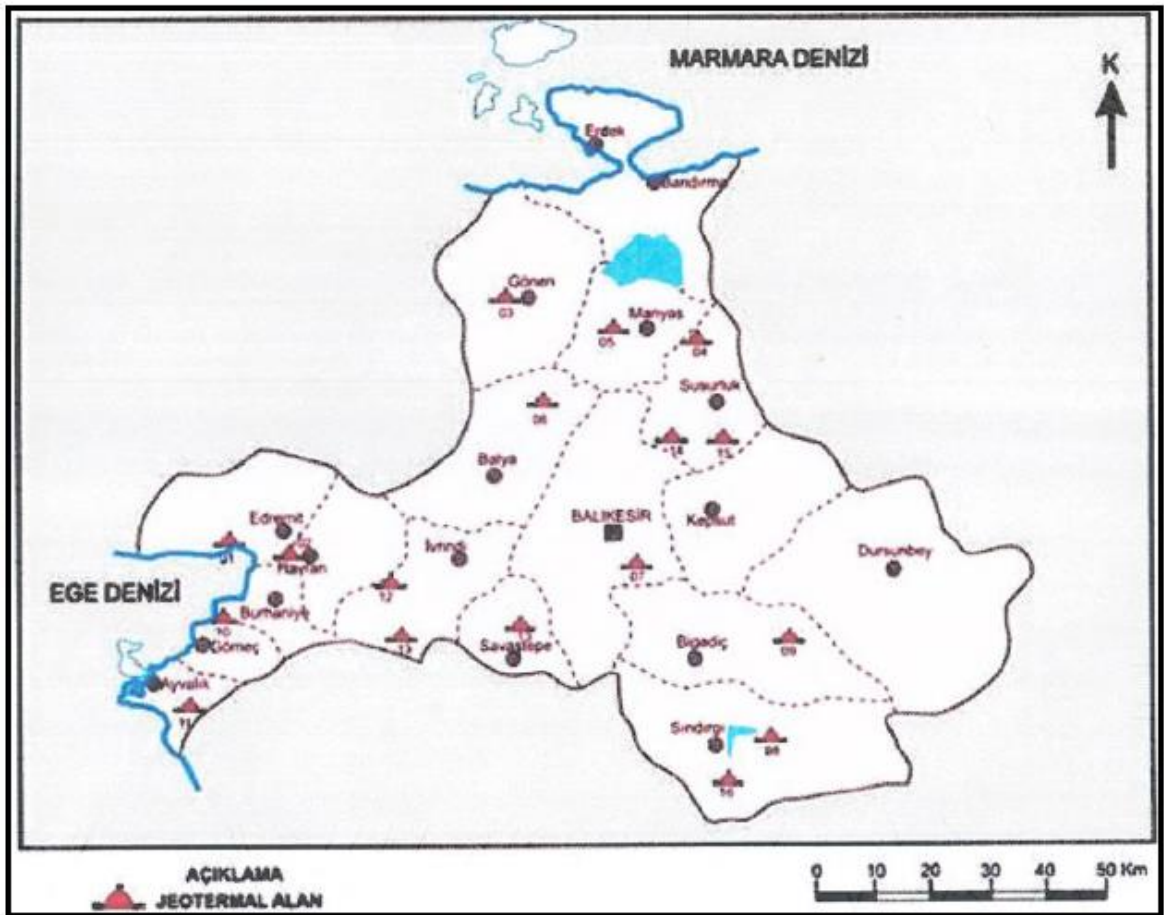
2.2. Hidrojeolojik Çalışmalar

Sarp vd., (1998), “Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları ile Balıkesir-Havran-Derman kaplıca sahasının detay jeotermal etüdü ve gradyan sondajları” isimli çalışmada bu bölgedeki sıcak su kaynaklarının volkanik ve tektonik olaylarla olan ilişkisini çalışmışlardır. Bu kapsamda bölgede yer alan 16 sıcak su kaynağında örneklemeler yaparak bu jeotermal suların hidrojeokimyasal karakterlerini belirlemişlerdir. Bu bölgedeki Derman kaplıca alanının (Güre) sıcaklığı 66 °C olarak tespit edilmiştir.

Yalçın, (2007), Biga Yarımadasında yer alan jeotermal sıcak suların jeokimyasal özelliklerinin ve jeotermal potansiyelini araştırmıştır. Bölgede yer alan 20 adet jeotermal ve 8 adet soğuk su kaynağı çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde sıcak suların çoğunlukla NaSO₄'ce zengin olduğu ve rezervuar sıcaklıklarının 75 °C'nin üzerinde olduğu

tespit edilmiştir. Kazdağ masifindeki kayaların akifer kaya olduğu Karakaya karmaşığının örtü kayalarının geçirimsiz kayalardır.

Yalçınkaya Süzen ve Bayraktar, (2022), çalışmasın da tektonik hareketliliği fazla olan Balıkesir`in 16 jeotermal kaynağın alanına sahip olduğunu ve sıcaklıkları 30°C ile 98°C arasında değiştiğini aralarında mineral bakımından zengin su kaynaklarının bulunduğunu söylemiştir. Bazı kaynaklar doğal yolla yeryüzüne çıkmış veya sondaj sonucu yeryüzüne çıkışı sağlanmıştır yapılan araştırmalar sonucu jeotermal kaynak varlığını barındıran 16 alan olduğu tespit edilmiştir (Dilemre vd., 2006). Balıkesir, jeotermal kaynakları çeşitli alanlarda kullanımını gerçekleştirmiştir. Jeotermal kaynakları kullanım bakımından termal tesis ısınma, seracılık, meyve ve sebze kurutulması gibi kullanım alanlarını incelemiştir.



Şekil 8. Balıkesir ili jeotermal kaynakları (Akkuş vd., 2005).

