

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

TORUL (GÜMÜŞHANE) VE CİVARINDA YER ALAN ADAKİT BENZERİ
PORFİRLERİN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS

HACER AKÇAY

Temmuz 2026
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**TORUL (GÜMÜŞHANE) VE CİVARINDA YER ALAN ADAKİT BENZERİ
PORFİRLERİN PETROGRAfİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF PETROGRAPHIC, GEOCHEMICAL AND
PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF ADAKITE-LIKE PORPHYRS
LOCATED IN TORUL (GÜMÜŞHANE) AND ITS SURROUNDINGS**

YÜKSEK LİSANS

HACER AKÇAY

**Temmuz 2026
GÜMÜŞHANE**



**GÜMÜŞHANE
ÜNİVERSİTESİ**

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**TORUL (GÜMÜŞHANE) VE CİVARINDA YER ALAN ADAKİT BENZERİ
PORFİRLERİN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF PETROGRAPHIC, GEOCHEMICAL AND
PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF ADAKITE-LIKE PORPHYRS
LOCATED IN TORUL (GÜMÜŞHANE) AND ITS SURROUNDINGS**

YÜKSEK LİSANS

HACER AKÇAY

DANIŞMAN: PROF. DR. ABDULLAH KAYGUSUZ

**Temmuz 2026
GÜMÜŞHANE**

KABUL VE ONAY

Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ danışmanlığında, **Hacer AKÇAY** tarafından hazırlanan “**Torul (Gümüşhane) ve Civarında Yer Alan Adakit Benzeri Porfirlerin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi**” isimli bu çalışma, 08/07/2026 tarihinde yapılan lisansüstü tez savunma sınavı sonucunda **Oy Birliği** ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

.....

Doç. Dr. Özgür BİLİCİ (Başkan)

.....

Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ (Danışman)

.....

Prof. Dr. Emre AYDINÇAKIR (Üye)

Lisansüstü tez savunma sınavında başarılı bulunarak kabul edilen bu tezin ciltlenmiş hali, /..... /..... tarihli ve / sayılı Enstitü Yönetim Kurulu toplantısında görüşülmüş ve tez yazım kılavuzuna uygun bulunarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Duygu ÖZDEŞ

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Torul (Gümüşhane) ve Civarında Yer Alan Adakit Benzeri Porfirlerin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, danışmanımın sorumluluğunda hazırladığımı, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

08/04/2026

.....

Hacer AKÇAY

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışman hocam Sayın Prof.Dr. Abdullah KAYGUSUZ'a tüm içtenliğimle teşekkür ederim. Çalışmalarımda yardımını esirgemeyen Sayın hocam Prof.Dr. Çiğdem SAYDAM EKER'e teşekkür ederim. Ayrıca, çalışmam sürecinde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşime, çalışmalarımıdaki en büyük motivasyon kaynağım olan çocuklarıma ve aileme teşekkür ederim.

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) birimi tarafından desteklenmiştir. 24.F5114.01.01 kodlu projemize yapmış oldukları maddi destekten dolayı Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Bu çalışmada yer alan örneklerin tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element analizleri SampleSolution (Çin) laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve hedeflenen amaca ulaşılmıştır. Tüm kayaç ana ve iz element analizleri için SampleSolution (Çin) laboratuvarına ve laboratuvar sorumlusu Dr. Eric'e teşekkür ederiz. Ayrıca analizleri gerçekleştiren teknikerlere de teşekkür ederim.

Hacer AKÇAY
GÜMÜŞHANE – 2026

ÖZET

Bu tez çalışmasında, Doğu Pontidlerin güney zonunda Mescitli yöresinde yer alan Orta Eosen yaşlı adakitik kayaçların petrografisi ve tüm-kayaç ana ve iz element jeokimyası ve petrolojisi incelenmiş, kayaçları oluşturan magmanın kökeni ve gelişimi belirlenmeye çalışılmıştır.

İncelenen adakitik kayaçlar porfirik dokulu olup, genelde andezit, daha az oranda da traki-andezit ve dasit bileşimindedir. Başlıca mineraller plajiyoklas, kuvars, alkali-feldispat, amfibol, biyotit ve Fe-Ti oksit'den oluşmaktadır.

İncelenen kayaçlar, orta ila yüksek-K'lu (%1.1-3.6), yüksek La_N/Yb_N (8.3–11.98) ve Sr/Y (34-63) oranları gösteren adakitik jeokimyaya sahiptir. Kayaçlar LREE'ce zenginleşmiş, HREE bakımından ise yataya yakın bir desen ($La_N/Lu_N = 7.8-11.8$) sunarlar ve dikkate değer bir Eu anomalisi ($Eu_N/Eu^* = 0.91-0.98$) göstermezler.

Elde edilen tüm jeokimyasal veriler bir arada değerlendirildiğinde; adakitik karakterli bu kayaçların, delaminasyon mekanizması sonucunda mafik alt kabuk ergiyiklerinden türemiş olabilecekleri ve Orta Eosen dönemindeki çarpışma sonrası (post-collisional) tektonik rejimde litosferik manto bileşenleriyle olan muhtemel etkileşimler sonucunda geliştikleri söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Adakitik porfirler, Petrografi, Tüm-kayaç jeokimyası, Torul-Gümüşhane

ABSTRACT

This thesis examines the petrography and whole-rock major and trace element geochemistry and petrology of Middle Eocene adakitic rocks located in the Mescitli region of the southern zone of the Eastern Pontides, and attempts to determine the origin and development of the magma that formed these rocks.

The studied adakitic rocks have a porphyritic texture and are generally composed of andesite, and to a lesser extent trachy-andesite and dacite. The main minerals consist of plagioclase, quartz, alkali-feldspar, amphibole, biotite, and Fe-Ti oxide.

The studied rocks exhibit adakitic geochemistry showing moderate-to-high potassium (1.1-3.6), high La_N/Yb_N (8.3–11.98) and Sr/Y (34-63) ratios. It was determined that the rocks are enriched in LREE, exhibit a nearly horizontal pattern in HREE ($La_N/Lu_N = 7.8-11.8$), and show no significant Eu anomaly ($Eu_N/Eu^* = 0.91-0.98$).

When all the obtained geochemical data are evaluated together, it can be said that these adakitic rocks may have originated from mafic lower crustal melts as a result of delamination mechanisms and developed as a result of possible interactions with lithospheric mantle components in the post-collisional tectonic regime of the Middle Eocene.

Keywords: Adakitic porphyries, Petrography, Whole-rock geochemistry, Torul-Gümüşhane

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Coğrafi Bilgiler.....	1
1.2.1. Coğrafi Konum	1
1.2.2. Topografya.....	2
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim	3
1.3. Doğu Pontid Kuşağının Bölgesel Jeolojik Çerçevesi	4
1.4. Türkiye’de Adakitik Kayaçlar Üzerine Yapılan Önceki Çalışmalar.....	8
1.5. Doğu Pontidlerde Adakitik Kayaçlar İle ilgili Yapılan Önceki Çalışmalar	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	16
2.1. Amaç ve Yöntemler	16
2.2. Kaynak Taraması	16
2.3. Arazi Çalışmaları	16
2.4. Laboratuvar Çalışmaları	16
2.4.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	16
2.4.2. Petrografik İncelemeler ve İnce Kesit Fotoğrafların Çekimi	17
2.4.3. Örneklerin Tüm-kayaç Jeokimyasal Analizler İçin Hazırlanması	17
2.4.4. Tüm kayaç Jeokimyasal Analizler.....	17
2.4.5. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)	19
2.5. Büro Çalışmaları.....	19
3. BULGULAR	20
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi	20

3.1.1.	Hamurkesen Formasyonu	22
3.1.2.	Berdiga Formasyonu	23
3.1.3.	Kermutdere Formasyonu / Mescitli Formasyonu	24
3.1.4.	Alpullu Volkanik Takımı	26
3.1.5.	Torul Plutonu	26
3.1.6.	Adakitik Kayaçlar (Adakit Benzeri Porfirler)	27
3.1.7.	Alibaba Formasyonu	28
3.1.8.	Alüvyon	29
3.2.	Adakit Kayaçların Mineralojisi ve Petrografı	30
3.2.1.	Saha Gözlemleri	30
3.2.2.	Minerolojik ve Petrografik İnceleme	31
3.3.	Adakitik Kayaçların Jeokimyasal Özellikleri	34
3.3.1.	Giriş	34
3.3.2.	Ana ve İz Elementler	34
3.3.3.	Uyumsuz Elementler	41
3.3.4.	Nadir Toprak Elementler	42
4.	İRDELEME VE TARTIŞMA	44
4.1.	Adakitik Kayaçların Yaş İlişkileri	44
4.2.	Adakitik Kayaçların Petrolojisi	48
4.2.1.	Tanımlama	48
4.2.2.	Fraksiyonel Kristallenme (FC) - Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme (AFC)	49
4.2.3.	Kaynak karakteristiği (Köken)	52
4.3.	Jeodinamik Evrim	58
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
	KAYNAKÇA	62
	ÖZGEÇMİŞ	85

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1. Çalışma sahasındaki adakitik kayaların (adakit benzeri porfirlerin) ana oksit (%) ve iz element (ppm) konsantrasyonları.	35
Tablo 2. Çalışma sahasındaki adakitik kayaların nadir toprak element (NTE) konsantrasyonları (ppm).....	36
Tablo 3. Doğu Pontidler'deki adakitik kayalara ait jeokronolojik yaşlar	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Araştırma alanının genel morfolojisi (Fotoğraf yönü: Mescitli Köyü kuzeydoğusu).	2
Şekil 2. Araştırma alanının coğrafi konum ve yerleşim planı.....	4
Şekil 3. Araştırma alanının Türkiye'deki ana tektonik birlikler içindeki coğrafi dağılımı	5
Şekil 4. Araştırma alanı ve çevresinin litostratigrafik istif özellikleri ve kolon kesiti....	21
Şekil 5. Çalışma sahasının jeoloji haritası.	22
Şekil 6. Berdiga Formasyonu ile Hamurkesen Formasyonu dokanağı.....	23
Şekil 7. a) Taban birimi oluşturan Hamurkesen Formasyonu ile Berdiga Formasyonu arasındaki dokanak ilişkisi (Gözlem noktası: Karaca Mağarası yol ayrımı), b) Berdiga Formasyonu bünyesindeki dolomitik kireçtaşı litolojisi (Lokasyon: Çengelli Mahallesi).	24
Şekil 8. Mescitli (Kermutdere) Formasyonu bünyesindeki sedimenter birimlerin arazi görünümü (Gözlem noktası: Şişe Mahallesi).	25
Şekil 9. Berdiga Formasyonunu kesen Torul plutonu (Yer: Cebeli Köyü).....	27
Şekil 10. Adakitik kayaçların arazi görünümü (Yer: Kabak Tepe)	27
Şekil 11. Alibaba Formasyonu içindeki volkanik birimlere ait eksfoliasyon yapıları....	29
Şekil 12. Mescitli Dere Boyu Oluşan Alüvyonlar (Yer Mescitli Köyü Köprüsü).....	30
Şekil 13. İncelenen adakitik porfirlerde bir görünüm (Yer: Bozbentdağı Tepe kuzeyi) 31	
Şekil 14. Porfiri andezitlerin mikroskobik görüntüsü (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Hb: Hornblend)	32
Şekil 15. Dasit ve riyolit türü adakitik kayaçlarda gözlenen mikrogrönü porfirik doku ve hamur tarafından yenmiş iri kuvars kristalleri (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Hb: Hornblend)	34
Şekil 16. Kayaç sınıflandırma diyagramları, (a) TAS Diyagramı (Toplam Alkali-Silis Diyagramı, , (Alkali-Subalkali eğrisi , (b) Nb/Y – Zr/(TiO ₂ ×10000) Diyagramı (jeokimyasal sınıflandırma diyagramı), (c) SiO ₂ – Zr/TiO ₂ jeokimyasal sınıflandırma diyagramı	37
Şekil 17. İncelenen kayaçların tektonik ayırtman diyagramları, (a) Sr/Y-Y diyagramı, (b) (La/Yb) _n – Yb _n diyagramı	38
Şekil 18. İncelenen kayaçlara ait, (a) (Na ₂ O+K ₂ O) – SiO ₂ diyagramı, (b) SiO ₂ - K ₂ O diyagramı	38

Şekil 19. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim diyagramları	39
Şekil 20. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı iz element değişim diyagramları.	40
Şekil 21. Çalışma sahası kayaçlarının ilksel (primitif) mantoya göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları.	41
Şekil 22. İnceleme alanına ait kayaçların N-MORB'a göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.	42
Şekil 23. Çalışma sahası kayaçlarının kondrit değerlerine göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) değişim diyagramları.....	43
Şekil 24. Doğu Pontid kuşağındaki birimlerin litolojik yayılımını gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası	44
Şekil 25. Doğu Pontidler'deki tüm adakitik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram	46
Şekil 26. Doğu Pontidler'deki Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı adakitik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram.....	47
Şekil 27. Doğu Pontidler'deki Orta Eosen ve Oligosen yaşlı adakitik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram	47
Şekil 28. Doğu Pontidler'deki Erken Eosen ve Paleosen yaşlı adakitik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram	48
Şekil 29. İnceleme alanındaki kayaçların, (a) Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı, (b) V (ppm)'a karşı TiO_2 (%) diyagramı	50
Şekil 30. İncelenen kayaçlara ait örneklerin Ta/Yb karşı Th/Yb ayırtman diyagramı ...	51
Şekil 31. İncelenen kayaçların Rb/Y'a karşı Nb/Y diyagramı.....	51
Şekil 32. İncelenen örneklere ait, (a) MgO-SiO_2 , (b) Nb-SiO_2 , (c) K-Rb, (d) Sr/Y-Y, (e) $\text{Sr-(CaO+Na}_2\text{O)}$ ve (f) Cr/Ni-TiO_2 diyagramları	53
Şekil 33. İncelenen adakitik kayaçların Zr/Sm'ye karşı Nb/Ta diyagramı.....	54
Şekil 34. İncelenen kayaçların SiO_2 'ye karşı MgO diyagramı.	55
Şekil 35. İncelenen kayaçların SiO_2 (%)'ye karşı Mg# diyagramı.	55
Şekil 36. İncelenen kayaçların $\text{MgO-Fe}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$ üçgen diyagramı.....	56
Şekil 37. İncelenen kayaçlara ait, (a) SiO_2 'ye karşı Cr (ppm) ve (b) SiO_2 'ye karşı Ni (ppm) diyagramları	56
Şekil 38. İncelenen kayaçlara ait, (a) $\text{K}_2\text{O/Na}_2\text{O}$ 'ya karşı SiO_2 (%) ve (b) $\text{K}_2\text{O/Na}_2\text{O}$ 'ya karşı Yn (ppm) diyagramları	57
Şekil 39. İncelenen kayaçlara ait Th/Yb – Th/Sm diyagramı	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A/CNK	: Molar olarak $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$
AFC	: Asimilasyon ile eş zamanlı gelişen kristallenme
Amf	: Amfibol
HIMU	: μ -içeriği veya ($^{238}U/^{204}Pb$) oranı yüksek olan manto kaynağı
An	: Anortit
Cm	: Santimetre
FC	: Fraksiyonel Kristallenme
GÜ	: Gümüşhane Üniversitesi
HFSE	: Yüksek Çekim Alanlı Elementler (<u>High Field Strength Elements</u>)
HREE	: Ağır Nadir Toprak Elementleri (Heavy Rare Earth Elements)
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma – Kütle Spektrometri
Km	: Kilometre
Ku	: Kuvars
LILE	: Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler (Large Ion Lithophile Elements)
LOI	: (loss on ignition=ateşte kayıp) (Toplam uçucu içeriği)
LREE	: Hafif Nadir Toprak Elementleri (Light Rare Earth Elements)
Mg#	: Mağnezyum numarası [$100*(MgO/MgO+\Sigma Fe_2O_3)$]
Mm	: Milimetre
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
My	: Milyon yıl
NTE	: Nadir Toprak Elementler
OAB	: Okyanus Adası Bazaltı
OOSB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
Op	: Opak mineral
Plj	: Plajiyoklas
Ppm	: Milyonda bir
TAS	: Toplam Alkali Silika

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Adakit ve adakitik karakterli kayaçlar üzerine yürütülen petrolojik araştırmalar, yer kabuğunun tektonik gelişim mekanizmalarının deşifre edilmesinde kritik bir öneme sahiptir. Bu kayaç toplulukları, litosferik süreçlerin tanımlanmasına olanak tanımının yanı sıra, ekonomik değeri yüksek metalik maden oluşumları ile olan genetik bağları nedeniyle de stratejik bir veri kaynağı sunar. Küresel ölçekte porfiri bakır ve epitermal altın sistemlerinin önemli bir kısmının adakitik magmatizmayla mekânsal ve zamansal bir birliktelik sergilediği bilinmektedir (Yılmaz 2024). Dolayısıyla, bu kayaçların petrojenezinin ve jeodinamik konumlarının hassas bir şekilde analiz edilmesi, hedef odaklı maden arama stratejileri ve yeni yatakların keşfi için temel bir kılavuz niteliği taşımaktadır. Güncel yerbilimleri literatüründe disiplinler arası bir odak noktası haline gelen bu konu, Türkiye'de de giderek daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Bununla birlikte, ulusal ölçekteki çalışmaların yoğunluğu ağırlıklı olarak Orta Anadolu ve Pontid Kuşağı'nın belirli segmentlerinde toplanmış olup, geniş çaplı bir veri setine henüz ulaşamamıştır. Bu bağlamda, literatürde görece az çalışılmış bölgelerden elde edilecek yeni veriler, bölge jeolojisinin eksik parçalarının tamamlanması açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu araştırmada, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu içerisinde bulunan Mescitli (Gümüşhane) yöresinde yüzeylenen Orta Eosen yaşlı adakitik kayaçların jeolojik, petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, çalışma alanındaki adakitik kayaçların oluşumundan sorumlu magmanın kaynağının ve evrimsel süreçlerinin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

Gümüşhane ilinin yaklaşık 14 km güneybatısında yer alan çalışma alanı; Mescitli, İkisu, Cebeli, Yeşildere, Yeşilyurt köyleri ile Yamaç ve Arnavutlu yaylalarını içine alan 36 km²'lik bir bölgeyi kapsamaktadır. Söz konusu saha, kartografik olarak Trabzon G42-c3 paftasında yer almaktadır (Şekil 1).

1.2.2. Topografya

Genel olarak sarplık derecesi yüksek bir topografyanın ve kayalık formasyonların hâkim olduğu inceleme alanında, yükseltiler 1740 m ile 2166 m arasında değişim göstermektedir. Bu kapsamda bölgenin ana morfolojik unsurlarını; Hırsız Dağı (2166 m), Bozbentçatağı Tepe (1963 m), Beyaztaşlı Tepe (1944 m), Dağtarla Tepe (1919 m), Kabak Tepe (1910 m), Klavuz Tepe (1904 m), Bozbent Dağı (1892 m), Düztarla Tepe (1875 m), Yatak Tepe (1830 m), Ekşikkaya Tepe (1804 m) ve Güney Tepe (1740 m) ile Bazal, Dilim, Kışla ve Karataş kaya kütleleri oluşturur (Şekil 1).

Havzanın en önemli su toplama çizgisi konumundaki Harşit Çayı, Gümüşhane–Torul karayolu ile paralellik arz edecek şekilde akış göstermektedir. Harşit Çayı'nın debisi ve drenaj kapasitesi; Olukların, Öleki, Yağlı, Mayıntaşı, Dükkanım, Şehir, Uğurtaş ve Yedigöze dereleri gibi tali akarsu kollarıyla desteklenmektedir.



Şekil 1. Araştırma alanının genel morfolojisi (Fotoğraf yönü: Mescitli Köyü kuzeydoğusu).

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma sahası, karasal iklim rejiminin etkisi altında olduğundan, yaz mevsiminde belirgin bir kuraklık; kış mevsiminde ise şiddetli düşük sıcaklıklar ve sert hava koşulları ile karakterize edilmektedir. Bölge, coğrafi konumu itibarıyla Doğu Karadeniz ile Doğu Anadolu iklim kuşakları arasında bir mikroklima veya geçiş zonu teşkil etmektedir. Bu özel iklimsel yapı, morfolojik unsurların atmosferik sirkülasyon üzerindeki sınırlayıcı etkisinden kaynaklanmaktadır. Çalışma alanının kuzeydoğusunda yer alan Zigana Dağları, Karadeniz Bölgesi'ne özgü nemli hava kütlelerinin iç kesimlere ulaşmasını

sınırlandırırken, güneybatıda bulunan Kop Dağları ise Doğu Anadolu Bölgesi'nin soğuk ve sert karakterli hava akımlarına karşı doğal bir engel oluşturmaktadır. Bu topografik koşullar nedeniyle bölge, Karadeniz ve Doğu Anadolu iklimleri arasında geçiş özellikleri gösteren bir iklim yapısına sahiptir.

Flora ve vejetasyon bakımından genel olarak fakir olan araştırma alanında, bitki örtüsünün dağılımı yükselti faktörüne bağlı olarak şekillenmektedir. Alçak kesimler çoğunlukla kültür bitkisi olan meyve ağaçlarını barındırırken; yüksek lokalitelerde çam, meşe ve kavak toplulukları yoğun bir kaplılık derecesine sahiptir.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme bölgesi sınırları dâhilindeki meskun mahaller genel olarak köyler ve bunlara bağlı mezralardan meydana gelmektedir. İnceleme sahasının çevresindeki başlıca yerleşim merkezlerini Mescitli, İkisu, Cebeli, Yeşildere ve Yeşilyurt köyleri oluşturmaktadır (Şekil 2). Ayrıca, yaz dönemlerinde yaylacılık faaliyetlerine bağlı olarak Çengelli Mahallesi, Yan Mahallesi, Yamaç Mahallesi, Yamaç Yaylası ve Arnavutluk Yaylası'nda geçici yerleşimlerin varlığı dikkat çekmektedir.

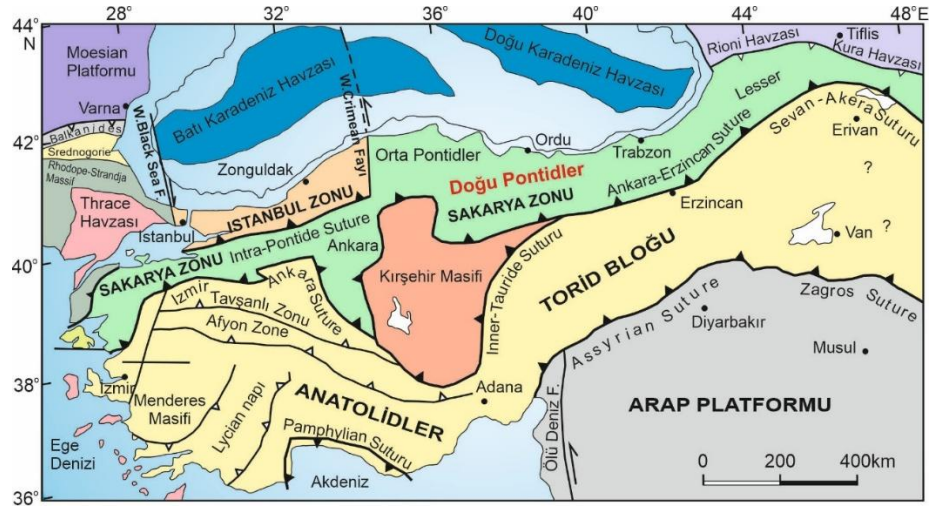
İnceleme alanının ulaşım bağlantısı büyük ölçüde Trabzon–Gümüşhane karayolu üzerinden sağlanmaktadır. Bölge içerisindeki mahalle ve mezralara ulaşım ise stabilize yollar ile yer yer kullanılan patika yollar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Çalışma alanına yakın konumda bulunan Mescitli, İkisu, Cebeli, Yeşildere ve Yeşilyurt köyleri, Gümüşhane il merkezine yaklaşık 12 km ile 24 km arasında değişen mesafelerde yer almaktadır.



Şekil 2. Araştırma alanının coğrafi konum ve yerleşim planı.

1.3. Doğu Pontid Kuşağının Bölgesel Jeolojik Çerçevesi

Türkiye'nin jeotektonik yapısı üzerine yapılan temel çalışmalarda Ketin (1966), ülkeyi kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olmak üzere dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Bu kuşaklar arasında yer alan ve Doğu Karadeniz bölgesini de kapsayan kuzeydeki oluşumlar için "Pontid" terimi literatüre ilk kez Hamilton (1842) tarafından kazandırılmıştır. Daha sonraki sınıflandırmalarda Ketin ve Canitez (1972), Pontid kuşağını coğrafi ve jeolojik karakteristiklerine göre Batı, Orta ve Doğu Pontidler şeklinde üç alt bölüme ayırmıştır. Bölgesel ölçekteki çalışmalarda ise Doğu Pontidlerin içsel yapısı tartışma konusu olmuştur. Akın (1978), Özsayar vd. (1981) ile Gedikoğlu vd. (1979) gibi araştırmacılar, Geç Kretase yaşlı birimlerin sergilediği litolojik farklılıkları baz alarak bölgeyi Kuzey Zon ve Güney Zon olarak ikiye ayırmışlardır. Bektaş (1986) ise bu sınıflamayı genişleterek Doğu Pontidlerin tektonik mimarisini Kuzey, Güney ve Eksen Zonları şeklinde tanımlamıştır.



Şekil 3. Araştırma alanının Türkiye'deki ana tektonik birlikler içindeki coğrafi dağılımı (Okay ve Tüysüz, 1999'dan uyarlanmıştır).

Doğu Pontidlerin en eski litolojik temelini, Neoproterozoyik dönemine (553-610 My) tarihlendirilen meta-sedimenter istifler oluşturmaktadır (Dokuz vd., 2022). Söz konusu temel birimler, Erken Kambriyen yaşlı (530-534 My) metagranitoid sokulumları tarafından kesilmişlerdir (Karlı vd., 2022). Bu bazal birimlerin üzerinde uyumsuz veya tektonik dokanaklarla yer alan metamorfik kayalar (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Okay, 1984; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Dokuz, 2000; Altınkaynak, 2000; Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004, 2007, 2010; Dokuz vd., 2006; Eyüboğlu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010) gelir ve Erken-Geç Karbonifer yaşlı plütonik kayalar tarafından (Yılmaz, 1976; Çoğlu, 1975; Özdoğan, 1992; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012, 2016, 2021; Ustaömer vd., 2013; Kaygusuz, 2020; Karlı vd., 2016; Vural ve Kaygusuz, 2019; Gücer ve Sarı, 2021) kesilmişlerdir.

Doğu Pontidler'de Triyas dönemine ait birimlerin mevcudiyeti bilimsel literatürde halen tartışılan bir konu niteliğindedir. Bu kapsamda, Amasya civarında yüzeyleyen Karasenir Formasyonu ile Bayburt-Demirözü lokasyonundaki Karakaya Formasyonu'nun Triyas zaman aralığında çökelediği çeşitli araştırmacılar (Alp, 1972; Yılmaz vd., 1997; Açar, 1977; Topuz vd., 2004a) tarafından ileri sürülmüştür. Öte yandan, Tokat ve Pulur metamorfik komplekslerine sokulun yapan ultramafik ve mafik karakterli intrüzyonların da Geç Triyas döneminde yerleştiği tespit edilmiştir (Eyüboğlu vd., 2010; 2011).

Paleozoyik ve Triyas dönemlerine ait kayaç birimleri, Erken-Orta Jura aralığında çökelmiş olan volkano-sedimanter istifler tarafından diskordansla üzerlenmektedir

(Saydam Eker ve Korkmaz, 2011; Saydam Eker vd., 2012, 2025). Söz konusu bu yaşlı temel birimleri, Orta-Geç Jura döneminde bölgeye yerleşen plütonik sokulumlar keserek süreksizliğe uğratmıştır (Dokuz vd., 2010; Ustaömer vd., 2013; Aydınçakır vd., 2023). Kuzey Zon'da ise Jura yaşlı sedimanter oluşumlara kısıtlı oranda rastlanmakta olup, bu dönemdeki litoloji ağırlıklı olarak volkanik kayaç gruplarıyla karakterize edilmektedir (Boynukalın, 1990; Kandemir, 2004; Eyüboğlu, 2006; Şen, 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009; Aydınçakır vd., 2020).

Geç Jura-Erken Kretase aralığında bölge genelinde hakim olan karbonat sedimentasyonu, söz konusu evrede magmatik ve tektonik faaliyetlerin yerini bir duraylılık dönemine bıraktığına işaret etmektedir. Bu istifin litostratigrafik karşılığı olan Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977), Kuzey Zon'da çoğunlukla yanal sürekliliği sınırlı, masif tabakalanma sunan kireçtaşları ile karakterize edilmektedir (Taslı, 1984). Buna karşın Güney Zon'da aynı birim; alt seviyelerde dolomitik karakter sunan, üst kesimlerde ise yumrulu çört ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan, bentik foraminifer içeriği bakımından zengin, kalın ve masif katmanlı sığ denizel bir istif yapısı sergilemektedir (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002).

Geç Kretase süreci boyunca Güney Zon'da sedimanter birimlerin hakim olduğu bir istif gözlenirken, Kuzey Zon'da bu yapı yerini plütonik ve volkanik karakterli magmatik kayaçların baskın olduğu bir istife bırakmaktadır (JICA, 1986; Bektaş, 1984; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Gedik vd., 1992; Köprübaşı vd., 2000; Güngör vd., 1997; Boztuğ vd., 2002, 2006; Kaygusuz, 2000; Şahin vd., 2004; Karlı vd., 2004, 2010, 2012, 2018, 2021; İlbeyli, 2008; Sipahi, 2005; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2021, 2022; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011; Saydam Eker vd., 2012; Sipahi ve Sadıklar, 2014; Aydınçakır, 2016; Liu vd., 2018; Eyüboğlu vd., 2011, 2018, 2019; Kaygusuz ve Saydam Eker., 2021; Sipahi vd., 2018; Vural ve Kaygusuz, 2021; Vural vd., 2021; Temizel vd., 2019, 2022; Yücel vd., 2024). Literatürdeki bazı yaklaşımlara (Altherr vd., 2008; Gülmez vd., 2016) göre ise, Alt Paleosen yaşlı plajiyolösititler bölgedeki yitim mekanizmasının nihai ürünleri olarak nitelendirilmektedir.

Doğu Pontidler'de Senozoyik zaman aralığı, temel olarak magmatik birimlerin egemen olduğu, sedimanter karakterli kayaçların ise daha kısıtlı oranlarda izlendiği bir istif ile karakterize edilmektedir (Arslan vd., 1997, 2013, 2022; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Tokel, 1977; Topuz vd., 2005, 2011; Arslan ve Aslan, 2006; Aslan, 2010; Karlı vd., 2007, 2010, 2011; Kaygusuz vd., 2011, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022a ve b, 2024, 2025; Saydam Eker, 2012, 2020; Eyüboğlu vd., 2011, 2017, 2018; Kaygusuz ve

Öztürk, 2015; Temizel vd., 2012, 2014, 2018, 2019, 2020; Aydınçakır ve Şen, 2013; Aydınçakır, 2014; Aslan vd., 2014; Aydınçakır vd., 2024, 2025; Güloğlu ve Kaygusuz, 2025; Güloğlu vd., 2024; Kaygusuz ve Şahin, 2016; Özdamar vd., 2017; Sipahi vd., 2017, 2018, 2022, 2024, 2025; Yücel vd., 2014, 2017; Yücel 2019; Çakmak ve Kaygusuz, 2021; Kaygusuz ve Selvi, 2020; Vural ve Kaygusuz, 2021; Vural vd., 2021; Aydınçakır vd., 2022).

Kuzey kesimde kıyı şeridi hattınca izlenen Neojen yaşlı alkali karakterli volkanik faaliyetler, sahadaki magmatik sürecin nihai evresini temsil etmektedir (Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; Yücel, 2013; Yücel vd., 2014; Ciceralli vd., 2025). Güney bölgesinde yüzeyleyen Neojen sedimanları ise; evaporitik (tuzlu ve jipsli), sıg denizel, lagüner ve lakustrin fasiyeslerin ardalanmasından meydana gelmektedir (Erentöz ve Ketin, 1974; Ketin, 1983). İnceleme alanının en genç litolojik birimlerini ise Kuvaterner dönemine ait evaporitler, traverten oluşumları, güncel alüvyonlar ve yamaç molozları teşkil etmektedir.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Kaygusuz (2000); Kaygusuz vd., (2008, 2010); Saydam Eker (2013, 2020, 2022); Bayram, (2014); Kaygusuz ve Şahin (2016); Kaygusuz vd., 2011; Akaryalı (2016); Dağ vd., (2025); Tokel (1977); Çamur vd. (1996); Arslan vd. (2001); Yılmaz (2002); Aslan (2010); Arslan vd. (2013); Aslan vd. (2014); Gücer vd. (2017) Maden vd. (2019) tarafından genel jeoloji, volkanik-plütonik kayaların mineralojisi-petrografisi-jeokimyası ve maden yataklarını içeren çalışmalar yapılmıştır.

