

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**DEREKÖY (ALTIEYLÜL, BALIKESİR) CİVARINDAKİ ERKEN
MİYOSEN YAŞLI YÜREKLİ VOLKANİTİNİN PETROGRAFİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

SEZGİN SEVİNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN (Tez Danışmanı)
Prof. Dr. Şener CERYAN
Dr. Öğr. Üyesi Emre Aytuğ ÖZSOY

BALIKESİR, OCAK - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sezgin SEVİNÇ tarafından hazırlanan “DEREKÖY (ALTIEYLÜL, BALIKESİR) CİVARINDAKİ ERKEN MİYOSEN YAŞLI YÜREKLİ VOLKANİTİNİN PETROGRAFIK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 6 Ocak 2023 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN
Balıkesir Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Şener CERYAN
Balıkesir Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Emre Aytuğ ÖZSOY
Eskişehir Teknik Üniversitesi

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Dilek TÜRKER

.....

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Dereköy (Altiyöl, Balıkesir) Civarındaki Erken Miyosen Yaşlı Yürekli Volkanitin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Sezgin SEVİNÇ

ÖZET

**DEREKÖY (ALTIEYLÜL, BALIKESİR) CİVARINDAKİ ERKEN MİYOSEN
YAŞLI YÜREKLİ VOLKANİTİNİN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SEZGİN SEVİNÇ
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ GÖKHAN BÜYÜKKAHRAMAN)**

BALIKESİR, OCAK - 2023

Bu çalışmada Dereköy (Altıeylül, Balıkesir) civarında mostra veren Erken Miyosen yaşlı Yürekli volkanitinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışma sahasında yüzlek veren 3 ana birim vardır. Bunlar sırasıyla Bağburun Formasyonu (Oligosen), Hallaçlar Formasyonu (Üst Oligosen-Alt Miyosen) ve bu çalışmanın konusu olan Yürekli volkanitidir (Alt Miyosen). Yürekli volkanitinden sistematik olarak derlenen örnekler üzerinde petrografik ve jeokimyasal analizler yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen sonuçlara göre; kayaçların hâkim dokusu yarı kristalli porfirik dokudur. Bunun yanında glomerofirik, glomeroporfirik dokular, amigdoloidal doku ve akma dokusu gibi özel dokulara da rastlanır. Kayaçların mineralojik bileşimleri Kuvars + alkali feldspat + plajiyoklaz + biyotit + hornblend (amfibol) + opak mineraller ± piroksen şeklindedir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre Yürekli volkanitini oluşturan kayaçlar kalk-alkalin karakterli, yüksek K'lı olup, bileşimleri ise çoğunlukla andezit, bazaltik andezit ve dasittir. Tüm kayaçlar kıtasal yay ortamında meydana gelmiştir. Yürekli volkaniti kayaçlarının nadir toprak element dağılım diyagramlarına bakıldığında, negatif Eu anomalisinin tipik olduğu gözlenmektedir. Bu durum plajiyoklazın fraksiyonel kristalleşmesinden kaynaklanır. Bu verilere göre literatürde şimdiye kadar “Yürekli Dasiti” olarak adlandırılan birime değişen litoloji nedeniyle “Yürekli volkaniti” demenin daha doğru bir tanımlama olacağı sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Dereköy, Balıkesir, Yürekli volkaniti, petrografi, jeokimya.

Bilim Kod / Kodları : 92010

Sayfa Sayısı : 51

ABSTRACT

PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE EARLY MIOCENE AGED YÜREKLİ VOLCANITE AROUND DEREKÖY (ALTİEYLÜL, BALIKESİR)

MSC THESIS

SEZGİN SEVİNÇ

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. GÖKHAN BÜYÜKKAHRAMAN)

BALIKESİR, JANUARY - 2023

The petrographic and geochemical features of the Early Miocene aged Yurekli volcanite outcropping around Dereköy (Altıeylül, Balıkesir) were investigated in this study. There are 3 main units outcropping in the study area. These are the Bağburun Formation (Oligocene), the Hallaçlar Formation (Upper Oligocene-Lower Miocene) and the Yürekli volcanite (Lower Miocene), which is the subject of this study, respectively. Petrographic and geochemical analyzes were performed on the systematically collected samples from the Yurekli volcanite. According to the results from the analyzes; The dominant texture of the rocks is semi-crystalline porphyritic texture. In addition, special textures such as glomerophytic, glomeroporphyritic textures, amygdoloidal texture and flow texture are also encountered. Mineralogical compositions of the rocks are quartz + alkaline feldspar + plagioclase + biotite + hornblende (amphibole) + opaque minerals ± pyroxene. According to the results of the chemical analysis, the rocks forming the Yürekli volcanite are calc-alkaline in character and high K, and their compositions are mostly andesite, basaltic andesite and dacite. All rocks were formed in a continental arc setting. When the rare earth element distribution diagrams of the Yürekli volcanite rocks are examined, it is observed that the negative Eu anomaly is typical. This is due to the fractional crystallization of plagioclase. According to the data, it was concluded that the unit called "Yürekli Dacite" in the literature until now would be a more accurate definition to say "Yürekli volcanite" due to the changing lithology.

KEYWORDS: Dereköy, Balıkesir, Yürekli volcanity, petrography, geochemistry.

Science Code / Codes : 92010

Page Number : 51

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.2 Çalışma Alanının Coğrafik Durumu	1
1.3 Çalışma Yöntemi	2
1.4 Önceki Çalışmalar.....	3
2. BÖLGESEL JEOLJİ	9
2.1 Paleojeolojik Evrim	9
2.2 Stratigrafi	10
3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ	13
3.1 Bağburun Formasyonu.....	13
3.2 Hallaçlar Formasyonu	15
3.3 Yürekli Volkaniti	18
4. PETROGRAFI	21
5. JEOKİMYA	32
5.1 Ana Element Jeokimyası.....	32
5.2 Eser Element Jeokimyası	36
5.3 Nadir Toprak Element Jeokimyası.....	43
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
7. KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google Maps, 2022'den değiştirilerek).....	4
Şekil 2.1: Türkiye'nin temel tektonik birimleri (Okay, 1989; Okay ve Tüysüz, 1999).	9
Şekil 2.2: Biga Yarımadası'nın stratigrafik kolon kesiti. (Atabey, 2004; Dönmez vd. 2005).	12
Şekil 3.1: Dereköy ve civarının genel jeoloji haritası (MTA, 2023'den değiştirilerek).	13
Şekil 3.2: Bağburun Formasyonunun Havran'ın kuzey kesimindeki mostra görüntüsü.	14
Şekil 3.3: Bağburun Formasyonuna ait volkanik kayaların yakından görünümü.	15
Şekil 3.4: Dereköy giriş yolu üzerinde Hallaçlar Formasyonuna ait mostradan görünüm.	16
Şekil 3.5: Hallaçlar volkaniti kayalarının yakından görünümü.	17
Şekil 3.6: Hallaçlar volkaniti kayalarında gözlenen silis (kalsedon) mineralizasyonlarının yakından görünümü.	17
Şekil 3.7: Yürekli volkanitine ait kayaların Dereköy'deki görünümü.	19
Şekil 3.8: Yürekli volkaniti andezitlerinin cepheden görünümü (Dereköy).	19
Şekil 3.9: Yürekli volkanitindeki altere kayaların görünümü.	20
Şekil 3.10: Yürekli volkanitine ait andezitik tüflerin yakından görünümü.	20
Şekil 3.11: Yürekli volkanitindeki peri bacası oluşumları.	20
Şekil 4.1: Yürekli volkanitindeki kenarları opasitleşmiş biyotitler (a, c, d) ile zonlu plajiyoklazların polarizan mikroskop altındaki görüntüleri (Ç.N., 4X).	21
Şekil 4.2: Yürekli volkanitindeki plajiyoklazların polarizan mikroskop altındaki görüntüleri (Ç.N., 4X).	22
Şekil 4.3: Yürekli volkanitindeki plajiyoklazların polarizan mikroskop altındaki görüntüleri (Ç.N., 4X).	23
Şekil 4.4: Yürekli volkanitindeki (a) biyotit, (b) hornblend ve (c, d) zonlu plajiyoklazların polarizan mikroskop altındaki görüntüleri (Ç.N., 4X).	24
Şekil 4.5: Yürekli volkanitindeki (a) albit ikizli plajiyoklaz, (b) özşekilli amfibol, (c) ortasından itibaren karbonatlaşmış hornblend ve (d) hamur tarafından yenmiş hornblendin mikroskop görüntüsü (Ç.N., 4X).	25
Şekil 4.6: Özşekilli hornblend kristalleri (a ve b; T.N., 4X), (c) biyotit, (d) özşekilsiz hornblendin mikroskop görüntüsü (Ç.N., 4X).	26
Şekil 4.7: (a) Boşluk dolgusu şeklinde yerleşmiş korrode kuvars, (b) tamamen karbonatlaşmış kristaller, (c) oldukça altere biyotit, (d) özşekilsiz dolgu kuvars topluluğu (Ç.N., 4X).	27
Şekil 4.8: Yürekli volkaniti kayalarında sık sık görünen kuvarsla dolu amigdoloidal doku (a, b), kalsit dolgusu (c) ve sferoidal silis dokuları (d), (Ç.N., 4X).	27
Şekil 4.9: (a) Özşekilli hornblend, (b) poyikilitik dokulu biyotit, (c) breşik görümlü plajiyoklazlar ve (d) sferülitik silis dokuları (Ç.N., 4X).	28
Şekil 4.10: (a) Biyotit mineralinin kafa kesiti, (b) düzgün altıgen Carlsbad ikizli hornblend, (c) sferoidal dokular ve (d) kenarlarından itibaren altere plajiyoklazın mikroskop görünümü (Ç.N., 4X).	28
Şekil 4.11: (a, c, d) Yüksek rölyef gösteren amfiboller ve (b) killeşmeye başlayan plajiyoklazın mikroskop görünümü (Ç.N., 10X).	29

Şekil 4.12: (a) Yüksek girişim rengine sahip amfibol, (b) kloritleşme, (c) yarı kristalli porfirik akma dokuları ve (d) matrikste kloritleşmenin mikroskop görünümü (Ç.N., 4X).....	29
Şekil 4.13: (a) Glemerofirik dokulu plajiyoklazlar, (b) polisentetik ikizli plajiyoklaz, (c) yüksek girişim renkli amfibol ve (d) Carlsbad ikizli özşekilli hornblendin porfirik hamur içerisindeki görünümü (Ç.N., 4X).	30
Şekil 4.14: (a) Mikrokristalen feldspat mineralleri, (b) tamamen opaklaşmış hornblend, (c) altere plajiyoklaz ve (d) körfez dokulu kuvars kristalinin mikroskop görünümü (Ç.N., 4X).....	30
Şekil 4.15: (a, b) düzgün sekizgen piroksen mineralinin tek nikol ve çift nikolde görünümü, (c, d) yarı kristalli porfirik dokunun mikroskop görünümü (Ç.N., 4X).	31
Şekil 5.1: Yürekli volkanitinin SiO ₂ 'ye karşı Na ₂ O+K ₂ O (TAS) diyagramı (Le Maitre vd. 1989). Alkali-Subalkali eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göredir.	33
Şekil 5.2: Yürekli volkanitinin AFM (Na ₂ O+K ₂ O, Fe ₂ O _{3(t)} , MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).....	34
Şekil 5.3: Yürekli volkanitinin SiO ₂ (%)'ye karşı K ₂ O (%) diyagramı (Le Maitre. 2002).....	34
Şekil 5.4: Yürekli volkanitinin SiO ₂ (%)'ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları.....	35
Şekil 5.5: Yürekli volkaniti kayaçlarının Zr/TiO ₂ *0,0001'e karşı SiO ₂ (%) diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977).	38
Şekil 5.6: Yürekli volkaniti kayaçlarının Nb/Yb'ye karşı Zr/TiO ₂ *0,0001 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1976).	38
Şekil 5.7: Yürekli volkanitinin SiO ₂ (%)'ye karşı eser element (ppm) değişim diyagramları.....	39
Şekil 5.8: Yürekli volkanitinin tektonik ortam ayırtman diyagramı (Pearce ve Cann, 1973).....	41
Şekil 5.9: Yürekli volkanitinin tektonik ortam ayırtman diyagramı (Wood, 1980).....	41
Şekil 5.10: Yürekli volkanitinin Okyanus Adası Bazaltı (OIB)'ye göre normalize edilmiş eser element dağılım diyagramı (Normalize değerler: Sun ve McDonough, 1989).	42
Şekil 5.11: Yürekli volkanitinin E-Tipi Okyanus Ortası Sırt Bazaltı (OOSB)'ye göre normalize edilmiş eser element dağılım diyagramı (Normalize değerler: Sun ve McDonough, 1989).....	42
Şekil 5.12: Yürekli volkanitinin N-Tipi Okyanus Ortası Sırt Bazaltı (OOSB)'ye göre normalize edilmiş eser element dağılım diyagramı (Normalize değerler: Sun ve McDonough, 1989).....	43
Şekil 5.13: Yürekli volkanitinin kondrite göre nadir toprak element dağılımları (Normalize değerleri: Taylor ve McLennan, 1985).....	44

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 5.1: Yürekli volkaniti örneklerinin ana element (%) içerikleri.	32
Tablo 5.2: Yürekli volkaniti örneklerinin eser element (ppm) içerikleri.....	37
Tablo 5.3: Yürekli volkaniti örneklerinin nadir toprak element (ppm) içerikleri.....	44

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tez çalışması olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında Dereköy civarında yüzeyleyen Erken Miyosen yaşlı Yürekli Volkanitinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır.

Tez konumu bana öneren, beni bilgi ve tecrübeleriyle yönlendiren, üzerimden hiçbir zaman elini çekmeyen değerli hocam Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. Arazi çalışmalarında bana eşlik eden, emek sarfeden meslektaşım ve bölüm arkadaşım Jeo. Yük. Müh. Ferat SAVCI'ye teşekkür ederim.

Çalışmalarında bana yol gösteren, bilimsel katkı veren, tezin planlaması, araştırılması, yürütülmesi ve nihayet yazılması aşamalarının her birinde bana rehber olan; bunun yanı sıra yapıcı eleştirileriyle doğruyu bulmamı sağlayan, her düştüğümde omuz verip beni toparlayan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN'a minnet borçluyum.

2013 yılında, yolun yarısından sonra başladığım ve büyük haz duyarak bugüne kadar geldiğim jeoloji yolculuğumda desteklerini her zaman yanımda hissettiren aileme teşekkür ederim.

Balıkesir, 2023

Sezgin SEVİNÇ

1. GİRİŞ

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada Dereköy (Altıeylül, Balıkesir) çevresindeki Erken Miyosen yaşlı Yürekli volkanitinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Batı Anadolu Bölgesi, Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların geniş mostralara kapladığı bir bölgedir. Bölgenin tektoniği, petrolojisi ve kayaçlarının mineralojik-petrografik özellikleri üzerine geçmiş dönemlerde pek çok araştırmacı incelemelerde bulunmuştur. Her ne kadar bu çalışmalar sayesinde literatüre bölgeyle ilgili önemli bilgiler kazandırılmış olsa da Yürekli volkanitinin petrografik ve jeokimyasal özelliklerini güncel bir şekilde ortaya koyan bir çalışmanın varlığına ihtiyaç duyulmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada Dereköy (Balıkesir) çevresinde yüzeyleyen Erken Miyosen yaşlı Yürekli volkanitine ait kayaçların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak bölgenin 1/25.000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmış, çalışma bölgesinden alınan kayaç numuneleri üzerinde petrografik ve jeokimyasal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarından elde edilen verilerden oluşturulan grafikler yardımıyla söz konusu kayaçların karakteristikleri ortaya çıkartılmıştır.

1.2 Çalışma Alanının Coğrafik Durumu

Balıkesir i19-c1, c4, d2, d3 paftasında yer alan çalışma alanı; Balıkesir İli Altıeylül İlçesi'ne bağlı olan Dereköy civarında yer almaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanının kuzeyinde Balıkesir - Edremit karayolu bulunmaktadır.

Çalışma sahası fazla engebeli olmayıp, büyük yükseltilere sahip değildir. Genel olarak kuzeybatı yönlü ve debisi düşük bir dere ile şekillenmiş topoğrafya, tatlı bir eğim gösterir. 250-400 metre arasında değişen zirvelerin hâkim olduğu bölgedeki başlıca yükseltiler; Dereköy'ün doğusunda Akanbar Tepe ve Uzunburun Tepe; güneyinde Hacıkaya Tepe; kuzeyinde Killik Tepe; batısında ise Erikliüz Tepe'dir.

Çalışma alanını da içine alan bölgenin geneli bozulmuş Akdeniz iklimi etki alanı içerisinde yer alır ve Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında geçiş özelliği gösterir. Enlem farkı nedeniyle sıcaklık ortalamaları Akdeniz iklim normlarına göre düşüktür. Kar yağışı ve don, olası Akdeniz tipine göre daha sık görülür.

Yıllık sıcaklık ortalaması 12°C -15°C, Ocak ayı sıcaklık ortalaması 5°C - 6°C, temmuz ayı sıcaklık ortalaması ise 24°C'dir. Yıllık yağış miktarı 600-800 mm'dir. Bitki örtüsü olarak karaçam, kızılçam, kayın, gürgen, meşe, söğüt, ılgın, çınar ve zeytin ağaçları gözlenmektedir.

Dereköy'ün içinden Killik Deresi geçmektedir. Dere, güzergâhı boyunca genellikle menderesli olarak akmaktadır.

Dereköy, Balıkesir il merkezine yaklaşık 15 km uzaklıkta bulunmaktadır. 39°37'25" Kuzey ve 27°45'11" Doğu koordinatlarına sahip olan Dereköy'e ulaşım, Balıkesir-Edremit Karayolunun 10, kilometresinden ayrılıp güneybatı istikameti yönünde giden 3,7 kilometrelik uzunluğundaki asfalt yol ile sağlanır. Dereköy'e komşu köyler; doğuda Aynaoğlu, batıda Aliğa, güneyde ise Yeşilyurt köyleridir.

1.3 Çalışma Yöntemi

Çalışma sahasında mostra veren kayaçların taze yüzeylerinden derlenen numunelerin petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenip, oluşum süreçlerinin açığa çıkarılması amacıyla 4 farklı aşamada çalışmalar yürütülmüştür. Bunlar: saha çalışmaları, laboratuvar analizleri ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi aşamalarıdır.

Saha çalışması Balıkesir'in Altıeylül ilçesine bağlı Dereköy Mahallesi kapsayan yaklaşık 16 km²'lik alanı içermektedir. Çalışma sahasını gösteren 1/25.000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Çalışma sahası ve etrafında bulunan birimler yerinde incelenmiş, kontak oluşumları ve sınırlar jeolojik harita üzerine işlenmiştir. Çalışma alanında bulunan birimlerin oluşum süreçlerini, petrografik ve kimyasal özelliklerini ortaya koymak için 15 farklı noktadan numune alınmıştır.

Çalışma sahasından mineralojik ve petrografik araştırmalar için alınan numuneler Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Hazırlama Atölyesi'nde ince kesit haline getirilmiştir.