Balıkesir ilinde bulunan önemli jeotermal alanlar; Ayvalık-Ilıca jeotermal kaynağının sıcaklığı 32.5 °C ile 33.5°C arasında değişmektedir. Balya-Ilıca jeotermal alanı

fay kırılmaları ile oluşmuş dört adet kaynak çıkışı vardır ve kaynağının sıcaklığı 60°C'dir. (Dilemre vd., 2006). Emendere jeotermal alanı tek bir noktadan çıkış göstermiştir, kaynağın sıcaklığı 33°C'dir, mineralce fakir sıcak su olduğu görülmüştür (Dilemre ve Öktü, 1997). Gönen jeotermal alanının birçok su kuyusu bulunmaktadır. Gönen kaplıcası 78°C sıcaklıktadır, Ekşidere kaynakları 34 ile 42°C arasında değişmektedir. Jeotermal alandaki kaynaklar konut ısınması, seracılık ve termal tesis faaliyetleri amacıyla da kullanılmaktadır. Güre Jeotermal alanının da iki adet doğal çıkışlı kaynak bulunmasına rağmen kullanılmamaktadır. Daha çok özel şahıs sondaj kuyuları bulunmakta ve sıcaklıkları 37°C ile 55°C ile değişmektedir. Sıcak su kaynaklarının incelenmesi sonucu florür içeren sodyumlu, sülfatlı termal sular olduğu sonucuna varılmıştır. Bölgedeki kaynakların kullanımı jeotermal kaplıcalar ve ısıtma amaçlıdır. Havran-Derman jeotermal alanında tektonik sıkışmalardan kaynaklı su çıkışı bulunmaktadır, fakat bölgede doğal olarak ortaya çıkan Derman ve Bostancı Köyü kaynaklarından doğal çıkışlı sıcak su artık sağlanamamaktadır. 2000'li yıllardan itibaren açılan sığ sondaj kuyuları şu an kullanılmaktadır ve bu kaynaklardan çıkan sular 30°C ile 66°C ile arasında değişmektedir. Kaynaklardan çıkan sular orta ve çok tuzlu olarak değişmektedir. Aynı zamanda kaplıca bölgelerinde tesis ve sera ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Hisaralan Jeotermalleri 38 kaynağın değerlendirilmesi neticesinde jeotermal suların sıcaklığı 54°C-93,3°C arasında bulunmuştur. Suların analiz sonuçlarına göre florür içeren sodyumlu, bikarbonatlı termal su olarak bulunmuştur. Hisarköy jeotermalleri, 16 adet doğal çıkışlı kaynağı bulunmaktadır fakat kullanılmamaktadır. Bigadiç Belediyesi ve MTA tarafından yapılan araştırmalar sonucunda 98°C de florür içeren sodyumlu bikarbonatlı sülfatlı jeotermal su elde edilmiştir. Kepekler jeotermal alanı fay hattı nedeniyle ortaya çıkmıştır çok sayıda kaynak içermektedir ve kaynakların sıcaklıkları 31°C ve 62°C arasında değişmektedir. Kızık Jeotermal Alan, doğrultu atımlar faylar ile ilişkili olarak ortaya çıkmıştır doğal olarak ortaya çıkan bu kaynak kurumuştur ama açılan kuyulardan ölçülen sıcaklık 51,7°C'dir (Dilemre vd., 2006).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM

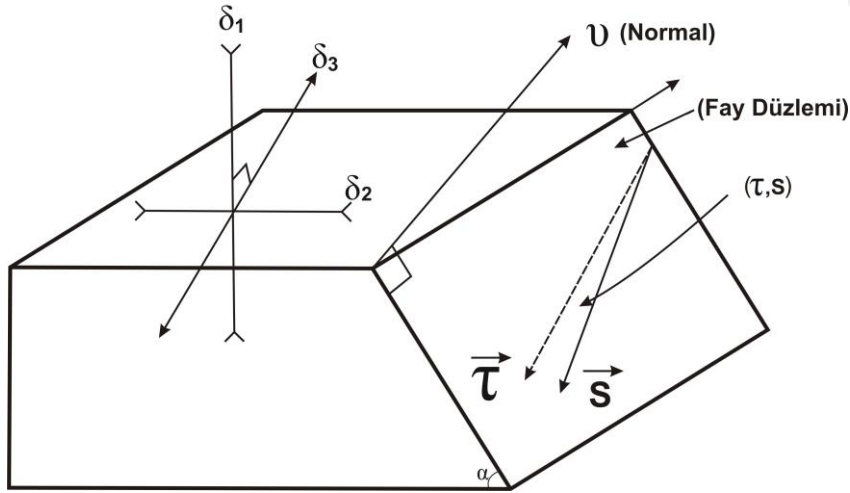
3.1 Fayların Kinematik Analizi

3.1.1 Fayların Kinematik Analizinde Kullanılan Yöntem

Bu çalışma kapsamında kullanılan metod ilk defa (Carey 1979) tarafından belirlenen ve daha sonra bazı yazarlar tarafından (Carey-Guailhardis ve Mercier, 1987) geliştirilen bilgisayar destekli bir sayısal analiz yöntemidir.

Fay düzlemlerinde yer alan fayın doğrultu ve eğimi, kayma vektörü (pitch), fayın hareket yönü ile fayın türü bir veri olarak alınır. Özellikle fayın hareket yönünün belirlenebilmesi kinematik analiz açısından büyük önem taşımaktadır (Şekil 3.1).

Bu metod, seçilmiş depremlerin odak mekanizması çözümlerine de uygulanabilir. Metodun detayları (Över vd., 2001)'de yer almaktadır.



Şekil 9. Bir fay düzlemi kayma vektörü ve düzlem ilişkisi (Över vd., 2001).

3.2 Hidrojeokimyasal Analiz Çalışmaları

Arazi çalışmalarında Eutech Cybercan PCD 650 pH-iletkenlik-iyon ölçer cihazı ile belirlenen noktalardan yerinde ve anında ölçümler yapılmış. Yerinde yapılan bu ölçümlerde; elektriksel iletkenlik (EC), tuzluluk (NaCl), pH, sıcaklık (T), toplam çözülmüş tuzlar (TDS),