İnceleme alanını da içine alan yakın civardaki volkanik-plütonik kayaların mineralojisi-petrografisi-jeokimyası ile ilgili çalışmalar takip eden bölümde ana hatlarıyla derlenmiştir.

Tokel (1977), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yüzeyleyen Tersiyer volkanitlerinin genel olarak silisçe doygun ve alüminyumca zengin Al_2O_3 bir karakter sergilediği; jeokimyasal açıdan ise kalk-alkali serinin kalsik uç üyesini temsil ettiği ifade edilmiştir.

Kaygusuz (2000) çalışmasında, inceleme alanının bir kısmını da içine alan Torul yöresindeki Torul granitoidin kuvarslı diyorit, granodiyorit, monzogranitten, kuvars monzodiyorit, kuvars monzonit, monzogranit ve siyenogranit bileşimli kayalardan oluştuğunu, bu kayaların kalk-alkalen karakterli olduklarını ve volkanik yay granitoidleri özelliğini gösterdiklerini, Alibaba Formasyonunu oluşturan Eosen yaşlı volkanitlerin ise andezit, bazalt ve piroklastiklerinden oluşan kalk-alkalen karakterli olduğunu belirtmiştir. Kaygusuz vd., (2008, 2010) tarafından Torul Plutonunun yaşı Geç Kretase (77-80 My) olarak belirlenmiştir.

Aslan (2010), çalışma sahasının bir bölümünde yüzeyleyen Eosen yaşlı kayaçların, tabandaki Geç Kretase yaşlı volkanoklastik ve sedimanter serileri uyumsuzlukla örtüğünü ortaya koymuştur. Tüf örneklerinden elde edilen U-Pb zirkon jeokronolojisi verilerinin 45.8 My ile Orta Eosen yaşını işaret ettiğini belirten araştırmacı, bu tüflerin kalk-alkali karakterli bir volkanik yay ortamında oluştuğunu ifade etmiştir. Müellif ayrıca, söz konusu volkanitlerin ana magmasının zenginleşmiş üst manto kaynağından türediğini jeokimyasal verilerle desteklemiştir.

Kaygusuz vd. (2011), inceleme alanını da kapsayan çalışmada, Doğu Pontidler'de Eosen yaşlı Torul volkanitleri'nin bazaltik andezit, andezit ve trakiandezit litolojilerinden oluştuğu; ayrıca daha az oranda trakidasit ve bu kayaçlara ait piroklastik ürünlerin de bulunduğu belirtilmiştir. Hornblend minerallerinden elde edilen K/Ar yaşlarının 43.99–33.45 My aralığında değiştiği ve bu verilere göre volkanitlerin Orta–Üst Eosen döneminde oluştuğu ifade edilmiştir. Ek olarak, bahse konu volkanitleri üreten magmanın, önceki yitim evrelerine bağlı gelişen akışkan girdileriyle modifiye olmuş (metasomatize), zenginleşmiş üst manto kaynağından türediği tahmin edilmektedir.

Arslan vd. (2013), çalışma alanının bir kısmını içine alan Eosen yaşlı volkanik kayaçların ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlarının 37.7 ila 44.5 My arasında değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Aslan vd. (2014), çalışma alanının bir kısmını içine alan Eosen yaşlı volkanik kayaçların tüm-kayaç K-Ar yaşlandırması sonucu andezitik lavlarda 37.62 ± 3.33 My ila 30.02 ± 2.84 My, bazaltik dayklarda ise 15.80 ± 1.71 My yaşlar elde ettiklerini, volkanik kayaçların orta-K'lu kalkalkalen karakterli olduğu ve kayaçların litosferik manto kökenini yansıttığı belirtmişlerdir.

Bayram (2014), Kaygusuz ve Şahin (2016) tarafından yapılan ve inceleme alanının bir kısmını da içine alan çalışmalarda, Eosen yaşlı volkanik kayaçların bazaltik andezit, andezit, traki andezit, dasit ve riyolit bileşiminde olduklarını, başlıca plajiyoklas, kuvars, hornblend, ojit ve biyotit minerallerinden oluştuklarını, kayaçların kalk-alkali karakterli, düşük-orta K içerikli olduklarını, kayaçların gelişiminde başlıca fraksiyonel kristallenme, az oranda da özümleme ve/veya magma karışımı rol oynadığını belirtmişlerdir.

1.4. Türkiye'de adakitik kayaçlar üzerine yapılan önceki çalışmalar

Türkiye'de adakitik kayaçların dağılımı ve varlığı, başta Doğu Pontidler ve Orta Anadolu olmak üzere çeşitli bölgelerde yapılan çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır (örn. Topuz vd., 2005; Varol vd., 2007; Kadioğlu ve Dilek, 2010; Eyüboğlu vd., 2010; Karşı vd., 2010).

Orta Anadolu'daki adakitik kayaçları inceleyen Varol vd. (2007), Ankara'nın güneybatısında yer alan Balkuyumcu bölgesinde Miyosen yaşlı adakit benzeri bir volkanizmanın varlığını ortaya koymuştur. Araştırmacılar, söz konusu adakit benzeri volkanizmanın, adakitik eriyiklerin etkisiyle metasomatizmaya uğramış mantonun kısmi ergimesi sonucunda oluşan magmadan türediğini ileri sürmüşlerdir.

Kadıoğlu ve Dilek (2010), Orta Anadolu'da yer alan Horoz granitinin adakitik karaktere sahip olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, bu graniti oluşturan magmanın, kıtasal litosferin delaminasyonu (sökülmesi/alt kısımlarının ayrılması) süreci sonucunda, litosferik manto ile amfibolit–eklojit bileşimli alt kıta kabuğunun kısmi ergimesiyle türediğini ileri sürmüşlerdir.

Zoroğlu ve Kadıoğlu (2010), Sivrihisar İntrüzif Kütlesi'nin metalüminöz özellikler gösterdiğini ve Yüksek-K serisi içerisinde yer alan kalkalkalen karakterli kayaçlardan meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Genç ve Kayacı (2012) Bozüyük yöresinde, Yılmaz-Şahin vd. (2012) ise İstanbul Zonu'nda (Çavuşbaşı graniti) Alt Kretase yaşlı adakitik intrüzif kayaçların bulunduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar, her iki bölgede gözlenen adakitik sokulumların, Alt Kretase'de dalan okyanusal litosferin kısmi ergimesi ile geliştiğini savunmuşlardır.

Yılmaz-Şahin vd. (2012) İstanbul Zonu'nun (Kuzeybatı Türkiye) batısında yer alan Çavuşbaşı granodiyoritinin genellikle granodiyorit, daha az sıklıkla tonalit ve kuvars diyorit bileşiminde olduğu, SHRIMP U-Pb yaşının 68 My olduğu, yüksek Sr/Y ve La/Yb oranları, düşük Y ve HREE içerikleri ile Eu anomalisinin bulunmaması açısından jeokimyasal olarak adakitik kayaç özellikleri gösterdiği, ilksel ϵNd değerlerinin 3.2–3.7 arasında, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının 0.7035–0.7036 arasında olduğu, bu adakitik magmaların dalan okyanusal levhanın amfibol-eklojit fasiyesi koşullarında kısmi ergimesi sonucu oluşmuş olabileceğini belirtmişlerdir.

Yıldız (2012) Bursa-Büyükorhan bölgesindeki adakitik porfiri dayklarının alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesiyle oluştuğu ve manto ergiyikleriyle etkileşim sonucunda türediği, bu kayaçların oluşumunun Eosen dönemindeki levha kopması (slab break-off) mekanizmasıyla ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Şen, P ve Şen, E. (2013) Erken Miyosen dönemine ait Oyaca, Kedikayası ve Boyalık bölgelerindeki alkali ve kalkalkali magmatizmaya bağlı dasitik kayaçların adakit bileşiminde olduğunu, bu adakitlerinin oluşumunda subdüksiyon süreçlerinin etkili olduğunu, yüksek silika ve MgO içeriklerinin yanı sıra yüksek Nb değerlerinin, bu kayaçların oluşumunda yitim zonundan kaynaklanan ergiyiklerin önemli bir rol oynadığını, yüksek Ba/Rb oranının kökeninde amfibolün varlığını işaret ettiğini, bu

nedenle amfibol içeren bir peridotit kaynağından %5 ile %13 oranında kısmi ergime yoluyla oluştuğunu söylemişlerdir.

1.5. Doğu Pontidlerde adakitik kayalar ile ilgili yapılan önceki çalışmalar

Topuz vd. (2005), Çarpışma sonrası Saraycık granodiyoritinin, kuzeyde Pontidler ile güneyde Anadolu-Toros platosunun çarpışması sonucu oluşan ve İzmir-Ankara-Erzincan dikişinin oluşumuna yol açan geç Paleosen-erken Eosen bindirme yığınının sokulmuş olduğunu, yerleşim yaşının biyotit üzerinde yapılan Ar-Ar yöntemi ile 52 My olduğunu, kayaları oluşturan magmanın yüksek basınçlarda (1 ila 2 GPa) mafik alt kabuğun kısmi erimesiyle oluştuğunu öne sürmüşlerdir.

Ketenci (2009), Hamsiköy-Trabzon yöresindeki adakitik porfirlerin tonalit bileşimde olduğu, amfibol mineralleri üzerinde yapılan Ar yaşlandırması ile yaşının 43.76 ± 0.36 milyon yıl olduğu, örnekler için nispeten yüksek Rb-Sr ve Sm-Nd izotop içerikleri, söz konusu magmatizmanın alt kabuk kökenli bir kaynaktan türemiş olabileceğini göstermektedir.

Karslı vd. (2010) yaptıkları çalışmada, Doğu Pontidlerde Kale-Harmancık (Gümüşhane) civarından alınan adakitik volkanik kayalar örnekleri üzerinde yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş belirlemelerinde, bu kayaların $47,40 \pm 1,89$ ila $50,27 \pm 1,46$ My arasında oluştuğunu göstermektedir. Andezitik ve dasitik lavlar, yüksek ve düşük Mg# oranları, yüksek La/Yb ve Sr/Y değerleri gibi adakitik bileşim özelliklerine sahiptir. Ayrıca, bu örnekler nispeten yüksek ISr ($0,70474-0,70640$) ve düşük $\epsilon\text{Nd}_{(t)}$ ($-2,3$ ila $0,8$) değerleri ile gençleşmiş mafik alt kıtasal kabuğu andıran izotopik özellikler sergilemektedir. Bu özellikler, kayaların bölge altındaki delamine olmuş alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesiyle oluştuğunu düşündürmektedir. Geç Paleosen-Erken Eosen döneminde, kalınlaşmış Pontid mafik alt kabuğunun delaminasyonu litosferin incelmeye ve astenosferin yükselmesine neden olmuştur. Yükselen astenosferden gelen ısı akışı, mafik alt kabuğun alt kısmını eritmiş ve alt kabuktan kopan mafik malzeme, alt kabuk mantosunda dehidrasyon ergimesine uğrayarak adakitik lavların oluşumunu sağlamıştır.

Topuz vd. (2011), Türkiye'nin kuzeydoğusundaki Erken Eosen dönemine ait bir dizi intrüzyona ilişkin yaptıkları çalışmada, biyotit ve hornblend Ar-Ar ve zirkon U-Pb yaşlarının ~ 51 Ma (Ypresiyen) olduğu, Kuzey Türkiye'deki Erken Eosen adakitik magmatizmasının, Neo-Tetis İzmir-Ankara-Erzincan hattı boyunca kıtasal çarpışmayı takiben kalınlaşmış bir kıtasal kabuğun varlığından kaynaklandığını, Orta Eosen dönemindeki magmatik faaliyetlerin, kabuksal açıdan kalınlaşmış bir orojenik kuşağın ekstansiyonel (genişlemeli) kollapsı (çöküşü) ile bağlantılı olduğunu savunmuşlardır.

Karslı vd. (2011) Doğu Pontidlerdeki adakitik granitoid porfirler üzerinde yaptıkları çalışmada, I-tipi kalk-alkalin ve yüksek-K kalk-alkalin adakitik granitoid porfirlerin, düşük Mg# değerleri, yüksek Sr ve Sr/Y oranları, düşük Y ve HREE konsantrasyonları, belirgin Eu anomalisi eksikliği ve kabuksal özellikler gösteren izotopik bileşimlerle (ISr: 0,70574-0,70940, ϵ Nd(51 Ma): -8,5 ila -1,1) karakterize olduğunu, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemiyle yapılan yaş tayinleri, bu kayaçların Paleosen'den erken Eosen'e kadar (51-53 milyon yıl önce) oluştuğunu ortaya koymuştur. Geç Kretase dalma-batma tektoniği sonrası, geç Paleosen-erken Eosen'de yay magmatizmasının durması ve akresyon prizması birimlerinin eksikliği, adakitik eriyiklerin bu dönemde geç Kretase magmalarından sonra meydana geldiğini göstermektedir. Bu kayaçlar, astenosferin yükselmesiyle granat içeren amfibolitik alt kıtasal kabuğun kısmi erimesiyle, okyanusal levhanın kopmasıyla tetiklenen çarpışma sonrası yükselme evresinde oluşmuştur. Bu durum, erken Senozoyik Doğu Pontid adakitik kayaçlarının, genç ve sıcak okyanusal levhanın dalma-batmasını gerektirmediğini desteklemektedir.

Eyüboğlu vd. (2011a) çalışmasında, Doğu Pontidler'deki Pulur masifinde erken Eosen dönemine ait plütonik ve porfirik kayaçlar, subdüksiyonla ilişkili magmatizmanın son evresini temsil eder. Bu kayaçlar, LREE zenginleşmesi, yüksek Sr/Y oranı ve düşük Y ile HREE içerikleri gibi adakitik özellikler sergiler. Güney eğimli bir dalma bölgesinde, levha pencere süreçleriyle oluşan bu magmalar, kesirli kristalleşme, asimilasyon ve karışım izleri taşır. Tersiyer magmatizmasının zamansal ve mekânsal değişimleri, Tetis okyanus litosferinin geri çekilmesine bağlanabilir. Ancak, bu bölgedeki Geç Paleosen-Erken Eosen adakitik sokulumlar cevher açısından zengin değildir; altın mineralizasyonu daha sonraki granit sokulumlarla ilişkilendirilmiştir.

Eyüboğlu vd. (2011b) yaptıkları bu çalışma ile Türkiye'deki Doğu Pontid orojenik kuşağının güney kesiminde, Seme bölgesindeki Seme granitoidi, Daldibi dasiti ve Aslanca dasit porfiri, adakitik jeokimyasal özellikler sergileyen yüksek silika içerikli magmatik kayaçlardır. Zirkonyum U-Pb yaş analizleri, bu kayaçların 53-52 Ma aralığında kristalleştiğini göstermektedir. Jeokimyasal veriler, bu magmaların kabuk-manto geçiş bölgesinde depolanmış, subdüksiyonla ilişkili kristal fraksiyonlaşma ve farklılaşma süreçleriyle şekillendiğini ve üst kıtasal litosfere aktarıldığını işaret etmektedir.

Eyüboğlu vd. (2012) bu çalışmada Doğu Pontid kuşağının güneydoğu kesiminde incelenen Tavdağı dasiti, Doğu Pontid kuşağının güneydoğusunda yuvarlak veya elipsoidal gövdeler, eşikler ve dayklar şeklinde yer alır. Zirkon U-Pb yaş analizleri, dasitik magmatizmanın Geç Miyosen döneminde (~8,79-7,86 Ma) gerçekleştiğini

göstermiştir. Tavdağı dasiti, yüksek SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , Sr ve Sr/Y oranları ile düşük Y ve Yb içerikleri sayesinde adakitik özellikler sergiler. İzotopik veriler, magmanın, geç Miyosen'de mafik alt kabuğun kısmi erimesiyle oluştuğunu ortaya koymaktadır. Doğu Pontidler-Küçük Kafkaslar-Elbruz yayının, Senozoyik boyunca aktif bir kıta kenarı olduğu ve magmatizmanın Tetis okyanus litosferinin güneye dalmasıyla tetiklendiği anlaşılmaktadır. Pliyosen'deki levha kopmasının ise astenosfer yükselmesini ve alkali magmatizmayı başlattığı öne sürülmektedir.

Dokuz vd. (2013) çalışmasında, Türkiye'nin Sakarya Bölgesi'nin doğu kesiminden çarpışma sonrası Erken Eosen ve Geç Miyosen adakitik kayalar için yeni jeokimyasal ve izotopik veriler, sırasıyla levha ve alt kabuk erimesinin bu kayaların petrojenezinde anahtar roller oynadığını göstermektedir. Erken Eosen Yoncalık adakitik dasiti, adakitlere özgü jeokimyasal ve izotopik nitelikler sergiler; bunlar arasında nispeten düşük radyojenik Sr ve Nd izotop oranları, yüksek Sr/Y ve La/Yb oranları, düşük Y ve Yb içerikleri ile orta düzeyde MgO, Ni ve Cr miktarları bulunmaktadır. Daha önce tanımlanmış adakitik kayalarla birlikte, bu kayalar, Paleosen döneminde Sakarya Bölgesi ile Anatolid-Torid Bloğu arasındaki çarpışmanın ardından, eklojit fasiyesi koşullarında metamorfize olmuş bazaltın kısmi ergimesinden türeyen ilk ürünlerdir. Bu kayalar, İzmir-Ankara-Erzincan Sütürü'nün kuzeyinde, Sakarya Bölgesi boyunca doğu-batı yönünde uzanan dar bir kuşak oluşturur. Bu kuşağın, dalma sonrası kopmuş levhanın ergimesi ve manto peridotitiyle sınırlı etkileşim senaryosu ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca, bölgede metasomatize olmuş manto kamasının orta düzeyde etkileşimi veya kısmi ergimesinden kaynaklanan kayaç örnekleri de mevcuttur. Geç Miyosen Tavdağı riyoliti gibi daha genç adakitik stoklar da bazı adakitik özellikler taşır. Tavdağı riyoliti sodyum açısından zengindir ve adakitik olmayan kayalarla eş zamanlı olarak yerleşmiştir. Bu bağlamda, jeokimyasal ve izotopik veriler, daha önceki jeokronolojik ve jeofizik çalışmalarla birleştirildiğinde, yüksek Sr/Y oranına sahip genç kalk-alkalin kabuk malzemesinin kısmi ergimesi hipotezini desteklemektedir.

Eyüboğlu vd. (2013) yaptıkları çalışmada, Doğu Pontid orojenik kuşağında, Kop ultramafik masifine intrüzyon yapmış yüksek silika içeren adakitik kayalar, dasitik ile riyodasitik bileşimde küçük intrüzyon kümeleri oluşturur. Zirkon U-Pb yaş analizleri, bu kayaların 52–59 milyon yıl önce kristalleştiğini ve bölgedeki en eski adakitik kayalar olduğunu ortaya koymuştur. Jeokimyasal analizler, bu magmaların %5-20 oranında kısmi ergimeyle oluştuğunu, granat, klinopiroksen ve rutil içeren artıklarla plajiyoklazın tamamen tüketildiğini göstermektedir. Sr, Nd ve Pb izotopik verileri, tükenmiş manto, üst kabuk ve alt kabuğu içeren üç farklı kaynak bileşenini işaret etmektedir. Tükenmiş

mantonun önemli bir rol oynadığı bu adakitlerin, güney yönlü bir dalma zonunda levha penceresi oluşumuyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Eyüboğlu vd. (2018) bu çalışmadan elde ettiği bulgular, Bayburt bölgesindeki andezitler ve felsik tüflerin, kıtasal yay ortamında oluşmuş adakitik magmalara özgü özellikler taşıdığını göstermektedir. İzotopik veriler, tükenmiş manto ile birlikte mafik alt kabuk veya yitim zonundan gelen okyanusal kabuğun karışımını işaret etmektedir. Adakitik magmatizmanın, hornblend 39Ar/40Ar ve zirkon U/Pb yaş analizlerine göre yaklaşık 47 milyon yıl önce sona erdiği ve bu magmatizmanın Doğu Pontid Orojeni'nin güney kesiminde 57 ila 47 milyon yıl arasında yaklaşık 10 milyon yıl boyunca etkili olduğu belirlenmiştir. Güney yönlü dalma levhasının kuzeye doğru geri çekilmesi ve bir levha penceresinin açılması, hem adakitik magmatizmayı hem de yay-paralel genişleme ile Erken Senozoyik çökel havzalarının oluşumunu tetiklemiştir. Ayrıca, bu döneme ait temel birimler başlangıçta sık bir deniz ortamında birikmiş, ancak Lutetiyen sırasında felsik tüflerin püskürmesiyle tuzlu göl ortamına dönüşmüştür.

Karlı vd. (2019) bu çalışmada, Doğu SZ'deki Çağırankaya volkanitlerinin yüksek-K kalk-alkalin andezit ve dasitleri, adakit benzeri özellikler sergileyip, düşük MgO, yüksek Sr ve Sr/Y oranları, düşük Y ve HREE yoğunlukları ile belirgin Eu anomalileri göstermez. İzotopik veriler, genç TDM model yaşları ve amfibolitik alt kabuğun %10–15 oranında kısmi erimesini ortaya koymaktadır. Bu magmatizma, Geç Miyosen (~6–9 milyon yıl) yaşlıdır ve Arabistan-Avrasyanın çarpışmasından 11–14 milyon yıl sonra, Neotetis okyanus kolunun kapanmasıyla başlamıştır. Levha kopması, genişleme yaratmış ve yerel sıcak astenosfer yükselmesiyle alt kabuğun kısmi erimesine yol açmıştır. Bu küçük hacimli adakit benzeri magmatizma nedeniyle, büyük ölçekli litosferik delaminasyona gereksinim duymaz.

Yücel (2019), Kuzeydoğu Türkiye'deki (Şebinkarahisar-Giresun) Pliosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların ağırlıklı olarak hornblendli trakiandezitlerden oluştuğu, SiO₂ (%61,88-%63,00), Na₂O (%3,67–4,27), Al₂O₃ (%16,19–16,80), Y (14,1–16,5 ppm) içerikleri ve K₂O/Na₂O (0,87–1,12), Sr/Y (44,24–54,90) ve La/Yb (36,80–43,88) oranlarıyla adakitik özellikler sergiledikleri, kayaların U–Pb zirkon tarihlemesinin 3,4–1,9 milyon yıl aralığını verdiği, adakitik volkanik kayaların magmalarının, nispeten daha yüksek kısmi erime yoluyla zenginleşmiş manto kaynağından türediği ve kabuk seviyesinde eriyiklerle magma karışımına maruz kaldığını belirtmişlerdir.

Karlı vd. (2020) yaptıkları bu çalışmada, Tepebaşı adakitik dasitleri yaklaşık 29 milyon yıl önce patlamış olup, yüksek Sr/Y oranları ve düşük Yb ile Y bolluklarıyla

adakitik özellikler taşımaktadır ve bu da onları Doğu SZ'deki erken Eosen ve Miyosen adakitik volkanik kayalarla benzer kılar. Jeokimyasal veriler ve Sr-Nd-Hf izotopik bileşimleri, Artvin'deki Oligosen adakitik dasitlerinin, genç alt kıtasal kabuğun ısı etkisiyle kısmi erimesiyle oluştuğunu göstermektedir. Bu kayaların adakitik özelliği, SZ altındaki genç alt kıtasal kabuğun kaynak bileşiminden alınmıştır ve az miktarda kristal fraksiyonasyonu ile kabuk asimilasyonu bu sürece katkı sağlamıştır. İz element modellemeleri, garnat içeren (<%10) amfibolitik alt kıtasal kabuğun 33 km derinlikte yaklaşık %5 oranında kısmi erimesiyle şekillendiğini ortaya koymaktadır, bu derinlik, kalınlaşmış alt kabuktaki garnat stabilite alanından daha sıgıdır. Garnat, plajiyoklaz ve amfibol varlığı, Oligosen döneminde kabuğun 33 km'den daha kalınlaşmadığını doğrulamaktadır. Artvin bölgesindeki Tepebaşı adakitik dasitleri, güney Neotetis okyanus levhasının geri çekilmesine bağlı olarak, genişlemeci bir tektonik ortamda, sıcak astenosferin yükselmesiyle ısınarak oluşmuştur; levha geri çekilmesi, çarpışma bölgesinin önünde gerilme yaratmış ve bu gerilme Oligosen dönemi boyunca SZ'ye kadar yayılmıştır.

Temizel vd. (2020), Doğu Pontid Orojenez Kuşağı'nda, Havza (Samsun) bölgesindeki Taşlık Tepe plütonunun U-Pb zirkon yaşının $42,9 (\pm 1,4)$ My olduğu, incelenen adakit benzeri plütonun ana magmasının litosferik mantodan oluştuğu ve daha sonra çarpışma sonrası bir ortamda fraksiyonel kristalleşme ve asimilasyon yoluyla değişime uğradığını ifade etmişlerdir.

Gücer vd. (2021), Gümüşhane'nin Altınpınar alanında bulunan andezitik bileşimdeki adakitlerin soğuma yaşını $52,8 \pm 1,3$ – $48,8 \pm 1,9$ milyon yıl (Ar/Ar amfibol) aralığında olduğunu, adakitik andezitlerin ana magmasının, kuzey Neotetis okyanus levhasının kopması sırasında amfibol-eklogit fasiyesi koşulları altında okyanus bazaltlarının kısmi erimesiyle oluştuğunu belirtmişlerdir.

Eyuboğlu vd. (2021) yapılan çalışmada, Bayburt civarındaki Doğu Pontid Orojeni Kuşağı'nda yer alan küçük intrüzyonlar, Geç Kretase'den Erken Paleosen'e kadar tarihlenmekte ve genellikle dasitik bileşimler içermektedir. Bu kayalar, klinopiroksenit, hornblendit, gabro, amfibol diyorit, kuvars diyorit, kuvars şeyenit ve amfibolit ksenolitleri barındırır. Ana kayalar, yay kökenli adakitik ve kalk-alkalin trakiandezitler ve dasitlerdir. Mineral bileşimleri, kristalleşmenin yüksek sıcaklık ve basınçta başladığını, zamanla daha düşük sıcaklık ve basınçlara gerilediğini göstermektedir. U-Pb zirkon tarihleme çalışmaları, 71 milyon yıl ve 62 milyon yıl yaşlarını verirken, eski zirkon popülasyonları da tespit edilmiştir. Ksenolitler arasında ilk kristalleşen kayalar klinopiroksenitlerdir ve bunlar ana magmalarla benzer kökene sahiptir. Adakitik

kayaçlar, arka-yay bölgesindeki yay kökü magma sisteminin kümülatlarıdır, ancak amfibol diyorit ve kuvars şeyenit ksenolitleri ana kayaçlarla petrojenez bakımından ilişkili değildir.

Karslı vd. (2022) bu çalışmada Batı SZ'deki Geç Jura adakitik magma oluşumuna dair sistematik kanıtları sunmaktadır. Demirköy ve Kızıldamlar plutonları hemen hemen aynı yaşlarda olup (yaklaşık 162-157 milyon yıl), bu yaşlar Batı SZ boyunca Geç Jura dönemi yüksek-K kalk-alkalin/alkalin magmatizması ve pasif margin tipi platform karbonatları ile büyük ölçüde örtüşmektedir. İncelenen adakitik kayaçların, ayrılan okyanus levhasının eklogit içeren kısmının kısmi erimesi ve ardından eriyik evrimiyle meydana gelmiş olmaları olasıdır. Sorumlu eriyik oluşumunun, Geç Jura dönemi sırasında süregelen dalma-batma süreçlerinden ziyade, Paleotetis okyanus levhasının kopması sonucu meydana gelen astenosfer yükselmesiyle tetiklendiği düşünülmelidir. Tüm bulgular, çarpışma sonrası ortamda ayrılan okyanus levhasının manto derinliklerinde (>50 km) erimesinin, Batı SZ'de adakitik magma oluşumunu tetiklediğini ortaya koymaktadır.

Gücer vd. (2024) yapmış oldukları bu çalışmada. Altınpınar (Torul, Gümüşhane) bölgesindeki erken Eosen yaşlı adakitik andezitler içerisindeki mikrogranüler anklavların petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu anklavların, okyanusal bazaltların amfibol-eklogit fasiyesi koşullarında kısmi erimesi ile türediği ve felsik-mafik magma karışımı süreçlerinin etkili olduğu belirlenmiştir. Anklavların ve ana kayaçların jeokimyasal özelliklerinin, yitim zonu ile ilişkili kayaçların karakteristik izlerini taşıdığı sonucuna varılmıştır.

Sönmez vd. (2024), Sakarya Zonu'nun en doğu kesimindeki Artvin bölgesinde Oligosen dönemine ait daykların trakitik, adakitik/trakiandezit bileşiminde oldukları, U-Pb zirkon yaşlarının 31-29 My arasında değiştiği, Doğu Sakarya Bölgesi'nin altındaki delemineasyona uğramış kalınlaşmış alt kabuğun aşağıya doğru batmasıyla birlikte yerel genişlemeyle muhtemelen astenosferik manto yükselmesini tetiklemiş ve Oligosen magmatizmasına yol açmış olabileceğini belirtmişlerdir.

Temizel vd. (2025), Doğu Pontid Orojenez Kuşağı'nda İkizce ve Ulubey andezitik kayaç topluluklarının Ar/Ar yaşlarının sırasıyla ~51–49 Ma ve ~49–46 Ma (Orta Eosen) olduğu, hem İkizce hem de Ulubey andezit gruplarının orta-yüksek K, yüksek La_N/Yb_N ve Sr/Y oranları sergileyen adakitik jeokimyaya sahip olduğu, İkizce adakitik grubunun levha kökenli eriyiklerden, Ulubey adakitik grubunun ise alt kabuktan oluşan eriyiklerden türedikleri ve her ikisinin de Orta Eosen döneminde çarpışma sonrası tektonik bir ortamda litosferik manto bileşenleriyle etkileşime girmiş olabileceklerini belirtmişlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntemler

Araştırmanın esas hedefi, Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve yakın çevresinde yüzeyleyen adakitik karakterli kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik niteliklerinin ayrıntılı olarak ortaya konulmasıdır.

Belirlenen amaç doğrultusunda yürütülen çalışma; literatür taraması, saha gözlemleri/örnekleme, laboratuvar analizleri ve elde edilen verilerin değerlendirildiği büro (ofis) çalışmalarını kapsayan dört temel faza bağlı kalınarak tamamlanmıştır.

2.2. Kaynak Taraması

Araştırma sahasını kapsayan bölgede daha önce gerçekleştirilmiş olan genel jeoloji, tektonik ve magmatik süreçlere odaklanan literatür verileri sistematik bir şekilde derlenmiştir. Mevcut verilerin konsolidasyonu ve analitik değerlendirmesi neticesinde, inceleme alanına özgü çalışma stratejileri belirlenerek uygulama aşamasına geçilmiştir.

2.3. Arazi Çalışmaları

Saha çalışmaları kapsamında, bölgede yüzeyleme veren birimlerin ayırt edilmesi, sistematik örnekleme yapılması ve litolojik yayılımların saptanması işlemleri tamamlanmıştır. Bu faaliyetler neticesinde, ağırlıklı olarak adakitik karakterli olmak üzere; volkanik, sedimanter ve plütonik kayaç gruplarından yaklaşık 50 adet numune derlenmiştir. Çalışma dahilinde birim dokanakları netleştirilerek, toplamda 35 km²'lik bir sahayı kapsayan 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası üretilmiştir. Veri toplama sürecinde, örnekleme noktalarının koordinatları GPS teknolojisi ile hassas bir şekilde belirlenmiş ve elde edilen tüm mekansal veriler sayısal ortama aktarılmıştır.

2.4. Laboratuvar Çalışmaları

2.4.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

İnceleme sahasından alınan numunelerin mineralojik ve petrografik niteliklerini saptamak hedefiyle, Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve yakın bölgelerde yüzeyleyen Orta Eosen yaşlı adakitik kayaçlar ile yan kayaç birimlerinden alınan toplam 20 adet örneğin ince kesit hazırlık işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, kayaçlardan kesilen 0.5x2x4

cm boyutlarındaki dilimlerin yüzey pürüzlülükleri giderilmiş; ardından bu birimler 1 mm kalınlığında ve 2.5x5 cm ebatlarındaki lamlar üzerine Kanada balzamu aracılığıyla sabitlenmiştir. Lam üzerine monte edilen örnekler, aşındırıcı tozlar yardımıyla standart 0.025 mm kalınlığa ulaşana dek inceltilerek petrografik tanımlama aşamasına hazır hale getirilmiştir. Söz konusu ince kesit hazırlama işlemleri, Gümüşhane Üniversitesi'nin laboratuvar olanakları dahilinde tamamlanmıştır.

