



T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ÇAKIRBAĞ (BAYBURT) GRANİTOYİDİ'NİN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL  
VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Metin ÇİFTÇİ**

**EKİM 2017  
GÜMÜŞHANE**

**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇAKIRBAĞ (BAYBURT) GRANİTOYİDİ'NİN PETROGRAFIK, JEOKİMYASAL  
VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Metin ÇİFTÇİ**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”  
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.10.2017**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 19.10.2017**

**EKİM 2017**



## KABUL ve ONAY



Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ danışmanlığında **Metin ÇİFTÇİ** tarafından hazırlanan **“ÇAKIRBAĞ (BAYBURT) GRANİTOYİDİ’NİN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ”** isimli bu çalışma, jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan

:

Doç. Dr. İrfan TEMİZEL

Üye (Danışman)

:

Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

Üye

:

Yrd. Doç. Dr. Cem YÜCEL

ONAY

Bu tez ~~15.11.17~~ tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “**Çakırbağ (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi**” isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.  
19/10/2017

**Metin ÇİFTÇİ**

**ÖZET**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇAKIRBAĞ (BAYBURT) GRANİTOYİDİ'NİN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL  
VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Metin ÇİFTÇİ

Gümüşhane Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

2017, 81 sayfa

Bu çalışmada, Bayburt yöresinde yer alan Çakırbağ Granitoyidi'nin mineralojik-petrografik özellikleri, mineral kimyası ve tüm kayaç jeokimyası ortaya konularak, kayaçların oluşum mekanizmaları ve kökenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer alan inceleme alanının tabanında Eosen yaşlı andezit, bazalt ve piroklastikleri bulunmaktadır. Bu birim Eosen yaşlı Çakırbağ Granitoyidi tarafından kesilmiş olup, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile uyumsuz olarak örtülürler.

Çakırbağ Granitoyidi elips şekilli olup, yaklaşık 9 km<sup>2</sup> lik bir alanda yüzeylenmiştir. Monzonit ve kuvarslı monzonit bileşimli kayaçlardan oluşmuş olup, kayaçlarda magma karışımını gösteren dengesizlik dokuları gözlenmiştir. Granitoyidi oluşturan kayaçlar ince-orta taneli olup, plajiyoklas, ortoklas, kuvars, piroksen, biyotit, amfibol, apatit, zirkon ve

opak mineraller içerirler. Granitoyidi oluşturan kayalara ait plajiyoklaslar  $An_{47-21}$  bileşimlidirler. K-feldispatlar  $Or_{65-78}$  bileşimlidir. Biyotitlerin magnezyum numaraları 0.6-0.7 arasında değişmektedir. Piroksenler diyopsit ve klinopiroksen bileşimli olup, Mg numaraları 0.73-0.76 arasındadır.

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalar genel olarak I-tipi, yüksek-K'lu ve şoşonitik karakterli olup, yüksek  $SiO_2$  içeriklerine (56-63) sahiptirler. Kayalar metalümin karakterli olup, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce zenginleşmişlerdir. Kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılımları konkav şekilli ( $La_N/Yb_N=8.96-11.26$ ) olup, negatif Eu anomalisi ( $Eu_N/Eu^*=0.50-0.76$ ) gösterirler. Ana ve iz element değişimleri, granitoyidin gelişiminde plajiyoklas, amfibol ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.

Tüm bu özellikler, Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaların ana magmasının litosferik mantodan türediğine ve kabuk kayalarının katkısının nisbeten az oranda rol oynadığına işaret eder.

**Anahtar Kelimeler:** Bayburt, Çakırbağ Granitoyidi, Doğu Pontidler, Eosen, Mineral kimyası, Tüm kayaç jeokimyası

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**PETROGRAPHICAL, GEOCHEMICAL AND PETROLOGICAL  
INVESTIGATION OF THE ÇAKIRBAĞ (BAYBURT) GRANITOID**

Metin ÇİFTÇİ

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

2017, 81 Pages

In this study, mineralogical-petrographical characteristics, mineral chemistry and whole-rock geochemical characteristics of Çakırbağ Granitoid in the Çakırbağ (Bayburt) area were determined, and the origin and evolution of plutonic rocks were investigated. The studied area located on the southern zone in the eastern Pontide. The basement is represented by Eocene aged andesite, basalt and pyroclastics. This unit are cut by the Eocene Çakırbağ Granitoid and, are overlies unconformably by Quaternary alluvium.

The Çakırbağ Granitoid is ellipse shaped, and settled approximately in an area of 9 km<sup>2</sup>. It consists of monzonite and quartz monzonite, and shows disequilibrium textures showing magma mixing. The granitoid rocks are fine to medium grained, and composed of plagioclase, orthoclase, quartz, pyroxene, hornblende, biotite, apatite, zircon and opaque

minerals. Plagioclases in the Çakırbağ Granitoid rocks are in the composition of An<sub>47-21</sub>. K-feldspar are in the composition of Or<sub>78-65</sub>. Magnesium numbers belonging to biotites change between 0.6 and 0.7. Pyroxenes are diopside and augite in composition, and magnesium numbers are between 0.73 and 0.76.

The Çakırbağ granitoid is generally I-type, high-K and shoshonitic characters, and has high SiO<sub>2</sub> (56-63 wt.%) contents. The samples have metaluminous character and enriched in large ion lithophile elements. Chondrite normalized REE patterns are concave shaped (La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub>=8.96-11.26), and show negative Eu-anomalies (Eu<sub>N</sub>/Eu\*=0.50-0.76). Major and trace element variations indicate significant role of plagioclase, hornblende and Fe-Ti oxide fractionation during the evolution of the granitoidic rocks.

All these features indicate that the Çakırbağ Granitoid were produced by the partial melting of lithospheric mantle, with minor contribution from the crustal rocks.

**Keywords:** Bayburt, Çakırbağ Granitoid, Eastern Pontides, Eocene, Mineral chemistry, Whole-rock geochemistry

## TEŞEKKÜR

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda, Çakırbağ (Bayburt) granitoidinin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesini amaçlayan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmamın her aşamasında yardımını ve desteğini esirgemeyen tez hocam Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ'a içtenlikle teşekkür ederim. Arazi çalışmalarım esnasında benden yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Yüksek Mühendisi Gökhan ÇAKMAK, Jeoloji Mühendisleri Z. Samet GÜLOĞLU ve Emre TOPÇU'ya, Jeoloji Mühendisliği diplomamı almamda emeği geçen Jeoloji Bölümü'nün değerli hocaları ve personeline teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamımın her aşamasında benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme şükranlarımı sunarım.

Metin ÇİFTÇİ  
Gümüşhane, 2017

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET .....	IV
ABSTRACT .....	VI
TEŞEKKÜR .....	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş ve Amaç .....	1
1.2. Coğrafi Bilgiler.....	1
1.2.1. Coğrafi Konum .....	1
1.2.2. Topoğrafya.....	1
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim .....	3
1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeolojisi .....	3
1.4. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar .....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Amaç ve Yöntemler.....	12
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	12
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları .....	12
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması .....	12
2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekimi.....	13
2.1.2.3. Mikroprob Analizleri.....	13
2.1.2.4. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması .....	14
2.1.2.5. Kimyasal Analizler .....	14
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	14
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	16
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi .....	16
3.1.1. Yazyurdu Formasyonu.....	19
3.1.1.1. Yaş .....	23
3.1.2. Çakırbağ Granitoyidi .....	23

3.1.2.1.	Yaş .....	24
3.1.3.	Alüvyon .....	24
3.2.	Çakırbağ Granitoyidi'nin Petroğrafisi, Mineral Kimyası ve Petrolojisi.....	24
3.2.1.	Saha Gözlemleri.....	24
3.2.2.	Petrografik inceleme .....	26
3.2.2.1.	Monzonitler.....	28
3.2.2.2.	Kuvarslı Monzonitler.....	30
3.2.3.	Mineral Kimyası .....	32
3.2.3.1.	Plajiyoklas.....	32
3.2.3.2.	K-Feldispat .....	34
3.2.3.3.	Biyotit .....	36
3.2.3.4.	Piroksen .....	38
3.2.3.5.	Fe-Ti Oksitler.....	39
3.2.6.	Çakırbağ Granitoyidi'nin Jeokimyasal Özellikleri.....	41
3.2.6.1.	Ana ve İz Elementler .....	41
3.2.6.2.	Uyumsuz Elementler .....	47
3.2.6.3.	Nadir Toprak Elementler .....	48
3.2.6.4.	Tektonik Konum.....	49
3.2.4.	Zirkon ve Apatit Jeotermometresi .....	52
4.	TARTIŞMA.....	53
4.1.	Çakırbağ Granitoyidi'nin Petrolojisi .....	53
4.1.1.	Fraksiyonel Kristallenme ve Asimilasyon.....	53
4.1.2.	Magmanın Kaynağı .....	56
5.	SONUÇLAR.....	62
6.	KAYNAKLAR .....	63
	ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	İnceleme alanının yer bulduru haritası.....2
Şekil 1.2.	Doğu Pontid'lerdeki Paleozoyik, Jura-Kretase ve Eosen yaşlı plütonik kayaların dağılımı ve Eosen yaşlı plütonik kayalardan yapılmış jeokronolojik yaşlar.....10
Şekil 3.1.	İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti.....17
Şekil 3. 2.	Çakırbağ yöresinin jeolojik haritası .....18
Şekil 3.3.	Çakırbağ yöresine ait enine jeolojik kesit.....19
Şekil 3.4.	Yazyurdu Formasyonu'na ait, a) Aglomeraların makroskobik görünümü, b) Breşlerin makroskobik görünümü.....20
Şekil 3.5.	Yazyurdu Formasyonu'na ait kayalarda gözlenen eksfoliasyon yapısı .....20
Şekil 3.6.	Yazyurdu Formasyonu içindeki andezitlerde gözlenen, a) mikrolitik porfirik doku, b) kümülofirik doku.....22
Şekil 3.7.	Yazyurdu Formasyonu içindeki litik-kristal andezitik tüflere ait ince kesit fotoğrafı .....23
Şekil 3.8.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait, a) İri bloklar, b) Arenalaşma.....25
Şekil 3.9.	Çakırbağ Granitoyidi'ni kesen aplit daykısı.....25
Şekil 3.10.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaların parlatılmış el örnekleri. a) Monzonit, b) Kuvarslı monzonit.....26
Şekil 3.11.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin modal analiz sonuçlarının KAP diyagramındaki dağılımları.....27
Şekil 3.12.	Modal analizi yapılan örneklerin plütondaki konumları ve modal bileşimlerinden itibaren hazırlanan zonlanma haritası .....28
Şekil 3.13.	Çakırbağ Granitoyidi içindeki monzonitlere ait poikilitik doku .....30
Şekil 3.14.	Çakırbağ Granitoyidi içindeki kuvarslı monzonitlere ait taneli doku.....32
Şekil 3.15.	Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki plajiyoklasların An-Ab-Or sınıflama diyagramındaki yerleri .....33
Şekil 3.16.	Zonlu plajiyoklaslarda gözlenen An değişimleri (kenardan merkeze doğru) .....34
Şekil 3.17.	İncelenen plütondaki K-feldispatların bileşimlerinin An-Ab-Or sınıflama diyagramındaki yerleri .....35
Şekil 3.18.	Biyotitlerinin bileşimleri, a) $Si^{IV}-(Fe^{+2}/Fe^{+2}+Mg)$ diyagramı, b) $(Fe^{+2}/Fe^{+2}+Mg)-Al/(Al+Si)$ diyagramı .....37

Şekil 3.19.	İncelenen granitoyidlere ait kayaçlardaki biyotitlerin, a) MgO-FeO <sup>(T)</sup> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , b) MgO-(FeO+MnO)-(TiO <sub>2</sub> *10) mineral birlikteliği ayırtman diyagramları.....	37
Şekil 3. 20.	Piroksenlerin, a) Wo-En-Fs, b) Ti-Na-Al <sup>(4)</sup> diyagramları.....	39
Şekil 3.21.	Magnetit kristallerinin TiO <sub>2</sub> -FeO-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ayırtman diyagramları .....	40
Şekil 3.22.	İlmenit kristallerinin TiO <sub>2</sub> -FeO-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ayırtman diyagramları (Bacon ve Hirschmann, 1988). .....	41
Şekil 3.23.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin SiO <sub>2</sub> - (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) sınıflama diyagramı .....	43
Şekil 3.24.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklere ait AFM diyagramı, Toleyitik-kalk alkali ayrımı eğrisi .....	44
Şekil 3.25.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin K <sub>2</sub> O-SiO <sub>2</sub> diyagramı .....	44
Şekil 3.26.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin, (a) Co-Th diyagramı ve (b) Ta/Yb vs. Ce/Yb diyagramı .....	45
Şekil 3.27.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin molar A/CNK'ya karşı molar A/NK değişimine bağlı olan alümino bazlı sınıflama diyagramları. ....	45
Şekil 3.28.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin SiO <sub>2</sub> 'ye karşı ana element değişim diyagramları.....	46
Şekil 3.29.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin SiO <sub>2</sub> 'ye karşı iz element değişim diyagramları.....	47
Şekil 3.30.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçların ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.....	48
Şekil 3.31.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçlarının kondiritegöre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları .....	49
Şekil 3.32.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin, a) SiO <sub>2</sub> 'ye karşı ASI değişimleri, b) Nb-10000Ga/Al diyagramı .....	49
Şekil 3.33.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin Na <sub>2</sub> O-K <sub>2</sub> O (%) diyagramı. Lachlan Kıvrım Kusağı'nın I-tipi (kırmızı) ve S-tipi (mavi) granitoyidleri karşılaştırma için gösterilmiştir .....	50
Şekil 3.34.	Çakırbağ Granitoyidi'nin R1-R2 diyagramına göre sınıflandırılması R1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti); R2=6Ca+2Mg+Al .....	50
Şekil 3.35.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin (a) Nb-Y, b) Rb-(Y+Nb) ve c), SiO <sub>2</sub> -Rb/Zr diyagramlarındaki konumları .....	51
Şekil 3.36.	Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin Sr/Y'a karşı Y diyagram .....	52
Şekil 4.1.	Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayaçların (a) Ba/Sr-Sr, (b) Rb/Sr-Sr, (c) Rb-Sr ve (d) Ba-Sr değişim diyagramları .....	54

Şekil 4.2.	Çakırbağ örneklerinin Ta/Yb karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1984). .....	55
Şekil 4.3.	Çakırbağ örneklerinin SiO <sub>2</sub> 'ye karşı Y/Nb diyagramı.....	55
Şekil 4.4.	İncelenen Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçların bazı ana oksit ve molar oranlarına göre kökenselel ayırım diyagramları .....	57
Şekil 4.5.	İncelenen örneklerin, (a) Nb/La'ya karşı La/Yb, (b) CePb'ye karşı Ce, (c) Nb/Th'a karşı Nb ve (d) La/Nb'a karşı Ba/Nb diyagramları .....	59
Şekil 4.6.	İncelenen örneklerin, a) Th/U'a karşı U ve b) Th/U'a karşı U diyagramlarındaki konumları.....	60
Şekil 4.7.	İncelenen örneklerin Nb-Y-Ga*3 diyagramındaki konumları.....	61



## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1.1. Doğu Pontidlerdeki Eosen yaşlı plütonik kayaların jeokronolojik yaşları.....	11
Tablo 3.1. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaların modal analizleri.....	27
Tablo 3.2. Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki plajiyoklaslara ait mikroprob analiz sonuçları .....	33
Tablo 3.3. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayalara ait K-feldispatların mikroprob analiz sonuçları .....	35
Tablo 3.4. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayalara ait biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları .....	36
Tablo 3.5. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayalara ait piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları .....	38
Tablo 3.6. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayalara ait manyetitlerin mikroprob analiz sonuçları .....	39
Tablo 3.7. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayalara ait ilmenitlerin mikroprob analiz sonuçları .....	40
Tablo 3.8. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaların ana (%) ve iz (ppm) element analizleri .....	42
Tablo 3.9. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaların nadir toprak element (ppm) analizleri.....	43
Tablo 3. 10. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait sıcaklık değerleri.....	52

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A/CNK	: Molar olarak $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$
AMP	: Amfibolitler
An	: Anortit
Bi	: Biyotit
cm	: Santimetre
COLG	: Çarpışma granitoidleri
Ç.N	: Çift Nikol
GMF	: Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Grd	: Granodiyorit
GÜBAP	: Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Hb	: Hornblend
HFSE	: Yüksek çekim alanlı elementler
HNTE	: Hafif nadir toprak elementleri
ICP	: Inductively coupled plasma
K	: Kuvars
km	: Kilometre
Kp	: Kayaç Parçası
LILE	: Büyük iyonlu litofil elementler
AK	: (ateşte kayıp):Toplam uçucu içeriği
MA	: Meta-andezitler
MB	: Meta-bazaltlar
Mg#	: Mağnezyum numarası [ $100*(MgO/MgO+\Sigma Fe_2O_3)$ ]
MGW	: Metagrovaklar
mm	: Milimetre
MMA	: Mafik mikrogranüler anklav
MORB	: Okyanus ortası sırtı bazaltı
MP	: Metapelitler
MS	: Mass Spectrometry
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
my	: Milyon yıl
n	: Nokta ağındaki toplam nokta sayısı
OIB	: Okyanus adası bazaltı
Op	: Opak mineral
ORG	: Okyanus ortası sırtı granitleri
Ort	: Ortoklas
ppm	: Milyonda bir
Pir	: Piroksen
Pl	: Plajiyoklas
s	: Sayma hatası
Syn-COLG	: Çarpışmayla eş yaşlı granitler
VAG	: Volkanik yay granitleri
Vi	: Kesitteki bileşenlerin % miktarı
WPG	: Levha içi granitler

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş ve Amaç**

Çalışma alanı Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Alp-Himalaya Dağ kuşağı üzerinde olup, Doğu Karadeniz Dağları'nın güney kesiminde yer almaktadır. Bayburt ili tektonik konumu ve genel jeolojisi yönünden pek çok araştırmacı (Ketin, 1950, 1951; İlker, 1965; Tokel, 1972; Açar, 1975; Burşuk, 1975; Norman, 1976; Özer, 1984; Musaoğlu, 1987; Akdeniz, 1988; Keskin vd. 1990, 1991; Gürsoy vd. 1993; Yılmaz, 1993; Okay vd. 1997; Yılmaz, 2002; Arslan vd. 2005; Çakmak, 2013) tarafından incelenmiştir.

İnceleme alanı ve civarında bugüne kadar yapılan çalışmalar genel jeoloji ağırlıklı olup, Eyüboğlu vd. (2017) hariç, Çakırbağ Granitoyidi ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada Çakırbağ Granitoyidi'nin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

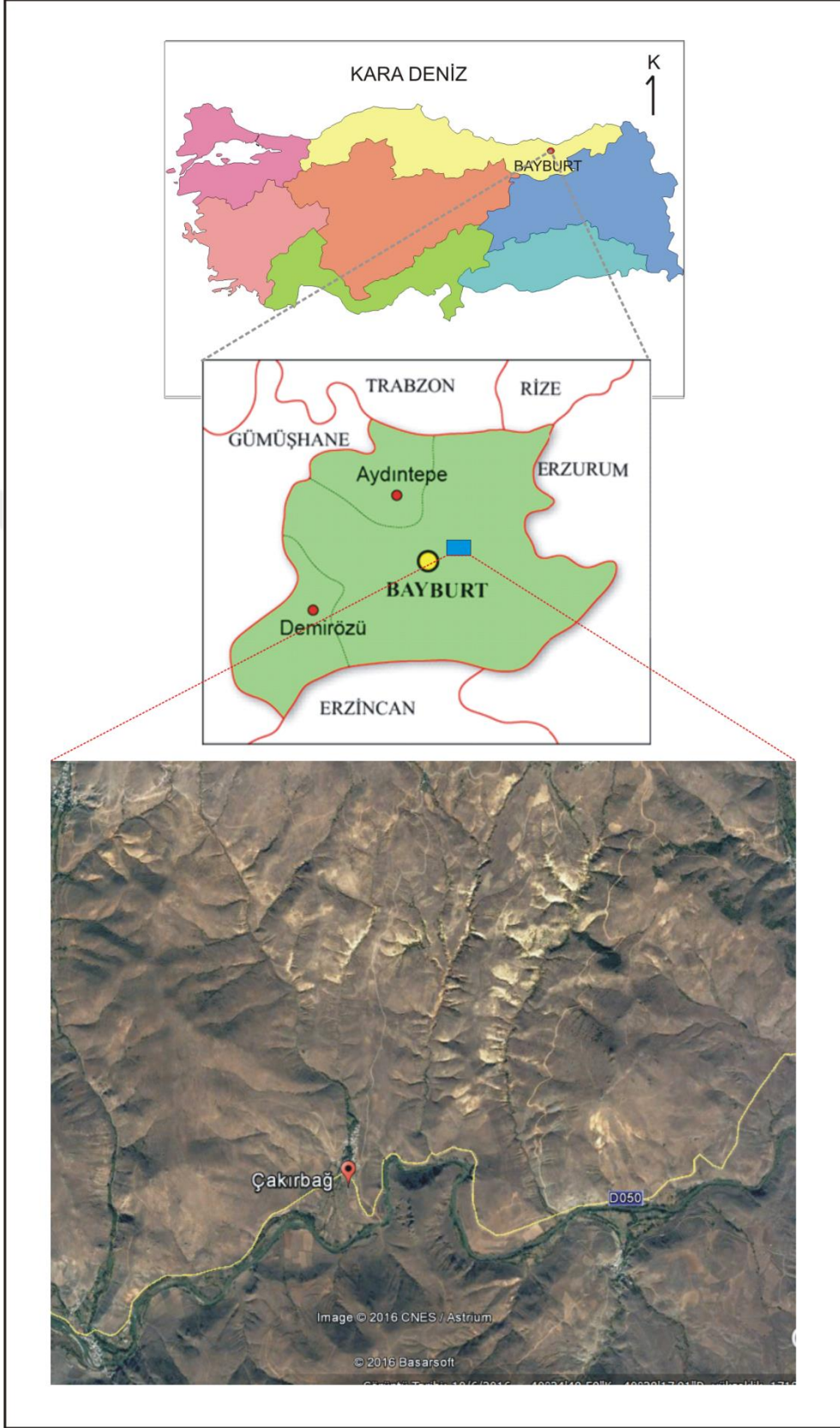
### **1.2. Coğrafi Bilgiler**

#### **1.2.1. Coğrafi Konum**

İnceleme alanı, 1/25.000 ölçekli Trabzon H44 b2-b3 ve H45 a1-a4 paftalarının kesişiminde, Bayburt ilinin yaklaşık 25 km kuzeydoğusunda Çakırbağ ve yakın civarında, yaklaşık 20 km<sup>2</sup>'lik bir alandan oluşur (Şekil 1.1).

