

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ (TRABZON-HAMSİKÖY) ADAKİT BENZERİ
ASİDİK PORFİRLERİN MİNEROLOJİK, PETROGRAFİK VE PETROLOJİK
AÇIDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Murat KETENCİ

**ARALIK 2009
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ (HAMSİKÖY-TRABZON) ADAKİT BENZERİ
ASİDİK PORFİRLERİN MİNEROLOJİK, PETROGRAFİK VE PETROLOJİK
AÇIDAN İNCELENMESİ**

Jeoloji Müh. Murat KETENCİ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15. 12. 2009
Tezin Savunma Tarihi : 31.12. 2009**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. İbrahim UYSAL
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Murat ERDURAN

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın konusunu bana öneren ikinci danışman hocam Doç. Dr. Orhan KARSLI'ya, hoşgörüsünden, emeğinden, maddi ve manevi tüm desteğinden dolayı ne kadar teşekkür etsem azdır.

Tez çalışmam esnasında her türlü desteğini, önerisini ve hoşgörüsünü esirgemeyen Tez Danışmanım Yrd. Doç. Dr. İbrahim UYSAL'a, katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecinde, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım başta sayın hocalarım, Prof. Dr. Cüneyt ŞEN'e, Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR'e, Yrd. Doç. Dr. Murat ERDURAN'a, Öğretim Görevlisi İbrahim AKPINAR'a, Arş. Gör. Enver AKARYALI'ya Arş. Gör. Emre AYDINÇAKIR'a ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Durmuş BOZTUĞ, Prof. Dr. Mehmet ARSLAN ve Uzman. Dr. İrfan TEMİZEL'e çok teşekkür ederim.

İyi ve kötü günde hep yanımda olan, özellikle yazım aşamasındaki desteklerinden dolayı arkadaşlarım Arş. Gör. Mehmet Ali GÜCER'e, Arş. Gör. Aytek ERSAN'a, Arş. Gör. Ayberk KAYA'ya ve Arş. Gör. Ahmet Dünder ŞEN'e, Mimar Mevlüt GÜNAYDIN'a ve Jeoloji Müh. Remziye AKDOĞAN'a içtenlikle teşekkür ederim.

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki adakit benzeri asidik porfirlerin petrografik, petrolojik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesini amaçlayan bu çalışma, TÜBİTAK 107Y177 nolu araştırma projesi tarafından desteklenmiştir, söz konusu proje süresi boyunca bursiyer olarak maddi imkân sağlayan TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, maddi ve manevi her türlü destekleri için aileme, özellikle de anneannem Şükran ZARKAN, babam İrfan KETENCİ ve annem Ayşe KETENCİ'ye sonsuz şükranlarımı sunarım.

Murat KETENCİ
Trabzon 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
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	3
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim	3
1.3. Doğu Karadeniz Bölgesinin Genel Jeolojisi.....	3
1.4. Önceki Çalışmalar	7
1.4.1. İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinde Yapılan Çalışmalar	7
1.4.2. Dünya Literatüründe Adakitik Asidik Porfir Kayaçlarla İlgili Çalışmalar	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	15
2.1. Amaç ve Yöntemler.....	15
2.1.1. Arazi Çalışmaları	15
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları	15
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	15
2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekilmesi	16
2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması	16
2.1.2.4. Kimyasal Analizler	16
2.1.2.5. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı.....	17
2.1.2.6. Ar-Ar Yaşlandırma Analizi	17
2.1.2.7. Rb-Sr ve Sm-Nd İzotopik Analizleri	18
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	18

3.	BULGULAR.....	19
3.1.	İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi	19
3.1.1.	Andezit, Dasit ve Bunların Piroklastitlerinin Petrografisi	22
3.1.2.	Adakit Benzeri Asidik Porfirler	24
3.2.	Jeokronoloji	27
3.2.1.	⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar yaşlandırması	27
3.3.	Jeokimya	29
3.3.1.	Adakit Benzeri Asidik Kayaçların Jeokimyası.....	29
3.3.1.1.	Ana ve İz Element Jeokimyası	29
3.3.1.2.	Rb-Sr ve Sm-Nd İzotop Jeokimyası	40
3.4.	Petrolojik Evrim.....	42
3.5.	Kaynak Özellikleri.....	45
3.6.	Jeodinamik Evrim.....	46
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	48
5.	KAYNAKLAR	49
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

“Adakit benzeri asidik porfirlerin mineralojik, petrograifk ve petrolojik açıdan incelenmesi” isimli bu çalışma ile inceleme alanında Geç Kretase yaşlı yitim kökenli volkanitler ve Orta Eosen yaşlı adakitik asit porfirler olmak üzere iki ana birim ayırtlanmıştır.

Bu çalışmada özellikle adakit benzeri asidik porfirlerin mineralojik, petrograifk ve petrolojik özellikleri incelenmiş, köken ve jeodinamik evrim süreçleri ortaya konulmuştur. Ana mineral olarak plajiyoklas, alkali feldispat, kuvars, amfibol ve az miktarda FeTi-oksit içermektedir.

Tonalit porfirlerdeki amfibol mineralleri üzerinde yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşlandırması ile 43.76 ± 0.36 milyon yıl soğuma yaşı elde edilmiştir. Jeokimyasal ve petrolojik veriler, söz konusu porfirlerin adakit karakterli olduklarını, genellikle I-tipi, metaluminden peralumin karaktere doğru bir değişim sunmakla birlikte, yüksek potasyumlu kalk-alkalen ve kalk-alkalen yönsemeye sahip olduklarını göstermiştir.

Kayaçların göreceli yüksek Rb-Sr ve Sm-Nd izotop bileşimleri, bu kayaçların alt kabuksal kaynaklı olabileceklerine işaret etmektedir. Tüm veriler birleştirildiğinde, çalışılan adakit porfirlerin, Orta Eosen’de, Pontid alt kabuğunun kısmi ergimesiyle oluştuğu, kısmi ergime sonucu oluşan ergiyiğin önemli derecede fraksiyonlaşmadığı anlaşılmaktadır. Bu bilgiler ışığı altında, kayaçların söz konusu dönemde kıta-kıta çarpışmasını takip eden extansiyonel rejimde gelişmiş olduklarını işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hamsiköy-Trabzon, Adakit, Andezit ve Dasit, Kuzeydoğu Türkiye, Mineraloji, Petrografi, Petroloji

SUMMARY

Mineralogical, Petrographical and Petrological Investigation of the Adakite like Rocks of Hamsiköy Area (Maçka-Trabzon-TURKEY).

In this study “ titled mineralogical, petrographical and petrological investigation of adakite like asidic porphyries of Hamsiköy area, Northeastern Turke” two different units were determined, these are Late Cretaceous aged subduction related volcanics and Mid-Eocene aged adakite acid porphyries.

With this study particually mineralogical, petrographical and petrological characteristics of adakite like acidic porphyries were determined and their origins and geodynamic evolution terms were put forward.

Adakite like porphyries contain plagioclase, alkali feldspar, quartz, amphibole as main minerals and with less amount of Fe-Ti. The cooling age of these rocks were obtained as $43,76 \pm 0,36$ Ma with $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age determination on amphibolite (hornblende) separate. Geochemical and petrological data showed that these porphyries are adakite in characteristics, generally I-type and although they present a changes from metaluminous to peraluminous, but they demonstrate a high potassium calc-alkaline and calc-alkaline charecteristics.

The relatively high Rb-Sr and Sm-Nd isotopic composition of the rocks point out that these rocks might belong to lower mantle crust source. When all data were put together, adakite porphyries studied were formed with partial melting of lower crust. It is understood that the melt occurred with partial melting has not been fractionated of substantial degree. Under the light of these information, it can be said that these rocks were developed during the term mentioned above, in an extantional regime following continent-continent collision event.

Key Words: Hamsiköy-Trabzon, Adakites, Andesite and Dacite, NE Turkey, Mineralogy, Petrography, Petrology

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

- Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (3D uydu görüntüsü; URL-1).....2
- Şekil 2. Türkiye'nin tektonik birlikleri ve tektonik yapıları (Okay ve Tüysüz,.....4
- Şekil 3. Doğu Pontidlerin Ana Yapısal Özellikleri. 1: Paleozoyik metamorfik temel, 2: Paleozoyik granitler, 3: Serpantinitleler, 4: Mesozoyik tortul kayalar, 7: Kretase ve Eosen yay volkanitleri, 8: Üst Kretase ve Eosen yay granitleri, 9: Dom, 10: Kıvrım Eksenler, 11, Doğru atımlı faylar, 12: Bindirme 13: Normal fay, 14: Çalışma Alanı, KAF= Kuzey Anadolu Fayı, KDAF= Kuzeydoğu Anadolu Fayı (Bektaş, 1986).....5
- Şekil 4. Doğu Karadeniz Kuzey Zonu'na ait genelleştirilmiş dikme kesit (Güven, 1993'ten alınmıştır).....20
- Şekil 5. Çalışma Alanının Jeolojik Haritası.21
- Şekil 6. Çalışma alanının doğu kesiminde gözlenen Geç Kretase yaşlı andezit.....22
- Şekil 7. Geç Kretase yaşlı, yitim kökenli andezitik kayaların mikroskobik görünümüleri.....23
- Şekil 8. İnceleme sahasında gözlenen dasitlerin mikroskobik görünümüleri.24
- Şekil 9. Adakit benzeri asit porfirlerin makroskobik görünümüleri25
- Şekil 10. Adakit porfirlerin dokusal (EMG) görünümüleri. A) kuvars monzonit porfir; Fe-Ti: Manyetit ve ilmenitler, Amf: amfibol. B) kuvars monzonit porfir; K: kuvars. C) granodiyorit porfir. D) kuvars monzonit porfir; Pl: plajiyoklas, A: alkali feldsipat.....26
- Şekil 11. Adakit benzeri kayaların polarizan mikroskop görünümüleri.26
- Şekil 12. Doğu Pontid adakit porfirlerinin hornblend $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ yaş spektralleri.....27
- Şekil 13. Doğu Pontid adakit porfirlerinin toplam alkali içeriklerine karşın SiO_2 diogramındaki (Middlemost, 1994) sınıflanmaları29
- Şekil 14. Adakitik porfirlerin; a: Alkali doygunluk indeksine karşın SiO_2 diyagramındaki, b: $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{NaO} + \text{K}_2\text{O}$ (molar) değerine karşın alkali doygunluk indeksi diyagramındaki (Maniar ve Piccoli, 1989), c: K_2O içeriklerine karşın SiO_2 değişim diyagramlarındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) dağılımları.....30
- Şekil 15. Adakitik porfir kayaların; a: Sr/Y oranına karşın Y içeriği ve b: Kondrit normalize La/Yb oranlarına karşın Yb değerleri değişim diyagramındaki yerleri. Adakit ve yay karakterli kalk-alkalin lavları yansıtan alanlar, Martin (1999)'dan alınmıştır. Nadir Toprak element modellemesi için, başlangıç materyali olarak Doğu Pontidler'den bir gabro örneği (G518; Dokuz ve diğ., 2006) seçilmiştir. Modelleme amfibolit ve eklojit denge şartlarında kabul edilmiş ve garnet içeriğinin değişken olduğu düşünülerek, modelleme için Irving ve Frey (1978), Fujimaki ve diğ. (1984) ve Sisson (1994) tarafından önerilen dağılım katsayıları kullanılmıştır.31
- Şekil 16. Doğu Pontid adakitik porfirlerinin; a: SiO_2 içeriklerine karşın Al_2O_3 içerikleri, b: SiO_2 içeriklerine karşın Na_2O içerikleri, c: SiO_2 içeriklerine

- karşın MgO içerikleri, d: SiO₂ içeriklerine karşın CaO içerikleri, e: SiO₂ içeriklerine karşın K₂O içerikleri, f: SiO₂ içeriklerine karşın toplam demir oksit içerikleri, g: SiO₂ içeriklerine karşın Sr/Y oranları, h: SiO₂ içeriklerine karşın La değerleri ve i: SiO₂ içeriklerine karşın Ba değerleri değişim diyagramları. Olivin + klinopiroksen + plajiyoklas + hornblend + titanomagnetit içeren düşük basınç fraksiyonel kristallenme (DBFK) yönsemesi Castillo ve diğ. (1999) ve garnet içeren yüksek basınç fraksiyonel kristallenme (YBFK) yönsemesi Macpherson ve diğ. (2006)'dan alınmıştır.....32
- Şekil 17. Adakitik porfirlerinin; a: kondrit normalize (Boynton, 1984) nadir toprak element modelleri, b: N-MORB normalize (Sun ve McDonough, 1989) çoklu element profilleri ve c: Nb/Ta oranına karşın Zr/Sm oranı değişim diyagramındaki (Condie, 2005). Kopub batan alt kabuktan türeyen adakit alanı verileri Xu ve diğ. (2002) ve Wang vd., (2004a,b, 2006)'dan alınmıştır. Yiten slabdan türeyen adakit alanı verileri yayınlamış verilerdir (Defant ve Drummond, 1990; Kay vd., 1993; Stern ve Kilian, 1996; Defant vd., 2002). Kalınlaşmış alt kabuktan türeyen alanlar ise aşağıdaki literatürden alınmıştır. Atherton ve Petford (1993); Muir vd., (1995); Petford ve Atherton (1996); Johnson vd., (1997); Xiong vd., (2003). Doğal slab ergiyik alanı ise Kepezhinskas vd., (1995) ve Sorensen ve Grossman (1989)'dan alınmıştır.34
- Şekil 18. Doğu Pontid adakit benzeri asidik porfirlerinin konvensiyonel izotop diyagramındaki yerleri.42
- Şekil 19. Doğu Pontid adakitik porfirlerinin SiO₂ içeriklerine karşın Mg# değişimleri. Manto AFK eğrileri Stern ve Kilian (1996) (Eğri 1) ve Rapp ve diğ. (1999) (Eğri 2) den alınmıştır. Eğri 1 için başlangıç noktası, Stern ve Kilian (1996) tarafından önerilen, saf slab kompozisyonunu temsil etmektedir. Eğri 2 için başlangıç noktası, Rapp ve diğ. (1999) tarafından önerilen, peridotit ile hibritleşmeyen metabazaltik ve eklojit kompozisyonlarını temsil etmektedir. Yiten okyanus kabuğundan ve kopup batan alt kabuktan türeyen adakit alanları Şekil 16'daki kaynaklardan elde edilmiştir. Metabazaltik ve eklojitik deneysel ergiyik alanları (1–4.0GPa), Rapp vd. (1991, 1999, 2002); Şen ve Dunn (1994); Rapp ve Watson (1995); Skjerlie ve Patiño Douce (2002)'den derlenmiştir.43
- Şekil 20. Adakitik porfirlerinin MgO içeriklerine karşın SiO₂ içerikleri değişim diyagramındaki yerleri. Karşılaştırma amaçlı seçilen alan verileri Şekil 19'deki kaynaklardan alınmıştır.45
- Şekil 21. Doğu Pontid adakitik porfirlerinin Al₂O₃/(FeO+MgO+TiO₂) oranına karşın Al₂O₃+FeO+MgO+TiO₂ oranı değişim diyagramındaki yerleri. Deneysel olarak üretilmiş pelit, grovak ve amfibolit ergiyiği alanları Patiño Douce (1999)'dan alınmıştır.46
- Şekil 22. Adakitik porfirlerinin Batchelor ve Bowden (1985) tektonik ayırtma diyagramındaki yerleri. R1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti); R2 = 6Ca + 2Mg + Al olarak tanımlanmıştır47

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Doğu Pontid adakit porfirlerinin ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırma yöntemi ile elde edilen sayısal değerleri.....	28
Tablo 2. Hamsiköy yöresine ait kuvars monzonit porfir kayaçlarına ait ana (% ağı.), iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element değerleri	35
Tablo 3. Hamsiköy yöresine ait tonalit porfir kayaçlarına ait ana (% ağı.), iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element değerleri	36
Tablo 4. Hamsiköy yöresine ait granodiyorit porfir ve granit porfir kayaçlarına ait ana ve iz element değerleri	39
Tablo 5. Doğu Pontid adakit porfirlerinin Rb-Sr ve Sm-Nd izotopik bileşimleri.....	41

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A/CNK:	Moleküler ($Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$)
Ab (alb):	Albit
ADI :	Alkali Doygunluk İndeksi
Amf :	Amfibol
An :	Anortit
ANTE :	Ağır nadir toprak elementler
ÇA :	Çalışma Alanı
DAF :	Doğu Anadolu Fayı
DBFK :	Düşük Basınç Fraksiyonel Kristallenmesi
EMG :	Elektron Mikroskop Görüntüleri
Eu* :	$(Sm+Gd)_N/2$,
Fe ₂ O ₃ *:	Fe ₂ O ₃ cinsinden toplam demir
Feld :	Feldispat
Hb :	Hornblend
HNTE :	Hafif nadir toprak elementler
KAF :	Kuzey Anadolu Fayı
Klp :	Klinopiroksen
Km :	Kilometre
Ku :	Kuvars
BIYLE:	Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
LOI :	Toplam uçucu içeriği
Mg# :	Magnezyum numarası
mm :	milimetre
OOSB :	Okyanus ortası sırtı bazaltı
Mus :	Muskovit
Olv :	Olivin
Or :	Ortoklas
Orp :	Ortopiroksen
Plj :	Plajiyoklas
YAEE :	Yüksek Alan Enerji Elementleri
YBFK :	Yüksek Basınç Fraksiyonel Kristallenmesi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

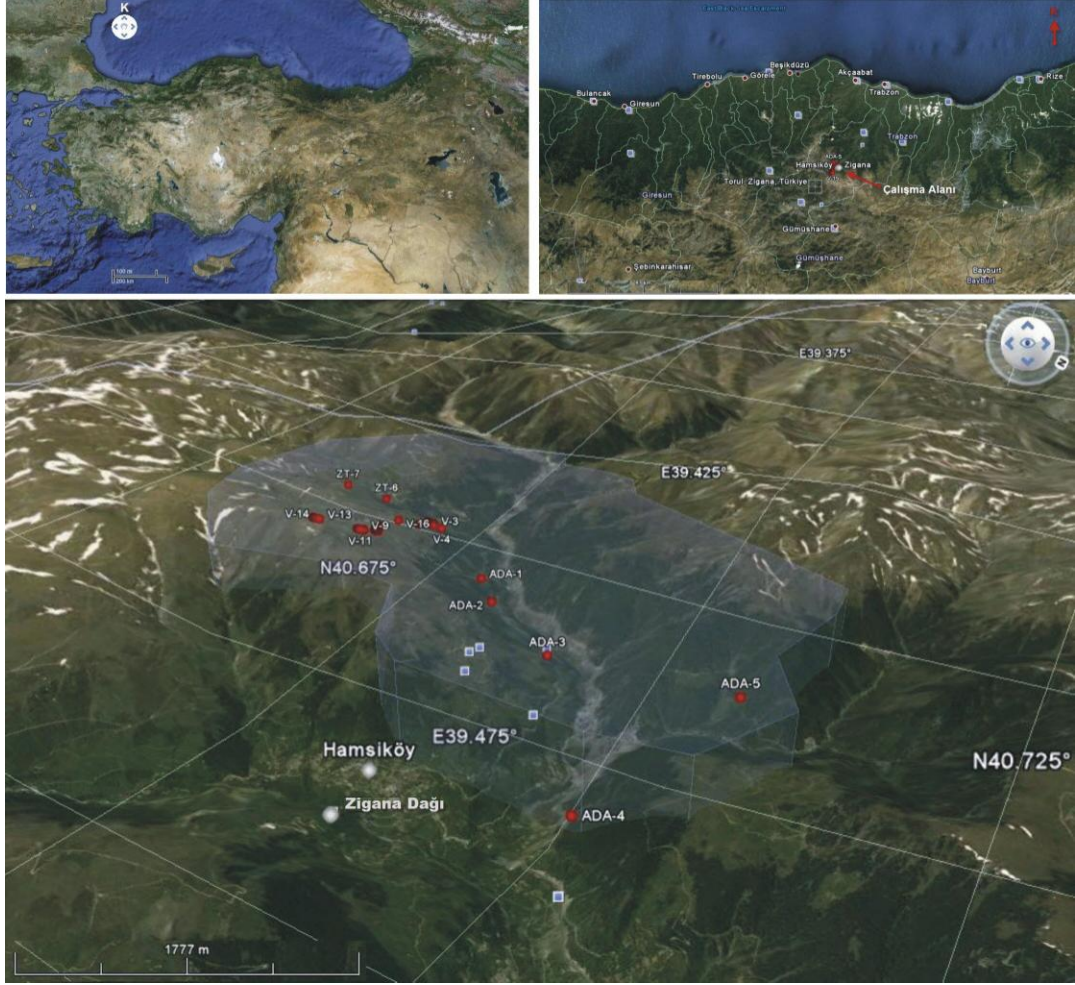
Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Alp-Himalaya Dağ silsilesinin üzerinde olan Doğu Karadeniz Dağları'nın Zigana Dağı kuzey kesiminde yer almaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Bölümü (Doğu Pontidler) zengin maden yatakları içermesi, tektoniği ve genel jeolojisi açısından günümüze kadar birçok araştırmacının (Adamia vd., 1977; Akın, 1978, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Özsayar vd., 1981; Bektaş vd., 1984; Türk-Japon Ekibi, 1985; Van, 1990; Yalçınalp, 1992; Arslan vd., 1997, 1998; Topuz vd., 2005; Karşlı vd., 2007; Aydın vd., 2008; Dokuz vd., 2009; Karşlı vd., 2009) ilgisini çekmiştir.

Bu çalışmada, küçük sokulumlar halinde yüzeyleyen adakit benzeri porfir kayaçlarının petrografik, mineralojik ve petrolojik yönden incelenmesi ve bunların jeodinamik önemlerinin tartışılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılarak, kayaçların söz konusu özellikleri incelenmiş olup, kayaçların kökeni ve oluşum süreçlerine yönelik bilgiler ortaya konulmuştur.