2.4.2. Petrografik İncelemeler ve İnce Kesit Fotoğrafların Çekimi

Saha çalışmalarından derlenen toplam 60 tane ince kesit, Gümüşhane Üniversitesi bünyesindeki laboratuvarında bulunan Leica marka polarizan mikroskoplar kullanılarak ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Bu optik incelemeler sonucunda örneklerin mineralojik bileşimleri, dokusal özellikleri ve petrografik isimlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. Temsili nitelikteki örneklerin mikrofotografıları, aynı laboratuvarında bulunan ve polarizan mikroskoba entegre edilmiş dijital görüntüleme sistemi aracılığıyla kayıt altına alınmıştır.

2.4.3. Örneklerin Tüm-kayaç Jeokimyasal Analizler İçin Hazırlanması

Ana, eser ve nadir toprak element (REE) içeriklerinin saptanması amacıyla gerçekleştirilen mikroskobik tetkikler neticesinde, alterasyona uğramamış en taze numuneler ayıklanmış ve hazırlık işlemleri Jeoloji Mühendisliği Bölümü Numune Hazırlama Laboratuvarı bünyesinde tamamlanmıştır. Jeokimyasal analizlere tabi tutulacak kayaç örnekleri, öncelikle çeneli kırıcı vasıtasıyla 1-2 cm ebatlarına indirgenmiş; müteakiben halkalı öğütücülerde 200 mesh (75 mikron) tane boyutuna ulaşana dek ufalanmıştır. Homojenliği sağlamak adına çeyreklemeye (quartering) metodu uygulanarak elde edilen yaklaşık 30 gramlık toz halindeki numuneler, kimyasal analiz süreçlerinde kullanılmak üzere hazır duruma getirilmiştir.

2.4.4. Tüm kayaç Jeokimyasal Analizler

Sahanın adakitik karakterli kayaçlarından derlenen 11 örneğe ait ana, iz ve nadir toprak element bileşimlerinin tespiti amacıyla jeokimyasal analizler yürütülmüştür. Bu analizler, uluslararası akreditasyona sahip Wuhan Sample Solution Analytical Technology Co., Ltd. (Çin) ve Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. (ACME Analytical Laboratories) (Kanada) laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Sample Solution Analitik Teknoloji Laboratuvarında tüm kayaç ana element analizlerinin numune ön işlemi ergitme yöntemi ile yapılmıştır. Akı, lityum tetraborat,

lityum metaborat ve lityum florürün bir karışımı (45:10:5) olup, oksidan ve ayırıcı olarak sırasıyla amonyum nitrat ve lityum bromür kullanılmıştır. Erime sıcaklığı 1050 °C ve erime süresi 15 dakikadır. RIGAKU, Japonya tarafından üretilen Zsx Primus II dalga boyu dağılımlı X-ışını floresan spektrometresi (XRF), tüm kayadaki ana elementlerin analizi için kullanılmıştır. X-ışını tüpü 4.0Kw uç pencere Rh hedefidir ve test koşulları voltajı 50kV, akımı 60mA dir. Tüm ana eleman analiz hatları ko'dır, Standart eğri, ulusal standart malzemeyi kullanmıştır. Kaya standardı numunesi: GBW07101-14, toprak standart numunesi: GBW07401-08, akış tortusu standart numunesi: GBW07302-12'dir. Veriler teorik α katsayısı yöntemiyle düzeltilmiş olup, göreceli standart sapma (RSD) % 2'den azdır.

Tüm kayaç iz element analizleri, Wuhan SampleSolution Analytical Technology Co., Ltd., Wuhan (Çin)'de Agilent 7700e ICP-MS üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıntılı numune öğütme prosedürü şu şekildedir: (1) Numune tozu (200 mesh), 12 saatlik kurutma için 105°C'de bir fırına yerleştirildi; (2) 50 mg numune tozu doğru bir şekilde tartıldı ve bir Teflon bombaya yerleştirildi; (3) Teflon bombaya 1 ml HNO₃ ve 1 ml HF yavaş yavaş eklendi. (4) Teflon bomba paslanmaz çelikten bir basınç ceketine yerleştirildi ve >24 saat boyunca bir fırında 190°C'ye kadar ısıtıldı. (5) Soğutulduktan sonra, Teflon bomba açıldı ve 140 ° C'de bir ocak üzerine yerleştirildi. Sonra kurumaya başlayana kadar buharlaştırıldı ve ardından 1 ml HNO₃ ilave edildi ve tekrar kuruyana kadar buharlaştırıldı. (6) 1 ml HNO₃, 1 ml MQ su ve 1 ppm In'in 1 ml dahili standart solüsyonu eklendi, Teflon bomba yeniden kapatıldı ve >12 saat boyunca 190°C'de fırına yerleştirildi. (7) Nihai çözelti bir polietilen şişeye aktarıldı ve %2 HNO₃ ilavesiyle 100 g'a seyreltili.

ACME Laboratuvarı'nda yürütülen jeokimyasal analizlerde, ana ve iz elementler ICP-AES yöntemiyle, nadir toprak elementleri ise ICP-MS yöntemiyle ölçülmüştür. Ana ve iz element analiz süreci, 0.2 g toz numunenin 1.5 g LiBO₂ ile füzyonu ve %5 HNO₃ içinde çözündürülmesini kapsar. Nadir toprak elementleri ise 0.250 g toz numunenin dördü asit parçalamasıyla çözeltiliye alınmıştır. Element konsantrasyonları ana oksitler için % ağırlık, iz ve nadir toprak elementleri için ppm bazında raporlanmıştır. Kızdırma kaybı (AK) tayini, 1000 °C'deki gravimetrik ağırlık farkına göre yapılmıştır. Toplam Fe içeriği Fe₂O₃ cinsinden ifade edilmiş olup; yöntemlerin tespit limitleri sırasıyla ana oksitler için %0.002–0.04, iz elementler için 0.1–8 ppm ve nadir toprak elementleri için 0.01–0.3 ppm'dir.

2.4.5. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)

Nem kaybının belirlenmesi amacıyla, öğütülmüş numunelerden 10 gramlık fraksiyonlar alınarak 105 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat süreyle ısıtılma tabi tutulmuş ve ardından hassas tartımları gerçekleştirilmiştir. Başlangıç ve son ağırlıklar arasındaki fark, kütleli nem kaybı olarak kaydedilmiştir. Kızdırma kaybı (LOI) analizleri için ise 25 °C’de 24 saat bekletilerek stabilize edilen 10 gramlık örnekler, platin krozelere aktarılarak 950 °C sıcaklıktaki kül fırınında 2 saat boyunca kalsine edilmiştir. Isıl işlem sonrası fırından çıkarılan numuneler, atmosferik nem absorpsiyonunu minimize etmek amacıyla süratle tartılmış; kütle değişimi üzerinden yüzde oranlı ateş zayıyatı (LOI) değerleri hesaplanmıştır.

2.5. Büro Çalışmaları

Saha ve laboratuvar aşamalarından elde edilen verilerin sentezlenmesi ve bilimsel olarak yorumlanması amacıyla ofis çalışmaları yürütülmüştür. Arazi sürecinde topografik altlıklar üzerine işlenen veriler, dijital ortamda CorelDRAW vektörel çizim yazılımı aracılığıyla standardize edilerek inceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur. Jeokimyasal bulguların değerlendirilmesinde ise Grapher yazılımından yararlanılarak; ikili (hark), üçlü (ternary) ve normalize edilmiş örümcek (spider) diyagramları hazırlanmış ve bu grafikler üzerinden petrolojik yorumlamalar gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi

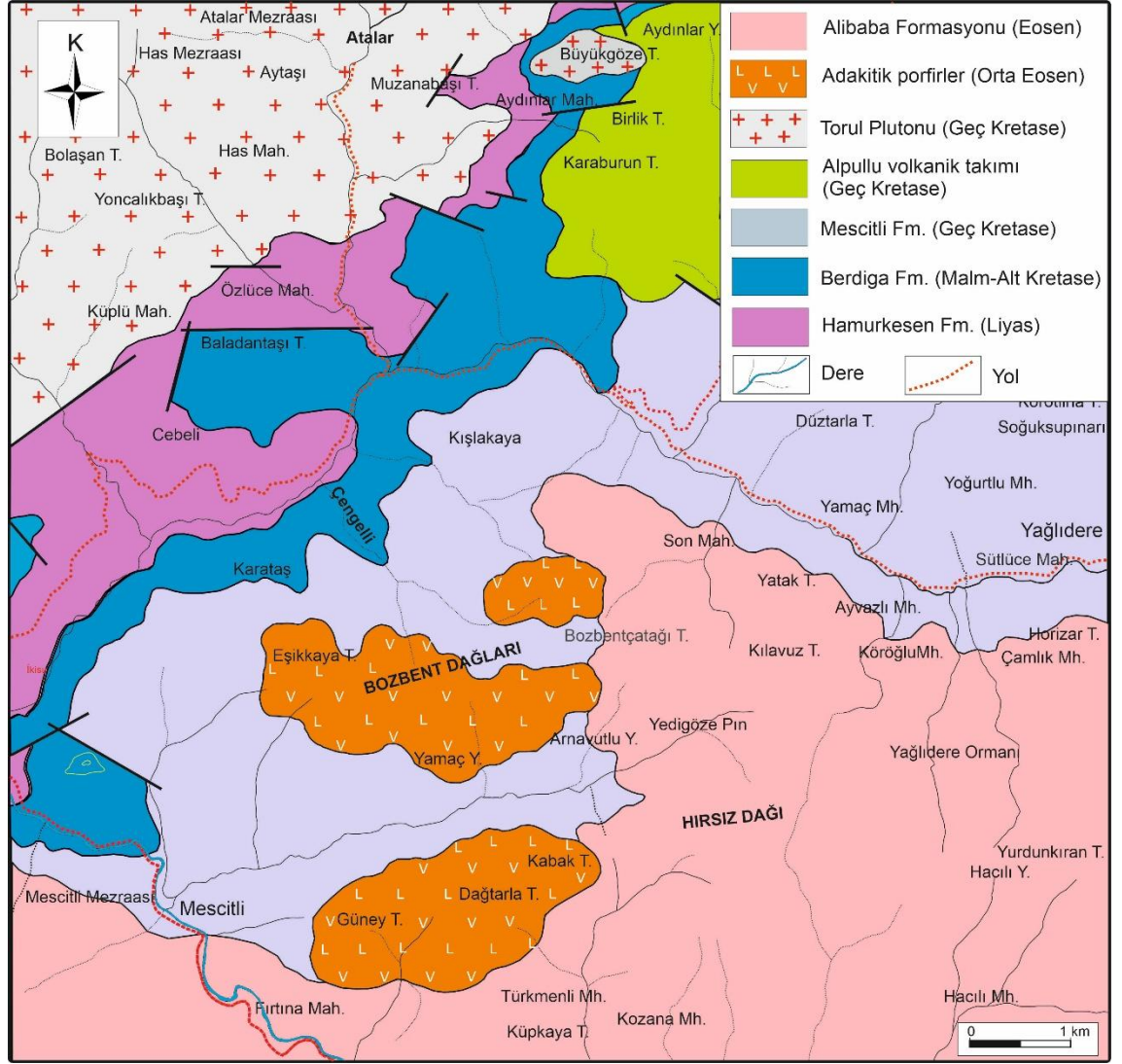
Araştırma alanında gözlenen litostratigrafik istif ve bu istifi oluşturan birimlerin litolojik özellikleri aşağıda özetlenmiştir (Şekil 4 ve 5).

- Alibaba Formasyonu (Eosen)
- Adakitik porfirler (Orta Eosen)
- Torul plutonu (Geç Kretase)
- Alpullu volkanik takımı (Geç Kretase)
- Mescitli Formasyonu (Geç Kretase)
- Berdiga Formasyonu (Malm-Alt Kretase)
- Hamurkesen Formasyonu (Liyas)

Doğu Pontid'lerin Güney Zonu'nda yer alan ve genelde tortul, volkanik ve plütonik kayaların egemen olarak bulunduğu çalışma alanında (Şekil 5), en yaşlı kayaları Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonunda oluşan kayalar oluşturur. Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı karbonatlı kayalar (Berdiga Formasyonu), Hamurkesen Formasyonu oluşturan kayalar üzerine uyumlu olarak gelir. Bu kayalar üzerine uyumsuz olarak Geç Kretase yaşlı Mescitli Formasyonu gelir. Bu formasyon Paleosen-Erken Eosen yaşlı adakitik porfirler tarafından kesilirler. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait kayalar tüm bu birimleri uyumsuz olarak üstelerler (Şekil 4).

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
MESOZOYİK	SENZOYİK					Alüvyon
	KUVATERNER					
	TERSİYER					
		EOSEN	ALİBABA FORMASYONU	~ 600 m		Andezit, trakiandezit Bazaltik andezit Aglomera, breş, tuf Adakitik kayalar (Andezit, traki-andezit, dasit)
	KRETASE					
		GEC KRATESE	KERMUTDERE FM. ALPİLLU VOKANİK TAKIMI	~ 500 m		Dasit, andezit
	JURA	ERKEN KRETASE	BERDİGA FORMASYONU	~ 450 m		Fliş Kırmızı kireçtaşı Kumlu kireçtaşı
		DOĞGER-MALM	HAMURKESEN FM	~ 350 m		Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı Torul Granitoyidi
						Bazalt, andezit ve piroklastları

Şekil 4. Araştırma alanı ve çevresinin litostratigrafik istif özellikleri ve kolon kesiti.



Şekil 5. Çalışma sahasının jeoloji haritası (Kaygusuz, 2000 ve Bayram, 2014 verilerinden derlenmiştir).

3.1.1. Hamurkesen Formasyonu

Bayburt–Demirözü havzasında, Geç Jura–Erken Kretase yaş aralığını temsil eden Berdiga Formasyonu'nun stratigrafik olarak tabanında yer alan volkanoklastik-sedimanter istif, ilk defa Açar (1977) tarafından Hamurkesen Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Litostratigrafik sınıflama ve korelasyon ilkeleri uyarınca; aynı tektonostratigrafik kuşak içerisinde gelişim gösteren, benzer litofasiyes özellikleri ve stratigrafik konuma sahip birimlerin de bu terminoloji altında değerlendirildiği ifade edilmiştir.

Bu birim inceleme alanının kuzey-kuzeybatısında yüzeylenmekte olup, başlıca Çengeli ve civarında yüzeylener (Şekil 6). Araştırma sahasında tabanı mostra vermeyen formasyonun alt dokanağı belirsizdir. Birim, bazalt-spilitik bazaltik lavlar, diyabazlar ve

bunlara eşlik eden piroklastiklerle açılmakta; üste doğru ise killi kireçtaşı ve kumtaşı merceklerle sahip andezit ve tüf-breş ardalanmalı bir matrise uyumlu şekilde geçiş yapmaktadır. Piroklastik fasiyesler içerisinde tüfler dominant karakter sergilerken, breşler tali bileşen olarak yer alır.



Şekil 6. Berdiga Formasyonu ile Hamurkesen Formasyonu dokanağı

İnceleme sahasından derlenen Hamurkesen Formasyonu numunelerinde biyostratigrafik yaş tayinine imkân tanıyacak herhangi bir fosil içeriğine rastlanmamıştır. Sahadaki en yaşlı litostratigrafik birim olarak tanımlanan formasyonun taban dokanağı çalışma alanı sınırları içerisinde yüzeyleme vermemektedir. Birim, Malm-Erken Kretase aralığına tarihlendirilen Berdiga Formasyonu tarafından konkordan (uyumlu) bir şekilde üzerlenmektedir. Hem sahadaki mevcut stratigrafik istif içerisindeki konumu hem de bölgede daha önce yürütülen araştırmalardan (Ağar, 1977; Tokel, 1972; Tanyolu, 1986; Korkmaz, 1993; Özdoğan, 1992) elde edilen bulgular ışığında, Hamurkesen Formasyonu'nun Liyas yaşlı olduğu kabul edilmiştir.

3.1.2. Berdiga Formasyonu

Alucra (Giresun) güneydoğusundaki Berdiga Dağları'nda yüzeyleyen killi, çörtlü ve kumlu kireçtaşlarından oluşan litostratigrafik birim Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Doğu Pontidler'deki Jura-Erken Kretase yaşlı çökeller için literatürde yerleşik bir konuma sahip olan bu nomenklatür (Pelin, 1977;

Eren, 1983; Hacıoğlu, 1983; Yılmaz, 1993, 1995), öncelik kuralı (law of priority) gereğince bu araştırma kapsamında da sürdürülmüştür.

Çalışma alanının kuzey-kuzeybatısında yer alan Çengelli ve Atalar bölgelerinde yüzeylenen birim (Şekil 7); tabanda masif, gri renkli dolomitlerle başlamakta, üste doğru sırasıyla kalın katmanlı dolomitik kireçtaşları ve orta-ince katmanlı kireçtaşları ardalanmasıyla devam etmektedir. Açık gri, kirli sarı ve kahverengi tonlar sergileyen birim, yüksek oranda sekonder erime boşluğu içermektedir. Doğrultuları genel olarak KB-GD yönelimli olan tabakaların eğim yönleri güneybatıya doğru olup, eğim dereceleri 25-75 skalasında değişim göstermektedir. Birimin toplam kalınlığı yaklaşık 700 m olarak ölçülmüştür.



Şekil 7. a) Taban birimi oluşturan Hamurkesen Formasyonu ile Berdiga Formasyonu arasındaki dokanak ilişkisi (Gözlem noktası: Karaca Mağarası yol ayrımı), b) Berdiga Formasyonu bünyesindeki dolomitik kireçtaşı litolojisi (Lokasyon: Çengelli Mahallesi).

İnceleme sahasından derlenen Berdiga Formasyonu numuneleri, biyostratigrafik yaş tayinine imkân tanıyacak fosil içeriğinden yoksun olup ağırlıklı olarak dolomitik karakter sergilemektedir. Stratigrafik istif içerisinde Geç Kretase yaşlı kırmızı renkli kireçtaşlarının tabanında konumlanan birim, alttaki Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu'nu ise konkordan (uyumlu) bir dokanakla üzerlemektedir. Saha verileri ile bölgede daha önce gerçekleştirilen araştırmaların (Tokel, 1972; Pelin, 1977; Açar, 1977) korelasyonu neticesinde, söz konusu karbonatlı istifin kronostratigrafik aralığının Malm-Erken Kretase olduğu sonucuna varılmıştır.

3.1.3. Kermutdere Formasyonu / Mescitli Formasyonu

Alucra (Giresun) güneydoğusunda Kampaniyen yaşlı kırmızı biyomikritlerle uyumlu (tedrici) geçişli olan kumtaşı, şeyl, tuf ve lav ardalanmalı birim, Pelin (1977)

tarafından Kermutdere Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Araştırma sahasındaki ilgili litolojik birimlerin, Kermutdere Formasyonu ile eş değer stratigrafik konum ve benzer litofasiyes karakteristikleri sunması esasına dayanarak, mevcut çalışmada da aynı stratigrafik terminoloji benimsenmiştir.

Kermutdere Formasyonu, taban seviyelerinde kumlu kireçtaşları ile başlamakta, yukarıya çıktıkça kırmızı renkli kireçtaşlarına geçiş yapmakta ve en üst kesimlerde volkanik ara katkılı sedimanter bir ardışım ile sonlanmaktadır (Şekil 8).

İstifin tabanında yer alan kumlu kireçtaşları, tipik olarak açık sarı ve bej tonlarında izlenmekte olup, belirgin bir tabakalanma yapısı sunmaktadır; bu birimin kalınlığı yaklaşık 5-30 m aralığında değişim göstermektedir. İstif içindeki kırmızı kireçtaşları ise şarap kırmızısı rengiyle karakteristik olup, kalınlıkları 5-25 cm arasında değişen, düzenli ve ince tabakalı bir geometreye sahiptir.

Formasyonun tavan birimlerini teşkil eden volkanik ara katkılı sedimanter seriler; kumtaşı, kumlu kireçtaşı, miltaşı (silttaşı), killi kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan ritmik bir ardışım sergilemektedir. Bu istif içerisindeki volkanojenik seviyeler esasen tüffitlerden meydana gelmekte olup, birim genel olarak volkanik ara tabakalı bir fliş karakteri sunmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Mescitli (Kermutdere) Formasyonu bünyesindeki sedimenter birimlerin arazi görünümü (Gözlem noktası: Şişe Mahallesi).

İnceleme sahasındaki formasyonun farklı stratigrafik seviyelerinden derlenen numunelerde, biyostratigrafik açıdan kritik öneme sahip olan Globotruncana sp. ve Nannoconus sp. fosil toplulukları tanımlanmıştır. Elde edilen bu paleontolojik bulgular,

bölgede daha önce yürütülen araştırmalarla (Pelin, 1977) birlikte değerlendirilmiş ve birimin kronostratigrafik yaşı Geç Kretase olarak kesinleştirilmiştir.

3.1.4. Alpullu Volkanik Takımı

İnceleme alanında dar bir yayılım (yüzeyleme) sunan söz konusu volkanik istif, Kaygusuz (2000) tarafından Alpullu Volkanik Takımı adı altında haritalandırılmıştır. Mevcut tez çalışmasında da ilgili birimin tanımlanmasında aynı terminoloji esas alınmıştır. Çalışma sahasında en bariz biçimde Alpullu Mahallesi civarında görülmekte olup, başlıca dasit ve riolitlerden oluşur. İnceleme alanında Berdiga Formasyonu, Kındıralıkdere Formasyonu, Elmalıdere Formasyonu ve Tepeköy Formasyonunu kesmiştir.

Çalışma alanının Aydınlar Yaylası, Karaburun Tepe ve Birlik Tepe civarında gözlenir. Dasit-andezit dom ve dayklarından oluşur. Genellikle az ayrıışmış olup prizmatik kolon debi gösterir.

3.1.5. Torul Plutonu

İnceleme alanının kuzeyinde küçük bir alanda yayılım sunan Torul plutonu, farklı araştırmacıların çalışmalarında çeşitli isimlerle anılmıştır. Türk-Japon Ekibi (1985) söz konusu birimi “Torul Granodiyoriti”, Güven (1993) “Kaçkar Granitoyidi-II”, Kaygusuz (2000) ise “Torul Granitoyidi” adı altında incelemişlerdir.

Torul plutonu, inceleme alanında en az yayılımı olan birimdir ve Atalar doğusunda gözlenir (Şekil 9). Koyu gri, pembemsi gri renkli, ince-orta taneli olup, genelde kırıklı olarak görülür. Yan kayaçlarla olan dokanaklarda yoğun epidotlaşma ve silisleşme görülür. Makroskobik olarak kuvars, plajiyoklas, ortoklas, biyotit ve hornblend mineralleri tanınabilmektedir. Yaşı, Kaygusuz vd. (2008, 2010) tarafından Geç Kretase (77-80 My) olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Berdiga Formasyonunu kesen Torul plutonu (Yer: Cebeli Köyü)

3.1.6. Adakitik Kayaçlar (Adakit Benzeri Porfirler)

Bu çalışmanın özünü oluşturan adakitik benzeri porfirler (adaktik kayaçlar), inceleme alanında küçük yüzeylemeler halinde gözlenir. Bozbent Dağı ve çevresinde en geniş yüzeylemeye sahip olup, yaklaşık 2-3 km²'lik bir alanda yayılım gösterir (Şekil 10). Eşikkaya Tepe, Bozbentyatağı Tepe, Mandıra Sırtı, Yamaç, Armutlu ve Kışlak civarlarında küçük yüzeylemeler halinde gözlenirler.

Adakitik porfirler, Mescitli Formasyonuna ait kayaçları uyumsuz olarak üstlerler ve Alibaba Formasyonu tarafından uyumsuzlukla üstlenirler.



Şekil 10. Adakitik kayaçların arazi görünümü (Yer: Kabak Tepe)

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan adakitik porfirler ile ilgili detay bilgiler sonraki bölümlerde verilecektir.

3.1.7. Alibaba Formasyonu

Gümüşhane bölgesinde, Kermutdere Formasyonu'nu stratigrafik bir uyumsuzlukla örten volkanoklastik-sedimanter karakterli istif, literatürde ilk kez Tokel (1972) tarafından 'Alibaba Formasyonu' olarak isimlendirilmiştir. Çalışma sahasında bu birimle eş değer litofasiyes özellikleri ve stratigrafik konuma sahip olan kayaç toplulukları için de aynı terminoloji benimsenmiştir.

Araştırma sahasında Mescitli Formasyonu ile birlikte en fazla yüzeylemeye sahip birim olup, başlıca Kabak Tepe, Hırsız Dağı, Yedigöze Tepe ve Beyaztaşlı Tepe etrafında yüzeylenir.

Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu, taban seviyelerinde volkanik breş, aglomera ve tuf bileşenlerinden meydana gelen bir istif ile başlamaktadır. Bu temel birimlerin üzerine; killi kireçtaşı ve kumtaşı ara seviyeleri içeren hornblend/ojit andezit, kuvars andezit ve tüflerden oluşan seriler gelmektedir. İstifin tavan kısımları ise riolit, dasit ve bunlara ait piroklastik ürünler ile temsil edilmektedir. Birim bünyesinde yer yer karakteristik eksfoliasyon (soğan kabuğu) yapıları müşahade edilmektedir (Şekil 11). İstif içerisindeki sedimanter ara katkılar; genellikle 140/20 doğrultu/eğim değerlerine sahip, orta tabakalanmalı killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kumtaşı mercleklerinden teşekkül etmektedir. Bu seviyeler tipik olarak açık sarı ve bej tonlarında izlenmekte olup, belirgin bir tabakalanma sunmaktadır. Formasyon kapsamındaki andezitler; gri, koyu gri ve yeşilimsi gri renklerde olup, el örneği ölçeğinde plajiyoklas, piroksen ve hornblend fenokristalleri ayırt edilebilmektedir.

Ayrıca, Alibaba Formasyonu'na ait andezitik ve piroklastik birimler, bazaltik bileşimli dayklar tarafından kesilerek süreksizliğe uğratılmıştır. Söz konusu bazaltik intrüzyonlar, inceleme alanındaki Hırsız Dağı mevkiinde aglomera birimleri içerisinde gözlenmektedir. Koyu gri ve siyah renkli bu dayklarda, makroskobik incelemelerde plajiyoklas mineralleri tanınabilmektedir. Bu damar kayalarının kalınlıkları 1-5 m, doğrultu yönündeki uzanımları ise 25-30 m aralığında değişim göstermektedir.



Şekil 11. Alibaba Formasyonu içindeki volkanik birimlere ait eksfoliasyon yapıları

İnceleme alanı sınırları dahilindeki Alibaba Formasyonu örneklerinde, biyostratigrafik yaş tayinine olanak sağlayacak fosil içeriği saptanamamıştır. Ancak Gümüşhane bölgesinde, birimin taban seviyelerinde izlenen kireçtaşları bünyesindeki *Nummulites sp.* ve *Discocyclina sp.* topluluklarına dayanarak Tokel (1972) tarafından birim Eosen olarak tarihlendirilmiştir. Benzer şekilde Erguvanlı (1950), Torul-Bahçeçik civarındaki andezitik tüf ve aglomeralar arasında yer alan fliş fasiyesindeki *Nummulites subirregularis*, *Nummulites irregularis*, *Nummulites millacput*, *Assilina sp.*, *Discocyclina sp.* ve *Ostrea sp.* gibi paleontolojik verilere istinaden formasyona Lütesyen yaşını vermiştir.

Çalışma alanının dışındaki lokasyonlarda, özellikle Kale çevresinde, birimin taban kesimini oluşturan kumlu kireçtaşlarında tanımlanan *Nummulites* türleri de Eosen yaşını destekler niteliktedir (Eren, 1983). Ayrıca güncel literatürde Aslan (2010), Kaygusuz vd. (2011) ile Arslan vd. (2013) tarafından yürütülen radyometrik ve jeokronolojik araştırmalar, birimin yaşını 33-45 my (Eosen) olarak kesinleştirmiştir. Mevcut çalışma kapsamında da bölgedeki bu geniş çaplı paleontolojik ve jeokronolojik verilerle uyumlu olarak Eosen yaşı kabul edilmiştir.

3.1.8. Alüvyon

İnceleme alanındaki Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, Harşit Çayı ve Korum Deresi yatakları ile bu drenaj ağlarına bağlı tali dere kolları boyunca yüzeyleme vermektedir. Söz konusu birimler, özellikle Korum Deresi ile Harşit Çayı'nın birleştiği konfluans (kavşak) bölgesinde en geniş yayılımını sergilemektedir. Söz konusu morfolojik

düzlükler, günümüzde lokal popülasyon tarafından hem antropojenik (insan eliyle şekillendirilen) yerleşim alanları hem de polikültür tarım faaliyetleri (özellikle hortikültür/bahçe tarımı) amacıyla yoğun bir arazi kullanımına tabi tutulmaktadır.

Litolojik açıdan birim; blok boyutundan kil boyutuna kadar geniş bir tane boyu dağılımı sunmakta olup, kırıntılı bileşenler tipik olarak yuvarlak-yarı yuvarlak bir morfolojiye sahiptir. Alüvyonları oluşturan bu detritik elemanlar, sahadaki tüm litostratigrafik birimlerden türemiş polijenik malzemeleri bünyesinde barındırmaktadır.



Şekil 12. Mescitli Dere Boyu Oluşan Alüvyonlar (Yer Mescitli Köyü Köprüsü)

3.2. Adakit Kayaçların Mineralojisi ve Petrografisi

Bu kısımda, çalışma alanında geniş mostra veren ve araştırmanın temel materyalini oluşturan adakitik porfirlerin makroskobik (saha) ve mikroskobik (mineralojik-petrografik) özellikleri detaylandırılmıştır.

3.2.1. Saha Gözlemleri

Adakitik kayaçlar, inceleme alanında küçük yüzeylemeler halinde gözlenir. Bozbent Dağı ve çevresinde en geniş yüzeylemeye sahip olup, yaklaşık 35 km²'lik bir alanda yayılım gösterir (Şekil 10). Eşikkaya Tepe, Bozbentyatağı Tepe, Mandıra Sırtı, Yamaç, Armutlu ve Kışlak civarlarında küçük yüzeylemeler halinde gözlenirler. Başlıca porfiri andezit ve dasit bileşimleri gösterirler. Renkleri gri, açık gri ve pembemsi gri olup, kuvars, plajiyoklas ve hornblend mineralleri tanınabilmektedir (Şekil 13).

Adakitik kayaçlar inceleme alanında Mescitli Formasyonuna ait kayaçları uyumsuz olarak üstlerler ve Alibaba Formasyonu tarafından uyumsuzlukla üstlenirler. Adakitik kayaçlar bünyesinde karakteristik soğuma çatlakları (cooling joints) gözlenmektedir (Şekil 13). İstif genelinde bu süreksizliklerin yoğunluğu mekânsal değişim göstermekte

olup; belirli lokasyonlarda çatlak sistemleri seyrek bir dağılım sunarken, diğer mevkilerde yoğun kırıklı ve çok eklemli bir yapısal doku hakimiyet kazanmıştır.



Şekil 13. İncelenen adakitik porfirlerde bir görünüm (Yer: Bozbentdağı Tepe kuzeyi)

3.2.2. Minerolojik ve Petrografik İnceleme

Adakitik kayalardan alınan 20 adet örneğin ince kesitleri incelenerek, mineral bileşenleri ve adlamaları yapılmıştır.

Adakitik kayaların mikroskop altındaki incelemelerinde karakteristik porfirik ve yer yer mikrolitik porfiri dokusal özellikler saptanmıştır (Şekil 14). Kayaların mineralojik bileşimi ve petrografik tanımlamaları aşağıda detaylandırılmıştır:

Plajiyoklas: Örneklerde plajiyoklaslar, iri ve orta boyutlu levhamsı (latalı) kristaller şeklinde izlenmektedir. Optik tayinler sonucunda bu kristallerin baskın olarak andezin bileşiminde olduğu ve belirgin bir zonlanma (kuşaklı yapı) sergilediği saptanmıştır. Kristal bünyesinde albit ve polisentetik ikizlenmeler yaygın olup; alterasyon ürünü olarak kalsit, klorit ve kil minerallerinin gelişimi gözlenmiştir.