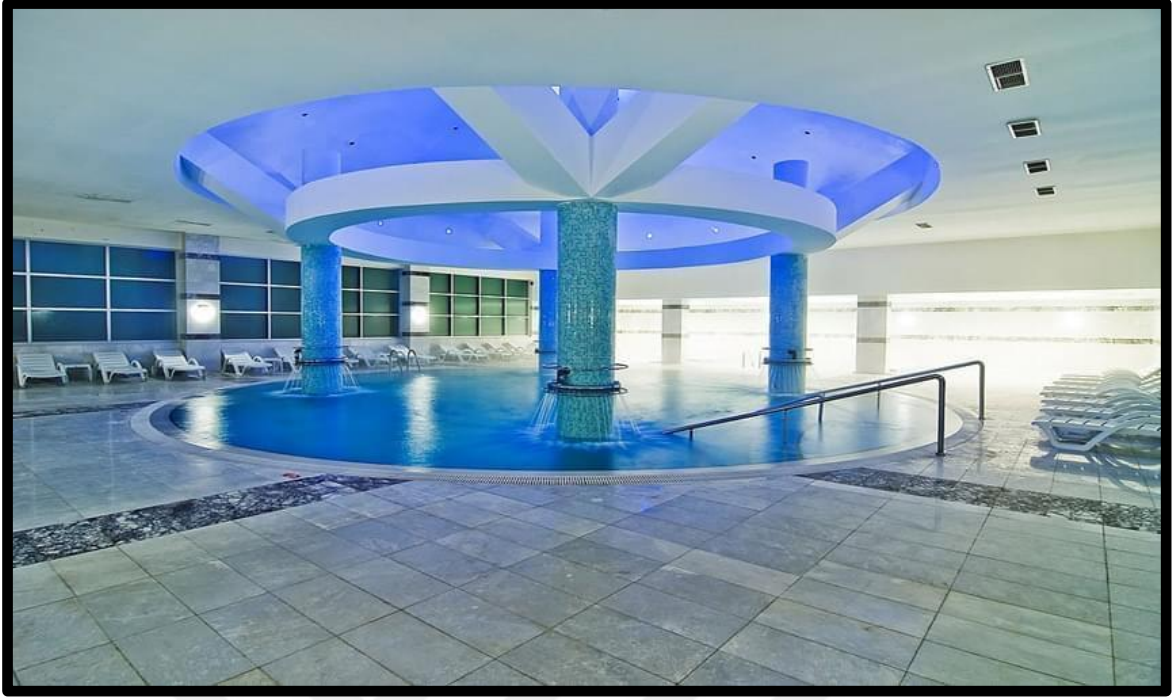
redoks potansiyeli (mV) ve rezistivite (Ω) gibi fiziksel parametrelerin değerleri not edilmiştir. Her ölçümde bu noktalardan numuneler toplanmış, alınan bu örnekler üzerinde major anyon analizleri (F , NO_3 , PO_4 , HCO_3^- , $SO_4^{=}$ ve Cl^-) ÇOMÜ Merkez Laboratuvarında bu testler yaptırılmıştır.

3.2.1. Numune Alım Noktaları Belirlenmesi

Çalışma alanında, çalışma boyunca belirlenen 4 noktadan numune alımı gerçekleşmiştir. İki noktanın bulunduğu Güre sahasında direkt yeryüzüne çıkmış jeotermal nokta bulunmadığından G1 olarak adlandırılan Güre Jeotermal Isı Merkezi, G2 olarak adlandırılan Güre Adriana Termal Otel'den ve diğer 2 numune alım noktası olan Edremit Entur Termal Otel (Derman kaynağı) E1 olarak, Edremit Adramis Otel (Bostancı Köyü Kaynağı) ile E2 olarak adlandırılmış ve bu noktalarda örnekleme yapılmıştır.



şekil 10. Güre Isı Merkezi (G1) ölçüm noktası.



Şekil 11. Güre Adriana Otel (G2) ölçüm noktası.



Şekil 12. Entur Termal Otel (E1) ölçüm noktası.



Şekil 13. Adramis Termal Otel (E2) ölçüm noktası.

Örnekleme noktalarının belirlenmesinde, seçilen noktaların, suyun fiziksel veya kimyasal parametreleri en iyi şekilde yansıtacak olmasına özen gösterilmiştir. Jeotermal kaynaklardan numune alınırken herhangi bir kirlenme ile karşılaşılması için hem numune alınan kaynağa hem de kapların ve polietilen şişelerin temizliğine dikkat edilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çalışma Sahasının Jeolojik Özellikleri

4.1.1 Bölgesel Jeoloji ve Tektonik (Biga Yarımadası)

Biga Yarımadası, coğrafik olarak kuzeyde Kapıdağ Yarımadasından güneyde Edremit Körfezine kadar uzanan bir hattın batısında kalan alanlar olarak bilinmektedir. Yarımada'nın, Paleotetis, Hersiniyen ve kısmen Neotetis Okyanuslarının açılıp kapanma süreçlerinden etkilendikleri bilinmektedir.

Biga Yarımadasının temelini Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar oluşturmaktadır. Bu kayalar yüksek dereceden düşük dereceliye kadar gnays, amfibolit, şist ve mermerlerden oluşmaktadır. Yarımada'nın güney ve güney doğusunda uzanan Kazdağlarında geniş bir yüzlek vermektedir. Topografik olarak kuzey ve güneyindeki tüm alanlardan içerisine aldığı magmatik plütonlar ve volkanik kayalar ile yükselmiştir. Biga yarımadasında yüzlek veren diğer metamorfik masifler; Çamlıca, Geyikli ve Balıklı Çeşme civarında geniş yüzlekler veren şist ve mermerlerden oluşmaktadır.

Bu metamorfik masiflerin üzerine Permian, Triyas, Jura ve Alt Kretase yaşlı derin denizel kireçtaşları uyumsuzlukla gelmektedir. Bu birimler, Ezine ilçesi Karadağ ve Bozalan köyleri ile Bayramiç ilçesi güneyinde dar alanlarda yüzlek vermektedirler.

Biga Yarımadasındaki Neotetis okyanusunun kalıntıları, Üst Kretase yaşlı bir ofiyolitik melanj ile temsil edilmektedir. Neotetis okyanusu, Biga Yarımadasında kısa süreli bir okyanuslaşmaya neden olması sebebiyle temel olarak serpantin ve kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Dümrek, Taştepe, Denizgören, Kazdağları, Karadağ, Balıklı Çeşme ve Bayramiç civarında yer almakta olup, temelde yer alan tüm birimler üzerinde tektonik olarak (bindirme fayı) durmaktadır.

Biga Yarımadası'nın Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı olan metamorfik, karbonatlı ve ofiyolitik kayalar; Senozoyik yaşlı magmatik ve volkanik kayaç toplulukları tarafından kesilmiş ve yükseltilerek bölgenin karasal ortama geçişini sağlamışlardır. Magmatik ve volkanik kayalar içi içe geçmiş bir yerleşim sunmakta olup, Biga Yarımadasının yarısından

fazla ve çok geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Eosenden Pliyosene kadar (özellikle Oligo-Miyosende) geniş bir zaman dilimi içerisinde plütonik olarak granit, granodiyorit ve monzonit ile temsil edilirken; volkanik olarak, andezit, bazalt, trakit, riyolit, aglomera, ignimbirit ve tüfler olarak yüzlek vermektedir. Ezine, Kestanbol, Karabiga, Evciler, Ayvacık, Biga, Kazdağları, Çan, Kirazlı, Behram, Kuş Çayırı ve Taştepe civarında bu birimlerin en iyi mostraları yer almaktadır.