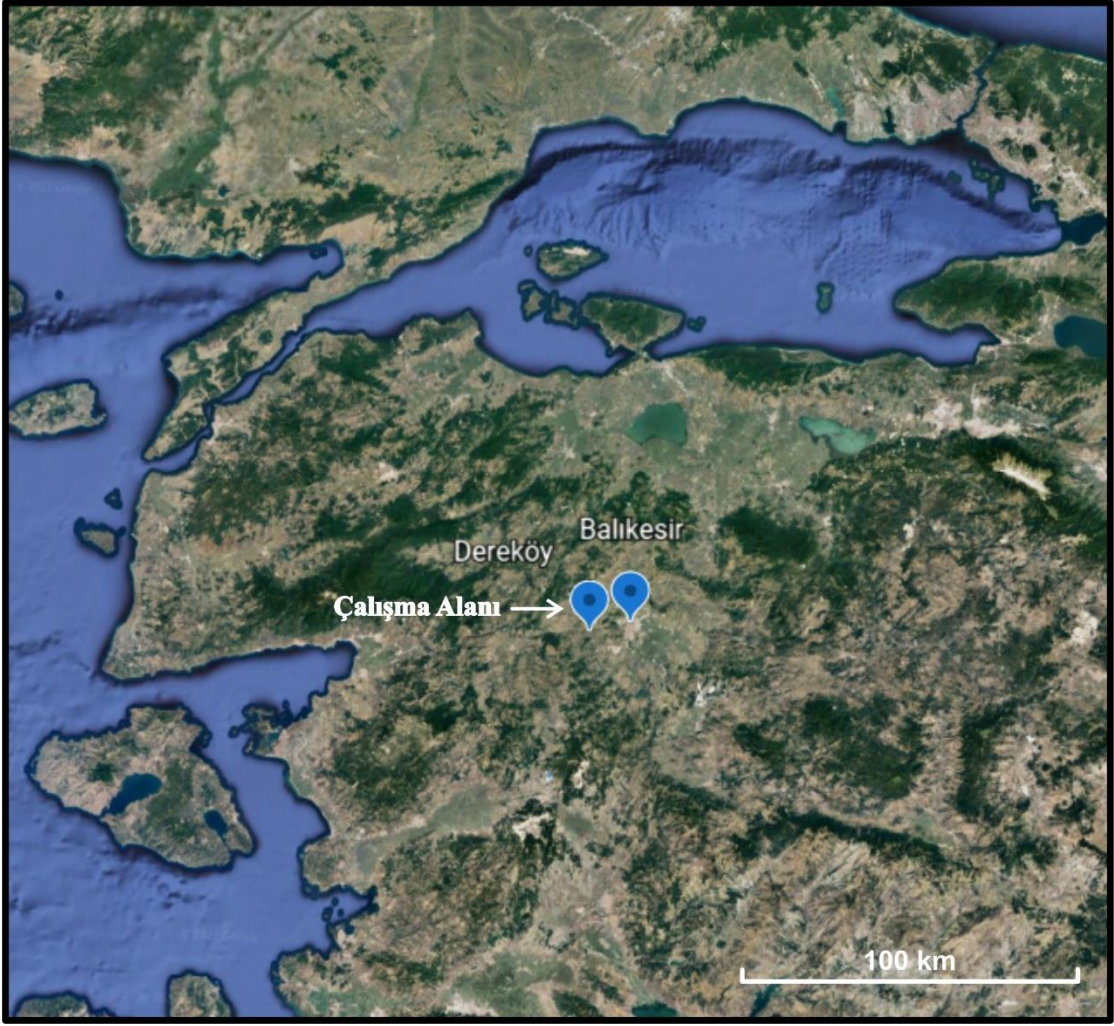
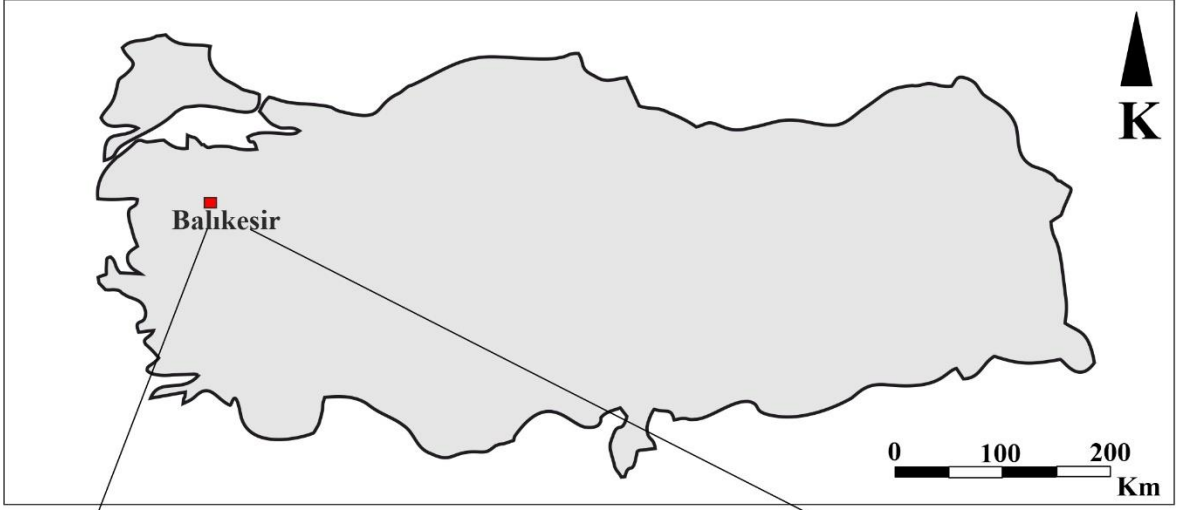
Petrografik amaçlı toplam 9 adet kayaç örneğinden yapılan ince kesitler BAUN Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan petrografi laboratuvarındaki Olympus CX31-P marka polarizan mikroskop ile incelenerek kayaç örneklerinin dokusal özellikleri ve mineralojik bileşimleri tespit edilerek kayaç adlamaları yapılmış ve uygun görülen kesitlerin fotoğrafları çekilmiştir.

Çalışma sahasından alınan numuneler, jeokimyasal özelliklerini ortaya çıkarmak ve oluşum koşullarını incelemek için Kanada'da bulunan Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. şirketine kimyasal analiz için gönderilmiş, buradan gelen sonuçlar Minpet programı üzerinde bulunan değişik parametrelere sahip şablonlar üzerine yerleştirilerek sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışma sahasında yapılan gözlemler, alınan numuneler, çekilen fotoğraflar, laboratuvar çalışmalarından elde edilen bilgiler, bölgeye ait literatürün taranması, çizim programları (Corel Draw) ile haritaların bilgisayar ortamına aktarılması işleri büro çalışmaları kapsamında yürütülmüştür. Kimyasal analizler MinPet programı kullanılarak grafik ve tablolar oluşturulmuş, oluşturulan bu grafik ve tablolar üzerinden yorumlar yapılmıştır.

1.4 Önceki Çalışmalar

Borsi vd. (1972); Batı Anadolu'da yüzlek veren volkanik kayaçlar üzerinde yaptığı çalışmalarında, Alt-Orta Miyosen'de birincil olarak kalk-alkalin, ikincil olarak ise asidik ve bazik karakterdeki volkanizmanın varlığından bahsetmişlerdir. Alt yer kabuğu volkaniklerinin bazalt ve havayitler ile (9,7-11,9 My) nefelinli havayit ve nefelinli traki-andezitlerden (Kula bölgesi 1,1 My'den Holosen'e kadar) oluştuğunu, riyolit karakterli volkanizmanın (12,5 My) ise üst yer kabuğunda oluşan kısmi bir ergime ile meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, kalk-alkali serinin (16,2-21,5 My) latit andezitlerden dasit ve riyo-dasitlere geçtiğini, bunun bir latit-andezit sistemi olup göçen bir litosfer bölümüne bağlandığını ve okyanusal kabuk, denizel sedimentler ya da siyalitik karakterdeki yer kabuğunun tektonik kısımlarından meydana geldiğini bildirmektedirler.



Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google Maps, 2022'den değiştirilerek).

Krushensky (1976); Hallaçlar formasyonu üzerine diskordansla olarak gelen andezitik aglomera, lav, tuf ve kristal tüflerden meydana gelen Alt Miyosen yaşlı volkanitlere Dedetepe formasyonu ismini vermiştir. Dedetepe formasyonu lavlarının, Hallaçlar formasyonu lavlarından daha asidik olduğunu belirterek, dasit-riyodasit-riyolit bileşiminde lavlar ve geniş yer kaplayan tüfler ile temsil edildiğini belirtmiştir.

Akyürek ve Soysal (1981); Yürekli dasitinin grimsi, pembemsi ve beyazımsı renklerde görüldüğünü, klorit, serisit, kuvars ve kalsitten ibaret bir matriks içinde bulunan iri kuvars kristalleri ile özşekilli ortoklaz ve K-feldspat minerallerine sık rastlandığını belirtmişlerdir. Yer yer kloritleşmiş biyotit kristallerinden oluşan bir parajenez gösterdiğini belirtmişlerdir. Yürekli Dasitinin Pelitköy güneyinde Alt Triyas yaşlı Kınık Formasyonunu kestiğini ve Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Soma Formasyonu tarafından örtüldüğünü ifade etmişlerdir. Yürekli dasitinin, Batı Anadolu Bölgesi'nde meydana gelen magmatik oluşumlar içinde bölgede yerleşik bulunan Kozak Plütönu'ndan hemen sonra gerçekleşen magmatizmanın ürünü olduğunu ortaya koymuşlardır.

Siyako vd. (1989); Erken ve Orta Miyosen dönemlerinde Biga Yarımadası'nı içine alan bölgede geniş bir kalkalkalen magmatizma görüldüğünü, bu sürecin sonunda geniş alanları kaplayan bir bölgenin andezit, dasit, riyolit ve asidik bileşimli tüflerle kaplandığını, birçok noktada granodiyoritik bileşim gösteren plütönu yerleştiğini ifade etmişlerdir. Yapılan yaş tayinlerinde Oligosen-Miyosen zaman dilimi içerisinde (25 My) Alt-Orta Miyosen'de kalk-alkalin volkanizma ile aynı dönemde faylarla sınırlanan minik göl ortamlarında tuf, şeyl, linyit ve siltaşının oluştuğunu belirtmişlerdir.

Ercan vd. (1994); Biga Yarımadası'nda Tersiyer volkanizmasının Eosen'de başladığını, genellikle andezit (yeşil-gri renkli) ve dasitik lav, aglomera ve tuf benzeri volkanitler ile Nummulites vb. fosiller ihtiva eden Orta Eosen yaşlı tortul kayaçlarla aralanmalı olarak Biga Yarımadası'nın kuzeyinde Çanakkale-Biga arasında mostralara verdiğini ifade etmişlerdir. Geç Oligosen'den sonra bölgenin yeni bir magmatik evrenin etkisi altına girmeye başladığını ve bu evrenin özellikle Biga Yarımadası'nın orta ve doğu kesimlerinde, bazen de Altınoluk ve Gökçeada etrafında dasit, andezit, traki-andezit, riyodasit karakterli lavlar ve tüfler görüldüğünü belirtmişlerdir. Biga Yarımadası'nda Miyosen volkanizmasının geniş bir yayılım göstererek, özellikle Gökçeada ile Bozcaada kesiminde Erken Miyosen'de etkili olduğunu, Geç Miyosen'e doğru duraksadığını, bu volkanizmanın andezit, dasit, latit, riyo-dasit ve traki-andezit bileşimli ince taneli volkanik

malzeme ile belirlendiğini ifade etmişlerdir. Lahar, dom, ignimbirit, volkan çivisi ve lavların Erken-Orta Miyosen volkanizmasının tipik üyeleri olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Ercan vd. (1995); çalışma alanını da içine alan bölgede Eosen zaman diliminden başlayıp Üst Miyosen zaman dilimine kadar çeşitli evrelerde volkanik kayaçların oluştuğunu, Eosen-Orta Miyosen zaman aralığında oluşan bütün volkanitlerin kalkalkalen özellik gösterdiğini, yalnızca Üst Miyosen yaşlı volkanitlerin alkalin özellik gösterdiğini belirtmişlerdir. Bölge kayaçları üzerinde uygulanan izotopik ve jeokimyasal çalışmalar, kalk-alkalin ürünleri meydana getiren magmanın ileri seviyede kabuk kontaminasyonuna maruz kalıp karma bir özelliğe büründüğünü, alkalin ürünleri meydana getiren magmanın ise aynı bileşimde olmayıp homojen olmayan bir dağılım gösteren manto parçalarının kısmi ergimeye uğramasıyla oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bölgede geniş yayılım gösteren volkanitlerin tektonizmaya da alakalı olup, kalk-alkalin özellik gösteren volkaniklerin, sıkışma rejimine maruz kaldıklarını; alkalin volkaniklerin ise bunun aksine, gerilme etkisiyle oluştuklarını belirtmişlerdir.

Aldanmaz vd. (2000); Eosen'de meydana gelen çarpışmanın ardından Batı Anadolu bölgesinde kalınlaşma ve orojenik çökme meydana geldiğini, Alt Miyosen'de çarpışmaya bağlı olarak oluşan magmatizmanın bazaltik andezitten riyolit bileşimine kadar geniş alanları kapsayacak şekilde lav ve piroklastik birimler ürettiğini belirtmişlerdir. Alt ve Orta Miyosen kayaçlarının kalk-alkali ve şoşonitik karakter gösterdiği, bu kayaçların büyük iyonlu litofil elementler (LILE) ve hafif nadir toprak elementleri (LREE) bakımından zenginleştiğini belirtmişlerdir. Numuneler üzerinde yapılan petrografik çalışmalar ve eser element sistematizmasının Alt-Orta Miyosen magmalarının sulu kristalleşmeye uğradığını bir seçenek olarak göz önüne alınmasını gerektirdiğini belirtmişlerdir. AFC modellemesinin, Alt-Orta Miyosen magmalarının fraksiyonel kristalleşme ile birlikte asimilasyon yoluyla geliştiğini, Ba asimilasyonunun etkilerinin Alt Miyosen'den Orta Miyosen'e doğru kademeli olarak azaldığını ifade etmişlerdir.

Dönmez vd. (2005); çalışma alanını içine alan bölgenin Eosen zaman dilimine ait volkanitlerin Oligosen ve Miyosen yaşlı andezitik, bazaltik, riyolitik ve dasitik volkanitler ile kimi bölgelerde görsel çökeller tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü, Oligosen zaman diliminde bölgenin bütünüyle karasallaştığını, bazaltik Saraycık volkaniti, andezitik Hallaçlar volkaniti, Bağburun formasyonu, Yeniköy volkaniti ile riyolitik bileşimli Atıkhisar volkanitinin lav ve piroklastiklerinin geniş alanlar kapladığını belirtmişlerdir. Üst

Oligosen-Alt Miyosen zaman dilimi arasında ise bölgeye granitik sokulumlar yerleştiğini, Alt Miyosen'de Biga Yarımadası'nın Küçükkuşu, Behramkale, Babakale, Ezine, Balya, Gönen civarında "Behramkale Volkaniti" olarak adlandırılan, yer yer gölsel çökellerle iç içe yoğun olarak andezitik bileşimli lav ve piroklastiklerden oluşan volkanitlerin yüzlek verdiğini belirtmişlerdir. Havran civarında, Akyürek ve Soysal (1978)'e atıfla "Yürekli Dasiti" olarak adlandırılan dasitik lav ve piroklastiklerin etkin olduğunu belirtmişlerdir.

Altunkaynak vd. (2008); Biga Yarımadası'nda çarpışmadan sonraki Senozoik magmatizmasının Eosen'in ortalarında başladığını ve küçük kesikliklerle Üst Miyosen'e kadar sürerek geniş yayımlı volkano-plütonik birimler ürettiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar bu kayaların, kalkalkalin, yüksek potasyumlu kalkalkalin, şoşonitik, hafif alkalın ve alkalın serilerle karakterize edildiğini açıklamışlardır. Çalışmacılar bu serilerin, jeokimyasal özelliklerinin Biga Yarımadası'ndaki Eosen-Alt Miyosen volkanizmasının evrimi sürecinde iki farklı dönemde zenginleşme geçirdiğini ileri sürmüşlerdir. Birinci aşamada, zenginleşmenin yitim olayının/olaylarının bir sonucu olarak kıtasal litosferik manto içinde meydana geldiğini, ikinci aşamada ise kabuksal kirlenme, metasomatize olmuş manto kaynaklı eriyikler ile Sakarya Zonu'nun kabuğundan türeyen magmaların yüzeye çıkışları sırasındaki etkileşimlerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Karacık vd. (2008); çarpışma sonrası oluşan magmatik kayaların yaygın olarak Marmara Bölgesi'nin güney kısmı (Kapıdağ, Karabiga, Gönen, Yenice, Çan yöreleri) ve ayrıca Marmara Denizi'ndeki adalar (Marmara, Avşa, Paşalimanı) bölgelerinde temel olarak granitik plütonlarla temsil edildiklerini ortaya koymuşlardır. Bu granitoidlerin, Geç Kretase ile Miyosen arasında yaşlara sahip olduklarını; fakat temel olarak kuzeyde Eosen ve güneyde Miyosen yaşlı olarak iki bölüme ayırdıklarını ifade etmişlerdir. Her ikisinin de bileşiminde granitik ve kalk-alkali, orta-yüksek potasyum kayaları bulunduğunu, iz elementlerin hem volkanik yay hem de kalk-alkali çarpışma sonrasında benzerlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kabuksal asimilasyon, fraksiyonel kristalizasyon ile Nd ve Sr izotopik çalışmalarının bir yitim zonunun varlığına işaret ettiğini ileri sürmüşlerdir.

Prelevic vd. (2015); Batı Anadolu'da Orta Miyosen döneminde meydana gelen alkalın volkanizmanın, yetersiz silika doygunluktan aşırı silika doygunluğa ve ultrapotasik ile sodyum alkali bileşimlere kadar oldukça değişken jeokimyaya sahip ürünler oluşturduğunu tanımlamışlardır. Araştırmacılara göre Pb izotopik bileşimlerinde önemli farklılıklar gösteren iki ana volkanik grup vardır: İlki plajiyoklaz-amfibol içeren birimler olup diğeri

ise sanidin-ve/veya lösit-taşıyan birimlerdir. Bu bölgede meydana gelen volkanizmanın en dikkat çekici özelliğinin ise, bu iki lav türünün zaman ve mekân açısından yakın bir ilişki içinde olmasını belirtmişlerdir. Magmatizmanın, orojenik kuşağın çökmesi ve genişlemeye bağlı horst ve graben yapılarının gelişimi ile eşzamanlı olduğu modeli benimsemişlerdir.

Erdem ve Aslan (2015); Kuzeybatı Anadolu'da bulunan Biga Yarımadası'nın tektonik olarak Sakarya Zonu'nda yer aldığını, çarpışma sonucu oluşan magmatizmanın geniş yayılım gösterdiğini, bununla beraber bölgede magmatizma ve tektonizmanın birlikte gözlemlenen bir kuşak olduğunu ifade etmişlerdir. Yayılımı karmaşık jeolojik birimler gösteren bir jeolojiye sahip olan Biga Yarımadası'nda Paleozoyik zaman diliminden Pliyosen zaman dilimine kadarki aralığı temsil eden çeşitli metamorfik, tortul ve magmatik kayaların bulunduğunu söylemişlerdir. Bölgede bulunan volkanitlerin oluşum sürecinde amfibol ve plajiyoklaz fraksiyonel kristalleşmesinin belirleyici olduğuna işaret etmişlerdir.

2. BÖLGESEL JEOLJİ

Ülkemiz tektonik olarak incelendiğinde 4 ana zon ile tanımlanmaktadır. Ülkenin kuzeybatı Anadolu kesiminde bulunan Biga Bölgesi jeolojik olarak incelendiğinde, kuzeyinde Intra-Pontid kenet kuşağıyla İstanbul Zonu'ndan; güney kesiminde ise İzmir-Ankara-Erzincan kenediyle Anatolid-Torid Bloğundan ayrılmış olan Sakarya Zonu içerisinde bulunur. (Şengör ve Yılmaz, 1981), (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Türkiye'nin temel tektonik birimleri (Okay, 1989; Okay ve Tüysüz, 1999).

2.1 Paleojeolojik Evrim

Batı Anadolu tektonik olarak incelendiğinde Paleotektonik ve Neotektonik dönem olarak 2 tektonik dönemi içinde barındırmaktadır. Üst Kretase dönemiyle başlayıp Miyosen ortalarına değin devam eden süreçte KG yönlü sıkışma rejimi meydana gelmiş, Torid-Anatolide Bloğu ile Sakarya Zonu arasında yer alan Neotetis Okyanusu'nun kapanmaya başlaması ve iki kıtanın çarpışması ile litosferde kalınlaşma meydana gelmiştir ve süreç Orta Miyosen'e kadar devam etmiştir. Orta Miyosen döneminde ülkenin güneyinde Arap plakası ile Avrasya plakasının çarpışması neticesinde KG yönlü sıkışmaya maruz kalan Anadolu plakasının batıya doğru hareketi neticesinde Neotektonik devre başlamıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Bu dönem süresince Batı Anadolu'da yoğun volkanizma faaliyetleri gerçekleşmiştir. Biga Yarımadası'nın temelinde Kazdağ Masifi olarak isimlendirilen Paleozoik yaşlı metamorfik kayalar bulunur. Bunları tektonik dokanak ile Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi olarak tanımlanan kayalar örter. Bunun üzerine, Jura yaşlı bir yığılım gelmektedir. Geç Kretase devrinde ise bu birimlerin üzerine Çetmi ofiyolitik melanji oturmuştur (Okay vd. 1990; Ercan vd. 1995; Yaltırak ve Okay, 2004).

Tersiyer dönemi ise Orta Eosen yaşlı kıyasal kireçtaşları ve bunların üzerinde yer alan andezitik lav ve tüf ara katkılı Üst Eosen yaşlı türbiditlerle başlamıştır (Siyako vd. 1989). Biga Yarımadası'nda önem arz edecek oranda bir yükselme ve aşınma dönemi Oligosen zamanında gerçekleşmiştir. Bu evreden sonra güney kesimde Orta Eosen-Oligosen kayalar toplulukları tamamen aşınmıştır.

Erken-Orta Miyosen döneminde bölgede volkanitlerle eş yaşlı silttaşı, kumtaşı, bitümlü şeyl, kömür ve tüflerden meydana gelen tortullar oluşmuştur. Geç Oligosen-Erken Miyosen zamanında, bölge tümüyle kalk-alkalin magmatizmadan etkilenmiş ve riyolit, dasit, andezit, bazalt, bazaltik andezit ve asidik karakterli tüfler geniş yayılım göstermişlerdir.

Tüm bu birimler Alt Miyosen yaşlı Soma Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Duru vd. 2004).

2.2 Stratigrafi

Kuzeybatı Anadolu'yu temsil eden Biga Yarımadası Paleozoyik ile Pliyosen arasında devam eden süreç içerisinde sedimenter, metamorfik ve çoğunlukla da magmatik kayalar meydana gelmiştir. (Krushensky, 1976; Duru vd. 2004; Dönmez vd. 2005). Bölgenin temelinde Paleozoyik yaşlı Kazdağ Masifi ile Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi bulunmaktadır. (Duru vd. 2004).