#### **1.2.2. Topoğrafya**

İnceleme alanında topoğrafya oldukça serttir ve kuzeye doğru gidildikçe yükselti artmaktadır. En önemli yükseltileri ise Goçlar Tepe, Çacurluk Tepe, Çamlıköz Tepe, Çorakçur Tepe, Ambarbayırı Tepe, Sırttarla Tepe, Küçüksivri Tepe, Ağrıların Tepe, Zimaksivrisi Tepe, Korutluğun Tepe ve Haylık Tepe'dir. İnceleme alanının en önemli akarsuyunu Çoruh Nehri oluşturur.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

### 1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Çakırbağ yöresinde, Doğu Karadeniz iklimi ile Doğu Anadolu iklimi arasında, karasal özellikleri ağır basan geçiş iklimi hüküm sürmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlıdır.

İnceleme alanı bitki örtüsü açısından zengin değildir. Bitki örtüsü olarak yükseltinin fazla olmadığı kesimlerde çayırliklar ve ormanliklar gözlenmektedir. Ağaç türü olarak kavak ve meşe bulunmaktadır.

Yöre halkının başlıca geçim kaynağı hayvancılık ve arıcılıktır. Bunların yanı sıra mısır, patates ve fasulye gibi sebzelerden de gelir elde edilmektedir.

### 1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanına ulaşım dar bir asfalt yol ile sağlanmaktadır. Mezralara patika yollarla ulaşım sağlanmaktadır. İnceleme alanında en büyük yerleşim merkezleri Çakırbağ, Çukurbağ ve Çamlıköz köyleridir.

## 1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeolojisi

İnceleme alanını da içine alan Doğu Karadeniz Dağlarına tektonik birim olarak "Pontid" ismi ilk kez Hamilton (1842) tarafından verilmiş, Ketin (1966) bu tektonik üniteleri kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Ketin ve Canitez (1972) Pontidleri 'Doğu Pontid' ve 'Batı Pontid' olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney ve kuzey bölümlere ayrılmıştır (Akın, 1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Bektaş (1986) ise Doğu Pontidleri kuzeyden güneye doğru kuzey zon, güney zon ve eksen zonu olmak üzere üç alt birliğe ayırmıştır.

Doğu Pontid'lerde en yaşlı birimler Güney Zon'da Ağvanis masifi (Okay, 1984; Altınkaynak, 2000), Tokat metamorfik masifi (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Eyüboğlu, 2006), Pulur masifi (Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004a, 2004b ve 2007), Kurtoğlu metamorfikleri (Topuz vd., 2007, 2010),

Karadağ metamorfikleri (Dokuz, 2000; Dokuz vd., 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010), Kopuzsuyu metamorfik kayaçları, Gümüşhane Batoliti (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992; Topuz vd. 2010) ve Köse Batoliti (Dokuz, 2011)'nden oluşmaktadır. Kuzey zonda ise en yaşlı kayaçları küçük mostralarda halinde Tonya güneyindeki Derinoba, Kayadibi, Şahmetlik ve Kızılağaç granitoidleri (Kaygusuz vd. 2012, 2013, 2016), Özdil yöresinde Özdil Granitoidi (Kaygusuz vd. 2013, 2016) ve Maçka yöresindeki Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz vd. 2013, 2016) oluştururlar. Ayrıca Çaykara (Trabzon) ve Dereli (Giresun) yörelerinde yüzeyleyen metamorfik kayaçların da bölgenin taban kayaçlarını temsil ettiği görüşü kabul edilmektedir (Schultze-Westrum, 1961; Zankl, 1962; Boynukalın, 1990).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'ndaki Triyas dönemini temsil eden kayaçların varlığı tartışma konusudur. Amasya yöresindeki Tokat masifini oluşturan metamorfik kayaçlar üzerine gelen kırıntılı kayaçlardan oluşan Karasenir Formasyonu'nun (Alp, 1972) ve Bayburt Demirözü yöresindeki metamorfik kayaçlar üzerine gelen ve kırıntılı kayaçlardan oluşan Karakaya Formasyonu'nun (Ağar, 1977; Yılmaz vd., 1997; Topuz vd., 2004a) Triyas yaşlı olduğu belirtilmiştir. Eyüboğlu vd. (2010, 2011) Pulur ve Tokat metamorfik masiflerini kesen ultramafik ve mafik intrüzyonların Geç Triyas yaşlı (191-212 My) olduklarını belirtmişlerdir.

Doğu Pontidlerde Paleozoyik ve Triyas yaşlı kayaçlar uyumsuz olarak Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul istifler tarafından örtülmektedir. Orojenik Kuşağın Kuzey Zonu'nda (Giresun, Dereli bölgesi) Jura yaşlı sedimanter oluşumlara seyrek olarak rastlanılmaktadır ve bu birimler genel olarak volkanik kayaçlar ile temsil edilmektedirler (Boynukalın, 1990; Eyüboğlu, 2006; Şen, 2007).

Doğu Pontidlerde Geç Jura-Erken Kretase dönemi tektonik ve magmatik açıdan durgunluk dönemine karşılık gelmekte olup, tüm bölgede karbonat çökelişi egemendir. Kuzey Zon'da genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli, yanal devamlılığı olmayan kireçtaşları ile temsil edilir (Taslı, 1984). Bu birim ilk olarak Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Berdiga Formasyonu magmatik yayın güney kesiminde ise genel olarak gri-bej renkli, kalın, bazı yerlerde masif katmanlı, bentik foraminifer fosillerince zengin, taban seviyeleri kısmen dolomitlerden, üst seviyeleri ise yumru çört ve bantlı kireçtaşlarından oluşmakta, sığ denizel bir istif özelliği sunmaktadır (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002).

Doğu Pontidlerde Geç Kretase dönemi kuzeyden güneye doğru gidildikçe önemli litolojik farklılıklar göstermektedir. Granitik intrüzyonlar ve volkanik kayalar Kuzey Zon'da baskın litolojiyi teşkil etmektedirler (Bektaş, 1984; Jica, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993; Yılmaz ve Boztaş, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztaş vd., 2002; Şahin vd., 2004; Karlı vd., 2004, 2010; İlbeyli, 2008; Sipahi, 2005, 2011; Boztaş vd., 2006; Kaygusuz vd. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011, Aydınçakır ve Şen, 2013; Sipahi ve Sadıklar, 2014; Sipahi vd., 2014). Tortul ara seviyelerin çökelişi ise magmatizmanın durakladığı dönemlerde meydana gelmiştir. Güneye doğru ilerledikçe magmatizmanın şiddeti azalmaktadır ve magmatik kayalar ağırlıklı istif yerini sedimanter kayalar ağırlıklı bir istif bırakmaktadır. Magmatizma yaygın olarak daha güneyde Bayburt-Amasya hattı boyunca gözlemlenmektedir (Topuz vd., 2010; Eyüboğlu, 2010). Altherr vd. (2008)'e göre Alt Paleosen plajiyolositleri yitimin son ürünlerini oluştururlar.

Senozoyik magmatizması güneyde Kop Dağları ve Erzincan hattı boyunca Geç Paleosende başlamış ve kuzeye doğru Gümüşhane-İspir hattı boyunca Erken Eosen döneminde asidik magmatizmanın ve volkano-sedimanter istif ürünlerini meydana getirmiştir (Tokel, 1977; Arslan vd., 1997; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karlı vd., 2007; Temizel ve Arslan, 2008, 2009; Aslan, 2010; Karlı vd., 2010, 2011a; Kaygusuz vd., 2011; Topuz vd., 2011; Eyüboğlu vd., 2011a, b; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Aslan vd., 2014; Aydınçakır, 2014; Temizel vd., 2014; Temizel, 2014; Temizel vd. 2016; Özdamar vd., 2017). Senozoyik döneminde Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Kuzey Zonu'nda magmatizma Güney Zonu'ndakine göre daha şiddetlidir. Bu dönemde kalk-alkalen, granitik ve bazik volkanik kayalar oluşmuştur (Yılmaz ve Boztaş, 1996; Şen vd., 1998; Boztaş vd., 2004; Karlı vd., 2011b; Yücel, 2013; Yücel vd., 2014, 2017).

Bölgedeki magmatik faaliyetlerin son ürünlerini sahil boyunca Miyosen yaşlı alkalin volkanizma ürünleri oluşturur (Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; Yücel, 2013; Yücel vd., 2014, 2017). Güneyde Neojen tortulları jipsli, tuzlu sığ deniz, lagün ve gölsel fasiyesler olarak gözlenmiştir (Erentöz ve Ketin, 1974; Ketin, 1983). Bölgedeki en genç kayalar Kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyonlardan oluşurlar.

#### 1.4. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve civarında yapılan çalışmalar daha ziyade genel jeoloji ağırlıklı olup, jeokimyasal amaçlı çalışmalar sınırlıdır. Bölgede yapılan genel jeoloji çalışmaları aşağıda özetlenmiştir:

Ketin (1950, 1951), Bayburt yöresindeki temel kayaçların metamorfik serilerden oluştuğunu, üzerine Liyas yaşlı birimlerin uyumsuz olarak geldiğini ve Malm yaşlı birimle örtüldüğünü, bu birimin üzerine gelen Erken Kretase yaşlı birimlerin de Berriasiyen-Albiyen yaşında olduğunu belirtmişlerdir. Orta Kretase yaşlı olan ofiyolitik serinin üzerinde transgresif olarak Geç Kretase yaşlı rudistli resifal kalkerlerin yer aldığını, Eosenin filiş fasiyesinde geliştiğini ve yaşının Erken-Orta Eosen (Lütesiye-Auversiyen) olduğunu belirtmiştir.

İlker (1965), Bayburt bölgesinde Jura-Kretase kalkerlerinin üzerine uyumsuz olarak sarımsı-gri renkli, detritik kalkerlerin geldiğini, Nummulites’li Alt ve Orta Eoseni temsil eden kalkerler üzerine kumtaşı-marn-konglomera, tuf ve spilitler ile killi kısımların geldiğini ve serinin kalkerlerle son bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Burşuk (1975), Bayburt yöresinde Mesozoyik yaşlı birimlerin Liyas, Dogger, Malm, Erken ve Geç Kretase; Senozoyik yaşlı birimleri ise Eosen ile temsil edildiğini, pelmikrit ve biyomikritlerle temsil edilen Eosen’in transgresif olduğunu belirtmiştir.

Norman (1976), Bayburt yöresinde miltaşlarındaki Nummulites fosillerine göre istifin yaşının İpresiyen-Erken Lütesiye olduğunu belirtmiştir.

Ağar (1977)’ye göre, Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) yöresinde temelde bulunan Dolama Gnaysının üzerine açısız uyumsuzlukla Üst Karbonifer yaşlı Çatalçeşme Formasyonu gelmiştir. Bu birim üzerine sırasıyla Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu, Alt Sinemuriyen yaşlı Çaltepe Kireçtaşı, Üst Sinemuriyen yaşlı Hamurkesen Formasyonu, Kimmericiyen-Berriasiyen yaşlı Hozbirik Yayla Formasyonu, Alt Eosen yaşlı Sırataşlar Formasyonu ve orta Eosenyaşlı Kızılyar Formasyonu’nun geldiğini ve Pliyosen yaşlı Karaçayır Formasyonu ile istifin son bulunduğunu belirtmiştir.

Tokel (1977), Doğu Karadeniz Bölgesi’nde Eosen yaşlı kayaçların kalk-alkalen karakterli olduklarını belirtmiştir.

Özer (1984), Bayburt yöresinde Tekçamtepe Formasyonu’nun tabanda kumlu, spartik kireçtaşlarıyla yanal geçişli polijenik heterojen taban konglomerasından, üstünde bej renkli, kumlu, spartik kireçtaşlarından, onun üstünde de kumtaşı, marn, kireçtaşı, tuf

ve tüfit araldanmasından oluştuğunu belirtmiş ve yaşını içerdiği faunaya göre İpresiyen-Lütesiyen olarak belirtmiştir.

Musaoğlu (1987), Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde Pulur metamorfitlelerinin düşük dereceli metamorfik kayaçlardan oluştuğunu belirtmiştir. Hozbirik Yayla Formasyonu'nun Senomaniyen (Geç Kretase) yaşında olduğunu, Paleozoik yaşlı olarak gösterilen granitik kayaçların Geç Kretase ve sonrası oluştuğunu, Eosen tortulları içinde bulunan Danişment volkano-tortul üyesinin yaşının, Orta-Geç Eosen olduğunu belirtmiştir.

Akdeniz (1988), Bayburt yöresindeki Sırataşlar Formasyonu'nun (Ağar 1975) Eosen ncesi çökeller üzerine transgresif olarak geldiğini, bu çökellerin litofasiyes, yapı ve dokularının güneyde Maden-Karakulak arasında ve kuzeyde Kitre dolayında gözlenen diğer Eosen çökellerinden farklı olduğunu belirtmiştir.

Keskin vd. (1990), Bayburt batısında dar bir sahada yüzeylenen Paleosen yaşlı Tepetarla Formasyonu'nun Erken-Orta Paleosen yaşında olduğunu, Eosen'deki Sığırcı Formasyonu'nun Lütesiyen yaşlı olduğunu ve Sırataşlar Formasyonu'nun Erken-Orta Eosen (Lütesiyen) yaşında olduğunu belirtmişlerdir. Yazyurdu Formasyonu'nun andezit, aglomera, tf, dasitik tf, dasit ve volkanotortullarla araldanmalı kumtaşı, silttaşı, marn seviyeleri ile kumlu kireçtaşı ve fosilli kireçtaşından oluştuğunu, st kesimlerde bantlar şeklinde bulunan kireçtaşlarının (Nişantaşı yesi) yaşının Erken-Orta Eosen (Geç Lütesiyen) olduğunu belirtmişlerdir.

Keskin vd. (1991), Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde Sırataşlar Formasyonu'nun yaşını Erken-Orta Eosen (İpresiyen-Lütesiyen) olarak saptamışlardır. Kızılyar Formasyonu (Ağar 1975)'nin Sırataşlar Formasyonu üzerinde uyumlu olduğunu, Kızılburun Kireçtaşı yesi'nin Kızılyar Formasyonu içinde mercek şeklinde görüldüğünü ve Kızılyar Formasyonu'nun yaşının Lütesiyen olduğunu belirtmişlerdir.

Gürsoy vd. (1993), Kelkit (Gümüşhane) ve çevresinde Eosen'de Ttenli Sedimanter Karışığı, Gmşgzdere Formasyonu, zen Formasyonu, Sırataştepe Formasyonu, Kızılcıca Formasyonu ve Azizbaba volkanitlerini tanımlamışlardır.

Yılmaz (1993), Doğu Pontid Güney Zonu'nunda kalın istif ve yaygın yüzeylemeler sunan çökel kayaçlarının farklı fasiyes koşullarında biriktiğini, oluşumun Liyas sürecindeki riftleşme, Dogger-Kretase ve Erken Eosen transgresyonları ile geliştiğini ve istiflerin son şeklini Geç Kretase ve Miyosen'de gelişen orojenik hareketlerle kazandığını belirtmiştir.

Okay vd. (1997), Bayburt bölgesinde Alt Eosen tektoniği sonrası oluşmuş kayaçları, kireçtaşı, kumtaşı ve konglomeradan oluşan Eosen yaşlı Sırataşlar Formasyonu olarak

isimlendirmişlerdir. Doğu Pontid’lerde Orta Eosen kayaçlarının genellikle tektonizma sonrası çökeldiğini ve daha yaşlı kayaçları uyumsuzlukla örttüğünü belirtmişlerdir.

Aliyazıcıoğlu (1999), Doğu Pontit Güney Zonu’nda Kale (Gümüşhane) yöresinde Kale Formasyonu’nu oluşturan mikritik kireçtaşlarında ve aglomeralar içerisindeki mikritik kireçtaşı çakıllarında Paleosen mikrofosilleri bulunduğunu ve bu nedenle volkanizmanın Paleosen döneminde başlayıp Eosen’de etkili bir şekilde devam ettiğini belirtmiştir.

Yılmaz (2002), Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde Alibaba Formasyonu’nun geniş yayılıma sahip olduğunu, Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiğini, derin erozyona uğramış bölgelerde ise Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu üzerine aşınmalı uyumsuzlukla geldiğini belirtmiştir. Birimin yaşının içerdiği Nummuliteslere dayanarak Eosen olduğunu ve birimin küçük çökeltme ortamlarında, yoğun bir volkanik etkinliğin de eşlik etmesiyle sığ denizel ve karasal ortamlarda birikmiş olduğunu belirtmiştir.

Arslan vd. (2005), Bayburt yöresinde Eosen yaşlı birimlerin uyumsuz olarak Liyas-Dogger yaşlı volkanoklastikler ve Malm-Alt Kretase yaşlı resifal karbonatlar üzerine geldiğini ve Tekçam Tepe Formasyonu olarak tanımlanan Eosen istifinin Nummulites’li kireçtaşları ile başlayıp kiltası ve marnla devam ederek birimin dereceli olarak tüflere geçiş gösterdiğini belirtmişlerdir.

Mercan (2009) Bayburt yöresinde tabanda Devoniyen-Karbonifer yaşlı Akşar Graniti’nin bulunduğunu, Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu’nun Akşar Graniti üzerine uyumsuz olarak geldiğini; Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Hozbirikyayla Formasyonu’nun Hamurkesen Formasyonu üzerine uyumlu olarak geldiğini; Eosen yaşlı Sırataşlar Formasyonu’nun, Hozbirikyayla Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiğini ve İpresiyen-Lütesiyen yaşlı Yazyurdu Formasyonu’nun Sırataşlar Formasyonu üzerinde uyumsuzlukla bulunduğunu belirtmiştir. Granodiyorit, kuvars diyorit ve kuvars monzodiyorit’ten oluşan Rize Granitlerinin ise Yazyurdu Formasyonu’nu kestiğini belirtmiştir.

Danacı (2009) Bayburt yöresinde Yazyurdu Formasyonu’nun tuf, tüfit, marn, kumtaşı araldanmasından oluştuğunu, tabanda Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Hozbirik Yayla Formasyonu’nun üzerine aşınmalı uyumsuzlukla geldiği belirtilmiştir.

Bölgede Eosen yaşlı granitik kayaçlar üzerinde yapılan çalışmalar ise aşağıda özetlenmiştir:

Karslı (2002), Dölek ve Sarıçiçek Plütonları'nın sırasıyla  $42.7 \pm 2.2$  ila  $44.1 \pm 1.1$  my (K-Ar yöntemi) yaşlı olduklarını, plütonları oluşturan kayaların I-tipinde olduğunu ve genellikle kalk-alkalen bileşimden yüksek K'lu kalk-alkalen bileşime doğru değişim gösterdiklerini belirtmiştir.

Topuz vd. (2005), Saraycık Granitoyidi'nin yaşının 52 my (Ar-Ar yöntemi) olduğunu ve adakitlere benzer özellik gösterdiğini belirtmiştir.

Arslan ve Aslan (2006), Kaletaş Granodiyoriti'nin yaşınının  $44.0 \pm 0.2$  milyon yıl (U-Pb yöntemi) olduğunu belirtmişlerdir.

Karslı vd. (2007), Dölek ve Sarıçiçek Plütonları'nın kökeninde litosferik manto ve alt kıtasal kabuk karışımının etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Eyüboğlu vd. (2011), Aydıntepe (Bayburt) Graniti'nin  $42.06 \pm 0.67$  my (U-Pb yöntemi), Saraycık (Pulur) Granodiyoriti'nin  $55.21 \pm 0.45$  milyon yıl (U-Pb yöntemi) ve Sarıhan (Pulur) Granitinin de  $53.03 \pm 0.77$  my (U-Pb yöntemi) yaşında olduklarını belirtmiştir.

Karslı vd. (2012), Sısdığı Plütonu'nun  $41.55 \pm 0.31$  my (U-Pb yöntemi) yaşında olduğunu, plütondaki kayaların I-tipi özellikte olduğunu ve şoşonitik seride yer aldıklarını belirtmiştir.

Çakmak (2013), Bayburt yöresinde Eosen yaşlı Pelitli Granitoyidi'nin I-tipi, düşük-yüksek K'lu kalk-alkalen ve genellikle metalümin az oranda da peralümin karakterli olduğunu belirtmiştir.