1.2. Coğrafik Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

Çalışma alanı, Trabzon ili Maçka ilçesine bağlı, il merkezinin yaklaşık 50 km kadar doğusundaki Hamsiköy civarında bulunmaktadır. 1/25000 ölçekli G42-b4, G42-b3 paftaları içinde yer alan inceleme alanı, yaklaşık 65 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (3D uydu görüntüsü; URL-1).

1.2.2. Topografya

İnceleme alanında topografya oldukça engebeli olup, çalışma alanının büyük bir bölümü sarp ve geçit vermeyen dağlar ile kaplıdır. Zigana dağları olarak bilinen bu dağ silsilesini Hamsiköy Dere vadisi kuzey-güney yönünde ikiye bölmektedir. Yörenin kuzeyden güneye geçit veren tek kesimi Zigana Geçiti (2036 m)'dir. İnceleme alanında, Hamsiköy Dere'nin içinden aktığı vadi tabanı ile en yüksek tepe (Çevirmegöze Tepe 2647m) arasındaki kot farkı yaklaşık olarak 1600m'dir. Vadi yamaçları ortalama 30°'lik eğimlerle yükselerek 2500 m'nin üzerindeki tepeler ile son bulmaktadır. Çalışma alanının güneyinde, Alasadağı Tepe (2511m), Çevirmegözü Tepe (2647m), Tuzlak Tepe (2111m), Turnaoba Tepe (2437m) ve Taşlı Tepe (2438m) gibi yükseklikleri 2000m'nin üzerinde çok sayıda tepe bulunur.

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında Doğu Karadeniz Bölgesi'ne özgü genelde her mevsim yağışlı olan bir iklim görülür. Temmuz ve Ağustos aylarında, diğer aylara göre daha az yağış vardır. Yörenin oldukça yüksek olması nedeniyle kışlar soğuk geçer, kasım ayından nisan ayına kadar olan yağışlar genellikle kar şeklindedir.

Bitki örtüsü oldukça zengindir. Çalışma alanının yaklaşık % 25'ini ormanlık bölgeler kaplamaktadır. Ormanın büyük bölümünü sarıçam, ladin ve gürgen ağaçları oluşturmaktadır. Topoğrafik şartların zorluğundan dolayı tarım oldukça kısıtlıdır. Genellikle bahçe tarımı yapılmaktadır. Yüksek kesimlerde büyük ve küçükbaş hayvanlar için meralar vardır. Yaylalar hayvancılık için zengin otlaklarla kaplıdır. Tüm yöre halkı geçimini hayvancılıkla karşılamaktadır.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

Çalışma alanına ana ulaşım Trabzon-Gümüşhane devlet karayolu ile sağlanır. Bu karayolu Değirmendere vadisini izleyerek kuzey-güney doğrultusunda devam eder. Sahanın büyük bir bölümü sarp ve geçit vermeyen dağlarla kaplıdır. Yörenin kuzeyden güneye geçit veren tek kesimi Zigana Geçiti (2036m)'dir.

Çalışma sahası, Trabzon ili'ne 54 km uzaklıkta olup, Gümüşhane ili'ne 48 km uzaklıkta olup, 6Trabzon-Gümüşhane devlet karayolu üzerinde olduğundan ulaşım ile ilgili pek sorun yaşanmamaktadır. Ancak ova ve yayla köylere bağlantı toprak yollarla sağlanmakta ve sarp topografyadan dolayı ulaşımında güçlükler yaşanmaktadır.

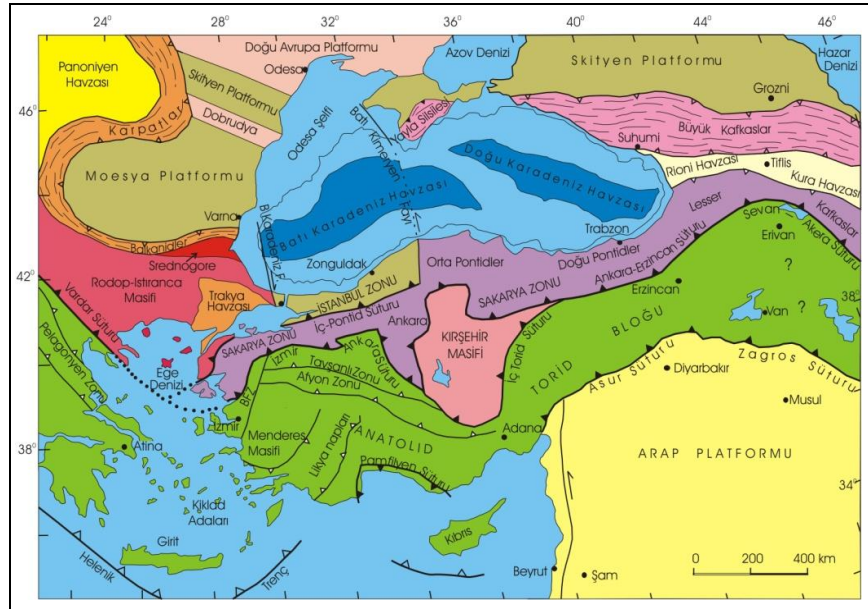
1.3. Doğu Karadeniz Bölgesinin Genel Jeolojisi

Çalışma alanını da içine alan bölgeye Okay ve Tüysüz (1966) Türkiye'nin tektonik ünitelerini orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Pontidler (Karadeniz Dağları), Anatolitler, Toritler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır (Şekil 2).

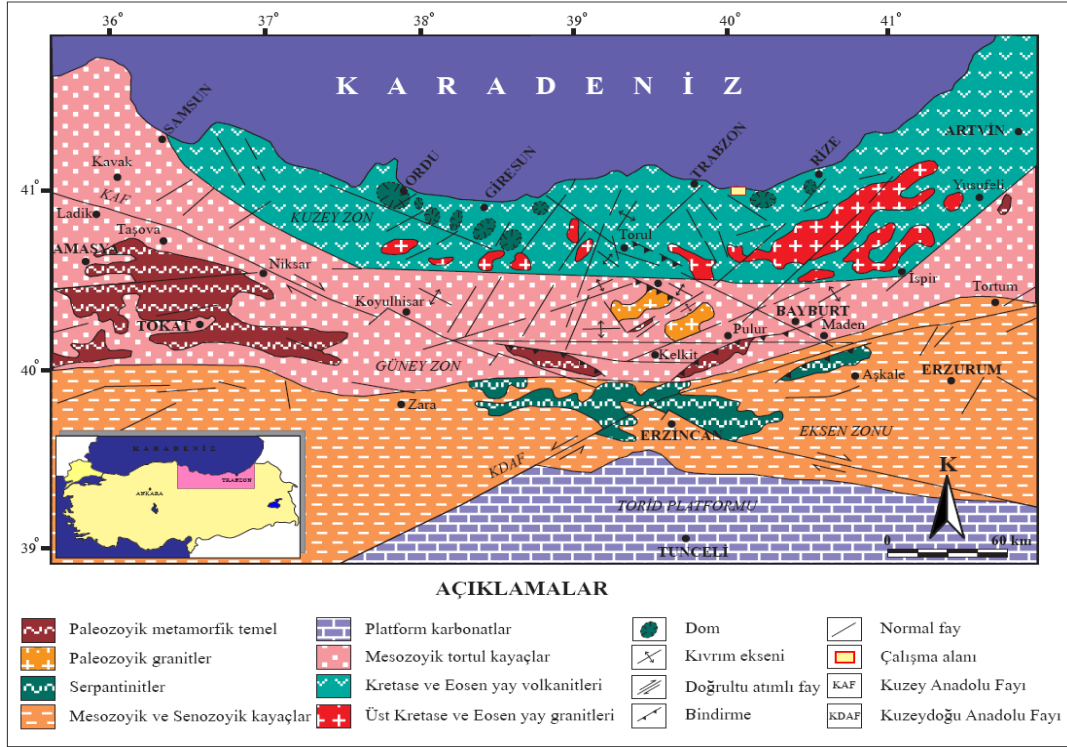
Ketin ve Canitez (1972), bu tektonik birlikleri yeniden düzenleyerek, Pontidler (Karadeniz Dağları) ‘Doğu Karadeniz-Doğu Pontid’ ve ‘Batı Karadeniz-Batı Pontid’ olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Doğu Karadeniz Bölümü’nde Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdiklerinden dolayı güney (iç) ve kuzey (dış) bölümlere ayrılmıştır (Akın,1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Bektaş (1986), Doğu Karadeniz magmatik, tektonik ve sedimantolojik evrim aşamalarına göre kuzeyden güneye doğru kuzey zon, güney zon ve eksen zonu olmak üzere üç alt zona ayırmıştır (Şekil 3).

Doğu Pontid’lerde temel teşkil ettikleri kabul edilen Paleozoyik yaşlı kayaçlar kristalen şistler ve granitlerden oluşmaktadır. Doğu Pontid Güney Zonu’nda egemen olan bu kayaçlar (Zankl, 1961, 1962; Açar, 1977; Gedikoğlu, 1978), Doğu Pontid Kuzey Zonu’nda seyrek olarak görülürler (Türk-Japon Ekibi, 1985; Boynukalın, 1990).

Temeli oluşturan metamorfik kayaçlar, Liyas öncesinde Paleozoyik yaşlı granitoidik kayaçlar tarafından kesilmişlerdir (Çoğulu, 1975). Granitoidik kayaçlar büyük plütonik kütleler halinde Gümüşhane yöresinde ve Gümüşhane-Köse arasında (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992), küçük mostralarda halinde Giresun güneyinde metamorfik kayaçlarla birlikte görülmektedir (Schultze-Westrum, 1961).



Şekil 2. Türkiye'nin tektonik birlikleri ve tektonik yapıları (Okay ve Tüysüz, 1999).



Şekil 3. Doğu Pontidlerin Ana Yapısal Özellikleri. 1: Paleozoyik metamorfik temel, 2: Paleozoyik granitler, 3: Serpantinitleler, 4: Mesozoyik tortul kayaçlar, 7: Kretase ve Eosen yay volkanitleri, 8: Üst Kretase ve Eosen yay granitleri, 9: Dom, 10: Kıvrım Eksenleri, 11, Doğrultu atımlı faylar, 12: Bindirme, 13: Normal fay, 14: Çalışma Alanı, KAF= Kuzey Anadolu Fayı, KDAF= Kuzeydoğu Anadolu Fayı (Bektaş, 1986).

Erken Jura yaşlı volkano-tortul kayaçlar, Gümüşhane bölgesinde Geç Karbonifer (Topuz vd., 2008) yaşlı Gümüşhane Granitoidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelinler ve konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve volkanitlerden oluşmaktadır (Kandemir, 2004). Schultz-Westrum (1961) Giresun-Aksu civarında Liyas'tan başlayarak Alt Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizmayı "Alt Bazik Seri" olarak isimlendirmişlerdir.

Bunlardan Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Granitoidi metamorfik kayaçları keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd. 2008). Jura granitoidleri (Dokuz vd. 2009) ve Kretase-Paleosen granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayaçlarla dokanak yapmaktadır (JICA, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004; Karşı vd., 2009).

Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm Mesozoyik ve Senozoyik birimleri görülür (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2002; Arslan ve Aslan 2006; Karşlı vd., 2007).

Üst Kretase'de klavuz seviye olarak kabul edilen kırmızı kireçtaşları, Güney Zon'da tek bir seviye halinde ve Üst Kretase'nin tabanında görülmekte, Kuzey Zon'da ise birkaç seviye halinde volkaniklerle ara katkılı olarak bulunmaktadır (Bektaş, 1984). Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda Üst Kretase'nin tabanı tartışmalıdır. Schultz-Westrum (1961)'a göre Alt Kretase'de başlayan "Alt Bazik Seri" Üst Kretase'nin başında devam etmekte, Üst Kretase'de "Alt Bazik Seri" ye "Hippuritli Kalkerler" ve "Tüffitik Kalker-Marn Serisi" eşlik etmekte, bunun üzerinde dasit ve piroklastları ile inoceramuslu kırmızı kalkerler yer almakta ve bunların üzerine de bazik volkanitler gelmektedir. Bu bazik volkanik kayalar kısmen Eosen'de devam ederek "Üst Bazik Seri"yi oluşturmuşlardır. Doğu Pontid Güney Zonu'nda Üst Kretase, Berdiga Formasyonu üzerine aşıl uyumsuzlukla gelen kumlu kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu birimi şarap kırmızısı renkli kırmızımsı kireçtaşları uyumlu olarak üstlenmektedir. Volcano-Tortul seriden oluşan birim kırmızı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Tokel, 1972; Eren, 1983).

Üst Kretase-Paleosen geçişi Doğu Pontidler'de yer yer gözlenmektedir. Şarman (1975), Tirebolu'nun güneydoğusunda Üst Kretase kalkerlerinin devamı olarak Paleosen tespit etmiştir. Hopa-Cankurtaran yöresinde volkano-tortul seri, Üst Kretase'den Eosen'e kesintisiz geçmektedir (Özsayar vd., 1981). Kale (Gümüşhane) yöresinde Üst Kretase yaşlı filişle başlayan istif, uyumsuz olarak konglomera ve mikritik kireçtaşlarından oluşan Paleosen yaşlı Kale Formasyonu'na geçmekte ve Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu ile örtülmektedir (Aliyazıcıoğlu, 1999).

Pontid'lerde genellikle Kretase ve Paleosen yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ile Eosen yaşlı birimler ve bunların andezit ve piroklastitler ile filiş çökellerinden oluşan seriler üstlenmektedir. Gedikoğlu (1970), Çambaşı ve Gököy yörelerinde Eosenin taban konglomerası ile başladığını belirtmiştir.

Oligosen, Trabzon, Ünye ve Fatsa yörelerindeki sahil kesimlerinde görülmektedir (Schultz-Westrum, 1961; Özsayar, 1971; Aydın, 2002). Neojene ait tortullar Trabzon-Akçaabat ve Rize Pazar sahillerine yakın yerlerde mevcuttur (Yalçınlar, 1952; Özsayar, 1971). Kuvarterner yaşlı oluşuklar traverten ve alüvyonlardan oluşmaktadır.

1.4. Önceki Çalışmalar

1.4.1 İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinde Yapılan Çalışmalar

İnceleme alanını da içerisine alan bölgede çeşitli amaçlara yönelik geniş ölçekli pek çok çalışma yapılmıştır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde gerçekleştirilen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Dewey vd. (1973), Pontidler'in kuzeyine Paleotetis'i yerleştirerek Paleozoyik sonundan Eosen'e kadar devam eden güney yönlü bir yitim polaritesini savunmuştur. Üst Paleozoyik'te Anadolu Levhası'nın Tetis okyanusunun güneyinde yer aldığını, Avrasya ve Afro-Arap plakası arasındaki alanın Karadeniz sahilini takip ettiğini belirtmiştir.

Türk-Japon ekibi (1974) MTA Enstitüsü tarafından Türk-Japon işbirliği ile Trabzon yöresi jeolojisi çalışılmış ve 1/50.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Bu çalışmaya göre yöredeki istif Üst Kretase yaşlı kireçtaşı-marn-çamurtaşı ardalanması ile başlamakta, bunu aynı yaşlı andezit, dasit ve piroklastitler ile üstlenmektedir.

Adamia vd. (1977) ile Tokel (1981), Orta Anadolu sutür zonunu Paleotetis'in kalıntısı olarak benimsemişler ve Doğu Pontidler'de yitim etkinliğinin Paleozoyik'ten Eosen sonlarına kadar güneyden kuzeye doğru olduğunu ileri sürmüşlerdir. İlk ada yayının Karbonifer'de su yüzüne çıktığını ve Geç Kretase'de ada yayının olgunlaştığını belirtmişler ve Eosen sonlarından itibaren de Kuzey Anadolu Tetisi'nin kapandığını söylemişlerdir. Bu görüşe göre Karadeniz, Doğu Pontidler'in kuzeyinde Geç Kretase süresince açılan yay gerisi bir havzanın kalıntısı olduğunu ortaya koymuştur.

Bektaş (1987), Doğu Pontid yay ve yay gerisi bölgelerinde paleostres dağılımlarını irdeleyerek Lias, Üst Kretase ve Eosen dönemlerinde hakim olan gerilmeli yay sisteminde en büyük basınç gerilmelerinin güneye doğru azaldığını buna bağlı olarak da yay bölgelerinde doğrultu-atım, yay gerisi bölgelerinde ise doğrultu-normal atımlı fay tektoniğinin hüküm sürdüğünü belirtmiş, Alt-Üst Kretase geçişi, Üst Kretase ve Eosen sonlarında ise sıkışmalı yay sistemine bağlı olarak tüm Pontidler'de doğrultu-atımlı ve ters fayların geliştiğini savunmuştur.

Kırmacı (1992), Doğu Pontid güney zonunda yaygın olarak yüzeyleyen Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşı dizisinin Suiçti (Alucra-Giresun), Gelinpertek (Köse), Keçi Deresi (Gümüşhane), Danzot (Bayburt) ve Karacık Tepe (Bayburt) yörelerindeki yüzeylemelerinden alınan stratigrafik kesitler yardımıyla sedimantolojik incelenmesini gerçekleştirmiştir. Yapılan litofasiyes çalışmaları ile Berdiga Kireçtaşı Dizisinin farklı fasiyeslerde geliştiği ortaya koyulmuştur. İncelenen kesitlerden farklı zaman ve ortamlarda çökelen, farklı dokusal ve kısmen de farklı litolojik özellikler gösteren litofasiyesler stratigrafik konumlarına göre tanımlanmış ve bu litofasiyeslerin büyük bir kısmının yersel olarak geliştiği, çok az bir kısmının da bölgesel olarak geliştiği belirtilmiştir.

Güven (1993), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25000 ölçekli haritasını hazırlamış, bölgede yapılan eski çalışmaları yeniden derleyerek bölgeyi Kuzey ve Güney Zon olarak ikiye ayırmıştır. Yazara göre Üst Kretase, tabanda Çatak Formasyonu olarak adlandırılan 8 ve kumtası, silttası, marn ve tuf ara katkılı volkanik kayaç ve piroklastikleri ile başlamakta, asitik bir volkanizma olan Üst Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu ile devam etmektedir. İnceleme alanının taban kayaların oluşturduğu Üst Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu, kumtası-killi kireçtaşı ve tuf ara katkılı bazalt, andezit ve piroklastiklerinden oluşmakta ve Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Riyolit-riyodasitik ve piroklastiklerinden oluşan Üst Kretase yaşlı Çayırbağ Formasyonu bu istif üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Eosen yaşlı Kabakoy Formasyonu bu formasyonlar üzerine uyumsuz olarak gelmekte ve kumtası, marn, kumlu kireçtaşı ara katkılı andezit-bazalt ve piroklastiklerinden oluşmaktadır. Güney Zon'da ise Üst Kretase yaşlı Mescitli Formasyonu, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak geldiğini ortaya koymuştur.

Çamur vd. (1996), Pontider'in Kuzey Zonu'nda yaptıkları çalışmada volkanik kayaların oluştuğu zaman dilimine göre sınıflandırmış ve bu sınıflandırmaya göre kayaların magmatizmasını ortaya koymuştur.

Gedik vd. (1996), Doğu Pontidleri Erken Jura'da Avrasya'dan kopan mikro bir plakacık olarak düşünen yazarlar, Avrasya'dan kopan bu mikroplakacığın bu kopma hareketinin; tektonik, stratigrafik ve sedimantolojik verilere dayalı olarak ortogonal bir riftleşme şeklinde değil, transtensiyonel bir açılma şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar elde ettikleri verilerin ışığı altında Doğu Pontidler'deki Erken Jura havzalarının uzaklaşan (divergent) bir transform fay sisteminin ürünü olduklarını öne sürmüşlerdir.

Bektaş vd., (1999) Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Kuzey Zonun'daki Üst Kretase yaşlı volkanitlerin, bimodal (toleyitik -kalkalkali) özellikte ada yayı kayaçları olduğunu ve Güney Zon'daki Üst Kretase kayaçlarına göre daha erken bir zamanda oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu veriyi yitim zonu üzerinde oluşan Geç Kretase volkanizmasının güneye doğru göç ettiği şeklinde yorumlamışlardır.

Barbieri vd., (2000), özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Kuzey zonu'ndaki Senozoyik yaşlı volkanitlerin K/Ar radyometrik yaşlarını ve Sr izotop oranlarının tayin etmiştir. Elde edilen çoğu kayaç yaşlarının özellikle 26 My etrafında kümелendiğini belirten yazarlar bu olayı, Doğu Pontidlerdeki magmatik aktivitenin son aşamasıyla ilişkili olan hidrotermal alterasyonun neden olduğu, Ar kaybına bağlarlar. Ancak Trabzon güneyinden alınan silise doymamış alkali örneğin 26,5–27 My yaşında olmasını, yöredeki Senozoyik volkanitlerinin en son ürünü olarak yorumlamışlardır. Ayrıca araştırmacılar söz konusu kayaçların Sr izotop oranlarının alterasyondan etkilenmediklerini ve bu oranların 0,70415 ile 0,70686 arasında değiştiğini ifade eder.

Yılmaz vd., (2001), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeyinde, Kretase sürecinde meydana gelen en erken aktif volkanizmanın, paleontolojik verilere göre, Geç Koniasiyen Santoniyen'de başladığını ve Tersiyer sonuna kadar devam ettiğini belirtmektedir.

Gümrükçüoğlu (2002), "Doğu Pontidlerde Yüzeyleyen Jura Volkanitlerinin Jeokimyasal Özellikleri" isimli Yüksek Lisans çalışmasında, Doğu Pontid Kuzey ve Güney Zonlarında yer alan beş lokasyonda yüzeyleyen Jura yaşlı volkanik kayaçların jeokimyasal özelliklerini karşılaştırmıştır. Dağbaşı (Çankaya) civarındaki Jura volkanitlerinin bazalt, andezit, spilitik bazalt, tuf ve aglomeralardan oluştuklarını, volkanitlerin jeokimyasal olarak yitimle ilişkili olabileceklerini belirtmiştir.

Sipahi (2005) Zigana Dağı'nda (Torul - Gümüşhane) yapmış olduğu Doktora çalışmasında burada yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı volkanitlerde görülen hidrotermal ayrışmaları incelemiş ve volkanik serinin tabanında bazalt, andezit ve bunların piroklâstitlerinin görülmekte olduğunu saptamıştır. Volkanitlerin toleyitik-geçiş-kalkalkali özellikte ve volkanik yay ortamında geliştiğini belirtmiştir.