Üst Miyosen-Pliyosende yüksek kesimlerde tamamen karasallaşan ve sahil kesimlerinde geçiş ortamlarını temsil eden akarsu, göl ve kıyı fasiyeslerini temsil eden konglomera, kumtaşı, kiltası, silttaşı ve kireçtaşları altındaki tüm birimleri uyumsuzlukla örtmüştür. Çanakkale Boğazı kıyıları, Çanakkale (İntepe), Gelibolu Yarımadası, Bayramiç, Dalyan, Geyikli, Ezine ve Üvecik civarında bu istifler görülebilmektedir. Bu karasal istifler şekillenirken o dönemde bölgede volkanik aktivenin devam ettiği Taştepe ve Bayramiç civarındaki 8-10 milyon yıllık bazaltik lav çıkışlarından görülebilmektedir.

Biga Yarımadasındaki en genç çökelleri Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır.

Biga Yarımadasının kuzey ve orta kesimleri, KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi etkisi altında şekillenmiş ve günümüzde de bu rejimin etkisi altındadır. Sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayının güney kolu yarımada içerisinde geçerek son bulmaktadır. Bu fayın en önemli uzanımı Yenice-Gönen fayıdır. Üç segmentten oluşan fay, yaklaşık DKD-BGB bir uzanımına sahiptir. Bu fayın dışında Çan-Biga, Etili, Evciler, Karabiga ve Troia civarındaki gibi kısa uzanlımlı faylar bu sıkışma rejimini temsil etmektedirler.

Biga Yarımadasının güneyi, K-G doğrultulu ege genişleme rejiminin etkisi altındadır. Tuzla ve Edremit civarındaki faylar normal fay karakterinde olup bu genişleme rejiminin ürünleridir.

4.2.2 Çalışma Sahası ve Yakın Civarının Jeolojisi ve Tektoniği

Çalışma saha Kazdağları'nın eteklerinde yer almaktadır. Bu bölgede Kazdağları'na ait Bingöl (1975) tarafından Kazdağ Grubu olarak adlandırılan gnays, amfibolit ve mermer gibi kayaçlar yer almaktadır. Bu bölge, Okay vd. 1990 ve Okay ve Satır (2000b) tarafından

Oligo-Miyosen metamorfik çekirdek kompleksi olarak değerlendirilmiştir. Miyosen sonrası gelişen genişleme tektonik rejimin bir sonucu olarak bu bölgenin yükseldiği düşünülmektedir. Kazdağ Grubu, Sakarya Zonu içerisinde yer almakta olup kuzeybatı Anadoludaki en alt kabuk seviyelerini sergilemektedir (Duru vd., 2004). Kazdağ Masifi kıvrımlı bir yapısal özellik sunarken, KD-GB yönünde bir kıvrım eksenine sahiptir. (Duru vd., 2004; Yücel-Öztürk vd., 2005). Metamorfizmaya uğramış ultramafik kayalar ve metagabrolar bir dom oluşturur ve bu kayalar bu kütlede çekirdeğini oluştururlar. Yukarı doğru mermer, amfibolit ve gnaysa geçerler. (Bingöl, 1969; Pickett ve Robertson, 1996). Kazdağ Masifi, amfibolit, mermer, migmatit, gnays, kalk-silikatik gnays ve metaserpantinitle içerir ve genel olarak amfibolit fasiyesinde bir metamorfizma ile temsil edilir (Okay ve Satır, 2000b).

Yaltırak ve Okay (2004) tarafından Kazdağ'ın ana yapısını oluşturan amfibolit-granülit fasiyesinde ki metamorfik kayaları Kazdağ Grubu olarak tanımlamıştır. Tanımladığı bu metamorfik kayalar kendi içinde dört stratigrafik üniteye ayrılmıştır. Kazdağ zirvesinde en altta bulunan birim Babadağ Formasyonu onun üzerinde mermerlerden oluşan Sarıkız Formasyonu üzerinde mermer arakatlı amfibolitlerden oluşan Kavurmacılar Formasyonu ve dereceli geçişle mermer arakatlı gnayslardan oluşan Altınoluk Formasyonu yer almaktadır.

Yaltırak (2010), araştırmasında Kazdağ grubunun üzerinde bir sıyrıma fayı dokanağı ve yeşilist fasiyesinde metamorfik Karakaya Karmaşığının bulunduğunu ve doğuda Paleozoyik yaşlı bir temel üzerinde geliştiğini söylemiştir.

Yaltırak (2003), çalışmasına göre, Edremit Körfezi batısında en yaygın yapı normal faylanmadır. Bu faylar arazide metreden kilometre boyutuna kadar varan atımlarla değişmektedir. Bu fayların eğim açıları 45-85 derece arasında değişmekte, 70-78° ve 115-138° doğrultusunda bulunmaktadır. Arıklı-Küçükçetmi Fayı, Arıklı ile Küçükçetmi köylerinin kuzeyinde 70/46GD doğrultuludur. Kocakaya Fayı 107/78GB doğrultulu normal bir faydır. Çakalini Fayı 86/50GD doğrultuludur ve 2km uzunluğa sahiptir. Narlı Fayı, Narlı köyünden Kazdağ'na çıkan sırtlarda Kızılkıran Formasyonu ve Doyranlı-Narlı Granodiyoridi arasında 90/88G doğrultulu normal fay, dike eğimli olarak yer alır. Edremit Körfezinin batısında kıyıya yakın olarak bulunan kıyı alüvyonları ile temel arasında kalan Altınoluk batısından başlayıp Ahmetli Deltasında denize giren Küçükkuşu-Altınoluk Fayı



Şekil 15. Edremit Körfezi ve Diri Fay Haritası (MTA).