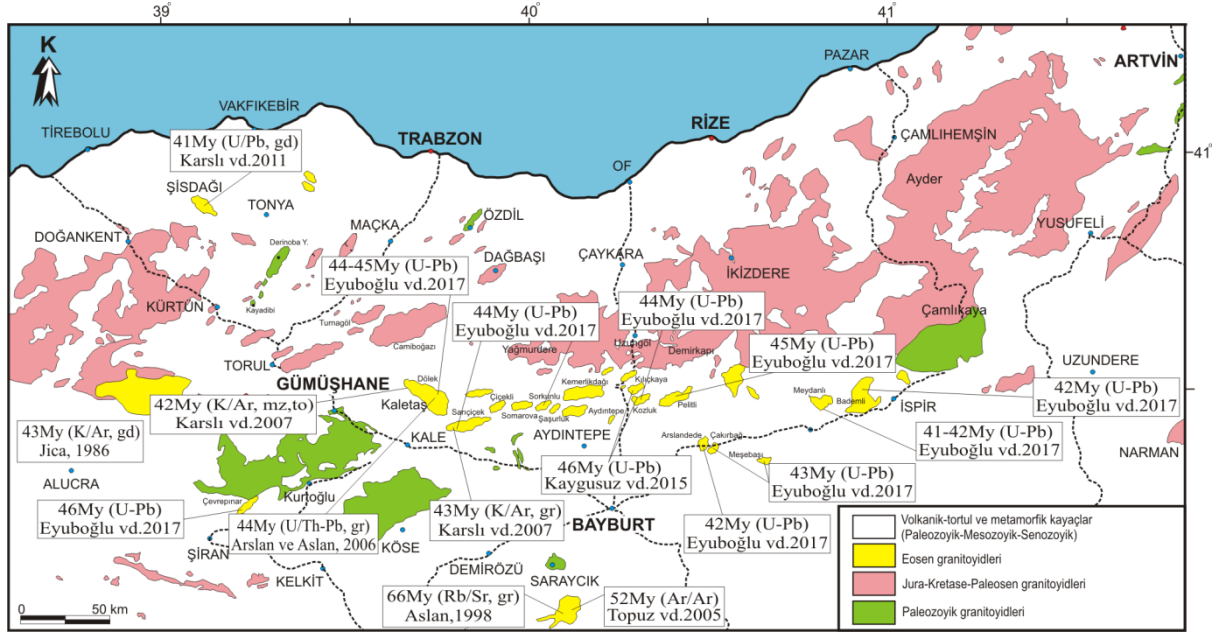
Öztürk (2014), Bayburt yöresinde Eosen yaşlı Kılıçkaya Granitoyidi'nin yüksek  $\text{SiO}_2$  içeriğine % (58-67) sahip olduğu, I-tipi ve kalk-alkali karakterli olduğunu ve mafik magmatik anklavları içerdiğini belirtmiştir.

Çakmak ve Kaygusuz (2014), Pelitli Granitoidinin diyorit, tonalit, granodiyorit ve granit bileşimli kayalardan oluştuğunu ana ve iz elementlerde gözlenen değişimlerden, granitoidin gelişiminde plajiyoklas, piroksen, amfibol ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu ifade etmiştir.

Kaygusuz ve Öztürk (2015), Bayburt yöresinde Kılıçkaya ve Kozluk granitoidlerinin 6 my yaşında (U-Pb, Zirkon) olduklarını,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  içeriklerinin 0,70531-070576 arasında ve Nd değerlerindeki 0,3 ile -0,5 arasında değiştiğini ve plütonların kabuk-manto karışımı ile oluştuklarını belirtmişlerdir.

Eyüboğlu vd. (2017), Arslandede Granitoidinin yaşını 42 My (U-Pb zirkon) olarak tespit etmişlerdir.

Doğu Pontid’lerde yer alan Eosen yaşlı plütonik kayaçların yaşları ile ilgili yapılmış radyometrik çalışmalar sınırlı olup (Şekil 1.2), bir çok plütonun yaşı dokanak ilişkileri ve stratigrafik özellikler göz önüne alınarak, göreceli olarak belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1.2. Doğu Pontid’lerdeki Paleozoyik, Jura-Kretase ve Eosen yaşlı plütonik kayaçların dağılımı ve Eosen yaşlı plütonik kayaçlardan yapılmış jeokronolojik yaşlar

Doğu Pontid’lerdeki Eosen ve sonrası yaşlı plütonik kayaçların yaşları (U-Pb, U/Th-Pb, Rb-Sr, K-Ar, Fission-track, Pb-Pb gibi radyometrik yöntemlerle belirlenmiş olanlar) 55 ile 29 My arasında değişmektedir (Tablo1.1).

Tablo 1.1. Doğu Pontidlerdeki Eosen yaşlı plütönik kayaların jeokronolojik yaşları (Kaygusuz vd., 2010'dan değiştirilerek).

Plütön	Kayaç Tipi	Yaş (My)	Metod	Referanslar
Dereli-Şebinkarahisar		50.7±1.9–57.4±2.4	FT (apatit)*	Boztuğ vd. 2004
		47.8±2.4–49.4±1.9	FT (apatit)*	Boztuğ vd. 2004
		36.7±2.0–64.6±2.3	FT (apatit)*	Boztuğ vd. 2004
Sisdağı		41.55±0.31	U-Pb	Karşlı vd. (2012)
Rize	grd	39.9±0.3	K/Ar	Taner (1977)
	grd	44.6±0.3	K/Ar	Taner (1977)
Gümüşhane	grd	30	K/Ar	Çoğulu (1975)
	grd	32	K/Ar	Çoğulu (1975)
	grd	47	K/Ar	Çoğulu (1975)
	md	33	U/(Th–Pb)	Delaloye vd. (1972)
	md	56	U/(Th–Pb)	Delaloye vd. (1972)
Rize	grd	29	U/(Th–Pb)	Delaloye vd. (1972)
	grd	49	U/(Th–Pb)	Delaloye vd. (1972)
	grd	41	K/Ar	Moore vd. (1980)
Boğalı	mg	42.4±0.87	K/Ar	Yılmaz-Şahin vd. (2004)
	mg	41.2±0.89	K/Ar	Yılmaz-Şahin vd. (2004)
	mnz	42.9±1.81	K/Ar	Karşlı vd. (2007)
Dölek ve Sarıççek	gr	43.5±1.82	K/Ar	Karşlı vd. (2007)
	to	44.1±2.22	K/Ar	Karşlı vd. (2007)
	mnz	42.7±2.21	K/Ar	Karşlı vd. (2007)
Saraycık	grd	52.8±0.7	Ar-Ar	Topuz vd. (2005)
	grd	52.2±0.4	Ar-Ar	Topuz vd. (2005)
Kaletaş	grd	44.4±0.3	U-Pb (zirkon)	Arslan ve Aslan (2006)
	grd	43.1±2.2	K/Ar	JICA (1986)
Kösedağ	sy	37±2.6	Rb/Sr	Kalkancı (1974)
	sy	42±4	Rb/Sr	Kalkancı (1974)
Kösedağ	sy	52.1±6.4	Pb-Pb	Boztuğ (2008)
Kopdağı	kdi	55.83±0.04	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011)
Saraycık	grd	53.98±0.59–55.21±0.45	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011)
Sarıhan	gr	53.03±0.77	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2010)
Seme	grd	53.16±0.45	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011)
Çevrepınar	gr-grd	45.8±1.3–46.1±1	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011)
Aydıntepe	gr	42.06±0.67	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011)
Kılıçkaya		46.75±0.79	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Öztürk (2014)
Kozluk		46.9±0.68	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Öztürk (2014)
Arslandede		42.06±0.67	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Tamdere		43.7–44.5	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Çevrepınar		46	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Kaletaş		45	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Sarıççek		44.01	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Sorkunlu		44.23–44.53	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Üzengili		45,69	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Çakırbağ		43.3	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Meşebaşı		43.37	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Meydanlı		41.8–42.4	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Bademli		42.2–42.5	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Amaç ve Yöntemler**

Bu çalışmanın amacını, Çakırbağ ve çevresinde yüzeylenen granitoyidik kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi oluşturmaktadır.

Bu çalışma, kaynak taraması, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere başlıca dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

#### **2.1.1. Arazi Çalışmaları**

Arazi çalışmaları ile inceleme alanındaki birimlerin tanınması, dokanak ilişkilerinin ve yapısal unsurların belirlenmesi sağlanmıştır. İnceleme alanında yüzeylenen birimler önceden yapılan çalışmalar da dikkate alınarak stratigrafisi belirlenmiş, Çakırbağ Granitoyidi ile Eosen yaşlı volkanitlerin sınırları kontrol edilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılarak yaklaşık 20 km<sup>2</sup> lik bir alanın jeolojik haritası hazırlanmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak granitik kayaçlardan (35 adet) ve yan kayaçlardan (10 adet) sistematik örnekler alınmıştır.

#### **2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları**

##### **2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması**

İnceleme alanından toplanan kayaç örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi için, Çakırbağ Granitoyidi'ne ait 35 ve volkanik kayaçlara ait 10 olmak üzere toplam 45 adet örneğin ince kesitleri hazırlanmıştır. Bunun için kayaçlardan alınan 0.5x2x4 cm boyutunda plakalar, bir yüzeylerinin pürüzlülükleri giderildikten sonra 1mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç, aşındırıcılar yardımıyla 0.,025 mm kalınlığına kadar inceltilerek petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir. İnce

kesit örnekleri Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında yapılmıştır.

### **2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekimi**

Çakırbağ modal analizleri Granitoyidi'ne ait 18 adet ince kesit örneğinin Swift model F marka nokta sayıcı ile yapılmıştır.

Tane büyüklüğüne göre, tane boyutu 0.5-0.8 mm arasında olan örneklerde 1000-1200 nokta; tane boyutu 1.0-1.5 mm olan örneklerde ise 1200-1500 nokta sayılmıştır. Sayımı yapılan örneklerde sayım hatası;

$$s = \sqrt{V_i (100 - V_i) / n}$$

formülüyle hesaplanmış ve 2 adet örneğin sayımı tekrar yapılmıştır.

Granitik ve volkanik kayalara ait yaklaşık 30 adet ince kesit Leica marka Polarizan Mikroskop yardımıyla incelenmiştir.

Seçilen örneklerin mikroskop görüntüleri GMF Jeoloji Mühendisliği Araştırma Mikroskobu Odası'nda Leica marka Polarize Mikroskoba bağlı aynı marka Fotoğraf Ünitesi ile çekilmiştir.

### **2.1.2.3. Mikroprob Analizleri**

İncelenen kayaç örneklerine ait mikroprob analizleri plajiyoklas, K-feldispat, biyotit, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit minerallerinden yapılmıştır. New Mexico Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda yapılan analizlerde, çalışma alanına ait örnekler CAMECA-SX-100 marka bir elektron mikroprob aleti ile analiz edilmiştir. Aletin çalışma koşulları 15 kV voltaj ve 20 nA ile belirlenmiştir. Analizler 10 µm'lik bir ışın çapında yapılmış ve Si, Al, Ti, Fe, Mn, Mg, Ca, Na ve K elementleri için sayılma zamanı 10 sn olarak sabit tutulmuştur. 1 µm'lik nokta ışını amfibol ve klinopiroksen analizleri için tercih edilmiştir. Feldispat ve plajiyoklas analizleri için sodyum buharlaşması (Nielsen ve Sigurdsson, 1981) göz önünde bulundurularak, oluşacak kayıpları önlemek veya en aza indirmek amacıyla çok hafif defokuslanmış (10 µm) ışın kullanılmıştır. Ölçümler esnasında Kaersutit (UCB), diyopsit

(UCB), ortoklas (UCB), albit (UCB), anortit (UCB), biyotit ve magnetit (UCB) standartları kullanılmıştır.

#### **2.1.2.4. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması**

Ana, iz ve nadir toprak element analizleri için mikroskop incelemeleri sonucunda ayrışmamış örnekler seçilmiş ve örnekler Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır.

Kimyasal analizler için seçilen, her biri yaklaşık 250-300 gr'lık kayaç örnekleri çeneli kırıcıda 1-2 cm boyutuna indirildikten sonra, halkalı öğütücülerde 200 mesh boyutuna kadar öğütülmüş ve çeyrekleme yöntemi uygulanarak, yaklaşık 30 gr'lık toz örnekleri, kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

#### **2.1.2.5. Kimyasal Analizler**

Çakırbağ Granitoyidi'ne ait 18 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır.

Ana, iz ve nadir toprak element analizleri Kanada da ACME Analiz Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Ana ve iz elementler ICP-AES yöntemiyle, nadir toprak elementler ise ICP-MS yöntemi ile analiz edilmiştir. Ana ve iz element analizleri için 0,2 gr toz örnek 1,5 gr LiBO<sub>2</sub> ile karıştırılarak, % 5 HNO<sub>3</sub> içeren bir sıvı içinde çözündürülmesinden itibaren analiz edilirken; nadir toprak element analizleri, 0,250 gr toz örneğin dört farklı asit içinde çözündürülmesi ile yapılmıştır. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ve nadir toprak elementler ppm olarak ölçülmüştür. Ateşte kayıp (AK), örnekler 1000 °C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 ile 0.04, iz elementler için 0.1 ile 8 ppm ve NTE için 0.01 ile 0.3 ppm arasındadır.

#### **2.1.3. Büro Çalışmaları**

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler, amaca yönelik olarak Grapher programı kullanılarak ikili, üçlü ve örümcek diyagramları; Corel Draw çizim

programını kullanarak jeolojik harita, dikme kesit ve enine jeolojik kesitleri hazırlanmıştır. Tüm bunların sonunda, bu Yüksek Lisans Tezi hazırlanmıştır.



### **3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

#### **3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi**

İnceleme alanı Çakırbağ Köyü ve yakın civarında, volkanik ve plütonik kayaların egemen olduğu, yaklaşık 20 km<sup>2</sup>'lik bir alandan oluşur. Bu alanda yüzeylenen kayalar Tersiyer-Kuvaterner yaş aralığında gelişmişlerdir.

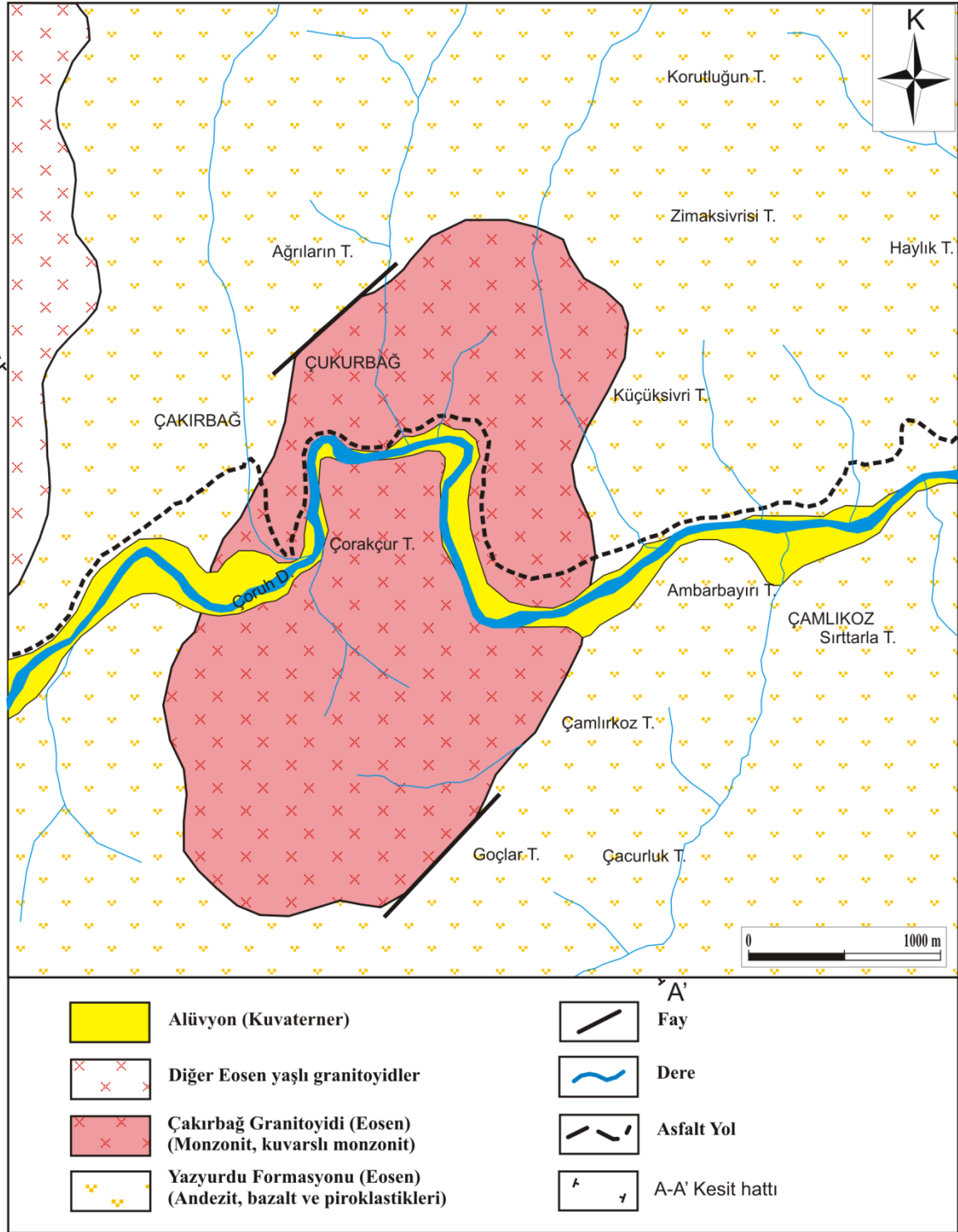
İnceleme alanında yüzeyleme veren kayaların yaşlıdan gence doğru stratigrafik dizilimi ve litolojisi şu şekildedir (Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3)

3. Alüvyon (Kuvaterner)
2. Çakırbağ Granitoyidi (Eosen)
1. Yazyurdu Formasyonu (Eosen)

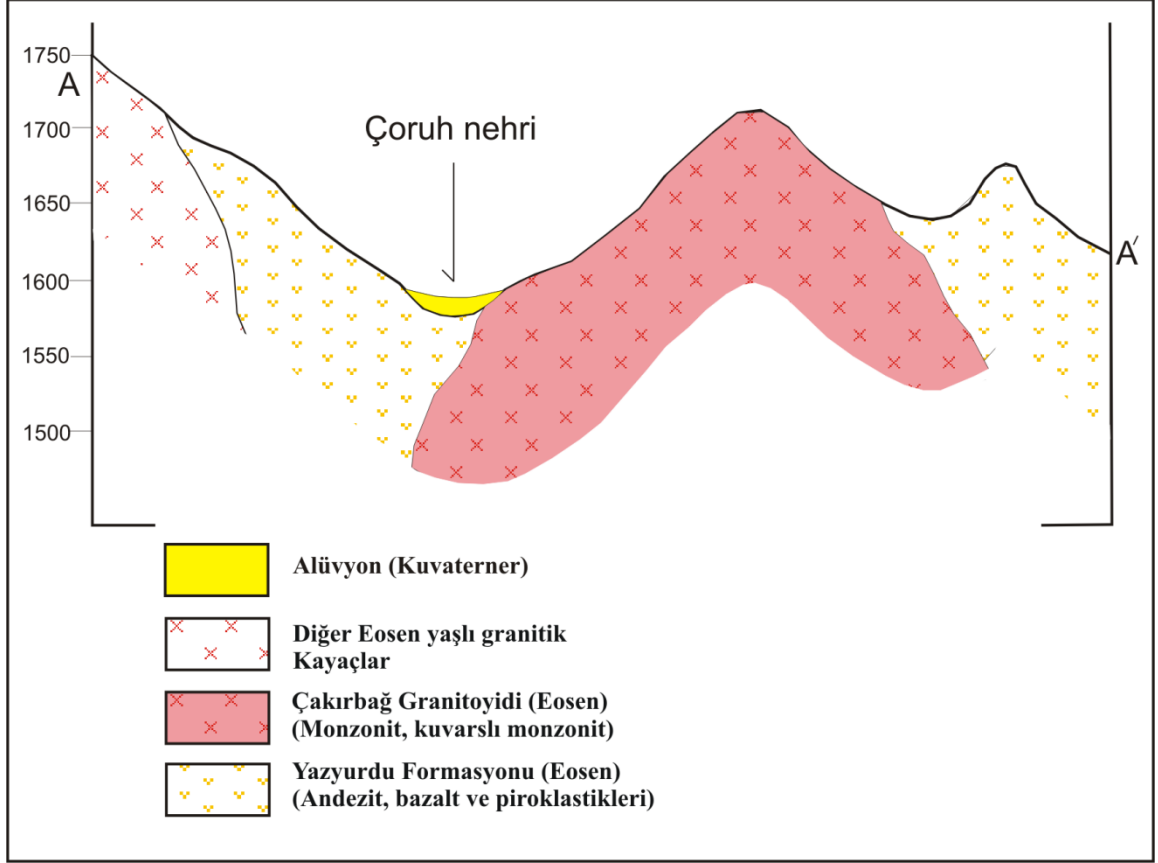
Çalışmanın amacında da belirtildiği gibi, Çakırbağ Granitoyidi çalışmamızın temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle “İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi” nin yer aldığı bölümde Çakırbağ Granitoyidi'nin stratigrafisi ve genel özellikleri verilmiş, ayrıntılı olarak “Çakırbağ Granitoyidi'nin Petrografisi, Mineral Kimyası ve Petrolojisi” başlığı altında sonraki bölümde incelenmiştir.

ÜSTSİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	KALINLIK(m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	KUV.			~10-15		ALÜVYON (Çakıl, kum)
SENEZOYİK	TERSİYER	EOSEN	İPRESİYEN-LÜTESİYEN	~400-450		Uyumsuzluk
						ÇAKIRBAĞ GRANİTOYİDİ (Monzonit, kuvarslı monzonit)
						YAZYURDU FORMASYONU (Andezit, bazalt ve piroklastikleri)
						Diğer Eosen yaşlı granitoidler
						ÖLÇEKSİZDİR

Şekil 3.1. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti



Şekil 3. 2. Çakırbağ yöresinin jeolojik haritası



Şekil 3.3. Çakırbağ yöresine ait enine jeolojik kesit

### 3.1.1. Yazıyurdu Formasyonu

Birim adını en iyi mostra verdiği Yazıyurdu Köyü'nden almaktadır. Andezit, dasit, aglomera, tuf ile kumtaşı, silttaşı, marn, kumlu kireçtaşı, fosilli kireçtaşlarından oluşan litolojilerle ara seviyeli olarak gelişen volkanik istiften oluşan birimi ilk olarak Keskin vd., (1990) "Yazıyurdu Formasyonu" olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada da "Yazıyurdu Formasyonu" terimi kullanılmıştır.