Alkali Feldispat: Kayalarda az oranda olup, küçük taneli kristaller veya hamur içerisinde dağılım gösteren anedral taneler şeklinde mevcuttur.

Hornblend: İri ve orta ölçekli prizmatik formlarda bulunan hornblend fenokristalleri, bünyelerinde plajiyoklas ve opak mineral inklüzyonları (kapanımları) barındırmaktadır. Pleokroizması belirgin olan bu minerallerin (010) yüzeyine paralel kesitlerinde yapılan ölçümlerde 24-25 derece civarında sönme açıları kaydedilmiştir. İkincil süreçlerde kalsit ve opak minerallere dönüşüm sergiledikleri belirlenmiştir.

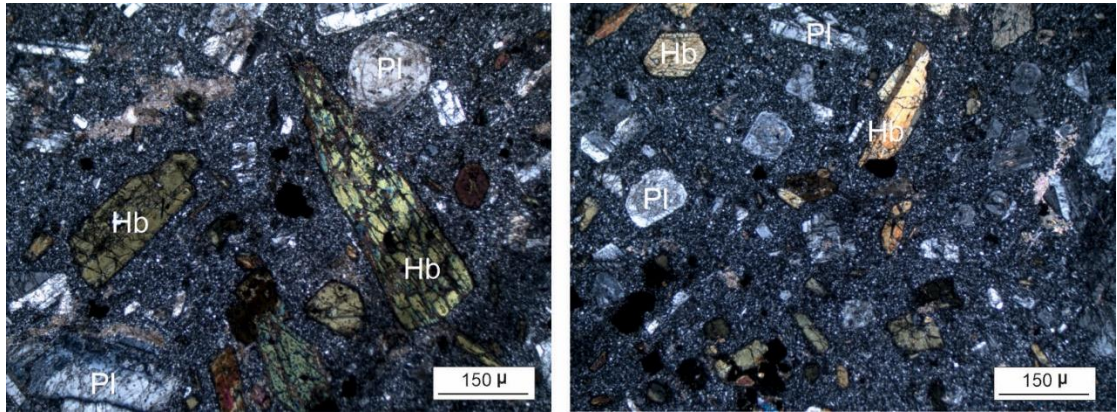
Biyotit: Küçük prizmatik kristaller halinde izlenen biyotitler, (001) yüzeyine paralel tipik dilinim yapılarına sahiptir. Belirgin pleokroizmaya sahip olan mineraller; X yönünde kırmızımsı kahverengi, Y ve Z yönlerinde ise sarımsı kahverengi renk değişimleri sunmaktadır.

Opak Mineraller: Kayaç içerisinde diğer ana bileşenlere oranla daha kısıtlı miktarda bulunan opak mineraller, ince taneli ve düzensiz (dissemine) dağılımlı kristaller olarak mevcuttur.

İkincil (Sekonder) Mineraller: Primer mineral fazlarının alterasyonu ve ayrışması neticesinde gelişen kalsit, klorit, serizit ve epidot, kayaçtaki ikincil oluşumları temsil etmektedir.

Hamur: Mikrokristalen ve kriptokristalen karakterdeki plajiyoklas, ojit, hornblend ve biyotit kristallerinden oluşmakta, ayrıca mikroskobik opak mineral tanelerini de bünyesinde barındırmaktadır.

Kayaç Adlandırması: Porfiri andezit (Şekil 14).



Şekil 14. Porfiri andezitlerin mikroskobik görüntüsü (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Hb: Hornblend)

Dasit/riyolitik örneklerin petrografik incelemelerinde, baskın olarak porfirik ve yer yer mikrogranofirik porfirik dokusal özellikler sergiledikleri saptanmıştır (Şekil 15). Birimi oluşturan mineral fazları ve bunların optik nitelikleri aşağıda teknik detaylarıyla sunulmuştur:

Plajiyoklas: Kayaç modunda en yüksek oranda temsil edilen plajiyoklaslar, iri ve orta boyutlu levhamsı fenokristaller halinde izlenmektedir. Albit ve kombine albit-karlsbad ikizlenmelerinin yaygın olduğu bu minerallerin, optik tayinler neticesinde ağırlıklı olarak andezin bileşiminde olduğu belirlenmiştir. İri kristal bünyelerinde hornblend ve opak mineral kapanımları (inklüzyon) müşahade edilmektedir. Sekonder

süreçlere bağı olarak gelişen serizitleşme, kalsitleşme ve killeşme tipi alterasyonlar oldukça yaygındır.

Alkali Feldispat: İri ve orta ölçekli kristaller halinde bulunan alkali feldispatlar, karakteristik karlsbad ikizlenmesi ile ayırt edilmektedir.

Kuvars: Genellikle özşekilli (euhedral) ve iri kristaller şeklinde mevcuttur. Bazı kristal kenarlarının magmatik korozyon neticesinde hamur tarafından körlenmiş (yenilmiş) olduğu gözlenmektedir. Kristallerde dalgalı sönme ve belirgin kırıklı yapılar yapısal deformasyonun göstergesi olarak izlenmektedir.

Biyotit: Özşekilli ve yarı özşekilli, çubuğumsu prizmatik kristaller veya lameller şeklinde izlenen biyotitler, kayacın en baskın mafik mineralini teşkil eder. Belirgin pleokroizmaya sahip olan bu mineraller, alterasyon neticesinde kloritleşmiş ve kristal sınırlarında opak oksit yığılımları (opasitleşme) gelişmiştir.

Hornblend: Özşekilli ve yarı özşekilli, levhamsı-prizmatik formlarda bulunan hornblendler, biyotitten sonraki en yoğun mafik fazdır. (100) yüzeyine göre ikizlenme yapısı yaygın olup, iyi gelişmiş dilinim hatları ve kuvvetli pleokroizma ile karakterize edilirler. Ayrışma süreçleri sonucunda klorit ve kalsite dönüştükleri saptanmıştır.

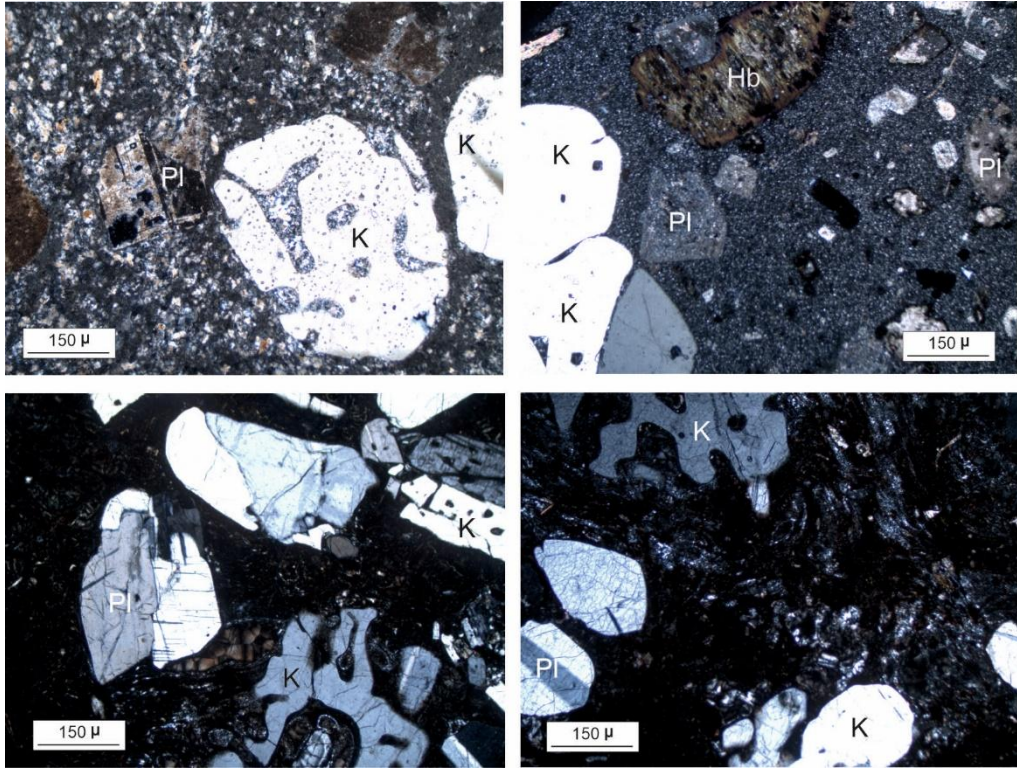
Opak Mineraller: Özşekilli ve yarı özşekilli kristaller formunda, dissemine dağılım sergilemektedirler.

Tali (Aksesuar) Mineraller: Zirkon ve apatit, kayaç bünyesinde kısıtlı miktarda bulunan aksesuar fazları temsil etmektedir.

Sekonder (Ayrışma) Mineralleri: Primer mineral fazlarının alterasyonu sonucunda gelişen klorit, serizit ve kalsit, kayacın ikincil mineral topluluğunu oluşturur.

Hamur: Kuvars, plajiyoklas, hornblend, biyotit ve opak minerallerin mikrokristalen ve kriptokristalen tanelerinden meydana gelen bir matris yapısına sahiptir.

Kayaç Adlandırması: Porfiri dasit/riyolit (Şekil 15).



Şekil 15. Dasit ve riyolit türü adakitik kayalarda gözlenen mikrogrönü porfirik doku ve hamur tarafından yenmiş iri kuvars kristalleri (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Hb: Hornblend)

3.3. Adakitik Kayaçların Jeokimyasal Özellikleri

3.3.1. Giriş

Gümüşhane ili Mescitli lokasyonunda yüzeyleyen Orta Eosen yaşlı adakitik kayaçların bütüncül kayaç jeokimyası; elementer (ana oksit, iz ve nadir toprak elementleri) analiz verileri temel alınarak karakterize edilmiştir. Analiz verilerinin yorumlanması sonucunda, bu kayaçların jeokimyasal nitelikleri ile onları oluşturan magmanın kaynak özellikleri ve gelişim süreçleri aydınlatılmıştır.

3.3.2. Ana ve İz Elementler

İncelenen adakitik kayaçlara ait 11 adet örneğin ana ve iz element analizleri Tablo 1’de, nadir toprak element analizleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Ana element jeokimyası göz önüne alındığında (Tablo 1), kayaçların SiO_2 değerleri % 59.03-67.06 arasında değişirken, Na_2O % 3.15-4.99 ve CaO % 2.22-6.75 arasında değişmektedir. $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranı 1’den küçük olup, 0.28-0.96 arasındadır. Magnezyum numaraları (Mg#) ise 21.37-58.82 arasındadır.

Tablo 1. Çalışma sahasındaki adakitik kayaçların (adakit benzeri porfirlerin) ana oksit (%) ve iz element (ppm) konsantrasyonları.

Kayaç adı	Andezit						Traki-andezit		Dasit		
Örnek no	T1	O-37	T2	T3	S178	T6	O-47	O-48	T4	T5	T7
SiO ₂	59,03	59,42	59,62	60,25	60,86	62,96	60,28	62,30	64,36	65,58	67,06
TiO ₂	0,62	0,46	0,58	0,57	0,41	0,42	0,50	0,44	0,32	0,28	0,18
Al ₂ O ₃	16,74	16,03	16,45	16,71	17,60	16,52	16,60	15,86	16,42	16,41	17,14
Fe ₂ O ₃	5,95	5,48	5,79	5,41	4,83	4,15	5,51	4,94	4,45	4,32	3,48
MnO	0,20	0,18	0,16	0,14	0,07	0,07	0,09	0,09	0,08	0,06	0,04
MgO	3,65	3,10	2,83	1,63	2,00	2,25	3,13	3,21	1,25	0,86	0,43
CaO	6,75	6,47	5,34	6,52	4,55	2,86	3,42	3,32	3,26	2,62	2,22
Na ₂ O	3,15	3,34	3,27	3,34	4,99	3,96	4,32	3,70	3,46	3,54	3,84
K ₂ O	1,07	2,74	1,64	2,26	1,41	2,35	2,83	3,22	3,32	3,16	3,62
P ₂ O ₅	0,21	0,13	0,17	0,13	0,18	0,16	0,17	0,15	0,12	0,11	0,08
LOI	1,98	2,27	3,92	2,54	2,60	3,87	2,41	2,19	2,72	2,38	1,43
Toplam	99,36	99,64	99,79	99,52	99,51	99,56	99,26	99,42	99,74	99,33	99,53
Co	19,86	12,98	17,47	14,65	11,82	12,36	12,62	11,10	12,83	9,45	9,15
Ni	12,15	8,49	10,43	9,37	11,16	5,26	4,77	4,08	5,18	3,48	2,35
Cr	28,24	24,72	25,45	19,74	18,92	8,42	8,96	6,69	5,42	3,79	1,42
Cu	8,58	20,49	12,42	15,27	21,84	32,23	25,81	53,56	42,23	34,52	24,52
Pb	8,18	14,83	11,63	18,45	13,25	14,71	12,75	10,11	21,91	18,15	24,15
Zn	52,24	45,90	50,94	43,41	53,67	46,33	50,45	44,38	48,33	49,48	48,43
Sc	18,46	16,96	16,87	14,43	11,15	12,13	16,01	13,85	11,03	10,13	9,17
Rb	21,12	59,51	42,46	63,24	33,88	55,72	61,78	68,60	75,75	96,46	98,76
Ba	712,8	883,7	1045,6	894,6	768,9	1210,3	833,8	889,3	1140,2	1215,2	1232,3
Sr	845,8	535,5	763,5	635,5	818,1	547,3	510,6	463,3	447,3	403,4	386,3
Ta	0,42	0,35	0,37	0,38	0,31	0,31	0,34	0,32	0,31	0,35	0,33
Nb	4,15	4,27	4,72	4,65	4,83	4,76	4,52	4,53	4,93	4,88	4,98
Hf	1,84	2,09	1,99	2,15	2,38	2,26	2,27	2,18	2,33	2,45	2,53
Zr	70,84	70,69	75,62	79,63	88,53	86,87	81,34	80,84	82,81	94,96	98,74
Be	1,30	1,32	1,31	1,26	1,13	1,18	1,23	1,06	1,16	1,11	1,09
Y	13,83	13,28	13,53	13,36	12,98	13,14	13,66	12,90	12,10	11,82	11,17
Th	4,74	5,39	8,46	7,39	4,79	8,82	7,72	7,61	9,85	9,76	10,98
U	0,82	1,07	1,07	1,07	1,17	2,43	2,07	2,05	2,35	2,65	2,79
Ga	17,43	15,96	16,92	15,86	17,65	15,47	15,17	14,96	14,24	15,16	14,06
Cs	0,72	0,70	0,72	0,50	0,42	0,55	0,29	0,63	0,53	0,43	0,41
Sn	0,76	0,65	0,67	0,64	0,75	0,63	0,60	0,51	0,52	0,50	0,48
V	118,12	52,49	65,43	72,49	90,56	105,52	143,58	120,52	95,52	50,32	47,37
Mg #	57,44	55,46	51,83	39,86	47,75	54,35	55,58	58,82	38,11	30,46	21,38
Sr/Y	61,17	40,33	56,43	47,57	63,02	41,65	37,37	35,91	36,96	34,13	34,58
K ₂ O/Na ₂ O	0,34	0,82	0,50	0,68	0,28	0,59	0,66	0,87	0,96	0,89	0,94

LOI (loss on ignition=ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Fe₂O₃: Toplam demir

Tablo 2. Çalışma sahasındaki adakitik kayaçların nadir toprak element (NTE) konsantrasyonları (ppm).

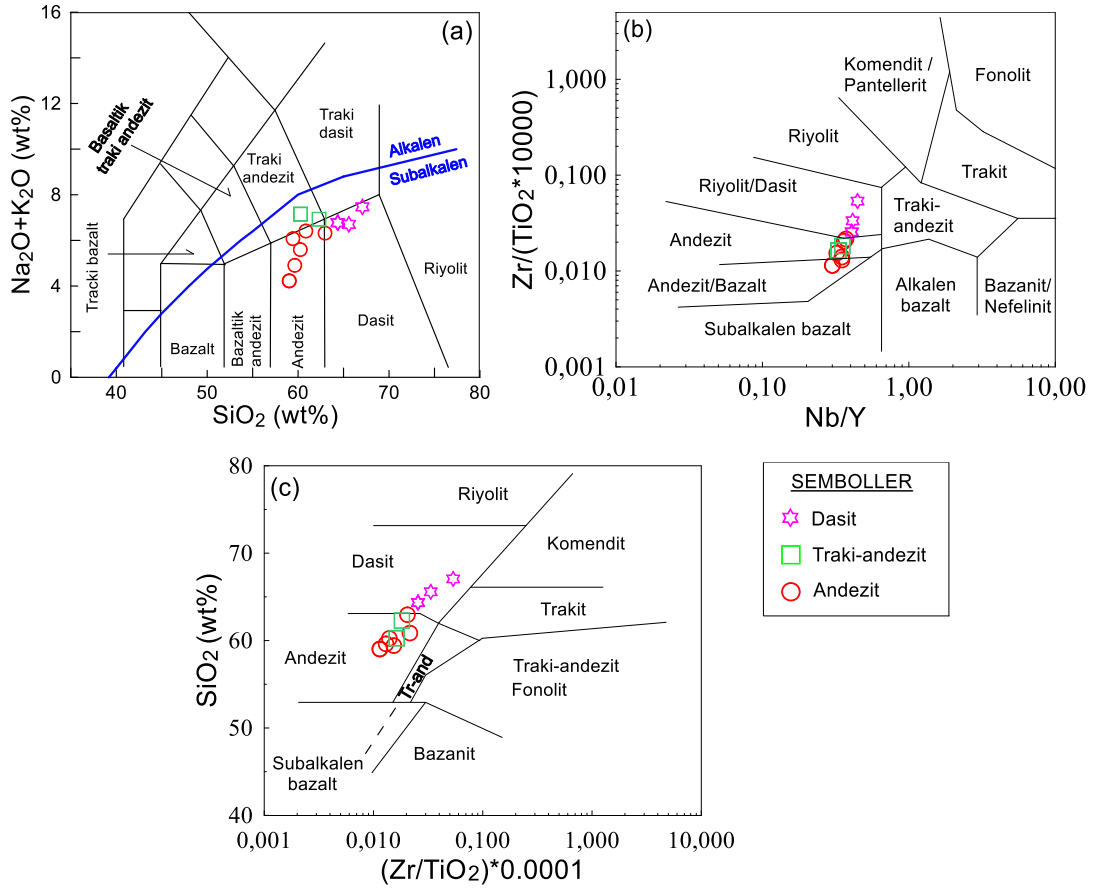
Kayaç adı	Andezit						Traki-andezit			Dasit	
Örnek no	T1	O-37	T2	T3	S178	T6	O-47	O-48	T4	T5	T7
La	17,24	18,60	18,53	19,47	22,32	21,48	20,68	20,33	21,36	22,62	22,76
Ce	31,15	32,52	33,48	35,58	39,88	37,13	37,38	35,39	39,43	40,66	41,16
Pr	3,77	3,85	3,96	3,98	4,52	4,14	4,12	3,91	4,54	4,56	4,60
Nd	13,09	13,10	13,68	13,82	15,80	14,32	13,65	13,24	14,24	14,94	14,98
Sm	2,77	2,89	2,83	3,09	3,16	3,03	2,92	2,70	2,97	2,99	3,17
Eu	0,88	0,88	0,87	0,89	0,92	0,91	0,91	0,83	0,84	0,85	0,88
Gd	2,64	2,72	2,68	2,69	2,71	2,52	2,70	2,45	2,49	2,53	2,55
Tb	0,41	0,41	0,39	0,40	0,41	0,39	0,40	0,37	0,38	0,39	0,40
Dy	2,22	2,22	2,27	2,24	2,16	2,14	2,30	2,10	2,12	2,18	2,19
Ho	0,48	0,45	0,47	0,46	0,45	0,45	0,48	0,43	0,44	0,43	0,41
Er	1,39	1,27	1,35	1,28	1,28	1,27	1,38	1,29	1,28	1,26	1,27
Tm	0,20	0,19	0,20	0,20	0,19	0,20	0,21	0,19	0,19	0,19	0,18
Yb	1,40	1,26	1,28	1,31	1,26	1,34	1,39	1,30	1,32	1,31	1,30
Lu	0,23	0,21	0,21	0,22	0,20	0,21	0,22	0,21	0,22	0,21	0,20
(La/Lu) _n	7,83	9,34	9,31	9,33	11,34	10,58	9,64	10,01	10,04	11,14	11,77
(La/Sm) _n	3,92	4,05	4,12	3,97	4,44	4,46	4,46	4,74	4,53	4,76	4,52
(Gd/Lu) _n	1,44	1,64	1,61	1,54	1,65	1,49	1,51	1,45	1,40	1,50	1,58
(La/Yb) _n	8,30	9,96	9,76	10,02	11,98	10,80	10,04	10,55	10,90	11,65	11,81
(Tb/Yb) _n	14,43	18,27	28,22	24,09	16,26	28,06	23,73	24,99	31,81	31,79	36,06
(Th/Yb) _n	1,26	1,38	1,31	1,32	1,40	1,25	1,22	1,22	1,24	1,28	1,32
(Dy/Yb) _n	1,06	1,18	1,19	1,14	1,15	1,07	1,10	1,08	1,07	1,11	1,13
(Eu/Eu*) _n	0,98	0,95	0,95	0,92	0,94	0,98	0,97	0,97	0,92	0,92	0,91

Eu*=(Sm+Gd)_n/2

Jeokimyasal analizi yapılan kayaçların hangi bileşimde olduklarını saptamak amacıyla SiO₂'ye karşı toplam alkali (Na₂O + K₂O) parametresinin kullanıldığı TAS diyagramına (Middlemost, 1994) izdüşürülmüştür. Diyagramda altı örnek andezit, iki örnek traki andezit ve üç örnek de dasit alanında yer almıştır.

Winchester ve Floyd (1977) tarafından önerilen Nb/Y – Zr/(TiO₂×10000) diyagramı iz element oranlarına dayalı bir sınıflandırma yöntemi olup, özellikle alterasyondan etkilenmiş volkanik kayaçların sınıflandırılmasında güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu diyagramda incelenen örnekler ağırlıklı olarak andezit, bir örnek andezit/bazalt, üç örnek de ve dasit alanında konumlanmaktadır.

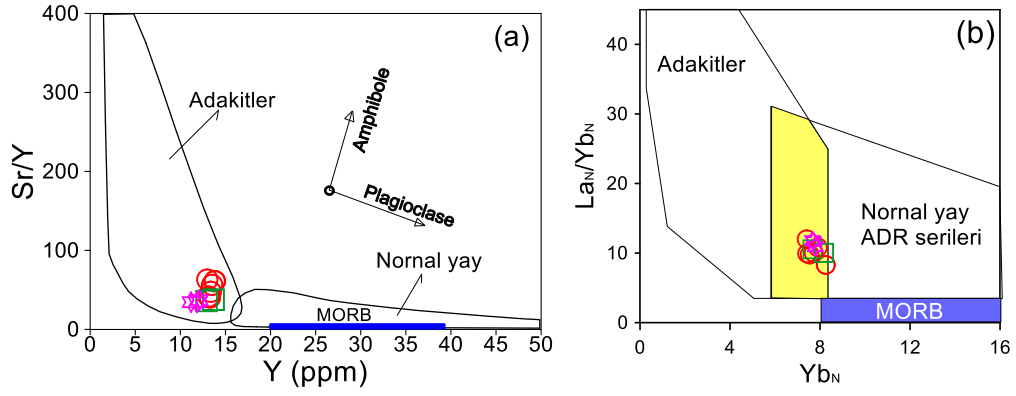
Volkanik kayaçların majör ve iz element oranlarına bağlı olarak litolojik sınıflandırmasını yapmak için yaygın olarak kullanılan bir diğer jeokimyasal diyagramlardan biri de Winchester ve Floyd (1977) tarafından önerilen SiO₂ – Zr/TiO₂ jeokimyasal sınıflandırma diyagramıdır. Bu diyagramda, incelenen kayaç örneklerinin büyük çoğunluğu andezit, üç örnek ise dasit alanında yer almıştır (Şekil 16).



Şekil 16. Kayaç sınıflandırma diyagramları, (a) TAS Diyagramı (Toplam Alkali–Silis Diyagramı, Le Maitre vd. 1989), (Alkali-Subalkali eğrisi Irvine ve Baragar 1971’den alınmıştır), (b) Nb/Y – Zr/(TiO₂×10000) Diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977 jeokimyasal sınıflandırma diyagramı), (c) Winchester ve Floyd (1977) SiO₂ – Zr/TiO₂ jeokimyasal sınıflandırma diyagramı

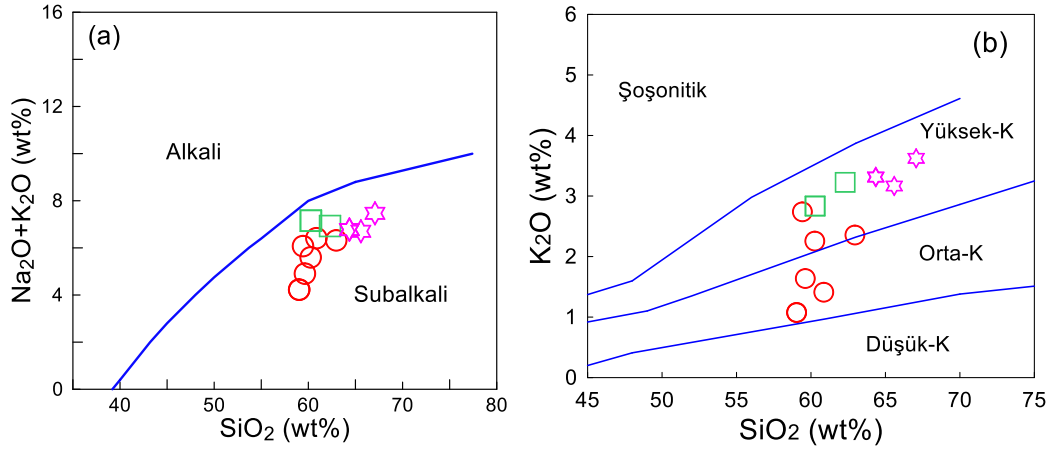
İncelenen örneklerin Al₂O₃ değerleri %15’den büyük (15.86-17.60) olup, yüksek Sr (386-846 ppm), düşük Y (11.2-13.8 ppm), Yb (1.26-1.40) ve (La/Yb)_n (8.30-11.98) içerikleri ile karakteristiktir (Tablo 1). Bu özellikleri ile Defant ve Drummond (1990) tarafından tanımlanan Adakitlerle benzerlik sunarlar.

Sr/Y’ye karşı Y ve (La/Yb)_n oranına karşı Yb değerlerinin kullanıldığı diyagramlarda (Şekil 17) kayaç örnekleri yüksek Sr/Y ve (La/Yb)_n değerleri ile normal yay magmatik serilerinden ayrılırlar ve “Adakit” alanında yoğunlaşırlar. Ayrıca örnekler Eu anomalileri göstermezler (Eu/Eu* = 0.91-0.98).



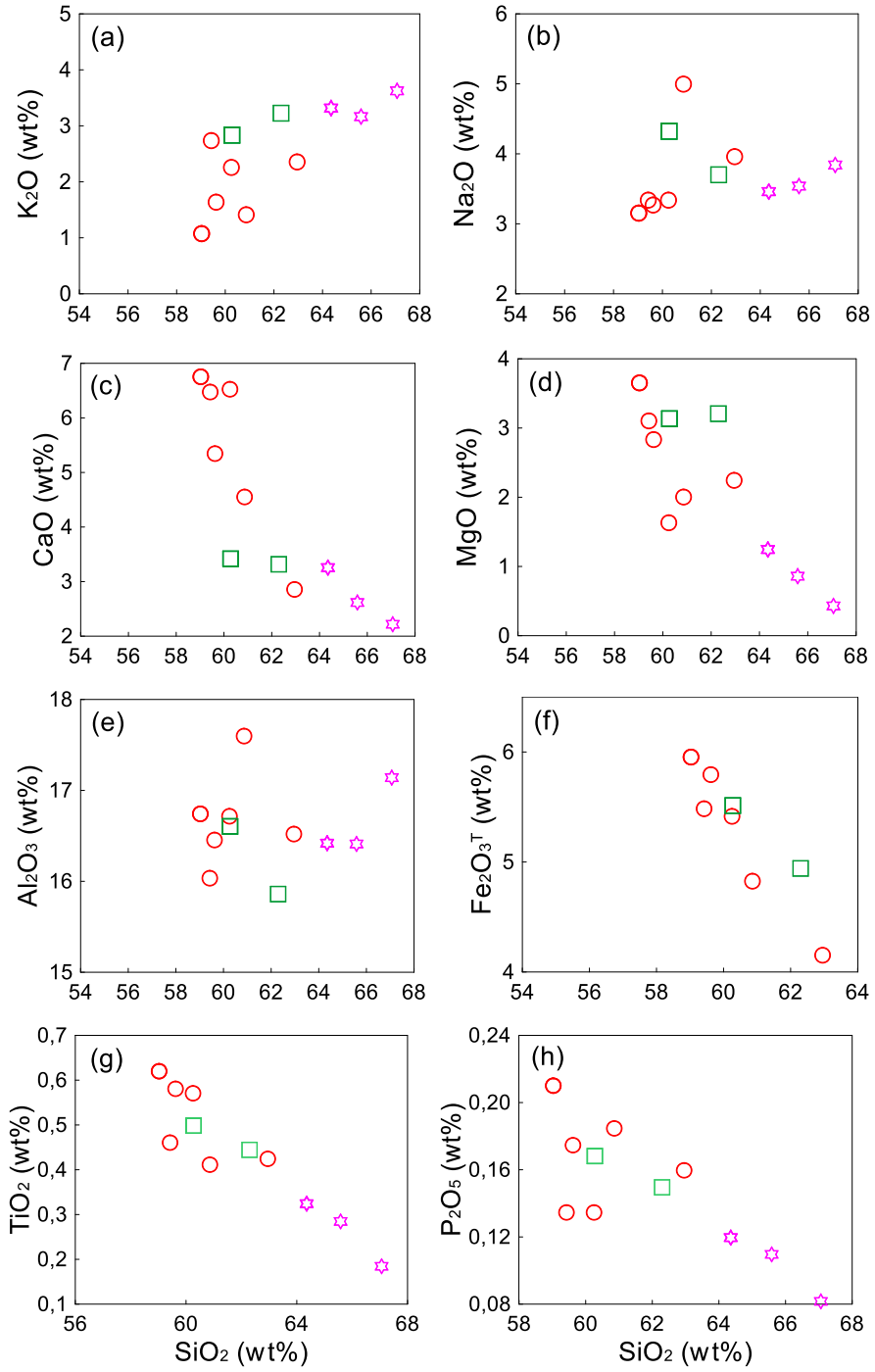
Şekil 17. İncelenen kayaların tektonik ayırtman diyagramları, (a) Sr/Y-Y diyagramı (Defant ve Drummond, 1990), (b) $(La/Yb)_N - Yb_N$ diyagramı (Defant ve Drummond, 1990).

Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen ve kayaların subalkali, alkali niteliklerini belirlemekte kullanılan diyagramda (Şekil 18), örneklerin tümü subalkalin seri içerisinde yer almakta olup, alkalin-subalkalin ayırım çizgisinin altında konumlanmaktadır (Şekil 19). K_2O 'ya karşı SiO_2 diyagramında (Peccerillo ve Taylor, 1976) örnekler orta ila yüksek-K alanlarında yer alırlar (Şekil 18).