1.4.2 Dünya Literatüründe Adakitik Asidik Porfir Kayaçlarla İlgili Çalışmalar

Holzer (1955), Munzur dere vadisindeki gözlemlerinde fosil içermeyen metamorfik kayaçların yaşını eski çalışmalara göre Paleozoyik olarak kabullenmiş; ancak komşu sahada çalışan Wijkerslooth tarafından mermerler içerisinde Üst Kretase fosillerinin bulunduğunu belirtmiştir.

Nebert (1961), Kızılırmak ve Kelkit vadilerindeki çalışmalarına göre Refahiye'nin kuzeybatısında Ağvanis yöresindeki metamorfik olmayan Liyas tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü ve bölge epimetamorfik yeşilşistleri ile Menderes masifi örtü şistlerinin olası ortak yönlerini ileri sürerek, bu birimin Paleozoyik'te, Hersiniyen Orejenezi ile geliştiğini iddia etmektedir.

Tatar (1973), Refahiye'nin güneydoğusunda, Conur Köyü yöresinde Üst Kretase sedimentlerini kesen ve Pliyosen konglomerası ile örtülü olan genç dasitik volkanitlerin, Oligosendeki olası bir yükselme safhasına bağlı volkanizmanın ürünü olabileceğini söylemiştir.

Tekeli (1980), Aladağlarda Üst Triyas-Alt Kretase yaşta platform tipi karbonatlar üzerinde tabanında metamorfik istifler taşıyan peridotit napının yer aldığını, metamorfik istifin köken kayaçlarından en yaygın olanının bazik volkanit, silisli çamurtaşı ve radyolaryalı çörtlere olduğunu belirtirken; metamorfizmanın peridotit dokanağına doğru artışı ve jeotermal gradyanların sık oluşu nedeniyle metamorfizmanın ısısal kaynağının üzerlenmiş sıcak bir Ofiyolit dilimi olduğu görüşündedir.

Şengör ve Yılmaz (1981), yöredeki en yaşlı kaya topluluğunun metamorfik olduğunu ve ofiyolitik melanj türündeki kayaçların metamorfik üzerine tektonik olarak yerleştiğini belirtmişlerdir.

Bektaş (1981)'e göre inceleme alanı ve çevresinin tabanını Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar oluşturmaktadır. Orta ve Doğu Anadolu'da serpantinlerle sıkı bir beraberliği bulunan metamorfik kayaçlar yeşilşist, metadiyabaz, kalkşist ve mermerlerden oluşmaktadır. Koyu renkli masif veya çok az şistozite gösteren metadiyabazlar ise çoğu yerde yeşilşistlere geçilidir. Şistlerin kökensel olarak bazaltik veya sedimanter kökenli kayaçlardan oluştuğu düşünülmektedir. Ayrıca metamorfik karmaşık serinin genel görünümü bunun eski bir volkano sedimanter bir istiflenme olduğunu, düşük dereceli yeşilşist fasiyesinden orta dereceli amfibolit fasiyesine doğru ilerleyici ve zeolit fasiyesine doğru gerileyici metamorfizmaların varlığı, tanıtan mineral birlikleriyle saptanmıştır.

Bektaş vd. (1984), yapmış oldukları çalışmalarda paleomagnetik verilere göre Türkiye Paleozoyik sonlarından itibaren Neojene kadar süren saat yelkovanının tersi yönünde dönme hareketinde bulunmuştur. Bu harekete bağlı olarak Pontidler aktif kıta kenarı durumunu korumuştur. Paleotetis'in sürekli güneye doğru yitimi ile ark gerisinde Liyas öncesinden Kretase sonlarına kadar süren birtakım ark gerisi baseni açılmış ve kapanmıştır.

Aktimur vd. (1990), Sivas-Erzincan arasında yapmış oldukları çalışmalarda Alt Kampaniyen-Alt Maestrihtiyen aralığında bölgeye ofiyolitli karışığın yerleştiğini, ancak bu karışığın Miyosen sonlarına kadar kesintili olarak birkaç kez aktarıldığını belirtmişlerdir. Bölgenin Üst Lütesiye'den itibaren kısmen karalamaya başladığını, Üst Miyosen sonlarına doğru tamamen karlaştığını tespit etmişlerdir. Neotektonik dönemde doğrultu atımlı Tecer ve Düzyayla faylarının oluştuğunu, bu faylara bağlı olarak da travertenlerin çökeldiğini izlemişlerdir.

Defant, M.J. ve Drummond, M.S. (1990), Yiten okyanus kabuğundan türeyen ark yay magmalarını adakit bileşimli olarak tanımlamış, bu tür kayaçların yitim ortamında geliştiğini savunmuştur.

Okay vd. (1997), Pulur bölgesinde yapmış oldukları çalışmalarda Alpin bindirme kuşağı içerisinde yer alan bu bölgede görece bir otokton ve kuzeye doğru üç bindirme dilimi ayırt etmişlerdir. Bölgede yüzeylenme veren ofiyolitli melanj dilimi Doğu Pontidlerin güneye bakan pasif kıta kenarı üzerine Senomaniyen-Türoniyen'de yerleşmiş olduğunu belirtmişlerdir.

Altınkaynak (2001), Ağvanis masifinde yaptığı çalışmalarda Permo-Triyas yaşlı masifin yeşilist, kalkışist, gnays, mermer, metadasit, metatrandjemit, kuvarsit ve fillitten oluştuğunu belirlemiştir. Yeşilistlerin magmatik kökenli olup, jeokimyasal olarak MORB'a benzediğini ve masifin adayayı kök zonuna yakın bir yerdeki kayaçların metamorfizması sonucu oluştuğunu ileri sürmüştür. Yine masifin 7–8 kbar basınç ve 390–550 °C sıcaklıkta bölgesel metamorfizma ile oluştuğunu belirtmiştir.

Keskin (2003), bölgede magmanın kökeni ile ilgili modellemeler yapmıştır. Buna göre büyük bir yitim kompleksi altında dalan kabuğun gittikçe dikleştiği ve sonunda koştüğünü ileri sürmüştür. Bu modellemede kuzeyde bulunan Doğu Anadolu Eklenir Prizmasının altına dalan okyanusal kabuğun gittikçe dikleşir ve sonunda Bitlis-Pötürge Masifi kıtasal litosferden ayrılır. Bunu kıtasal–eklenir kompleksin çarpışması takip eder.

Bu durum sıg derinliklerdeki astenosferik manto ile dokanak halinde olan eklenir kompleksin hızlı bir bölgesel yükselimine ve çarpışma volkanizmasına neden olan yoğun bir ergimeyi beraberinde getirmiştir.

Topuz vd. (2005), Doğu Pontidlerde Erken Eosen adakitik granitoidlerinin eklojitleşmiş alt kabuk kayaçlarının kısmı ergimesiyle oluşmuş olduklarını belirlemiştir.

Karlı (2006), Erzincan havzasında Kuvaterner Volkanitleri üzerinde çalışmalar yapmış ve KAF zonu boyunca sıralanan domları ayrıntılı olarak incelemiştir. Buna göre bileşimleri bazaltik andezitten riyolite kadar değişen irili ufaklı 14 domun fay zonu boyunca sıralanmış olduğunu ve yaşlarının 102-140 bin yıl arasında değiştiğini tespit etmiştir. Araştırmacı, bu domların mega ve feno kristalli, yüksek K içerikli kalk-alkalin bileşimli olduklarını, daha mafik bileşimli domların (bazaltik andezit) ise riyolitik bileşimli domlara göre daha genç olduğu belirtmiştir.

Wang vd. (2006), Güney Çin'de, adakitik porfirlerin, çarpışma sonrası ekstansiyonel tektonik ortamda ve delaminasyona mağruz kalmış alt kabuğun kısmı ergimesi sonucu meydana geldiklerini vurgulamıştır.

Xu vd. (2006), Doğu Çin'de adakitik porfir kayaçların, kabuksal kalınlaşma ve onu takip eden ekstansiyonel süreçte alt kabuksal malzemenin kısmi ergimesi sonucu oluştuğuna işaret etmiştir.

Mo vd. (2006), Tibet yöresindeki çalışmasında, juvenil alt kabuğun ergimesiyle adakitik volkanik kayaçların oluşabileceğini savunmuştur.

Guo vd. (2007), Güney Tibet'te adakitik porfirler üzerindeki çalışması ile bu kayaçları, çarpışma sonrası ortamda, yitim boyunca modifiye olmuş alt kabuğun kısmi ergimesiyle oluştuklarını ortaya koymuştur.

Varol vd, (2007), Orta Anadolu'da Balkuyumcu yöresinde Erken Miyosen yaşlı adakit benzeri volkanizmayı tanımlayarak bu kayaçların söz konusu zaman sürecinde Orta Anadoludaki alt kabuğun ergimesi sonucu oluşmuş olduklarını savunmuştur.

Zhu vd. (2008), Tibet yöresindeki asidik porfirlerin yitim karakterli olabileceklerine ve yiten okyanus kabuğunun ergimesinin ardından meydana gelen ergiyiğin manto kayaçları ile etkileşmiş olabileceğini kanıtlamıştır.

Li vd. (2008), Doğu Çin'deki Geç Mesozoyik diyoritik adakit porfirlerin kıta litosferik mantonun kısmi ergimesiyle oluşmuş olabileceklerini belirlemiştir.

Karslı vd. (2009), Gümüşhane yöresinde tanımladığı Erken Senozoyik adakitik volkanizmasını, Doğu Pontidlerdeki Senozoyik ekstansiyonel olaylarının ilk safhası ile ilişkilendirerek, bu kayaçların delaminasyona (kopup-batan) uğrayan alt kabuğun ergimesiyle oluştuğunu ortaya koymuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntemler

İnceleme alanı Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde olan Doğu Karadeniz Dağları'nın (Doğu Pontidler) kuzey kesimlerinde yer almaktadır.

Bu çalışma Doğu Karadeniz bölgesindeki adakit benzeri asidik porfirlerin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesini amaçlamış olup, TÜBİTAK 107Y177 nolu araştırma projesi tarafından desteklenmiştir. Yürütülen bu çalışma, kaynak taraması, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Bu çalışmanın ilk safhasını oluşturan arazi çalışmaları, öncelikle bölgede yer alan birimlerin tanınması, sınır ilişkilerinin ortaya konması, yapısal ve tektonik unsurların belirlenmesine yönelik olmuştur. İnceleme alanında yüzeyleyen birimler, önceki çalışmalar da dikkate alınarak kontrol edilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılarak mevcut yapısal unsurların (kırık, tabaka, fay v.d.) konumları belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak mevcut jeoloji haritalarından yararlanılarak arazide Geç Kretase yaşlı volkanitlerin sınırları ile adakit porfirlerin dokanak ilişkileri ve genel stratigrafi belirlenerek çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Daha sonraki aşamada kayaçların petrografik, mineralojik ve petrolojik özelliklerini belirlemek için yerel ölçekli örnekler alınmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

İnceleme alanından derlenen kayaç el örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik ince kesitler hazırlanmıştır. Bunun için kayaçlardan kesilen levhacıklar, 0,5x2x4 cm boyutunda cam üzerine Kanada balzamu kullanılarak

yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç, aşındırıcılar yardımıyla 0,030 mm kalınlığına kadar inceltilerek petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir. İnce kesit örnekleri Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında hazırlanmıştır.

2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekilmesi

İnce kesiti hazırlanan örnekler Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu laboratuvarındaki Nikon Eclipse E400 POL 230V- 04A 50/60 Hz marka polarizan mikroskop ile incelenmiş ve mikroskoba bağlı aynı marka fotoğraf makinesi ile mikro fotoğrafıma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması

Petrografik incelemeler sonunda alterasyondan minimum etkilenmiş olan 37 adet örnek, porfirlerin jeokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla, çeşitli kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Analize gönderilen örneklerin seçimi ve hazırlanması Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Ana, iz ve nadir toprak element analizleri için seçilen 1–3 kg'lık el örnekleri çeneli kırıcı yardımıyla birkaç cm boyutuna kadar küçültüldükten sonra halkalı öğütücü yardımıyla numune 200 mesh elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Çeyrekleme yöntemi ile ayrılan 30 gr kadar örnek, ana, iz ve nadir toprak element analizleri için ACME Analiz Laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir. Ana ve İz elementler ICP (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle, Nadir Toprak elementler ise (ICP-MS Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemiyle analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ve nadir toprak elementler ppm olarak ölçülmüştür.

2.1.2.4. Kimyasal Analizler

Çalışma alanından derlenen 37 örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri Kanada'da Acme Analiz (Vancouver, BC) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Ana ve iz elementler ICP (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle, nadir toprak elementler ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry) yöntemiyle analiz edilmiştir. Ana ve iz element analizleri için 0,2 gr toz örnek 1,5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, %5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmesinden itibaren analiz edilirken, nadir toprak element analizleri, 0,250 gr toz örneğin dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ve nadir toprak elementler ppm olarak ölçülmüştür.

2.1.2.5. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı

Ana, iz ve nadir toprak element analizi yapılan örneklerin içerdikleri bünye ve öz kristal suyunu hesaplamada, her bir örneğin daha önceden hazırlanan toz örnekleri kullanılmıştır. Bünye ve öz kristal suyunu belirlemek için örnekler, fırında 105°C’de, 24 saat bekletilmiştir. Örnekler platin kaba konmadan önce kabın ağırlığı ölçülmüş ve sonra her bir örnekten yaklaşık 1 gr tartılarak platin kaplara konmuştur. Daha sonra bu platin kaplar sıcaklığı yaklaşık 2–2,5 saatte 1000°C’ye ulaşan fırında 1 saat bekletilmiştir. Tamamen ergimiş hale gelen örnekler dışarı alınarak 10–15 dakika soğutulmuş ve hemen peşinde tartılmıştır. Sonunda, ısıtılmadan önceki örnek ağırlığı ile soğuduktan sonraki örnek ağırlığı arasındaki fark belirlenerek, ateşteki uçucu kaybı ölçülmüştür.

2.1.2.6. Ar-Ar Yaşlandırma Analizi

⁴⁰Ar/³⁹Ar yaşlandırması, Vrije Üniversitesi, Amsterdam, Jeokronoloji Laboratuvar’ında gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde örnekler ilk olarak kırılıp 250-500 µm boyutuna getirilmiş ve HF de yüzdürülmüştür. Yıkanan numune, 2.65g/cm³ ve 3.0 g/cm³ lük ağır sıvıda bekletilmiştir. Bu yolla amfibol, biyotit, feldispatlar ve klinopiroksen gibi fenokristaller numuneden ayırtlanmıştır. Analizler sırasında 200 mg numune kullanılmıştır. Sırasıyla yapılan analitiksel detaylar, Koppers (2002) ve McDogall ve Harrison (1999)’da verilmektedir.

2.1.2.7. Rb-Sr ve Sm-Nd İzotopik Analizleri

Rb-Sr ve Sm-Nd izotopik analizleri, Pekin Üniversitesi (Çin), Jeoloji ve Jeofizik Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Örnekler bir hafta süre ile HF + HClO₄ asit karışımında bekletilerek çözülmüştür. Kütle analizleri VG354 çoklu kolektörlü bir kütle spektrometresi yardımıyla yapılmıştır. Rb, Sr, Sm ve Nd bollukları izotopik seyreltme yöntemi kullanılarak yapılmıştır. İzotopik oranlar VG354 kütle spektrometresi yardımıyla Pekin Üniversitesi, Jeoloji ve Jeofizik Enstitüsü'nde (Çin) gerçekleştirilmiştir

2.1.3. Büro Çalışmaları

Araziden başlayarak laboratuara kadar devam eden tüm çalışmalarda birçok veri elde edilmiş ve bu veriler büroda bir araya getirilerek değerlendirilmiştir. Bu süreç içinde yapılan çalışmalar kısaca şu şekilde özetlenebilir.

Arazide topoğrafik harita üzerine çizilen jeolojik harita ile birlikte stratigrafik kolon kesit, bilgisayar çizim programları yardımıyla detaylandırılarak yeniden çizilmiştir. Çizilen bu harita üzerinde, petrografik, kimyasal ve jeokronolojik amaçlı alınan örnek noktaları işaretlenmiştir. Ayrıca jeolojik haritadan yararlanılarak, inceleme alanının jeolojik enine kesitleri de çıkarılmıştır.

Petrografik, mineralojik, kayaç analizleri sonucunda elde edilen verilerde, yine jeolojiye uygun çeşitli hazır paket programlarında değerlendirilerek grafik ve tablo haline getirilmiştir.

Arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sonucunda ortaya çıkan tüm veriler birleştirilip, yorumlanmış ve sonuçta tez yazımı K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uyularak gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

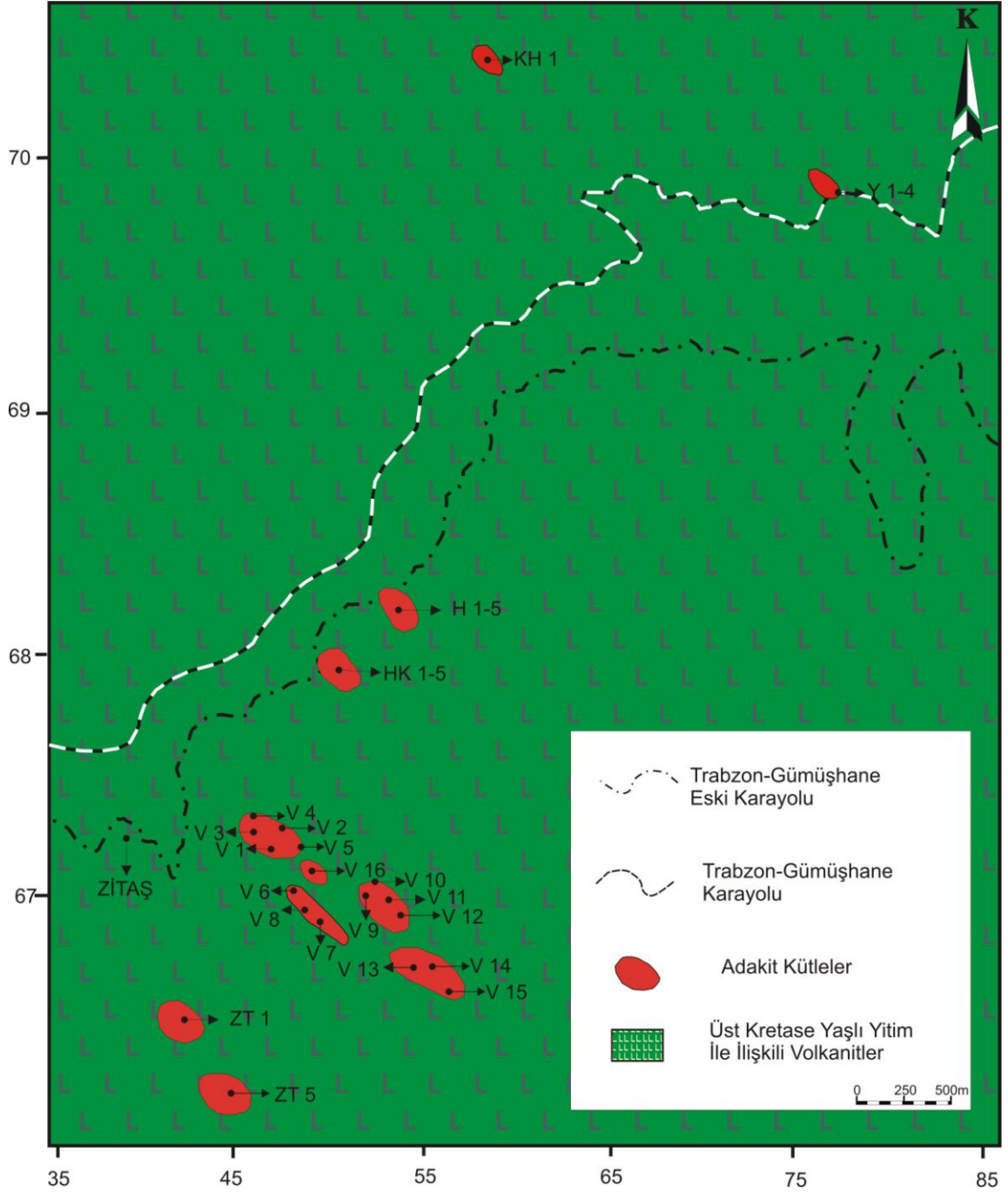
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yüzeylenen kayaçların gençten yaşlıya doğru stratigrafik dizilimi ve litolojisi aşağıdaki verilmiştir:

- | | |
|------------------------|-------------|
| - Bekçiler Granitoyidi | Orta Eosen |
| - Çağlayan Formasyonu | Geç Kretase |
| - Kızılkaya Formasyonu | Geç Kretase |

M E S O Z O Y İ K		SENZOYİK		ÜSTSİSTEM	
KRETASE		TERSİYER		SİSTEM	
Geç Kretase		Eosen		SERİ	
Kızılıkaya Formasyonu		Bekçiler Granitoyidi		FORMASYON	
500				KALINLIK (m)	
				LİTOLOJİ	
				AÇIKLAMALAR	
				<p>Andezit, Bazalt ve Piroklastları (Çamurtaşı, Marn, Kumtaşı)</p> <p>Riyodasit - Dasit ve Piroklastları</p> <p>Ölçeksizdir</p>	

Şekil 4. Doğu Karadeniz Kuzey Zonu'na ait geliştirilmiş dikme kesit (Güven, 1993'ten alınmıştır).



Şekil 5. Çalışma Alanının Jeolojik Haritası.