İnceleme alanını büyük bir bölümünde yüzeyleme veren birim (Şekil 3.2), başlıca andezit, az oranda bazalt ve piroklastitlerinden oluşmaktadır.

Andezitler genellikle yeşilimsi gri, ayrıışmış kesimlerde sarımsı gri ve kahverengi renkte olup, makroskobik olarak plajiyoklas ve piroksen mineralleri tanınabilmektedir.

Aglomeralar ve breşler makroskobik olarak koyu gri, yeşil renkte olup, andezit çakılları bir matris ile bağlanmışlardır. Andezit çakıllarının boyutları 5-50 cm arasında

değişmektedir. Çakıllar aglomeralarda yuvarlak şekilli; breşlerde ise köşeli şekillidirler (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yazyurdu Formasyonu'na ait, a) Aglomeraların makroskobik görünümü, b) Breşlerin makroskobik görünümü (Yer: Çakırbağ kuzeyi)

Tüfler genelde ayrıışmış, gri, yeşil renkte ve boşluklu yapıdadır. Boşluklar yer yer ikincil kalsit ve kuvars mineralleri ile dolmuştur.

Çalışma alanında birimin tabanı görülmemektedir. Jeolojik kesitlerden yararlanarak birimin yaklaşık kalınlığı 900 m olarak hesaplanmıştır.

Bu birim inceleme alanında, yer yer Çakırbağ Granitoyidi tarafından kesilmiş olup kısmen metamorfizmaya uğramıştır. Bundan dolayı granitoyide yakın kısımlarda bol miktarda epidotlaşma, kloritleşme ve silişleşme görülmektedir. Birim altere olduğu kısımlarda yer yer eksfoliasyon yapıları gözlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Yazyurdu Formasyonu'na ait kayalarda gözlenen eksfoliasyon yapısı (Yer: Çakırbağ kuzeyi)

Andezitlerin petrografik incelemesinde, porfirik, mikrolitik porfirik, kümülofirik ve camsı dokular gözlenmiştir (Şekil 3.6). Açık renkli mineralleri plajiyoklas oluştururken, koyu renkli mineraller bolluk sırasına göre klinopiroksen, biyotit ve amfibolden oluşur.

Plajiyoklas: Öz ve yarı öz şekilli iri levhamsı prizmatik kristaller, hamurda da küçük kristaller şeklindedir. İri kristaller hem albit, hem de polisentetik ikizlenme gösterirler. Plajiyoklaslar oligoklas bileşiminde olup anortit içerikleri % 20-25 arasında (010'a dik kesitlerde) değişmektedir.

Klinopiroksen: Genellikle yarı öz şekilli ve öz şekilsiz hem küçük, hem de iri kristaller halinde bulunurlar. Klinopiroksenler ojit bileşimindedir. Diğer ferromagnezyen minerallere oranla daha fazla bulunur. Kloritleşme ve kalsitleşme yaygın olarak izlenmiştir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 42-44 derece arasındadır.

Amfibol: İri, öz ve yarı öz şekilli prizmatik kristaller, hamurda da küçük çubuğumsu kristaller halinde bulunur. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları yaklaşık 13-15 derecedir. Pleokroizma renkleri; z: kahverengimsi yeşil, y: yeşil, x: açık sarı yeşildir. Çoğunlukla kloritleşme ve kalsitleşme türünde ayrışma ürünleri gösterir.

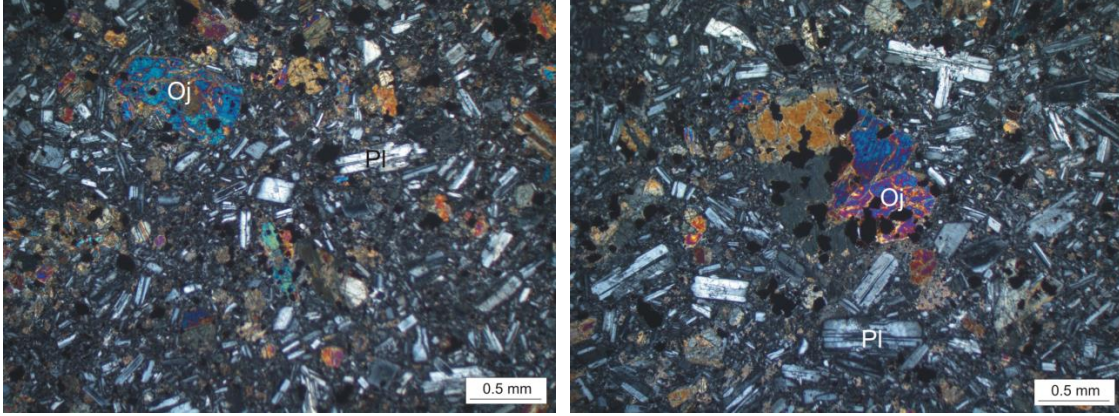
Biyotit: Genellikle öz ve yarı öz şekilli küçük prizmatik kristaller halindedir. (001) yüzeyine paralel dilinim belirgin ve bu dilinime göre dik sönmelidir. Dilinim ve kenarları boyunca klorit ve opak minerallere dönüşmüş olarak görülür.

Opak mineraller: İrili ufaklı düzensiz şekillerde olup, genellikle mafik minerallerin etrafında bulunurlar.

İkincil mineraller: Ayrışma ürünü olarak serizitleşme, kloritleşme, silisleşme, kalsitleşme ve epidotlaşma yaygındır.

Hamur: Plajiyoklas, klinopiroksen, amfibol, biyotit ve opak minerallerin çok küçük kristallerinden oluşmaktadır.

Kayaç adı: Andezit (Şekil 3.6)



Şekil 3.6. Yazıyurdu Formasyonu içindeki andezitlerde gözlenen, a) mikrolitik porfirik doku, b) kümülofirik doku (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Oj: Ojit)

Tüfler kristal ve litik-kristal tüf niteliğindedir (Şekil 3.7). Açık renkli mineralleri plajiyoklaslar, koyu renkli mineralleri ise bolluk sırasına göre klinopiroksen, amfibol ve biyotit oluşturur.

**Plajiyoklas:** Genelde iri kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde bulunurlar. İri kristaller yarı öz şekilli ve öz şekilsiz olup, bazı mineraller polisentetik ikizlenme, bazı minerallerde albit ikizlenmesi görülür. Bazı minerallerin kenarları kırıklı ve parçalı yapıdadır. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin andezin ( $An_{32-36}$ ) olduğu belirlenmiştir.

**Klinopiroksen:** Yarı öz şekilli ve öz şekilsiz küçük kristaller, bazı kesitlerde de iri kristaller halinde bulunurlar. İri kristallerin kenarları parçalı ve kırıklı yapıdadır. Diğer ferromagnezyen minerallere oranla daha fazla bulunurlar. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 43-45 derece arasındadır.

**Amfibol:** Yarı öz şekilli ve öz şekilsiz prizmatik kristaller, hamurda küçük kristaller halinde görülür. Tek nikolde açık yeşil-koyu yeşil pleokroizma belirgindir. Bazı minerallerde birbirleri ile  $56^0$  'lik açılar yapan dilinimler, bazılarında da tek yönde dilinimler belirgindir.

**Klorit:** Hamurda alterasyon ürünü ve boşluk dolgusu olarak bulunurlar. Tek nikolde açık yeşil renkte olup, çift kırıcılığı düşüktür.

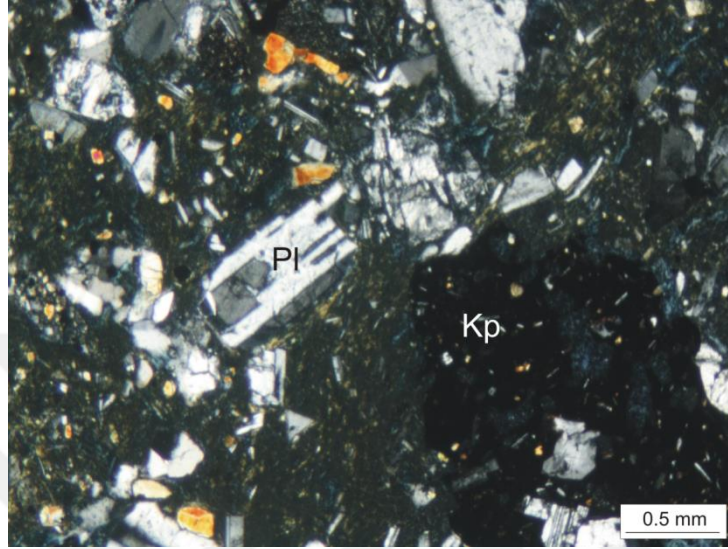
**Kalsit:** Çatlak ve boşluklarda ikincil olarak gözlenir. Tek nikolde röliyef pleokroizması belirgindir.

**Opak mineraller:** Genellikle düzensiz şekilli küçük taneler şeklinde gözlenirler.

**İkincil mineraller:** Serizit, klorit, kalsit ve zeolit minerallerinden oluşur.

Kayaç parçası: Bazaltik ve andezitik bileşimli kayaç parçacıkları içermektedir. Plajiyoklas mineralleri tanınmaktadır.

Kayaç Adı: Andezitik litik kristal tuf (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yazyurdu Formasyonu içindeki litik-kristal andezitik tüflere ait ince kesit fotoğrafı (Ç.N.: Pl: Plajiyoklas, Kp: Kayaç Parçası)

### 3.1.1.1. Yaş

Bu birimden alınan örneklerde yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanılmamıştır. Keskin vd., (1990), inceleme alanının güneyinde, kireçtaşlarından almış oldukları örneklerde Nummulites fosilleri bulmuştur. Ayrıca, Yazyurdu Formasyonu altında ve içerisinde ara seviye olarak yer alan kireçtaşlarından derlenen örneklerin tümünün paleontolojik incelemelerinden Alt-Orta Eosen yaşı vermiştir (Keskin vd., 1990).

Önceki çalışmalar da dikkate alınarak bu birimin yaşı Alt-Orta Eosen olarak kabul edilmiştir.

### 3.1.2. Çakırbağ Granitoyidi

İnceleme alanında içinde yer aldığı Doğu Pontid Kuşağı'nda volkano-tortul istif içerisine sokulmuş intrüzif kayaçlar, çeşitli araştırmacılar (Çoğullu, 1970, Taner, 1977,

Yılmaz, 1984, Keskin ve diğlerleri, 1990) tarafından “Rize Plütönu” adı altında incelenmiştir. Güven (1993) ise, granitten gabroya kadar değışik litolojilerle temsil olunan bu intrüzif kayaçları, intrüzyon yaşını baz almaksızın “Kaçkar Granitoyidleri” olarak adlandırmıştır. İnceleme alanında geniş yayılım sunan birim, en iyi gözlendiğı Çakırbağ Köyü’ne atfen ilk olarak tarafımızdan “Çakırbağ Granitoyidi“ olarak adlandırılmıştır.

Makroskobik olarak plajiyoklas, ortoklas, kuvars, biyotit ve piroksen mineralleri tanınabilmektedir.

### **3.1.2.1. Yaş**

İnceleme alanında Çakırbağ Granitoyidi Alt-Orta Eosen yaşlı Yazıyurdu Formasyonu’nu kesmiştir.

Eyuboğlu vd. (2017) tarafından yapılan yaş tayininde, Çakırbağ Granitoyidi’nin yaşı 43 milyon yıl (U-Pb zirkon) olarak bulunmuş olup, Orta Eosene (Lütesiye) karşılık gelmektedir.

### **3.1.3. Alüvyon**

İnceleme alanında gözlenen alüvyonlar, çevre kayaçların blok boyutundan kil boyutuna kadar değışen boyutlarda malzemelerini içerirler.

## **3.2. Çakırbağ Granitoyidi’nin Petrografisi, Mineral Kimyası ve Petrolojisi**

Bu bölümde, çalışma alanının büyük bir kısmında yüzeyleme veren ve çalışmanın ana konusunu oluşturan Çakırbağ Granitoyidi’nin mineralojik, petrografik, mikro kimyasal ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

### **3.2.1. Saha Gözlemleri**

Çakırbağ Granitoyidi, uzun ekseni kuzeydoğı-güneybatı istikametinde uzanım gösteren, elips şekilli yüzeylemeye sahip bir sokulümdan oluşur (Şekil 3.2). Çakırbağ Granitoyidi yaklaşık 9 km<sup>2</sup> lik bir alanda yüzeyleme vermekte olup, 4-5 km uzunluğunda

ve 1-2 km genişliğindedir. Çakırbağ Granitoyidi, Eosen yaşlı volkanitleri kesmiş olup, kireçtaşları ile olan dokanaklarında kristalize kireçtaşları gelişmiştir (Şekil 3.8). Granitoyidin andezitler ile dokanaklarında metaandezitler gelişmiştir.

Çakırbağ Granitoyidi'nde soğuma çatlakları mevcuttur. Bazı kısımlarda çatlak sistemleri seyrek olarak gelişmiş ve iyi derecede bloklar vermişlerdir. Bazı mevkilerde, özellikle de yan kayaç dokanaklarında, çok çatlaklı ve kırıklı yapılar gelişmiş olup, kayalar iyi blok vermezler (Şekil 3.8).



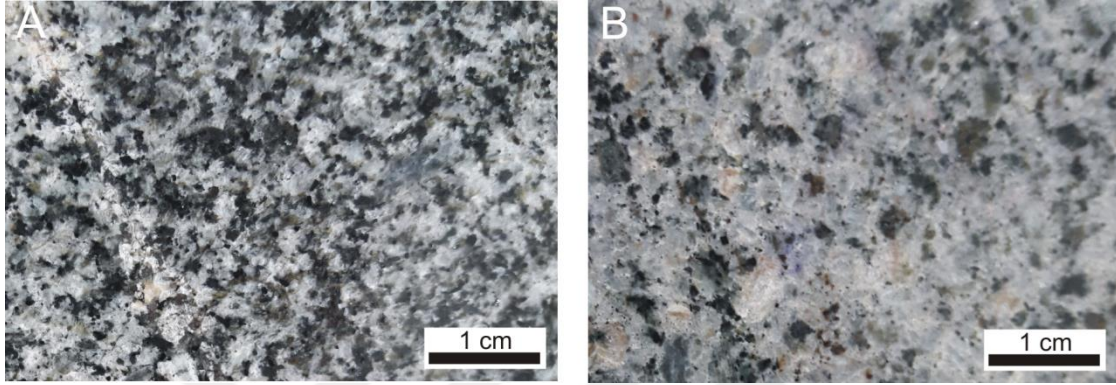
Şekil 3.8. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait, a) İri bloklar, b) Arenalaşma

Çakırbağ Granitoyidi genelde sağlam bir görünüme sahiptir. Arenalaşma az olarak Çacurluk Tepe ve Korutluğun Tepe civarında görülür. Arenalaşmış kesimlerde kayaç kolayca parçalanmakta olup, toprağımsı bir yapı kazanmıştır (Şekil 3.8). Çakırbağ Granitoyidi yaklaşık 2-40 cm enindeki aplit daykları tarafından kesilmiş olup (Şekil 3.9), az oranda ve küçük boyutlu mafik magmatik anklavlar içerir.



Şekil 3.9. Çakırbağ Granitoyidi'ni kesen aplit daykırı

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan monzonit ve kuvarslı monzonit bileşimindeki kayaçlar, makroskobik olarak renk farklılıkları, dokuları, ayrışma dereceleri, mineral içerikleri, mafik mineral oranları ve birbirleri ile olan dokanak ilişkileri gibi özelliklerine bağlı olarak birbirlerinden ayrılabilmişlerdir (Şekil 3.10). Makroskobik olarak ayırt edilemeyen kayaç türleri, mikroskop yardımıyla ayrılmışlardır.



Şekil 3.10. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçların parlatılmış el örnekleri. a) Monzonit, b) Kuvarslı monzonit

### 3.2.2. Petrografik inceleme

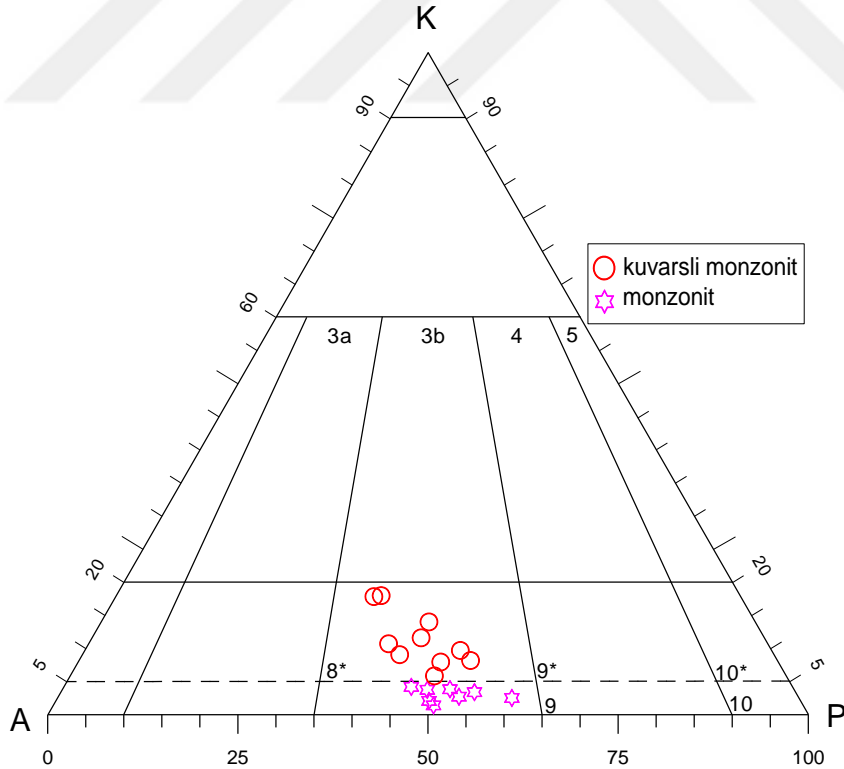
Çakırbağ Granitoyidi'nden sistematik olarak alınan 18 adet örneğin modal analiz sonuçları ve modal analiz değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Çakırbağ Granitoyidi kayaç örnekleri modal analize dayalı KAP diyagramına (Streichisen, 1976) aktarıldığında (Şekil 3.11), monzonit ve kuvarslı monzonit bileşimli kayaçlardan oluştuğu görülmektedir. Modal analizi yapılan örneklerin plütondaki konumları ve modal bileşimlerinden itibaren hazırlanan zonlanma haritası Şekil 3.15'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçların modal analizleri

Örnek	Kayaç adı	Plajiyoklas	Kuvars	Ortoklas	Amfibol	Biyotit	Klinopiroksen	Opak	Toplam
M57	kuvarşlı mnz	30.2	15.6	40.9	5.2	1.4	4.1	2.6	100
M25	kuvarşlı mnz	37.6	10.1	39.2	2.1	2.7	5.1	3.2	100
M56	kuvarşlı mnz	43.7	8.6	36.2	2.2	3.5	3.2	2.6	100
M55	kuvarşlı mnz	45.2	7.2	35.4	2.7	5.4	2.8	1.3	100
M62	kuvarşlı mnz	36.3	7.9	42.8	4.2	2.6	2.9	3.3	100
M42	kuvarşlı mnz	43.1	7.2	40.1	1.3	2.4	3.2	2.7	100
E41	kuvarşlı mnz	31.2	16.4	44.3	1.4	2.3	2.2	2.2	100
E42	kuvarşlı mnz	38.1	12.4	37.9	1.3	3.9	3.2	3.2	100
E44	kuvarşlı mnz	35.3	9.6	44.6	2.8	2.1	2.2	3.4	100
E45	kuvarşlı mnz	43.2	5.3	41.7	1.3	2.4	3.4	2.7	100
M59	monzonit	46.1	3.5	40.9	3.4	1.1	2.3	2.7	100
M15	monzonit	50.9	3.2	39.5	1.5	2.3	0.7	1.9	100
M58	monzonit	48.1	2.5	40.7	2.6	1.3	2.6	2.2	100
M61	monzonit	51.8	2.2	32.7	4.2	2.6	3.8	2.7	100
E62	monzonit	43.3	3.4	43.5	2.7	1.1	2.8	3.2	100
E46	monzonit	40.2	3.7	44.1	2.4	3.6	3.5	2.5	100
E47	monzonit	42.1	1.8	41.9	2.5	4.3	4.3	3.1	100
E48	monzonit	42.1	1.2	40.9	3.1	5.1	4.2	3.4	100

mnz: monzonit. opak: opak mineral



Şekil 3.11. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin modal analiz sonuçlarının KAP diyagramındaki dağılımları (Streckeisen, 1976).



Ağrıların Tepe ve Goçlar tepe kuzey batısında yüzeyleme verirler. Bu birim, arazide açık gri-pembe renktedir. Genellikle sert yapıda olup, sarp engebeler oluşturur. Kayaçta makroskobik olarak plajiyoklas, kuvars ve piroksen mineralleri tanınabilmektedir.

Doku: Tüm kristalli ince-orta taneli (Şekil 3.10).

Plajiyoklas: İncelenen kayaçlarda en bol bulunan açık renkli mineraldir (% 40-48, Tablo 3.3). Genelde iri kristaller halinde olup, bazı örneklerde küçük tanelere geçiş gösterirler. Öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde olup, bazıları zonlu yapı gösterir. Sönme açıları tayininde cinsinin andezin ( $An_{32-37}$ ) olduğu belirlenmiştir.