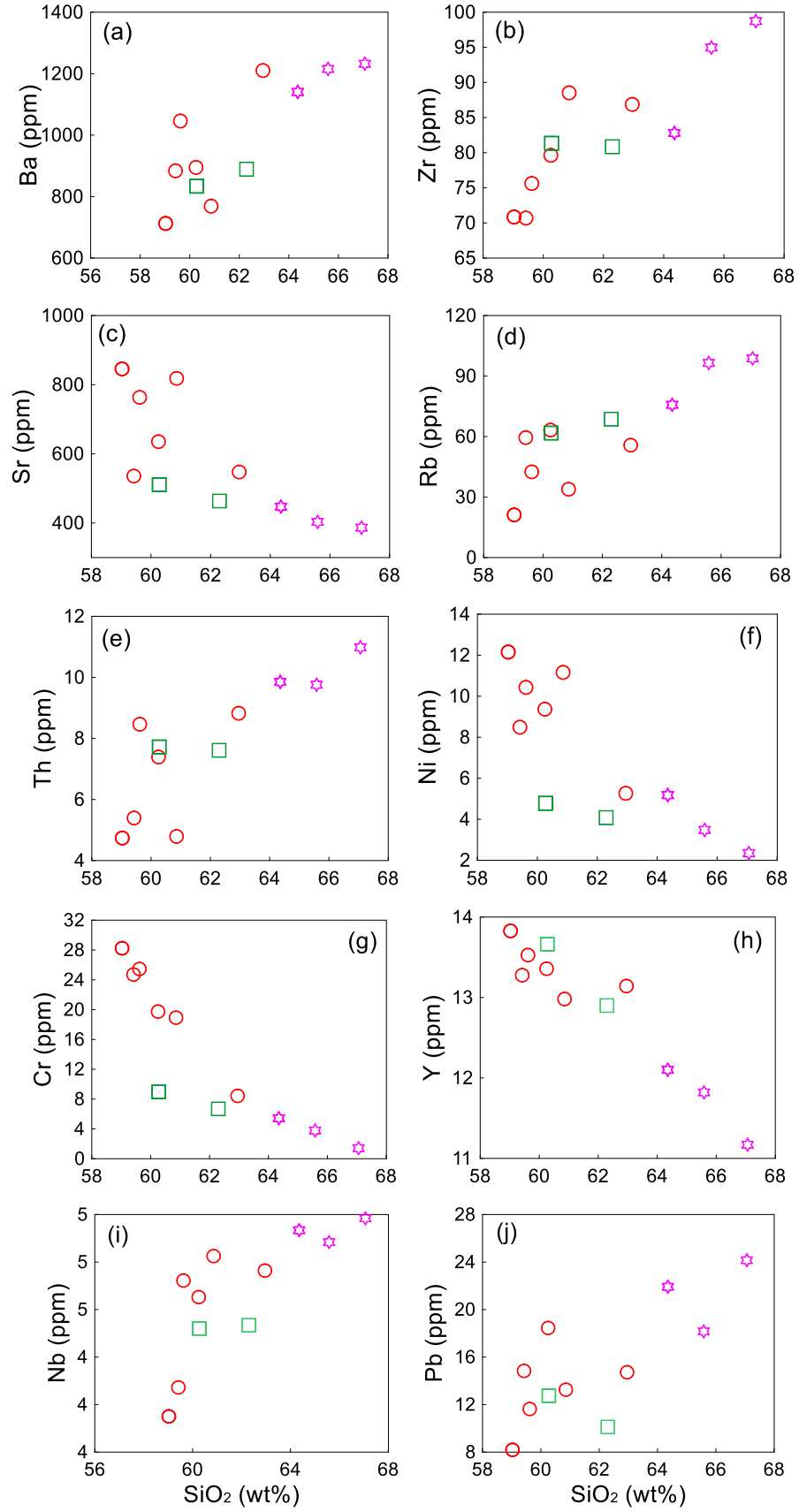
Şekil 18. İncelenen kayalara ait, (a) $(Na_2O+K_2O) - SiO_2$ diyagramı (Alkali-subalkali eğrisi Irvine ve Baragar 1971'den), (b) $SiO_2 - K_2O$ diyagramı (Le Maitre vd., 1989)

SiO_2 'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramları (Harker diyagramları) (Şekil 19)'de verilmiştir. SiO_2 'ye karşı ana element değişim diyagramlarında; SiO_2 değerleri arttıkça CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 ve P_2O_5 azalarak iyi derecede negatif bir ilişki gösterirler (Şekil 20). K_2O değerlerinde ise SiO_2 artışına paralel olarak pozitif bir korelasyon gözlenir. Na_2O ve Al_2O_3 değerlerinde ise herhangi bir korelasyon gözlenmez (Şekil 19).



Şekil 19. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı ana element değişim diyagramları

İz element değişim diyagramları birlikte değerlendirildiğinde SiO₂ artışı ile birlikte Cr, Ni, Sr ve Y elementlerin belirgin şekilde azaldığı, buna karşılık Rb, Ba, Th, Zr, Nb ve Pb gibi uyumsuz elementlerin arttığı görülmektedir. Bu eğilimler incelenen magmaların fraksiyonel kristallenme kontrolünde evrimleştiğini göstermektedir.



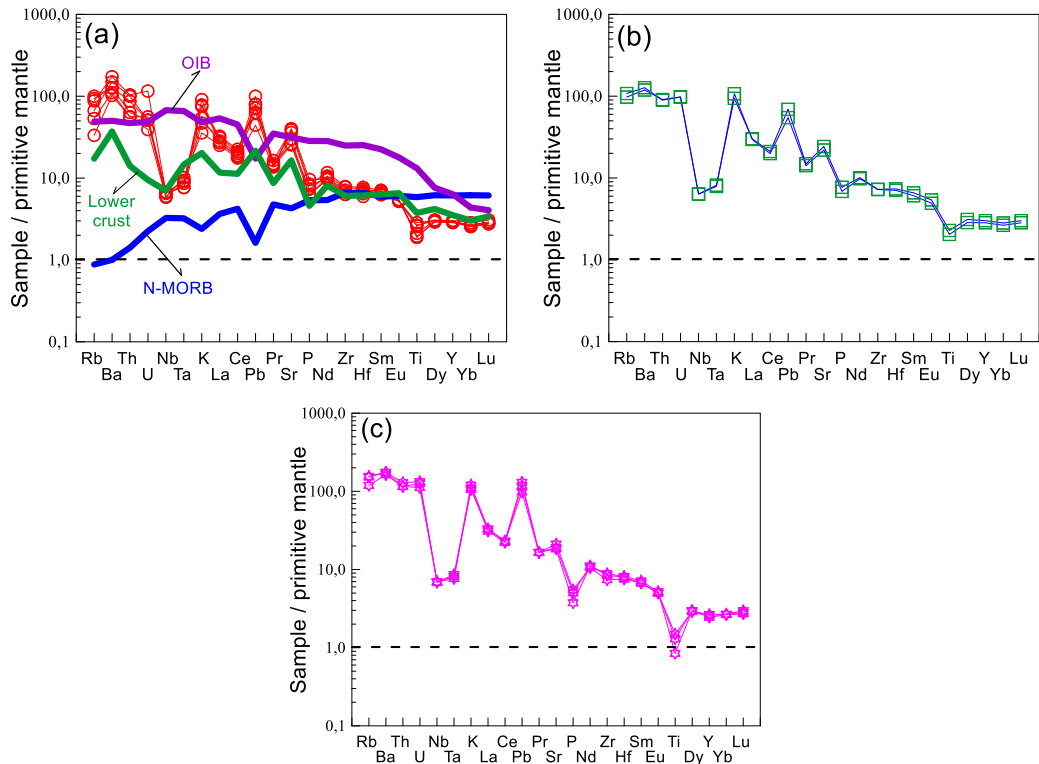
Şekil 20. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı iz element değişim diyagramları.

Araştırma sahasındaki kayaçların ana ve iz element kimyasındaki salınımlar, fenokristal fazlarının fraksiyonlaşmasından kaynaklanmaktadır. SiO₂ bazlı jeokimyasal değişim diyagramlarındaki lokal sapmalara rağmen, elementlerin sergilediği kararlı gidişatlar (iyi korelasyonlar), adakitik kayaçların evriminde fraksiyonel kristallenmenin (FC) birincil derecede etkili olduğunu göstermektedir.

3.3.3. Uyumsuz Elementler

İnceleme alanını temsil eden örneklerin ilksel manto değerleri (Sun ve McDonough, 1989) esas alınarak gerçekleştirilen iz element normalizasyon grafikleri ve çoklu element dağılım trendleri (Şekil 21)'de gösterilmiştir.

Primitif mantoya göre normalize iz element spektrumları; Rb, Ba, Th, K ve Pb gibi LILE bileşenlerinde kuvvetli zenginleşme, Nb, Ta ve Ti gibi HFSE gruplarında ise tipik bir fakirleşme (tüketilmişlik) ile karakterize olmaktadır. Özellikle Th, U ve Rb gibi elementlerde gözlenen bu zenginleşme trendi, adakitik magmatizmanın petrojenezinde kabuksal kontaminasyonun (kirlenmenin) majör rolüne işaret etmektedir.

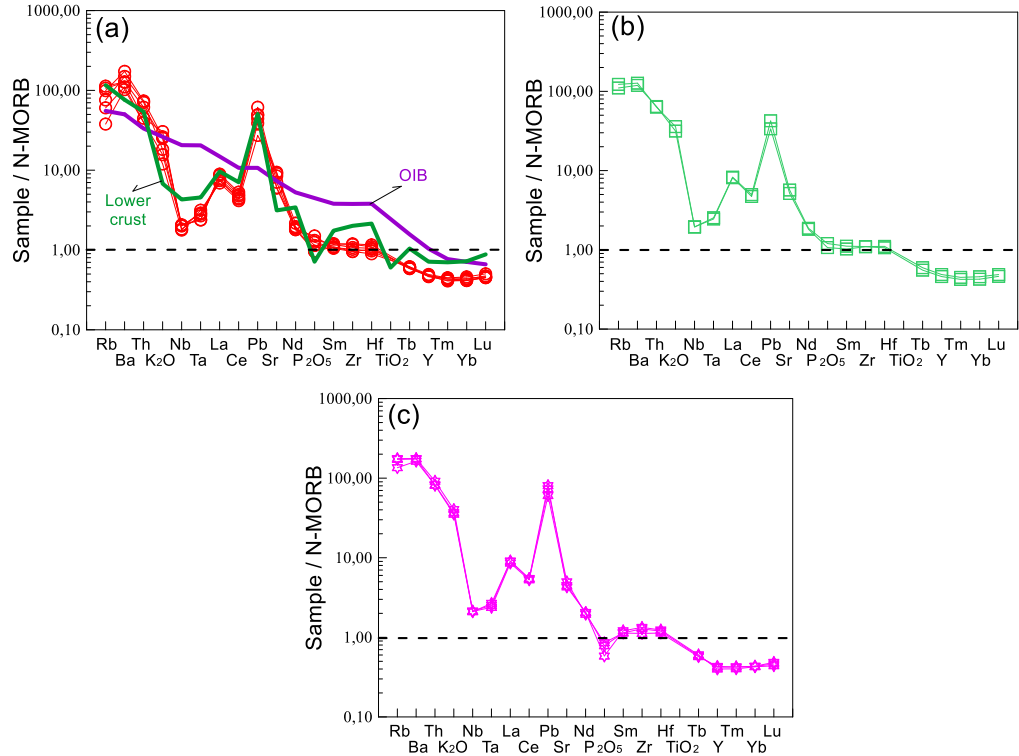


Şekil 21. Çalışma sahası kayaçlarının ilksel (primitif) mantoya göre normalize edilmiş (Sun ve McDonough, 1989) iz element değişim diyagramları.

Negatif Nb ve Ta anomalisi, kayaçların ana magmasının gelişiminde, yitim bileşeninin etken bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca N-MORB ile

karşılaştırıldığında LILE elementlerinin belirgin şekilde zenginleşmiş olması, magmanın oluşumunda yitim zonu sıvıları veya kabuksal katkının etkili olduğunu göstermektedir. OIB ve N-MORB'a nazaran alt kıtasal kabuğa benzer trendler gösterirler (Şekil 22).

Örneklerin N-MORB'a göre normalleştirilmiş olan iz element değişim diyagramında (Şekil 22), Rb, Ba, Th, K ve Pb gibi büyük iyon litofil elementlerde (LILE) belirgin zenginleşme, buna karşılık Zr, Hf, Y, Ti ve P elementlerde belirgin bir fakirleşme gözlenmektedir. OIB'ye nazaran alt kıtasal kabuğa benzer trendler gösterirler (Şekil 22).

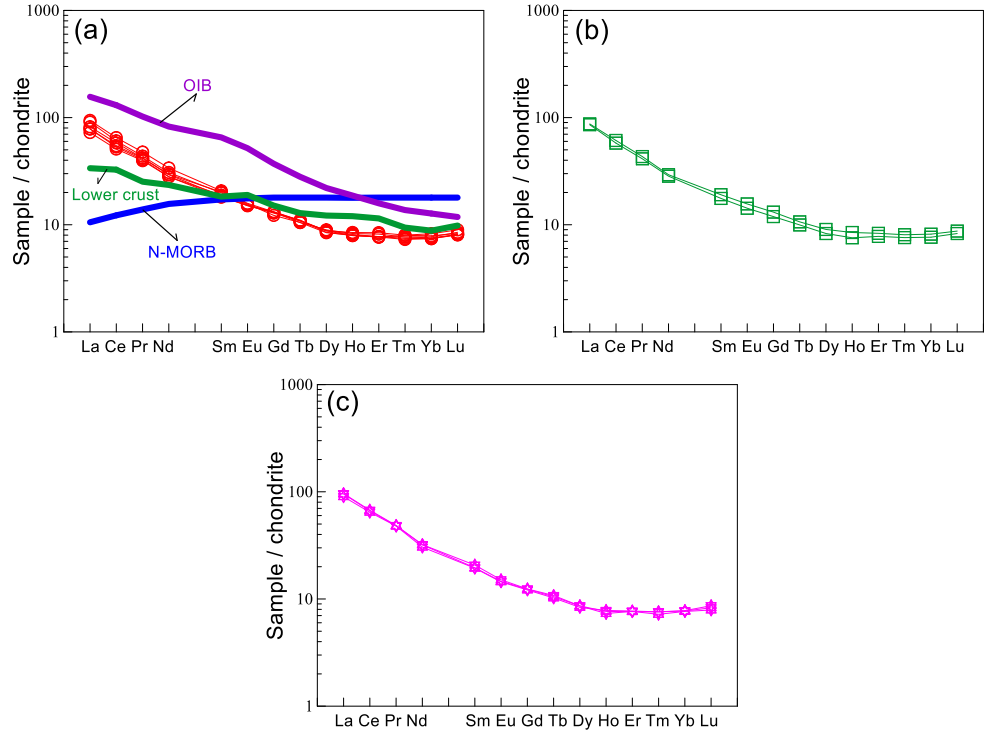


Şekil 22. İnceleme alanına ait kayaçların N-MORB'a göre (Rudnick and Gao, 2003), normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.

3.3.4. Nadir Toprak Elementler

Örneklerin kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize NTE spektrumları genel olarak birbirine koşut (paralel) gidişatlar sergilemektedir (Şekil 23). Bu durum, adakitik karakterli bu kayaçların gelişiminde rol oynayan ergiyiklerin, köken bakımından aynı kökenli olduklarını ve benzer bir kaynak bölgeden türediklerini desteklemektedir. Örneklerin $(La/Lu)_N$ oranları 7.83-11.77 arasında, $(La/Sm)_N$ oranları 3.92-4.76 arasında, $(Gd/Lu)_N$ oranları 1.40-1.65 arasında, $(La/Yb)_N$ oranları 8.30-11.98 arasında değişmektedir (Tablo 2). Kayaçların hafif nadir toprak elementlerinde (LREE; La, Ce, Pr, Nd) belirgin bir zenginleşme olduğu, buna karşılık ağır nadir toprak elementlerine (HREE; Dy, Er, Yb, Lu) doğru belirgin bir azalma eğilimi gözlenmektedir.

Bu durum LREE/HREE oranının yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca ağır nadir toprak elementlerindeki göreceli fakirleşme magma oluşumu sırasında garnet veya amfibol içeren bir kaynak bölgesinin etkili olabileceğini göstermektedir. Bu tür REE desenleri genellikle adakitik magmalar ve yitim zonu ile ilişkili kalk-alkalin magmatizma için karakteristiktir. Örneklerin $(Eu/Eu^*)_N$ oranları 0.91-0.98 arasında olup, belirgin negatif anomali göstermezler. Bu durum plajiyoklaslarda fraksiyonel kristallenme olmadığını gösterir.



Şekil 23. Çalışma sahası kayaçlarının kondrit değerlerine (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) değişim diyagramları.

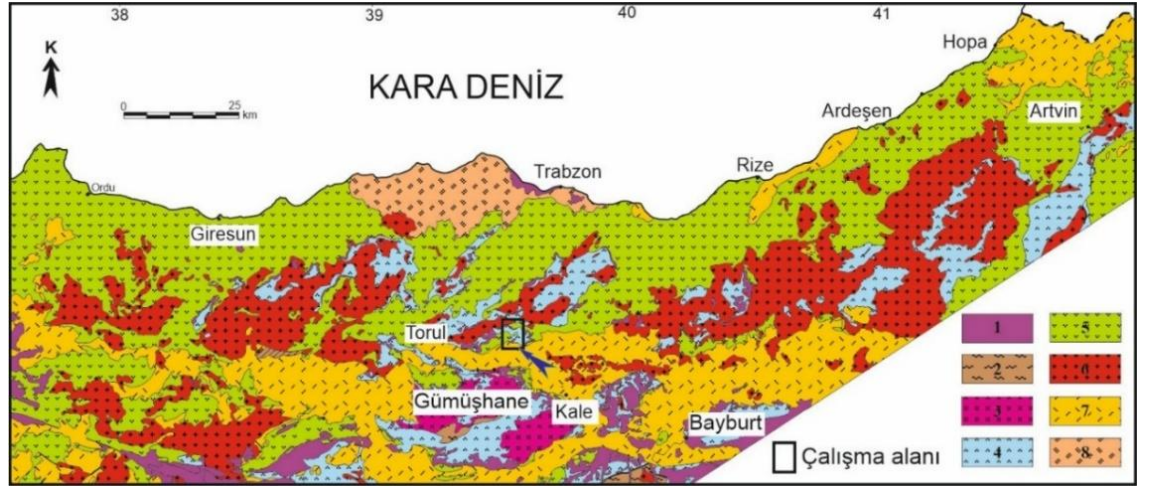
4. İRDELEME VE TARTIŞMA

İncelenen adakitik kayaçların ana ve iz element varyasyonları; fraksiyonel kristallenme (FC), kabuksal asimilasyon (AFC) ve kaynak bölgesi karakteristikleri gibi magmatik jenez süreçlerine ışık tutmaktadır. Bu petrojenetik prosesler, takip eden alt bölümlerde literatür verileri ışığında tartışmaya açılmıştır.

4.1. Adakitik Kayaçların Yaş İlişkileri

Eski bir ada yayı olan Doğu Pontidler’de Permo-Karbonifer döneminden Eosen sonrasına kadar geniş bir yaş spektrumunda oluşmuş magmatik kayaçlar bulunmaktadır (Şekil 24). Doğu Pontidler’de volkanik ve plütonik kayaçların yaşları ile ilgili pek çok çalışma yapılmasına rağmen, adakitik kayaçların yaşları ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlıdır.

Doğu Pontidlerde adakitik kayaçlar hem volkanik hem de plutonik kayaçların porfirlerinden oluşmaktadır. Bu kayaçlar başlıca Paleosen’den Kuvaterner’e kadar değişen zaman aralığında (1.9 ila 65.8 My) yerleşmişlerdir (Tablo 3, Şekil 24).



Şekil 24. Doğu Pontid kuşağındaki birimlerin litolojik yayılımını gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası (Güven 1993, Temizel vd. 2012, Arslan vd. 2013 ve Kaygusuz vd. 2022 verilerinden derlenmiştir).

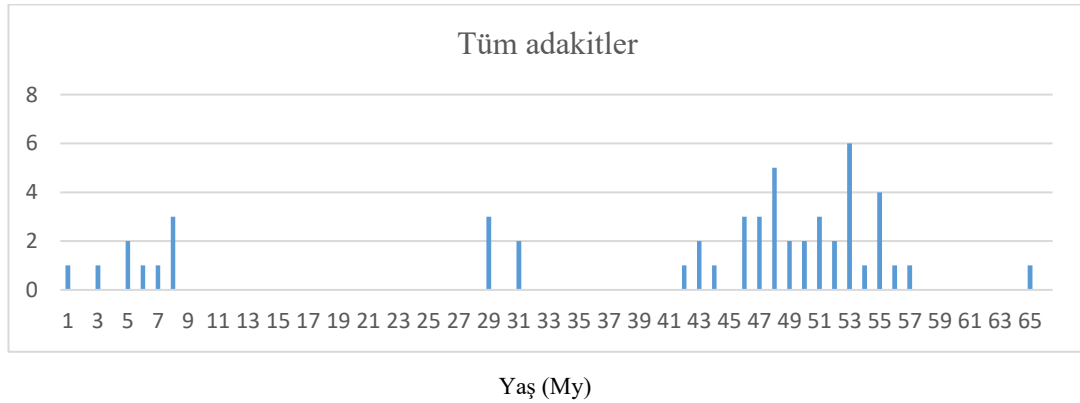
Tablo 3. Doğu Pontidler'deki adakitik kayalara ait jeokronolojik yaşlar

Zaman	Yer / Lokasyon	Kayaç ismi	Yaş	Hata	Yöntem	Referanslar
Kuvaterner	Dikmen Tepe (Şebinkarahisar)	Tr-andezit	1,9		U/Pb	Yücel vd., 2019
Pliyosen	Tutak Dağı (Şebinkarahisar)	Tr-andezit	3,4		U/Pb	Yücel vd., 2019
Pliyosen	Çağırankaya	Dasit	5,16	0,11	U/Pb	Karlı vd., 2019
Pliyosen	Çağırankaya	Dasit	5,25	0,12	U/Pb	Karlı vd., 2019
Miyosen	Yoncalık	Riyolit	6,94	0,05	Ar/Ar	Dokuz vd., 2013
Miyosen	Tavdağı	Dasit	7,86	0,15	U/Pb	Eyüboğlu vd., 2012
Miyosen	Uzundere (Tavdağı)	Riyolit	8,75	0,04	Ar/Ar	Dokuz vd., 2013
Miyosen	Uzundere (Tavdağı)	Riyolit	8,76	0,05		Dokuz vd., 2013
Miyosen	Tavdağı	Dasit	8,79	0,19	U/Pb	Eyüboğlu vd., 2012
Oligosen	Artvin	Tr-and/and (dayk)	29,2	0,3	U/Pb	Sönmez vd., 2024
Oligosen	Artvin	Tr-and/and (dayk)	29,7	0,3	U/Pb	Sönmez vd., 2024
Oligosen	Tepebaşı	Dasit	29,82	0,3	U/Pb	Karlı vd., 2020
Oligosen	Artvin	Tr-and/and (dayk)	31	0,2	U/Pb	Sönmez vd., 2024
Oligosen	Artvin	Tr-and/and (dayk)	31,1	0,2	U/Pb	Sönmez vd., 2024
Orta Eosen	Havza	Gd	42,9	1,4	U/Pb	Temizel vd., 2020
Orta Eosen	Hamsiköy	Gd porfir	43,76	0,36	Ar/Ar	Ketenci 2009
Orta Eosen	Hamsiköy	Gd porfir	43,81	0,45	Ar/Ar	Ketenci 2009
Orta Eosen	Mescitli	And, tr-and, das	44,33	0,29	U/Pb	Kaygusuz vd., 2026
Orta Eosen	Ulubey	Traki-and	46,3	0,1	Ar/Ar	Temizel vd., 2025
Orta Eosen	Kale-Tekke	And aglom	46,68	0,84	Ar/Ar	Eyüboğlu vd., 2013
Orta Eosen	Bayburt	Felsik tüf	46,98	0,45	U/Pb	Eyüboğlu vd., 2018
Orta Eosen	Ulubey	Traki-and	47,2	0,1	Ar/Ar	Temizel vd., 2025
Orta Eosen	Kale (Harmancık)	Andezit	47,4	1,89	Ar/Ar	Karlı vd., 2010
Orta Eosen	Bayburt	Andezit	47,9	0,7	U/Pb	Eyüboğlu vd., 2018
Erken Eosen	İkizce	Andezit	48,65	0,32	Ar/Ar	Temizel vd., 2025
Erken Eosen	Kale-Tekke	Andezit	48,71	0,74		Eyüboğlu vd., 2013
Erken Eosen	Kale	Andezit	48,71	0,74		Eyüboğlu vd., 2011a
Erken Eosen	Altınpınar		48,8	1,9	Ar/Ar	Gücer vd., 2021
Erken Eosen	İkizce	Andezit	48,82	0,28	Ar/Ar	Temizel vd., 2025
Erken Eosen	Ulubey	Traki-and	49,1	0,1	Ar/Ar	Temizel vd., 2025
Erken Eosen	Ulubey	Traki-and	49,4	0,1	Ar/Ar	Temizel vd., 2025
Erken Eosen	Kale (Harmancık)	Andezit	50,27	1,4	Ar/Ar	Karlı vd., 2010
Erken Eosen	İkizce	Andezit	50,57	0,49	Ar/Ar	Temizel vd., 2025
Erken Eosen	Gökseki	Kd	51,1	1	U/Pb	Topuz vd., 2011
Erken Eosen	Maçka	To porf-qmz	51,34	0,27	Ar/Ar	Karlı vd., 2011
Erken Eosen	Saraycık	Gd	51,8	0,4	Ar/Ar	Topuz vd., 2005
Erken Eosen	Saraycık	Gd	52,1	0,7	Ar/Ar	Topuz vd., 2005
Erken Eosen	Altınpınar		52,8	1,3	Ar/Ar	Gücer vd., 2021
Erken Eosen	Eymer	Porphy	53	0,74		Eyüboğlu vd., 2011c
Erken Eosen	Saruhan	Gd	53,03	0,59		Eyüboğlu vd., 2011c
Erken Eosen	Aslanca	Qd porp	53,16	0,45		Eyüboğlu vd., 2011b
Erken Eosen	Maçka	Gd porf-gr	53,55	0,34		Karlı vd., 2011
Erken Eosen	Kop		53,6	1,1		Eyüboğlu vd., 2013
Erken Eosen	Saraycık	Porphy	53,98	0,53		Eyüboğlu vd., 2011c
Erken Eosen	Yoncalık	Dasit porf	54,4	0,33	Ar/Ar	Dokuz vd., 2013
Erken Eosen	Kop	Qd	55,03	0,04		Eyüboğlu vd., 2011a
Erken Eosen	Saraycık	Gd	55,21	0,45		Eyüboğlu vd., 2011a
Erken Eosen	Saraycık	Gd	55,21	0,45		Eyüboğlu vd., 2011c

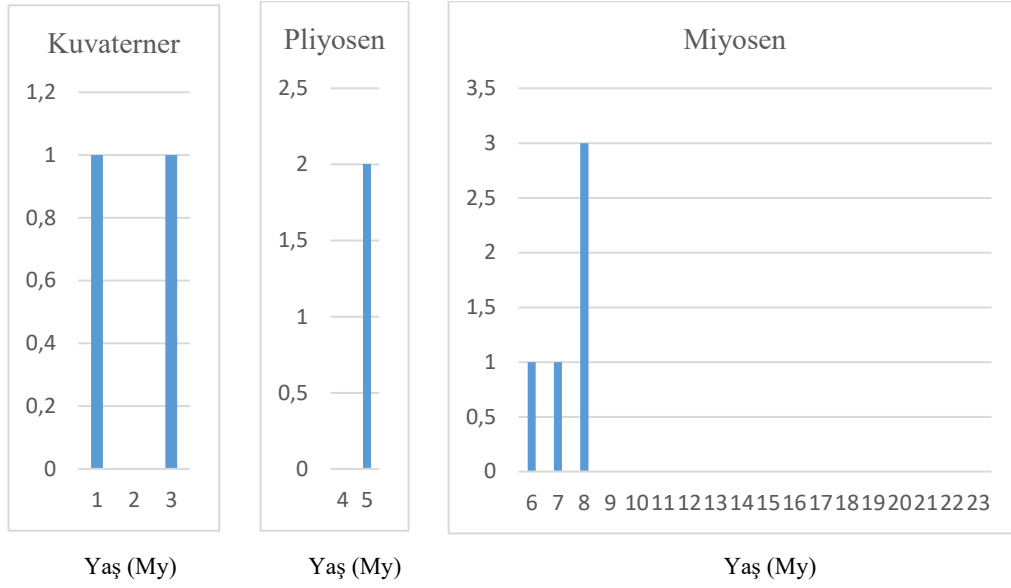
Tablo 3. Devamı

Zaman	Yer / Lokasyon	Kayaç ismi	Yaş	Hata	Yöntem	Referanslar
Erken Eosen	Kop		55,83	0,04		Eyüboğlu vd., 2013
Paleosen	Kop		56,6	1,3		Eyüboğlu vd., 2013
Paleosen	Kop		57,6	0,63		Eyüboğlu vd., 2013
Paleosen	Maçka	To porphy	65,8	5,35		Karşlı vd., 2011

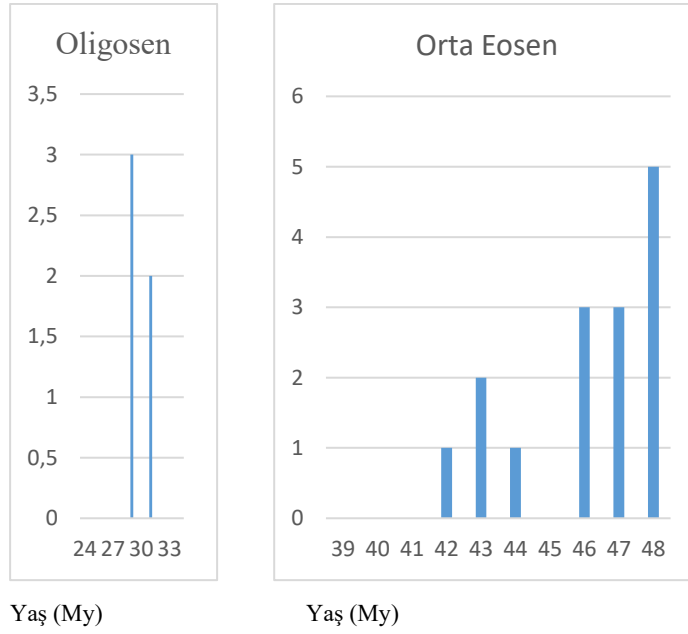
Paleosen yaşlı adakitik kayaçlar az sayıda olup (Kop dağları ve Maçka), yaşları 56.6-65.8 My arasında değişmektedir (Tablo 3, Şekil 25). Erken Eosen yaşlı adakitik kayaçlar en fazla yayılıma sahip olup, yaşları 45.85-55.83 My arasında değişmektedir. Başlıca andezit, traki-andezit, dasit, granodiyorit porfir ve granit porfir kayaçlarından oluşur. Orta Eosen yaşlı adakitik kayaçlar (42.9-47.9 My) granodiyorit porfir, traki-andezit, andezit ve dasitlerden oluşmaktadır. Geç Eosen yaşlı adakitik kayaçlara rastlanılmamıştır. Oligosen yaşlı adakitik kayaçlar traki-andezit/andezit dayklarından ve dasitlerden oluşmakta olup, yaşları 29.2-31.1 My arasındadır. Miyosen adakitlerin yaşları 6.94-8.79 My olup, dasit ve riolitlerden oluşmaktadır. Pliyosen yaşlı adakitik kayaçlar traki-andezit ve dasitlerden oluşmakta olup, yaşları 3.4-5.25 My arasındadır. Kuvaterner yaşlı adakitler (1.9 My) az sayıda olup, Dikmen Tepe (Şebinkarahisar) civarında küçük bir yüzeyleme halinde gözlenir.