Çalışma bölgesinde Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi, Tersiyer dönemine ait volkanik kayalar ve bunları örten volkanik ve kömür ara katkılı Soma Formasyonu bulunmaktadır. Bölgeyi oluşturan Sakarya Zonu'nun üst kompleksini meydana getiren Karakaya Kompleksi, çalışma alanında, açık gri-kahverengi renkli arkoizik kumtaşı ve bunların içindeki yarı kristalize kireçtaşı olistolitlerinden oluşmaktadır (Duru vd. 2004; Pehlivan vd.

2007). Karakaya Kompleksi'nin üzerine uyumsuzlukla yerleşen Hallaçlar volkaniti bölgede geniş yayılım göstermektedir.

Dönmez vd. (2005) tarafından yapılan yaşlandırma neticesinde andezit, bazalt, traki-andezit ve piroklastiklerden oluşan Hallaçlar volkanitinin $26,5 \pm 1,1$ My ile Üst Oligosen dönemine ait olduğu anlaşılmıştır. Yüksek oranda alterasyona uğrayan volkanitte lavlar gri, sarımsı, kahvemsi, kızılımsı renkler sunmakta, bazı kesimlerde ise oldukça sert olarak bulunmaktadır (Krushensky, 1976). Hallaçlar volkanitinin üzerineyse Şapçı volkaniti gelmektedir. Andezit, traki-andezit ve piroklastik kayalardan oluşan Şapçı volkanitinin yaşı Alt Miyosen olarak tespit edilmiştir (Dönmez vd. 2005).

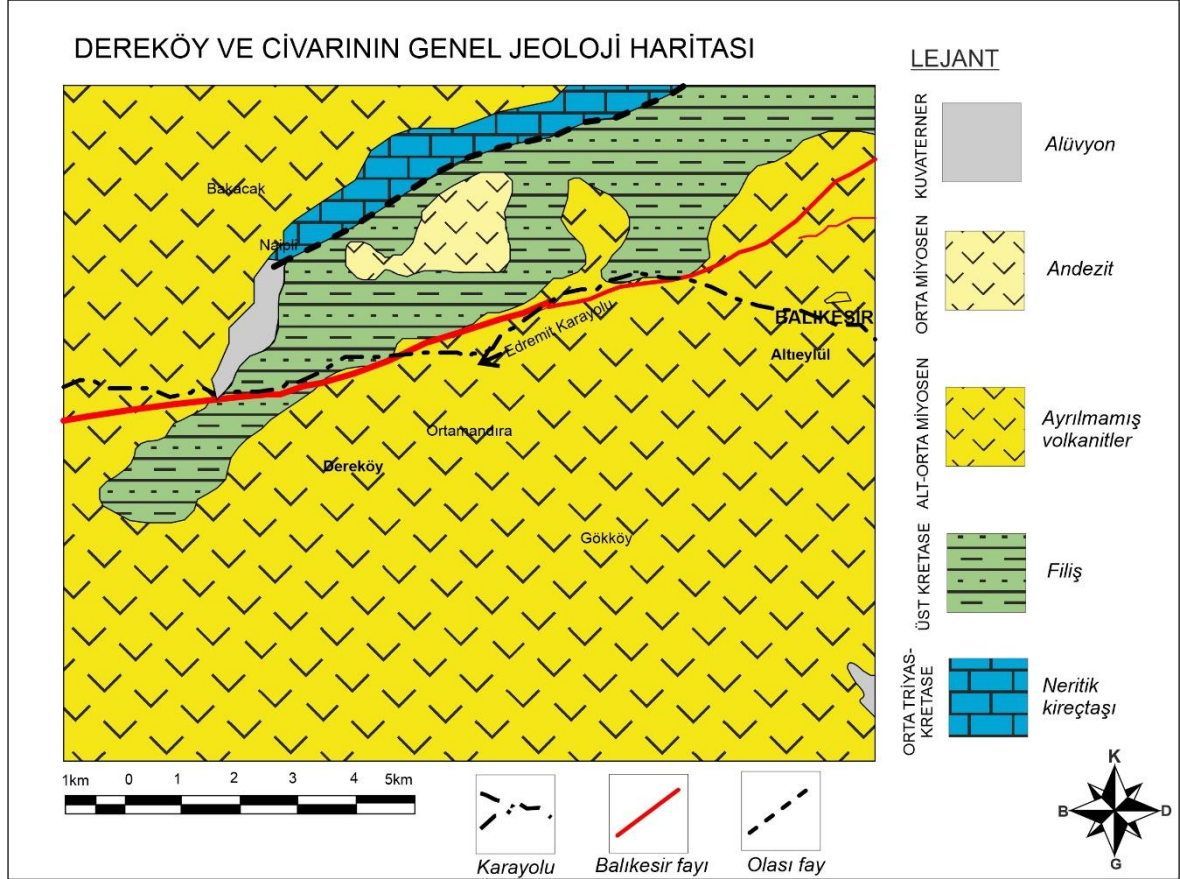
Yürekli volkanitini oluşturan dasitik lavlar üzerinde yapılan yaşlandırmaya göre birim ($19,8 \pm 0,3$, $19,5 \pm 0,1$ ve $20,3 \pm 0,6$ My) Alt Miyosen yaşlıdır (Krushensky 1976). Şapçı ve Hallaçlar volkanitleri üzerine Yürekli volkaniti gelmiştir. Bütün birimler Alt Miyosen yaşlı, beyaz ve açık tonlarda renkler sunan kil, marn, kumtaşı, tüfit, killi kireçtaşı, miltaşı, çakıltaşı ardalanmasından oluşan Soma formasyonu tarafından örtülmüştür. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise bölgede bulunan en genç birim olarak gözlenmektedir (Şekil 2.2).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	SEMBOL	KAYAÇ TİPİ	AÇIKLAMALAR		
S E N O Z O Y İ K	KUVATERNER				Qal	Alüvyon			
			Bayramiç		Tplb	Çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı			
	PLİYOSEN		Gülpınar		Tgü	Fosilli-killi kireçtaşı			
			Taştepe bazaltı		Tmt	Bazalt ve bazaltik piroklastikler			
	E N	Çamakkale	Tekkedere		Tmçt	Kireçtaşı, marn			
			İntepe		Tmçt	(Gelgit ortamı karbonatları)			
			Güzelyalı		Tmçg	Çamurtaşı, marn, sittaşı, kumtaşı	(Gelgit düzlüğü ve kanal çökelleri)		
			Sarıyar		Tms	Çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı			
			İlyasbaşı		Tmi				
	M İ Y O S E N	Orta Miyosen Volkanikleri	Soma		Tmso	Çakıltı, kumtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, marn, tuf	(Gölse kıyıyüzü, plaj, ağız barı tipi delta, ve akarsu)		
			Çan		Tmç	Kumtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, bitümlü şeyl, kömür, volkanoklastik kayalar			
			Arıklı			Vitrik-kristal-litik tuf, andezitik-riyolitikdasitik lavlar ve piroklastikler			
		ALT	Andezitik Volkanikleri	Küçükkuyu		Tmk	Çakıltı, kumtaşı, kireçtaşı, bitümlü şeyl, çamurtaşı ve tuf	(derin göl türbiditik çökeller)	
	T E R S İ Y E R	OLİGOSEN	Biga Yarımadası Granitoidleri	Hallaçlar		Toh	Andezitik, bazaltik-riyolitik-dasitik lavlar ve piroklastikler		
				Bağburun		Tob			
				Saraycık		Tos			
				Yeniköy		Toy			
				Atikhisar		Toa			
		E N	ÜST	Ceylan Dedeoğlu Volkanikleri	Erdag Volkanikleri		Teer	Bazaltik lavlar ve bazaltik piroklastikler	
					Beybaşı		Tebe	Kumtaşı, kiltası, resifal kireçtaşı	
					Ted		Ted	Yeşil renkli tuf	
					Tedka		Tedka	Denizel ignimbiritler	
					Tedk		Tedk	andezit, dasit	
E O S E N	ORTA		Tedh		Tedh	Kumtaşı-kiltası araldanması	(derin deniz türbidit çökelleri)		
			Tec		Tec				
			Sogucak		Tes	Resifal kireçtaşı			
			Şahinli		Teş	Bazaltik lavlar ve piroklastikler, volkanoklastik ve bazaltik dayklar			
			Fiçitepe		Tef	Çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı,	(Gilbert, kıyıyüzü ve ağız barı delta çökelleri)		
MESOZOYİK PALEOZOYİK			Beyçayırı Volkanikleri		Teb	Andezitik lavlar ve piroklastikler			
			Edincik Volkanikleri		Tee	Andezitik lavlar ve piroklastikler			
			Temel Kayaçlar			Tersiyer öncesi temel kayaçlar			

Şekil 2.2: Biga Yarımadası'nın stratigrafik kolon kesiti. (Atabey, 2004; Dönmez vd. 2005).

3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLojİSİ

Çalışma bölgesini de içine alan Dereköy çevresinde bulunan volkanik birimler; Bağburun Formasyonu (Oligosen), Hallaçlar Formasyonu (Üst Oligosen-Alt Miyosen) ve Yüreklî Volkaniti (Alt Miyosen) şeklindedir (Okay ve Tüysüz, 1999; Pehlivan vd. 2007). Çalışma alanına ait genel jeoloji haritası Şekil 3.1’de verilmiştir. Bu birimlerin genel özellikleri daha önce yapılmış çalışmalar esas alınarak aşağıda tanıtılmıştır.



Şekil 3.1: Dereköy ve civarının genel jeoloji haritası (MTA, 2023’den değiştirilerek).

3.1 Bağburun Formasyonu

Krushensky (1976), Balıkesir ilinin Havran ilçesinin kuzeydoğusunda bulunan Karalar-Yeşiller bölgesinde gözlemlenen propilitik lav + volkaniklastik breş + tüflerden meydana gelen birimi “Bağburun Formasyonu” olarak adlandırmıştır.

Bağburun Formasyonu çarpışma sonucu meydana gelen yitim zonunda oluşan ürün olup, yay ardı volkanizmasının kalkalkalen özelliğini gösterir (Ercan, 1979). Formasyon

Balıkesir Havran kuzeydoğusunda Bağburun Yayla yöresinde yüzlek vermektedir. Bağburun Formasyonu altta bordo şarabi renkli kırıntılı çökel kayaları ve aglomeratik kayalarla başlar. Bunların üzerine yeşil-mavi renkli, içerisinde bol miktarda bazik kayaç parçaları, yer yer fiyamme oluşumlarının görülmekte olduğu ignimbiritik kayaçlar yer alır (Şekil 3.2). Bazik kayaç parçalarının ve fiyamme yapısı gösteren ignimbiritlerin üzerinde ise 5-10 cm. arasında kalınlık gösteren değişen volkanik malzeme katkılı kumtaşı tabakaları yer alır (Duru vd. 2004).

Formasyonun lav düzeylerinde yoğun şekilde kırık ve çatlak sistemleri bulunmakta bu kesimlerde ayrışma, limonitleşme, hematitleşme ve karbonatlaşma gözlemlenmektedir (Şekil 3.3). Bağburun Formasyonundan alınan numunelerin ince kesitlerinde yapılan incelemelerde, plajiyoklas, amfibol (hornblend), kuvars, piroksen (ojit), alkali feldispat (sanidin) gibi fenokristaller bulunmaktadır. Opak mineraller olarak ise manyetit ve pirit bulunmaktadır. İkincil mineraller olarak kalsit, klorit ve epidot gözlenir. Kuvars minerali hem fenokristal hem de ksenokristal olarak hamur içerisinde çok az miktarda olsa da bulunmaktadır. Fenokristal veya ksenokristal olarak bulunan kuvars minerallerinin genelinde körfezlenme dokuları tipiktir. Mineraller termal şok ile kırılmıştır (Krushensky, 1976).



Şekil 3.2: Bağburun Formasyonunun Havran'ın kuzey kesimindeki mostra görüntüsü.



Şekil 3.3: Bağburun Formasyonuna ait volkanik kayaçların yakından görünümü.

3.2 Hallaçlar Formasyonu

Çalışma bölgesini de kapsayan geniş bir alanda meydana gelen volkanik faaliyet neticesinde riyodasit, dasit, andezit karakterli lavlar ile tuf ve silisifiye tuf birimleri oluşmuştur (Şekil 3.4). Hallaçlar volkaniti ile ilgili ilk isimlendirme “Hallaçlar Formasyonu” şeklinde Krushensky (1976) tarafından Balıkesir ili, Havran ilçesine bağlı Hallaçlar Köyü’nün 800 metre doğusundaki Kuşakkıran Tepe’de yaklaşık 300 metre kalınlıktaki; %90’dan fazla riyodasit + dasit + trakiandezit + olivinli traki-andezit + breş ve tuf katkılı birimlerden meydana gelen kayaç topluluğu için kullanılmıştır.

Lavlar gri, sarı, kahverengi ve kırmızımsı renklindedirler ve zaman zaman da oldukça serttirler. Çalışma sahasında bulunan tüflerin bazı kesimleri ayrıışmış, ağırlıklı kesimi de silisleşmiştir. Kimi bölgelerde hidrotermal alterasyon gözlemlenmektedir. Arazide yapılan gözlemlerde birimlerin bej, sarımsı, kızılımsı, kahverengi ve yeşil renklerde görüldüğü gözlenir (Şekil 3.5). Birime ait volkanik kayaçlar muhtemelen Geç Oligosen-Erken

Miyosen döneminde oluşmuşlardır. K/Ar yöntemi ile biyotitten yapılan yaş tayini sonucu elde edilen $23,6 \pm 0,6$ My (Krushensky, 1976) yaşı da bunu doğrulamaktadır.

Kuzeybatı Anadolu Bölgesi genelinde Ercan vd. (1984) tarafından yapılan çalışmada Hallaçlar Formasyonunun litolojisi, andezit, dasit, traki-andezit, riyodasit türde lavlar, tüfler ve silisleşmiş tüfler şeklinde verilmiş ve aşağıdaki özellikler belirlenmiştir. Lavlar gri, siyahımsı, kahvemsi renklerde olup yer yer altere, yer yer de oldukça serttirler. Tüflerin bir kısmı bozuşmuş, alterasyona uğramış, pek çoğu da silisleşmiştir. Arazide beyaz, sarı, kırmızı, kahve ve yeşilimsi renkte geniş alanlar kaplarlar. Silisleşmiş olan tüfler sert ve konkoidal kırınımlıdır. Hallaçlar Formasyonu'nun kalınlığı kesin olarak ölçülmemiş olup yaklaşık 400 m. kalınlığındadır. Ayırışmamış lavlar çoğunlukla koyu renklerde olup çubuk şeklinde kahverenkli plajiyoklaz kristalleri içerir. Ayrıca gri-siyah biyotit ve koyu gri piroksen fenokristalleri izlenir. Matriks genellikle altere olmuştur, çoğunlukla siyah renklidir. Yer yer aglomeratik görünümündedir. Lavların büyük bir miktarı silisleşmiş, arjilitleşmiş yer yer de piritleşmiştir. Formasyon, bazı kesimlerde silisleşme göstermektedir. Silisleşmiş lavlar kolaylıkla ayrışır ve açık sarı, beyaz, gri renklerde kalsit, kuvars ve plajiyoklaz psedomorfları kapsar. Formasyonun büyük bir kısmı, kuvars olarak bütünüyle silisleşmiştir. Özellikle dasitik lavlardaki kuvars ve kalsedon fenokristalleri tipiktir (Şekil 3.6). Hallaçlar Formasyonu olasılıkla Üst Oligosen-Alt Miyosen sınırında oluşmuştur.



Şekil 3.4: Dereköy giriş yolu üzerinde Hallaçlar Formasyonuna ait mostradan görünüm.



Şekil 3.5: Hallaçlar volkaniti kayaçlarının yakından görünümü.



Şekil 3.6: Hallaçlar volkaniti kayaçlarında gözlenen silis (kalsedon) mineralizasyonlarının yakından görünümü.

3.3 Yürekli Volkaniti

Beyaza yakın boz renkli, makro incelemede prizmatik biyotit ve kuvarsça zengin bol litik parçalar içeren asit karakterli lavlar ve piroklastikler “Yürekli Dasiti” olarak adlandırılmıştır (Akyürek ve Soysal, 1978). Birim, çevresinde yüzlek veren gösel tortularla aralanmalı şekilde yayılır (Şekil 3.7). Depolandığı gösel havzalardaki çökeller içerisinde yer yer silisleşmiş ağaçlar gözlenir. Özellikle Yürekli Köyü yakınında volkanik bir dom meydana getirmektedirler (Şekil 3.8). Kayaçlar mikroskobik incelemesinde dasit ve riyolit olarak tanımlanmışlardır. Yarı kristalli porfirik dokuya sahip lavlarda, kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz, opak mineraller, apatit ve biyotit başlıca fenokristalleri oluşturur. Kayaçlar faneritik dokulu olup; özşekilli-yarı özşekilli feldspat mineralleri ile özşekilsiz kuvarslarla birlikte idiomorf-hipidiyomorf biyotitlerden oluşmaktadır. Plajiyoklazların bileşimi anortit içeriklerine göre albit-andezin arasında değişmektedir. Plajiyoklazlarda pijama ikizleri ve zonlanma tipiktir. Biyotitlerin bazıları tümüyle opaklaşmıştır. Hamur, amorf volkan camı, feldspat iğnecikleri ile sekonder diğer minerallerden oluşmaktadır (Akyürek ve Soysal, 1978). Birim, Hallaçlar volkaniti üzerinde yer almaktadır ve Krushensky (1976) ile Bergama kuzeyinde Bende vd. (1974)’ün elde ettikleri radyometrik yaşlara göre ($19,8\pm 0,3$; $19,5\pm 0,1$; $20,03\pm 0,6$ My) Erken Miyosen yaşlıdır.

Yürekli volkaniti kayaçları hem fiziksel hem de kimyasal alterasyondan fazlasıyla etkilenmiştir. Bu nedenle yer yer ayrışmış tüfler şeklinde mostra vermektedirler (Şekil 3.9 ve Şekil 3.10). Bu durum bazı lokasyonlarda o kadar şiddetlenmiştir ki; bölgede peri bacası oluşumlarını meydana getirmişlerdir (Şekil 3.11).



Şekil 3.7: Yürekli volkanitine ait kayaçların Dereköy'deki görünümü.



Şekil 3.8: Yürekli volkaniti andezitlerinin cepheden görünümü (Dereköy).



Şekil 3.9: Yürekli volkanitindeki altere kayaçların görünümü.



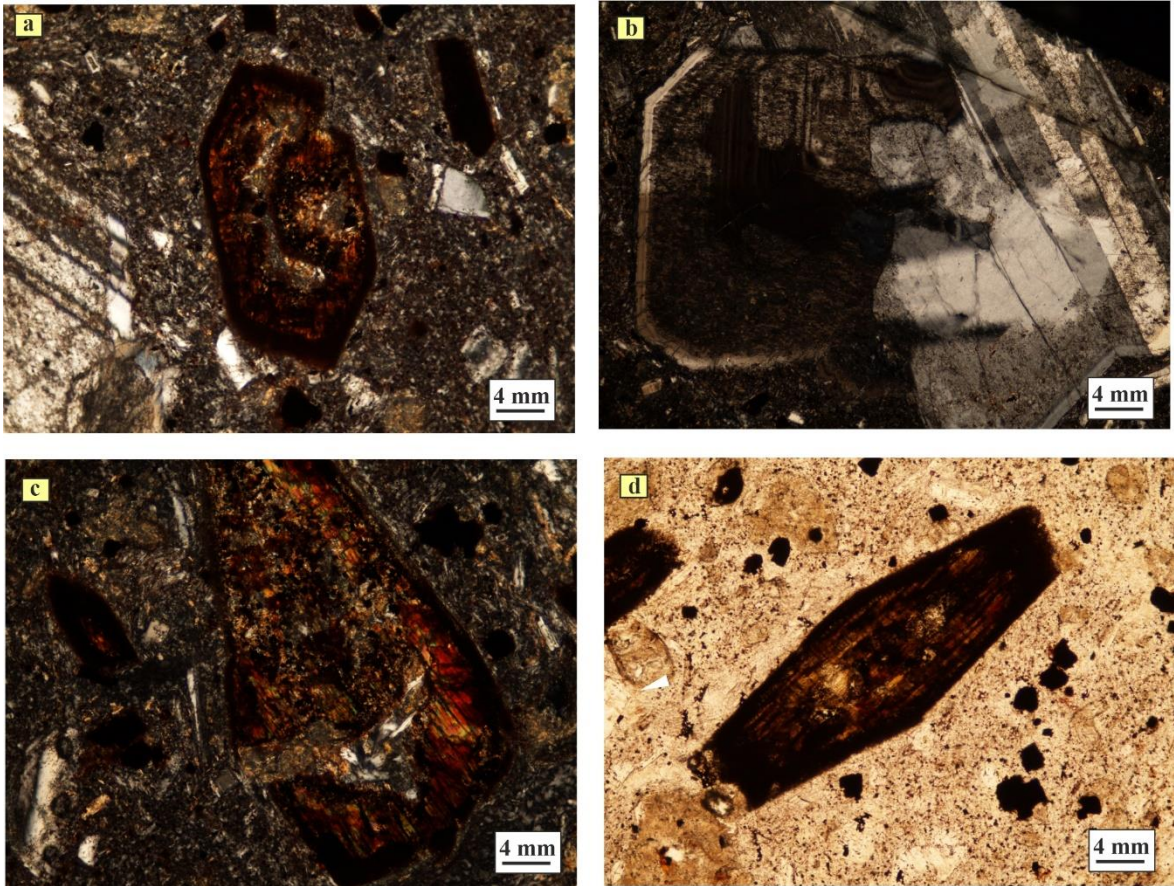
Şekil 3.10: Yürekli volkanitine ait andezitik tüflerin yakından görünümü.