3.1.1. Andezit, Dasit ve Bunların Piroklastitlerinin Petrografisi

Çalışma alanının en yaşlı kayaçlarını bu birim oluşturmaktadır. İnceleme alanının büyük bir bölümünde yüzeyleme veren bu birim andezit, dasit ve bunların piroklastitlerinden oluşmaktadır. İlk defa Shcultze-Westrum (1961) tarafından Doğu Pontid Kuzey Zonu'ndaki en yaşlı ve çoğunlukla bazik volkanik kayaçlarla bunlar içindeki kristalize kireçtaşı merceklerinden oluşan kayaç topluluğunu belirtmek için kullanılmıştır. Birimi "Alt Bazik Karmaşığı" olarak isimlendirmiştir. Köprübaşı (1992) ve Yalçınalp (1992) gibi araştırmacılarda aynı seriyi "Pontid Alt Bazik Karmaşığı" olarak isimlendirmişlerdir. Birim bölgede çeşitli amaçlara yönelik çalışma yapan birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Andezit ve bunların piroklastlarından oluşan birim, arazide koyu gri, yeşil, siyahımsı ve kahverengimsi renklerde görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanının doğu kesiminde gözlenen Geç Kretase yaşlı andezit bileşimli kayaçların makroskobik görünüşleri.

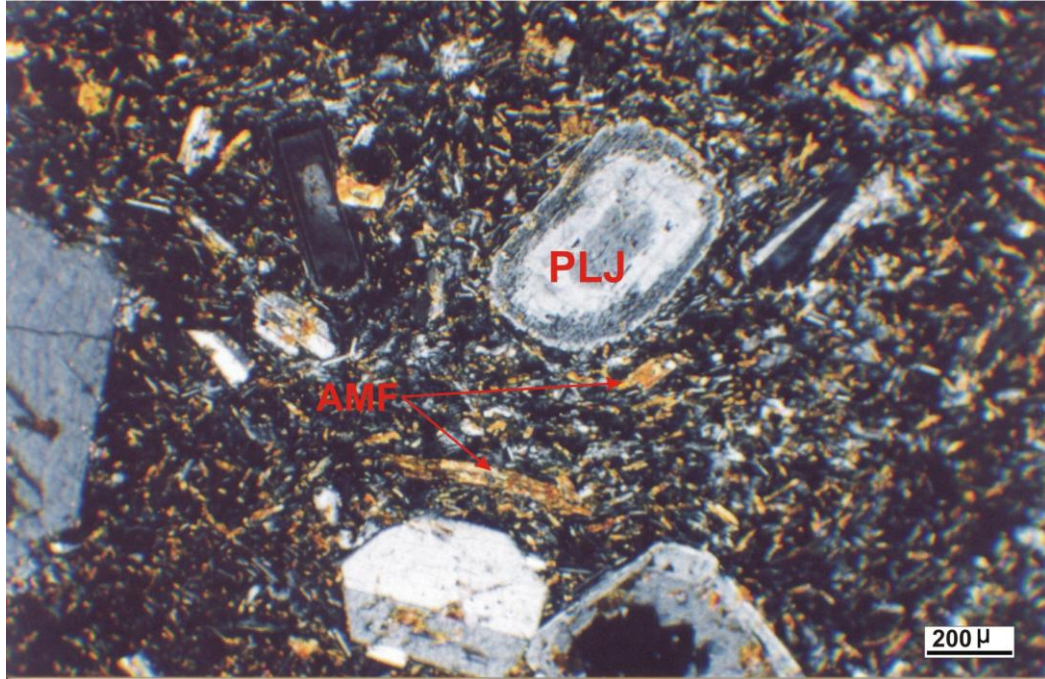
Andezitler, genellikle koyu yeşil renkte görülen bu kayaçlar, nispeten daha az ayrılmış görünümündedir. Mikroskobik incelemelerde mikrolitik porfirik dokular gözlenir.

Plajiyoklaslar, öz şekilli ve yarıözşekilli kristaller halinde ya da hamurda küçük mikrolitler şeklinde bulunurlar. İri plajiyoklas kristalleri minerallerin % 55-70'ini oluşturmakta olup, genellikle serizitleşmişlerdir

Amfiboller, iri öz ve yarı öz şekilli olarak bulunmakta ve minerallerin %30-35'ini oluşturmaktadır. Çoğunlukla kloritleşme ve kalsitleşme türünde ayrışma göstermektedir.

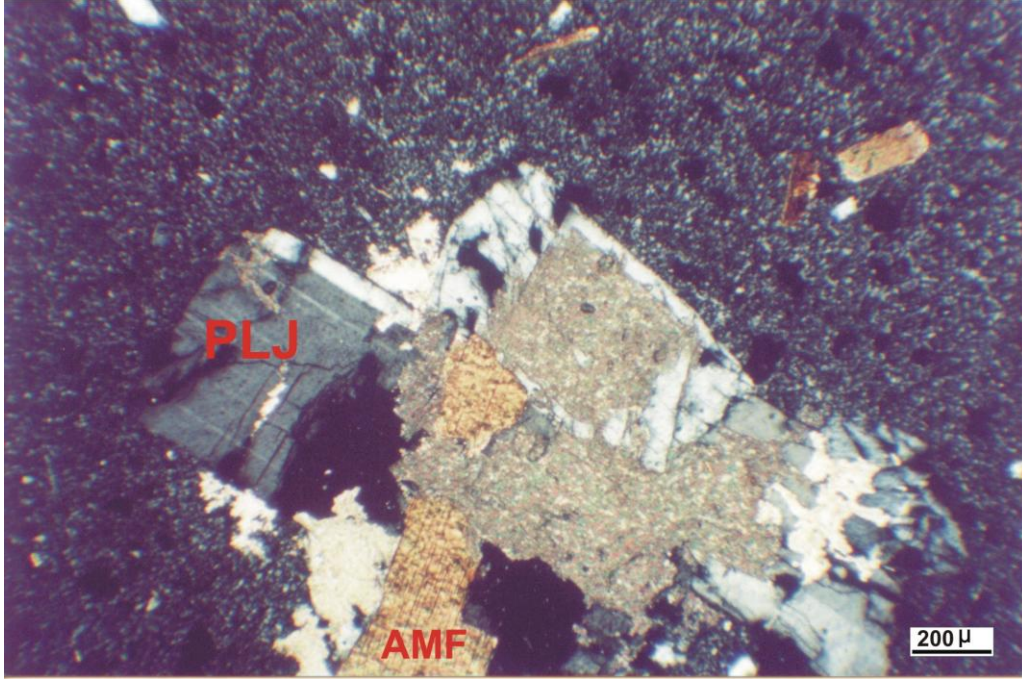
Ojitler, öz ve yarı özşekilli, hem büyük hem de küçük kristaller halinde renksiz veya çok açık renktedirler. Yaklaşık 45° civarında olan sönme açılarıyla ve yüksek röliyefleri ile kolayca tanınırlar. Kısmen ayrışma gösteren ojitlerde kloritleşme ve kalsitleşme gelişmiştir.

Bazalt ve andezitlerdeki ayrışma genel olarak killeşme, serizitleşme, silisleşme, kloritleşme, hematitleşme, limonitleşme ve epidotlaşma şeklindedir.



Şekil 7. Geç Kretase yaşlı, yitim kökenli andezitik kayaçların mikroskobik görünüşleri

İnceleme alanındaki dasitik kayaçlar, Bekçiler mahallesi mevkiinde yüzeylenmektedirler. Dasitler genelde beyaz, beyazımsı sarı, grimsi ve açık yeşil yüzey renklerine sahip olup, yersel olarak kolonsu yapı göstermektedirler. Birime pirit içeriğinden dolayı abartılı olarak “cevherli dasit” de denilmektedir (Aslaner vd., 1982). Dasitler genel olarak kırıklıdırlar. Mineralojik olarak en fazla kuvars ve plajiyoklas, daha az oranlarda amfibol, biyotit ve muskovit bulunmaktadır.



Şekil 8. İnceleme sahasında gözlenen dasitlerin mikroskobik görünüşleri.

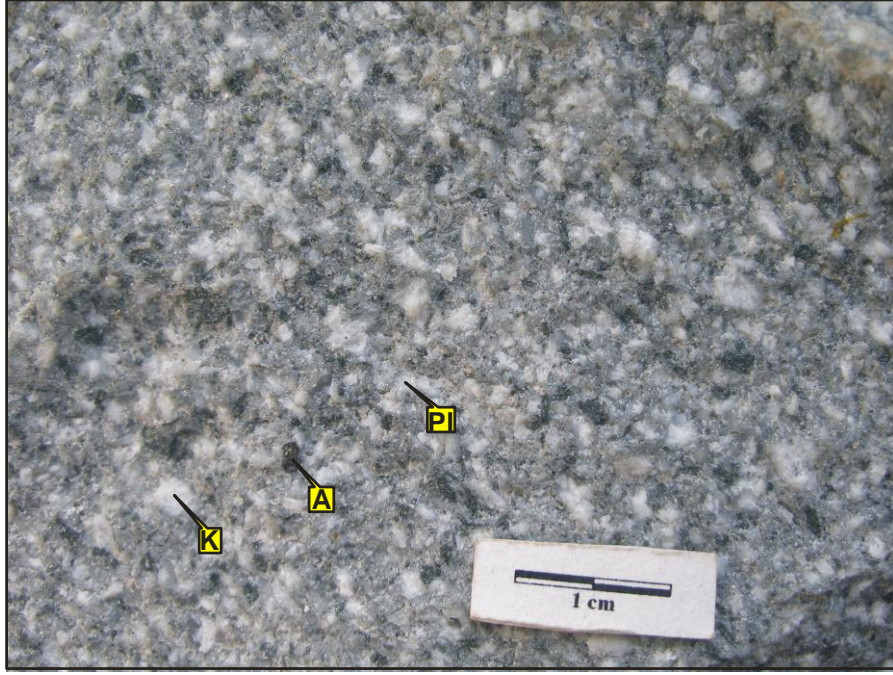
3.1.2. Adakit Benzeri Asidik Porfirler

İnceleme sahasında 2 km'den daha küçük sokulumlar halinde yüzeylenen adakit porfir kayaçları genellikle çok az alterasyona uğramış kuvars monzonit porfir, tonalit porfir, granodiyorit porfir ve granit porfirlerden oluşmaktadır (Şekil 9). Fenokristal olarak, plajiyoklas, amfibol, kuvars ve çok az miktarda alkali feldispat içerirler. Aksesuar faz olarak Fe-Ti oksit, apatit ve az da olsa sfen bulunur (Şekil 10A,B,C,D). Matriksleri, ince taneli (0.05–0.4 mm) plajiyoklas, hornblend ve kuvarstan oluşur.

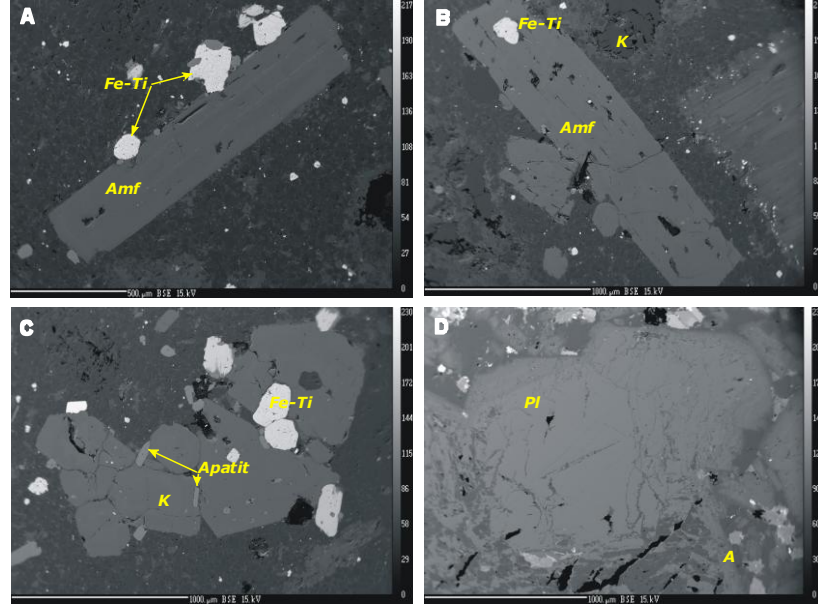
Plajiyoklaslar, incelenen adakit benzeri porfirler içinde gözlenen en yaygın fenokristal türüdür (kristal boyu maksimum 10 mm). Plajiyoklaslar Matrikste mikrofeno-kristal haldede bulunurlar. Dokusal ve kimyasal bakımdan zonlu özellik sunmazlar ve genellikle lata biçimlidirler. Kristal içinde gelişigüzel dağılım gösteren mafik silikat ve kuvars inklüzyonları içerir. Lata biçimli fenokristal plajiyoklasların An içerikleri, %20–52, mikrofeno-kristalleri ise %10–48 dir.

Amfibol fenokristalleri çalışılan porfirlerin en yaygın mafik silikatlardır. Kuvars monzonit tonalit, granodiyorit ve granit porfirlerde farklı özellikler sunmaksızın gözlenir.

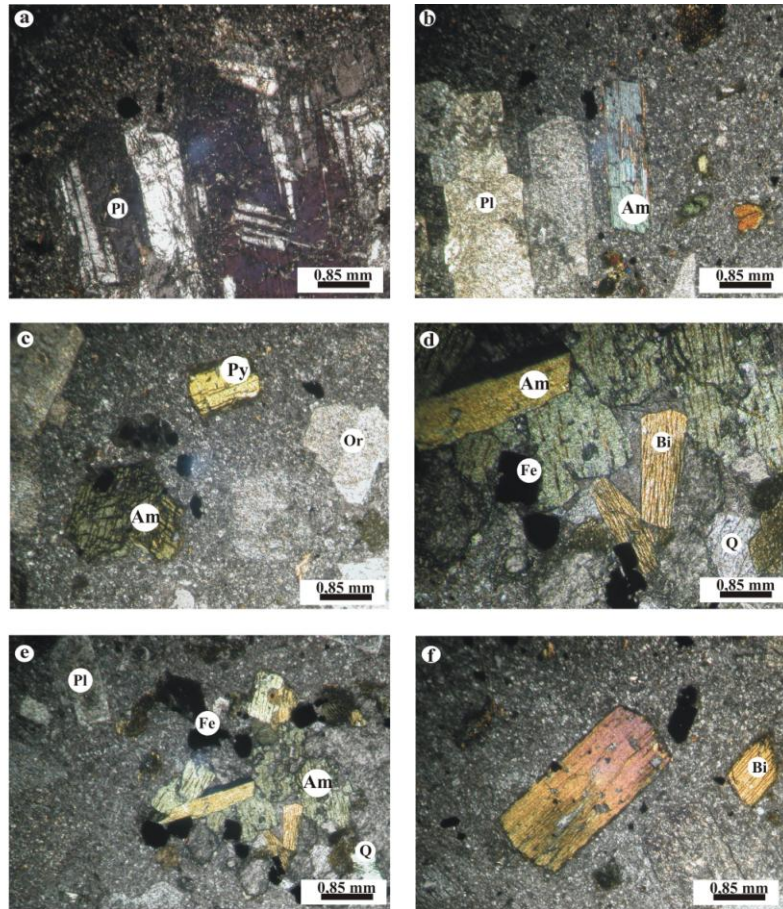
Amfibol fenokristalleri, belirgin çift yönlü dilinimleri ile çoklukla lata biçimli plajiyoklas, Fe-Ti oksit ve apatit mineral kapanımları içerirler. Hemen hemen tüm kristaller ile hamur arasında çok keskin reaksiyon izleri taşımayan bir dokanak gözlemlenmiştir (Şekil 10A,B). Fenokristaller, öz şekilli ve yarı öz şekilli olup, yeşilimsi kahverengi ila kahverengi görünümlüdürler. Mikrofenokristal amfiboller, porfirlerin matriksinde oldukça bol bulunur. Genellikle zonlanma sunmazlar.(Şekil 11A-F)



Şekil 9. Adakit benzeri asit porfirlerin makroskobik görünümüleri



Şekil 10. Adakit porfirlerin dokusal (EMG) görünümleri. A) kuvars monzonit porfir; Fe-Ti: Manyetit ve ilmenitler, Amf: amfibol. B) kuvars monzonit porfir; K: kuvars. C) granodiyorit porfir. D) kuvars monzonit porfir; Pl: plajiyoklas, A: alkali feldsipat



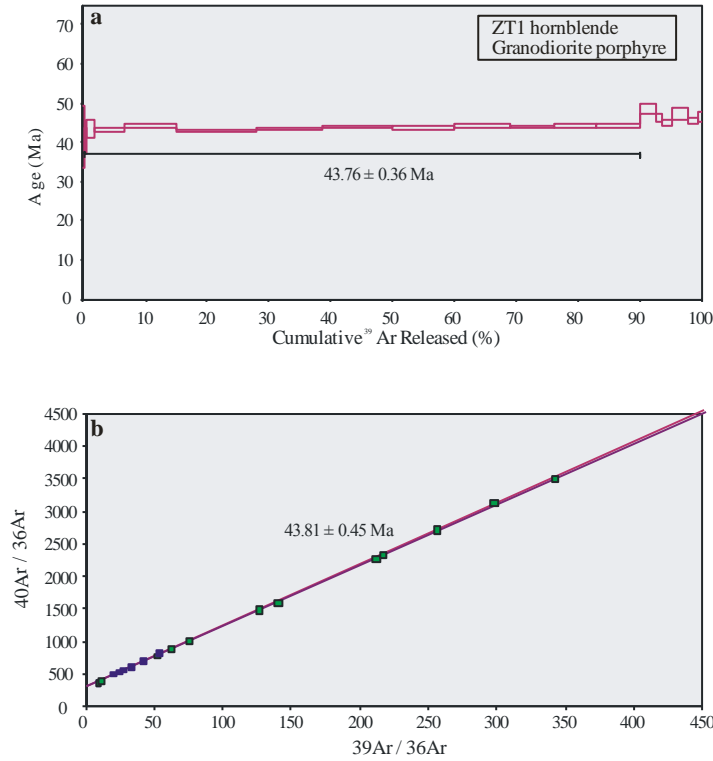
Şekil 11. Adakit benzeri kayaçların polarizan mikroskop görünümleri.

3.2. Jeokronoloji

3.2.1. ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırması

Bu çalışmada $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ artan-azalan ısıtma (incremental heating) yaşlandırma yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen değerler ve oransal veriler Tablo 1’de verilmiştir. ZT1 örneğinden seçilmiş hornblend kristalleri üzerinde yapılan yaşlandırma ile 43.76 ± 0.36 milyon yıl plato yaşı elde edilmiştir. İzokron regresyonu, $293,70 \pm 8.36$ değerinde radyojenik olmayan $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ kesişim üretmiştir. İzokron yaş 43.76 ± 0.36 milyon yıldır (Şekil 12). Dolayısıyla izokron yaşında hata payının çok düşük olması, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşlandırma yönteminin ZT1 örneğinde elde edilen hornblend seperasyonunda çok sağlıklı bir soğuma yaşı üretmiş olabileceğini göstermektedir. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ kontrollü sıcaklık artışı uygulanarak üretilen radyometrik yaşlar oldukça güvenilir ve kullanılabilir özelliktedir.

Analizler sırasında tüm örnekler, %80-100 gaz salımı ile yaşlandırmada esas olan platolar üretmişlerdir. Örnek, düşük ^{40}Ar zenginleşmesine yol açacak kadar gençtir. Plato ve izokron yaşlar arasında mükemmel bir uyumluluk vardır.



Şekil 12. Doğu Pontid adakit porfirlerinin hornblend $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş spektralleri

Tablo 1. Doğu Pontid adakit porfirlerinin ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırma yöntemi ile elde edilen sayısal değerleri

Örnek	Kayaç tipi	Mineral	K_2O (% ağı)	Plato yaş		Normal izokron					
				Yaş $\pm 2\sigma$ (My)	MSWD	Yaş $\pm 2\sigma$ (Ma)	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}(\text{i}) \pm 2\sigma$	MSWD	$^{39}\text{Ar}_{(\text{K})}$ %	(n)	K/Ca $\pm 2\sigma$
ZT1	Tonalit porfir	Amfibol	0.65	43.76 \pm 0.36	5.18	43.81 \pm 0.45	293.53 \pm 8.36	5.57	89.88	19	0.509 \pm 179

Not: Plato yaşlar uyumlu (concordant) adımlar silsilesi ile elde edilmiştir, plato hesaplamasındaki mevcut salınan gaz yüzdesi $^{39}\text{Ar}_{(\text{K})}$ kolonunda verilmiştir, platoları oluşturan adım sayısı n dir. 40/36(i) değeri, radyojenik olmayan oranı $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ dır. İzokron yaşlar tüm platolar üzerinden elde edilmiştir. Hata payları $\pm 2\sigma$ dır. Yaş hesaplamaları için analizin gerçekleştirildiği laboratuvaedaki sanidine DRA-1 of 25.26 \pm 0.2 My kullanılmıştır.