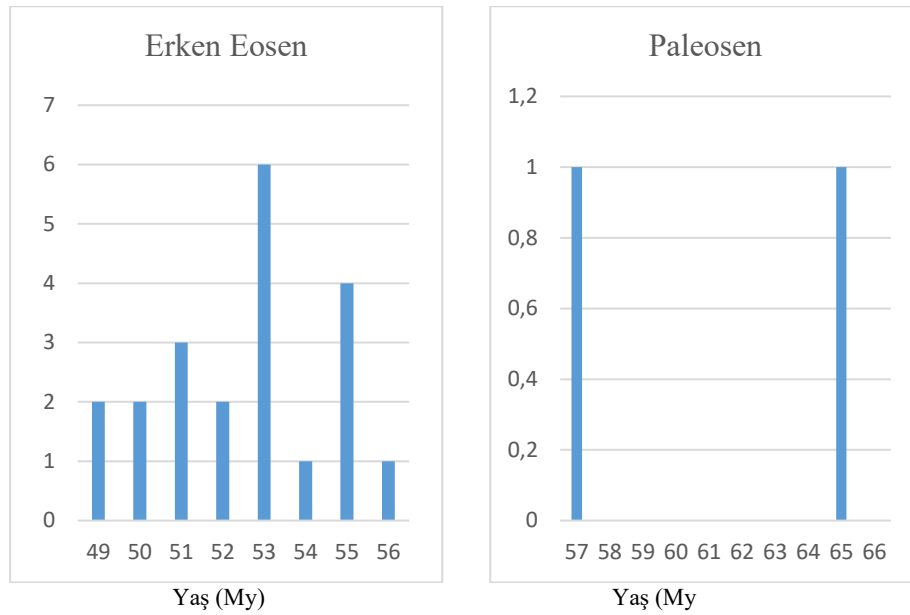
Şekil 25. Doğu Pontidler'deki tüm adakitik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram



Şekil 26. Doğu Pontidler'deki Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı adakitik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram



Şekil 27. Doğu Pontidler'deki Orta Eosen ve Oligosen yaşlı adakitik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram



Şekil 28. Doğu Pontidler’deki Erken Eosen ve Paleosen yaşlı adakitik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram

4.2. Adakitik Kayaçların Petrolojisi

4.2.1. Tanımlama

“Adakit” terimi, Defant ve Drummond, (1990) tarafından, yitim zonlarında dalan genç (<25 My) ve sıcak okyanus kabuğunun bazaltik kesimlerinin kısmi ergimesi ile oluşan, ayırtman jeokimyasal özelliklere sahip olan nötr-asidik bileşimli magmatik kayaçları tanımlamak için önerilen petrolojik bir terimdir. Genellikle yüksek SiO₂ (>% 56), Al₂O₃ (> % 15), Na₂O (> % 3.5), Sr/Y (> 40) ve La/Yb (> 20) ve düşük HFSE içerikleri ile karakterize edilirler. “Adakit” terimi ilk olarak Kay (1978) tarafından Aleutian volkanik yay sistemine ait Adak Adası’nda gerçekleştirilen çalışmalara dayandırılarak kullanılmıştır. Kay (1978), Adak Adası’nda yay volkanitlerinden farklılık gösteren olağandışı jeokimyasal özelliklere sahip andezitlerin varlığını tanımlamıştır. Yazar, bu kayaçların yüksek La/Yb ve Sr içerikleri ile düşük Sr–Pb izotop oranlarına sahip olduğunu belirlemiş ve bunların yiten Pasifik okyanusal kabuğunun kısmi ergimesi sonucu oluştuğunu ileri sürmüştür.

Bununla birlikte, güncel çalışmalar slab ergimesi veya yitim zonlarıyla ilişkili olmayan, ancak adakitlere benzer jeokimyasal özellikler gösteren “adakitik (adakit benzeri)” kayaçların da varlığını ortaya koymuştur (Yumul vd., 1998; Wang vd., 2006; Macpherson vd., 2006 vb.). Bu araştırmalara göre adakit benzeri kayaçlar ile bazı adakitler, mafik alt kıta kabuğunun kısmi ergimesi ya da bazaltik magmaların fraksiyonel kristallenme ve magma karışımı süreçlerinin birleşimi sonucunda farklı tektonik

ortamlarda gelişebilmektedir (Atherton ve Petford, 1993; Castillo, 2006, 2008 ve ilgili referanslar; Xu vd., 2008).

Bazı araştırmacılar, bu kayaçların kıta kabuğunun kalınlaşmasına bağlı olarak alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesi ile oluşabileceğini öne sürmektedir (Zhang vd., 2001; Chung vd., 2003; Hou vd., 2004; Wang vd., 2005). Diğer bir görüşe göre ise adakitik kayaçlar, dilim kopması (slab break-off) veya kıtasal litosferin delaminasyonu gibi süreçler sonucunda manto ile alt kabuk ergiyiklerinin etkileşimiyle meydana gelebilmektedir (Atherton ve Petford, 1993; Barnes vd., 1996; Defant vd., 2002; Gao vd., 2004; Kay ve Kay, 2002; Wang vd., 2006; Hou vd., 2007; Xu vd., 2008).

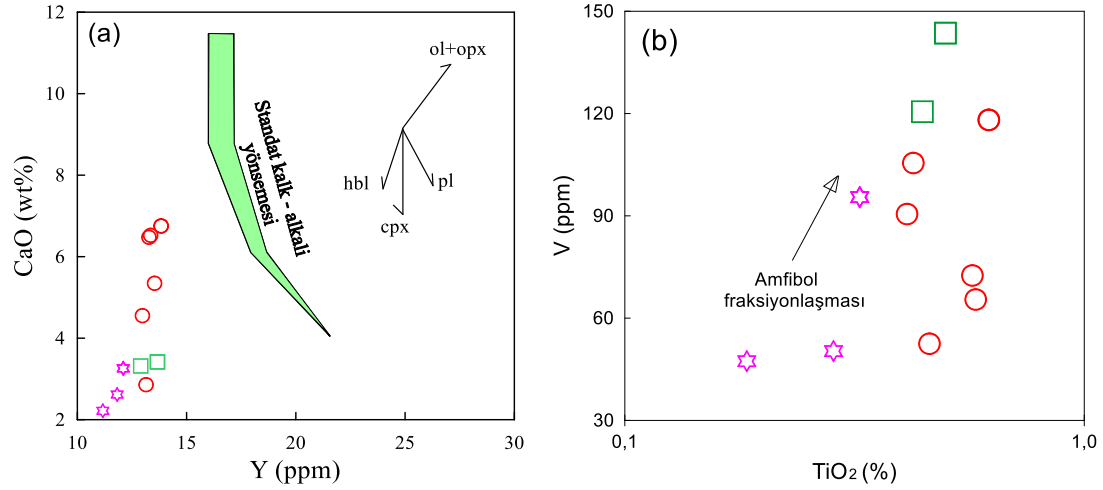
Bu çalışmanın konusunu oluşturan Mescitli yöresindeki andezit, traki-andezit ve dasit porfirilerin özellikleri jeokimyasal olarak incelendiğinde, SiO_2 değerleri > 56 (%59-67), Al_2O_3 değerleri > 15 (%16-18), yüksek Sr (386-846 ppm), düşük Y (11-14 ppm) ve Yb değerleri (1.3-1.4), düşük HFSE içerikleri ve Eu anomalisi göstermemeleri ($\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.91-0.98$) ile Adakitlere benzer kimyasal özellikler sunarlar. Ancak, bir kısım örneklerin K_2O içerikleri ve Mg-numaraları normal adakitlere göre yüksek, Na_2O ve $(\text{La}/\text{Yb})_N$ içerikleri ise düşüktür. Bu nedenle bu kayaçlar slab ergimesine bağlı olarak gelişen gerçek adakitler olmayıp, “adakit benzeri” ya da “adakitik” olarak tanımlanabilecek oluşumlar olarak değerlendirilmişlerdir.

4.2.2. Fraksiyonel Kristallenme (FC) - Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme (AFC)

İncelenen kayaçların ana ve iz elementlerinde gözlenen değişimler, petrografik olarak da bu kayaçlar içerisinde amfibol, $\pm$ biyotit, K-feldispat, Fe-Ti oksitler ve apatit gibi mineral fazlarının ayrımlaşmasına işaret eder. Daha önceki bölümlerde Harker diyagramlarında vurgulandığı üzere, ana kayaçlara ait örneklerde SiO_2 artarken K_2O ve Rb'un artması, TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO ve P_2O_5 içeriklerinin azalması fraksiyonel kristalleşmeye işaret eder. Kondirite göre normalleştirilmiş örümcek diyagramlarında, incelenen adakitik kayaçlarda Eu anomalisi gözlenmez. Bu veri inceleme alanındaki adakitik kayalar oluşturan magmanın evriminde plajioklas fraksiyonlaşmasının rol oynamadığını ve/veya kaynak alanının plajioklas içermediğine işaret eder.

Lambert ve Holland (1974) tarafından önerilen CaO -Y diyagramında, örneklerin büyük bir kısmının standart kalk-alkalin hattına oranla yitrium bakımından fakirleşme bölgesinde konumlandığı görülmektedir. Bu dağılım, söz konusu kayaçların evrimsel süreçlerinde hornblend minerallerinin kristal ayrımlaşmasının belirleyici bir rol oynadığını kanıtlayan "J tipi eğilim" ile uyumluluk göstermektedir (Şekil 29).

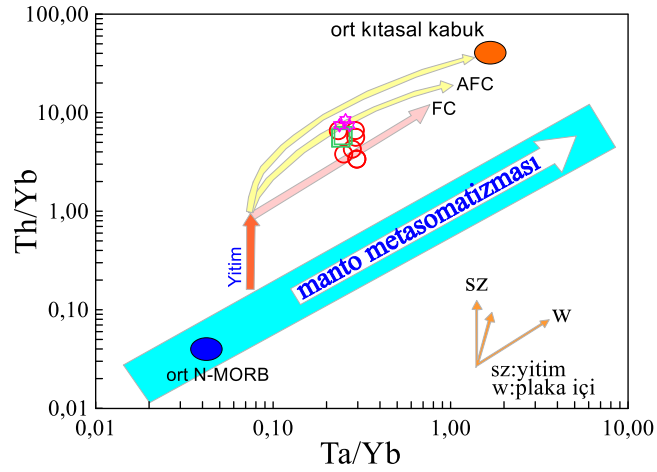
V – TiO₂ diyagramı (Şekil 29) magmatik farklılaşma süreçlerini ve özellikle amfibol fraksiyonlaşmasını belirlemek amacıyla kullanılan diyagramlardan biridir. Diyagramda incelenen örneklerin TiO₂ değerlerinin düşük, V içeriklerinin ise orta seviyelerde olduğu görülmektedir. Örneklerin dağılımı amfibol fraksiyonlaşması eğilimini göstermektedir.



Şekil 29. İnceleme alanındaki kayaçların, (a) Y (ppm)’a karşı CaO (%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974), (b) V (ppm)’a karşı TiO₂ (%) diyagramı. (a) Grafikteki oklar, bazaltik magmatik sistemlerdeki mineral fraksiyonlaşma (katılaşma ayrışımı) trendlerini ifade etmektedir.

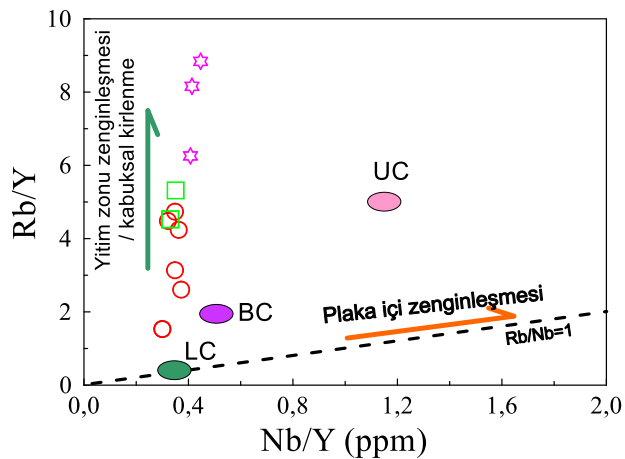
İnceleme alanında yer alan adakitik kayaçları oluşturan magmanın evriminde, fraksiyonel kristallenmenin (FC) yanı sıra asimilasyon eşliğinde fraksiyonel kristallenme (AFC) süreçlerinin de önemli bir rol oynadığı, Th/Yb ve Ta/Yb ilişkileriyle ortaya konulmuştur (Şekil 30). İncelenen örneklerin Th/Yb–Ta/Yb diyagramındaki dağılımları değerlendirildiğinde, tüm numunelerin manto trendinden sapma gösterdiği görülmektedir (Şekil 30). Pearce (1983) tarafından önerilen bu diyagram, okyanus ortası sırtı bazaltları (MORB) ve okyanus adası bazaltları (OIB) gibi tipik manto kökenli ve diyagramda “manto eğilimi” olarak tanımlanan diyagonal hat üzerinde yer alan kayaçları, yitimle zenginleşmiş manto kaynaklı veya yükselimi sırasında kabuksal kirlenmeye uğramış magmalardan türeyen kayaçlardan ayırt etmektedir.

Bu ayırım, yitim kaynaklı metasomatizmanın veya kabuksal asimilasyonun Th derişimini ve dolayısıyla Th/Yb oranını Ta/Yb oranına kıyasla artırması ilkesine dayanmaktadır. İncelenen örneklerde gözlenen bu sapma, kaynak bölgede yitimle ilişkili metasomatik süreçlerin etkisini işaret edebileceği gibi, manto türevli ergiyiklere önemli düzeyde kabuksal materyal katkısının da varlığına işaret etmektedir.



Şekil 30. İncelenen kayalara ait örneklerin Ta/Yb karşı Th/Yb ayırtman diyagramı (Pearce, 1983). Grafik üzerindeki fraksiyonel kristalleşme (FC), asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme (AFC), subdüksiyon zenginleşmesi ve manto metasomatizması trendlerini yansıtan vektörel oklar Pearce vd. (1990) çalışmasından uyarlanmıştır. N-MORB ve ortalama üst kabuk referans değerleri sırasıyla Sun ve McDonough (1989) ile Taylor ve McLennan (1985) kaynaklarından entegre edilmiştir.

Rb/Y – Nb/Y diyagramı (Şekil 31), magmaların tektonik ortamını ve kabuksal katkı derecesini değerlendirmek amacıyla kullanılan önemli jeokimyasal diyagramlardan biridir. Diyagramda incelenen örneklerin Nb/Y değerlerinin düşük olduğu ve Rb/Y oranlarının görece yüksek olduğu görülmektedir. Bu dağılım örneklerin yitim zonu magmatizması ve kabuksal kirlenme (crustal contamination) etkisi altında gelişmiş olabileceğini göstermektedir.



Şekil 31. İncelenen kayaların Rb/Y'a karşı Nb/Y diyagramı

4.2.3. Kaynak karakteristiği (Köken)

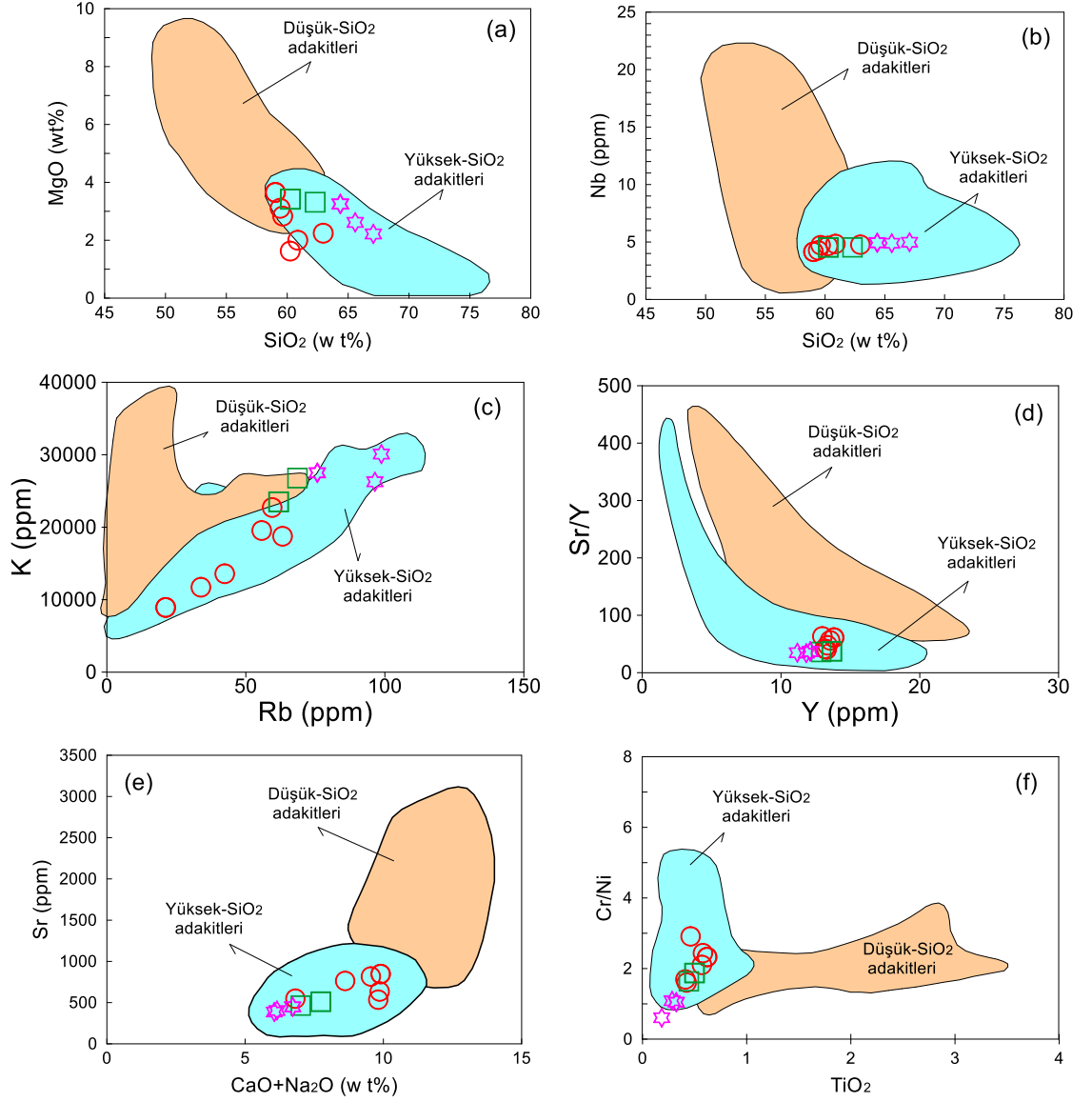
İncelenen adakitik kayaçlar, yüksek SiO₂ konsantrasyonları ve karakteristik jeokimyasal izleri (belirgin Sr/Y ve La/Yb oranları; düşük Y ve Yb değerleri) bakımından, yiten levha ergimesi sonucu gelişen adakitlerle benzerlik gösterirler (Tablo 2). Bununla birlikte, söz konusu kayaçlar önemli ölçüde yüksek K₂O içeriklerine ve Mg# (magnezyum numarası) değerlerine sahiptir (Tablo 2).

Martin ve Moyen (2003) tarafından önerilen sınıflamaya göre adakitik kayaçlar, içerdikleri SiO₂ miktarı temel alınarak düşük silisyumlu (SiO₂ <%60) ve yüksek silisyumlu (SiO₂ > %60) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Piroksen fenokristalleri içeren mineralojik bileşime sahip olan düşük silisyumlu adakitler (LSA), yüksek MgO (%4-9), CaO+Na₂O (>10) ve Sr içeriklerine (>1000 ppm) sahipken, yüksek silisyumlu adakitler (HSA)'in CaO + Na₂O içerikleri <11, MgO içerikleri %0,5 – 4 aralığındadır. Sr içerikleri ise 1100 ppm'in altındadır.

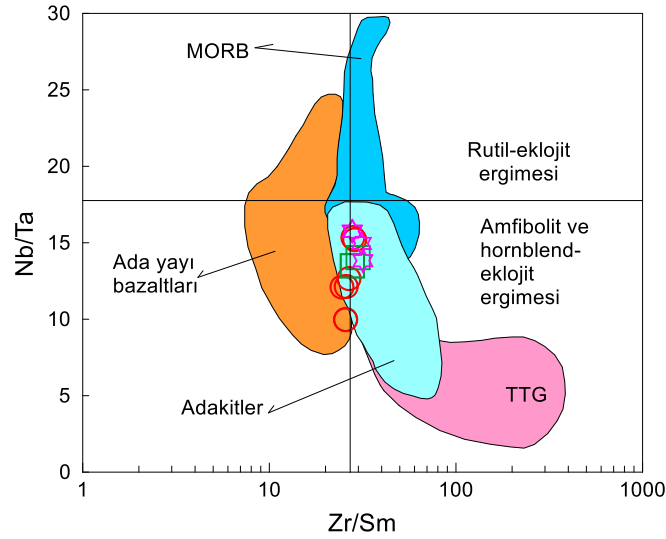
İncelenen adakitik kayaçlar orta-yüksek SiO₂ içerikleri (%59-67), düşük MgO (%0,4-3.7) ve (CaO + Na₂O) içerikleri <11 (6.1-9.9), Yüksek TiO₂ (%0,2-0.6) ve Rb (21.1-98.8 ppm), düşük Y (11.2-13.8 ppm) ve Nb (4.2-4.9 ppm) bakımından yüksek silisyumlu adakitlere benzerlik gösterirler (Tablo 2). MgO-SiO₂, Nb-SiO₂, K-Rb, Sr/Y-Y, Sr-(CaO+Na₂O) ve Cr/Ni-TiO₂ diyagramlarında (Şekil 32) yüksek silisyumlu adakit alanında yer alırlar.

Adakitik ergiyiklerin tanımlanmasında ve petrogenetik süreçlerin izlenmesinde Nb/Ta oranı kritik bir jeokimyasal gösterge olarak kabul edilmektedir (Condie, 2005). Niyobyum (Nb) ve tantal (Ta) elementlerinin fraksiyonel kristallenme ile hidrotermal alterasyon süreçlerine karşı gösterdiği hareketsiz (immobile) davranış, bu oranının köken araştırmalarında güvenilir bir veri seti sunmasını sağlar (Hawkesworth vd., 1993). Yüksek silisyumlu adakitler (YSA) ve TTG (Tonalit-Tronjemit-Granodiyorit) serisi kayaçların oluşum mekanizmaları incelendiğinde, yüksek basınçlı ergime koşullarında eklojitik (granat + klinopiroksen + rutil), daha sık derinliklerdeki düşük basınçlı ergimelerde ise granat-amfibolit kalıntı (restit) fazlarının geliştiği saptanmıştır. Bu iki kalıntı fazın ayırt edilmesi güç olsa da, rutil mineralinin varlığı nedeniyle eklojitik fazın, amfibolitik faza oranla daha yüksek Nb/Ta değerlerine sahip ergiyikler türettiği vurgulanmaktadır (Foley vd., 2002; Schmidt vd., 2004; Moyen, 2009). Ortalama Nb/Ta oranı mafik alt kabuk için 8.3 (Rudnick ve Gao, 2003), manto için 17.7 (McDonough ve Sun, 1995) olduğu bilindiğinden, incelenen yüksek silisyumlu adakitik kayaçlar 9.97-17.1 arasında değişen Nb/Ta oranları (Tablo 2), hem kabuk hem de manto etkisinde kalmış olabileceklerine işaret eder. İncelenen adakitik kayaç örneklerinin tamamına

yakını düşük Nb/Ta içeriği ile amfibolit ve hornblend-eklojit ergimesi alanında bulunur (Şekil 33).

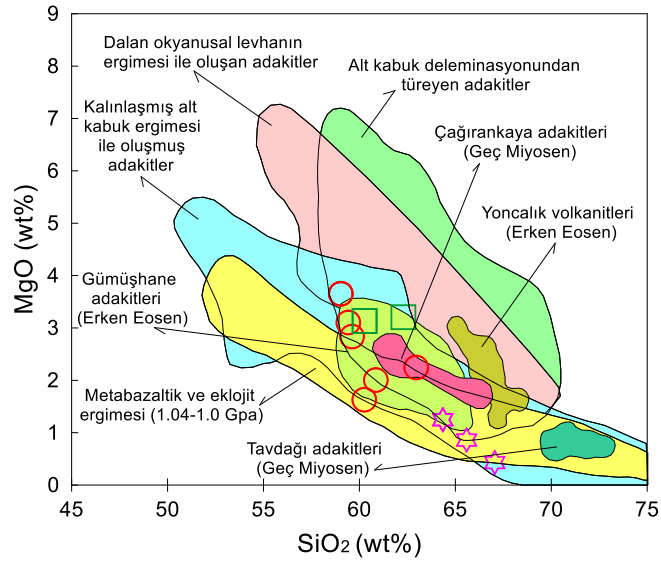


Şekil 32. İncelenen örneklere ait, (a) MgO-SiO₂, (b) Nb-SiO₂, (c) K-Rb, (d) Sr/Y-Y, (e) Sr-(CaO+Na₂O) ve (f) Cr/Ni-TiO₂ diyagramları (Yüksek-SiO₂ ve düşük-SiO₂ adakit ayırım alanları Martin vd., (2005)'den alınmıştır)



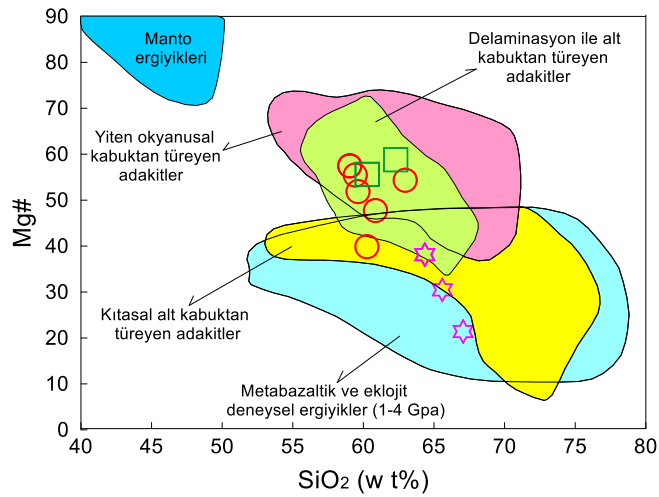
Şekil 33. İncelenen adakitik kayaçların Zr/Sm'ye karşı Nb/Ta diyagramı (Foley vd., 2002). Levha kökenli adakitler; Kay vd., (1993), Yogodzinski vd., (1995), Stern ve Kilian (1996), Kamei vd., (2009); alt kabuk kökenli adakitler; Guan vd., (2012); TTG: Tonalit-tronjemit-granodiyorit, Drummond vd., (1996); Dikey çizgi, ilksel mantonun ortalama Zr/Sm oranı (25.2; Sun ve McDonough, 1989), ergime alanları Foley vd., (2002).

Adakitik magmaların jenetik süreçlerini tanımlamada jeokimyasal diskriminasyon diyagramları anahtar bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda, Wang vd. (2004) tarafından önerilen SiO_2 - MgO değişim diyagramı, farklı tektonik ortamlardan türeyen adakitik serilerin ayırt edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Söz konusu diyagram; yiten okyanusal kabuk ergimesi, kalınlaşmış alt kabuğun anateksisi ve alt kabuk delaminasyonu gibi farklı petrogenetik modelleri, deneysel metabazaltik ve eklojitik verilerle karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. İncelenen kayaçların SiO_2 içerikleri %59-67, MgO içeriği %0,4-3.7 olup, kayaçların bir kısmı kalınlaşmış alt kabuk ergimesinden türeyen adakitler ve alt kabuk delaminasyonundan türeyen adakitler ile uyumlu iken, diğer bir kısmı eklojit fasiyesinden türeyen metabazaltik adakitler ve dalan okyanus levhasının ergimesinden oluşan adakitler ile uyum gösterirler (Şekil 34).



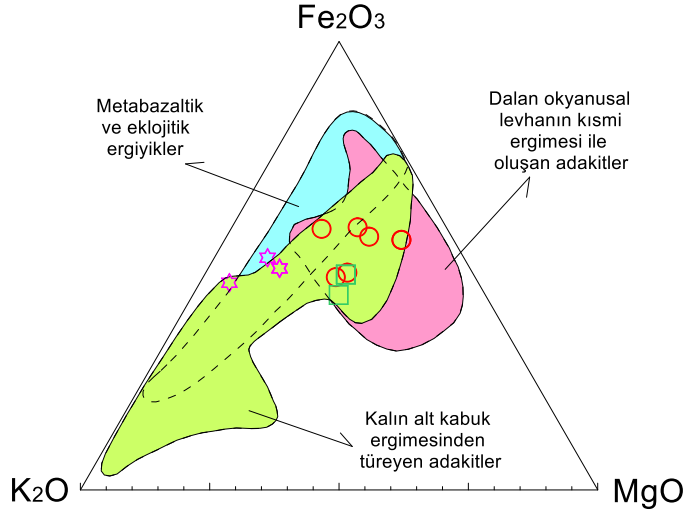
Şekil 34. İncelenen kayaçların SiO_2 'ye karşı MgO diyagramı. Metabazaltik ve eklojit deneysel ergime alanı (1-4.0 GPa) Rapp vd., (1999); okyanusal kabuktan türeyen adakit alanı Wang vd., (2006); kalınlaşmış ve delamine olmuş alt kabuk kökenli adakit alanı Xu vd., (2002), Wang vd., (2004, 2006)

SiO_2 'ye karşı $\text{Mg\#}$ diyagramında (Şekil 35), incelenen adakitik kayaçlara ait örnekler yalnızca belirgin bir alanda yer almazlar, bunun yerine örneklerin büyük bir kısmı kalınlaşmış ve/veya delaminasyona uğramış alt kabuktan türeyen adakitikler ile uyum sağlarken, diğer bir kısım örnekler dalan okyanusal levhadan türeyen adakit alanlarında yer alırlar (Şekil 35).



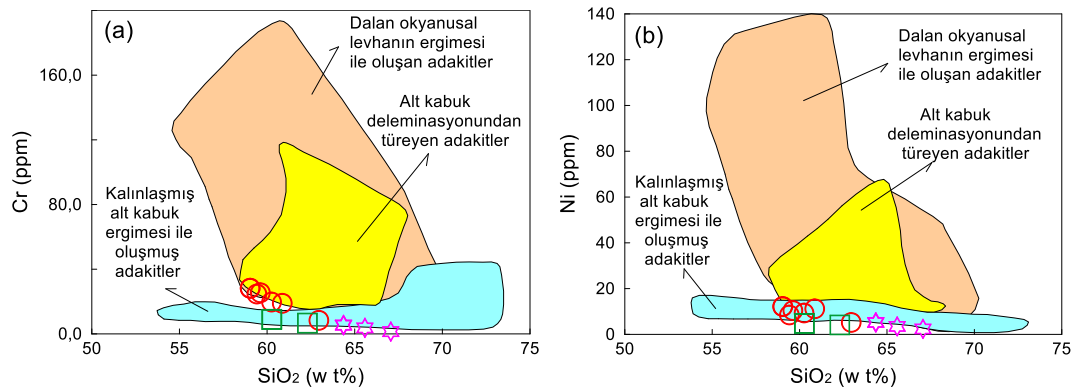
Şekil 35. İncelenen kayaçların SiO_2 (%)'ye karşı $\text{Mg\#}$ diyagramı. Metabazaltik ve eklojit deneysel ergime alanı (1-4.0 GPa) Rapp vd., (1999); okyanusal kabuktan türeyen adakit alanı Wang vd., (2006); kalınlaşmış ve delamine olmuş alt kabuk kökenli adakit alanı Xu vd., (2002), Gao vd., (2004); Wang vd., (2004, 2006). Manto ergiyikleri alanı: Özyurt ve Altunkaynak (2020)

MgO-Fe₂O₃-K₂O üçgen diyagramında (Şekil 36), incelenen kayaç örneklerinin tümü yalnızca belirgin bir alanda yer almazlar. Örneklerin büyük çoğunluğu kalın alt kabuğun ergimesinden türeyen adakitler alanında yer alırken, diğer bir kısım örnekler ise dalan okyanusal levhanın ergimesi ile oluşan adakitlerin alanı ile metabazaltik ve eklojitik ergiyikler alanında yer alırlar (Şekil 36).



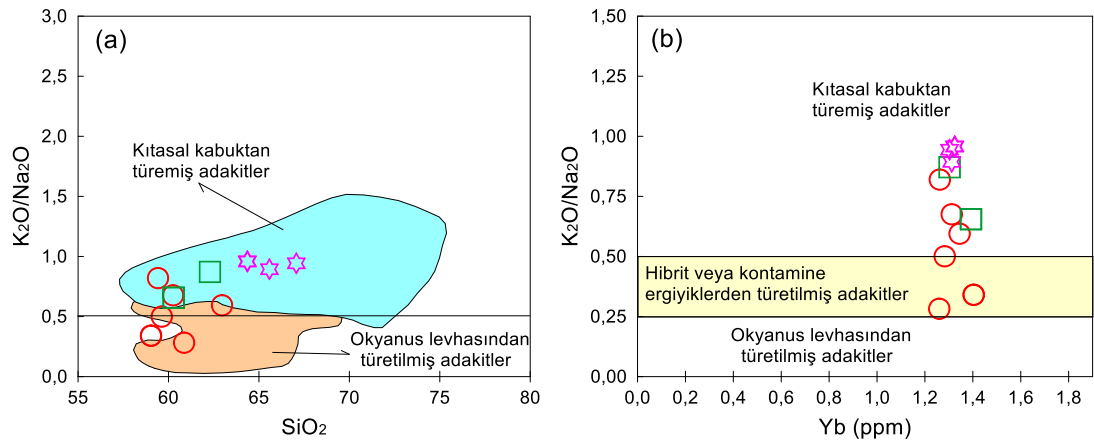
Şekil 36. İncelenen kayaçların MgO-Fe₂O₃-K₂O üçgen diyagramı. Okyanus kabuğunun kısmi erimesiyle oluşan adakitler Aguillón-Robles vd., (2001); Defant ve Drummond, (1993); Kay vd., (1993); Stern ve Kilian, (1996); Yogodzinski vd., (1995); kalın alt kabuktan türeyen adakitler, Atherton ve Petford, (1993); Johnson vd., (1997); Muir vd., (1995); Petford ve Atherton, (1996); metabazaltik ve eklojitik ergiyikler; Rapp ve Watson (1995), Rapp vd., (1999)

İncelenen örneklerin Cr (1.4-28.2) ve Ni (2.4-12.2) değerleri oldukça düşük olup, örneklerin çoğu kalınlaşmış alt kabuk kökenli adakit alanı içerisinde veya bu alana yakın konumlanmaktadır (Şekil 37).