Şekil 3.11: Yürekli volkanitindeki peri bacası oluşumları.

4. PETROGRAFI

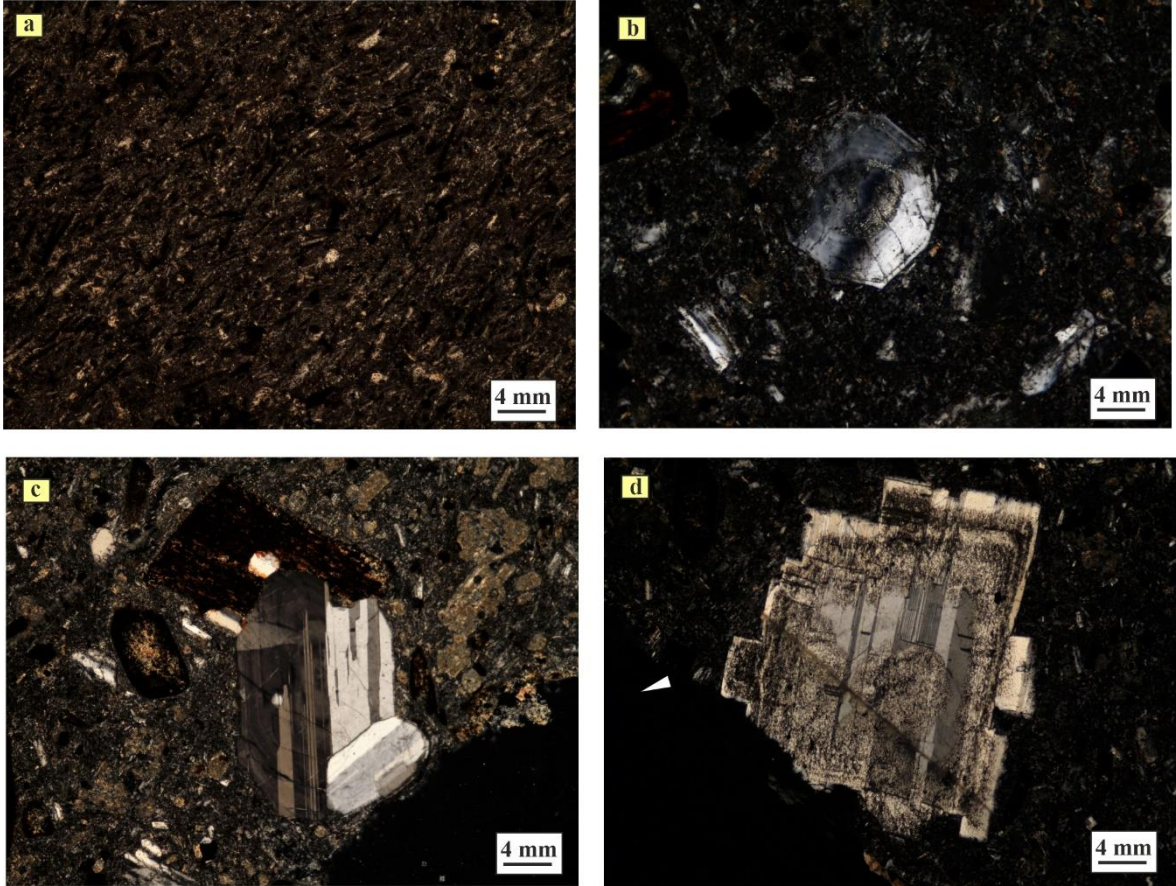
Yürekli volkanitinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla kayaçların taze yüzeylerinden alınan örnekler, PAÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün ince kesit laboratuvarına gönderilerek, 58 adet ince kesit yaptırılmıştır. Bunlar, BAUN Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi Anabilim Dalı'nda bulunan laboratuvarında Olympus CX31-P marka polarizan mikroskop yardımıyla incelenmiş ve yüksek çözünürlüklü bir kamera yardımıyla fotoğrafları çekilmiştir. Böylece, örneklerin dokusal, mineralojik ve petrografik özellikleri tespit edilmiş ve adlandırmaları yapılmıştır.



Şekil 4.1: Yürekli volkanitindeki kenarları opasitleşmiş biyotitler (a, c, d) ile zonlu plajiyoklazların polarizan mikroskop altındaki görünüşleri (Ç.N., 4X).

Yürekli volkaniti kayaçlarının dokusu petrografik olarak genellikle yarı kristalli porfirik dokudur (Şekil 4.1). Hâkim mineral parajenezi “Kuars+alkali feldspat+plajiyoklaz+biyotit+hornblend+opak mineraller±piroksen” şeklindedir. Kuvars mineralleri kayaçlarda genellikle boşluk dolgusu şeklinde kendini gösterir ve buna

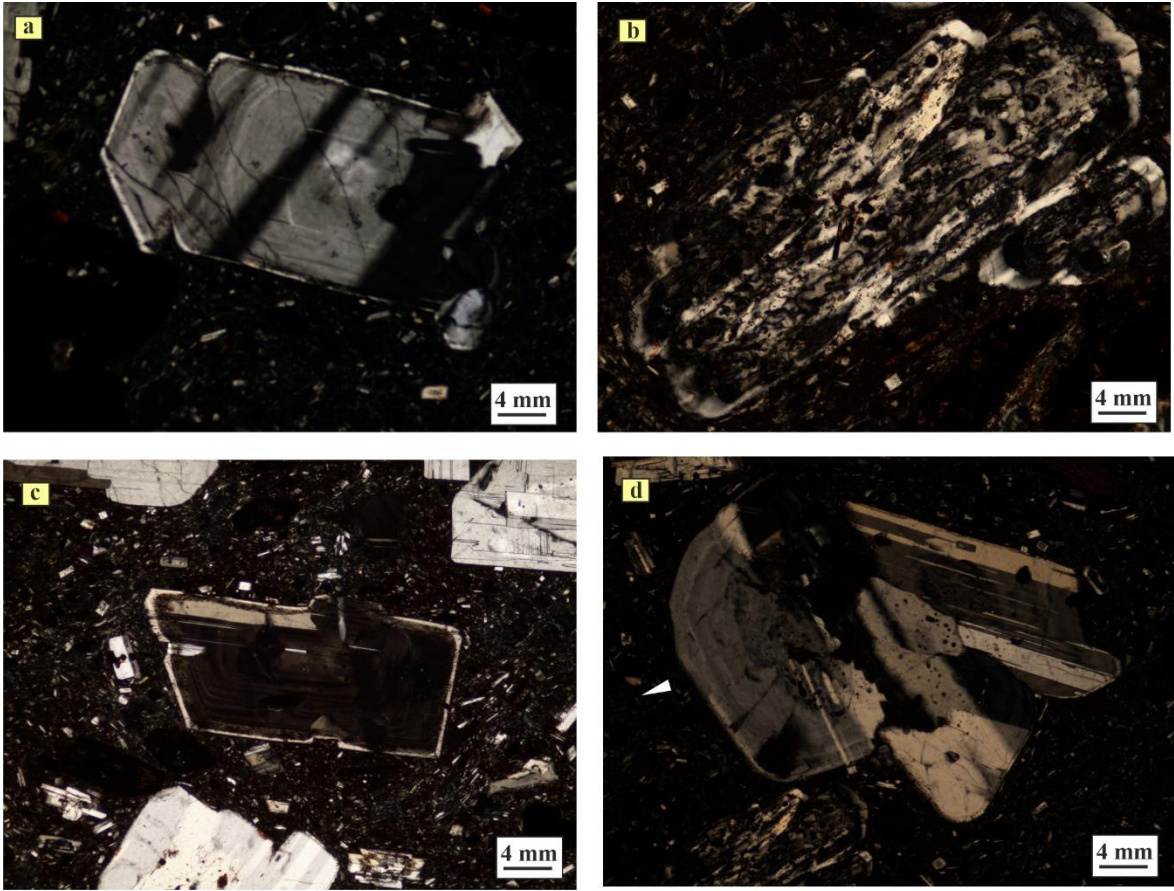
istinaden amigdoloidal dokularla sıklıkla karşılaşılır. Plajiyoklaz mineralleri genellikle zonlanma gösterirler ve bazıları kenarlarından itibaren killeşmeye ve karbonatlaşmaya başlamışlardır (Şekil 4.2). Tipik olarak albit-polisentetik ikizlenmesine sahiptirler. Zaman zaman bazı diğer minerallerle iç içe büyüme dokuları belirgindir.



Şekil 4.2: Yürekli volkanitindeki plajiyoklazların polarizan mikroskop altındaki görünümleri (Ç.N., 4X).

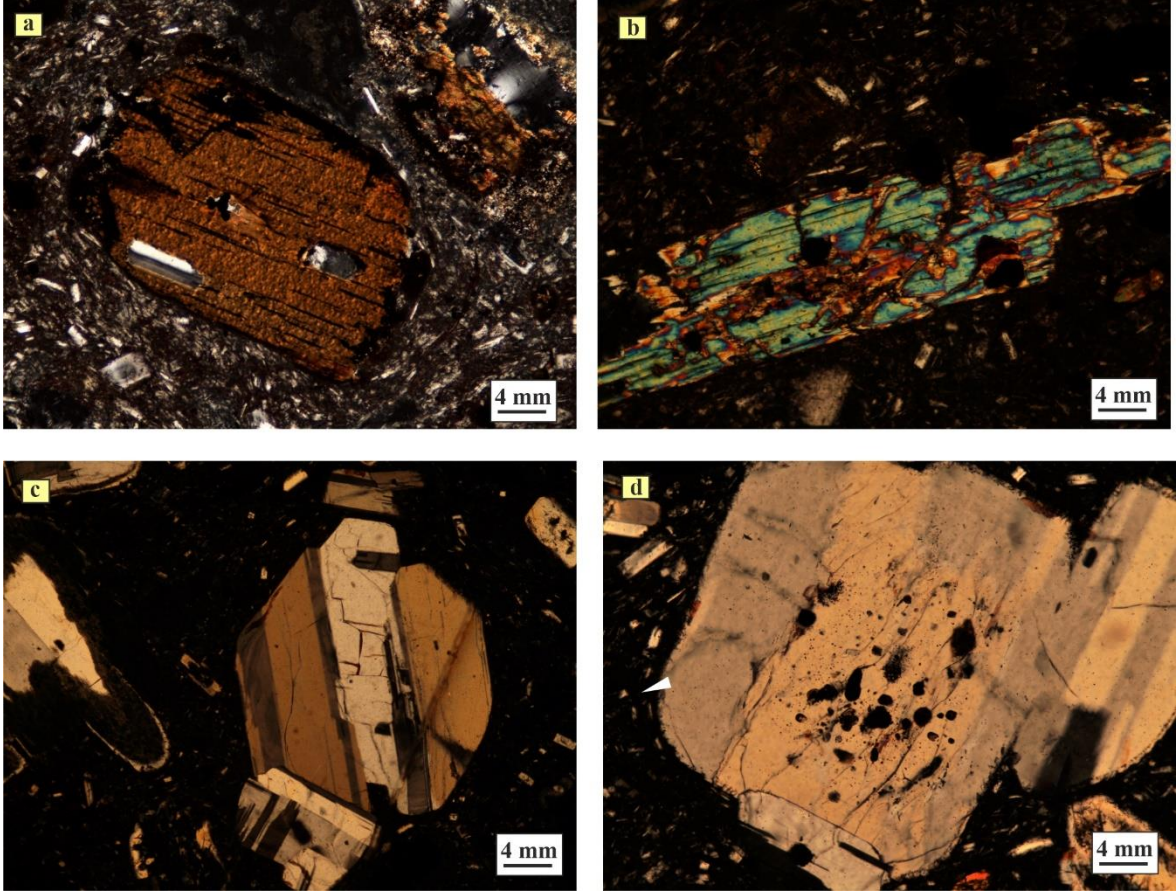
Kayaçların bazılarında yalnızca polisentetik, bazılarında ise yalnızca albit ikizi gösterirler. Özellikle iç içe büyüme dokularının varlığı kayaçların dengesiz bir kristallenme evresi geçirdiklerinin göstergesi olarak yorumlanabilir. Yürekli volkaniti kayaçlarının petrografik incelemeleri kayaçların genellikle taze kaldığını, başka bir deyişle çevreden gelen hidrotermal ergiyiklerin etkisiyle çok fazla altere olmadıklarına işaret etmektedir. Ancak bazı minerallerin tamamen karbonatlaşması ve/veya killeşmeye başlamaları hatta bu durumun kayaçların hamurunda da gözlenebilmesi bunun istisnalarıdır (Şekil 4.3 ve 4.11).

Biyotit mineralleri birinci nikolde açık kahverengi, ikinci nikolde ise koyu kahverengi-siyaha yakın tonlarda olup, bir çoğu kenarlarından itibaren opaklaşmış olarak görünmektedirler (Şekil 4.4). Orta-yüksek optik engebe gösterirler. Bunda opaklaşma sonucu bünyelerindeki demiri dışa kusmalarının da etkisi büyüktür. Bazı kafa kesitlerinde düzgün altıgen olup, diğer kesitlerde ise yarı özşekilli ve levhamsı olarak bulunurlar (Şekil 4.5). Çift nikol altında tipik olarak kedigözü sönmesi gösterirler ve bu şekilde diğer minerallerden kolayca ayrılabilirler.



Şekil 4.3: Yürekli volkanitindeki plajiyoklazların polarizan mikroskop altındaki görünüşleri (Ç.N., 4X).

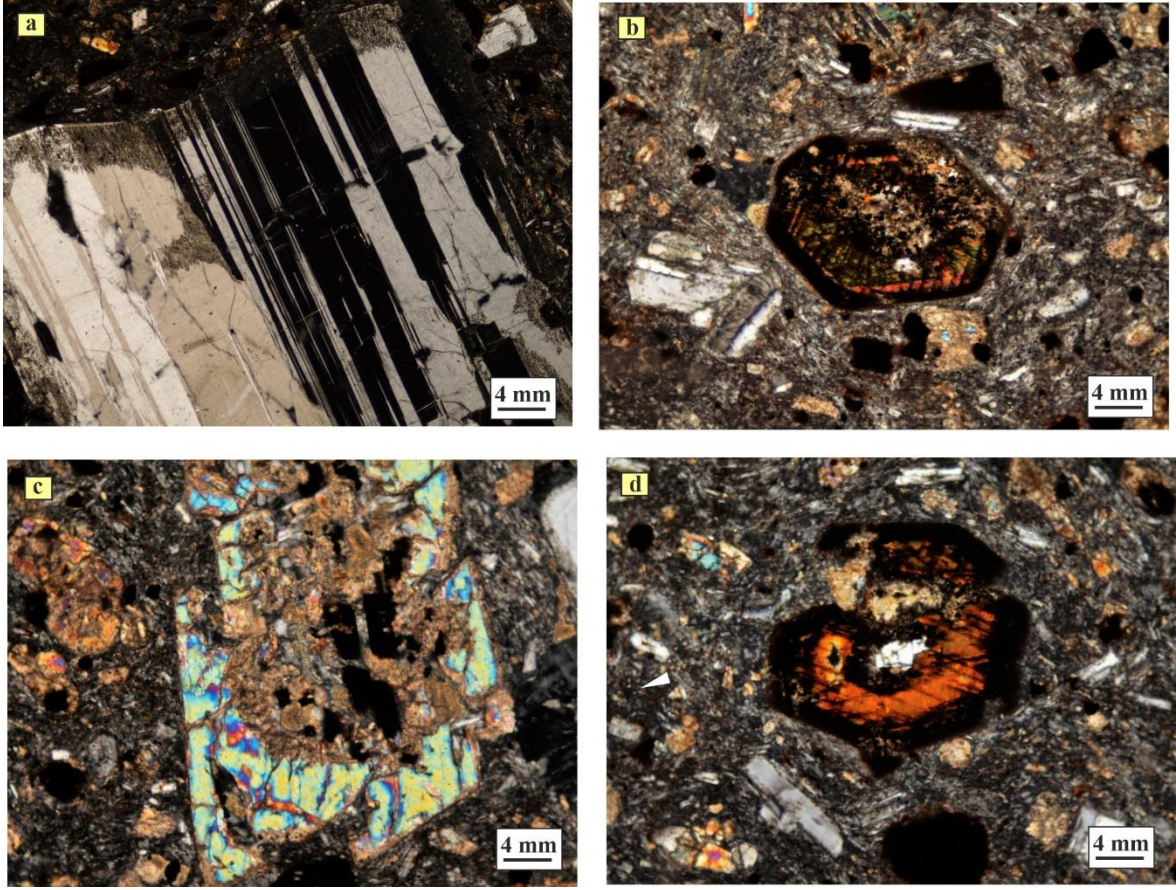
Yürekli volkaniti kayalarında gözlenen hornblend mineralleri tek nikolde yeşilimsi kahve renklerde olup, çift nikolde ise 3. ve 4. dizinin yüksek dalga boylu girişim renklerini gösterirler. Bazı kristalleri düzgün altıgen şekilliysen bazıları ise b eksenleri büyümüş prizmatik kristaller halinde gözlenmektedir. (Şekil 4.6). Carlsbad ikizine bu minerallerde nadiren rastlanır (Şekil 4.10). Şekil 4.7’de bazı örneklerdeki karbonatlaşmalar belirgin şekilde görünmektedir.



Şekil 4.4: Yürekli volkanitindeki (a) biyotit, (b) hornblend ve (c, d) zonlu plajiyoklazların polarizan mikroskop altındaki görünüşleri (Ç.N., 4X).

Yukarıda da ifade edildiği gibi örneklerde sıklıkla boşluklar görülmektedir ve bunlar yer yer başka mineraller tarafından doldurulmuştur. Amigdoloidal doku şeklinde adlandırılan bu boşlukları ya kuvars ya da kalsit mineralleri doldurmuştur (Şekil 4.8). Bazı minerallerde büyük bir kristalin içerisinde daha küçük başka minerallerin bulunması şeklinde tarif edilen poikilitik dokuların varlığı dikkat çekicidir (Şekil 4.9). Bu durum petrolojik olarak Yürekli volkanitini oluşturan ilksel magmanın başka magmalarla karışmış olabileceğini düşündürmektedir. Kayaçlarda sferülitik dokular ve silis güneşleri de yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 4.9 ve 4.10).

Yürekli volkaniti kayaçlarında özellikle hamurda kloritleşme gözlenmektedir (Şekil 4.12). Klorit mineralleri tek nikolde soluk yeşil, çift nikolde ise mavi renklerde görünmektedirler. Biyotitlere oranla belli belirsiz bir pleokroizma sergilerler. Örneklerdeki bu kloritlerin ilksel biyotitlerden dönüştüğü düşünülmektedir.

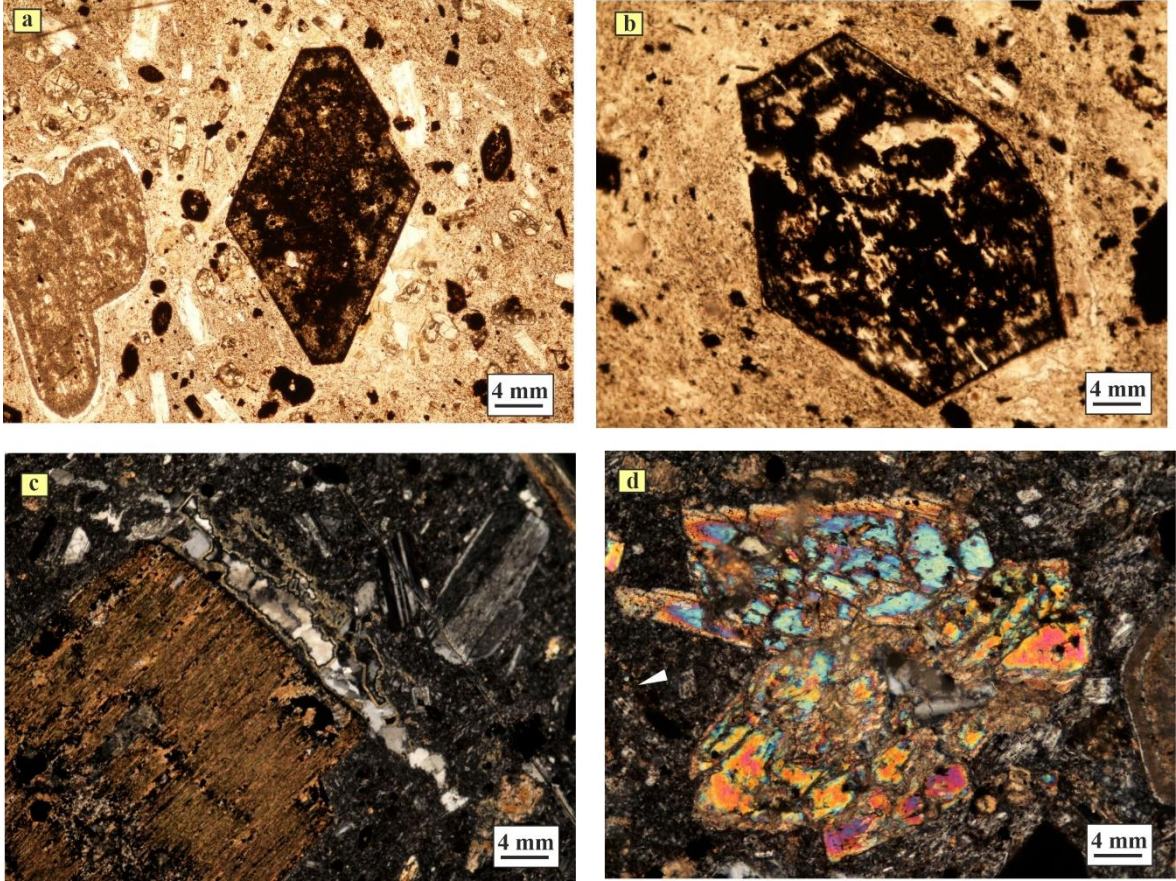


Şekil 4.5: Yürekli volkanitindeki (a) albit ikizli plajiyoklaz, (b) özşekli amfibol, (c) ortasından itibaren karbonatlaşmış hornblend ve (d) hamur tarafından yenmiş hornblendin mikroskop görüntüsü (Ç.N., 4X).