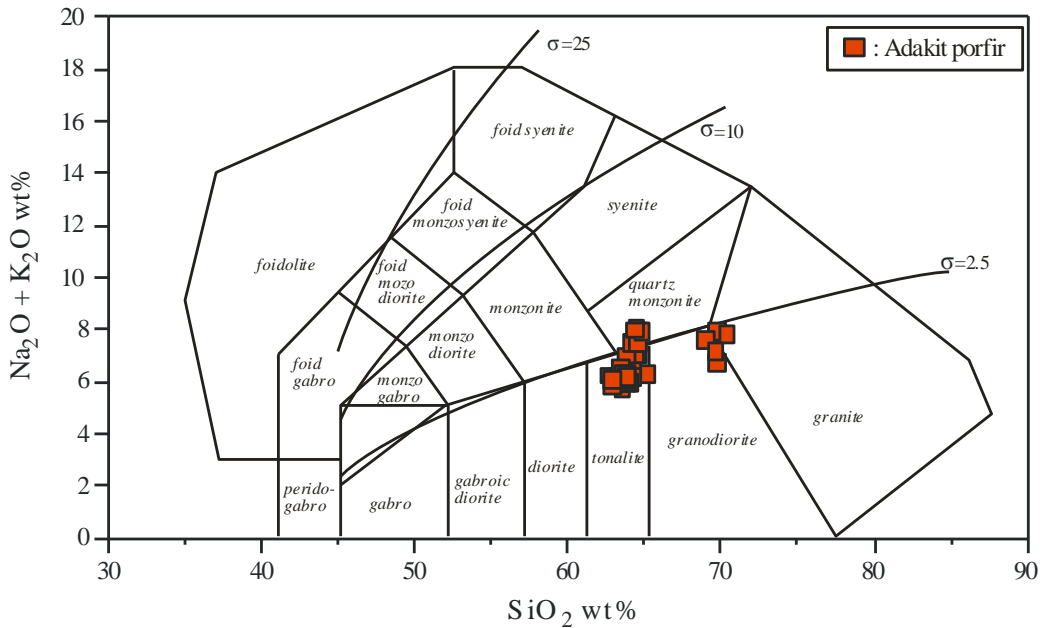
3.3. Jeokimya

3.3.1. Adakit Benzeri Asidik Kayaçların Jeokimyası

3.3.1.1. Ana ve İz Element Jeokimyası

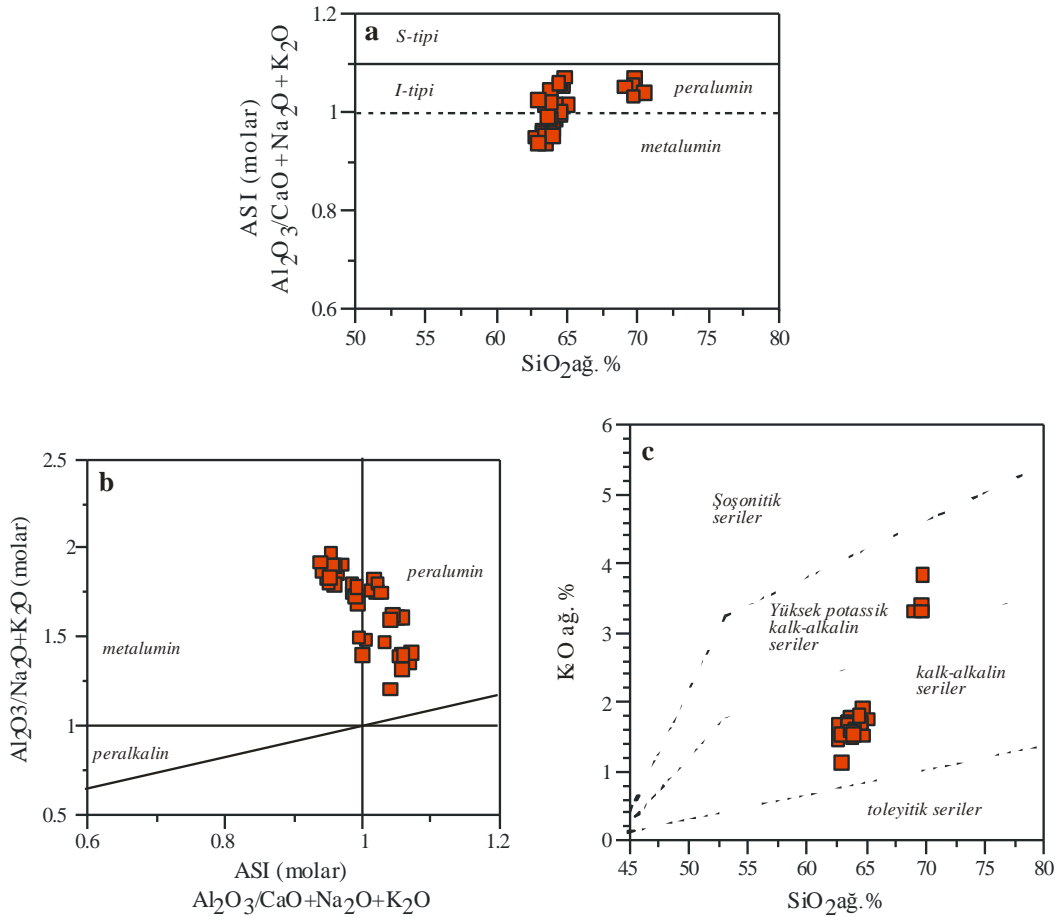
Doğu Pontidler'in kuzey kesimlerinde Turoniyen-Senomaniyen (90-93my) yitim ilişkili volkanizmayı keserek yüzeyleme vermiş olan porfiritik özellikli kayaçlar, genel petrografik ve petrolojik tanımlama kuralları içinde, elde edilen jeokimyasal bileşimlerine dayanarak adakitik kayaçlar olarak tanımlanmışlardır.

İncelenen volkanitlere ait ana (% ağı.), iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element içerikleri Tablo 2'de verilmiştir. Toplam alkaliye karşı SiO_2 diyagramında, tüm örneklerin kuvars monzonit porfir, tonalit porfir, granodiyorit porfir ve granit porfir bileşimli oldukları belirlenmiştir.

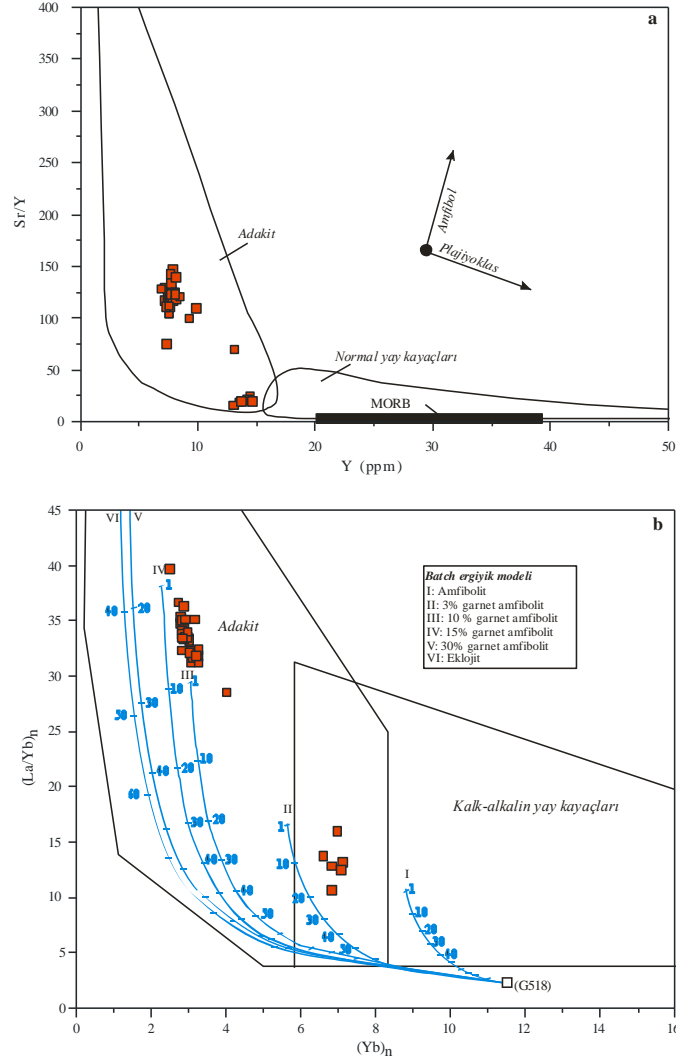


Şekil 13. Doğu Pontid adakit porfirlerinin toplam alkali içeriklerine karşı SiO_2 diyagramındaki (Middlemost, 1994) sınıflandırmaları

Genellikle I-tipi, metaluminden peralumina karaktere doğru bir değişim sunmakla birlikte, yüksek potasyumlu kalk-alkalen ve kalk-alkalen yönseme gösterirler (Şekil 14a,b,c). Kayaçlar çoklukla ortaç bileşimli olup, SiO_2 içerikleri 62.68 ila 70.43 arasında değişmektedir. MgO bileşimi 0.91 ila 2.07 değerleri arasındadır. Al_2O_3 değerleri ise 14 den büyük olup, 14.75 – 17.39 aralığındadır. Ni (6-9 ppm) içerikleri düşüktür. Mg# değerleri <46 dır. Yüksek Sr (250-1141 ppm) içerikleri ile düşük Y (7.1- 14.6 ppm) değerleri tipik karakteristik özellikleridir. Sr/Y (30-138) oranları normal yay kayaçlarına göre oldukça yüksektir. Tüm kayaçlar, Sr/Y oranına karşın Y değeri ve (La/Yb)n oranına karşın (Yb)n değeri değişim diyagramlarında normal yay kayacı karakteristiklerini sunmayıp, adakit adakit benzeri kayaç alanlarında sınıflanmaktadırlar (Şeki 15).

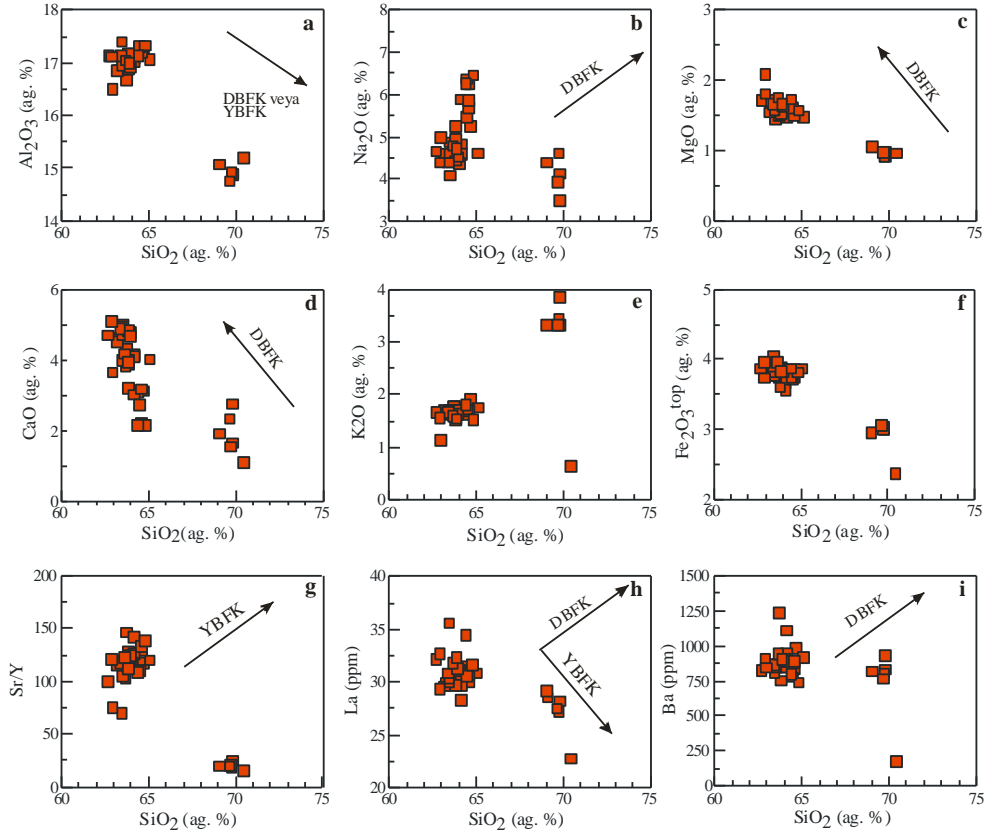


Şekil 14. Adakitik porfirlerin; a: Alkali doygunluk indeksine karşın SiO_2 diyagramındaki, b: $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (molar) değerine karşın alkali doygunluk indeksi diyagramındaki (Maniar ve Piccoli, 1989), c: K_2O içeriklerine karşın SiO_2 değişim diyagramlarındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) dağılımları.



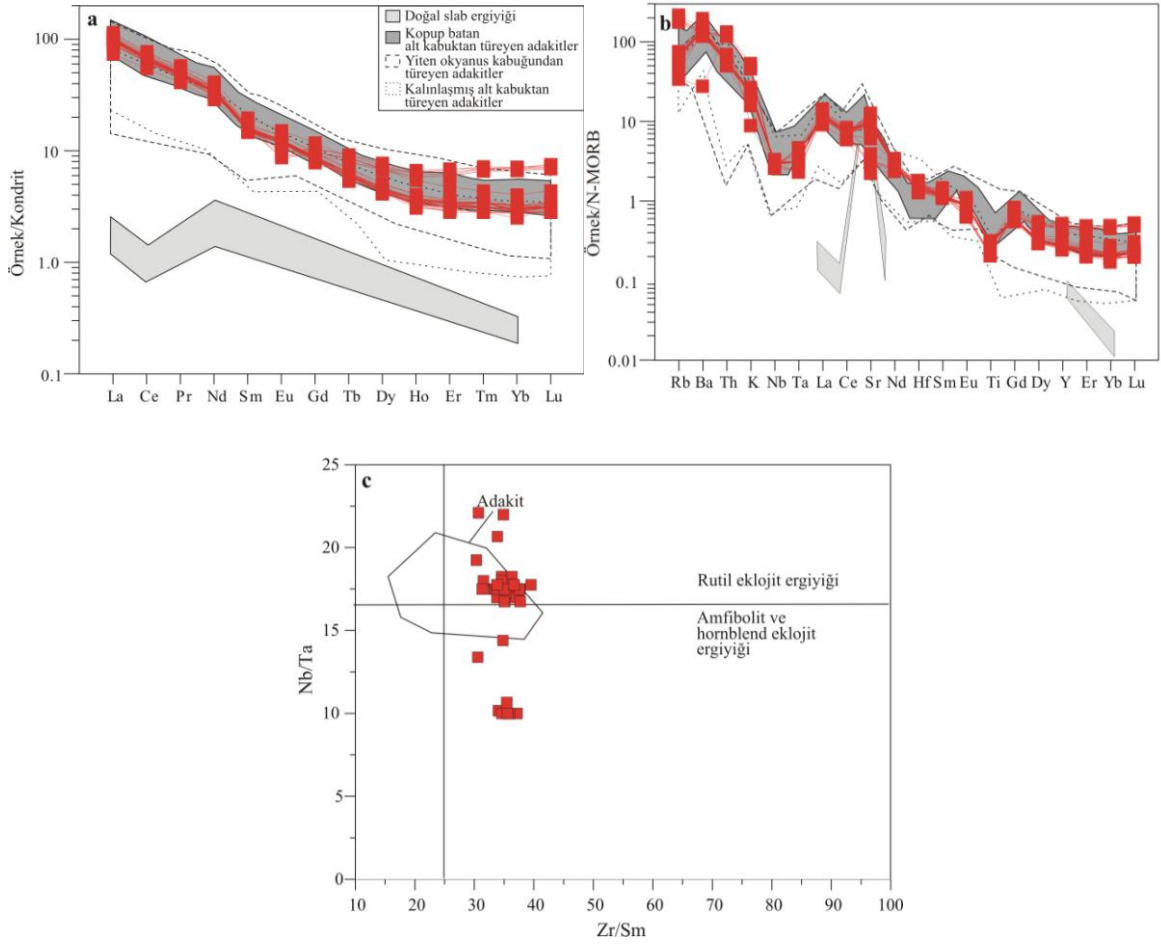
Şekil 15. Adakitik porfir kayaçlarının; a: Sr/Y oranına karşın Y içeriği ve b: Kondrit normalize La/Yb oranlarına karşın Yb değerleri değişim diyagramındaki yerleri. Adakit ve yay karakterli kalk-alkalin lavları yansıtan alanlar, Martin (1999)'dan alınmıştır. Nadir Toprak element modellemesi için, başlangıç materyali olarak Doğu Pontidler'den bir gabro örneği (G518; Dokuz ve diğ., 2006) seçilmiştir. Modelleme amfibolit ve eklojit denge şartlarında kabul edilmiş ve garnet içeriğinin değişken olduğu düşünülerek, modelleme için Irving ve Frey (1978), Fujimaki ve diğ. (1984) ve Sisson (1994) tarafından önerilen dağılım katsayıları kullanılmıştır.

Örneklerin ana oksit ve seçilmiş bazı iz elementler ile SiO₂ değişim diyagramlarına bakıldığında, düzgün değişimler gözlenmemektedir (Şekil 16). Kısmen MgO ve CaO içerikleri SiO₂ değerleri ile negatif ilişkiler sunmaktadır (Şekil 16c,d).



Şekil 16. Doğu Pontid adakitik porfirlerinin; a: SiO₂ içeriklerine karşın Al₂O₃ içerikleri, b: SiO₂ içeriklerine karşın Na₂O içerikleri, c: SiO₂ içeriklerine karşın MgO içerikleri, d: SiO₂ içeriklerine karşın CaO içerikleri, e: SiO₂ içeriklerine karşın K₂O içerikleri, f: SiO₂ içeriklerine karşın toplam demir oksit içerikleri, g: SiO₂ içeriklerine karşın Sr/Y oranları, h: SiO₂ içeriklerine karşın La değerleri ve i: SiO₂ içeriklerine karşın Ba değerleri değişim diyagramları. Olivin + klinopiroksen + plajiyoklas + hornblend + titanomagnetit içeren düşük basınç fraksiyonel kristallenme (DBFK) yönsemesi Castillo ve diğ. (1999) ve garnet içeren yüksek basınç fraksiyonel kristallenme (YBFK) yönsemesi Macpherson ve diğ. (2006)'dan alınmıştır.

Doğu Pontid adakitik kayaçlarının nadir toprak element dağılımlarına bakıldığında (Şekil 17), hafif nadir toprak elementleri (HNTE) ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre zenginleşmiş oldukları gözlenmektedir. Normalize La/Yb değerleri 12.25'den 15.35'e kadar değişim sunmaktadır (Şekil 17a). Eu/Eu* oranları 0.91 ila 1.25 arasında değişmekte olup çoklukla 1'den fazladır. Ağır nadir topraklı elementlerde çok zayıf konkavite gözlenmektedir (Şekil 17a). N-MORB normalize iz element modelleri, tüm örneklerin büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE, Rb, Ba ve Th) zenginleştiği ve yüksek alan enerjili elementlerce (YAEE, Nb ve Ta) tüketilmiş olduklarını göstermektedir (Şekil 17b). Pozitif Sr ve negatif Ti anomalisi karakteristik özellikleridir. Ba içeriği bakımından Rb ve Th a göre bir zenginleşme mevcuttur. Örnekler yüksek Nb/Ta oranına sahip adakit alanı karakterize ederler (Şekil 17c). Tüm bu özellikler, kalınlaşmış (Atherton ve Petford, 1993; Muir vd., 1995; Johnson vd., 1997; Xiong vd., 2003) ve kopuk batan (Xu ve diğ., 2002; Wang vd., 2004a,b; Wang vd., 2007a,b) alt kabuktan kaynaklanan ergiyik ürünlerine benzerken; yiten okyanus kabuğundan türeyen ergiyik ürünlerine ait patternleri (Defant ve Drummond, 1990; Kay vd., 1993) ve doğal slab ergiyiği patternlerinden (Kepezhinskas vd., 1995; Sorensen ve Grossman, 1989) (Şekil 17a,b) daha farklıdır.



Şekil 17. Adakitik porfirlerinin; a: kondrit normalize (Boynton, 1984) nadir toprak element modelleri, b: N-MORB normalize (Sun ve McDonough, 1989) çoklu element profilleri ve c: Nb/Ta oranına karşın Zr/Sm oranı değişim diyagramındaki (Condie, 2005). Kopub batan alt kabuktan türeyen adakit alanı verileri Xu ve diğ. (2002) ve Wang vd., (2004a,b, 2006)'dan alınmıştır. Yiten slabdan türeyen adakit alanı verileri yayınlamış verilerdir (Defant ve Drummond, 1990; Kay vd., 1993; Stern ve Kilian, 1996; Defant vd., 2002). Kalınlaşmış alt kabuktan türeyen alanlar ise aşağıdaki literatürden alınmıştır. Atherton ve Petford (1993); Muir vd., (1995); Petford ve Atherton (1996); Johnson vd., (1997); Xiong vd., (2003). Doğal slab ergiyik alanı ise Kepezhinskas vd., (1995) ve Sorensen ve Grossman (1989)'dan alınmıştır.

Tablo 2. Hamsiköy yöresine ait kuvars monzonit porfir kayaçlarına ait ana (% ağı.), iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element değerleri.

Örnek No	V2	V3	V5	V8	V12	ZT2	HK1	HK3
Kayaç Türü	kmp	kmp	kmp	kmp	kmp	kmp	kmp	kmp
SiO ₂	64,62	64,67	64,45	63,83	64,15	64,47	64,81	64,4
TiO ₂	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,37	0,39
Al ₂ O ₃	17,19	17,26	17,29	17,14	17,09	17,3	17,32	17,12
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	3,75	3,85	3,78	3,78	3,67	3,74	3,81	3,86
MnO	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08
MgO	1,54	1,55	1,58	1,63	1,57	1,6	1,56	1,72
CaO	2,21	3,12	3,09	3,22	3,02	2,72	2,14	2,16
Na ₂ O	6,27	5,25	5,45	5,24	5,88	6,37	6,45	6,24
K ₂ O	1,76	1,92	1,63	1,78	1,69	1,72	1,53	1,81
P ₂ O ₅	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,19	0,21
LOI	1,80	1,50	1,80	2,50	2,10	1,20	1,50	1,70
Toplam	99,75	99,73	99,74	99,74	99,74	99,77	99,73	99,73
Mg#	0,448525	0,443622	0,452901	0,460631	0,458651	0,458659	0,447791	0,46879
ADI	1,058663	1,053262	1,057637	1,045057	1,00572	1,000815	1,071957	1,059975
Rb	40	41	35	39	35	37	30	39
Sr	916	887	930	869	967	836	1123	1066
Ba	836	981	869	880	854	777	740	798
Cs	0,6	0,7	0,7	1	0,5	1,1	0,4	0,6
Zr	106	103	110	108	101	99	110	109
Hf	2,6	3	3	3	3	3,1	3,4	3,1
Th	6,5	6,5	6,5	6,5	6,1	6,4	7,1	7,6
Pb	13,8	9,3	9,7	10,1	9,7	10,7	12,9	11,7
Zn	38	32	45	51	31	33	44	42
Ta	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Nb	7,3	7,2	7,1	7	7	6,8	7	7,1
Y	7,1	7,6	7,9	6,8	7,7	7,6	8,1	9,8
U	1,4	1,4	1,5	1,2	1,3	1,5	1,3	1,5
Ni	6,9	8,3	8,8	9,2	7,7	5,5	7,2	7,6
Co	7,3	7,4	7,5	6,8	7,5	7,4	7,6	8,1
V	63	62	59	58	58	59	60	68
Ga	18,5	18,7	18,9	18,8	18,5	19	19	19,1
Sc	7	6	6	6	6	6	6	7
La	29,9	31,2	31,4	31	29,7	30,6	31,6	34,4
Ce	52,9	55,6	54,3	53,6	53,5	54,7	54,6	56,4
Pr	5,61	5,86	5,91	5,78	5,73	5,82	6,04	6,53
Nd	20	19,9	20,5	20,9	20,7	20	20,8	23
Sm	2,93	2,99	3,05	2,93	3,02	2,95	3,16	3,25
Eu	0,85	0,9	0,92	0,88	0,88	0,89	0,93	1,01
Gd	2,12	2,24	2,3	2,11	2,18	2,2	2,26	2,45
Tb	0,27	0,29	0,3	0,27	0,28	0,28	0,29	0,32
Dy	1,41	1,47	1,52	1,35	1,42	1,48	1,46	1,64
Ho	0,23	0,24	0,26	0,22	0,24	0,26	0,25	0,29
Er	0,65	0,64	0,7	0,62	0,66	0,65	0,72	0,77
Tm	0,1	0,1	0,11	0,09	0,1	0,11	0,11	0,12
Yb	0,58	0,63	0,66	0,57	0,64	0,65	0,67	0,66
Lu	0,1	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1	0,1	0,11
(La/Yb)n	34,7	33,38863	32,07527	36,66667	31,28679	31,73896	31,79779	35,13978
(Yb)n	2,7	3,014354	3,157895	2,727273	3,062201	3,110048	3,205742	3,157895

Fe₂O₃^{tot}: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. **LOI** (loss on ignition=ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği.

Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). **ADI**: Alkali Doygunluk İndeksi. **Kmp**: Kuvars monzonit porfir.

Tablo 3. Hamsiköy yöresine ait tonalit porfir kayaçlarına ait ana (% ağı.), iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element değerleri

Örnek	V6	V7	V9	V10	V13	V14	V15	V16
Kayaç Türü	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp
SiO ₂	63,84	63,69	65,07	63,52	64,13	63,72	64,14	63,28
TiO ₂	0,37	0,37	0,37	0,36	0,38	0,37	0,35	0,37
Al ₂ O ₃	17,13	16,68	17,06	16,86	17,02	17,05	17,13	16,86
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	3,88	3,75	3,86	3,78	3,72	3,85	3,57	3,79
MnO	0,06	0,07	0,06	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08
MgO	1,49	1,63	1,47	1,44	1,47	1,48	1,54	1,56
CaO	3,87	3,81	4,02	5,01	4,15	4,3	4,1	4,63
Na ₂ O	4,78	4,82	4,61	4,08	4,82	4,61	4,59	4,42
K ₂ O	1,73	1,79	1,76	1,72	1,68	1,78	1,7	1,66
P ₂ O ₅	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18	0,19
LOI	2,40	3,0	1,30	2,70	2,10	2,30	2,30	2,90
Toplam	99,75	99,76	99,74	99,77	99,74	99,68	99,71	99,74
Mg#	0,431995	0,462611	0,429948	0,430027	0,439025	0,432247	0,460721	0,449092
ADI	1,021348	0,993235	1,015628	0,953499	0,98423	0,983945	1,016914	0,964215
Rb	35	42	40	38	37	39	35	36
Sr	828	775	885	785	862	1141	1077	888
Ba	873	851	918	853	947	1230	1107	866
Cs	1,6	0,9	0,8	0,9	0,5	0,6	0,7	0,9
Zr	118	104	106	105	109	110	94	108
Hf	3,4	3	3	2,9	2,7	2,9	2,8	3
Th	6,8	6,8	6,6	6,1	6,4	6,4	6,9	6,5
Pb	6,2	6,4	7,2	3,6	7,1	10,7	9,1	11,5
Zn	35	53	31	37	33	27	32	51
Ta	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4
Nb	7	7	7,3	7	7	6,8	6,7	6,8
Y	7,1	7,5	7,4	7,5	7,4	7,8	7,6	7,5
U	1,2	1,3	1,2	1,4	1,5	1,3	1,3	1,6
Ni	9,2	8,7	8,2	9,5	7,1	7,8	8,1	9,7
Co	7,4	7,2	7,3	6,9	6,5	7	6,7	7,6
V	60	61	59	60	61	58	56	61
Ga	18,9	18,6	18,8	19,1	18,2	18,2	18,2	18,4
Sc	6	6	6	6	6	6	6	6
La	30,4	30,5	30,8	30,6	28,3	30,6	30,7	29,9
Ce	54,6	52,9	53,9	53,1	49,9	53,9	55,3	52,3
Pr	6,02	5,86	5,82	5,7	5,44	5,79	5,95	5,65
Nd	21,6	21,7	20,3	20,2	19,5	20,4	20,4	20
Sm	3,15	3,16	3,08	3,04	2,93	2,96	3,07	2,98
Eu	0,91	0,91	0,89	0,87	0,87	0,9	0,91	0,89
Gd	2,19	2,21	2,24	2,18	2,02	2,16	2,22	2,06
Tb	0,28	0,28	0,3	0,28	0,28	0,28	0,29	0,28
Dy	1,37	1,42	1,45	1,47	1,34	1,47	1,5	1,42
Ho	0,23	0,24	0,26	0,23	0,24	0,26	0,24	0,24
Er	0,59	0,64	0,66	0,6	0,67	0,62	0,63	0,67
Tm	0,09	0,1	0,11	0,1	0,11	0,09	0,11	0,1
Yb	0,58	0,63	0,62	0,6	0,59	0,52	0,59	0,59
Lu	0,09	0,1	0,11	0,09	0,1	0,1	0,1	0,09
(La/Yb) _n	35,3	32,6	33,4	34,3	32,3	39,6	35,0	34,1
(Yb) _n	2,7	3,0	2,9	2,8	2,8	2,4	2,8	2,8

Fe₂O₃^{tot}: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. **LOI** (loss on ignition=ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği.

Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). **ADI**: Alkali Doygunluk İndeksi. **Tnp**: Tonalit porfir.

Tablo 3'ün devamı

Örnek	V16A	V17	ZT1	ZT3	ZT4	ZT5	H1	H2
Kayaç Türü	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp
SiO ₂	63,18	64,02	64,58	62,68	63,46	63,82	63,45	63,45
TiO ₂	0,37	0,39	0,37	0,38	0,39	0,35	0,37	0,38
Al ₂ O ₃	16,85	17,17	17,19	17,12	17,39	16,87	17,04	16,96
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	3,82	3,85	3,71	3,87	4,04	3,6	3,77	3,82
MnO	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08
MgO	1,54	1,63	1,49	1,7	1,7	1,51	1,56	1,57
CaO	4,52	4,79	3,19	4,71	4	4,01	4,75	4,94
Na ₂ O	4,58	4,36	5,86	4,65	4,87	4,94	4,6	4,38
K ₂ O	1,69	1,7	1,69	1,67	1,71	1,5	1,62	1,71
P ₂ O ₅	0,19	0,2	0,2	0,21	0,21	0,18	0,19	0,2
LOI	2,90	1,60	1,40	2,70	1,90	2,90	2,30	2,30
Toplam	99,76	99,74	99,73	99,74	99,73	99,78	99,75	99,75
Mg#	0,443955	0,456076	0,44302	0,465235	0,454557	0,453762	0,450402	0,448723
ADI	0,958398	0,968895	0,995426	0,950036	1,014899	0,98998	0,948948	0,940255
Rb	38	41	35	36	36	31	37	38
Sr	859	914	1023	911	904	797	908	927
Ba	866	902	893	825	851	751	809	848
Cs	1,1	0,7	0,5	0,8	0,6	1	0,6	0,6
Zr	102	111	122	114	116	99	109	106
Hf	2,7	2,9	3,5	3,2	3	2,8	3,1	3
Th	7,1	7	6,5	6,9	8,3	6,4	6,9	7,3
Pb	10,9	9,2	8,1	11,3	8,3	5	9,7	8,8
Zn	57	37	38	61	45	35	40	38
Ta	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
Nb	6,7	6,9	7,1	7	7,7	6,8	6,7	6,7
Y	7,5	7,9	7,7	9,2	13,1	7,2	7,6	7,8
U	1,7	1,4	1,3	1,5	1,6	1,1	1,5	1,5
Ni	9,9	8,1	6,4	9,5	9,4	8,6	6,3	6,7
Co	7,1	7,7	7,4	7,7	8,3	6,4	7,6	7,5
V	59	63	63	66	63	56	63	63
Ga	18,3	18,7	19,2	18,4	19,5	18,1	17,9	18,6
Sc	6	7	7	7	7	6	7	7
La	29,6	31,1	30,7	32,1	35,6	29,7	30	30,4
Ce	53,8	55,1	54,9	56,6	59,3	51,4	53,5	53,1
Pr	5,75	5,97	5,89	6,23	7,05	5,66	5,72	5,88
Nd	19,9	20,2	20,8	21,3	24,8	20,2	20,3	20,3
Sm	2,93	3,17	3,1	3,05	3,84	2,84	2,91	3,03
Eu	0,89	0,92	0,92	0,92	1,12	0,86	0,88	0,9
Gd	2,16	2,24	2,18	2,28	3,05	2,17	2,22	2,21
Tb	0,28	0,3	0,28	0,3	0,41	0,28	0,29	0,29
Dy	1,35	1,44	1,39	1,53	2,18	1,34	1,37	1,43
Ho	0,25	0,27	0,27	0,27	0,39	0,24	0,24	0,26
Er	0,71	0,72	0,68	0,74	0,99	0,61	0,66	0,7
Tm	0,09	0,1	0,1	0,11	0,14	0,1	0,1	0,11
Yb	0,59	0,63	0,64	0,68	0,84	0,6	0,63	0,61
Lu	0,09	0,1	0,1	0,11	0,14	0,1	0,1	0,1
(La/Yb)n	33,8	33,2	32,3	31,8	28,5	33,3	32,1	33,5
(Yb)n	2,8	3,0	3,0	3,2	4,0	2,8	3,0	2,9

Fe₂O₃^{tot}: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. **LOI** (loss on ignition=ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği.

Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). **ADI**: Alkali Doygunluk İndeksi. **Tnp**: Tonalit porfir

Tablo 3'ün devamı

Örnek	H3	H4	H5	H6	HK2	HK4	HK5
Kayaç Türü	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp	tnp
SiO ₂	63,84	63,37	63,95	62,89	63,65	63,87	62,93
TiO ₂	0,39	0,39	0,38	0,4	0,38	0,37	0,38
Al ₂ O ₃	17,18	17,14	16,9	17,11	17,05	16,98	16,5
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	3,85	3,89	3,83	3,95	3,95	3,82	3,73
MnO	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07
MgO	1,61	1,65	1,61	1,8	1,75	1,66	2,07
CaO	4,86	4,9	4,7	5,12	4,19	3,96	3,65
Na ₂ O	4,43	4,39	4,52	4,39	4,77	4,71	4,98
K ₂ O	1,63	1,67	1,63	1,55	1,6	1,54	1,14
P ₂ O ₅	0,21	0,21	0,2	0,22	0,19	0,19	0,17
LOI	1,70	2,10	1,90	2,20	2,10	2,60	4,10
Toplam	99,74	99,74	99,73	99,72	99,72	99,74	99,77
Mg#	0,453015	0,456537	0,454306	0,474376	0,467357	0,462547	0,523603
ADI	0,960427	0,955508	0,952379	0,939687	0,991476	1,021982	1,027246
Rb	38	39	36	33	35	31	23
Sr	942	946	990	1009	977	834	547
Ba	886	862	889	902	943	904	843
Cs	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,9	0,8
Zr	100	107	106	106	115	97	101
Hf	2,9	3,2	3	3,1	3,3	2,7	2,8
Th	6,9	6,8	7	7,3	7,2	6,4	6
Pb	8,1	9,3	9,7	6,7	5,4	4,7	5,1
Zn	38	36	37	39	45	51	47
Ta	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3
Nb	7,2	7,2	7	7	7,1	6,7	6,2
Y	7,7	8,1	8	8,4	8	7,5	7,3
U	1,7	1,5	1,5	1,5	1,8	1,4	1,5
Ni	6	6,2	6	9,4	8,9	9,3	8
Co	7,9	8	7,8	8,8	8	6,4	6,4
V	67	64	65	71	64	53	52
Ga	19,7	18,5	18,8	19,1	18,8	16	16,5
Sc	7	7	7	7	7	7	7
La	31,5	30,8	31,3	32,7	31,8	32,3	29,3
Ce	55,5	55,6	56,8	58,4	55,4	52,5	50,7
Pr	6,01	6,05	6,1	6,5	6,18	6,06	5,66
Nd	20,7	21,6	20,6	22,3	21,8	22,2	21,3
Sm	3,19	3,12	3,14	3,39	3,16	3,2	3
Eu	0,92	0,93	0,91	1,01	0,92	0,91	0,9
Gd	2,23	2,34	2,23	2,48	2,25	2,25	2,18
Tb	0,3	0,3	0,3	0,33	0,3	0,25	0,25
Dy	1,43	1,49	1,5	1,62	1,43	1,32	1,48
Ho	0,27	0,26	0,26	0,29	0,26	0,25	0,27
Er	0,71	0,7	0,74	0,74	0,72	0,66	0,7
Tm	0,11	0,11	0,1	0,11	0,11	0,11	0,1
Yb	0,68	0,62	0,62	0,68	0,61	0,6	0,59
Lu	0,1	0,11	0,1	0,11	0,1	0,11	0,1
(La/Yb)n	31,2	33,4	34,0	32,4	35,1	36,2	33,4
(Yb)n	3,2	2,9	2,9	3,2	2,9	2,8	2,8

Fe₂O₃^{tot}: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. **LOI** (loss on ignition=ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği. **Mg#** = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). **ADI**: Alkali Doygunluk İndeksi. **Tnp**: Tonalit porfir

Tablo 4. Hamsiköy yöresine ait granodiyorit porfir ve granit porfir kayaçlarına ait ana ve iz element değerleri

Örnek	YY1	KH4	Y2	Y4	KH2	Y3
Kayaç Türü	grdp	grdp	grdp	grdp	grp	grp
SiO ₂	69,79	69,73	69,06	69,66	69,8	70,43
TiO ₂	0,27	0,26	0,28	0,27	0,26	0,26
Al ₂ O ₃	14,89	14,91	15,06	14,75	14,88	15,2
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	3	3	2,95	3,06	3,03	2,38
MnO	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04
MgO	0,97	0,92	1,04	0,97	0,91	0,95
CaO	2,75	1,54	1,91	2,34	1,64	1,1
Na ₂ O	3,48	4,61	4,39	3,91	4,12	7,23
K ₂ O	3,32	3,43	3,33	3,32	3,84	0,64
P ₂ O ₅	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
LOI	1,2	1,3	1,7	1,4	1,2	1,6
Toplam	99,84	99,84	99,84	99,84	99,82	99,93
Mg#	0,390376	0,377857	0,411143	0,385674	0,372962	0,441506
ADI	1,039944	1,057738	1,053244	1,032912	1,069301	1,042071
Rb	111	98	108	106	120	19
Sr	250	292	278	266	351	200
Ba	829	804	820	763	925	174
Cs	0,6	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2
Zr	118	114	113	111	116	106
Hf	3,3	3,4	3,7	3,4	3,5	3,5
Th	14,2	14,8	14,8	14,1	15,9	15,4
Pb	37,4	38,3	42,1	39,5	38,3	21,2
Zn	38	32	34	36	34	29
Ta	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Nb	6	6	6,4	6	6,1	6
Y	13,5	14,2	14,6	13,7	14,4	13
U	3,3	3,4	3,4	3,7	3,7	2,8
Ni	7,1	7,2	6,6	6,9	6,3	7,2
Co	5	5,2	5,1	5,1	5	4,5
V	42	40	42	39	43	46
Ga	14,9	14,9	15,1	14	15,2	15,7
Sc	6	7	7	7	6	6
La	28,2	27,2	29,1	27,5	34,7	22,7
Ce	51,7	50,2	54,2	50,6	62,7	44,1
Pr	5,49	5,36	5,82	5,45	6,63	4,98
Nd	18,7	18,5	19	19,3	22,2	17,2
Sm	3,18	3,2	3,21	3,13	3,42	3,09
Eu	0,72	0,67	0,72	0,65	0,71	0,64
Gd	2,55	2,52	2,72	2,48	2,69	2,41
Tb	0,38	0,4	0,43	0,41	0,43	0,37
Dy	2,2	2,25	2,49	2,19	2,33	2,16
Ho	0,42	0,45	0,48	0,46	0,46	0,42
Er	1,26	1,3	1,44	1,42	1,35	1,26
Tm	0,21	0,22	0,22	0,23	0,22	0,21
Yb	1,38	1,43	1,49	1,48	1,46	1,43
Lu	0,22	0,23	0,24	0,23	0,24	0,22
(La/Yb) _n	13,7	12,8	13,1	12,5	16,0	10,7
(Yb) _n	6,6	6,8	7,1	7,0	6,9	6,8

Fe₂O₃^{tot}: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. **LOI** (loss on ignition=ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği. **Mg#** = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). **ADI**: Alkali Doygunluk İndeksi. **Gnp**: Granodiyorit porfir.

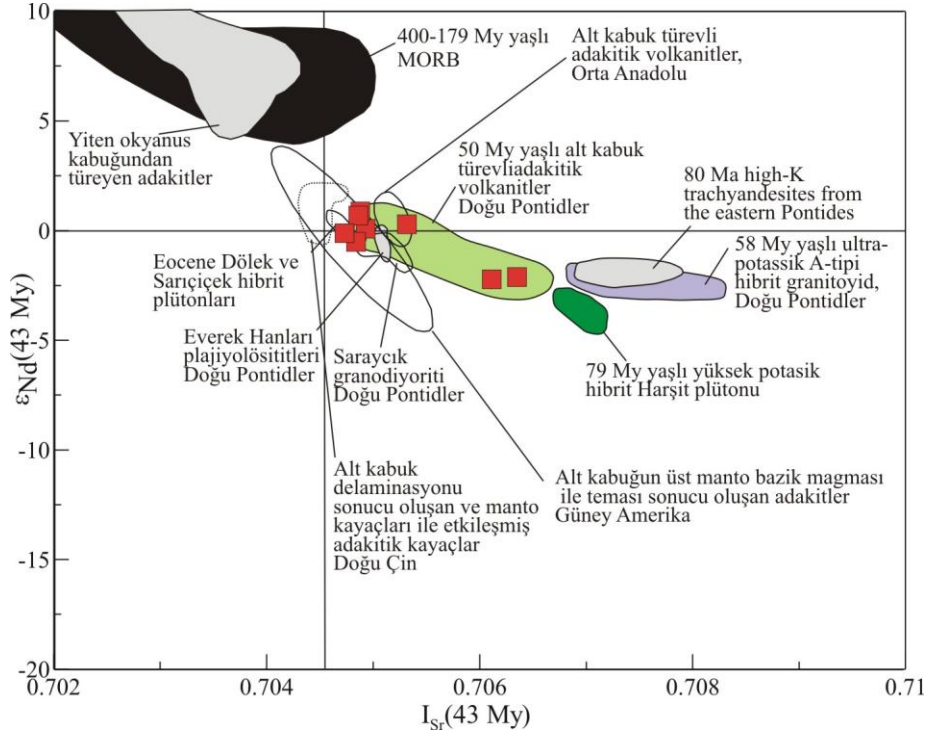
3.3.1.2. Rb-Sr ve Sm-Nd İzotop Jeokimyası

Sr ve Nd izotopik analizleri sonuçları adakitik porfirler'den alınan 8 örnekte elde edilmiştir. Bu analizlerin, düşük silisyumlu kayada yüksek silisyumlu kayaca kadar dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Genel bir değerlendirme ile, örneklerin oldukça homojen izotopik kompozisyonlara sahip oldukları gözlenmiş ve göreceli yüksek I_{Sr} değerleri (0.70472–0.70635) ve düşük ϵ_{Nd} (43 My) değerlerine (-2.2 to 0.9) sahip oldukları anlaşılmıştır. Bu iki oran ikili değişim diyagramında değerlendirildiğinde negatif bir korelasyon gözlenmektedir (Şekil 17b). Tüketilmiş mantoya göre hesaplanan Nd model yaşları (T_{DM}) genç (düşük) olup, 0.64 ila 0.91 arasında değişmektedir.(Tablo 5) Örnekler, Topuz vd., (2005) tarafından Doğu Pontidlerde tanımlanan alt kabuk türevli adakitler, Varol vd., (2007) tarafından tanımlanan alt kabuk türevli Orta Anadolu adakitleri ve Karşlı vd. (2009a) tarafından Gümüşhane yöresinde tanımlanan Erken Senozoyik adakitleri ile örtüşmektedirler. Kayaçların, Doğu Pontidlerde adakitik karakter sunmayan Everek hanları plajiyolositleri (Alther vd., 2008) ve Eosen Dölek ve Sarıçiçek granitoidleri (Karşlı vd., 2007) ile benzer izotopik kompozisyon sunmaları ise ilginçtir. ϵ_{Nd} (43 My) değerleri, MORB değerinden çok düşük olmakla birlikte, Senozoyik okyanus kabuğu türevli adakitik kayaçlara benzememektedirler. Tüm örnekler, 79 My yaşlı yüksek potassik hibrit Harşit plütonu (Karşlı vd., 2009b), 80 My yaşlı yüksek potassik traki andezitler (Eyüboğlu, 2009) ve 58 Milyon yıl yaşlı ultra potassik A-tipi hibrit granitler (Karşlı vd., 2009c) ile benzer çizgisellikte bulunmaktadır. Ayrıca Doğu Çin (Wang vd. 2006) ve Güney Amerikadaki (Petford ve Atherton, 1996) alt kabuk adakitleri ile benzer alanlarda yer almaktadır. ϵ_{Nd} (43 My) değerine karşın SiO_2 içeriği; I_{Sr} (43 My) değerine karşın SiO_2 içeriği ve I_{Sr} (43 My) değerine karşın $1/Sr$ değeri değişimleri kayaçlarda magma karışım proseslerinin etkili olmadığını ve bir miktar üst kabuk kirlenmesinin meydana gelmiş olabileceğine işaret etmektedir (Şekil 18).