Ortoklas: Az oranda ve öz şekilsiz küçük taneler halinde görülür. Mikropertitik yapıdadır. En yaygın ayrışma türü killeşmedir. Kayaçta % 33-44 oranında bulunur (Tablo 3.1).

Kuvars: İrili ufaklı öz şekilsiz kristaller şeklinde diğer minerallerin arasını doldururlar. Bazı kesitlerde dalgalı sönme gösterirler. Hem iri hem de küçük kristaller halinde olup, gelişi güzel yönlere sahip kırık ve çatlaklar içerirler. Kayaçta % 1-4 oranında bulunur (Tablo 3.1).

Klinopiroksen: Yarı özşekilli ve özşekilsiz levhamsı kristaller halinde olup, klinopiroksenten oluşur. Genellikle renksiz, soluk yeşilimsi kahverengimsi ve gri tonlarda olup, çoğunlukla pleokroizma göstermez. (110) ikizi belirgindir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 41-43 derece olup, ojit bileşimindedir. Bazı kesitlerde ayrışarak klorit ve kalsitleşmişlerdir. Kayaçta % 1-4 oranında bulunur (Tablo 3).

Biyotit: Yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller halinde olup, kısmen kloritleşmiştir. (001) yüzeyine paralel dilinime göre dik sönme göstermektedir. Kayaçta % 1-5 oranında bulunur (Tablo 3.1).

Amfibol: Öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristaller halindedir. Pleokroizma renkleri yönlere göre x: açık sarı, y: yeşil, z: mavimsi yeşildir. Genellikle uzanım istikametine paralel tek yönde dilinimler, seyrek olarak birbirleriyle yaklaşık 56 derecelik açıları yapan dilinimler görülür. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 12-15 derece arasındadır. Kayaçta % 2-4 oranında bulunur (Tablo 3.1).

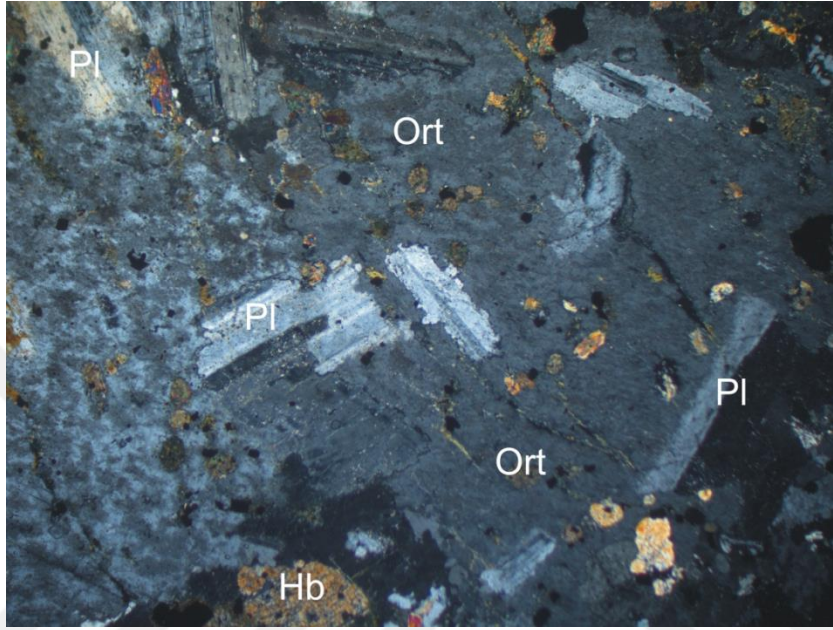
Apatit: Öz şekilli ince çubuğumsu kristaller halinde olup, az olarak bulunur. Genellikle kuvarsların içinde kapanımlar halindedir.

Zirkon: Öz şekilli küçük prizmatik kristaller halinde görülür. Çok yüksek rölyeflidir ve uzantıya paralel kesitlerde dik sönmelidir.

Opak Mineral: İrili ufaklı öz şekilsiz daneler şeklinde, % 2-3 oranında bulunur (Tablo 3.1).

Ayrışma Mineralleri: En yaygın ayrışma ürünlerini serizit, kalsit ve klorit oluşturur.

Kayaç adı: Monzonit (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Çakırbağ Granitoyidi içindeki monzonitlere ait poikilitik doku (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas; Hb: Hornblend)

### 3.2.2.2. Kuvarslı Monzonitler

Çakırbağ Granitoyidi'nde yayılımı monzonitlere nazaran daha azdır (yaklaşık 3 km<sup>2</sup>). Genellikle monzonitlerin iç kısmında ve onlar tarafından çevrelenmiş olarak yer alırlar (Şekil 3.12). İnceleme alanında Çorakçur Tepe doğusu ve Çamlıköz Tepe batısında yüzeyleme verirler. Genelde rengi açık gri ve yer yer pembemsi renktedir.

Doku: Tüm kristalli ince-orta taneli, yer yer de mirmekitik ve poikilitik (Şekil 3.14).

Plajiyoklas: Öz ve yarı öz şekilli dikdörtgenimsi kristaller halinde bulunur. 010'a dik kesitlerde yapılan tayinlerde, cinsinin oligoklas (An<sub>21-24</sub>) olduğu belirlenmiştir. İri plajiyoklas kristalleri, küçük amfibol ve opak mineral enklüzyonları içerirler. Zonlanma gösteren kristallerde halkalı zonlanma görülür. İri kristallerden bazılarının kenar kısımları kaybolmuş, yerlerine veya üstlerine, duruşu, ikizlenmesi ve zonlanması farklı olan başka

küçük plajiyoklas kristalleri yerleşmiştir. İri kristallerin bazıları kırıklı ve çatlaklı yapıdadır. Kayaçta % 30-45 oranında bulunur (Tablo 3.1).

Ortoklas: Öz şekilsiz kristaller halinde olup, kuvarsla birlikte diğer minerallerin arasını doldurur. Yer yer karlsbad ikizi gösterir, ancak çoğunlukla pertitik özelliktedir. İri ortoklas kristalleri küçük taneli kuvars, plajiyoklas, biyotit ve opak mineralleri enklüzyon olarak içerir. En yaygın ayrışma türü killeşmedir. Kayaçta % 35-45 oranında bulunur (Tablo 3.1).

Kuvars: Öz şekilsiz irili ufaklı kristaller halinde diğer minerallerin arasındaki boşlukları doldurmuştur. Kayaçta plajiyoklasdan sonra en bol bulunan açık renkli mineraldir (% 5-16, Tablo 3.1). Bazı kesitlerde dalgalı sönmeli, bazı kesitlerde de çatlaklı ve kırıklı yapıdadır.

Biyotit: Öz ve yarı öz şekilli çubuğumsu prizmatik kristaller halindedir. (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir ve bu dilinime göre dik sönmelidir. Ayrışmamış minerallerde pleokroizma yönlerine göre z ve y: açık-kırmızı kahverengi x: açık sarıdır. Bazı kesitlerde kısmen ayrışarak klorite dönüşmüş olup, dilinimler boyunca epidot ve opak mineral yığılımları gözlenir. Bazan zirkon, apatit ve opak mineral inklüzyonları içerir. Kayaçta % 1-5 oranında bulunur (Tablo 3.1).

Klinopiroksen: Yarı özşekilli ve özşekilsiz levhamsı kristaller halindedir. Genellikle renksiz, soluk yeşilimsi kahverengimsi ve gri tonlarda olup, çoğunlukla pleokroizma göstermez. (110) ikizi belirgindir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönmeye açıları 41-43 derecedir. Bazı kesitlerde ayrışarak, kısmen klorit ve kalsitleşmişlerdir. Kayaçta % 2-5 oranında bulunur (Tablo 3.1).

Amfibol: Öz ve yarı özşekilli levhamsı kristaller halinde görülür. Bazal kesitlerinde altıgen şekli ve  $56-124^{\circ}$  açı yapan iki dilinimi nettir. Yönlerine göre pleokroizması z: mavimsi-kahverengimsi yeşil, y: yeşil, x: açık sarı-yeşildir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönmeye açıları 12-13 derecedir. Genellikle biyotit mineralleri ile iç içe bulunurlar ve kümülofirik dokuyu oluştururlar. Bazı mineraller ayrışarak kalsit ve klorite dönüşmüşlerdir. İri kristaller, plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içerirler. Kayaçta % 1-5 oranında bulunur (Tablo 3.1).

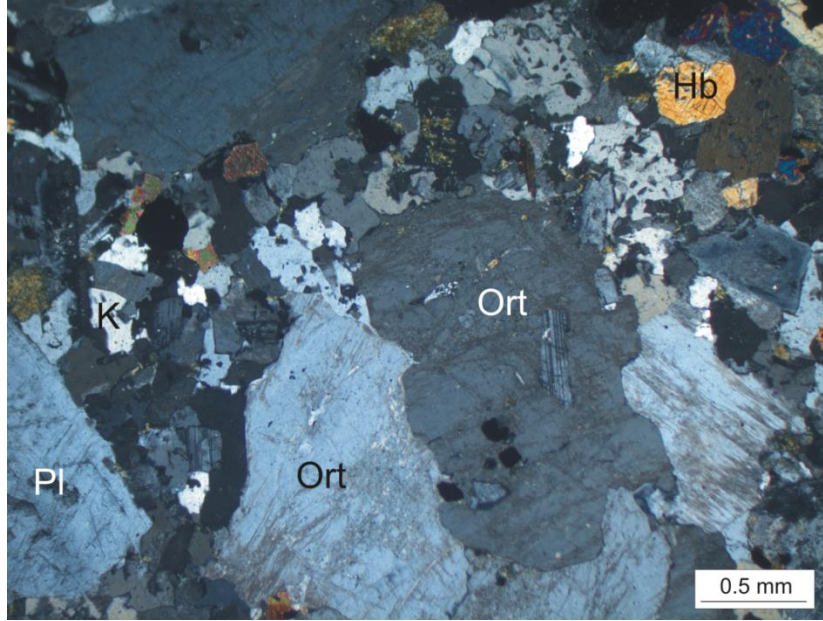
Apatit: Öz şekilli iğnemsiz kristaller halinde olup, kuvars ve feldispatların içinde kapanımlar halinde bulunurlar.

Zirkon: Bazı kesitlerde gözlenmiş olup, öz şekilli küçük prizmatik kristaller halindedir. Çok yüksek rölyefli olup, uzantıya paralel kesitlerde dik sönmeye gösterir.

Opak Mineral: İrili ufaklı öz şekilsiz taneler şeklinde bulunurlar. Kayaç içerisinde % 1-3 oranında bulunur.

Ayrışma Mineralleri: En önemli ayrışma mineralleri killeşme, kalsitleşme ve serizitleşmedir.

Kayaç adı: Kuvarslı monzonit (Şekil 3.14)



Şekil 3.14. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kuvarslı monzonitlere ait taneli doku (Ç.N.,Pl: Plajiyoklas, K: Kuvars, Ort: Ortoklas, Pl: Plajiyoklas, Hb: Hornblend)

### 3.2.3. Mineral Kimyası

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki plajiyoklas, K-feldispat, biyotit, piroksen ve Fe-Ti oksit minerallerine ait mikrokimyasal özellikler aşağıda verilmiştir.

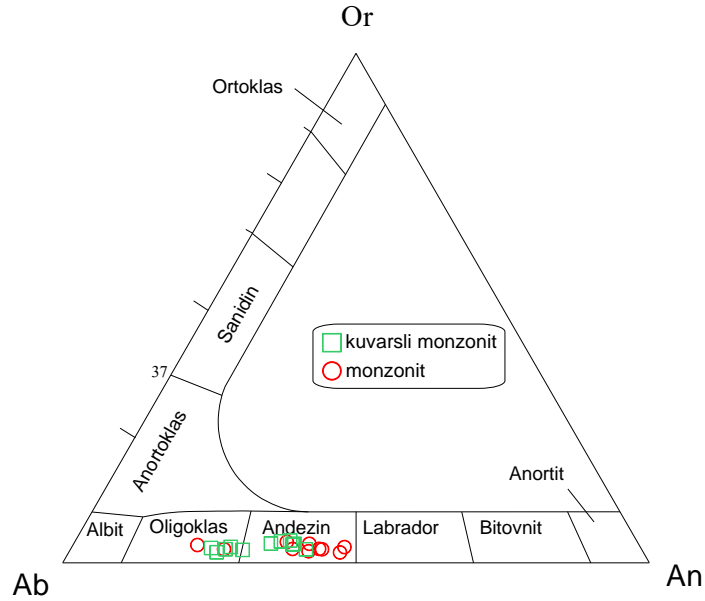
#### 3.2.3.1. Plajiyoklas

İncelenen Eosen yaşlı Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayaların tümünde plajiyoklas mineralleri gözlenmiştir. Analizi yapılan plütonik kayaç örnekleri içindeki plajiyoklas minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki plajiyoklaslara ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç Adı	Monzonit										Kuvarslı monzonit										
	M57- 01	M57- 02	M57- 03	M57- 04	M57- 05	M57- 06	M57- 07	M57- 08	M57- 09	M57- 10	M15- 02	M15- 03	M15- 04	M15- 05	M15- 06	M15- 07	M15- 08	M15- 09	M15- 10	M15- 11	M15- 12
Örnek No	m	k	k	m	k-k	k-k	k-k	k-k	k-k	k-k	k	k	k	m	m	k	m	k-k	k-k	k-k	k-k
SiO <sub>2</sub>	56.27	61.97	62.77	56.85	57.96	56.33	57.93	59.12	56.87	58.72	61.98	61.62	62.88	59.76	59.15	64.58	59.17	61.66	59.07	59.47	58.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.29	23.72	22.82	26.62	26.25	26.89	25.84	25.27	26.15	25.69	23.85	23.87	23.15	24.88	25.62	22.42	25.15	23.41	25.43	25.26	26.10
FeO <sup>T</sup>	0.37	0.26	0.20	0.38	0.39	0.38	0.41	0.40	0.37	0.36	0.24	0.31	0.15	0.41	0.43	0.27	0.37	0.37	0.42	0.41	0.39
CaO	9.37	5.32	4.31	8.58	8.28	9.44	8.15	7.30	8.59	7.55	5.44	5.90	4.75	6.74	7.54	4.74	7.42	5.37	7.54	7.12	8.07
Na <sub>2</sub> O	5.79	8.00	8.46	6.15	6.39	5.66	6.29	6.67	6.03	6.56	7.75	7.55	8.07	6.94	6.50	7.56	6.62	7.97	6.58	6.81	6.36
K <sub>2</sub> O	0.35	0.46	0.60	0.47	0.39	0.53	0.64	0.70	0.45	0.46	0.53	0.43	0.49	0.64	0.63	0.33	0.75	0.46	0.61	0.72	0.45
BaO	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.03	0.06	0.04	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03
SrO	0.10	0.00	0.08	0.10	0.12	0.12	0.14	0.08	0.11	0.10	0.05	0.02	0.03	0.08	0.05	0.04	0.11	0.00	0.12	0.12	0.12
Toplam	99.57	99.76	99.26	99.20	99.82	99.38	99.46	99.58	98.60	99.48	99.85	99.72	99.53	99.49	99.97	99.96	99.61	99.26	99.80	99.96	99.88
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır																					
Si	2.54	2.76	2.80	2.58	2.60	2.55	2.61	2.66	2.59	2.64	2.75	2.74	2.79	2.68	2.65	2.84	2.66	2.76	2.65	2.66	2.62
Al	1.45	1.24	1.20	1.42	1.39	1.44	1.37	1.34	1.40	1.36	1.25	1.25	1.21	1.32	1.35	1.16	1.33	1.23	1.34	1.33	1.38
Fe <sup>+2</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Ca	0.45	0.25	0.21	0.42	0.40	0.46	0.39	0.35	0.42	0.36	0.26	0.28	0.23	0.32	0.36	0.22	0.36	0.26	0.36	0.34	0.39
Na	0.51	0.69	0.73	0.54	0.56	0.50	0.55	0.58	0.53	0.57	0.67	0.65	0.70	0.60	0.56	0.65	0.58	0.69	0.57	0.59	0.55
K	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
An	46.24	26.15	21.20	42.33	40.77	46.47	40.16	36.13	42.87	37.81	27.07	29.39	23.83	33.60	37.60	25.19	36.56	26.40	37.38	35.07	40.12
Ab	51.70	71.16	75.29	54.91	56.94	50.42	56.09	59.74	54.46	59.45	69.79	68.06	73.25	62.60	58.66	72.72	59.03	70.91	59.02	60.70	57.22
Or	2.06	2.69	3.51	2.76	2.29	3.11	3.75	4.13	2.67	2.74	3.14	2.55	2.93	3.80	3.74	2.09	4.40	2.69	3.60	4.22	2.66

FeO<sup>T</sup> toplam Fe olarak ölçülmüştür. k: mineralin kenarı, m: mineralin merkezi, k-m: mineralin kenarından merkezine doğru

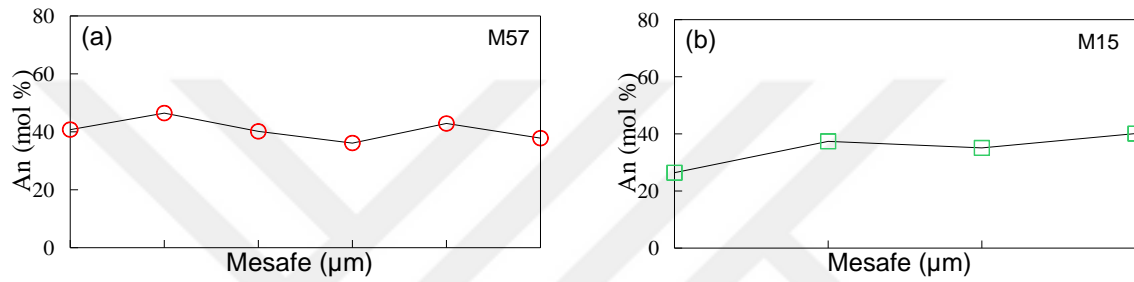


Şekil 3.15. Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki plajiyoklasların An-Ab-Or sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki yerleri

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki plajiyoklasların SiO<sub>2</sub> içerikleri % 56.27-64.58, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> % 22.42-27.29, FeO<sup>T</sup> % 0.15-0.42 ve K<sub>2</sub>O % 0.33-0.75 arasında değişmektedir (Tablo 3.2, Şekil 3.19).

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalarda gözlenen plajiyoklasların bileşimleri An<sub>46-21</sub> arasında değişir (Tablo 3.2; Şekil 3.15).

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki plajiyoklaslarda gözlenen halkalı (oscillatory) zonlu kristallerde An içeriğindeki dalgalanma An<sub>47</sub>'den An<sub>36</sub>'ya ve An<sub>40</sub>'dan An<sub>26</sub>'ya kadar değişmektedir (Şekil 3.20a ve b).



Şekil 3.16. Zonlu plajiyoklaslarda gözlenen An değişimleri (kenardan merkeze doğru)

### 3.2.3.2. K-Feldispat

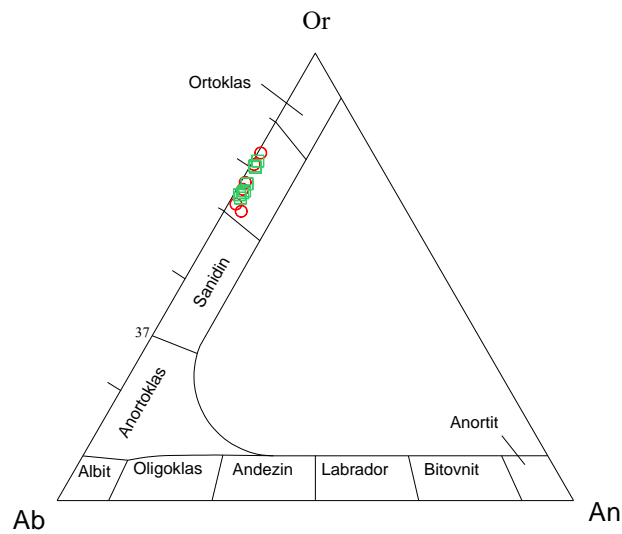
İncelenen Çakırbağ Granitoyidi'ndeki kayaların tümünde gözlenmiş olup, K-feldispat kristallerine ait mikroprob analizleri Tablo 3.3'de verilmiştir.

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki ortoklasların % SiO<sub>2</sub>, % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % BaO içerikleri sırasıyla, % 64.23-66.78, % 18.91-19.85 ve % 0.03-0.82 aralığında değişmektedir.