Yürekli volkaniti örneklerinde piroksen mineraline nadiren rastlanılmaktadır (Şekil 4.15). Düzgün sekizgen kristale sahip piroksenler, kayaçların bileşiminin literatürde şimdiye kadar dasit olarak adlandırılmalarına karşılık daha bazik bir bileşime de sahip olabileceklerinin en iyi kanıtıdır. Buna göre kimyasal analizle de uyumlu olarak bu kayaçların dasitten ziyade andezitik bileşime daha yakın olduğu söylenebilir.

Yürekli volkaniti kayaçlarında sık sık glomerofirik ve glomeroporfirik dokular da gözlenmektedir (Şekil 4.13). Bazı volkanik ve subvolkanik kayaçlarda fenokristaller ve mikrofenokristallerin (glemerokristaller) bir kısmı bir araya gelerek küçük kümeler oluşturur. Glemerokristaller yaklaşık aynı büyüklükteyse doku glomerofirik, farklı büyüklüklerdeyse glomeroporfirik olarak anılır (Mackenzie vd. 1988; McPhie vd. 1993; Shelley, 1993).

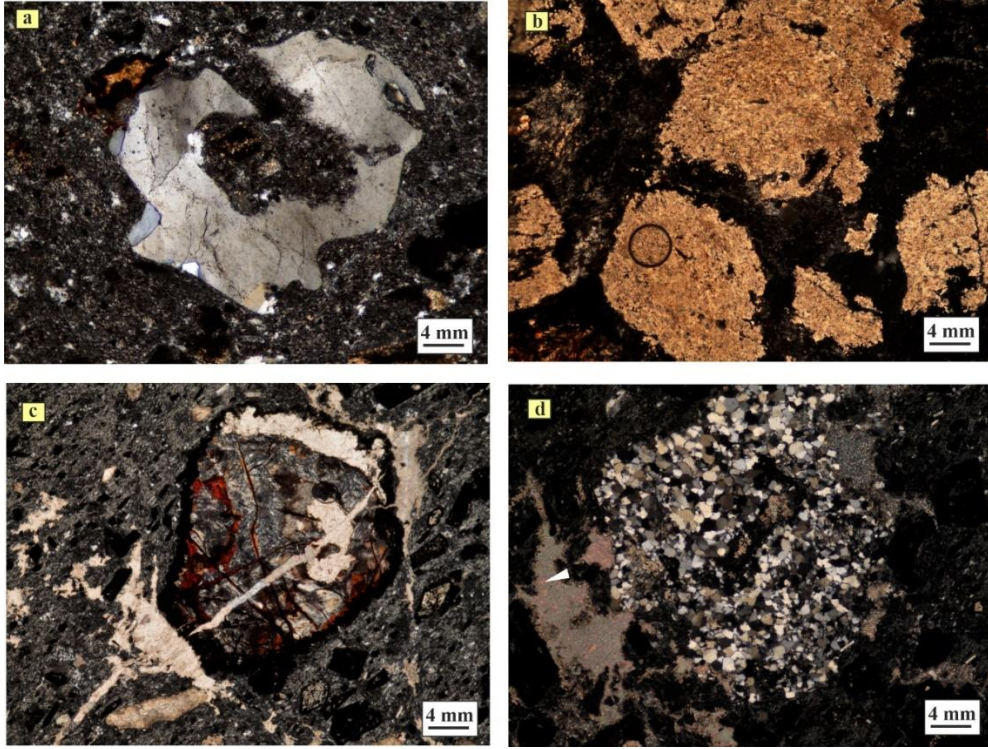
Nadiren görülen birincil kuvars minerallerinin kenarları hamur tarafında yenmiştir ve böylece korrode şekilde görünen bu mineraller körfezlenme dokularını meydana getirmişlerdir (Şekil 4.14).



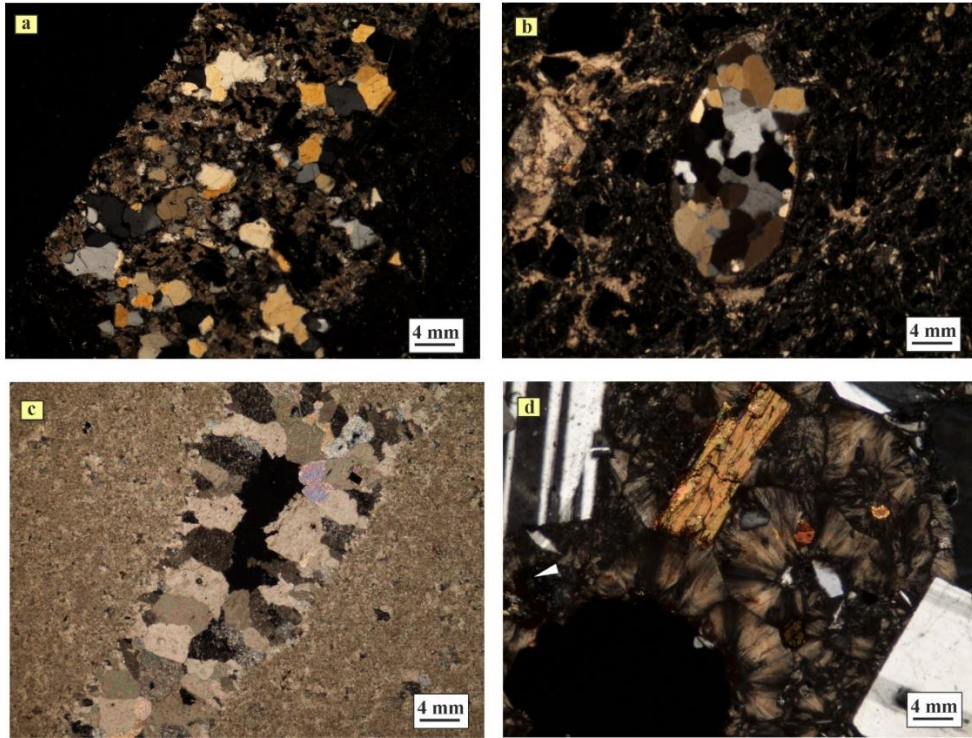
Şekil 4.6: Özşekli hornblend kristalleri (a ve b; T.N., 4X), (c) biyotit, (d) özşekilsiz hornblendin mikroskop görüntüsü (Ç.N., 4X).

Mineral parajenezine eşlik eden opak mineraller ise örneklerde sıklıkla karşımıza çıkar ve Yürekli volkaniti kayaların metalik mineraller yönünden zengin olduğunu gösterir.

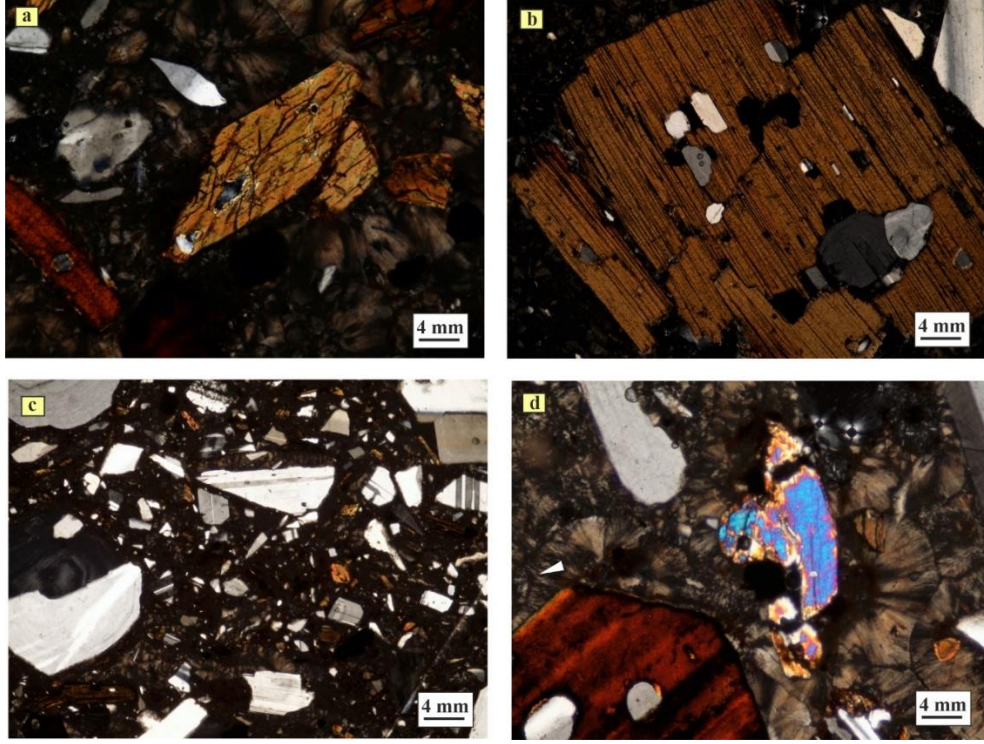
Tüm bu petrografik incelemelere dayanarak Yürekli volkaniti kayalarının genellikle andezit, nadiren de bazaltik andezit veya dasit olarak adlandırılması gerektiği ortaya konmuştur.



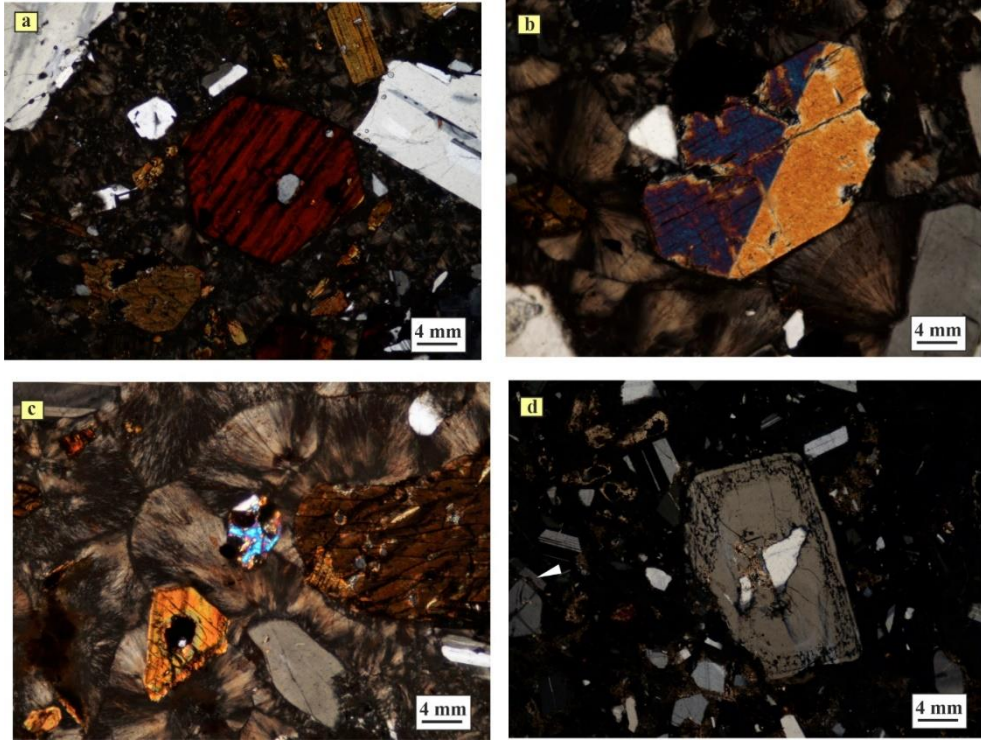
Şekil 4.7: (a) Boşluk dolgusu şeklinde yerleşmiş korrode kuvars, (b) tamamen karbonatlaşmış kristaller, (c) oldukça altere biyotit, (d) özşekilsiz dolgu kuvars topluluğu (Ç.N., 4X).



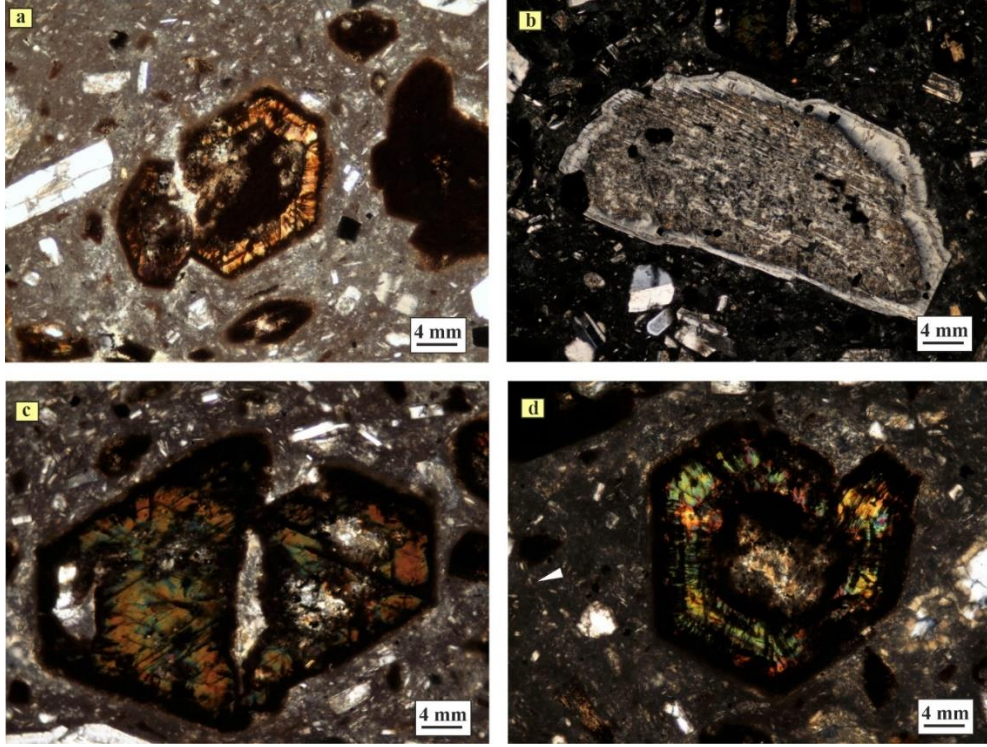
Şekil 4.8: Yürekli volkaniti kayaçlarında sık sık görünen kuvarsla dolu amigdoloidal doku (a, b), kalsit dolgusu (c) ve sferoidal silis dokuları (d), (Ç.N., 4X).



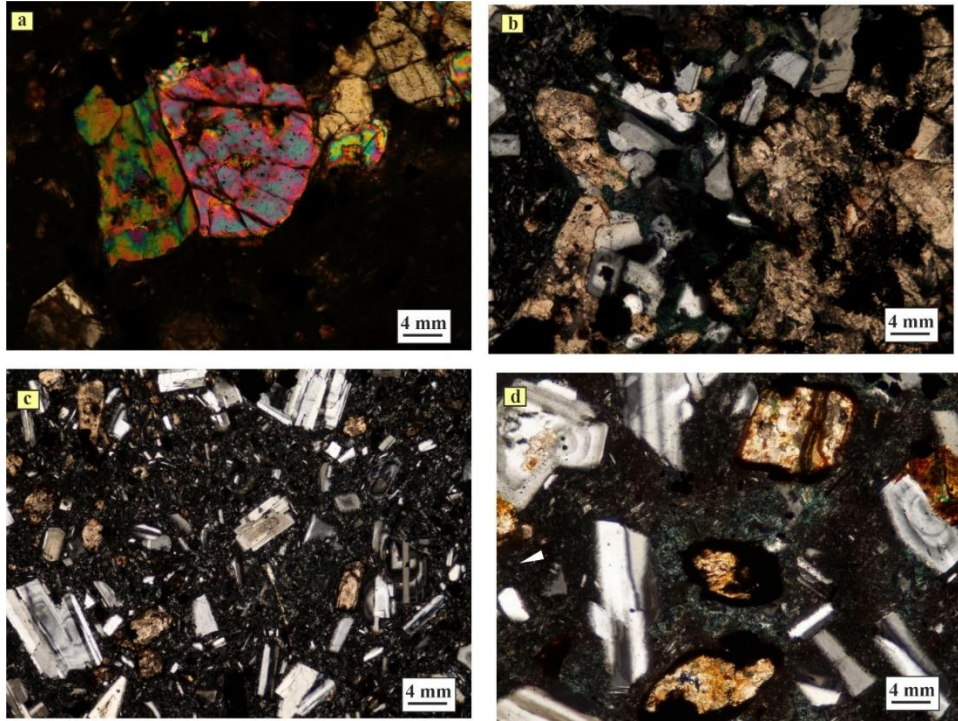
Şekil 4.9: (a) Özşekli hornblend, (b) poyikilitik dokulu biyotit, (c) breşik görünümlü plajiyoklazlar ve (d) sferülitik silis dokuları (Ç.N., 4X).



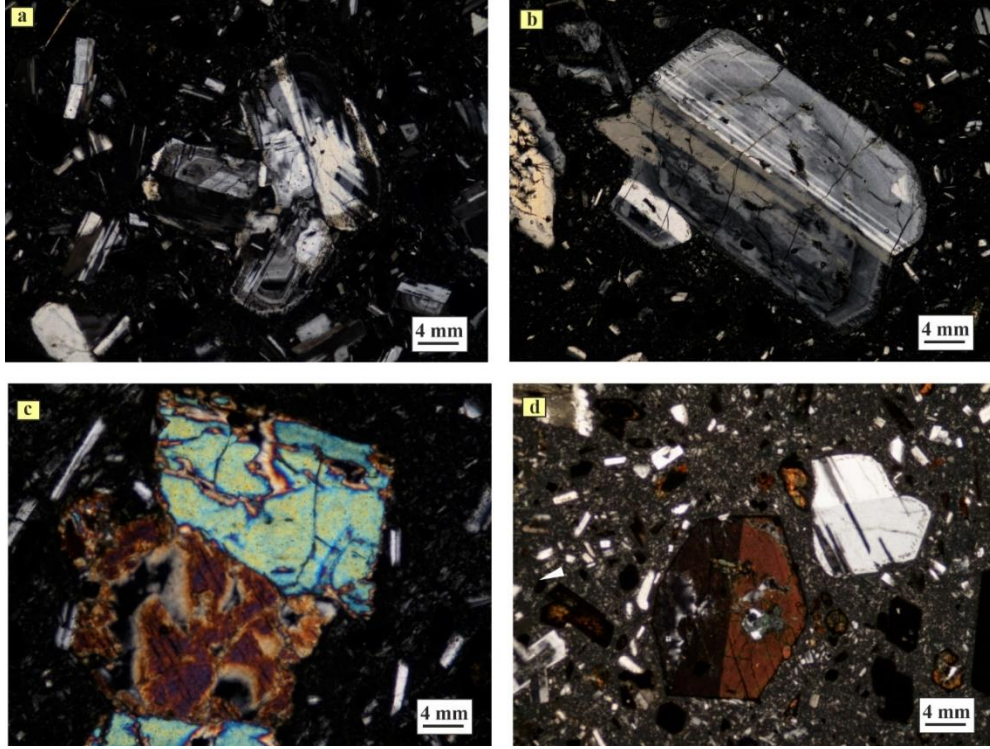
Şekil 4.10: (a) Biyotit mineralinin kafa kesiti, (b) düzgün altıgen Carlsbad ikizli hornblend, (c) sferoidal dokular ve (d) kenarlarından itibaren altere plajiyoklazın mikroskop görünümü (Ç.N., 4X).