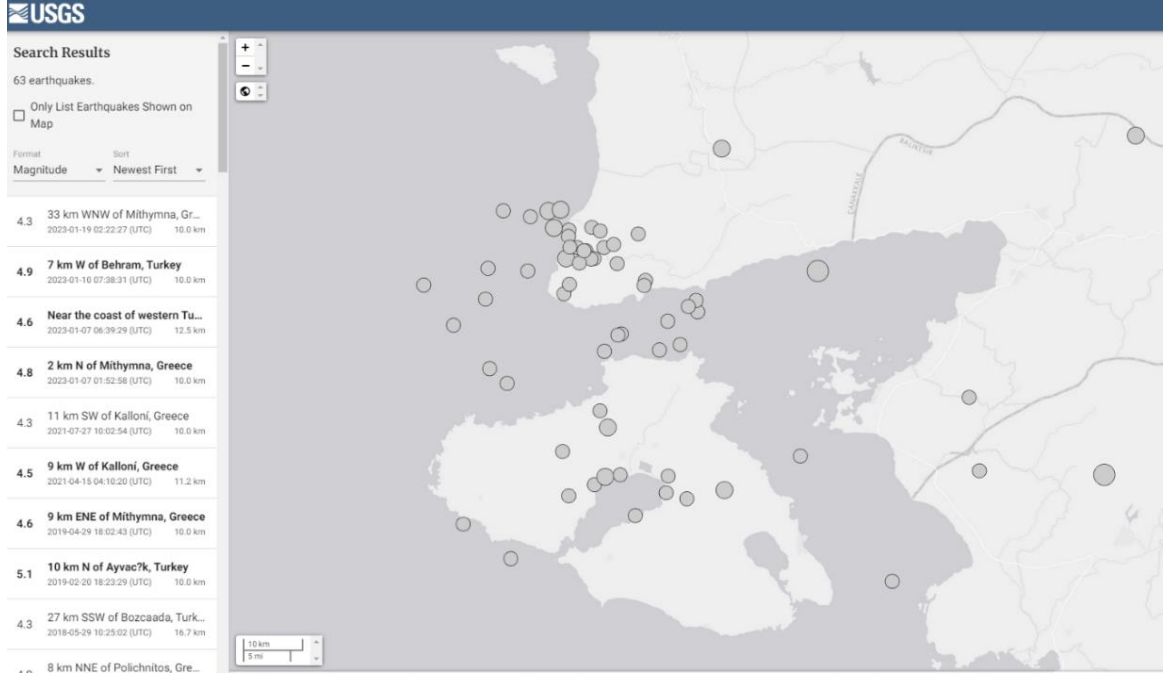
Saha gözlemlerine (Yalıtırak, 2003) ve yansımali deniz sismigi verilerine (Altınok vd., 2012) göre 1944 depremi kırığının yaklaşık 35 km uzandığı söylenebilir. Kuzey Ege Bölgesinde oluşan depremlerin ortalama odak derinlikleri 5 ile 10 km arasında değişmekte, en fazla 10-12 km ye kadar ulaşabilmektedir (Taymaz vd., 1991; Altınok 2013).

Gezer ve Bekler (2021) in yayınladığı çalışmaya göre; Ayvacık başta olmak üzere yakın çevresinde 6 Şubat 2017 tarihinde meydana gelen $M_w=5.4$ büyüklüğündeki deprem süreklilik göstererek tektonik hareketlilik devam etmiştir.

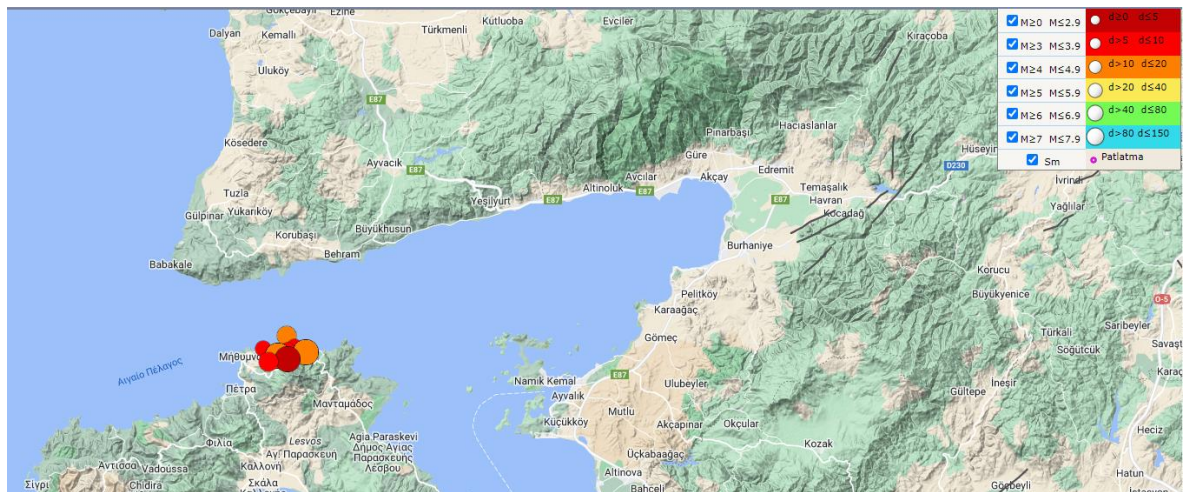
Kartal vd. (2017), çalışmasına göre 12 Haziran Midilli-Karaburun açıklarında aletsel büyüklüğü $M_w= 6.2$ (AFAD) olan bir deprem meydana gelmiştir. Fay düzlemi çözümü, K 53 B, 45 GB yönelimli normal faylanmayı göstermiştir. Ana şok sonrası büyüklükleri 4.0-5.3 arasında değişen 17 artçı deprem meydana getirmiştir. Bu deprem sonrası 100 km. dairesel alan içinde aletsel dönemde meydana gelen ve büyüklüğü 4.5 den büyük olan depremlerin fay düzlemi çözümü coulomb stres analizi ile çözülmüş ve Edremit Fay Zonunun, 1944 yılında kırılan kısmının doğu segmenti üzerinde stres birikiminin 0.8-1.0 bar arasında olduğu ve bu bölgenin deprem potansiyelinin yüksek olabileceğini düşündürmüştür.

Bu tezin araştırma döneminde Midilli Adası kuzeyinde meydana gelen üç önemli tektonik hareketliliği değerlendiren (Seyitoğlu, 2023), çalışmasında 07.01.2023 tarihinde

büyüklüğü $M=4.7$ ve 4.6 olmak üzere iki, 10.01.2023 tarihinde ise büyüklüğü $M=4.9$ olan toplam üç sismik etkinliğin olduğunu ve çok sayıda artçı meydana geldiğini ifade etmiştir. Bu sismik etkinliğin kaynağı USGS dışmerkez konumları ve odak mekanizması çözümlerine göre Edremit Fayı (Seyitoğlu vd., 2022) olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 16. Çalışma sahasında son yüzyılda (1923-2023) $M:4$ 'den büyük depremlerin dağılımı. Burada Edremit depremi (06.10.1944, $M: 6.7$) çalışma sahası içerisinde yer almaktadır (USGS Kataloğu).



Şekil 17. Saha çalışması döneminde Midilli Adasında 07.01.2023-10.01.2023 tarihinde meydana gelmiş depremler (BDTİM).