Tablo 3.3. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayalara ait K-feldispatların mikroprob analiz sonuçları

Kayaç Adı	Monzonit						Kuarşlı monzonit							
	Örnek No	M57-2	M57-3	M57-4	M57-5	M57-6	M57-7	M15-01	M15-02	M15-03	M15-04	M15-05	M15-06	M15-07
k-m	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k
SiO <sub>2</sub>	64.88	65.45	64.23	65.47	65.19	65.03	65.68	66.78	65.66	65.97	65.63	65.88	65.84	66.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.43	19.15	19.85	18.92	18.96	18.91	19.04	18.57	19.49	19.36	19.24	19.01	19.47	19.26
FeO <sup>T</sup>	0.16	0.15	0.15	0.19	0.22	0.15	0.19	0.17	0.17	0.15	0.20	0.15	0.19	0.14
CaO	0.30	0.18	0.67	0.12	0.24	0.12	0.19	0.23	0.34	0.28	0.32	0.18	0.34	0.23
Na <sub>2</sub> O	3.59	3.17	3.56	2.75	3.30	2.47	2.61	2.67	3.20	3.09	3.33	2.72	3.37	3.41
K <sub>2</sub> O	11.22	12.23	10.93	12.93	11.92	13.42	12.98	12.41	11.57	11.95	11.74	12.72	11.29	11.60
BaO	0.65	0.14	0.82	0.05	0.29	0.05	0.06	0.06	0.41	0.08	0.12	0.03	0.40	0.07
SrO	0.13	0.08	0.05	0.05	0.08	0.11	0.04	0.04	0.05	0.09	0.09	0.09	0.05	0.06
Toplam	100.36	100.55	100.26	100.48	100.20	100.26	100.79	100.93	100.89	100.97	100.67	100.78	100.95	100.92
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır														
Si	2.96	2.97	2.93	2.98	2.97	2.98	2.98	3.01	2.97	2.98	2.97	2.99	2.97	2.98
Al	1.04	1.03	1.07	1.02	1.02	1.02	1.02	0.99	1.04	1.03	1.03	1.02	1.04	1.02
Fe <sup>+2</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
Na	0.32	0.28	0.32	0.24	0.29	0.22	0.23	0.23	0.28	0.27	0.29	0.24	0.29	0.30
K	0.65	0.71	0.64	0.75	0.69	0.78	0.75	0.71	0.67	0.69	0.68	0.74	0.65	0.67
Ba	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
An	1.49	0.88	3.33	0.59	1.18	0.58	0.93	1.16	1.71	1.39	1.57	0.89	1.71	1.14
Ab	32.23	28.01	32.01	24.29	29.27	21.73	23.19	24.36	29.09	27.82	29.65	24.31	30.67	30.53
Or	66.28	71.11	64.66	75.13	69.56	77.69	75.88	74.48	69.20	70.79	68.78	74.80	67.62	68.33

İncelenen plütondaki K-feldispatların ortoklas bileşimi Or<sub>78-65</sub> arasındadır (Tablo 3.3).



Şekil 3.17. İncelenen plütondaki K-feldispatların bileşimlerinin An-Ab-Or sınıflama diyagramındaki yerleri (semboller için Şekil 3.14'e bakınız)

### 3.2.3.3. Biyotit

İncelenen kayaçların tümünde gözlenirler. Biyotitlere ait mikroprob analiz sonuçları Tablo 3.4’de verilmiştir.

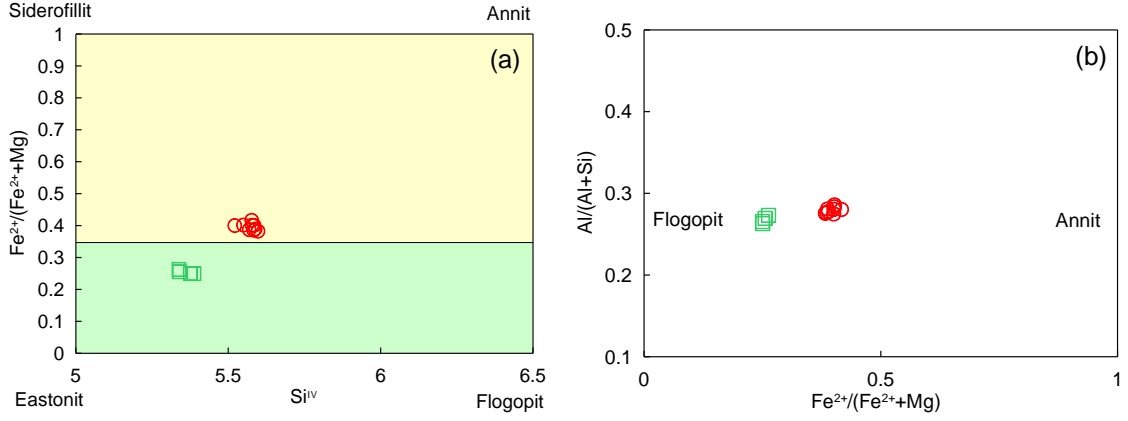
Eosen kayaçlardaki biyotitlerin  $TiO_2$  içerikleri % 4.12-5.49,  $Al_2O_3$  içerikleri % 11.61-12.62 ve  $MgO$  içerikleri % 13.52-18.19 arasındadır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayaçlara ait biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları

Kayaç Adı	Monzonit								Kuaranlı monzonit					
	Örnek No	M57- 01	M57- 02	M57- 03	M57- 04	M57- 05	M57- 06	M57- 07	M57- 08	M57- 09	M15- 01	M15- 02	M15- 03	M15- 04
k-m	m	k	m	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	
$SiO_2$	37.32	37.65	37.26	37.15	37.24	37.91	37.77	37.82	36.88	38.31	38.33	38.23	38.57	
$TiO_2$	4.95	4.56	4.75	4.99	4.91	4.75	4.43	4.70	4.66	4.43	5.49	4.65	4.12	
$Al_2O_3$	12.53	12.45	12.10	12.62	12.32	12.24	12.52	12.35	11.86	11.99	11.61	12.19	11.84	
$FeO^T$	16.28	17.22	15.87	16.38	16.25	15.99	16.37	16.19	16.19	10.93	10.32	11.09	10.79	
$MnO$	0.20	0.22	0.20	0.24	0.24	0.21	0.22	0.21	0.18	0.10	0.12	0.10	0.10	
$MgO$	13.61	13.52	14.18	13.67	13.62	14.47	14.52	14.25	13.60	17.86	17.33	17.45	18.19	
$CaO$	0.12	0.15	0.13	0.06	0.08	0.04	0.06	0.03	1.93	0.09	0.25	0.06	0.08	
$Na_2O$	0.31	0.25	0.31	0.33	0.31	0.32	0.27	0.29	0.28	0.51	0.40	0.50	0.49	
$K_2O$	9.18	9.14	9.22	9.31	9.36	0.00	9.44	9.58	9.03	9.55	9.61	9.48	9.60	
Cl	0.20	0.37	0.33	0.21	0.27	0.27	0.37	0.33	0.36	0.24	0.21	0.25	0.23	
F	0.71	0.88	0.72	0.69	0.69	0.74	0.75	0.77	0.80	3.29	3.07	3.21	3.15	
Toplam	95.41	96.41	95.07	95.65	95.29	375.95	96.72	96.52	95.77	97.30	96.74	97.21	97.16	
Formül 22 oksijen üzerinden hesaplanmıştır														
Si	5.58	5.58	5.58	5.55	5.58	5.60	5.57	5.59	5.52	5.34	5.38	5.34	5.39	
Ti	0.56	0.51	0.54	0.56	0.55	0.53	0.49	0.52	0.52	0.46	0.58	0.49	0.43	
Al	2.21	2.17	2.14	2.22	2.18	2.13	2.18	2.15	2.09	1.97	1.92	2.01	1.95	
$Fe^{+2}$	2.04	2.13	1.99	2.05	2.04	1.97	2.02	2.00	2.03	1.27	1.21	1.30	1.26	
Mn	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	
Mg	3.03	2.98	3.17	3.05	3.04	3.19	3.19	3.14	3.04	3.71	3.62	3.63	3.79	
Ca	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.31	0.01	0.04	0.01	0.01	
Na	0.09	0.07	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.14	0.11	0.14	0.13	
K	1.75	1.73	1.76	1.77	1.79	1.80	1.78	1.81	1.72	1.70	1.72	1.69	1.71	
Cl	0.05	0.09	0.08	0.05	0.07	0.07	0.09	0.08	0.09	0.06	0.05	0.06	0.05	
F	0.34	0.41	0.34	0.33	0.33	0.35	0.35	0.36	0.38	1.45	1.36	1.42	1.39	
Fe#	0.40	0.42	0.39	0.40	0.40	0.38	0.39	0.39	0.40	0.26	0.25	0.26	0.25	
Mg#	0.60	0.58	0.61	0.60	0.60	0.62	0.61	0.61	0.60	0.74	0.75	0.74	0.75	
Fe# = $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ , Mg# = $Mg/(Mg+Fe^{+2})$														

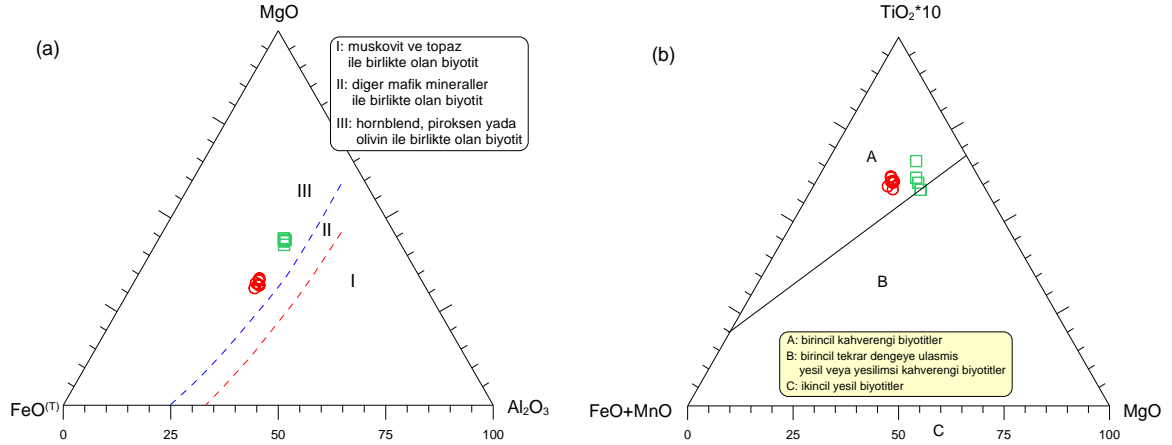
Biyotitlerinin Fe# ve Mg# oranları sırasıyla 0.25-0.42 ve 0.58-0.75 arasındadır (Tablo 3.4.).

Biyotitler, flogopit ve annit uç üyeleri arasındaki katı ergiyiğin ürünü olup, daha ziyade magnezyumca zengin flogopit ucuna yakındırlar (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Biotitlerinin bileşimleri, a)  $Si^{IV}$ - $(Fe^{+2}/Fe^{+2}+Mg)$  diyagramı, b)  $(Fe^{+2}/Fe^{+2}+Mg)$ - $Al/(Al+Si)$  diyagramı (Parsons vd., 1991).

Speer (1984) farklı parametreleri baz alarak biyotitlere ait aşağıdaki mineral birlikteliği ayırtman diyagramlarını oluşturmuştur.  $MgO$ - $FeO^{(T)}$ - $Al_2O_3$  üçgen diyagramında, inceleme alanındaki biyotitlerin bileşimleri III. bölgeye düşmekte olup “amfibol, piroksen ya da olivin ile birlikte olan biyotit” olarak sınıflandırılmaktadırlar (Şekil 3.19a).  $MgO$ - $(FeO+MnO)$ - $(TiO_2*10)$  diyagramında, birincil kahverengi biyotitler alanında yer alırlar (Şekil 9b).



Şekil 3.19. İncelenen granitoyidlere ait kayalardaki biyotitlerin, a)  $MgO$ - $FeO^{(T)}$ - $Al_2O_3$ , b)  $MgO$ - $(FeO+MnO)$ - $(TiO_2*10)$  mineral birlikteliği ayırtman diyagramları (Speer, 1984) (Semboller için Şekil 1'e bakınız)

### 3.2.3.4. Piroksen

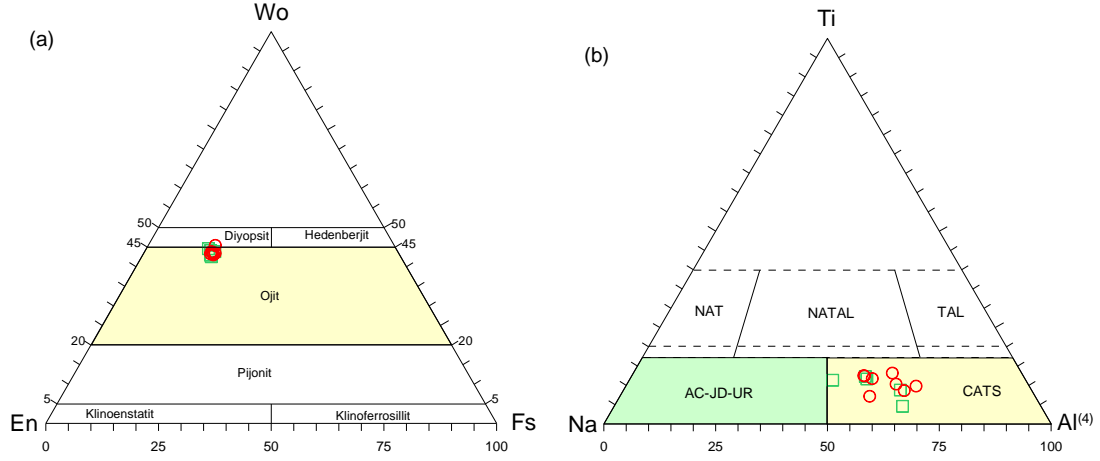
İncelenen kayaçların tümünde gözlenirler. Piroksenlere ait mikroprob analiz değerleri Tablo 3.5’de verilmiştir.

Çakırbağ Granitoidine ait klinopiroksenlerin Mg# içeriği 0.73-0.76 arasındadır (Tablo 3.5).

Tablo 3.5. Çakırbağ Granitoidi içindeki kayaçlara ait piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları

Kayaç Adı	Monzonit								Kuarşlı monzonit				
	M57-01	M57-02	M57-03	M57-04	M57-05	M57-06	M57-07	M57-08	M15-01	M15-02	M15-03	M15-04	M15-05
Örnek No	k	m	m	k	m	k	m	k	m	k	m	m	k
SiO <sub>2</sub>	51.91	51.88	52.83	52.52	52.30	51.88	51.91	52.38	52.84	52.55	52.62	52.56	52.79
TiO <sub>2</sub>	0.28	0.40	0.11	0.24	0.29	0.25	0.30	0.28	0.08	0.21	0.17	0.28	0.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.14	1.44	1.23	1.18	1.01	1.82	1.75	1.63	1.24	0.91	0.76	1.14	0.97
FeO <sup>T</sup>	8.97	8.90	8.70	8.78	9.24	9.39	9.36	9.03	8.75	9.23	8.38	9.23	9.01
MnO	0.51	0.44	0.58	0.50	0.49	0.49	0.49	0.49	0.43	0.50	0.46	0.50	0.51
MgO	14.31	14.67	13.90	14.50	14.49	14.22	14.55	14.49	14.67	14.21	14.95	14.84	14.89
CaO	21.04	21.15	22.14	21.39	21.21	21.09	21.09	21.35	21.76	21.37	22.30	20.91	21.21
Na <sub>2</sub> O	0.31	0.34	0.22	0.27	0.32	0.32	0.30	0.31	0.21	0.31	0.22	0.33	0.29
Toplam	98.47	99.22	99.71	99.38	99.35	99.46	99.75	99.96	99.98	99.29	99.86	99.79	99.93
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır													
Si	1.96	1.94	1.98	1.96	1.96	1.94	1.94	1.95	1.96	1.97	1.96	1.96	1.96
Ti	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Al	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.08	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>+2</sup>	0.28	0.28	0.27	0.27	0.29	0.29	0.29	0.28	0.27	0.29	0.26	0.29	0.28
Mn	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Mg	0.81	0.82	0.77	0.81	0.81	0.79	0.81	0.80	0.81	0.79	0.83	0.82	0.83
Ca	0.85	0.85	0.89	0.86	0.85	0.85	0.84	0.85	0.87	0.86	0.89	0.83	0.84
Na	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wo	43.53	43.32	45.44	43.83	43.33	43.43	43.05	43.64	44.11	43.86	44.62	42.56	42.98
En	41.20	41.81	39.69	41.35	41.20	40.74	41.33	41.21	41.39	40.58	41.63	42.03	41.99
Fs	15.28	14.87	14.87	14.82	15.47	15.83	15.63	15.15	14.50	15.56	13.75	15.41	15.02
Mg#	0.74	0.75	0.74	0.75	0.74	0.73	0.73	0.74	0.75	0.73	0.76	0.74	0.75

İncelenen piroksenlerin tümü kalsik klinopiroksen türünde olup, Wo içerikleri 43-44 arasındadır (Şekil 3.20a). Kalsik piroksenler genellikle klinopiroksen, az oranda da diyopsit bileşimindedirler (Şekil 3.20). İncelenen kayaçlardaki klinopiroksenler, Ti-Na-Al<sup>4</sup> diyagramında (Papike vd., 1974), Ti'ca fakir, Na ve Al<sup>(4)</sup>ca zengin uçlar arasında değişim gösterirler (Şekil 3.20b).



Şekil 3. 20. Piroksenlerin, a) Wo-En-Fs (Morimoto, 1988), b) Ti-Na-Al<sup>(4)</sup> (Papike vd., 1974) diyagramları

### 3.2.3.5. Fe-Ti Oksitler

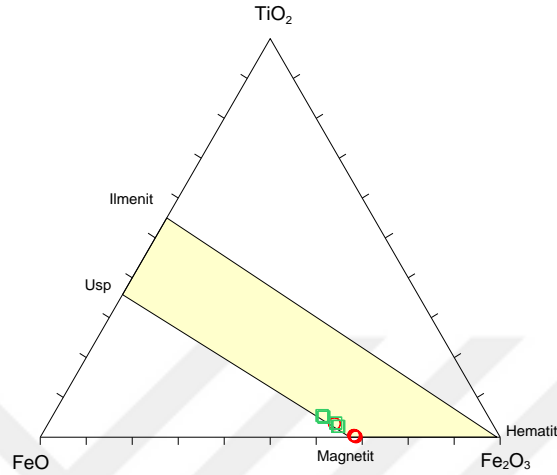
İncelenen kayalarda gözlenmekte olup, genelde manyetit, daha az oranda da ilmenit bileşimindedirler. Manyetit ve ilmenit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’de verilmiştir.

İncelenen kayalar içindeki manyetitlerin TiO<sub>2</sub> ve FeO değerleri % 0.12-5.2 ve % 30.67-35.01 arasında değişmektedir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayalara ait manyetitlerin mikroprob analiz sonuçları

Kayaç Adı	Monzonit					Kuarşlı monzonit				
	Örnek No	M57-01	M57-02	M57-03	M57-04	M57-05	M15-01	M15-02	M15-03	M15-04
k-m	m	k	m	m	k	k	m	k	k	m
SiO <sub>2</sub>	0.07	0.15	0.06	0.11	0.14	0.11	0.08	0.07	0.10	0.06
TiO <sub>2</sub>	0.44	0.12	3.34	0.45	0.24	3.44	2.67	5.20	2.69	4.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.31	0.18	0.77	0.28	0.36	0.53	1.38	1.28	0.57	0.73
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.09	0.06	0.06	0.07	0.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	67.65	67.25	61.10	67.19	67.09	60.27	61.49	55.96	62.71	57.78
FeO	31.24	30.67	33.71	31.31	30.97	32.80	33.00	34.43	33.29	35.01
MnO	0.10	0.06	0.24	0.06	0.07	0.46	0.26	0.76	0.19	0.35
MgO	0.14	0.10	0.13	0.05	0.08	0.05	0.19	0.17	0.08	0.11
CaO	0.04	0.06	0.03	0.05	0.04	0.49	0.05	0.10	0.08	0.04
Toplam	100.04	98.66	99.45	99.55	99.05	98.25	99.18	98.03	99.78	99.12
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır										
Si	0.02	0.05	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
Ti	0.10	0.03	0.77	0.10	0.06	0.80	0.62	1.21	0.62	1.15
Al	0.11	0.07	0.28	0.10	0.13	0.19	0.50	0.47	0.21	0.26
Cr	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Fe <sup>+3</sup>	15.63	15.77	14.12	15.61	15.65	14.11	14.20	13.05	14.47	13.38
Fe <sup>+2</sup>	8.02	7.99	8.66	8.08	8.03	8.53	8.47	8.92	8.54	9.01
Mn	0.03	0.02	0.06	0.02	0.02	0.12	0.07	0.20	0.05	0.09
Mg	0.06	0.05	0.06	0.02	0.04	0.02	0.09	0.08	0.04	0.05
Ca	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.16	0.02	0.03	0.03	0.01
Fe#	0.34	0.34	0.38	0.34	0.34	0.38	0.37	0.41	0.37	0.40

Kayaçlarda gözlenen Fe-Ti oksitler, kimyasal bileşimleri bakımından benzerlik sunarlar. Kayaçlardaki manyetit kristalleri, ulvospinel-magnetit katı ergiyiğinin ürünü olup, magnetit ucuna yakın bileşimler gösterirler (Şekil 3.21).



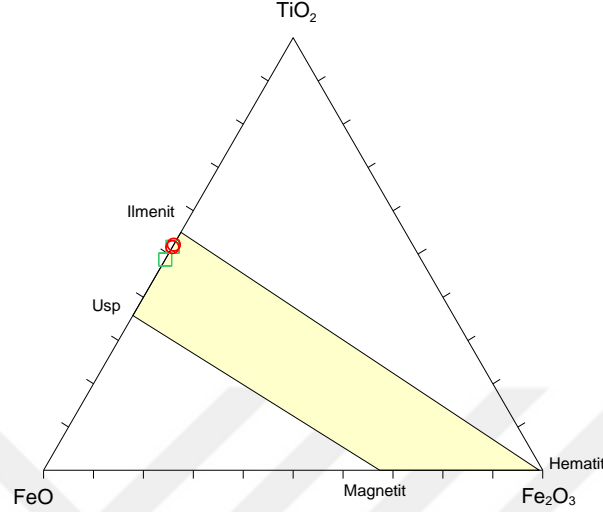
Şekil 3.21. Magnetit kristallerinin  $TiO_2$ -FeO- $Fe_2O_3$  ayırtman diyagramları (Bacon ve Hirschmann, 1988).

Çiçekli Granitoyidi içindeki ilmenitlerin  $TiO_2$  ve FeO değerleri sırasıyla % 46.35-47.95 ve 42.76-48.77 arasındadır (Ek Tablo 3.7).