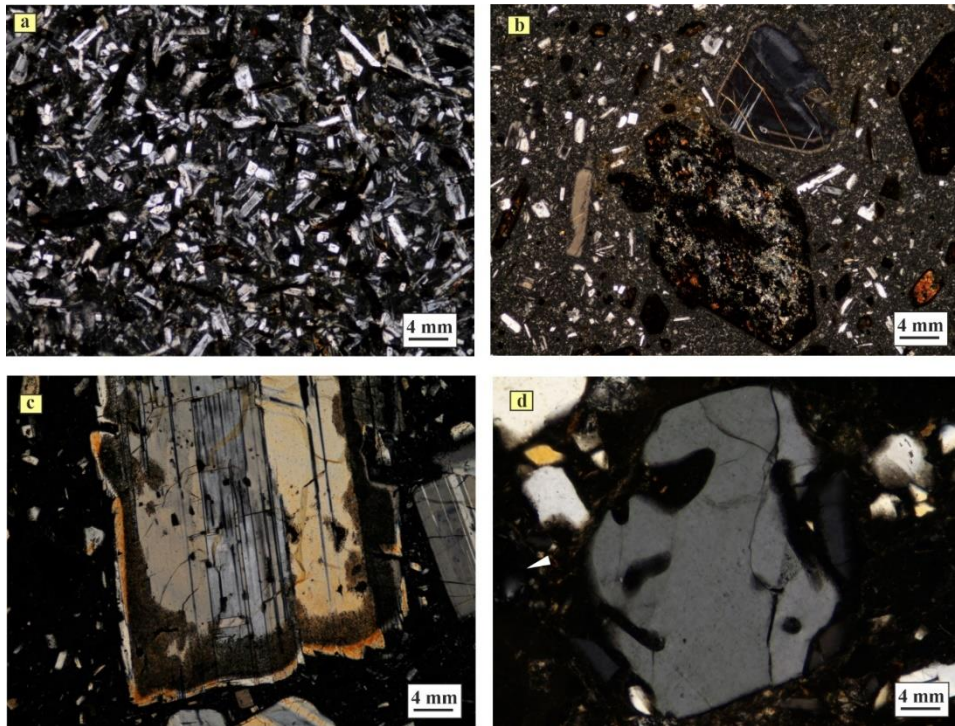
Şekil 4.11: (a, c, d) Yüksek rölyef gösteren amfiboller ve (b) killeşmeye başlayan plajiyoklazın mikroskop görünümü (Ç.N., 10X).



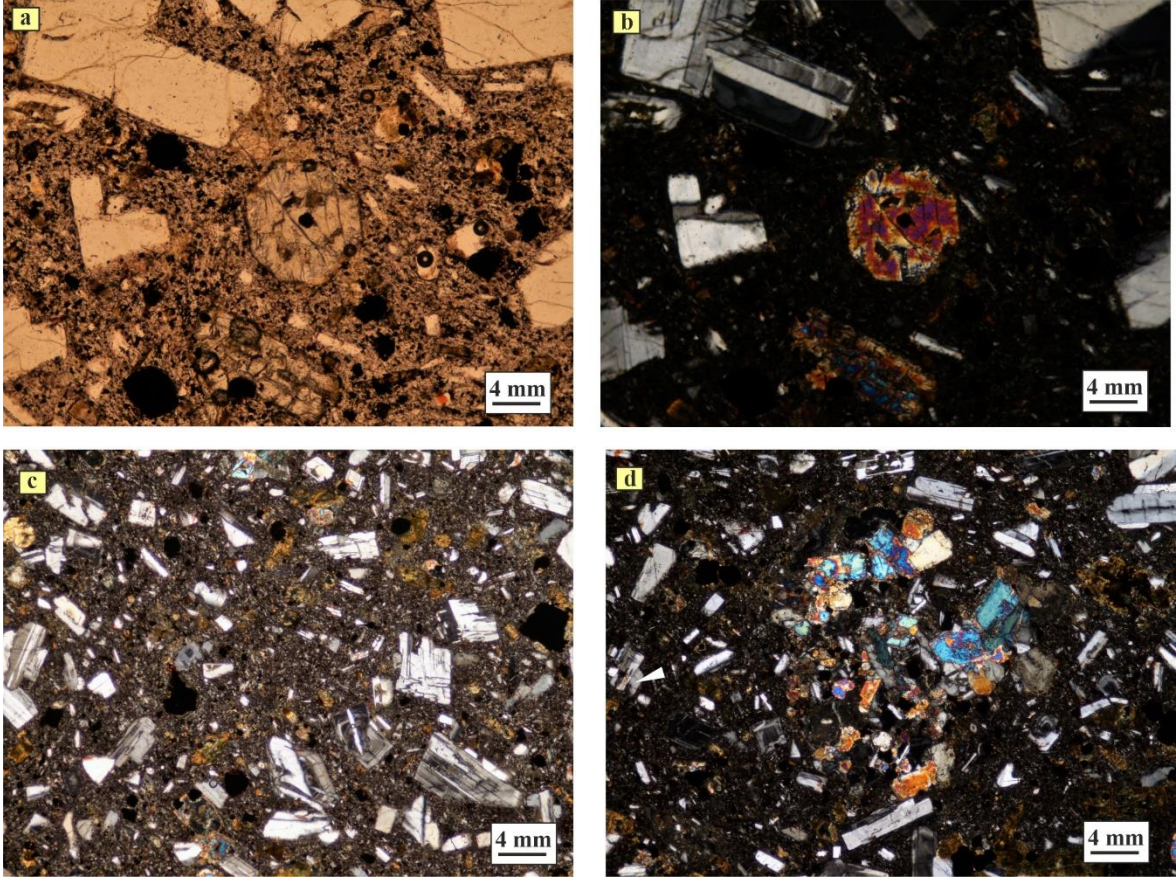
Şekil 4.12: (a) Yüksek girişim rengine sahip amfibol, (b) kloritleşme, (c) yarı kristalli porfirik akma dokuları ve (d) matrikste kloritleşmenin mikroskop görünümü (Ç.N., 4X).



Şekil 4.13: (a) Glemerofirik dokulu plajiyoklazlar, (b) polisentetik ikizli plajiyoklaz, (c) yüksek girişim renkli amfibol ve (d) Carlsbad ikizli özşekli hornblendin porfirik hamur içerisindeki görünümü (Ç.N., 4X).



Şekil 4.14: (a) Mikrokristalen feldspat mineralleri, (b) tamamen opaklaşmış hornblend, (c) altere plajiyoklaz ve (d) körfez dokulu kuvars kristalinin mikroskop görünümü (Ç.N., 4X).



Şekil 4.15: (a, b) düzgün sekizgen piroksen mineralinin tek nikol ve çift nikolde görünümü, (c, d) yarı krsitalli porfirik dokunun mikroskop görünümü (Ç.N., 4X).

5. JEOKİMYA

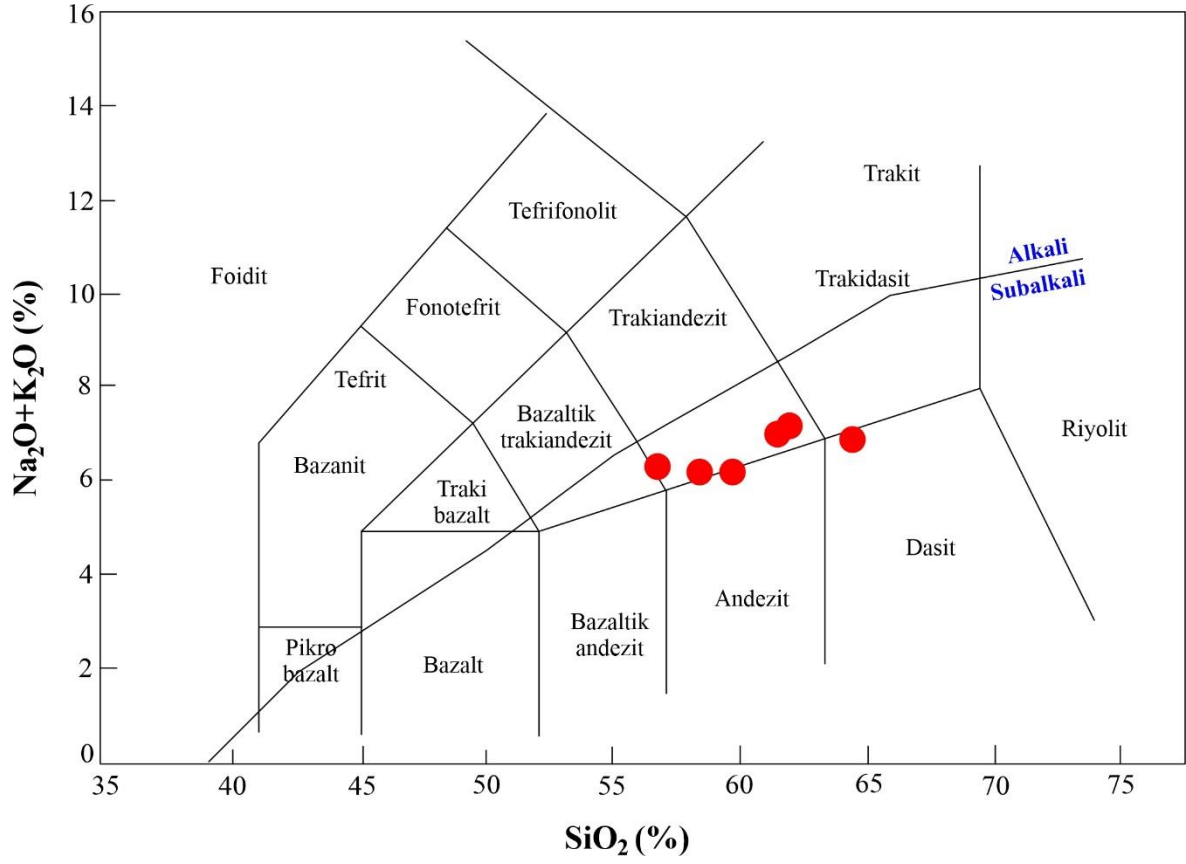
Yürekli volkanitine ait toplam 6 adet örnek ana oksit, iz element ve nadir toprak element içeriklerinin belirlenmesi amacıyla Kanada'da bulunan Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. analiz laboratuvarına gönderilmiş; böylece inceleme konusu kayaçların ana oksit, iz element ve nadir toprak element (NTE) içerikleri elde edilmiştir. Örneklerin ana oksit içerikleri Tablo 5.1'de, eser element içerikleri Tablo 5.2'de ve NTE içerikleri ise Tablo 5.3'de verilmiştir.

5.1 Ana Element Jeokimyası

Yürekli volkanitine ait örneklerin ana element içerikleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Buna göre kayaçların SiO₂ içerikleri %58,36 ile %66,55 arasında değişmektedir. Buna göre genellikle andezit bileşimindedirler. Örneklerdeki Fe₂O₃ ve CaO içerikleri de dikkat çekicidir. Kayaçların analiz içeriklerine göre MinPet programı kullanılarak çizilen jeokimyasal diyagramları aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.1: Yürekli volkaniti örneklerinin ana element (%) içerikleri.

	SS1	SS7	YA2	YA3	Y2	YDA
SiO ₂	58,36	63,40	60,16	61,52	66,55	63,90
Al ₂ O ₃	18,50	16,49	16,19	17,11	14,95	15,54
Fe ₂ O ₃	6,97	5,50	5,61	6,20	4,66	5,29
TiO ₂	0,87	0,58	0,61	0,72	0,47	0,48
MgO	0,76	1,01	0,97	0,39	1,10	1,41
CaO	6,13	4,40	6,41	5,56	3,98	4,49
Na ₂ O	3,72	3,45	3,57	3,67	3,03	3,17
K ₂ O	2,56	3,47	2,59	2,49	3,78	3,95
MnO	0,11	0,05	0,16	0,11	0,06	0,14
P ₂ O ₅	0,24	0,21	0,19	0,20	0,18	0,17
A.Z.	1,4	1,1	3,3	1,8	0,9	1,1
Toplam	99,80	99,81	99,86	99,86	99,84	99,83



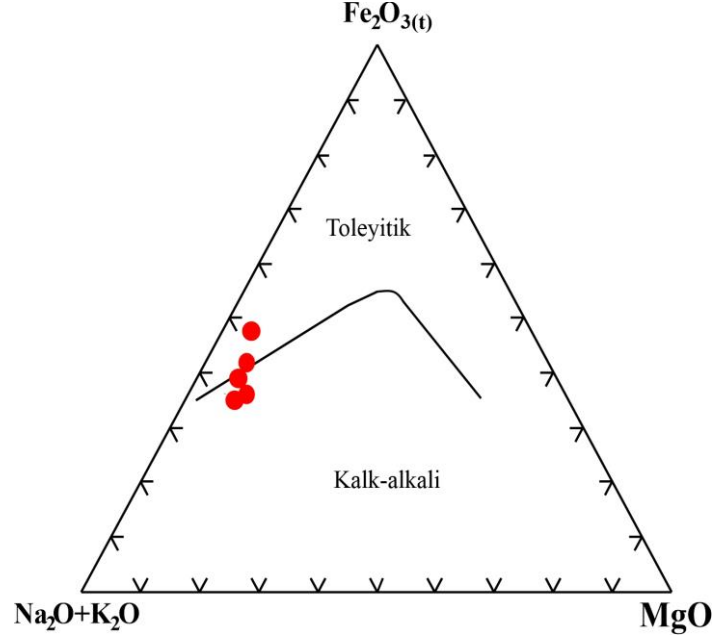
Şekil 5.1: Yürekli volkanitinin SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramı (Le Maitre vd. 1989). Alkali-Subalkali eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göredir.

SiO_2 'ye karşı toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) diyagramına göre Yürekli volkaniti kayaçlarının 4'ü andezit, biri bazaltik-andezit ile andezit sınırında biri ise dasit alanında görünmektedir (Şekil 5.1). Buna göre literatürde daha önce “Yürekli dasiti” olarak adlandırılmış olmaları doğru değildir.

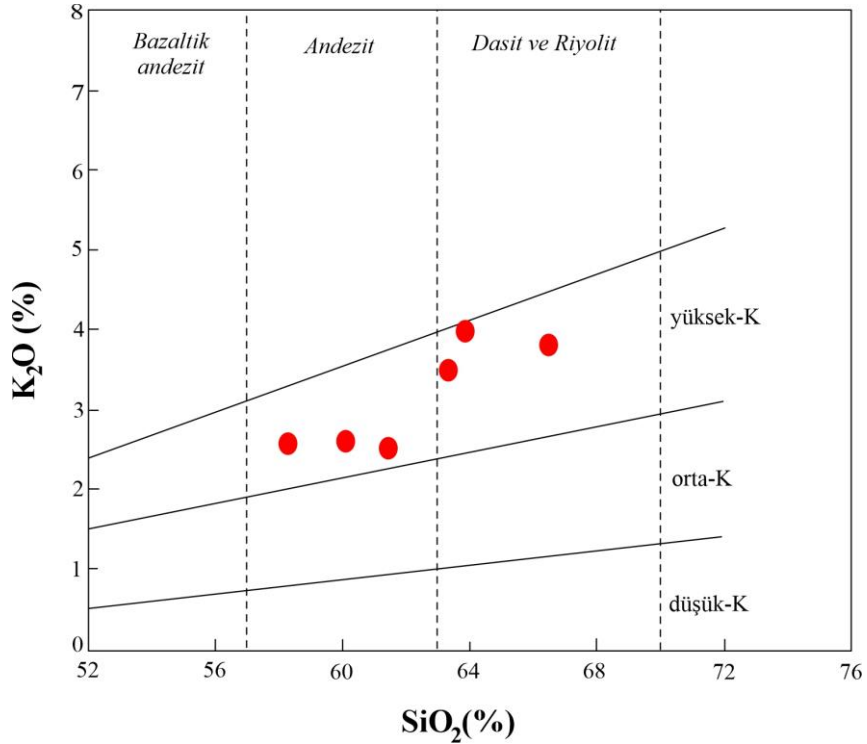
Yürekli volkanitinin toplam alkali-demir-magnezyum diyagramına (Irvine ve Baragar, 1971) bakıldığında örneklerin çoğunluğunun kalk-alkali kısımda kaldığı 1 örneğin ise toleyitik kısımda olduğu görülmektedir (Şekil 5.2). Bu örnek için durum, kayaçların alterasyon etkisiyle Fe içeriklerindeki artışın etkisi olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Petrografik incelemelerde minerallerdeki yoğun Fe kusmaları da bu yorumu desteklemektedir.

SiO_2 (%)'ye karşı K_2O (%) diyagramı (Le Maitre, 2002) Yürekli volkaniti kayaçlarının tümünün yüksek K'lı olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 5.3). Yürekli volkanitinin SiO_2

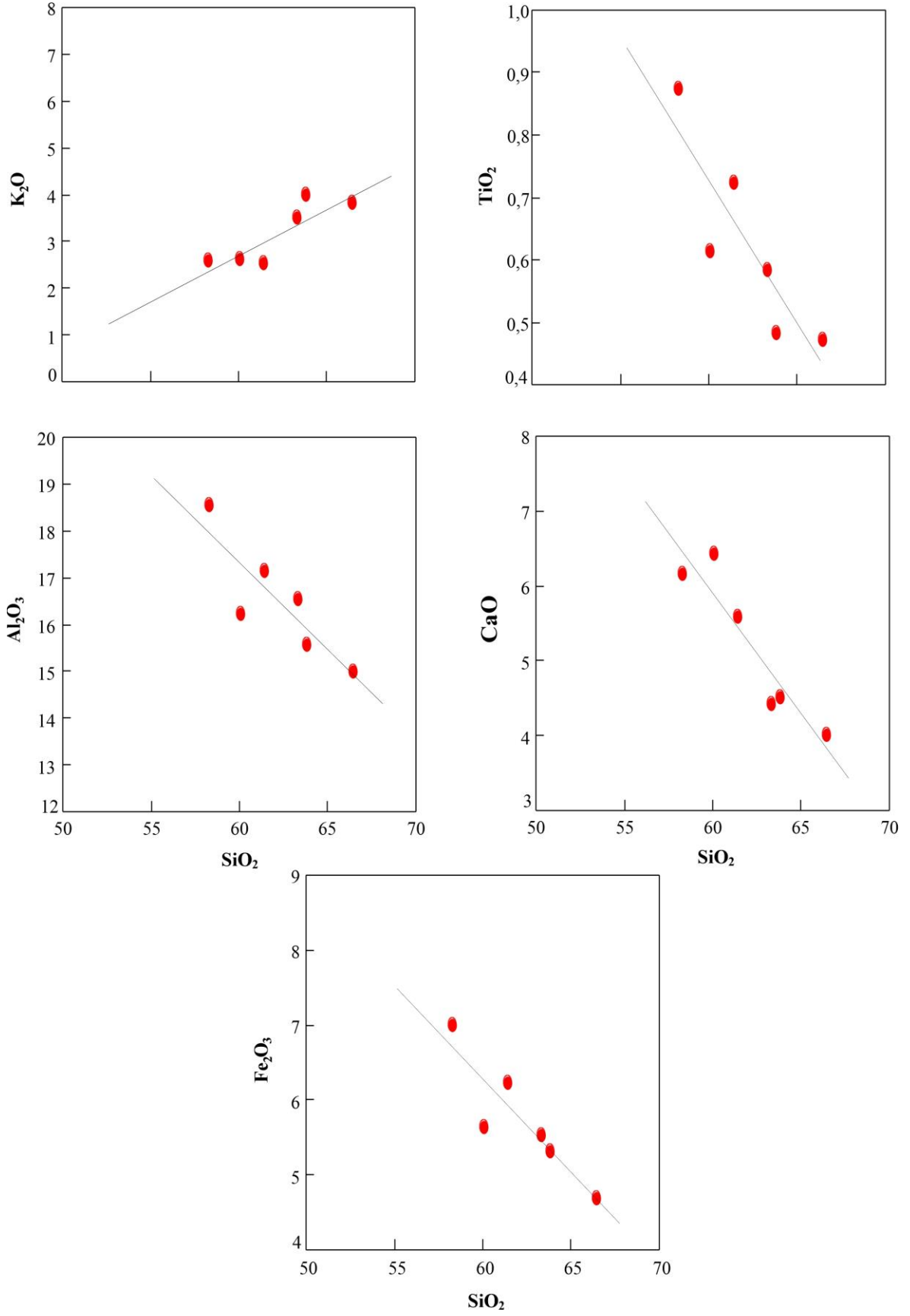
(%)'ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramlarına bakıldığında K_2O ve MgO haricinde tüm oksitlerin negatif bir desen verdikleri gözlenir. Yani SiO_2 içerikleri arttıkça diğer oksitlerin içeriği azalır (Şekil 5.4).