Tablo 5. Doğu Pontid adakit porfirlerinin Rb-Sr ve Sm-Nd izotopik bileşimleri

Örnek	[Rb] ppm	[Sr] ppm	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	2σ	I _{Sr} (43 Ma)	[Sm] ppm	[Nd] ppm	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	2σ	ε _{Nd} (0)	ε _{Nd} (T) 43 Ma	f _{Sm/Nd}	T _{DM} (Ga)
V9	40.9	885.8	0.1873	0.706540	13	0.70635	3.08	20.3	0.1087	0.512514	6	-2.7	-2.1	-0.47	0.91
ZT5	31.1	797.6	0.1345	0.706125	16	0.70611	2.84	20.2	0.1012	0.512479	7	-2.8	-2.2	-0.48	0.87
V16	36.1	888.7	0.1193	0.705451	13	0.70531	2.98	20.0	0.1091	0.512621	7	-0.6	0.3	-0.44	0.78
YY1	111.0	250.4	0.1345	0.705046	17	0.70492	3.18	18.7	0.1030	0.512617	9	-0.5	0.1	-0.49	0.72
Y2	108.4	278.1	0.3342	0.705111	16	0.70487	3.21	19.0	0.0967	0.512632	6	0.1	0.9	-0.50	0.67
HK5	23.1	547.1	0.2452	0.704743	17	0.70485	3.00	21.3	0.1163	0.512657	8	0.2	0.7	-0.53	0.64
H5	36.9	990.9	0.2360	0.705164	16	0.70483	3.14	20.6	0.1010	0.512582	7	-1.1	-0.5	-0.48	0.76
ZT2	35.9	1023.2	0.1633	0.704873	13	0.70472	2.95	20.0	0.1048	0.512615	7	-0.7	-0.1	-0.45	0.76

Note: $\epsilon_{Nd} = ((^{143}Nd/^{144}Nd)_s / (^{143}Nd/^{144}Nd)_{CHUR} - 1) \times 10000$, $f_{Sm/Nd} = (^{147}Sm/^{144}Sm)_s / (^{147}Sm/^{144}Sm)_{CHUR} - 1$, $(^{143}Nd/^{144}Nd)_{CHUR} = 0.512638$, and $(^{147}Sm/^{144}Sm)_{CHUR} = 0.1967$. Model yaşlar, lineer izotopik oran eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır: $TDM = 1/\epsilon_{Nd} \times \ln(1 + ((^{143}Nd/^{144}Nd)_s - 0.51315) / ((^{147}Sm/^{144}Nd)_s - 0.2137))$.



Şekil 18. Doğu Pontid adakit benzeri asidik porfirlerinin konvensiyonel izotop diyagramındaki yerleri.

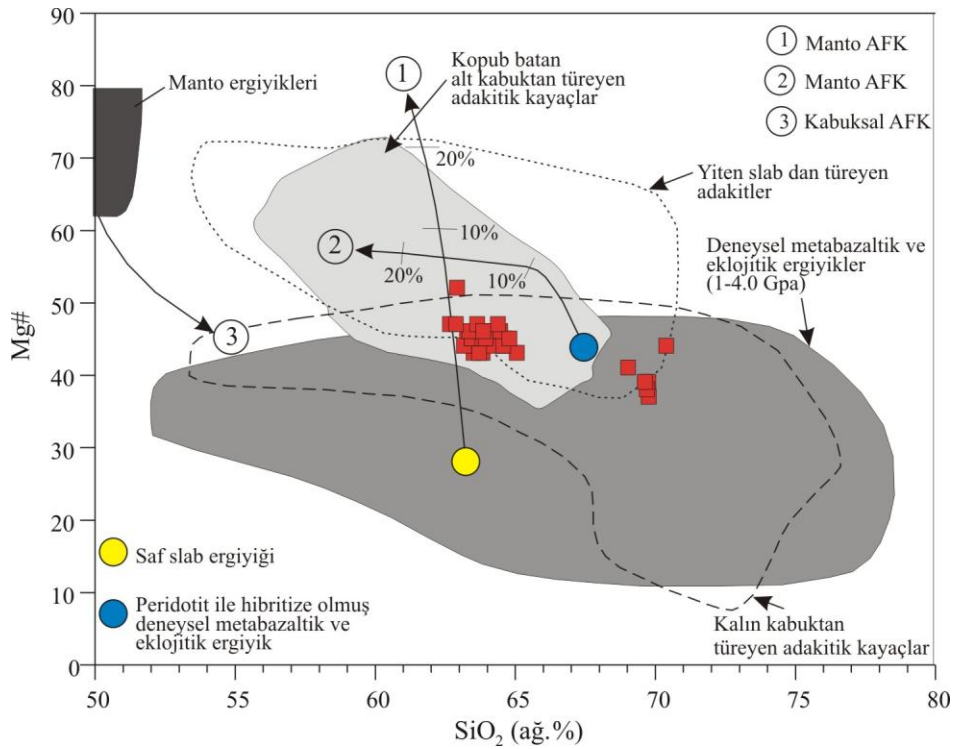
3.4. Petrolojik Evrim

Adakitik ergiyikler; sulu bazaltik magmanın yüksek basınç fraksiyonel kristallenmesi ve kabuksal asimilasyonu (Macpherson vd., 2006) veya düşük basınç fraksiyonel kristallenmesi (Castillo vd., 1999), yitim zonunda yiten okyanus kabuğunun kısmi ergimesiyle (Defant ve Drummond, 1990; Stern ve Kilian, 1996; Defant vd., 2002; Wang vd., 2007c) ve mafik bir alt kabuğun kısmi ergimesinden (Kay ve Kay, 1993; Atherton ve Petford, 1993; Petford ve Atherton, 1996; Xu vd., 2002; Chung vd., 2003; Hou vd., 2004; Gao vd., 2004; Wang vd., 2005; Guo vd., 2006; Wang vd., 2006, 2007a,b) türetilmektedirler. Anlaşıldığı üzere adakitik kayaların kaynaklı evrimi konusunda literatürde son yıllarda oldukça yaygın bir tartışma hakimdir.

Sulu bazaltik ergiyiğin yüksek basınç fraksiyonel kristallenmesi ile spesifik kimyasal karaktere sahip adakitik kayalar türetilmiştir (Macpherson vd., 2006). Bu jenetik özellikteki kayaların Al_2O_3 ve La içerikleri SiO_2 içeriği ile azalmakta ve Sr/Y oranları SiO_2 içeriği ile artmaktadır. Ancak, Doğu Pontid adakitik karakterli porfir kayaları sözü edilen yönsemeleri sunmazlar (Şekil 16a,g,h).

Dolayısıyla bu tarz bir oluşum uygun görülmemektedir. Bununla birlikte aynı zaman aralığında fraksiyonlaşma neticesinde yaygın bir bazaltik volkanizma görülmez.

Castillo vd., (1999) adakitik kayaçların bazaltik magmanın düşük basınç fraksiyonel kristallenmesi ve kabuksal asimilasyon neticesinde oluşabileceğini savunmuştur. Çalışılan adakitik örneklerin bu tarz bir oluşumu destekleyen uygun yönseller göstermediği gözlenmiştir (Şekil 16a, b, c, d, h, i).

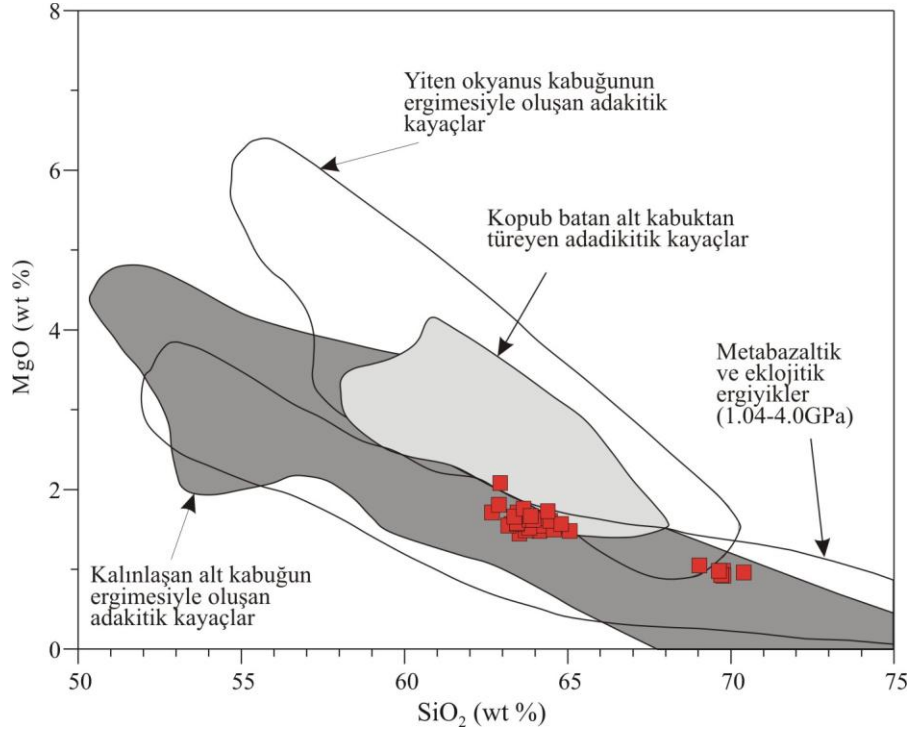


Şekil 19. Doğu Pontid adakitik profirlerinin SiO_2 içeriklerine karşın Mg# değişimleri. Manto AFK eğrileri Stern ve Kilian (1996) (Eğri 1) ve Rapp ve diğ. (1999) (Eğri 2) den alınmıştır. Eğri 1 için başlangıç noktası, Stern ve Kilian (1996) tarafından önerilen, saf slab kompozisyonunu temsil etmektedir. Eğri 2 için başlangıç noktası, Rapp ve diğ. (1999) tarafından önerilen, peridotit ile hibritleşmeyen metabazaltik ve eklojit kompozisyonlarını temsil etmektedir. Yiten okyanus kabuğundan ve kopup batan alt kabuktan türeyen adakit alanları Şekil 16'daki kaynaklardan elde edilmiştir. Metabazaltik ve eklojitik deneyel ergiyik alanları (1–4.0GPa), Rapp vd. (1991, 1999, 2002); Şen ve Dunn (1994); Rapp ve Watson (1995); Skjerlie ve Patiño Douce (2002)'den derlenmiştir.

Çalışılan adakit benzeri kayaçların oluşumları için bir diğer jenetik model ise bu kayaçların yiten okyanus kabuğu ergiyiğinden türemiş olabilecekleridir, söz konusu bu kayaçlar, Üst Kretase yaşlı, yitimle ilişkili volkanitlerini (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay

ve Şahintürk, 1997; Okay vd., 1997; Şengör vd., 2003; Topuz vd., 2005; Karlı vd., 2007) açık dokanaklar ile kesmiş olmaları, bunların yitim karakterli kayaçlardan daha sonraki dinamik fazlarda geliştiğine işaret eder. Dolayısıyla bu kayaçların oluşumunda yitim sürecinin büyük ölçüde tamamlanmış olduğu düşüncesi hakimdir. Bununla birlikte kayaçların kimyasal karakterleri yitim karakteri ile çok uyuşmamaktadır. İzotop kimyası verileri bu seçeneğin daha ayrıntılı açıklanması için önemli katkı sağlayacağı düşünülmekle birlikte bu modelde türeme zayıf ihtimal olarak kabul edilmektedir.

Doğu Pontid adakitik porfirlerinin alt kabuk malzemesinden türeme olasılıkları en muhtemel seçenektir. Kalınlaşan yada kopub batan (delaminated) garnet içeren mafik bir alt kabuğun mantodan sağlanan ısı sayesinde kısmi olarak ergiyebileceği, adakitler için son yıllarda kabul görmüş bir görüştür (Atherton ve Petford, 1993; Petford ve Atherton, 1996; Xu ve diğ., 2002, 2006; Wang ve diğ., 2006, 2008; Zhao ve Zhou, 2008). Eğer adakitik kayaçlar, alt kabuktaki mafik kayaçların kısmi ergimesinden türemişler ise, düşük MgO içeriğine sahip olmalı ve de Rapp ve Watson (1995) ve Rapp ve diğ. (1999) tarafından 1–4 GPa da deneysel olarak türetilen metabazalt ergiyiklerine benzemeliler. Doğu Pontid adakitik porfirleri düşük Mg# (39–46) değerlerine sahiptirler. Bu özellikleri ile tipik alt kabuk kökenli adakitlere benzerler (Şekil 19). Kabuk karakterli kimyasal özelliklerinin yanı sıra Mg# değerlerindeki hafif yükselme, kayaçları oluşturan ergiyiğin manto peridotitleriyle hafif derecede etkileştiklerini göstermektedir. Şekil 19'deki yönsemeleri bu tartışmayı desteklemektedir. Etkileşimin diğer bir destekleyici delili ise, ergiyiklerin, hornblend + garnet duraylılık derinliğinden ziyade daha derindeki garnet + rutil duraylılık alanında geliştiğidir (Şekil 17c). Ergiyik-peridotit etkileşiminin hafif derecede oluşabilmesi için delaminasyona uğrayan alt kabuk parçasının sıcak manto içerisinde ergimesi ve oluşan ergiyiğin mantoyu kat etmesi gerekir. Çalışılan kayaçların oluşumunda hafif dereceli peridotit etkileşimi görülmesi, ergiyiklerin manto içerisinde az miktarda yol kat etmiş olduğunu destekler. Böyle bir jeolojik olay ise ancak kopan kabuğun sığ derinliklerde genişlemeli tektonik fazın ilk safhalarında ergimiş olabilmesiyle açıklanabilir.

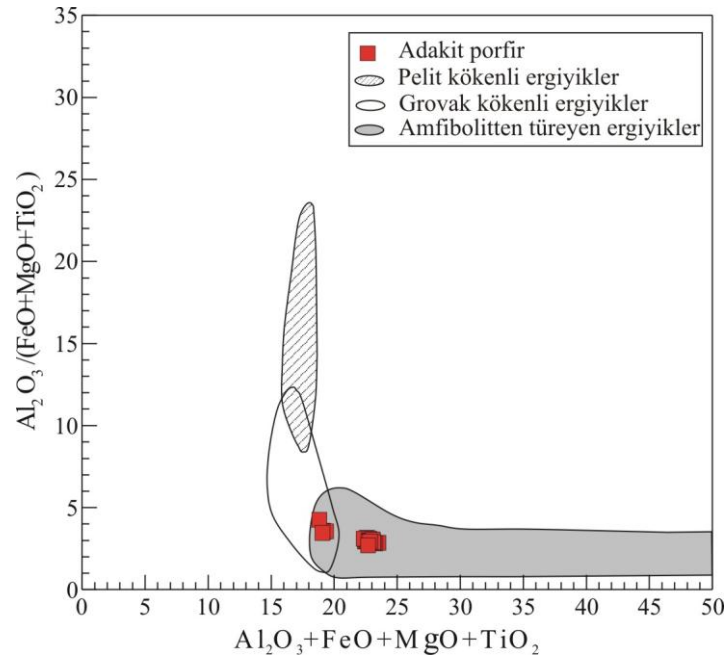


Şekil 20. Adakitik porfirlerinin MgO içeriklerine karşı SiO₂ içerikleri değişim diyagramındaki yerleri. Karşılaştırma amaçlı seçilen alan verileri Şekil 17'deki kaynaklardan alınmıştır.

3.5. Kaynak Özellikleri

Doğu Pontid adakit benzeri porfirlerin Sr içeriğince zenginleşme ve önemli Eu anomalileri göstermeyişleri (Şekil 17a,b), plajiyoklasın kaynak kayada olmayışı yada kısmi ergime boyunca tamamen tüketilmesiyle ilişkilidir. Sulu manto şartlarında Ti rutil içinde dağılım sunarken (Tatsumi, 1986), Nb amfibol içinde dağılımı tercih eder (Pearce ve Norry, 1979). İncelenen kayalar bu iki element bakımından kuvvetli tüketilmişlerdir. Bu olgu, 1.5Gpa'dan daha yüksek bir basınçta rutilin kalıntı faz olduğu şartlarda kaynak kayacın ergidiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte adakitlerin eklojit yada garnet amfibolit bileşimli bir alt kabuk kaynağından (Rapp vd., 1991; Chung vd., 2003) türeyebileceği, La/Yb ve Yb element çiftleri kullanılarak modellenmiştir. Ergime sırasında garnet içeren kalıntı için magma oluşumu, yüksek basınç yada derin kabuksal seviyelerde (≥ 1.2 GPa veya 40 km; Rapp vd., 1991) gerçekleşir. ANTE lerin göstermiş oldukları kısmen yatısı profiller, amfibolün kısmi ergime süresince garnetten daha önemli rol oynaması ile ilişkilendirilebilir.

Dolayısıyla amfibolitik kaynak öne çıkmaktadır. La/Yb oranına karşın Yb içeriği değişimi modellemesi, Doğu Pontid adakit benzeri porfirlerinin, eklojitten ziyade, garnet bileşiminin yaklaşık % 3–10 arasında değiştiği bir garnet amfibolit kaynağın yaklaşık %1–25 lik bir kısmı ergimesiyle oluştuğu anlaşılmaktadır (Şekil 15b). Bununla birlikte incelen kayaçlar düşük $Al_2O_3/(FeO+MgO+TiO_2)$ ve yüksek $Al_2O_3+FeO+MgO+TiO_2$ içeriklerine sahiptirler. Bu özellikleriyle amfibolit kaynak alanı ile benzerlik sunarlar (Şekil 21). Nisbi olarak yüksek I_{Sr} ve ϵ_{Nd} (43) değerleri alt kabuk kaynak alanı verileri ile uyumludur.

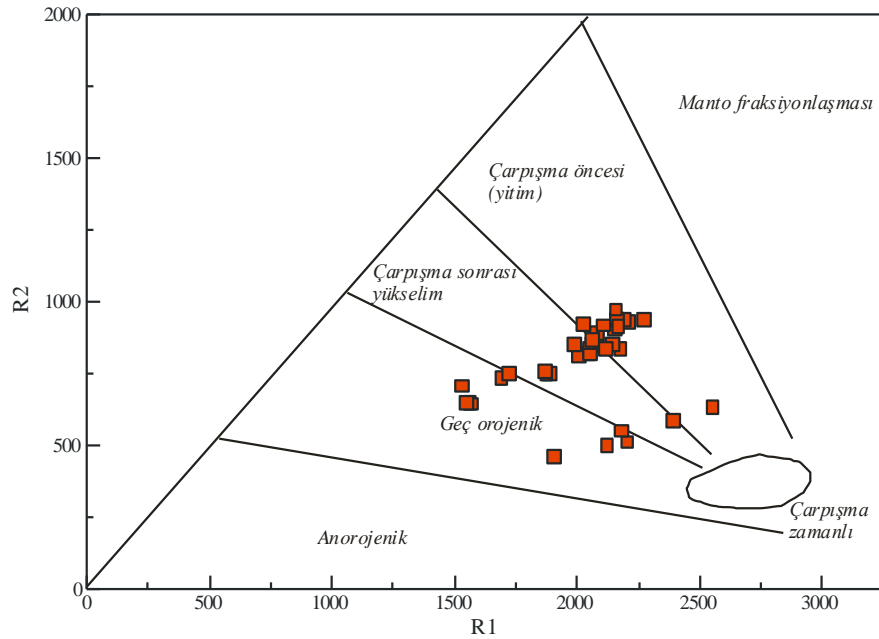


Şekil 21. Doğu Pontid adakitik porfirlerinin $Al_2O_3/(FeO+MgO+TiO_2)$ oranına karşın $Al_2O_3+FeO+MgO+TiO_2$ oranı değişim diyagramındaki yerleri. Deneysel olarak üretilmiş pelit, grovak ve amfibolit ergiyiği alanları Patiño Douce (1999)'dan alınmıştır.

3.6. Jeodinamik Evrim

Doğu Pontidler'de Üst Kretase sonrası jeodinamik model için yeni bulguların ortaya konulması, bu çalışmanın temel jeolojik hedeflerinden biriydi. Dolayısıyla, bu bağlamda veri üretebilmek için, Üst Kretase yaşlı yitim kökenli volkanik kayaçları açık bir dokanak ile kesen adakitik asit porfiri stoklar bu çalışmaya materyal olarak seçildi.

Yukarıda sözü edilen bulgular ile kayaçların spesifik kimyasal karakterlerini oluşturan etmenler ve kaynak kaya yorumlamaları yapılmaya çalışıldı. Bir örneğe ait hornblend seperasyonundan Ar-Ar radyometrik yaşlandırma yöntemi ile yaklaşık 43 milyon yıl (Orta Eosen) soğuma yaşı elde edilmiştir. Ayrıca kimyasal bileşimleri kayaçların oluşumlarının genişlemeli bir tektonik rejimde olduğu ve bu genişlemeli rejimin yitim sırasındaki yay-gerisi ekstansiyonundan ziyade, çarpışma sonrası genişlemeli fazlarla ilişkili oldukları, Batchelor ve Bowden (1985) diyagramındaki dağılımlarından anlaşılmaktadır (Şekil 22). Bu bağlamda, Erken-Orta Eosen aralığında Doğu Pontidlerde kabuk kalınlaşmasının sona erdiği ve bölgede ekstansiyonun başladığı, kalınlaşan alt kabuk materyalinin ergimesiyle oluşan adakitik porfirlerin kabuksal ekstansiyon neticesinde sokulum yaptıkları tartışılmaya başlanmıştır.



Şekil 22. Adakitik porfirlerinin Batchelor ve Bowden (1985) tektonik ayırma diyagramındaki yerleri. $R1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)$; $R2 = 6Ca + 2Mg + Al$ olarak tanımlanmıştır

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki birimlerin tanınması ve jeolojik modelin oluşturulabilmesi amacı ile 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ve kesitleri hazırlanmıştır.

2. Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve yaşlıdan gence doğru aşağıdaki birimler ayırtlanmıştır;

- Bekçiler Granitoyidi	Orta Eosen
- Çağlayan Formasyonu	Geç Kretase
- Kızılkaya Formasyonu	Geç Kretase

3. Hornblend mineralinde yapılan Ar-Ar yaşlandırma yöntemiyle kayaçların 43.76 ± 0.36 Milyon yıl yaşlı oldukları anlaşılmıştır.

4. Çalışmanın esasını teşkil eden porfiritik kayaçların petrografi olarak kuvars monzonit porfir, tonalit porfir, granodiyorit porfir ve granit porfir bileşiminde ve adakitik karaktere sahip oldukları belirlenmiştir.

5. Genellikle I-tipi kalk-alkalin karakterli olup, metalumundan peralumine doğru değişen kimyasal özellik sunarlar.

6. Jeokimyal ve izotopik karakterleri, bu kayaçların alt kabuğa tekabül eden, garnet içeren amfibolitik kayaçların kısmi ergimesi neticesinde oluştukları ve kısmi ergimeye uğrayan ergiyiğin fraksiyonlaşmadığına işaret etmektedir.

7. Tüm petrokimyasal veriler ve bölgesel jeolojik özellikler, Orta Eosen sürecinde bu kayaçların oluşumu sırasında Doğu Pontidlerin kabuksal kalışması sonrası ekstansiyonel bir safhada olduğu ve genişlemeli rejime bağlı olarak yükselen manto malzemesi sonucu Pontid alt kabuğunun ergidiğini vurgulamaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığı altında yörede benzer kayaçların yakın sahalarda gözlendiği, bu kayaçların en azından ilk bulgular ile mineralojik ve petrografik özellikleriyle çok benzer oldukları belirlenmiştir. Bu bağlamda, yakın yörelerde gözlenen bu kayaçların kimyasal özelliklerinin de benzer olduğunu düşünecek olursak, bu kayaçların yaş aralıklarının daha detay çalışılması gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla en azından, Geç Kretase ve Erken-Orta Eosen aralığında bulunma ihtimali olan bu kayaçlar ile söz konusu zaman aralığı için Doğu Pontidlerin jeodinamik evrimi için bulgular üretilebilir.

5. KAYNAKLAR

- Adamia, S.A. Zakariade, G.S. ve Lordkipanizde, M.b., 1977. Evolution of the ancient active continental magrin, as illustrated by Alpine History of the Caucasus Geotectonics, 11,4,209-309.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akın, H. 1978. Geologie, Magmatismus und Lager- Staettenbidung im ostpontischen Gebirge-Turkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geologische Rundschau, 68, 253-258.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Anon, 1976. Engineering Geological Maps, A Guide to Their Preparation, UNESCO Publishing House, Paris, 79.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, Petrography and Whole-Rock Geochemistry of Tertiary Granitic Intrusion in the Eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177–193.
- Aslan, Z., Arslan, M. ve Şen, C., 1999. Doğu Pontid'lerin Kuzey ve Güney Zonlarında Yüzeyleyen Eosen Yaşlı Granitik Sokulumların Karşılaştırılmalı Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 223-230.
- Atherton, M.P. ve Petford, N., 1993. Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust. *Nature*, 362, 144-146.
- Aydın, F., Karşlı, O. ve Chen B., 2008. Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Lithos.*, 104, 249–266.
- Barbieri, M., Conforta. L., Garbarino, C., Masi, U., Nicoletti, M. ve Akıncı , Ö., 2000, Geochemistry of Hydrothermally –Altered Volcanic Rocks of the Upper Volcanic Cycle from the Eastern Pontides (Northeastern Turkey), *Chem. Erde*, 60, 81-95. Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc-Back of Eastern Pontides, MTA Bulletin, 103,104, 1-15.

- Batchelor, R.A. ve Bowden, P., 1985. Petrogenetic Interpretation of Granitoid Rock Series Using Multicationic Parameters. *Chemical Geology* 48, 43–55.
- Bektaş, O., 1984. Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, *K.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, Jeoloji, 3,1,2, 53–62.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress and Polyphase Rifting in Arc-Back Arc of Eastern Pontides, *MTA Bulletin*, 103,104, 1-15.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction-Related Volcanism towards The Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), *Geological Journal*, 34,95-106.
- Bektaş, O., Van, A. ve Boynukalın, S., 1987. Doğu Pontidlerde (Kuzeydoğu Türkiye) Jura Volkanizması ve Jeotektoniği, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 30, 2.
- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P., (Ed.), *Rare Earth Element Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam, 63-114.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçların Jeomekanik Özellikleri, *Doktora Tezi*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boztuğ, D., Wagner, G.A., Erçin, A.İ., Göç, D., Yegingil, Z., İskenderoğlu, A., Kuruçelik, M.K., Kömür, İ. ve Güngör, Y., 2002. Sphene and Zircon Fission-Track Geochronology Unravelling Subduction- and Collision-Related Magma Surges in the Composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey, 1st International Symposium of The Faculty of Mines (İTÜ) On Earth Sciences and Engineering, Istanbul, Turkey, Abstracts, 121.
- Castillo, P.R., Janney, P.E. ve Solidum, R.U., 1999. Petrology and geochemistry of Camiguin Island, southern Philippines: insights to the source of adakites and other lavas in a complex arc setting. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 134, 33-51.
- Chung, S.L., Liu, D., Ji, J., Chu, M.F., Lee, H.Y., Wen, D.J., Lo, C.H., Lee, T.Y., Qian, Q. ve Zhang, Q., 2003. Adakites from continental collision zones: melting of thickened lower crust beneath southern Tibet. *Gelogy*, 31, 1021–1024.
- Condie, K.C., 2005. TTGs and adakites: are they both slab melts? *Lithos*, 80, 33-44.
- Çamur, M.Z., Güven, İ.H. ve Er, M., 1996. Geochemical characteristics of the Eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution: *Turish Journal of Earth Science*, 5, 123-144.

- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İTÜ, Maden Fakültesi, İstanbul (Yayınlanmamış).
- Defant, M.J. ve Drummond, M.S., 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*, 347, 662–665.
- Defant, M.J., Jackson, T.E., Drummond, M.S., De Boer, J.Z., Bellon, H., Feigenson, M.D., Maury, R.C. ve Stewart, R.H., 1992. The geochemistry of young volcanism throughout western Panama and southeastern Costa Rica: an overview. *Journal of the Geological Society, London*, 149, 569–579.
- Dokuz, A., Karsli, O., Chen, B. ve Uysal İ., 2009. Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre- and post-collisional lithospheric thinning of the eastern Pontides. *Tectonophysics*, doi:10.1016/J.tecto.2009.10.009.
- Dokuz, A., Tanyolu, E. ve Genç, S., 2006. A mantle- and a lower crust-derived bimodal suite in the Yusufeli (Artvin) area, NE Turkey: trace element and REE evidence for subduction-related rift origin of Early Jurassic Demirkent intrusive complex. *International Journal of Earth Science*, 95, 370–394.
- Fujimaki, H., Tatsumoto, M. ve Aoki, K., 1984. Partition coefficients of Hf, Zr and REE between phenocrysts and groundmass. *Journal of Geophysical Research* 89, 662-672.
- Gao, S., Rudnick, R.L., Yuan, H.L., Liu, X.M., Liu, X.M., Liu, Y.S., Xu, W.L., Ling, W.L., Ayers, J., Wang, X.C. ve Wang, Q.H., 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 Pontid’lerdeki Bölgesel Yayılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15-38.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doçentlik Tezi, KTÜ Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. The main Lines of Geotectonic development in the East Pontids in the Mesozoic era, Geocom-I, 555-580.
- Guo, F., Fan, W. ve Li, C., 2006. Geochemistry of late mesozoic adakites from the Sulu belt, eastern China: magma genesis and implications for crustal recycling beneath continental collisional orogens. *Geological Magazine*, 143, 1-13.
- Guo, Z., Wilson, M. ve Liu J., 2007. Post-collisional adakites in South Tibet: Products of partial melting of subduction-modified lower crust. *Lithos*, 96, 205–224.

- 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, Nisan - Mayıs, Adana, Bildiri Özleri, 223–224.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA, Ankara (Yayınlanmamış).
- 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 Planetary Science Letters*, 220, 139–155.
- Irving, A.J. ve Frey, F.A., 1978. Distribution of trace elements between garnet megacrysts and host volcanic liquids of kimberlitic to rhyolitic composition. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 771-787.
- Jica., 1985. The Republic of Turkey Report On The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, Japan International Cooperation Agency Metal Mining Agency of Japan.
- Johnson, K., Barnes, C.G. ve Miller, C.A., 1997. Petrology, geochemistry, and genesis of high-Al tonalite and trondhjemites of the Cornucopia stock, Blue Mountains, Northeastern Oregon. *Journal of Petrology*, 38, 1585-1611.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariçiçek Plutons, Eastern Turkey: 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, I., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R., 2010. Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşit Pluton, Eastern Turkey. *Lithos*, 104, 109-120.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2009b. Generation of the Early Cenozoic adakitvolcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: Implications for crustal thickening to delamination. *Lithos*, doi: 10.1016/J.Lithos.2009.08.003.
- Kay, R.W. ve Kay, S.M., 1993. Delemination and delemination magmatism. *Tectonophysics* 219, 177–189.
- Kay, S., M., Ramos, V.A. ve Marquez, M., 1993. Evidence in Cerro Pampa volcanic rocks of slab melting prior to ridge trench collision in southern South America. *Journal of Geology*, 101, 703-714.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen. Bil. Enst., Trabzon, 235.

- Kepezhinskas, P.K., Defant, M.J. ve Drummond, M., 1995. Na metasomatism in the island arc mantle by slab melt-peridotite interaction: evidence from mantle interaction-evidence from mantle xenoliths in the north Kamchatka arc. *Journal of Petrology* 36, 1505-1527.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA dergisi, Ankara, 66, 20-34.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid Adayayı Granitoidlerin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 111-120.
- Li, J.W, Zhao, X.F., Zhou M.F., Ma, C.Q., Souza, Z.S ve Vasconcelos, P., 2008. Late Mesozoic magmatism from the Daye region, Eastern China: U-Pb ages, petrogenesis, and geodynamic implications. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. Doi:10.1007/s00410-008-0341-x.
- Liu, S., Hu, R-Z., Feng, C-X., Zhou, H-B., Li, C., Chi, X-G., Peng, J-T., Zhong, H., Qi, L., Qi, Y-Q. ve Wang, T., 2008. Cenozoic high Sr/Y volcanic rocks in the Qiangtang terrane, northern Tibet: geochemical and isotopic evidence for the origin of delaminated lower continental melts. *Geological Magazine*, 145, 463-474.
- 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 Planetary Science Letters*, 243, 581-593.
- Maniar, P.D. ve Piccoli, P.M., 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Bull. Am. Geol. Soc.*, 101, 635-643.
- Martin, H., 1999. Adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids. *Lithos* 46, 411-429.
- Middlemost, E.A.K., 1994. Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Sci. Rev*, 37, 215-224.
- Mo, X., Hou, Z., Niu, Y., QU, X., Zhao, Z. ve Yang, Z., 2006. Mantle contributions to crustal thickening during continental collision: Evidence from Cenozoic igneous rocks in southern Tibet, 96, 225-242
- Muir, R.J., Weaver, S.D., Bradshaw, J.D., Eby, G.N. ve Evans, J.A., 1995. Geochemistry of the Cretaceous Separation Point Batholith, New Zealand: granitoid magmas formed by melting of mafic lithosphere. *Journal of the Geological Society, London*, 152, 689-701.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, Ö. ve 1997. Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G., (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and surrounding Region*, AAPG Memoir, 68, 291-310.

- Okay, A.I., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H., 1997. Stratigraphy and tectonics of the Pulur (Bayburt) region in the eastern Pontides. *Mineral. Res. Exp. Bull.* 119, 1-24.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi-Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniv., Fen Bil. Enstitüsü, Konya.
- Özsayar, T., 1971. Paläontologie Und Geologie Des Gebietes Östlich Trabzon (Anatolien), Gieben, *Geol. Schrift.*, 165-183.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, K.Ü. *Yerbilimleri Dergisi*, 1, 2, 65-114, Trabzon.
- Patiño Douce, A.E., 1999. What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origin of granitic magmas? In: Castro, A., Fernandez, C., Vigneresse, J.L., (Eds.), *Understanding Granites: Integrating New and Classical Techniques. Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 168, 55-75.
- Pearce, J.A. ve Norry, M., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69, 33-47.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, 63-81.
- Pejatovic, S. ve Vukanovic, V., 1970. Karadeniz Bölgesi Metalojenik Zonu ve Skarn Cevher Yataklarının Kıymetlendirilmesi, MTA Etüd Derleme No.952.
- Petford, N. ve Atherton, M., 1996. Na-rich partial melts from newly underplated basaltic crust: the Cordillera Blanca Batholith, Peru. *Journal of Petrology* 37, 1491-1521.
- 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, 335-356.
- 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, 891-931.
- Rapp, R.P., Watson, E.B. ve Miller, C.F., 1991. Partial melting of amphibolite/eclogite and the origin of Archean trondhjemites and tonalities. *Precambrian Research*, 51, 1-25.
- Rapp, R.P., Xiao, L. ve Shimizu, N., 2002. Experimental constraints on the origin of potassium-rich adakites in east China. *Acta Petrologica Sinica*, 18, 293-311.
- Robin, C., Eissen, J.P., Samaniego, P., Martin, H., Hall, M. ve Cotten, J., 2008. Evolution of the late Pleistocene Mojanda-Fuya Fuya volcanic complex (Ecuador), by progressive adakitic involvement in mantle magma sources. *Bulletin of Volcanology* doi: 10.1007/s00445-008-0219-9.

- Schultze-Westrum, H.H., 1961. Karagöl Yanı ile Eseli Maden Yataklarının Detaylı Tetkiki Hakkında Rapor, Görele Kazası, Giresun Vilayeti, MTA Maden Etüd rap. 23, Ankara.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sisson, T.W., 1994. Hornblende-melt trace-element partitioning measured by ion microprobe. *Chemical Geology*, 117, 331-344.
- Skjerlie, K.P. ve Patiño Douce, A.E., 2002. The fluid-absent partial melting of a zoisite bearing quartz eclogite from 1.0 to 3.2 GPa: implications for melting in thickened continental crust and for subduction-zone processes. *Journal of Petrology* 43, 291-314.
- Sorensen, S.S. ve Grossman, J.N., 1989. Enrichment of trace elements in garnet amphibolites from a paleo-subduction zone: Catalina schist, southern California. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 53, 3155–3177.
- Stern, C.R. ve Kilian, R., 1996. Role of the subducted slab, mantle wedge and continental crust in the generation of adakites from the Austral Volcanic Zone. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 123, 263-281.
- Sun, S.S. ve McDonough, W.E., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J., (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society of London, Special Publication, 313-345.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztug, D., 2004. Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçkar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc, Northern Turkey. *Earth Planets Space*, 56, 429–446.
- Şarman, E., 1975. İsrail ve Eseli Güneyindeki G41b1, b2, b3, b4, G42 al, a4 Paftalarına Ait Sahanın 1/10000 Ölçekli Jeolojik Etüd Raporu, MTA Maden etüd rap. No: 1259, Ankara.
- Şen, C. ve Dunn, T., 1994. Dehydration melting of a Basaltic Composition Amphibolite at 1.5 and 2.0 GPa: İmplicatios for the Origin of adakites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 394–409.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tetjyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genç, T. ve Zor, E., 2003. East Anatolian high plateau as a mantle-supported, North-south shortened domal structure. *Geophysical Research Letters* 30(24), doi:10. 1029/2003GL017858.

- Tatsumi, Y., 1986. Chemical characteristics of fluid phase released from a subduction lithosphere and origin of arc magma: evidence from high-pressure experiments and natural rocks. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 29, 293-309.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of The Gümüşhane Region, Doktora Tezi, University College, London.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M. ve Dokuz, A., 2005. Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 441-455.
- Topuz, G., Eyüboğlu, Y. ve Dokuz, A., 2002. Petrology and Age of The Saraycık Granodiorite, Pulur Massif, Eastern Pontides, NE Turkey: Preliminary Results, 1st International Symposium of Istanbul Technical University The Faculty of Mines on Earth Sciences and Engineering, İstanbul- Turkey, 120.
- Türk-Japon Ekibi, 1974. Report on Geological Survey of Trabzon Area, NE Turkey, Trabzon, phase, 1. JD-125, 185S
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, phase, 1, 72.
- Van, A., 1990. Pontid Kuşağında Artvin Bölgesinin Jeokimyası, Petrojenezi ve Masif Sülfid Mineralizasyonları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Varol, E., Temel A., Gourgaud, A. ve Bellon, B., 2007. Early Miocene adakite-like volcanism in the Balkuyumcu region, central Anatolia, Turkey: Petrology and geochemistry, *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, 613-628.
- Wang, Q., McDermott, F., Xu, J.-F., Bellon, H. ve Zhu, Y.-T., 2005. Cenozoic K-rich adakitic volcanic rocks in the Hohxil area, northern Tibet: Lower-crustal melting in an intracrustal setting. *Geology*, 33, 465-468.
- Wang, Q., Wyman, D.A., Xu, J., Dong, Y., Vasconcelos, P.M., Pearson, N., Wan, Y., Dong, H., Li, C., Yu, Y., Zhu, T., Feng, X., Zhang, Q., Zi, F. ve Chu, Z., 2008. Eocene melting of subducting continental crust and early uplifting of central Tibet: Evidence from central-western Qiangtang high-K calc-alkaline andesites, dacites and rhyolites. *Earth Planetary Science Letters*, 272, 158-171.
- Wang, Q., Wyman, D.A., Xu, J., Jian, P., Zhao, Z., Li, C., Xu, W., Ma, J. ve He, B., 2007a. Early Cretaceous adakitic granites in the Northern Dabie Complex, central China: implications for partial melting and delamination of thickened lower crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 2609-2636.
- Wang, Q., Wyman, D.A., Xu, J., Zhao, Z., Jian, P. ve Zi, F., 2007b. Partial melting of thickened or delaminated lower crust in the middle of Eastern China: implication for Cu-Au mineralization. *Journal of Geology*, 115, 149-161.

- Wang, Q., Wyman, D.A., Zhao, Z., Xu, J., Bai, Z.H., Xiong, X.L., Dai, T.M., Li, C.F. ve Chu, Z.Y., 2007c. Petrogenesis of Carboniferous adakites and Nb-enriched arc basalts in the Alataw area, northern Tianshan range (western China): implication for Phanerozoic crustal growth of Central Asia Orogenic Belt. *Chemical Geology*, 236, 42-64.
- Wang, Q., Xu, J.F., Jian, P., Bao, Z.W., Zhao, Z.H., Li, C.F., Xiong, X.L. ve Ma, J.L., 2007. Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensional tectonic setting, Dexing, South China: implications for the genesis of porphyry copper mineralization. *Journal of Petrology*, 47, 119-144.
- Wang, Q., Xu, J.F., Zhao, Z.H., Bao, Z.W., Xu, W. ve Xiong, X.L., 2004a. Cretaceous high-potassium intrusive rocks in the Yueshan-Hongzhen area of east China: adakites in an extensional tectonic regime within a continent. *Geochemical Journal*, 38, 417-434.
- Wang, Q., Zhao, Z.H., Bao, Z.W., Xu, J.F., Liu, W. ve Li, C.F. et al., 2004b. Geochemistry and petrogenesis of the Tongshankou and Yinzu adakitic intrusive rocks and the associated porphyry copper-molybdenum mineralization in southeast Hubei, east China. *Resource Geology*, 54, 137-152.
- Xiong, X.L., Li, X.H., Xu, J.F., Li, W.X., Zhao, Z.H. ve Wang, Q., 2003. Extremely high-Na adakite-like magmas derived from alkali-rich basaltic underplate: the late Cretaceous Zhantang andesites in the Huichang Basin, SE China. *Geochemical Journal*, 37, 233-252.
- Xu, J.F., Shinjio, 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*, 12, 1111-1114.
- Xu, W.L., Wang, Q.H., Wang, D.Y., Guo, J.H. ve Pei, F.P., 2006. Mesozoic adakitic rocks from the Xuzhou-Suzhou area, eastern China: evidence for partial melting of delaminated lower continental crust. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 454-464.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzeşyayla (Maçka-Trabzon) Porifri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokiyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yalçınlar, İ., 1952. İspir-Pazar-Arhavi ve Yusufeli Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, MTA, Rap. No: 2022, Ankara.
- Yılmaz, C., Şen, C. ve Özgür, S., 2001. Timing of the Earliest Andesitic Volcanicity Activity in the Eastern Pontide Volcanic Arc, *Inter. Earth Sci. Coll. On the Aegean Region*, İzmir, 47-45.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space and Time Relations of Three Plutonic Phases in The Eastern Pontides, Turkey, *International Geology Review*, 38, 935-956.

- Yılmaz, Y., 1976. Geochemical Study of The Gümüşhane Granite, İst. Üniv., Fen. Fak., Mec. Seri B, 39, 3–4, 173–203.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure of The Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Doktora Tezi, London University, 260.
- Zankl, H., 1961. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, NE Anatolien, Geol. Rdsch., 51, 218-239.
- Zankl, H., 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Abhandlungen, Neue Folge, München, Heft, 109, 61-91.
- Zhao, J.H. ve Zhou, M.F., 2008. Neoproterozoic adakitic plutons in the northern margin of the Yangtze Block, China: partial melting of a thickened lower crust and implications for secular crustal evolution. *Lithos* doi: 10.1016/j.lithos.2007.12.009.
- 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., 2008. Early Cretaceous subduction-related adakite-like rocks of the Gangdese belt, southern Tibet: productions of slab melting and subsequent melt-peridotite interaction? *Journal of Asian Earth Sciences* 34, 298-309.
- URL-1, www.googleearth.com, uydu görüntüleri, 15 Eylül 2009.

ÖZGEÇMİŞ

Murat KETENCİ, 1984 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Lisans eğitimine başladı. Bu bölümden 2007 yılında mezun olduktan sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde 2007–2008 yılları arasında bir yıl süre ile İngilizce Hazırlık Eğitimi aldı. Aynı yıl yüksek lisans eğitimine başlayan Murat KETENCİ, iyi derecede İngilizce bilmektedir.