Tablo 3.7. Çakırbağ Granitoyidi içindeki kayaçlara ait ilmenitlerin mikroprob analiz sonuçları

Kayaç Adı	Monzonit		Kuvarslı monzonit		
Örnek No	M57-01	M57-02	M15-01	M15-02	M15-03
SiO <sub>2</sub>	0.07	0.12	0.03	0.03	0.03
TiO <sub>2</sub>	46.62	47.95	47.86	46.35	47.80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04	0.03	0.04	0.07	0.06
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	43.73	43.99	44.75	48.77	42.76
MnO	5.77	7.15	4.52	1.25	6.94
MgO	0.52	0.05	0.38	1.00	0.21
CaO	0.06	0.09	0.09	0.04	0.05
Toplam	96.84	99.43	97.70	97.54	97.87
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır					
Si	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01
Ti	10.86	10.92	11.07	10.68	11.05
Al	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
Cr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>+3</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>+2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	1.51	1.83	1.18	0.32	1.81
Mg	0.24	0.02	0.17	0.46	0.10
Ca	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe#	0.98	1.00	0.99	0.96	0.99

İlmenit minerallerinin genellikle, ilmenit-hematit katı ergiyiği arasında ilmenit ucunda yer aldıkları belirlenmiştir (Şekil 3.22)



Şekil 3.22. İlmenit kristallerinin  $TiO_2$ -FeO- $Fe_2O_3$  ayırıtman diyagramları (Bacon ve Hirschmann, 1988).

### 3.2.6. Çakırbağ Granitoyidi'nin Jeokimyasal Özellikleri

İnceleme alanında geniş yayılım gösteren Çakırbağ Granitoyidi'nden alınan örneklerin bazılarında ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden yararlanarak granitoyidi oluşturan kayaç türlerinin, jeotektonik ortamlarının ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

#### 3.2.6.1. Ana ve İz Elementler

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlara ait 11 adet örneğin ana ve iz element analizleri Tablo 3.7'de, nadir toprak element analizleri de Tablo 3.8'de verilmiştir.

Monzonitlerin  $SiO_2$  değerleri % 58.27-60.67 arasında değişirken,  $Na_2O$  % 2.81-3.01 ve  $CaO$  % 5.47-6.51 arasında değişmektedir.  $K_2O/Na_2O$  oranları 0.92-1.19 arasındadır. A/CNK (molar  $Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$ ) değerleri 1 den küçük olup 0.85-0.91 arasındadır. Magnezyum numaraları  $[100*(MgO/MgO+\Sigma Fe_2O_3)]$  ise 32.15-32.56 arasındadır (Tablo 3.8). Kuvarslı monzonitlerin  $SiO_2$  değerleri % 61.63-64.60 arasında değişirken,  $Na_2O$  %

2.89-3.08 ve CaO % 4.29-5.23 arasında değişmektedir. K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O oranı 1.14-1.29 arasındadır. A/CNK değerleri 0.86-0.91, magnezyum numaraları ise 29.39-32.13 arasındadır.

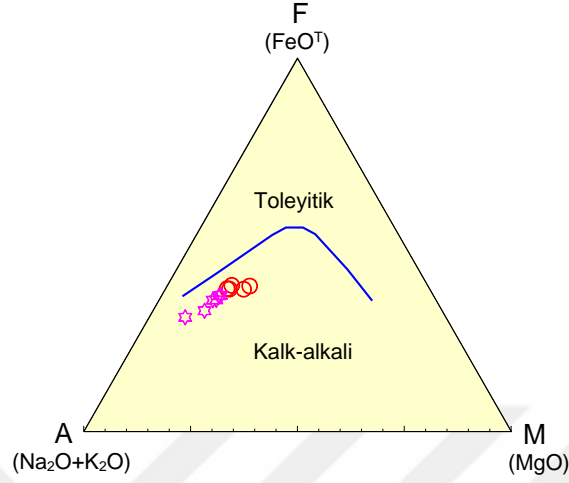
Tablo 3.8. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçların ana (%) ve iz (ppm) element analizleri

Kayaç Adı Örnek No	Monzonit					Kuarıslı monzonit					
	M59	M15	M58	M61	8	M57	M25	M56	M55	9	M62
SiO <sub>2</sub>	56.74	57.59	57.79	58.26	59.32	61.90	61.95	62.12	62.39	62.75	63.00
TiO <sub>2</sub>	0.78	0.79	0.72	0.77	0.70	0.64	0.64	0.64	0.63	0.62	0.65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.49	16.75	16.62	16.76	16.74	15.97	16.36	16.19	16.35	16.42	16.29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>T</sup>	7.19	6.71	6.61	6.73	6.58	5.55	5.44	5.73	5.40	4.98	4.75
MnO	0.18	0.11	0.10	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.09	0.08
MgO	3.57	3.23	2.60	2.59	2.48	2.06	1.95	2.18	2.05	1.86	1.31
CaO	6.05	4.82	5.55	5.24	4.65	4.60	4.26	4.54	4.43	3.66	2.88
Na <sub>2</sub> O	3.99	3.44	4.39	3.79	3.82	3.33	3.56	3.45	3.50	3.58	3.75
K <sub>2</sub> O	3.71	4.23	3.73	4.09	4.32	4.33	4.52	4.35	4.37	4.98	5.72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.33	0.31	0.32	0.33	0.28	0.23	0.20	0.22	0.21	0.18	0.21
AK	0.70	1.70	1.30	1.00	0.80	1.00	0.80	0.20	0.30	0.70	1.10
Toplam	99.73	99.68	99.73	99.68	99.80	99.72	99.78	99.73	99.73	99.82	99.74
Co	19.10	18.50	14.90	14.90	13.40	13.40	11.70	13.70	12.20	9.40	7.90
Ni	8.50	10.30	5.90	8.30	6.10	6.70	5.80	6.00	6.10	5.30	5.50
V	167.00	153.00	139.00	152.00	144.00	119.00	113.00	122.00	115.00	102.00	93.00
Cu	101.30	103.60	46.20	80.60	85.30	67.90	80.00	117.00	69.90	65.40	62.30
Pb	12.70	12.40	18.20	9.10	14.50	11.20	10.70	17.30	12.20	18.60	25.30
Zn	34.00	53.00	32.00	29.00	24.00	30.00	38.00	25.00	30.00	29.00	27.00
W	1.90	2.50	1.70	3.70	3.90	1.20	2.20	2.50	2.70	3.60	4.70
Rb	106.20	137.20	105.10	139.10	148.30	138.50	171.80	153.90	151.20	198.60	225.20
Ba	736.00	714.00	888.00	570.00	550.00	637.00	644.00	660.00	692.00	512.00	495.00
Sr	505.80	486.90	525.70	514.90	482.20	351.50	365.80	392.20	369.30	324.30	302.80
Ta	0.70	1.10	0.70	1.00	1.30	1.20	1.40	1.00	0.90	1.30	1.50
Nb	12.20	16.20	12.60	16.10	16.80	15.70	19.60	15.70	16.00	23.60	27.30
Hf	4.80	5.30	4.70	5.50	5.80	5.90	7.20	6.00	6.40	8.30	9.70
Zr	181.60	214.80	182.50	213.90	224.50	231.00	297.60	231.60	236.20	342.60	388.50
Y	21.70	22.30	19.10	24.80	26.30	22.90	22.30	22.30	23.00	24.20	25.40
Th	21.30	25.40	21.40	23.30	26.40	24.30	31.90	25.90	27.60	26.20	40.30
U	4.90	7.60	4.80	5.80	6.60	6.80	5.50	5.90	5.70	7.20	8.30
Ga	14.90	14.50	14.80	15.00	15.60	14.40	14.90	15.10	14.00	14.20	14.60
Mg #	49.59	48.81	43.79	43.26	42.75	42.37	41.52	42.98	42.92	42.52	35.33
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.93	1.23	0.85	1.08	1.13	1.30	1.27	1.26	1.25	1.39	1.53
Sr/Y	23.31	21.83	27.52	20.76	18.33	15.35	16.40	17.59	16.06	13.40	11.92
A /CNK	0.76	0.88	0.78	0.83	0.86	0.86	0.88	0.87	0.88	0.92	0.93
Nb/Ta	17.43	14.73	18.00	16.10	12.92	13.08	14.00	15.70	17.78	18.15	18.20
Nb/La	0.36	0.40	0.35	0.38	0.38	0.42	0.47	0.42	0.39	0.53	0.59
Y/Nb	1.78	1.38	1.52	1.54	1.57	1.46	1.14	1.42	1.44	1.03	0.93
Ce/Pb	5.06	6.21	3.87	8.84	5.70	5.91	6.78	4.10	6.53	4.50	3.66
Zr/Sm	33.69	39.56	34.89	36.94	38.51	45.92	54.21	45.41	43.58	60.74	66.87
Th/U	4.35	3.34	4.46	4.02	4.00	3.57	5.80	4.39	4.84	3.64	4.86

AK (ateşte kayıp) :Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Toplam demir A/CNK= Mol Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO+NaO+K<sub>2</sub>O)

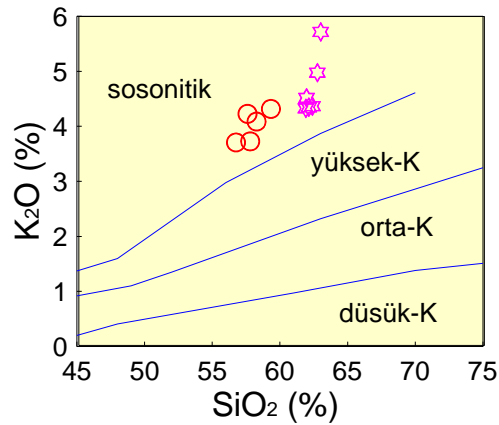


İncelenen örnekler Irvine ve Baragar (1971)'a ait AFM üçgen diyagramında kalk-alkali alanda yer alırlar.

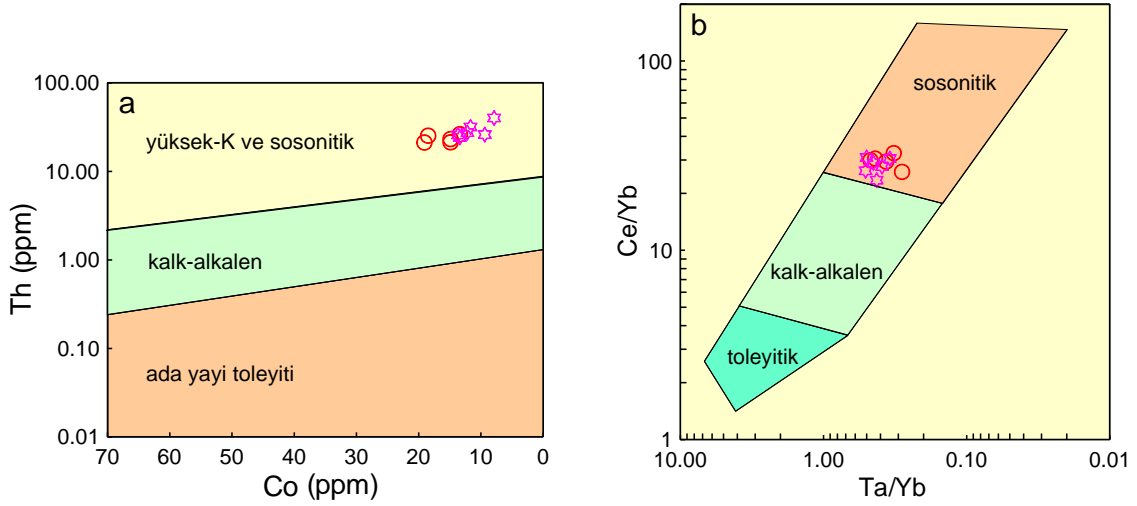


Şekil 3.24. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örnekler için AFM diyagramı, Toleyitik-kalk alkali ayrımı eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'den alınmıştır

Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kalk-alkalen karakterli kayalar  $K_2O-SiO_2$ , Th-Co ve Ce/Yb-Ta/Yb diyagramlarında yüksek potasyumlu ve şösonitik özellik sunarlar (Şekil 3.29 ve 3.30).

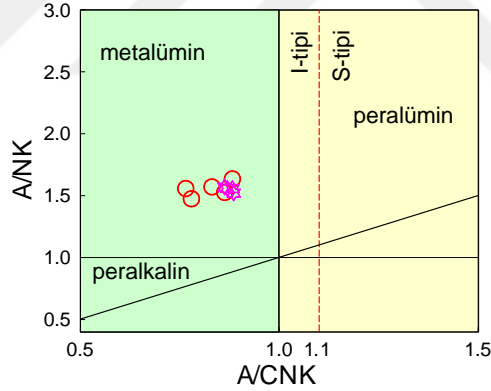


Şekil 3.25. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaların  $K_2O-SiO_2$  diyagramı (Le Maitre vd., 1989).



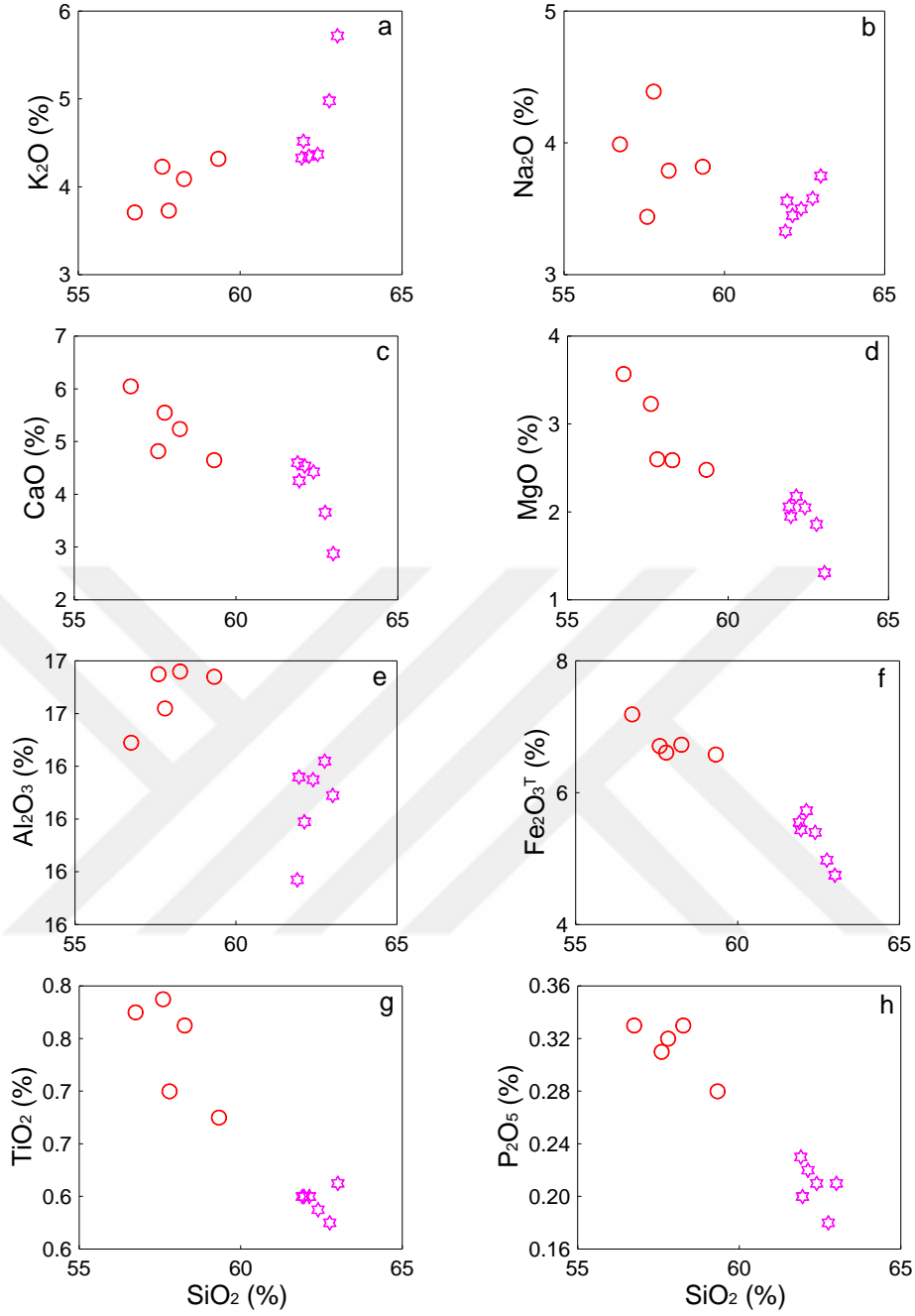
Şekil 3.26. Çakırbağ Granitoidi'ne ait kayaç örneklerinin, (a) Co-Th diyagramı (Hastie vd., 2007) ve (b) Ta/Yb vs. Ce/Yb diyagramı (Pearce, 1984).

Alüminyum doygunluklarını dikkate alan molar A/CNK-A/NK diyagramında tüm örnekler metalümin karakterlidir (Şekil 3.30).



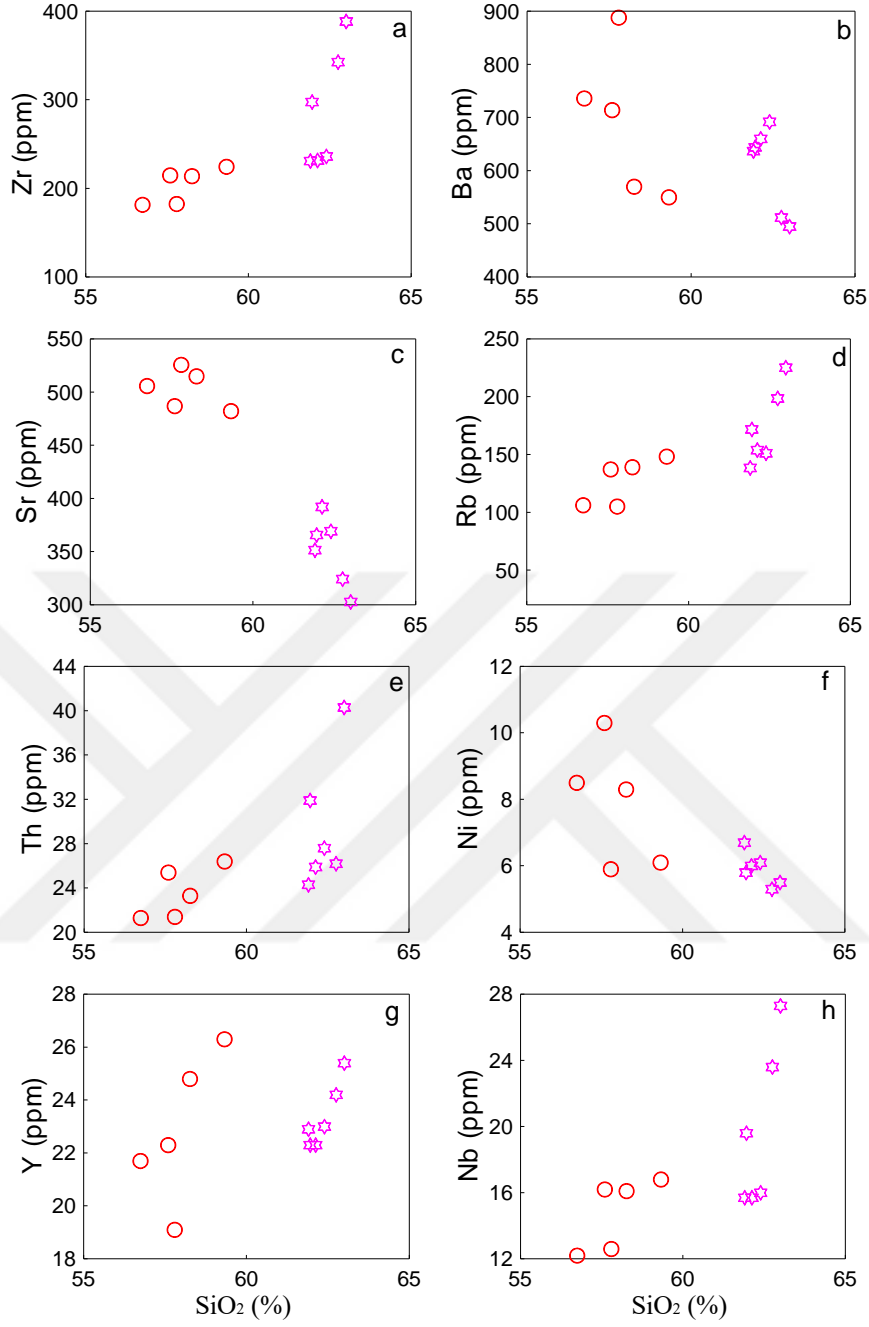
Şekil 3.27. Çakırbağ Granitoidi'ne ait kayaç örneklerinin molar A/CNK'ya karşı molar A/NK değişimine bağlı olan alümino bazlı sınıflama (Mainar ve Piccoli, 1989) diyagramları.

SiO<sub>2</sub>'ye karşı ana ve iz element değişim (Harker) diyagramları Şekil 3.28 ve 3.32'de verilmiştir. Genel olarak incelenen Çakırbağ Granitoidi'ni oluşturan kayaçların ana ve iz elementlerindeki değişimler kayaçların içerisinde gözlenen fenokristal fazlarının fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir. Harker diyagramlarında ana ve iz elementlerin büyük bir çoğunluğu SiO<sub>2</sub> ile çok iyi korelasyon göstermektedir.