M 4.8 - 2 km N of Mithymna, Greece

2023-01-07 01:52:58 (UTC) | 39.389°N 26.174°E | 10.0 km depth

Moment Tensor

[View all moment-tensor products \(1 total\)](#)

Contributed by [US¹](#) last updated 2023-03-11 22:51:44 (UTC)

✓ The data below are the most preferred data available
✓ The data below have been reviewed by a scientist

Regional Moment Tensor (Mwr)

Moment 2.340e+16 N·m

Magnitude 4.85 Mwr

Depth 13.0 km

Percent DC 48%

Half Duration -

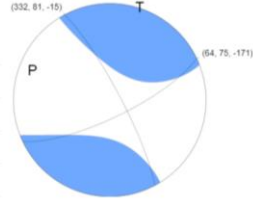
Catalog US

Data Source [US¹](#)

Contributor [US¹](#)

Nodal Planes

Plane	Strike	Dip	Rate
NP1	332°	81°	-15°



M 4.6 - Near the coast of western Turkey

2023-01-07 06:39:29 (UTC) | 39.413°N 26.200°E | 12.5 km depth

Moment Tensor

[View all moment-tensor products \(1 total\)](#)

Contributed by [US²](#) last updated 2023-03-11 22:51:44 (UTC)

✓ The data below are the most preferred data available
✓ The data below have been reviewed by a scientist

Regional Moment Tensor (Mwr)

Moment 8.444e+15 N·m

Magnitude 4.55 Mwr

Depth 16.0 km

Percent DC 93%

Half Duration -

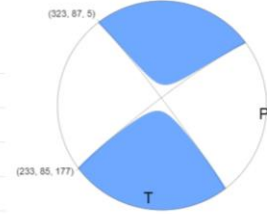
Catalog US

Data Source [US²](#)

Contributor [US²](#)

Nodal Planes

Plane	Strike	Dip	Rate
NP1	233°	85°	177°



Şekil 18. Midilli Adasında 07.01.2023 tarihinde meydana gelmiş deprem çözümleri (USGS).

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanında, İzmir-Çanakkale yolu üzerinde bulunan çalışma alanlarına uzaklığı; G1 ve G2 noktalarına yaklaşık 8km, E1 ve E2 noktalarına yaklaşık 21km olan fay düzlemlerinden 25 adet kinematik fay düzlemi ölçümü yapılmıştır. Bu fayların ortak ters çözümü sonucunda Edremit Fayı'nın, en küçük asal gerilme ekseninin yatay düzlemde ve dış yayda (sigma 3, 209/17) ve en büyük asal gerilme ekseninin düşey düzlemde ve merkezde (sigma 1, 343/67) olduğu bir genişleme rejimi altında geliştiği görülmektedir. KKD-GGB yönlü genişleme rejimi altında gelişen ve yaklaşık D-B doğrultulu ve sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip olan verrev atımlı bir normal faylanma karakterinde bir fay olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.1-4).



Şekil 19. Edremit Fayının görünümü (35 S 0482421-4380177, h: 7 m., İzmir-Çanakkale yolu, Yarmataş Mevki, Altınoluk Antandros Ören Yeri civarı yol yarması).

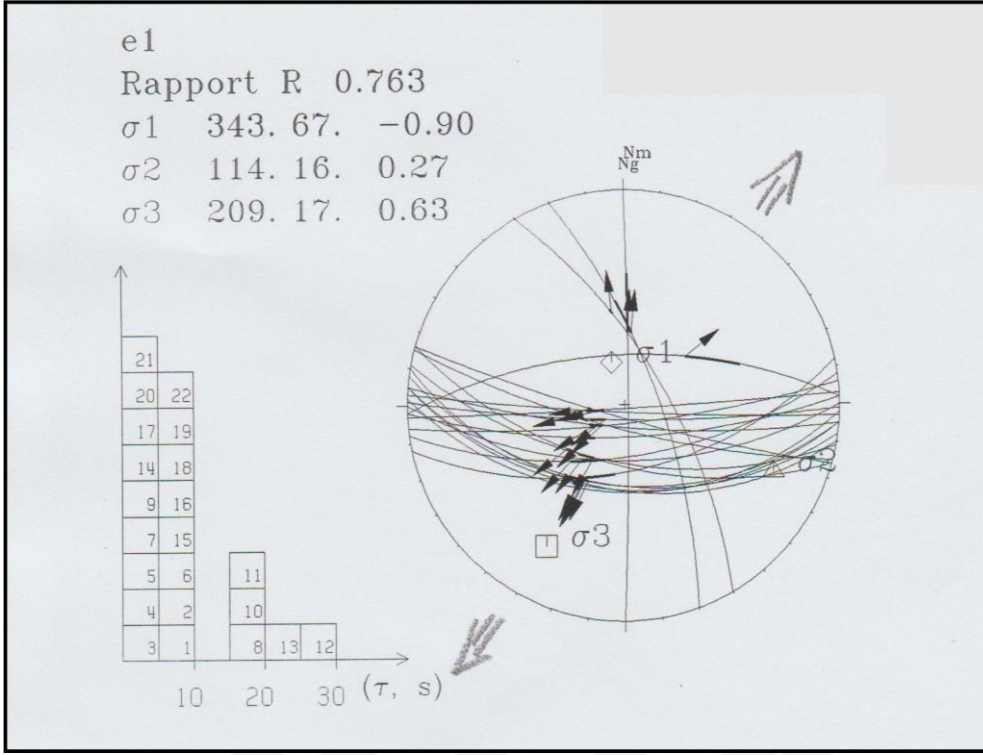


Şekil 20. Edremit Fay düzlemi yakından görünümü.

Edremit Fayı düzlemindeki kayma çizikleri, tektonik hareket sonucu sürtünme hareketiyle oluşan tavan ve taban bloğunun hareketini gösteren fay çizikleridir. Şekil 5.2 yakından görünümü ve Şekil 5.3 uzaktan görünümüdür.



Şekil 21. Edremit Fay düzlemi uzaktan görünümü.



Şekil 22. Edremit Fayına ait fay kinematığı çözümü.

Kinematik analiz çözümlmelerine göre oklarla gösterilen yönlerde KKD-GGB genişleme rejiminde ve D-B yönlü sağ yanal doğrultu atım bileşeni olan normal fay karakterinde olduğu görülmektedir (Şekil 5.4).