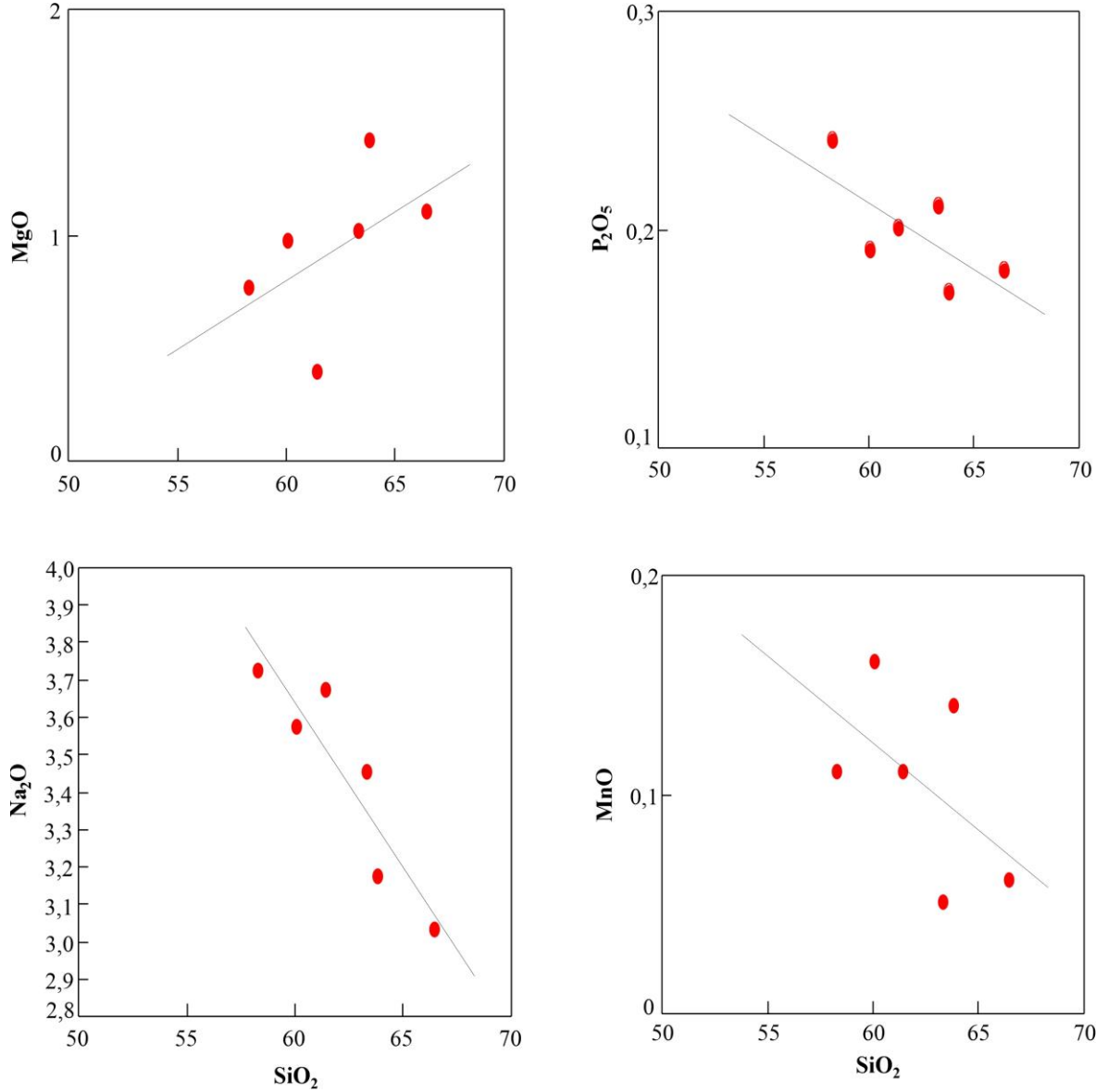
Şekil 5.2: Yürekli volkanitinin AFM (Na_2O+K_2O , $Fe_2O_{3(t)}$, MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).



Şekil 5.3: Yürekli volkanitinin SiO_2 (%)'ye karşı K_2O (%) diyagramı (Le Maitre, 2002).



Şekil 5.4: Yürekli volkanitinin SiO₂ (%)’ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları.



Şekil 5.4: (devam)

5.2 Eser Element Jeokimyası

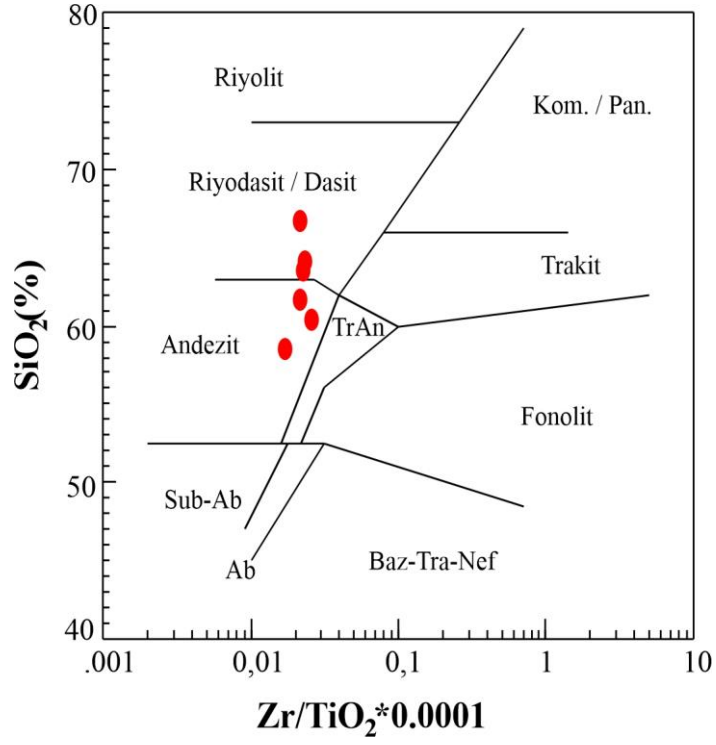
Yürekli volkanitine ait örneklerin eser element içerikleri (ppm) cinsinden Tablo 5.2’de verilmiştir. 6 örneğin de içerikleri birbirleriyle uyumludur. $Zr/TiO_2 * 0,0001 - SiO_2$ (%) (Winchester ve Floyd, 1977) ve $Nb/Yb - Zr/TiO_2 * 0,0001$ (Winchester ve Floyd, 1976) diyagramlarına göre kayaların bileşimi anezit-dasit arasında değişmektedir (Şekil 5.5 ve 5.6). Bu durum ilk bakışta toplam alkali-silis diyagramıyla uyumsuzmuş gibi görünmesine karşın, kimyasal analizde kayacın bileşimi tespitinde TAS diyagramını esas almak daha doğrudur. Yürekli volkanitinin SiO₂ (%)’ye karşı eser element (ppm) değişim

diyagramlarında Rb, Ba, Th, Sr ve Ce elementleri pozitif; Co, Y, Hf ve Zr elementleri ise negatif eğilim göstermektedirler. Nb ise SiO₂ değişimiyle sabit kalmaktadır (Şekil 5.7).

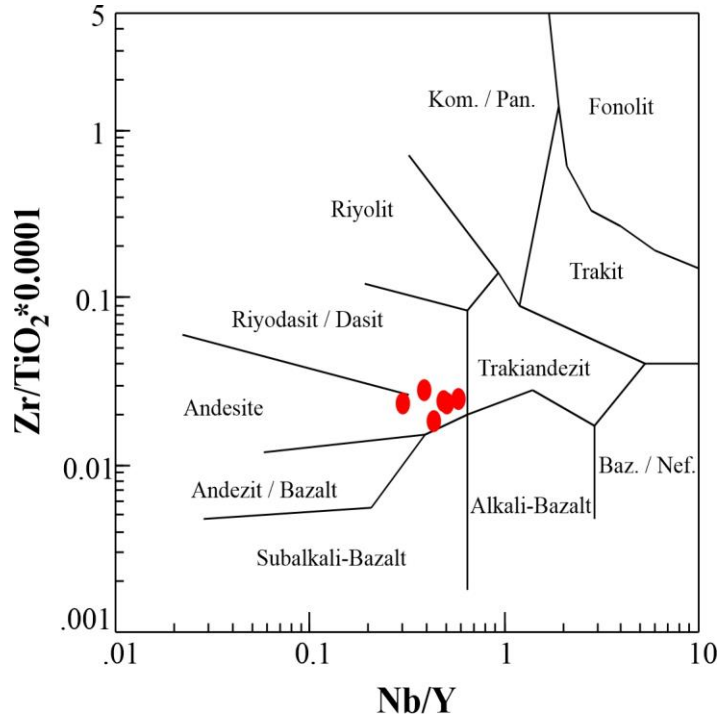
Yürekli volkanitine ait eser element içeriklerine göre oluşum ortamı sınıflandırma diyagramlarında örneklerin tümü “kıtasal yay bazaltı” bölgesine düşmektedirler (Şekil 5.8 ve 5.9). Yürekli volkanitinin OIB’ye göre normalize edilmiş eser element dağılım diyagramlarında Rb, Ba ve Th içerikleri zenginleşme gösterirken; Ce, Ta, Nb, Y ve Zr içerikleri ise fakirleşmiştir. N-Tipi ve E-Tipi Okyanus Ortası Sırt Bazaltı’na göre ise Y haricinde neredeyse tüm elementler zenginleşme göstermektedir (Şekil 5.10, 5.11 ve 5.12).

Tablo 5.2: Yürekli volkaniti örneklerinin eser element (ppm) içerikleri.

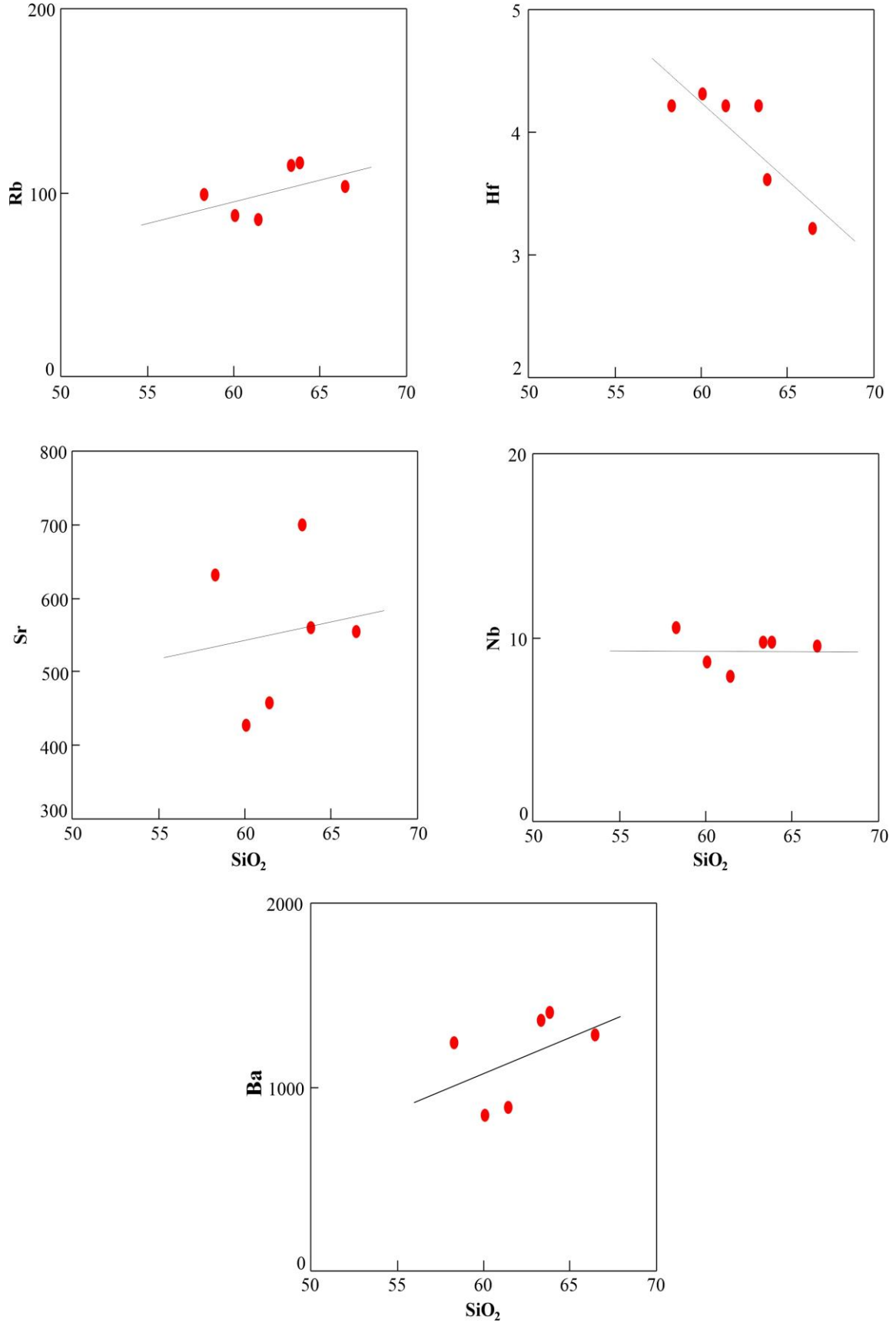
	SS1	SS7	YA2	YA3	Y2	YDA
Ba	1232	1352	840	882	1274	1400
Ni	10	10	10	23	10	10
Sc	19	11	11	14	8	11
Be	1	2	2	3	2	0,5
Co	13,9	10,2	10,7	11,4	11,1	13,8
Cs	4,9	5,9	5,9	3,9	3,4	4,3
Ga	17,5	16,5	15,6	17,0	14,3	14,2
Hf	4,2	4,2	4,3	4,2	3,2	3,6
Nb	10,5	9,7	8,6	7,8	9,5	9,7
Rb	97,9	113,9	86,6	84,9	102,9	115,3
Sn	1	1	1	1	1	1
Sr	630,0	697,8	424,9	456,5	552,1	558,7
Ta	0,6	0,7	0,6	0,4	0,8	0,9
Th	14,1	24,0	12,2	12,4	26,8	27,9
U	4,0	4,5	3,1	3,1	4,3	4,8
V	188	129	99	120	103	105
W	4,4	3,5	2,2	2,5	2,3	2,5
Zr	153,0	135,8	164,3	160,6	104,7	116,4
Y	23,3	19,2	21,7	25,3	18,3	16,1
Mo	1,1	0,9	0,7	0,7	1,2	1,4
Cu	13,9	18,0	10,0	13,5	12,6	12,5
Pb	12,9	5,2	1,7	4,1	5,4	5,4
Zn	100	27	39	37	18	22
Ni	8,6	5,6	4,4	5,8	4,3	6,7
As	25,6	3,9	3,8	4,7	13,5	17,1
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sb	4,6	1,3	2,1	2,1	1,8	1,8



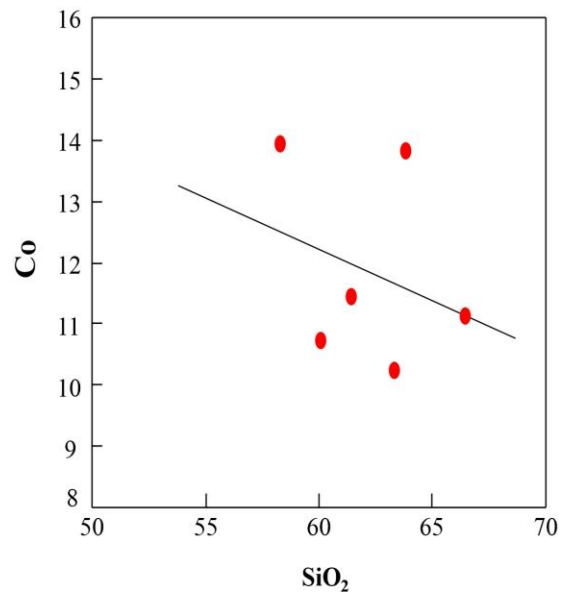
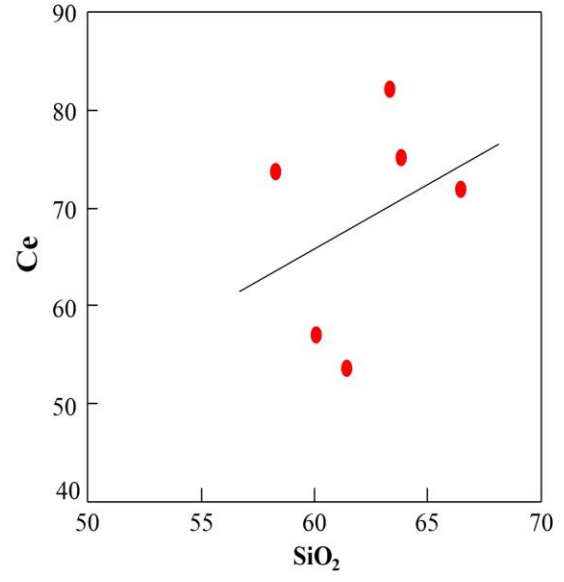
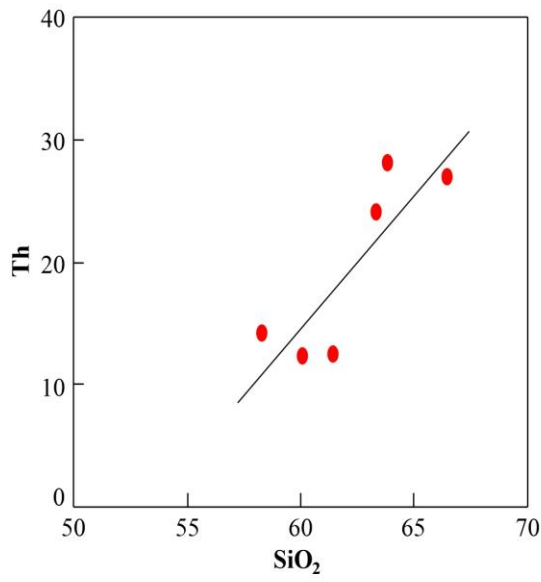
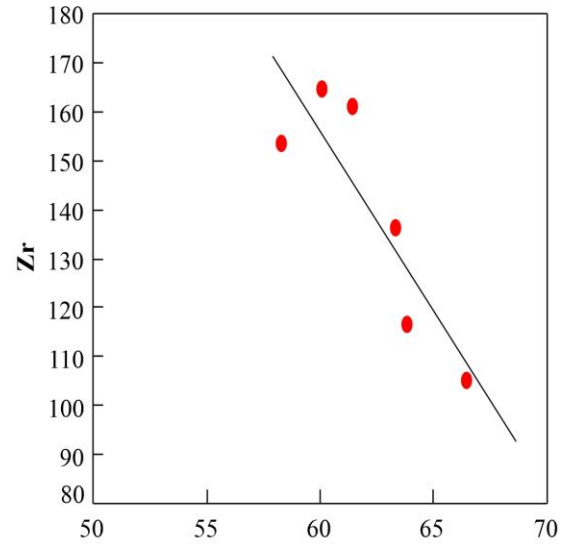
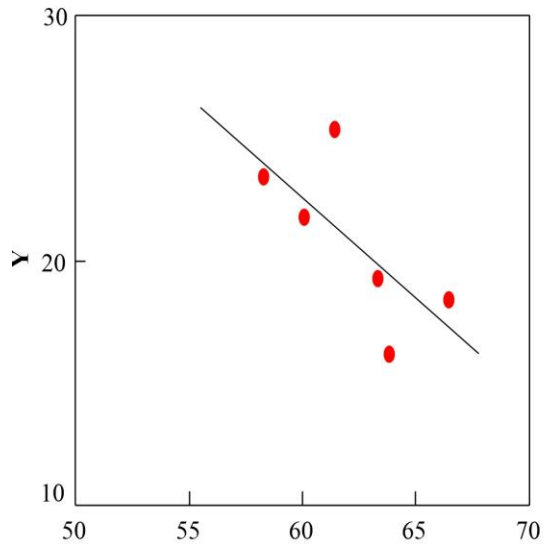
Şekil 5.5: Yürekli volkaniti kayaçlarının $Zr/TiO_2*0,0001$ 'e karşı SiO_2 (%) diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977).



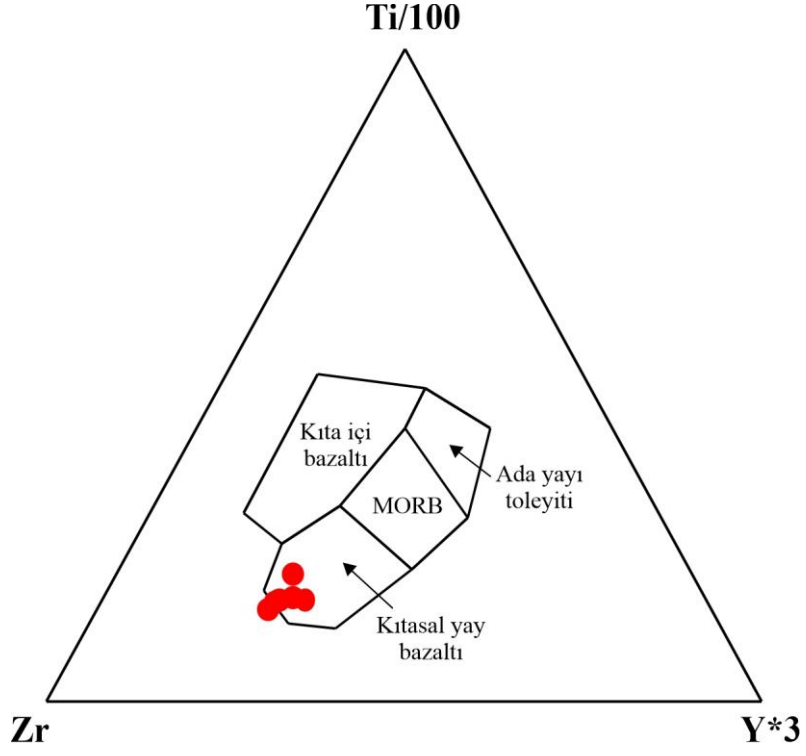
Şekil 5.6: Yürekli volkaniti kayaçlarının Nb/Yb 'ye karşı $Zr/TiO_2*0,0001$ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1976).