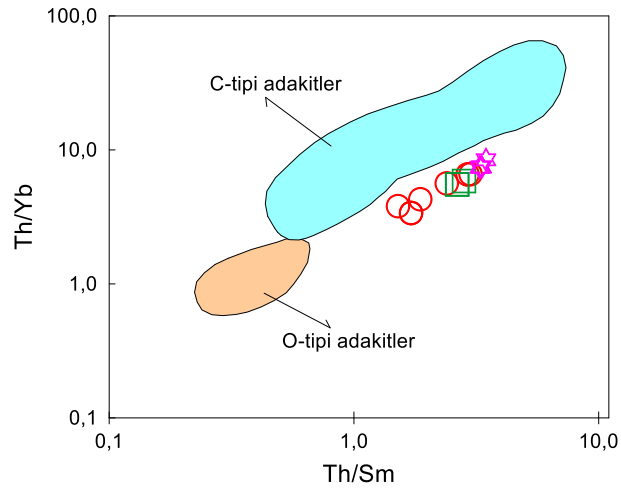
Şekil 37. İncelenen kayaçlara ait, (a) SiO₂'ye karşı Cr (ppm) (Wang vd., 2006) ve (b) SiO₂'ye karşı Ni (ppm) (Wang vd., 2006) diyagramları

$K_2O/Na_2O - SiO_2$ diyagramı (Şekil 38a) adakitik kayaçların kıtasal kabuk kökenli ve okyanusal levha kökenli adakitler olarak ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Diyagramda, örneklerin büyük bir kısmı kıtasal kabuk kökenli adakit alanı içerisinde yer almakta, birkaç örnek de slab alanında yer almaktadır. Bu durum incelenen magmaların oluşumunda kıtasal kabuk kaynaklı ergime veya kabuksal katkının önemli rol oynadığını göstermektedir. $K_2O/Na_2O - Yb$ diyagramında (Şekil 38b), örneklerin çoğu kabuk kökenli adakit alanı içerisinde, birkaç örnek de hibrit ya da kirlenmiş alanda yer almaktadır.



Şekil 38. İncelenen kayaçlara ait, (a) K_2O/Na_2O 'ya karşı SiO_2 (%) (Feng vd., 2024) ve (b) K_2O/Na_2O 'ya karşı Yb (ppm) (Kamvong vd., 2014) diyagramları

$Th/Yb - Th/Sm$ diyagramı (Şekil 39), adakitik kayaçların C-tipi (kıtasal kökenli) ve O-tipi (okyanusal levha kökenli) adakitler olarak sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Diyagramda incelenen örneklerin büyük bir kısmı C-tipi (kıtasal kökenli) adakit alanı çevresinde yer almaktadır. Bu durum magmaların oluşumunda kıtasal kabuk katkısının önemli olduğunu ve magma kaynağının büyük ölçüde kabuksal ergime süreçleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 39. İncelenen kayalara ait Th/Yb – Th/Sm diyagramı (Zhu vd., 2009)

4.3. Jeodinamik Evrim

Doğu Pontidlerin (EPB) jeodinamik evrim süreci, Mesozoyik döneminde Neo-Tetis Okyanusu'nun Avrasya levhası altına dalmasıyla (subdüksiyon) tetiklenmiştir. Bu tektonik süreç, Senozoyik'te kuzey Neo-Tetis'in nihai kapanışı ile devam etmiş; Toros-Anatolid ve Arap platformlarının Avrasya ile çarpışması neticesinde karmaşık bir yapı kazanmıştır. Bu doğrultuda, bölgenin Senozoyik magmatizması, Geç Paleosen'den Erken Eosen'e kadar olan süreçte hüküm süren çarpışma tektoniğiyle doğrudan ilişkilidir (örneğin, Okay ve Şahintürk, 1997).

Pontidler'in jeodinamik evrimine ilişkin kurgulanan modeller; yitimin polaritesi, dalma-batma sürecinin nihayete erme zamanı ve Avrasya levhası ile Torid-Anatolid platformu arasındaki çarpışmanın kronolojisine dair süregelen akademik tartışmalar nedeniyle çeşitlilik arz etmektedir. Literatürdeki baskın görüşlerden biri, Senozoyik magmatizmasını yitim plakasının kopması (slab-break off; Boztuğ vd. 2004, 2007) veya litosferik kökün ayrılması (delaminasyon; Karlı vd. 2007, 2010; Temizel vd. 2012; Arslan vd. 2013) süreçleriyle ilişkilendirmektedir. Alternatif bir yaklaşım olarak bazı araştırmacılar (Eyüboğlu vd. 2011a, b, c, 2013, 2017), Neo-Tetis'in Geç Mesozoyik-Senozoyik aralığında güney yönlü yitimi sonucunda şoşonitik ve ultrapotasik serilerin geliştiğini savunmaktadır. Bu görüşe göre; Geç Paleosen (~55 My) ve Eosen (~53-47 My) dönemlerine ait adakitik ile kalk-alkalen karakterli magmatizmalar; sırt yitimi, levha geri çekilmesi (roll-back) ve buna eşlik eden yitim penceresi (slab window) mekanizmalarıyla açıklanmaktadır.

Bölgesel tektonik evrimde kritik bir eşik olan Pontid magmatik yayı ile Anatolid-Torid kıtasal bloğunun kenetlenme zamanı, Okay ve Şahintürk (1997) ile Dilek (2006) tarafından Geç Paleosen-Erken Eosen (~55 My) olarak tarihlendirilmektedir.

Pontidler'de Erken Eosen yaşı adakitik kayaçların (~ 55 My) oluşumu, yay-kıta çarpışmasının son safhasına karşılık gelmekte ve çarpışmayla eş yaşı ve çarpışma sonrası kökenle ilişkilendirilmektedir (Topuz vd., 2005, 2011; Karşlı vd., 2010, 2011).

Doğu Pontid Orjenik Kuşağı'nda (EPOB) gözlenen Eosen magmatizmasının çarpışma sonrası (post-collisional) bir rejimde geliştiği konusunda literatürde genel bir mutabakat mevcuttur. Bu süreçte magmanın oluşumunu açıklayan temel tektono-magmatik yaklaşımlar şu dört mekanizma üzerinde yoğunlaşmaktadır: (1) Levha Kırılması (Slab Break-off): Litosferik mantonun kısmi ergimesi ve bu ergiyiklerin kabuksal bileşenlerle etkileşimi (Dokuz vd., 2013; Karşlı vd., 2011). (2) Kabuksal Kalınlaşma: Kalınlaşmış kabuk istifinin doğrudan kısmi ergimesi (Topuz vd., 2005). (3) Alt Kabuk Kopması: Ayrışmış (detached) alt kabuğun anateksisi (Karşlı vd., 2019). (4) Litosferik Delaminasyon: Genişlemeli bir tektonik ortamda, litosferik ayrılmaya bağlı olarak kıta altı litosferik mantonun (SCLM) ergimesi ve kabuksal ergiyiklerle kontaminasyonu (Arslan vd., 2013, 2022; Temizel vd., 2012, 2020; Yücel vd., 2017). Yaygın kabul gören çarpışma sonrası modellerin aksine, bazı araştırmacılar bu magmatizmayı, sırt dalması ve levha penceresi (slab window) gibi mekanizmalarla gelişen dalma-batma süreçlerine dayandırmaktadır (Eyüboğlu vd., 2011a, b). Ancak güncel veriler; Orta Eosen yaşı yaygın plütonik ve volkanik birimlerin, öncelikle metasomatize olmuş SCLM kaynaklı olduğunu ve bu sürecin litosferik delaminasyon tarafından yönlendirildiğini desteklemektedir (Arslan vd., 2022; Temizel vd., 2016).

Temizel vd. (2025) tarafından incelenen Erken Eosen (50-46 My) yaşı İkizce ve Ulubey adakitik grupları, levha ve alt kabuk kökenli ergiyiklerin manto bileşenleriyle etkileşime girmesi sonucu modifiye olduklarını gösteren karakteristik jeokimyasal izler sunmaktadır. Bu bulgular, bölgedeki diğer çağdaş adakitik oluşumlarla korele edilebilir niteliktedir.

Orta Eosen (~46-40 My) döneminde yüzeylenen I-tipi metalümin plütonlar ve yüksek-K'lu kalk-alkalen volkanikler; zenginleşmiş kıta altı litosferik manto ile alt kıtasal kabuk ergiyiklerinin karışımından (magma mixing) türemişlerdir (Arslan vd., 2013; Temizel vd., 2012). Çalışılan Orta Eosen yaşı (44 My, zirkon; Kaygusuz vd., 2026) Mescitli adakitlerine ait tüm kayaç jeokimyasal verileri; bu kayaçların delaminasyon mekanizması sonucunda mafik alt kabuk ergiyiklerinden türedikleri ve Orta Eosen dönemindeki çarpışma sonrası (post-collisional) tektonik rejimde litosferik manto bileşenleriyle etkileşime girerek geliştiklerini göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. İnceleme alanı, Doğu Pontidlerin güney zonunda Mescitli yöresinde yer almakta olup, başlıca birimler Hamurkesen Formasyonu (Liyas), Berdiga Formasyonu (Malm-Alt Kretase), Mescitli Formasyonu (Geç Kretase), Torul plutonu (Geç Kretase), Alpulu Volkanik Takımı (Geç Kretase), Adakitik kayalar (Orta Eosen) ve Alibaba Formasyonu (Eosen)'ndan oluşur.

2. İncelenen adakitik kayalar küçük boyutlu kütleler (1-3 km²) halindedir.

3. Kayalar baskın olarak porfirik doku sergilemekte; ana bileşimleri andezit, daha az oranda ise traki-andezit ve dasit karakteri sunmaktadır.

4. Ana mineral parajenezi plajiyoklas, kuvars, alkali-feldispat, amfibol, biyotit ve Fe-Ti oksit minerallerinden oluşmaktadır.

5. Mafik mineraller olarak olivin içermezler ve bu özellikleri ile Eosen yaşlı volkanik kayalardan (Alibaba Formasyonu) ayrılırlar.

6. Kayaların SiO₂ değerleri %59-67 arasında değişirken, magnezyum numaraları (Mg#) ise 21-59 arasındadır.

7. İncelenen örneklerin Al₂O₃ değerleri %15'den büyük olup, yüksek Sr/Y, Sr, düşük Y, Yb ve (La/Yb)_N içerikleri ile karakteristiktir. Bu özellikleri ile Defant ve Drummond (1990) tarafından tanımlanan Adakitlerle benzerlik sunarlar.

8. Bir kısım örneklerin K₂O içerikleri ve Mg-numaraları normal adakitlere göre yüksek, Na₂O ve (La/Yb)_N içerikleri ise düşüktür. Bu nedenle bu kayalar slab ergimesine bağlı olarak gelişen gerçek adakitler değillerdir ve "adakit benzeri" ya da "adakitik" olarak tanımlanabilecek oluşumlar olarak değerlendirilmişlerdir.

9. İncelenen örnekler orta-yüksek potasyumlu kalk-alkalen afiniteye sahiptir.

10. Kayalar LREE'ce zenginleşmiş olup, HREE bakımından yataya yakın bir desen (La_N/Lu_N = 7.8-11.8) sunarlar ve dikkate değer bir Eu anomalisi (Eu_N/Eu* = 0.91-0.98) göstermezler.

11. Adakitik karakterli bu kayalar, delaminasyon mekanizması sonucunda mafik alt kabuk ergiyiklerinden türemişler ve Orta Eosen dönemindeki çarpışma sonrası tektonik rejimde litosferik manto bileşenleriyle etkileşime girerek gelişmiş olabilecekleri düşünülmektedir.

12. Magmanın kabuk içerisindeki evriminde fraksiyonel kristallenme (FC) ve AFC (assimilasyon-fraksiyonel kristallenme) süreçleri önemli rol oynamış; bu sürece ikincil

derecede magma karışımı (mixing) / kabuksal kontaminasyon (crustal contamination) olayları eşlik etmiştir.

13. Mevcut tez çıktılarına ilave olarak, çalışmanın sonraki safhalarında jeokronolojik ve izotopik ölçümler vasıtasıyla destekleyici kanıtların sunulması literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Aguillón-Robles, A., Calmus, T., Benoit, M., Bellon, H., Maury, R. C., Cotten, J. ve Michaud, F. (2001). Late Miocene adakites and Nb-enriched basalts from Vizcaino Peninsula, Mexico: indicators of East Pacific rise subduction below southern Baja California. *Geology*, 29(6), 531-534.
- Ağar, Ü. (1977). *Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi*, [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi], Fen Fakültesi, İstanbul.
- Alp, D. (1972). *Amasya Yöresinin Jeolojisi*, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. Monografileri, 22, İstanbul, 135.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P ve Satır, M. (2008). Geochemical and Sr-Nd-Pb Isotopic Characteristics of Paleocene Plagioclitites From the Eastern Pontides (NE Türkiye), *Lithos*, 105, 149-161.
- Altınkaynak, L. (2000). *Ağvanis Masifi Doğu Kesimi ve Çevre Kayaçlarının Jeolojisi, Petroğrafisi ve Jeokimyası*, [Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.]
- Arslan M., Temizel İ., Abdioğlu E., Kolaylı H., Yücel C., Boztuğ D ve Şen C. (2013). 40Ar 39Ar Dating, Whole-Rock and Sr-Nd-Pb Isotope Geochemistry of Post-Collisional Eocene Volcanic Rocks in the Southern Part of the Eastern Pontides (NE Türkiye): Implications for Magma Evolution in Extension-Induced Origin, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 166, 113–142.
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, İ. (2001). Geochemical and Petrological Characteristics of the Kale (Gümüşhane) Volcanic Rocks: Implications for the Eocene Evolution of Eastern Pontide Arc Volcanism, Northeast Türkiye, *International Geology Review*, 43, 595-610.
- Arslan, M. ve Aslan, Z. (2006). Mineralogy, Petrography and Whole-rock Geochemistry of the Tertiary Granitic Intrusions in the Eastern Pontides, NE Türkiye, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 177-193.
- Arslan, M., Hoskin, P.W.O. ve Aslan, Z. (2001). *Continental crust formation and thermal consequences of Cenozoic thickening of the Eastern Pontides Tectonic unit: preliminary temporal constraints and implications*, Fourth International Turkish Geology Symposium Abstracts, Adana, Türkiye, 121.
- Arslan, M., Temizel, İ., Ackerman, L., Yücel, C. ve Yazar, E. A. (2022). Highly siderophile element and Os isotope systematics of the Cenozoic volcanic rocks

- from the Eastern Pontides, NE Türkiye: Constraints on the origin and evolution of subcontinental mantle-derived magmas. *Lithos*, 410, 106575.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H. (1997). Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide volcanic Rocks, Northeast Türkiye, *Chemi der Erde*, 57, 157- 187.
- Aslan, Z. (2010). U-Pb Zircon SHRIMP Age, Geochemical and Petrographical Characteristics of Tuffs within Calc-alkaline Eocene Volcanics Around Gümüşhane (NE Türkiye), Eastern Pontides, *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 187, 3, 329-346.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ., Kaygusuz, A. (2014). K–Ar Age, Whole Rock, and Sr Nd Isotope Geochemistry of Calc-Alkaline Volcanic Rocks Around the Gümüşhane Area (Northeast Türkiye): Implications for Post-collisional Volcanism During Tertiary Time in the Eastern Pontides, *Mineralogy and Petrology*, 108, 245–267.
- Atherton, M.P. ve Petford, N. (1993). Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust. *Nature* 362, 144–146.
- Aydın, F. (2003). *Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi*, [Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.]
- Aydın, F., Karslı, O. ve Chen, B. (2008). Petrogenesis of the Neogene Alkaline Volcanics with Implications for Post Collisional Lithospheric Thinning of the Eastern Pontides, NE Türkiye, *Lithos*, 104, 249-266.
- Aydınçakır, E. (2016). Subduction-related Late Cretaceous high-K volcanism in the Central Pontides orogenic belt: Constraints on geodynamic implications. *Geodinamica Acta*, 28(4), 379-411.
- Aydınçakır, E. ve Şen, C. (2013). Petrogenesis of the Post-collisional Volcanic Rocks from the Borçka (Artvin) Area: Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Türkiye), *Lithos*, 172-173, 98-117.
- Aydınçakır, E., Gündüz, R. ve Yücel, C. (2020). Emplacement conditions of magma (s) forming Jurassic plutonic rocks in Gümüşhane (Eastern Pontides, Türkiye). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 162(162), 175-196.
- Aydınçakır, E., Yücel, C., Kaygusuz, A., Bilici, Ö., Yi, K., Jeong, Y. J. ve Güloğlu, Z. S. (2023). Magmatic evolution of the Calc-alkaline Middle Jurassic igneous rocks in the eastern pontides, NE Türkiye: insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-

- Pb, in situ zircon Lu-Hf isotopes, and U-Pb geochronology. *International Geology Review*, 65(20), 3146-3167.
- Aydınçakır, E., Yücel, C., Ruffet, G., Gücer, M. A., Akaryalı, E. ve Kaygusuz, A. (2022). Petrogenesis of post-collisional Middle Eocene volcanism in the Eastern Pontides (NE, Türkiye): Insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-Pb isotopes, zircon U-Pb and ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology. *Geochemistry*, 82(2), 125871.
- Aydınçakır, E. (2014). The Petrogenesis of Early Eocene Non-adakitic Volcanism in NE Türkiye: Constraints on the Geodynamic Implications, *Lithos*, 208–209, 361–377.
- Aydınçakır, E., Kaygusuz, A., Yücel, C., Guloglu, Z. S. ve Şen, A. D. (2025). Petrography, Mineral Chemistry, and Crystallization Conditions of the Eocene-aged Hasan Dag Plutons (Kürtün, Gümüşhane, NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 14(2), 234-249.
- Aydınçakır, E., Yücel, C., Kaygusuz, A., Bilici, Ö., Yilmazer, S. ve Ruffet, G. (2024). Eocene magmatism related to postcollisional extension in the Eastern Pontides (NE Türkiye): ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology, geochemistry, and whole-rock Sr-Nd-Pb-Hf isotopes. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 33(5), 530-556.
- Barnes, C. G., Petersen, S. W., Kistler, R. W., Murray, R. ve Kays, M. A. (1996). Source and tectonic implications of tonalite-trondhjemite magmatism in the Klamath Mountains. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 123(1), 40-60.
- Bektaş, O. (1986). Paleostress Trajectories And Polyphase Rifting In Arc-Backarc Of Easternpontides. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 103(103-104), 1-15.
- Bektaş, O. (1984). Doğu Pontidler’de Geç Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, *K.T.Ü. Dergisi*, 3, 1-2, 53-62, Trabzon.
- Boynukalın, S. (1990). *Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri*, [Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.]
- Boztuğ, D., Çevikbaş, A., Demirkol, C., Tatar, S., Akyıldız, M. ve Nazmı, O. (2002). Karamadazı Plütununun (Yafayalı-Kayseri) Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi. *Geological Bulletin of Türkiye*, 45(1).
- Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A. (2006). Geochemical Characteristics of the Composite Kaçkar Batholith Generated in a Neo Tethyan Convergence System, Eastem Pontides, Türkiye. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 286-302.

- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G. A., Erçin, A. I. ve Yeğingil, Z. (2007). Titanite and zircon fission-track dating resolves successive igneous episodes in the formation of the composite Kaçkar batholith in the Turkish Eastern Pontides. *International Journal of Earth Sciences*, 96(5), 875-886.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.c., Wagner, G.A. ve Yeğingil, Z. (2004). Slow Senonian and fast Paleocene-Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Türkiye: apatite fission-track results. *Tectonophysics*, 382, 213-228.
- Çakmak, G. ve Kaygusuz, A. (2021). Petrography and crystallization conditions of the Pelitli Pluton in the Bayburt area, Eastern Pontides (NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(1), 1658-1669.
- Castillo, P. R. (2008). Origin of the adakite–high-Nb basalt association and its implications for postsubduction magmatism in Baja California, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 120(3-4), 451-462.
- Castillo, P.R., 2006. An Overview of Adakite petrogenesis, *Chinese Science Bulletin*, Vol. 51 No. 3 257-268.
- Chung, S. L., Liu, D., Ji, J., Chu, M. F., Lee, H. Y., Wen, D. J. ve Zhang, Q. (2003). Adakites from continental collision zones: melting of thickened lower crust beneath southern Tibet. *Geology*, 31(11), 1021-1024.
- Ciceralli, D., Yücel, C., Aydınçakır, E. ve Kaygusuz, A. (2025). Mineral chemistry, thermodynamic evolution, and crystallization history of late miocene volcanic rocks around posof (Ardahan, Türkiye). *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (Advanced Online Publication), 1469-1493.
- Condie, K. C. (2005). TTGs and adakites: are they both slab melts. *Lithos*, 80(1-4), 33-44.
- Çamur, M.Z., Güven, T.B. ve Er, M. (1996). Geochemical characteristics of the eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 123-144.
- Çoğulu, E. (1975). *Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar*, İTÜ Kütüphanesi, 1034, İstanbul.
- Dağ, S., Gücer, M. A., Dokuz, A., Sipahi, F., Zeybek, H. İ., Çavuşoğlu, İ. ve Aliyazıcıoğlu, Ş. (2025). Mescitli Formasyonu'na (Gümüşhane, Türkiye) ait kumtaşlarının endüstriyel hammadde olarak kullanım potansiyelinin incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(3), 763-779.
- Defant, M. J., Xu, J., Kepezhinskas, P., Wang, Q., Zhang, Q. ve Xiao, L. (2002). Adakites: some variations on a theme. *Acta Petrologica Sinica*, 18(2), 129-142.

- Dilek, Y. (2006). *Collision tectonics of the Mediterranean region: causes and consequences*.
- Dokuz, A. (2000). *Yusufeli Yöresinin Jeolojisi, Jeotektoniği, Magmatik-Metamorfik Kayaçların Jeokimyası ve Petrojenezi*, [Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.]
- Dokuz, A. (2011). A slab Detachment and Delamination Model for the Generation of Carboniferous High-potassium I-type Magmatism in the Eastern Pontides, NE Türkiye: Köse Composite Pluton, *Godwana Research*, 19, 926-944.
- Dokuz, A., Gücer, M. A., Karşlı, O. ve Yi, K. (2022). From Cadomian back-arc basin to Rheic Ocean closure: the geochronological records of the Kurtoğlu Massif, eastern Sakarya Zone, Türkiye. *International Journal of Earth Sciences*, 111(4), 1333-1355.
- Dokuz, A., Karşlı, O., Chen, B. ve Uysal, İ. (2010). Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Türkiye: Implications for pre-and post-collisional lithospheric thinning of the eastern Pontides. *Tectonophysics*, 480(1-4), 259-279.
- Dokuz, A., Tanyolu, E. ve Genç, S. (2006). A mantle-and a lower crust-derived bimodal suite in the Yusufeli (Artvin) area, NE Türkiye: trace element and REE evidence for subduction-related rift origin of Early Jurassic Demirkent intrusive complex. *International Journal of Earth Sciences*, 95(3), 370-394.
- Drummond, M. S. ve Defant, M. J. (1990). A model for trondhjemite-tonalite-dacite genesis and crustal growth via slabmelting: Archean to modern comparisons. *J. Geophys. Res.* 95, 21503–21521.
- Eker, Ç. S. (2012). Petrography and geochemistry of Eocene sandstones from eastern Pontides (NE Türkiye): Implications for source area weathering, provenance and tectonic setting. *Geochemistry International*, 50(8), 683-701.
- Eker, Ç. S. (2013). Organic geochemical characteristics and depositional environments of the Eocene deposits in the Eastern Black Sea Region, NE Türkiye. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 35(5), 413-425.
- Eker, Ç. S. (2020). Potentially toxic element levels in the Eocene sandstones from Gümüşhane area (NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 9(1), 1374-1385.

- Eker, Ç. S. (2022). Textural features of Eocene-aged sandstones from Gümüşhane (NE Türkiye): Evidence from grain size analysis. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 11(2), 2093-2103.
- Eker, Ç. S. ve Korkmaz, S. (2011). Mineralogy and whole rock geochemistry of late Cretaceous sandstones from the eastern Pontides (NE Türkiye). *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhandlungen*, 188(3), 235.
- Eker, Ç. S., Kaygusuz, A., ve Arı, U. V. (2025). Concentrations, distribution, and source appointment of heavy metal/loids in non-clastic sedimentary rocks: A case study of Early Jurassic chert, Northeastern Türkiye. *Journal of African Earth Sciences*, 229, 105677.
- Eren, M., (1983). *Gümüşhane-Kale arasının jeolojisi ve mikrofasiyes incelemesi*, [Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.]
- Erentöz, C. ve Ketin İ. (1974). Explanatory Text of the Geological Map of Türkiye at 1/500.000 G scale (Kars): *Special Publication of Mineral Research and Exploration*, 57.
- Erguvanlı, K. (1950). *Trabzon-Gümüşhane bölgesinin jeolojik etüdü hakkında rapor*, MTA, Rapor No: 2273, Ankara.
- Eyüboğlu, Y., Dudás, F. Ö., Zhu, D. C., Santosh, M., Liu, Z., Chatterjee, N. ve Yi, K. (2021). Late Cretaceous alkaline magmas of the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Türkiye): A review with new geological, geochemical and geochronological data. *Gondwana Research*, 97, 204-239.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Chatterjee, N., Liu, Z. ve Yılmaz-Değerli, S. (2018a). Discovery of Late Cretaceous OIB-type alkaline gabbros in the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Türkiye: Evidence for tectonic emplacement of seamounts. *Lithos* 310-311, 182–200.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Gümrük, T.E., Akbulut, K., Yi, K. ve Chatterjee, N. (2018b). The final pulse of the Early Cenozoic adakitic activity in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Türkiye): an integrated study on the nature of transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab window setting. *J. Asian Earth Sci.* 157, 141–165.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Thorkelson, D., Zhu, D.C., Liu, Z., Chatterjee, N., Yi, K. ve Santosh, M. (2017). Eocene granitoids of northern Türkiye: polybaric magmatism in an evolving arc–slab window system. *Gondwana Res.* 50, 311–345.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Chatterjee, N., Santosh, M., Billor, M.Z. ve Yuva, S. (2018c). Petrology, geochronology and tectonic setting of early Triassic alkaline

- metagabbros from the Eastern Pontide Orogenic Belt (NE Türkiye): implications for the geodynamic evolution of Gondwana's early Mesozoic northern margin. *Tectonics* 37, 3174–3206.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Zhu, D., Liu, Z. ve Chatterjee, N. (2019). Late cretaceous I- and A-type magmas in eastern Turkey: magmatic response to double-sided subduction of Paleo and Neo-Tethyan lithospheres. *Lithos* 326, 39–70.
- Eyüboğlu, Y. (2006). *Doğu Pontid Magmatik Yayı'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafik-Ultramafiklerin Tanımı ve Jeotektonik Önemi*, [Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.]
- Eyüboğlu, Y. (2010). Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt, and Its Implications for the Geodynamic Evolution of NE Türkiye, *International Geology Review*, 52 (2–3), 142–186.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryali, E. (2011a), Transition from Shoshonitic to Adakitic Magmatism in the Eastern Pontides, NE Türkiye: Implications for Slab Window Melting, *Gondwana Research*, 19, 413-429.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Bektaş, O. ve Ayhan, S. (2011c). Arc Magmatism as a Window to Plate Kinematics and Subduction Polarity: Example from the Eastern Pontides Belts, NE Türkiye, *Geoscience Frontiers*, 2, 1, 49-56.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Bektaş, O. ve Chung, S.L. (2011d). Late Triassic Subduction Related Ultramafic-Mafic Magmatism in the Amasya Region (Eastern Pontides, N Türkiye): Implications for the Ophiolite Conundrum in Eastern Mediterranean, *Journal of Asian Earth Sciences*, 42, 234-257.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E. (2011b). Migration Magmatism in a Continental Arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean Revisited, *Journal of Geodynamics*, 52, 2-15.
- Feng, F., Xu, H., Yang, S. ve Liu, Q. (2024). Petrogenesis of K-rich and high-mg adakitic rocks in the North Dabie terrane, China: products of early cretaceous orogenic collapse. *International Geology Review*, 66(22), 3773-3792.
- Foley, S., Tiepolo, M. ve Vannucci, R. (2002). Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones. *Nature*, 417(6891), 837-840.
- Gao, S., Rudnick, R.L., Yuan, H.L., Liu, X.M., Liu, Y.S. ve Xu, W.L. (2004). Recycling lower continental crust in the North China craton. *Nature* 432, 892–897.

- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S. (1992). Rize-Fındıklı Çamlıhemşin Arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki bölgesel yayılımları, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 15-38.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S., ve Özsayar, T. (1979). The main lines of the geotectonic evolution of the eastern pontides in mesozoik era. *Geocome*, 1, 555-580.
- Genç, Ş. C. ve Kayacı, K. (2012). Bozüyük Civarının Adakit Benzeri Magmatik Kayaçları (KB Türkiye). *Yerbilimleri*, 33(1), 141-168.
- Guan, Z., Deng, T., Du, S., Li, B. ve Jiang, Y. (2012). Markovian geology prediction approach and its application in mountain tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 31, 61-67.
- Gücer, M. A., Aydınçakır, E., Yücel, C. ve Akaryalı, E. (2017). Tersiyer yaşlı Altınpınar hornblendli andezitlerinin (Torul-Gümüşhane) petrografisi, mineral kimyası ve PT kristalleşme koşulları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 236-267.
- Gücer, M. A., Güner, A. M. ve Çimen, O. (2024). Erken Eosen yaşlı adakitik andezitler (Gümüşhane, KD Türkiye) içerisindeki mikrogranüler anklavların jeokimyasal karakteristikleri. *Yerbilimleri*, 45(2), 154-184.
- Gücer, M. A., ve Sarı, E. (2021). Karbonifer Pamuktaş Plütunu'nun petrografisi, jeokimyası ve petrolojik özellikleri, Bayburt (KD Türkiye). *Yerbilimleri*, 42(1), 85-120.
- Gülmez, F., Genç, Ş. C., Prelević, D., Tüysüz, O., Karacık, Z., Roden, M. F. ve Billor, Z. (2016). Ultrapotassic volcanism from the waning stage of the Neotethyan subduction: a key study from the Izmir–Ankara–Erzincan Suture Belt, Central Northern Türkiye. *Journal of Petrology*, 57(3), 561-593.
- Güloğlu, Z. S. ve Kaygusuz, A. (2025). Petrochemistry and geochronology of Middle Eocene high-K calc-alkaline I-type Kazıkbeli pluton, NE Türkiye: implications from zircon U-Pb ages and Sr-Nd-Pb-Lu-Hf isotope data. *Mineralogy and Petrology*, 119(1), 73-103.
- Güloğlu, Z. S., Kaygusuz, A., Aydınçakır, E. ve Yücel, C. (2024). Mineral chemistry, petrography and crystallization conditions of the Middle Eocene Kazıkbeli Pluton (Eastern Pontides, NE Türkiye). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 175(175), 83-109.
- Güngör, Y., Boztuğ, D. ve Yılmaz, O. (1997). *Kaçkar Batoliti Altıparmak Dağı-Soğanlı Dağı Arası (GD Çamlıhemşin-Rize) Kesiminin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrojenetik İncelenmesi*. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği

- Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, 30 Nisan-3 Mayıs 1997, Adana, Bildiri Özetleri, s. 223-224.
- Güven İ.H. (1993). *Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu*, MTA, Ankara [Yayınlanmamış Rapor].
- Hacıaloğlu, T. (1983). *Kale-Vauk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyel İncelemesi*, [K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, MMLS Tezi, Trabzon], [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi].
- Hamilton, W. J. (1842). *Recearches in Asia Minör*, Pontus and Armenia, Londra.
- Hawkesworth, C. J., Gallagher, K., Hergt, J. M. ve McDermott, F. (1993). Trace element fractionation processes in the generation of island arc basalts. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Physical and Engineering Sciences*, 342(1663), 179-191.
- Hou, M. L., Jiang, Y. H., Jiang, S. Y., Ling, H. F. ve Zhao, K. D. (2007). Contrasting origins of late Mesozoic adakitic granitoids from the northwestern Jiaodong Peninsula, east China: implications for crustal thickening to delamination. *Geological Magazine*, 144(4), 619-631.
- Hou, Z. Q., Gao, Y. F., Qu, X. M., Rui, Z. Y. ve Mo, X. X. (2004) Origin of adakitic intrusives generated during mid-Miocene east-west extension in southern Tibet, *Earth and Planetary Science Letters*, 220 139-155.
- İlbeyli, N. (2008). Geochemical comparison of Ultramafic-mafic cumulate rocks from the Central Anatolian ophiolites, Türkiye. *International Geology Review*, 50(9), 810-825.
- Jica (1986) *Hydrological and water use study of the Mujib watershed*. Ministry of Planning in Cooperation with Water Authority, Amman
- Kadıoğlu, Y. K. ve Dilek, Y. (2010). Structure and geochemistry of the adakitic Horoz granitoid, Bolkar Mountains, south-central Turkey, and its tectonomagmatic evolution. *International Geology Review*, 52(4-6), 505-535.
- Kamei, A., Miyake, Y., Owada, M. ve Kimura, J. I. (2009). A pseudo adakite derived from partial melting of tonalitic to granodioritic crust, Kyushu, southwest Japan arc. *Lithos*, 112(3-4), 615-625.
- Kamvong, T., Zaw, K., Meffre, S., Maas, R., Stein, H. ve Lai, C. K. (2014). Adakites in the Truong Son and Loei fold belts, Thailand and Laos: Genesis and implications for geodynamics and metallogeny. *Gondwana Research*, 26(1), 165-184.