Aktif faylarla doğrudan ilişkili ya da bu unsurlar civarında yeryüzüne çıkan sıcak suların varlığı bilinmektedir. Bu kaynaklar, aktif fayların davranışlarından etkilenmektedirler. Olası orta ve büyük bir deprem sırasında ne tür değişiklikler olduğu birçok araştırmaya konu olmuştur. Batı Anadolu'da yer alan jeotermal sahalarda aktif faylar ile ilişkili alanlarda periyodik ölçümler ve incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmalarda önemli sonuçlar elde edilmiştir. 24.05.2014 tarihinde Gökçeada açıklarında olan 6.4 büyüklüğündeki deprem öncesi, sırası ve sonrasında Güre Jeotermal alanından alınan örneklerde ve yerinde yapılan ölçümlerde su kimyasında değişikliklerin olduğu görülmüştür (Kaçar vd., 2017). Benzer şekilde 21.07.2017 tarihinde Gökova körfezinde meydana gelen 6.6 büyüklüğünde, 22.11.2017 tarihinde meydana gelen 5 ve yine 25.11.2017 tarihinde 5.3 büyüklüğünde olan depremler öncesi, sırası ve sonrasında Muğla ile içerisinde yer alan jeotermal kaynaklarda değişimler olmuştur (Ateş ve Özden, 2021). Yine 19.05.2011 tarihinde Simav ilçesinde meydana gelen 5.8 büyüklüğünde deprem sonrasında bu kaynakta

hidrojeokimyasal değişimler yakalanmıştır (Ateş ve Tutkun, 2014). Son olarak 30.10.2020 tarihinde Kuşadası Kõrfezinde meydana gelen 6.8 büyüklüğündeki deprem öncesi, sırası ve sonrasında körfezde yer alan jeotermal kaynaklarda bazı değişimler yakalanmıştır (Ateş vd., 2023).

Edremit fayı boyunca; şubat 2022, Mayıs 2022, Eylül 2022, Aralık 2022 ve Ocak 2023 tarihlerinde tez proje alanında arazi çalışmaları ile sıcak su kaynaklarında yerinde ölçüm ve su rneklemeēi çalışması yapılmıştır. Bunlar Gre-Isı Merkezi, Gre-Adrına Termal Otel, Edremit-Entur Termal Otel (Derman Kaynağı) ve Edremit-Adramis Termal Otel (Bostancı Köyü Kaynağı) sıcak su kaynaklarıdır (Tablo 5.1).

Bu verilere göre, termal sular 39 ile 80 derece arasında sıcaklıklara sahiptirler. pH değerleri en düşük değer 5.33, en yüksek değer 7.93 tür. Elektriksel iletkenlik değerlerinde en düşük değer 773.60, en yüksek değer 1617.00 mikro saniyedir.

Tablo1.

Proje alanında belirlenen sıcak su kaynaklarında yapılan yerinde ölçüm ve analiz sonuçları.

rnek No	Tarih	T	pH	EC	F	Cl	NO ₃	PO ₄	SO ₄	CO ₃	HCO ₃
		(°C)		(µS)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
G1	16.02.2022	80,50	7,93	1486,00	0,65	87,75	0,00	4,65	476,65	18,00	157,00
	19.05.2022	59,70	7,72	1087,00	9,21	48,87	0,00	0,00	385,77	0,00	54,00
	15.09.2022	60,20	7,44	1176,00	8,45	103,85	0,00	4,65	442,10	6,00	157,00
	18.12.2022	79,10	7,27	1452,00	6,50	23,92	0,00	0,00	212,46	14,00	26,00
	08.01.2023	77,80	7,56	1473,00	6,44	57,16	0,00	0,00	459,11	24,00	21,00
G2	16.02.2022	60,50	7,13	1568,00	8,37	79,35	0,00	0,00	335,73	0,00	94,00
	19.05.2022	61,80	6,96	1549,00	9,35	90,35	0,00	0,00	51,89	12,00	153,00
	15.09.2022	61,10	7,15	1617,00	15,80	66,75	0,00	0,00	541,65	0,00	49,00
	18.12.2022	ÖRNEKLEME YAPILMADI									
	08.01.2023	ÖRNEKLEME YAPILMADI									
E1	16.02.2022	41,80	7,61	987,10	5,02	50,96	1,96	1,86	250,61	0,00	85,00
	19.05.2022	39,70	7,30	1105,00	5,46	42,00	3,74	0,00	216,92	0,00	80,00
	15.09.2022	41,90	7,32	1216,00	9,16	56,12	0,00	3,72	386,28	0,00	72,00
	18.12.2022	38,90	6,80	1041,00	9,16	51,24	0,00	2,79	309,33	0,00	68,00
	08.01.2023	38,40	5,37	994,60	5,86	47,88	0,00	0,00	291,11	6,00	64,00
E2	16.02.2022	39,00	7,89	853,60	8,32	51,72	0,00	0,00	419,08	0,00	53,00
	19.05.2022	40,50	7,27	832,10	5,64	42,44	1,92	0,00	239,72	10,00	76,00
	15.09.2022	39,80	7,27	773,60	10,86	56,40	0,00	2,79	339,69	0,00	70,00
	18.12.2022	38,30	6,72	798,70	5,06	40,86	2,72	0,00	223,80	0,00	85,00
	08.01.2023	39,50	5,33	809,20	3,39	41,55	0,00	0,00	232,93	2,00	82,00

Laboratuvar sonuçlarından elde edilen verilere göre, termal sularda bulunan flor (F) elementi, en düşük değer 0.65, en yüksek değer 15.80 mg/l'dir. Klor (Cl) elementi en düşük değeri 23.92, en yüksek değeri 103.85 mg/l'dir. Nitrat (NO₃) en düşük değeri 0, en yüksek değeri 3.74 mg/l dir. Fosfat (PO₄) elementi en düşük değeri 0, en yüksek değeri 4.65 mg/l'dir. Sülfat (SO₄), en düşük değeri 51,89, en yüksek değeri 541,65 mg/l'dir. Karbonat (CO₃) en düşük değeri 0, en yüksek değeri 24,00 mg/l'dir. Bikarbonat (HCO₃) en düşük değeri 21,00, en yüksek değeri 157,00 mg/l olarak ölçülmüştür.

Örnekleme dönemi içerisinde ve bölgenin yakın çevresinde karada ve denizde 4 (Mw)'den büyük 15 adet deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden üç tanesi Midilli adası hemen kuzeyinde (kaynaklara uzaklığı 50-70 km) olup 6-10 Ocak 2023 tarihleri arasında meydana gelmiştir. Jeotermal kaynakların bu depremler sırasında ve sonrasında bazı fiziko-kimyasal değişimler yaşadığı değerlendirilmektedir.