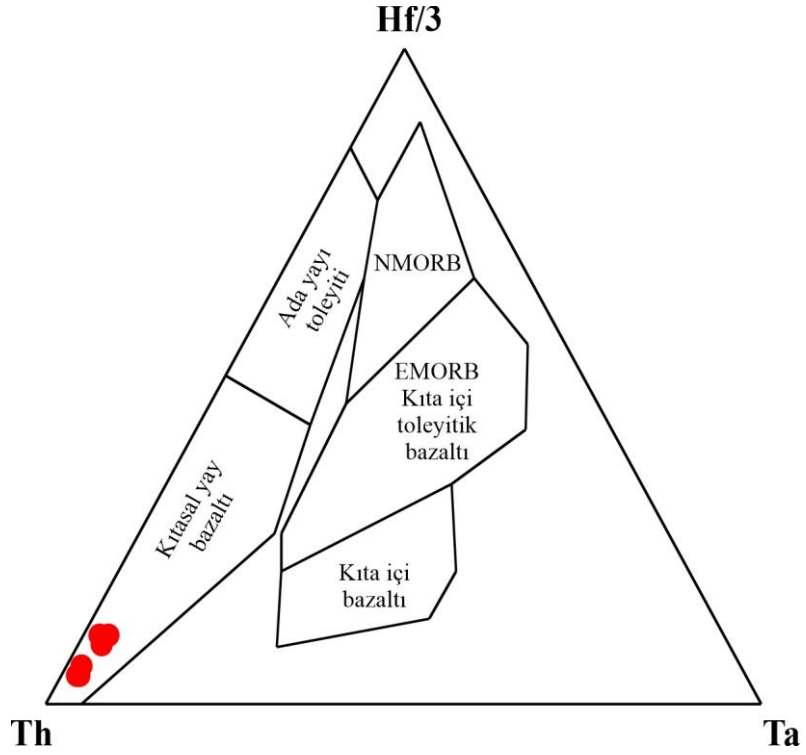
Şekil 5.7: Yürekli volkanitinin SiO₂ (%)’ye karşı eser element (ppm) değişim diyagramları.



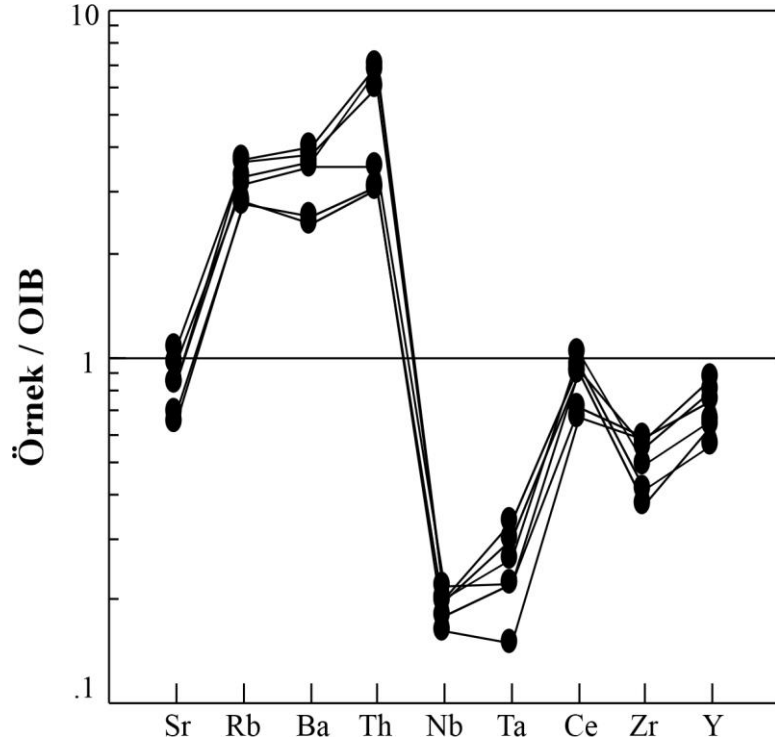
Şekil 5.7: (devam)



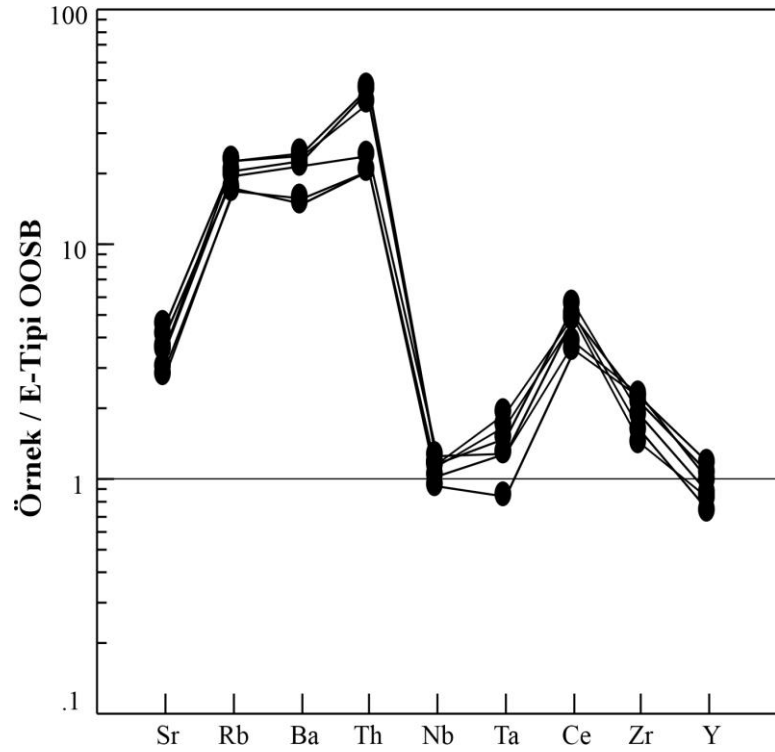
Şekil 5.8: Yürekli volkanitinin tektonik ortam ayırtman diyagramı (Pearce ve Cann, 1973).



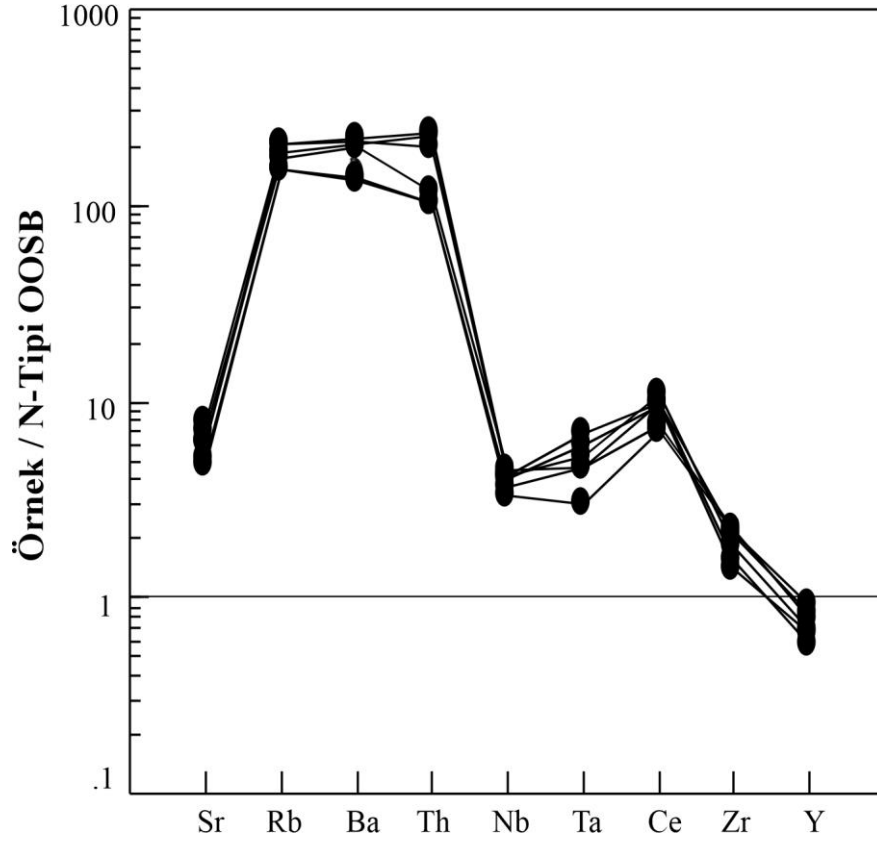
Şekil 5.9: Yürekli volkanitinin tektonik ortam ayırtman diyagramı (Wood, 1980).



Şekil 5.10: Yürekli volkanitinin Okyanus Adası Bazaltı (OIB)'ye göre normalize edilmiş eser element dağılım diyagramı (Normalize değerler: Sun ve McDonough, 1989).



Şekil 5.11: Yürekli volkanitinin E-Tipi Okyanus Ortası Sırt Bazaltı (OOSB)'ye göre normalize edilmiş eser element dağılım diyagramı (Normalize değerler: Sun ve McDonough, 1989).



Şekil 5.12: Yürekli volkanitinin N-Tipi Okyanus Ortası Sırt Bazaltı (OOSB)'ye göre normalize edilmiş eser element dağılım diyagramı (Normalize değerler: Sun ve McDonough, 1989).

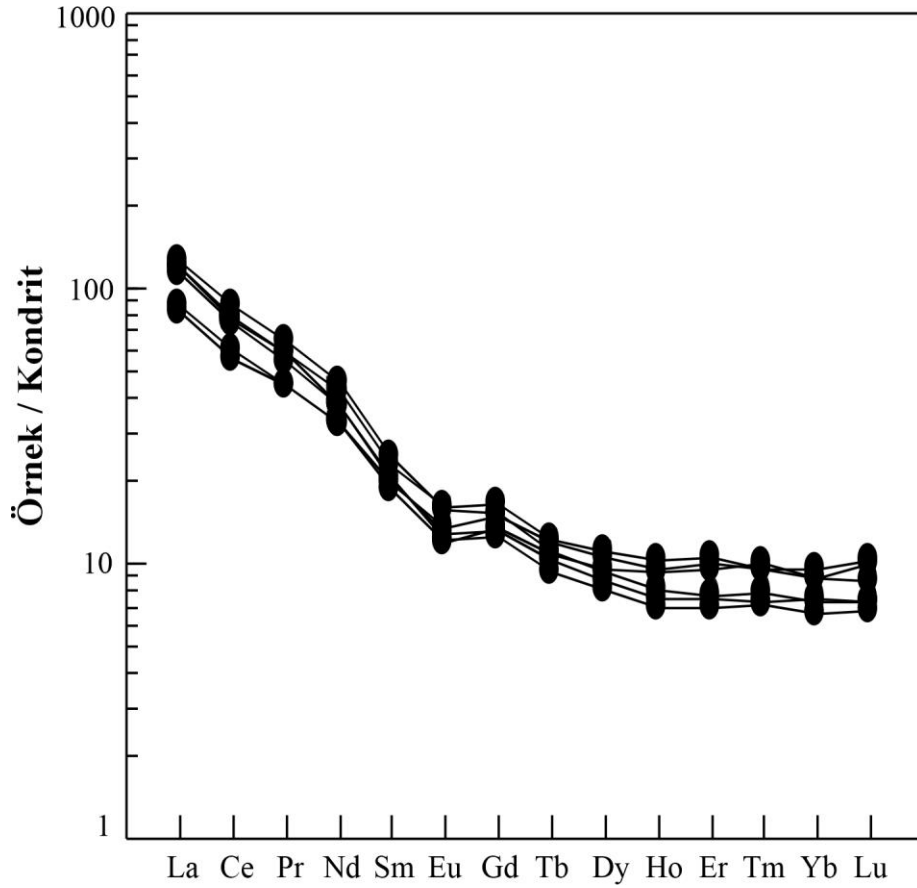
5.3 Nadir Toprak Element Jeokimyası

Yürekli volkaniti örneklerinin nadir toprak element (NTE) içerikleri (ppm) cinsinden Tablo 5.3'de verilmiştir.

Yürekli volkanitinin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramına bakıldığında Eu anomali tipiktir (Şekil 5.13). Bu durum plajiyoklazın fraksiyonel kristalleşmesinden kaynaklanmaktadır ve Batı Anadolu volkanik kayaların büyük çoğunluğu bu özelliktedir.

Tablo 5.3: Yürekli volkaniti örneklerinin nadir toprak element (ppm) içerikleri.

	SS1	SS7	YA2	YA3	Y2	YDA
La	43,7	46,1	31,8	30,0	41,2	43,9
Ce	73,5	81,9	56,8	53,4	71,7	75,0
Pr	8,03	8,73	6,11	6,01	7,34	7,86
Nd	30,0	32,6	22,9	22,8	26,7	26,7
Sm	5,24	5,62	4,33	4,48	4,65	4,74
Eu	1,40	1,36	1,04	1,18	1,11	1,05
Gd	5,07	4,65	4,17	4,52	3,98	3,84
Tb	0,71	0,64	0,62	0,69	0,59	0,54
Dy	4,23	3,57	3,62	4,03	3,26	3,04
Ho	0,87	0,68	0,79	0,82	0,63	0,59
Er	2,65	1,88	2,38	2,51	1,86	1,71
Tm	0,34	0,28	0,36	0,34	0,26	0,25
Yb	2,20	1,79	2,22	2,35	1,84	1,65
Lu	0,33	0,28	0,38	0,39	0,28	0,26



Şekil 5.13: Yürekli volkanitinin kondrite göre nadir toprak element dağılımları (Normalize değerleri: Taylor ve McLennan, 1985).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Dereköy (Altteylül, Balıkesir) ve civarında mostra veren Erken Miyosen yaşlı Yürekli volkanitlerinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Yapılan incelemelere göre özetle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Çalışma alanında 3 temel birim mostra vermektedir. Bunlar sırasıyla Bağburun Formasyonu (Oligosen), Hallaçlar Formasyonu (Üst Oligosen-Alt Miyosen) ve Yürekli volkanitidir (Alt Miyosen).

Petrografik incelemelere göre; Yürekli volkaniti kayaçlarının mineralojik bileşiminin “Kuvars + alkali feldspat + plajiyoklaz + biyotit + hornblend (amfibol) + opak mineraller ± piroksen” olduğu tespit edilmiştir.

Petrografik incelemelerde kayaçların genellikle yarı kristalli porfirik dokulu oldukları dikkat çekmiştir. Plajiyoklazlarda nadiren killeşme ve karbonatlaşma tipiktir. Bu da inceleme konusu kayaçların az oranda bir alterasyona maruz kaldıklarına işaret eder. Genellikle tazedirler. Biyotit, amfibol ve plajiyoklazların bazılarında poikilitik doku, glomerofirik ve glomeroporfirik dokular gözlenmiştir. Bu dokuların varlığıyla kayaçların dengesiz kristallenme ortamında kristallendikleri tespit edilmiştir. Kayaçların hamurunda kloritleşme gözlenmiş ve oldukça boşluklu (amigdoloidal) oldukları göze çarpmıştır. Bu boşluklar ikincil kuvars ve kalsit mineralleri ile doldurulmuştur.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre; Yürekli volkanitine ait kayaçların litolojisi genellikle andezit veya kısmen dasit ve bazaltik andezit bileşimindedir. Sonuçlar, Yürekli volkaniti kayaçlarının yüksek K (potasyum) içerdiklerini ve kalk-alkalin karakterde olduklarını göstermiştir.

Yürekli volkaniti kayaçları tektonik ortam ayırtman diyagramlarında “kıtasal yay bazaltı” alanında görünmektedirler.

Yürekli volkaniti kayaçlarının nadir toprak element dağılım diyagramlarına bakıldığında, negatif Eu anomalisinin tipik olduğu gözlenmektedir.

Bu alışma sayesinde, literatürde şimdiye kadar “Yürekli Dasiti” olarak isimlendirilen volkanik kayaçların bundan böyle “Yürekli Volkaniti” olarak adlandırılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

- Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1978). Kırkağaç-Soma (Manisa), Savaştepe, Korucu, Ayvalık (Balıkesir)-Bergama (İzmir) civarının Jeolojisi. *MTA, Rapor no: 6432*.
- Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1981). Biga Yarımadası Güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) Temel Jeoloji Özellikleri, 8-9.
- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. and Mitchell, J.G. (2000). Petrogenetic Evolution of late Cenozoic, Post-collision Volcanism in Western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 102, 67–95.
- Altunkaynak, Ş. and Genç, Ş.C. (2008). Petrogenesis and Time Progressive Evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia (Turkey). *Lithos* 102, 316-340,
- Atabey, E. (2004). Middle - Upper Miocene Stratigraphy of Çanakkale, NW Turkey. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 128, 48-49.
- Benda, L., Innocenti, F., Mazzuoli, R., Radicati, F. and Stffens, P. (1974). Stratigraphic and radiometric data of the Neogene in Northwest Turkey. *Deutsch. GeoGes*, 125, 183-193.
- Borsi S., Ferrara, G., Innocenti, F. and Mazzuoli, R. (1972). Geochronology and Petrology of Recent Volcanics of Eastern Aegean Sea. *Bulletin Volcanologique*, 36-1, 473-496.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş F., and Kar, H. (2004). New Results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Massif in Northwest Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 13, 177-186.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Genç, Ş.C. ve Acar, Ş. (2005). Biga Yarımadasında Orta-Üst Eosen Volkanizması ve Denizel İgnimbiritler. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 131, 49-61.
- Ercan, T. (1979). Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 10, 117-137.
- Ercan, T. ve Günay, E. (1984). Edremit-Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer stratigrafisi magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, C. 27, 21-30,

- Ercan, T., Akyürek, B., Bodur, D., Özbayrak, I.H. ve Taşçı, A. (1994). Biga Yarımadasındaki (KB Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri, *47.Türkiye Jeoloji Kurultayı, Volkanizma Oturumu*, Bildiri Özleri, 102-104.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E. ve Adis, C. (1995). Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşanlı Adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri. *MTA Dergisi*, 117, 55–86.
- Erdem, D. ve Aslan, Z. (2015). Kalk-alkalen Şapçı (Balıkesir) Volkanitlerin Petrografisi ve Petrolojisi: Biga Yarımadası'nda (Kuzeybatı Türkiye) Çarpışma ile İlişkili Volkanizma. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 58, 1–22.
- Google Maps, (2022). <https://www.google.com.tr/maps>. Erişim tarihi: 13.09.2022.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth. Scien.*, 8, 523-548.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J.A., and Ece, O.I. (2008). Petrochemistry of the South Marmara Granitoids, Northwest Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences* 97, 1181–1200,
- Krushensky, R.D. (1976). Neogene Calc-alkalene Extrusive and Intrusive Rocks of the Karalar-Yeşiller Area, Northwest Anatolia, Turkey. *Bulletin Volcanologique*, 40, 336-360,
- Le Maitre, R.W. (2002). Igneous rocks a Classification and Glossary of Terms Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Sub-Commission on the Systematics of Igneous Rocks, *Cambridge University Press*, 236 p.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A.J. and Keller, M.J. (1989). A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, *Blackwell*, Oxford, 193.
- Mackenzie, W.S., Donaldson, C.H., and Guilford, C. (1988). Atlas of Igneous Rocks and Their Textures, Longman Scientific and Technical, London, 148p.
- McPhie, J., Doyle, M., and Allen, R. (1993). Volcanic Textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. *Tasmanian Government Printing Office*, 198p.
- MTA Yer Bilimleri Harita Görüntüleyici (2023). <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>. Erişim tarihi: 22.01.2023.
- Okay, A.İ. (1989). Tectonic units and sutures in the pontides, Northern Turkey. In: Sengör AMC (ed) Tectonic evolution of the Tethyan region, *Kluwer academic publishers*, pp 109-116.

- Okay, A.İ., Siyako M. ve Bürkan, K.A. (1990). Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 83, 121.
- Okay, A.İ. and Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Seranne, M. (Eds.), The Mediterranean Basins. Tertiary extension within the Alpine Orogen. *Geological Society, London, Special Publication*, 156, 475-515.
- Pearce, J.A. and Cann, J.R. (1973). Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300,
- Pehlivan, Ş., Duru. M., Dönmez, M., Ilgar, A., Akçay, A.E., Erdoğan, K. ve Özer, D. (2007). Türkiye Jeolojisi Haritaları No:96, Balıkesir-İ 19 Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 40 s. Ankara.
- Prelevic, D., Akal, C., Romer, R.L., Mertz-Kraus, R., and Helvacı, C. (2015). Magmatic Response to Slab Tearing: Constraints from the Afyon Alkaline Volcanic Complex, Western Turkey. *Journal of Petrology* 56, 527–562.
- Shelley, D. (1993). *Igneous and Metamorphic Rocks under the Microscope*, Chapman and Hall, Cambridge, 445p.
- Siyako, M., Bürkan, K.A. ve Okay, A.İ. (1989). Biga ve Gelibolu Yarımadaı'nın Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. *TPJD Bülteni C 1/3 Aralık 1989*, 183–199.
- Sun, S. and Mc Donough, Q.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes, (eds: Saunders, A.D. and Norry, M.J) "Magmatism in the ocean basins", *Geological Society of London Specific Publish*, 42, 312-345.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M. (1985). *The Continental Crust: Its Composition and Evolution. 1st ed. Oxford, UK: Blackwell.*
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A. (1976). Geochemical magma type discrimination: application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 28, 459-469.

- Wood, D.A. (1980). The application of Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 56, 11-30,
- Yaltrak, C. ve Okay, A.İ. (2004). Edremit Körfezi Kuzeyinde Paleotetis Birimlerinin Jeolojisi. *İTÜ Dergisi*, 3 (1), 67-79.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Sezgin SEVİNÇ

Doğum tarihi ve yeri : 31.05.1977 - Bursa

e-posta : sezginsevinc16@hotmail.com

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Lisans	Balıkesir Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği	2016
Lisans	Anadolu Üniversitesi AÖF / İşletme Bölümü	2004
Ön Lisans	Balıkesir Üniversitesi Balıkesir MYO / Makine Bölümü	2000
Lise	Eskişehir TCDD Meslek Lisesi	1994