- Kandemir, R. (2004). *Gümüşhane ve yakın yörelerindeki erken-orta jura yaşlı şenköy formasyonu'nun çökel özellikleri ve birikim koşulları*. [KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Trabzon.]
- Kandemir, R. ve Yılmaz, C. (2009). Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Türkiye: implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34(4), 586-598.
- Karlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, B. (2004). The Morphology and Chemistry of K-feldspar Megacrysts from İkizdere Pluton: Evidence for Acid and Basic Magma Interactions in Granitoid Rocks, NE Türkiye, *Chemie der Erde-Geochemistry*, 64, 155-170.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C. (2007). Geochemical and Sr-Nd-Pb Isotopic Compositions of the Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Türkiye: Implications for Magma Interaction in the Genesis of High-K Calc-alkaline Granitoids in a Post-collision Extensional Setting, *Lithos*, 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R. (2010). Generation of the Early Cenozoic Adakitic Volcanism by Partial Melting of Mafic 94 Lower Crust, Eastern Türkiye: Implication for Crustal Thickening to Delamination, *Lithos*, 114, 109-120.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R. (2011b). Deciphering the Shoshonitic Monzonites with I-type Characteristics, the Sıdacağı Pluton, NE Türkiye: Magmatic Response to Continental Lithospheric Thinning, *Journal of Asian Earth Sciences*, 51, 45–62.
- Karlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J. (2011a). Adakite-like Granitoid Porphyries in Eastern Pontides, NE Türkiye: Potential Parental Melts and Geodynamic Implications, *Lithos*, 127, 354-372.
- Karlı, O., Aydın, F., Uysal, İ., Dokuz, A., Kumral, M., Kandemir, R. ve Ketenci, M. (2018). Latest Cretaceous “A2-type” granites in the Sakarya Zone, NE Türkiye: Partial melting of mafic lower crust in response to roll-back of Neo-Tethyan oceanic lithosphere. *Lithos*, 302, 312-328.
- Karlı, O., Caran, Ş., Dokuz, A., Coban, H., Chen, B. ve Kandemir, R. (2012). A-type granitoids from the Eastern Pontides, NE Türkiye: Records for generation of

- hybrid A-type rocks in a subduction-related environment. *Tectonophysics*, 530, 208-224.
- Karlı, O., Dokuz, A. ve Kandemir, R. (2016). Subduction-related Late Carboniferous to Early Permian Magmatism in the Eastern Pontides, the Camlik and Casurluk plutons: Insights from geochemistry, whole-rock Sr–Nd and in situ zircon Lu–Hf isotopes, and U–Pb geochronology. *Lithos*, 266, 98-114.
- Karlı, O., Dokuz, A., Kandemir, R., Aydın, F., Schmitt, A. K., Ersoy, E. Y. ve Alyıldız, C. (2019). Adakite-like parental melt generation by partial fusion of juvenile lower crust, Sakarya Zone, NE Türkiye: a far-field response to break-off of the southern Neotethyan oceanic lithosphere. *Lithos*, 338, 58-72.
- Karlı, O., İlhan, M., Kandemir, R., Dokuz, A., Aydın, F., Uysal, I. ve Duygu, L. (2021). Nature of the Early Cretaceous lamprophyre and high-Nb basaltic dykes, NE Türkiye: Constraints on their linkage to subduction initiation of Neotethyan oceanic lithosphere. *Lithos*, 380, 105884.
- Karlı, O., Şengün, F., Dokuz, A., Aydın, F., Kandemir, R., Kristoffersen, M. ve Duygu, L. (2022). Early Cambrian S-type granites in the Sakarya Zone, NE Türkiye: A record for transition from subduction to post-collisional extension deduced from UPb zircon age and NdHf isotopes. *Lithos*, 428, 106809.
- Kay, R. W. (1978). Aleutian magnesian andesites: melts from subducted Pacific Ocean crust. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 4(1-2), 117-132.
- Kay, R. W. ve Kay, S. M. (2002). Andean adakites: three ways to make them. *Acta Petrologica Sinica*, 18(3), 303-311.
- Kaygusuz A. ve Aydınçakır, E. (2011b). U-Pb zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr Nd Isotopic Compositions of Cretaceous Plutons in the Eastern Pontides (NE Türkiye): The Dağbaşı Pluton, *Neues Jahrbuch Für Mineralogie*, 188, 211-233
- Kaygusuz, A. (2020). Geochronological age relationships of Carboniferous Plutons in the Eastern Pontides (NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 9(1), 1299-1307.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E. (2009). Mineralogy, Whole-Rock and Sr–Nd Isotope Geochemistry of Mafic Microgranular Enclaves in Cretaceous Dağbaşı Granitoids, Eastern Pontides, NE Türkiye: Evidence of Magma Mixing, Mingling and Chemical Equilibration, *Chemi der Erde*, 69, 247– 277.
- Kaygusuz, A. ve Eker, Ç. S. (2021). Geochemical features and petrogenesis of Late Cretaceous subduction-related volcanic rocks in the Değirmentaş

- (Torul/Gümüşhane) area, Eastern Pontides (NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(1), 1689-1702.
- Kaygusuz, A. ve Öztürk, M. (2015). Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontides, NE Türkiye: Evidence for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism. *Journal of Asian Earth Sciences*, 108, 97-116.
- Kaygusuz, A. ve Şahin, K. (2016). Petrographical, geochemical and petrological characteristics of Eocene volcanic rocks in the Mescitli area, Eastern Pontides (NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 5(2), 473-486.
- Kaygusuz, A. ve Selvi, D. (2020). Crystallization conditions and petrography of eocene volcanic rocks in the Gümüşdamla-Erikdibi area (Bayburt, NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 9(2), 1529-1537.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C. (2011). Calc-alkaline I-Type Plutons in the Eastern Pontides, NE Türkiye: U-Pb Zircon Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions. *Chem. Erde*. 71, 59-75.
- Kaygusuz, A. (2000). *Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi*, [Doktora Tezi, KTÜ, Fen. Bil. Enst., 235 Sayfa, Trabzon.]
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N., Sipahi, F. ve Aydınçakır, E. (2012b). *Doğu Pontid Kuzey Zonunda Yüzeyleyen Paleozoyik Yaşlı granitlerin U-Pb Zirkon Yaşlandırması, Sr-Nd-Pb-O İzotop Sistemikleri ve Jeodinamik Evrimi*, (Tübitak Projesi) Proje No: 109Y052.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C. (2011a). Geochemical and Sr–Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Türkiye), *Turkish Journal of Earth Sciences* 20, 137–159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F., İlbeyli, N. ve Temizel, İ. (2014). LA-ICP MS zircon dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb–O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Türkiye: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in arc-related I-type magmatism. *Lithos*, 192, 271-290.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve Temizel, İ. (2016). U–Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Türkiye: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. *Gondwana Research*, 39, 327-346.

- Kaygusuz, A., Arslan, M., Temizel, İ. ve Aydınçakır, E. (2021). U–Pb zircon ages and petrogenesis of the Late Cretaceous I-type granitoids in arc setting, Eastern Pontides, NE Türkiye. *Journal of African Earth Sciences*, 174, 104040.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F. ve İlbeyli, N. (2012a). Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism in the Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Türkiye. *International Geology Review*, 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C. (2009). U-Pb Zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of the Early Cretaceous I-Type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Türkiye, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18, 549 – 581.
- Kaygusuz, A., Gücer, M. A., Yücel, C., Aydınçakır, E. ve Sipahi, F. (2019). Petrography and crystallization conditions of Middle Eocene volcanic rocks in the Aydıntepe-Yazyurdu (Bayburt) area, Eastern Pontides (NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8(2), 1205-1215.
- Kaygusuz, A., Güloğlu, Z. S., Aydınçakır, E., Yücel, C., Vural, A., Siebel, W. ve Jeong, Y. J. (2024). U–Pb zircon dating, Sr-Nd whole-rock and Lu-Hf zircon isotope analyses of the Eocene Arslandede pluton, Eastern Pontides, NE Türkiye: Implications for mantle source and magma evolution. *Geochemistry*, 84(4), 126080.
- Kaygusuz, A., Güloğlu, Z. S., Aydınçakır, E., Yücel, C., Vural, A., Eker, Ç.S. ve Ciceralli, D. (2025). Zircon U-Pb geochronology and Sr-Nd-Pb-Hf-O isotope signatures of Middle Eocene high-K plutons from the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Türkiye: implications for parental magma sources and magmatic processes. *International Geology Review*, 67(10), 1322-1352.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M. ve Şen, C. (2010). Insight Into Magma Genesis at Convergent Plate Margins – A Case Study From the Eastern Pontides (NE Türkiye), *Journal of Mineralogy and Geochemistry*, 187/3, 265 – 287.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satır, M. (2008). Petrochemistry and Petrology of I type Granitoids in an Arc Setting: The Composite Torul Pluton, Eastern Pontides, NE Türkiye. *International Journal of Earth Sciences*, 97, 739 –764.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E. (2013). Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl Intrusion in the Eastern Pontides:

- Implications for Magma Genesis in the Arc Setting. *Geoscience Frontiers*, 4; 423-438.
- Kaygusuz, A., Tutar, Z. M. ve Yücel, C. (2017). Mineral chemistry, crystallization conditions and petrography of Cenozoic volcanic rocks in the Bahçecik (Torul/Gümüşhane) area, Eastern Pontides (NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 6(2), 641-651.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Arslan, M., Sipahi, F., Temizel, İ., Çakmak, G. ve Güloğlu, Z. S. (2018). Petrography, mineral chemistry and crystallization conditions of cenozoic plutonic rocks located to the north of Bayburt (Eastern Pontides, Türkiye). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 157(157), 75-102.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Yi, K., Jeong, Y.J., Siebel, W. ve Sipahi, F. (2020). Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Türkiye: insights into magma genesis and magma-tectonic evolution from whole-rock geochemistry, geochronology and isotope systematics. *Int. Geol. Rev.* 62 (11), 1406–1432.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Aydınçakır, E., Gücer, M. A. ve Ruffet, G. (2022). 40Ar–39 Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of the Middle Eocene calc-alkaline volcanic rocks in the Bayburt area, Eastern Pontides (NE Türkiye): Implications for magma evolution in an extension-related setting. *Mineralogy and Petrology*, 116(5), 379-399.
- Ketenci, M. (2009). *Doğu Karadeniz bölgesi (Hamsiköy-Trabzon) adakit benzeri asidik porfirlerin minerolojik, petrografik ve petrolojik açıdan incelenmesi* (Tez No. 259882) [Yüksek lisans tezi, K.T.Ü.]. Ulusal Tez Merkezi.
- Ketin, İ. (1966). Türkiye'nin tektonik birlikleri. *MTA Dergisi*, 66, 20-34.
- Ketin, İ. ve Canitez, N. (1972). *Yapısal Jeoloji*, İ.T.Ü. Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Ketin, İ. (1983). *Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış*, İ.T.Ü. Kütüphanesi, 1259, 536.
- Kırmacı, Z. 1992. *Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın Sedimentolojik İncelemesi*, [Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.]
- Korkmaz, S. (1993). Tonya-Düzköy (GB Trabzon) yöresinin stratigrafisi; *Türkiye Jeoloji Bült.*, 36, 151-158.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A. (2000). Doğu Pontid Ada Yayılı Granitoidlerin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, *Uygulamalı Yerbilimleri*, 1, 111-120.

- Lambert, R.J. ve Holland, J.G. (1974). Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships in Minerals and Rocks, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 1393-1414.
- Liu, Z., Zhu, D.C., Wang, Q., Eyuboglu, Y., Zhao, Z., Liu, S. ve Xu, L.J. (2018). Transition from low K to high-K calc-alkaline magmatism at approximately 84 Ma in the Eastern Pontides (NE Türkiye): magmatic response to slab rollback of the Black Sea. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 123, 7604–7628.
- Macpherson, C.G., Dreher, S.T. ve Thirwall, M.F. (2006). Adakites without slab melting: high pressure differentiation of island arc magma, Mindanao the Philippines. *Earth Planet Sci. Lett.* 243, 581–593.
- Maden, N., Akaryalı, E. ve Çelik, N. (2019). The in situ natural radionuclide (^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K) concentrations in Gümüşhane granitoids: implications for radiological hazard levels of Gümüşhane city, northeast Türkiye. *Environmental Earth Sciences*, 78(11), 330.
- Martin, H. M. ve Moyen, J. F. M. (2003). *Secular changes in TTG composition: comparison with modern adakites*. In EGS-AGU-EUG Joint Assembly (p. 2673).
- Martin, H., Smithies, R. H., Rapp, R., Moyen, J. F. ve Champion, D. (2005). An overview of adakite, tonalite–trondhjemite–granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos*, 79(1-2), 1-24.
- McDonough, W. F. ve Sun, S. S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical geology*, 120(3-4), 223-253.
- Moyen, J. F. (2009). High Sr/Y and La/Yb ratios: the meaning of the “adakitic signature”. *Lithos*, 112(3-4), 556-574.
- Muir, R. J., Weaver, S. D., Bradshaw, J. D., Eby, G. N. ve Evans, J. A. (1995). The Cretaceous Separation Point batholith, New Zealand: granitoid magmas formed by melting of mafic lithosphere. *Journal of the Geological Society*, 152(4), 689-701.
- Okay, A. ve Tüysüz, O. (1999). Tethyan Sutures of Northern Türkiye. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Serane, M. (Eds.), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*, Geological Society, London, *Special Publications*, 156, 475-515.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides, In: Robinson, A.G. (Editor), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, American Association of Petroleum Geologists, 68, 291-311.

- Okay, A.I. (1984). Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), *Geological Society Special Publication*, 17, 455-466
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümege, M. ve Tekeli, O. (1980). *Amasya-Turhal Arasındaki Bölgenin Jeolojisi*, MTA Rap. No: 6722.
- Özdamar, Ş., Roden, M. F. ve Billor, M. Z. (2017). Petrology of the shoshonitic Çambaşı pluton in NE Turkey and implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean: Insights from geochemistry, geochronology and Sr–Nd isotopes. *Lithos*, 284, 477-492.
- Özdoğan, K. (1992). *Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi*, [Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.]
- Özsayar, T., Pelin, S., ve Gedikoglu, A. (1981). Cretaceous in the eastern Pontides. *Karadeniz Technical University Journal of Earth Sciences*, 1, 65-74.
- Özyurt, M. ve Altunkaynak, Ş. (2020). Origin of Eocene adakitic magmatism in northwest Türkiye. *Journal of Asian Earth Sciences*, 190, 104147.
- Pearce, J.A. (1983). Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In C. J., Hawkesworth ve M. J. Norry, (eds.), *Continental basalts and mantle xenoliths*, Shiva, *Cheshire*, 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbat, S. ve Mitchell, J.J. (1990). Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Türkiye, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229.
- Pelin, S. (1977). Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, *K.TÜ. Yayınları*, Trabzon, 87, 103s.
- Petford, N. ve Atherton, M. (1996). Na-rich partial melts from newly underplated basaltic crust: the Cordillera Blanca Batholith, Peru. *Journal of petrology*, 37(6), 1491-1521.
- Rapp, R. P. ve Watson, E. B. (1995). Dehydration melting of metabasalt at 8–32 kbar: implications for continental growth and crust-mantle recycling. *Journal of petrology*, 36(4), 891-931.
- Rapp, R. P., Shimizu, N., Norman, M. D. ve Applegate, G. S. (1999). Reaction between slab-derived melts and peridotite in the mantle wedge: experimental constraints at 3.8 GPa. *Chemical Geology*, 160(4), 335-356.

- Rojay, B. (1993). *Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of the Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya)*, [Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.]
- Rudnick, R. L. ve Gao, S. (2003). Composition of the continental crust. *Treatise on Geochemistry*, vol. 3. Treat Geochem, 1-64.
- Saydam Eker Ç., Sipahi, F. ve Kaygusuz A. (2012). Trace and Rare Earth Elements as Indicators of Provenance and Depositional Environments of Lias Cherts in Gümüşhane, NE, Türkiye, *Chemie der Erde*, 72, 167-177.
- Schmidt, M. W., Dardon, A., Chazot, G. ve Vannucci, R. (2004). The dependence of Nb and Ta rutile–melt partitioning on melt composition and Nb/Ta fractionation during subduction processes. *Earth and Planetary Science Letters*, 226(3-4), 415-432.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, M. B. (2014). Geochemistry of dacitic volcanics in the Eastern Pontides (NE Türkiye). *Geochemistry International*, 52(4), 296-315.
- Sipahi, F. (2005). *Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası*, [Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.]
- Sipahi, F., Akpınar, İ., Eker, Ç. S., Kaygusuz, A., Vural, A. ve Yılmaz, M. (2017). Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe–Cu skarn type mineralization in NE Türkiye: U–Pb zircon age, lithogeochemistry, mineral chemistry, fluid inclusion, and OHCS isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 32-52.
- Sipahi, F., Akpınar, İ., Gücer, M. A., Kaygusuz, A., Vural, A. ve Eker, Ç. S. (2025). Origin and tectonic setting of the carbonate-hosted Kopuz Fe skarn Deposit, Sakarya Zone, NE Türkiye. *Journal of Asian Earth Sciences*, 106769.
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A., ve Akpınar, İ. (2018). Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar Monzogranite example. *International Geology Review*, 60(3), 382-400.
- Sipahi, F., Saydam Eker, Ç., Akpınar, İ., Gücer, M. A., Vural, A., Kaygusuz, A. ve Aydurmuş, T. (2022). Eocene magmatism and associated Fe-Cu mineralization in northeastern Türkiye: a case study of the Karadağ skarn. *International Geology Review*, 64(11), 1530-1555.
- Sipahi, F., Zeybek, H. İ., Gücer, M. A. ve Işık, F. (2024). Comparison with carbonate rocks hosted iron skarn in the eastern Sakarya Zone (Gümüşhane, NE Türkiye): a

- geomorphologic, geochemical and stable isotopic approach. *Carbonates and Evaporites*, 39(3), 80.
- Sönmez, Ş. U., Moritz, R., Keskin, S., Turlin, F., Ulianov, A., Chiaradia, M. ve Aydın, Ü. (2024). Oligocene magmatism in the eastern Sakarya Zone, NE Türkiye: Geodynamic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 271, 106198.
- Stern, C. R. ve Kilian, R. (1996). Role of the subducted slab, mantle wedge and continental crust in the generation of adakites from the Andean Austral Volcanic Zone. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 123(3), 263-281.
- Sun, S. ve McDonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, In: A. D. Saunders ve M.J. Norry, (eds.), Magmatism in the Ocean Basins, *Geological Society of London Special Publication*, 42, 313-345.
- Şahin, S. Y., Aysal, N. ve Güngör, Y. (2012). Petrogenesis of late cretaceous adakitic magmatism in the İstanbul zone (Çavuşbaşı Granodiorite, NW Türkiye). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21(6), 1029-1045.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztuğ, D. (2004). Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçar Batholith granitoids in Eastern Pontide magmatic arc, Northern Türkiye. *Earth Planets Space*, 56, 429-446
- Şen, C. (2007). Jurassic Volcanism in the Eastern Pontides: Is It Rift Related or Subduction Related, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 523-539.
- Şen, P. ve Şen, E. (2013). Petrogenetic Characteristics Of Oyaca Kedikayası Boyalık Adakites In SW Ankara (Central Anatolia, Türkiye): Evidences For Slab Melt Metasomatism. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 146(146), 81-91.
- Tanyolu, E. (1986). *Pulur Masifi (Bayburt) doğu kesiminin jeolojisi*, 40. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 21-22.
- Taşlı, K. (1984). Hamsiköy (Trabzon) Yöresinin jeolojisi, *K.T.Ü., Dergisi*, 3, 69-76.
- Taşlı, K. (1990). *Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi*, [Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.]
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M. (1985). *The continental crust, its composition and evolution*. Blackwell, Oxford, 312.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yazar, E. A., Aslan, Z., Kaygusuz, A. ve Eraydın, T. B. (2022). Zircon UPb geochronology and petrology of the tholeiitic Gabbro from the Kovanlık (Giresun) area: constraints for the late cretaceous bimodal Arc

- magmatism in the Eastern Pontides orogenic belt, NE Türkiye. *Lithos*, 428, 106840.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu Yazar, E., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2020). Eocene tonalite–granodiorite from the Havza (Samsun) area, northern Turkey: adakite-like melts of lithospheric mantle and crust generated in a post-collisional setting. *International Geology Review*, 62(9), 1131-1158.
- Temizel, İ., Arslan, M. ve Sherlock, S. (2025). Post-collisional adakitic andesite suites originated from remnant slab-and delaminated lower crust-derived melts modified by mantle components: Constraints for petrogenesis of Cenozoic adakitic magmas in NE Türkiye. *Lithos*, 108339.
- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu, E. ve Yücel, C. (2014). Mineral Chemistry and Thermobarometry of Eocene Monzogabbroic Stocks from the Bafra (Samsun) Area in Türkiye: Implications for Disequilibrium Crystallization and Emplacement Conditions, *International Geology Review*, 56:10, 1226-1245.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J.J. (2012). Petrochemistry, Geochronology and Sr-Nd Isotopic Systematic of the Tertiary Collisional and Post-collisional Volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) Area, eastern Pontide, NE Türkiye: Implications for Extension-Related Origin and Mantle Source Characteristics, *Lithos*, 128, 126-147.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Yazar, E. A., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2019). U-Pb geochronology, bulk-rock geochemistry and petrology of Late Cretaceous syenitic plutons in the Gököy (Ordu) area (NE Türkiye): Implications for magma generation in a continental arc extension triggered by slab roll-back. *Journal of Asian Earth Sciences*, 171, 305-320.
- Temizel, İ., Yazar, E. A., Arslan, M., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2018). Mineral chemistry, whole-rock geochemistry and petrology of Eocene I-type shoshonitic plutons in the Gököy area (Ordu, NE Türkiye). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 157(157), 121-152.
- Tokel, S. (1972). *Stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane region (Ne Türkiye)*, [Doktora Tezi, Üniversitesi Koleji, Londra.]
- Tokel, S. (1977). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen Yaşlı Kalk-alkalen Andezitler ve Jeotektonizma, *TJK Bülteni*, 20,1, 49-54.
- Topuz, G. ve Altherr, R. (2004). Pervasive Rehydration of Granulites During Exhumation an Example from the Pulur Complex, Eastern Pontides, Türkiye, *Mineralogy and Petrology*, 81, 165-185.

- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H. (2004a). Aluminous Granulites from the Pulur complex, NE Türkiye: A Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallization, *Lithos*, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, W.H. (2004b). Low-Grade Metamorphic Rocks from the Pulur Complex, NE Türkiye: Implications for pre-Liassic Evolution of the Eastern Pontides, *International Journal of Earth Science (Geol Rundsch)*, 93, 72-91.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P. (2007). Variscan Amphibolite-facies Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex, Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Türkiye, *International Journal of Earth Sciences*, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A. (2005). Post collisional Plutonism with Adakite-like Signatures: The Eocene Saraycik Granodiorite (Eastern Pontides, Türkiye), *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M. ve Şen, C. (2010). Carboniferous High-potassium I-type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane Pluton (NE Türkiye), *Lithos*, 116, 92-110.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satır, M. ve Şen, C. (2011). Post-collisional Adakite-like Magmatism in the Ağvanis Massif and Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Türkiye), *Lithos*, 125, 131-150.
- Türk-Japon Ekibi (1985). *The Republic of Türkiye Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area*, Phase 1 Metal Mining Agency of Japan.
- Tüysüz, O. (1996). *Amasya ve Çevresinin Jeolojisi*, Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri, 32-48.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A. (2010). Late Paleozoic-Early Cenozoic Development of the Eastern Pontides (Artvin Area), Türkiye: Stages of Closure of Tethys Along the Southern Margin of Eurasia, *Spacial Publications*, Geological Society London, 340, 281-327.
- Ustaömer, T., Robertson, A. H., Ustaömer, P. A., Gerdes, A. ve Peytcheva, I. (2013). *Constraints on Variscan and Cimmerian magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli–Artvin bölgesi)*, (NE Türkiye) from U–Pb dating and granite geochemistry.

- Varol, E., Temel, A., Gourgaud, A. ve Bellon, H. (2007). Early Miocene adakite-like volcanism in the Balkuyumcu region, central Anatolia, Türkiye: Petrology and geochemistry. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30(5-6), 613-628.
- Vural, A., Akpınar, I. ve Sipahi, F. (2021). Mineralogical and chemical characteristics of clay areas, Gümüşhane Region (NE Türkiye), and their detection using the Crósta Technique with Landsat 7 and 8 Images. *Natural Resources Research*, 30(6), 3955-3985.
- Vural, A., ve Kaygusuz, A. (2019). Petrology of the paleozoic plutons in Eastern pontides: artabel pluton (Gümüşhane, NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8(2), 1216-1228.
- Vural, A., ve Kaygusuz, A. (2021). Petrographic and geochemical characteristics of late Cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliyana (Gümüşhane, NE Türkiye). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(2), 1796-1810.
- Wang, K. L., Chung, S. L. ve O'Reilly, S. (2004) Geochemical Constraints for the Genesis of Post-collisional Magmatism and the Geodynamic Evolution of the Northern Taiwan Region, *Journal of Petrology*, 45 975-1011.
- Wang, Q., McDermott, F., Xu, J. F., Bellon, H. ve Zhu, Y. T. (2005) Cenozoic Krich adakitic volcanic rocks in the Hohxil area, northern Tibet, Lowercrustal melting 110 in an intracontinental setting, *Geological Society of America*, 33 468-468.
- Wang, Q., Xu, J. F., Jian, P., Bao, Z. W., Zhao, Z. H., Li, C. F. ve Ma, J. L. (2006). Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensional tectonic setting, Dexing, South China: implications for the genesis of porphyry copper mineralization. *Journal of Petrology*, 47(1), 119-144.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A. (1976). Geochemical magma type discrimination: application to altered and metamorphosed basic igneous rocks, *Earth and Planetary Science Letters*, 28,459-469.
- Xu, J. F., Shinjo, R., Defant, M. J., Wang, Q. ve Rapp, R. P. (2002). Origin of Mesozoic adakitic intrusive rocks in the Ningzhen area of east China: partial melting of delaminated lower continental crust. *Geology*, 30(12), 1111-1114.
- Xu, W., Hergt, J. M., Gao, S., Pei, F., Wang, W. ve Yang, D. (2008). Interaction of adakitic melt-peridotite: Implications for the high-Mg# signature of Mesozoic adakitic rocks in the eastern North China Craton. *Earth and Planetary Science Letters*, 265(1-2), 123-137.

- Yıldız, M. (2012). *Büyükorhan-Geynik (Bursa) civarında mostra veren adakitik porfiri dayklarının petrolojisi ve jeokronolojisi* (Tez No. 322859) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Yılmaz, A., Engin, T., Adamia S. ve Lazarashvili T. (1997). *Geoscientific Studies of the Area Along Turkish-Georgian Border*, MTA, Ankara.
- Yılmaz, C. (1993). Doğu Pontid Güney Zonu'nun stratigrafik deneştirmesi ve paleo coğrafik evrimi, *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Sayı 7, Ss: 199-214.
- Yılmaz, C. (1995). Gümüşhane-Bayburt yöresindeki Alt Jura çökellerinin fasiyes ve ortamsal nitelikleri (KD Türkiye), *Yerbilimleri*, 26, 119-128.
- Yılmaz, C. (2002). Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 1, 141 165.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D. (1996). Space and Time Relations of Three Plutonic Phases in the Eastern Pontides, Türkiye, *International Geology Review*, 38, 935-956.
- Yılmaz, Y. (1976). Geochemical Study of the Gümüşhane Granite, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, Seri B, 39, 3-4, 173-203.
- Yılmaz, A. (2024). Adakitik magmatizma ve metalojeni ilişkisi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 48 (1), 35-50.
- Yogodzinski, G. M., Kay, R. W., Volynets, O. N., Koloskov, A. V. ve Kay, S. M. (1995). Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region: implications for slab melting and processes in the mantle wedge. *Geological Society of America Bulletin*, 107(5), 505-519.
- Yumul Jr, G. P., Dimalanta, C. B., Faustino, D. V. ve De Jesus, J. V. (1998). Upper mantle-lower crust dikes of the Zambales Ophiolite Complex (Philippines): distinct short-lived, subduction-related magmatism. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 84(3-4), 287-309.
- Yücel, C. (2019). Geochronology, geochemistry, and petrology of adakitik Pliocene-Quaternary volcanism in the Şebinkarahisar (Giresun) area, NE Türkiye. *International Geology Review*, 61(6), 754-777.
- Yücel, C. (2013). *Trabzon-Giresun Arasındaki Tersiyer Volkanitlerinin Petroğrafisi, ^{40}Ar ^{39}Ar Jeokronolojisi, Petrokimyası, Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası ve Petrolojisi*, [Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü], 285 sayfa.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Yazar, E. A. ve Ruffet, G. (2017). Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional

- setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Türkiye). *Gondwana Research*, 45, 65-86.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ. ve Abdioğlu, E. (2014). Volcanic Facies and Mineral Chemistry of Tertiary Volcanics in the Northern Part of the Eastern Pontides, Northeast Türkiye: Implications for Pre-eruptive Crystallization Conditions and Magma Chamber Processes, *Mineralogy and Petrology*, 108, 439–467.
- Yücel, C., Aydınçakır, E., Kaygusuz, A., Arslan, M., Yi, K., Jeong, Y. J. ve Ciceralli, D. (2024). Petrogenesis of Late Cretaceous A-type plutonic rocks from the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Türkiye): constraints from zircon U-Pb geochronology, zircon Lu-Hf and whole-rock Sr-Nd-Pb-Hf isotopes. *International Geology Review*, 66(11), 2055-2078.
- Zhang, Q., Wang, Y., Qian, Q., Yang, J., Wang, Y. ve Zhao, T. (2001). The characteristics and tectonic-metallogenic significances of the adakites in Yanshan period from eastern China. *Acta Petrologica Sinica*, 17(2), 236-244.
- Zhu, D. C., Zhao, Z. D., Pan, G. T., Lee, H. Y., Kang, Z. Q., Liao, Z. L., Wang, L. Q., Li, G. M., Dong, G. C. ve Liu, B. (2009) Early cretaceous subduction-related adakite like rocks of the Gangdese Belt, southern Tibet: Products of slab melting and subsequent melt-peridotite interaction, *Journal of Asian Earth Science*, 34 298-309.
- Zoroğlu, O. ve Kadioğlu, Y. (2010). Geology And Petrography Of Oymaağaç (Beypazarı Ankara) Granitoid. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2), 299-308.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hacer AKÇAY

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Gümüşhane Üniversitesi Harita Mühendisliği
(2013-2017)

Yüksek Lisans Öğrenimi : Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği
(2022-Devam ediyor)

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetler ve : -

Yayınlar

İş Deneyimi

Stajlar : Trabzon Karayolları İl Müdürlüğü (2015)
İlkeler Mühendislik/MALATYA (2016)

Projeler : -

Çalıştığı Kurumlar : Islahiye Belediyesi (2019)
Murat Özer Harita Mühendislik Bürosu (2021)

Tarih : 08.07.2026