Termal suların ocak ayında (07.01.2023-10.01.2023) gerçekleşen büyüklüğü M=4.7 ve 4.6 olmak üzere iki adet ve 10.01.2023 tarihinde ise büyüklüğü M=4.9 olan depremler meydana gelmiştir. Bu depremler sırasında ölçüm noktalarında, Güre Isı Merkezi (G1) kaynağında karbonat (CO₃) değerlerinde yükseliş ve bikarbonat (HCO₃) değerlerinde düşüş olduğu gözlenmektedir. Edremit Entur Termal Otel (E1) kaynağında pH değerinde ve nitrat (NO₃), bikarbonat (HCO₃) değerlerinde düşüş, karbonat (CO₃) değerlerinde yükselme gözlenmiştir. Edremit Adramis Otel (E2) Bostancı kaynağında ki sularda fizikokimyasal özelliklerinde pH, flor (F) anyonların da bir düşüş, bikarbonat (HCO₃) değerlerinde yükseliş olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Akkus, I., Akıllı, H., Ceyhan, S., Dilemre, A., & Tekin, Z. (2005). Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Envanter Serisi-201 Ankara (in Turkish).
- Carey-Gailhardis, E. ve Mercier, JL (1987). 'Deprem popülasyonlarının odak mekanizmalarını kullanarak stres durumunu belirlemek için sayısal bir yöntem: Tibet telesizmine ve Güney Peru'nun mikro depremselliğine uygulama.' Dünya ve Gezegen Bilimi Mektupları, 82(1-2), 165-179.
- Bingöl E., (1969). Kazdağ Masifinin Merkezi ve Güneydoğu Kesiminin Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 72: 110-123.
- Bingöl, E., Akyürek, B., ve Korkmazer, B. (1973). Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Ankara, 70-76.
- Carey, E. (1979). Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles. Revue Geological Dynamic and Géography Physic, 21, 57-66.
- Carey-Gailhardis, E., Mercier, J.L. (1987). A numerical method for determining the state of stress using source mechanisms of earthquake populations. Earth and Planetary Science Letters, 82, 165-179.
- Dilemre, A. ve Öktü, G. (1997). Türkiye termal ve mineralli sular envanteri Balıkesir (10). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
- Dilemre, A., Gökalp, Y., Hakyol, S. Orakcı, A. ve Sarp, S. (2006). Balıkesir ili jeotermal kaynakları değerlendirme raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

- Diller J. S., (1883). Notes on the Geology of the Troad. *Quarterly Journal Geological Society of London*, XXXIX, 627-639.
- Duru, M., Ilgar, A., Dönmez, M., Atabey, E., Pehlivan, Ş., Akçay, A. E., ve Altunkaynak, Ş. (2004). 'Türkiye Jeoloji Haritaları İ17 Paftası, 1: 100000' MTA, Ankara
- Erdinç, H. (1987). Çamcağız kaolininin (İvrindi - Balıkesir) jeolojisi ve teknolojik özellikleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(1), 115-145.
- Gezer, A., ve Bekler, T. (2021). '6 Şubat 2017, Mw= 5.4 Ayvacık Depremi Öncesi ve Sonrası Temel Deprem Tehlike Parametrelerinin Analizi' Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences, 7(1), 82-99.
- Gözler M. Z., (1986). Kazdağ Batısı Mıhlıdere Vadisinin Jeolojik ve Petrografik İncelemesi. *TJK Bülteni*, 29/1: 133-142
- Kaaden, G. V. D. (1957). Canakkale, Biga, Edremit Yarımadası bölgesindeki jeolojik saha çalışmaları ve maden yatakları hakkında rapor. MTA Report, (2661).
- Kaçar, B., Özden, S., ve Ateş, Ö., (2017). Güre (Balıkesir) Jeotermal Alanının Jeolojisi, Hidrojeokimyası ve Aktif Tektonikle İlişkisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(2), 243-258.
- Kartal, R. F., Demirtaş, R., ve Kadiriöğlü, (2017). F. T. 12 Haziran 2017 Midilli-Karaburun Depremi (Mw 6.2), 21. Aktif Tektonik Araştırma Grubu Çalıştayı, 2017. Afyon.
- Kervankıran, İ. (2012). Afyonkarahisar İlinde Jeotermal Enerji Kullanımı ve Sorunları, *Marmara Coğrafya Dergisi*, İstanbul
- O'Gorman, E. J., Benstead, J. P., Cross, W. F., Friberg, N., Hood, J. M., Johnson, P. W., ... and Woodward, G. (2014). Climate change and geothermal ecosystems: natural laboratories, sentinel systems, and future refugia. *Global change biology*, 20(11), 3291-3299.

- Okay, A. I., and Satir, M. (2000). 'Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey'. *Geological Magazine*, 137(5), 495-516.
- Okay, A. İ., Siyako, M., ve Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Över, S., Ünlügenç, UC ve Özden, S. (2001). 'Hatay bölgesinde etkin zayıflama durumları.' *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Arastırma Merkezi Bulteni, Yerbilimleri*, 23, 1-14.
- ATEŞ, Ö., Tutkun. S. Z., (2014). Simav (Kütahya) Depremlerinin Jeotermal Sistemlerdeki Hidrojeokimyasal Değişimleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(3), 25-40.
- Ateş, Ö., Özden, S., (2021). Jeotermal Sistemlerdeki Aktif Tektonik Kaynaklı Bazı Hidrojeokimyasal Değişiklikler: Muğla Bölgesi Örneği. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, cilt.8, sa.14, 1-14.
- 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'Gn. Directorate of Mineral Research and Exploration, Rep, 10537.
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BALIKESIR>
- TJD (2015). Geothermal Energy Development Report, Turkish Geothermal Association (TJD), Ankara (Unpublished).

- Yalçınkaya Süzen, A. ve Bayraktar, B., (2022). 'Balıkesir'de Bulunan Jeotermal Kaynaklar ve Kullanım Alanları' Balıkesir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,3(2), 123-135.
- Yalçın, T., (2007). Geochemical Characterization of the Biga Peninsula Thermal Waters (NW Turkey) Springer Science-Aquat Geochem
- Yaltrak, C. (2003). Edremit Körfezi'nin Pliyo-Kuvaterner Tektonik Evrimi. Türkiye Kuvaterneri Çalıştayı IV. Mayıs 2003. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yaltrak, C. (2003). Edremit Körfezi ve kuzeyinin jeodinamik evrimi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Yaltrak, C., Okay A. İ., (2004). Edremit Körfezi Kuzeyinde Paleotetis Birimlerinin Jeolojisi. İTÜ Dergisi/d 1: 67-79
- Yaltrak, C., vd. (2010). Edremit Körfezi kuzeyinde Paleotetis birimlerinin jeolojisi. İTÜ DERGİSİ/d, 2010, 3.1.
- Yılmaz, S. (2009). Determining the potential of geothermal potential of Western Anatolia, 11th Turkey Energy Congress, Izmir (in Turkish).
- Yiğitbaş, E., ve Tunç, İ. O. (2020). 'Biga Yarımadası'nda Sakarya zonunun prekambriyen metamorfik kayaları; Geç ediyakaran gondwanaland aktif kıta kenarı.' Türkiye Jeoloji Bülteni, 63(3), 277-302.