Şekil 3.28. Çakırbağ Granitoidi'ne ait kayaç örneklerinin SiO<sub>2</sub>'ye karşı ana element değişim diyagramları

Ana element değişim diyagramlarında SiO<sub>2</sub>'ye karşı TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup>, MgO, CaO ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arasında iyi derecede negatif bir korelasyon görülürken, Na<sub>2</sub>O değerleri dağınık şekil sunarlar (Şekil 3.28). Aynı zamanda, SiO<sub>2</sub> değerleri arttıkça K<sub>2</sub>O ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri de artmaktadır (Şekil 3.28). İz element değişim diyagramlarında ise SiO<sub>2</sub>'ye karşı Zr, Rb, Th, Y ve Nb pozitif bir korelasyon gösterirken Sr, Ni ve Ba da ise negatif bir korelasyon mevcuttur (Şekil 3.29).

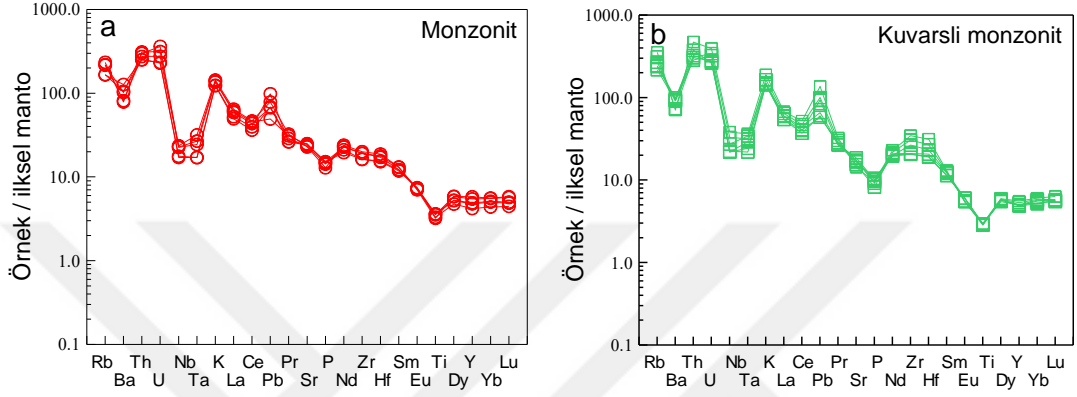


Şekil 3.29. Çakırbağ Granitoidi'ne ait kayaç örneklerinin SiO<sub>2</sub>'ye karşı iz element değişim diyagramları

### 3.2.6.2. Uyumsuz Elementler

Çakırbağ Granitoidi'nin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları (Şekil 3.30)'da verilmiştir.

Örneklerin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında (Şekil 3.30) genel olarak zenginleşme görülmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Rb, Ba, Th, U) oldukça fazladır. Nb, Ta, Ti, P'da oldukça belirgin olan negatif bir anomali gözlenmektedir. Özellikle Th, Rb gibi elementlerdeki zenginleşme kabuksal zenginleşmeyi yansıtmaktadır.



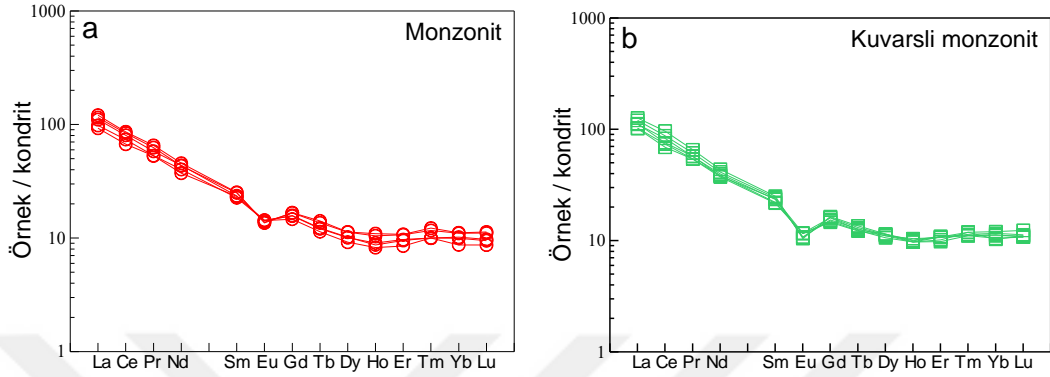
Şekil 3.30. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçların ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989), normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.

### 3.2.6.3. Nadir Toprak Elementler

Çakırbağ Granitoyidi'nden alınan örneklerin kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları Şekil 3.31'de verilmiştir. Örneklerin  $(La/Lu)_N$  değerleri 9.29-11.33 arasındadır. Örneklerde negatif Eu anomalisi gözlenmekte olup,  $(Eu/Eu^*)_N$  değerleri 0.5-0.76 arasında değişmektedir.

Kayaçların kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarında tüm örnekler birbirlerine çok iyi paralellik gösterirler (Şekil 3.31). Bu, granitoyidi oluşturan kayaçların aynı kökenden türemiş olabileceklerini göstermektedir. Kayaçlardaki hafif nadir toprak element zenginleşmesi (HNTE), orta ve ağır nadir toprak element (ANTE) zenginleşmesine göre daha fazladır. Negatif Eu anomalisi feldspat fraksiyonlaşmasını ya da kısmı ergime sırasında feldspatın kaynak kayaçta tutulmasına işaret eder. İncelenen örneklerdeki negatif Eu anomalisi, kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayırılmasının önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Dağılımların orta kısmının çukur olması ve hafif nadir toprak elementlere gidildikçe yukarıya doğru konkav bir yapı sunması, incelenen

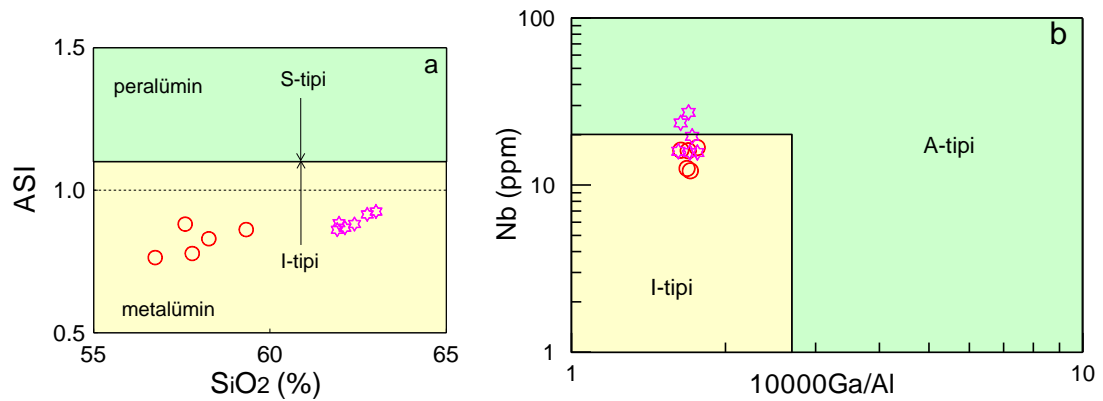
kayaçların gelişiminde hornblend  $\pm$  piroksen fraksiyonlaşmasının etkili bir rol oynadığını göstermektedir. Ağır nadir toprak element (ANTE) değerlerinin yataya yakın olması, manto kaynağında granat mineralinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 3.31. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçlarının kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları

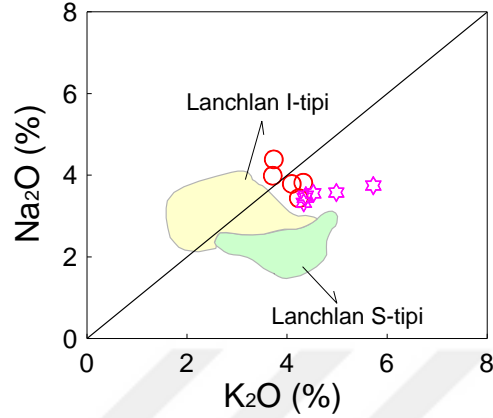
#### 3.2.6.4. Tektonik Konum

SiO<sub>2</sub>'ye karşı molar A/CNK diyagramında (Chappel ve White, 1974) örneklerin tümü I tipi granitoidler alanında yer alırlar (Şekil 3.32). Benzer durum Nb-10000Ga/Al diyagramında da görülür (Şekil 3.32b).



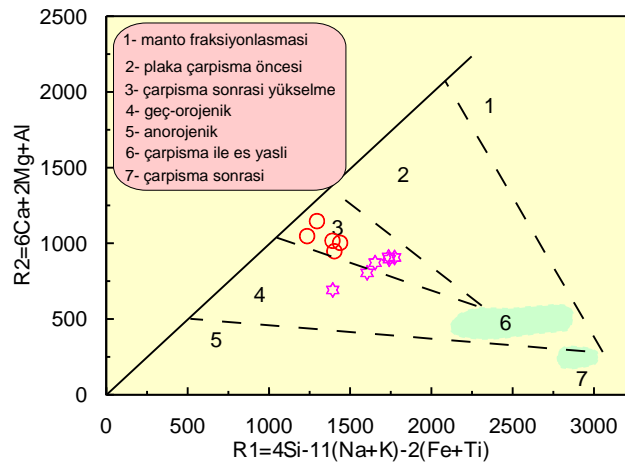
Şekil 3.32. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin, a) SiO<sub>2</sub>'ye karşı ASI değişimleri (Chappel ve White, 1974), b) Nb-10000Ga/Al diyagramı

Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örnekler Lachlan Kuşağı'nın I- ve S-tipi granitler (Chappel ve White, 1974) ile karşılaştırılmış olup, örneklerin tümü yüksek Na<sub>2</sub>O içerikleri ile Lachlan Kıvrım Kuşağı'ndaki I-tipi granitler alanına düşerler (Şekil 3.33).



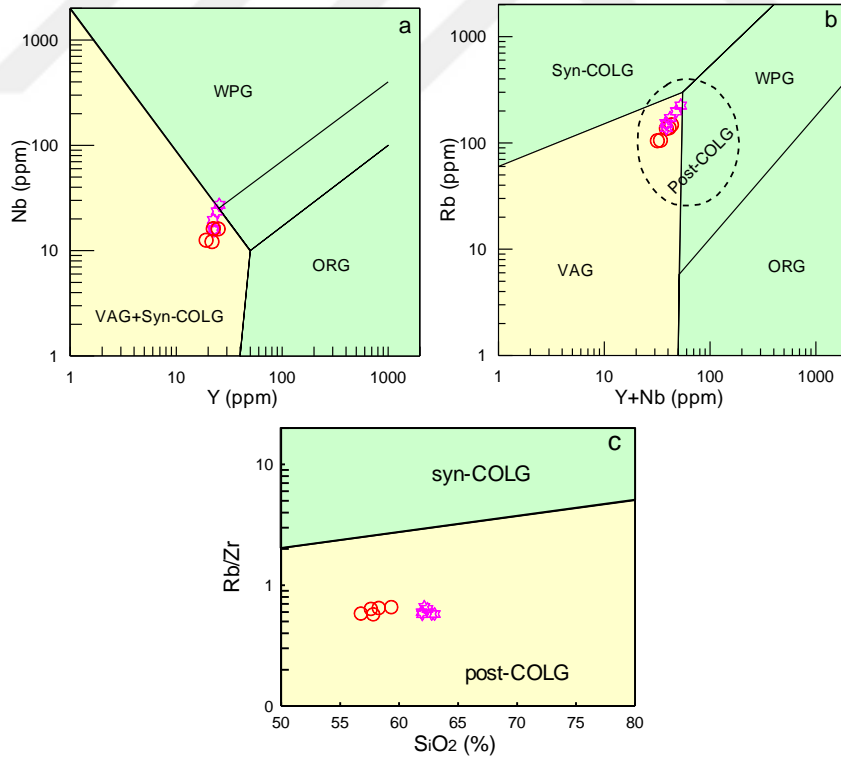
Şekil 3.33. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O (%) diyagramı. Lachlan Kıvrım Kuşağı'nın I-tipi (kırmızı) ve S-tipi (mavi) granitoyidleri karşılaştırma için gösterilmiştir (Chappel ve White, 1974).

Batchelor ve Bowden (1985)'in multikatyonik diyagramında, Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin büyük ölçüde çarpışma sonrası granitleri temsil eden 3 nolu alana düştüğü görülür (Şekil 3.38).



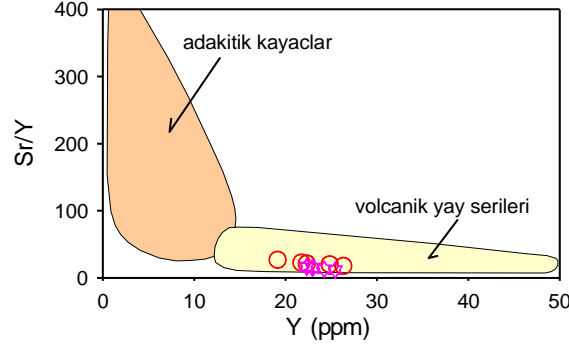
Şekil 3.34. Çakırbağ Granitoyidi'nin R1-R2 diyagramına göre sınıflandırılması (Batchelor ve Bowden, 1985) R1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti); R2= 6Ca+2Mg+Al

İz element konsantrasyonlarını ele alan Nb-Y diyagramında (Pearce vd., 1984) Çakırbağ Granitoidi'ne ait örnekler volkanik yay granitoidleri (VAG) ve eş yaşlı çarpışma granitoidleri (Syn+COLG) alanında yer alır (Şekil 3.39a). Rb-(Y+Nb) diyagramında (Pearce vd., 1984) ise volkanik yay granitoidleri (VAG), levha içi granitoidleri (WPG) ve eş yaşlı çarpışma granitoidleri (Syn+COLG) alanlarının üçlü kesişme noktasına yakın bir yerde konumlanmışlardır (Şekil 3.35). Üçlü kesişme noktasına düşen örnekler çarpışma sonrası granitoidleri (Post-COLG) karakterize etmektedir (Pearce vd., 1984; Pitcher, 1983). SiO<sub>2</sub>'ye karşı Rb/Zr diyagramında çarpışma sonrası granitoidleri (Post-COLG) alanında yer alırlar (Şekil 3.35). Çarpışma sonrası granitoidler, sıkışmalı rejim altında ve kalınlaşan kabuktan türedikleri için, kabuktaki eski yay bileşenlerinin jeokimyasal karakterlerini içerirler. Bu sebeple çarpışma sonrası granitlerin jeokimyasal özelliklerinin magmanın içeriğine katılan kabuksal ve manto malzemesinin oranına göre yay, levha içi veya çarpışma ile eş zamanlı granitoidlerine çok benzer özellikler sunduğu bilinmektedir.



Şekil 3.35. Çakırbağ Granitoidi'ne ait örneklerin (a) Nb-Y, b) Rb-(Y+Nb) ve c), SiO<sub>2</sub>-Rb/Zr diyagramlarındaki (Pearce vd. 1984, Brown vd. 1984) konumları. WPG: levha içi granitler, Syn-COLG: çarpışmayla eş zamanlı granitler, VAG: volkanik yay granitoidleri, ORG: okyanus ortası sırtı granitleri

Sr/Y-Y diyagramında (Defant ve Drummond, 1990) tüm örnekler volkanik yay serisi alanında toplanırlar (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin Sr/Y'a karşı Y diyagram (Defant, Drummond, 1990).

### 3.2.4. Zirkon ve Apatit Jeotermometresi

Apatit ve zirkon doygunluk sıcaklığı (Watson ve Harrison, 1983; Hanchar ve Watson, 2003; Miller vd., 2003), kayaç örneklerinin tüm kayaç jeokimyasal analizlerinden hesaplanır. Sıcaklık değerleri, sokulum yapan magmanın maksimum ya da minimum sıcaklığına ve ergiyiğin bu bileşenlerce doymuş yada doymamış olmasına bağlı olarak değişim gösterirler.

İncelenen kayaçlardaki zirkonlara ait jeokimyasal analizlerden yapılan hesaplamalarda sıcaklıklar 726-838 °C arasında, apatitlerden yapılan hesaplamalarda ise sıcaklıklar 886-909 °C arasındadır (Tablo 3.10).

Tablo 3. 10. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait sıcaklık değerleri

Örnek	Kayaç tipi	T °C (ZİRKON)	T (AP) HW (APATİT)
M59	monzonit	726	886
M15	monzonit	766	889
M58	monzonit	733	896
M61	monzonit	757	906
8	monzonit	769	899
M57	kuvarslı	779	907
M25	kuvarslı	804	891
M56	kuvarslı	779	904
M55	kuvarslı	784	902
9	kuvarslı	824	888
M62	kuvarslı	838	909

## 4. TARTIŞMA

Bu bölümde Çakırbağ Granitoidinin petrolojik özellikleri ve kökenleri irdelenmiştir.

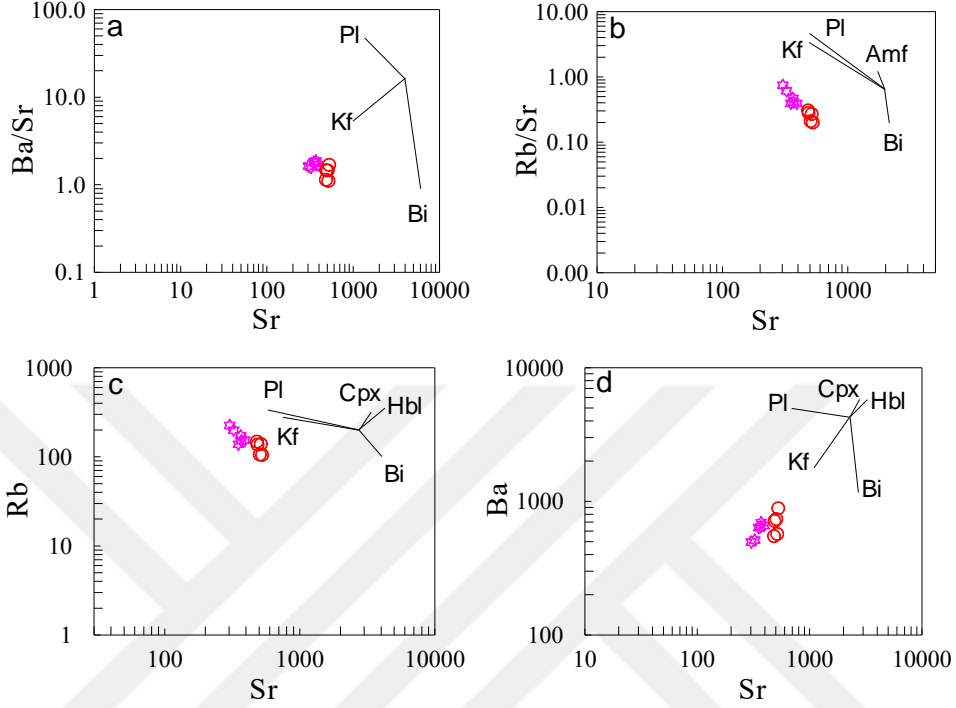
### 4.1. Çakırbağ Granitoidi'nin Petrolojisi

#### 4.1.1. Fraksiyonel Kristallenme ve Asimilasyon

Fraksiyonel kristalleşme “magmanın belirli ve tek bir sıcaklık derecesinde kristalleşmediği/katılaşmadığı, kristalleşmenin bir sıcaklık aralığı içinde meydana geldiği ve oluşan minerallerin kimyasal bileşimlerinin sıcaklığın azalmasıyla ve oluşan kristallerin geride kalan eriyiklerle reaksiyonu sonucu sürekli olarak değiştiği” şeklinde ifade edilmektedir. Kristalleşen minerallerin magmadan sürekli olarak ayrılması ile magmanın bileşimi de sürekli olarak değişecek ve sonuçta magmanın başlangıçtaki bileşiminden çok farklı bileşimde kayaç grupları oluşabilecektir. Örneğin, ilk başta bazaltik bileşimdeki bir magmadan gabro, diyorit, siyenit ve granit gibi kayaçlar oluşabilecektir.

Daha önceki bölümlerde vurgulandığı üzere, Çakırbağ Granitoidi'ne ait örneklerde  $\text{SiO}_2$  artarken  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve Rb'un artması, CaO, MgO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  ve  $\text{P}_2\text{O}_5$  içeriklerinin azalması fraksiyonel kristalleşmeyi en iyi şekilde açıklamaktadır. Ana kayaçlarda gözlenen yüksek CaO ve Sr içerikleri ve hafif negatif Ba, Sr ve Eu anomalileri, plajiyoklas fraksiyonlaşmasına işaret eder. Ba/Sr'a karşı Sr, Rb/Sr'a karşı Sr, Rb'a karşı Sr ve Ba'a karşı Sr diagramlarında gözlenen yönelimler (Şekil 4.1), granitoidi oluşturan kayaçların oluşumunda plajiyoklas fraksiyonlaşmasının önemli rol oynayabileceğine işaret eder.  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı MgO, CaO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^T$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oranlarında ve La içeriklerinde gözlenen düşüş ve ASI,  $\text{K}_2\text{O}$  oranlarında ve Ba içeriklerinde artış, amfibol ve kalsik plajiyoklas fraksiyonlaşmasını gösterir.  $\text{SiO}_2$  artışına karşı negatif CaO, MgO ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3^T$  korelasyonları, klinopiroksen fraksiyonlaşmasını gösterir.  $\text{SiO}_2$  artışına paralel olarak  $\text{K}_2\text{O}$  ve Rb artışı, K-feldispat ve biyotitin erken fraksiyonlaşma ürünleri olmadığını gösterir.  $\text{SiO}_2$  artışına karşı  $\text{TiO}_2$  ve  $\text{P}_2\text{O}_5$  içeriklerinde gözlenen azalma, titanit ve apatit fraksiyonlaşmasını ifade eder. Zr ve Y tüketilmesi, zirkon, allanit ve titanit gibi aksesuar fazların fraksiyonlaşması ile ilişkilidir. Örneklerin orta ve ağır NTE'lerinde belirgin

fraksiyonlaşmanın olmaması ve Sr/Y oranlarının düşük olması (12-28), granatın magma kökeninde olmadığını ifade eder.

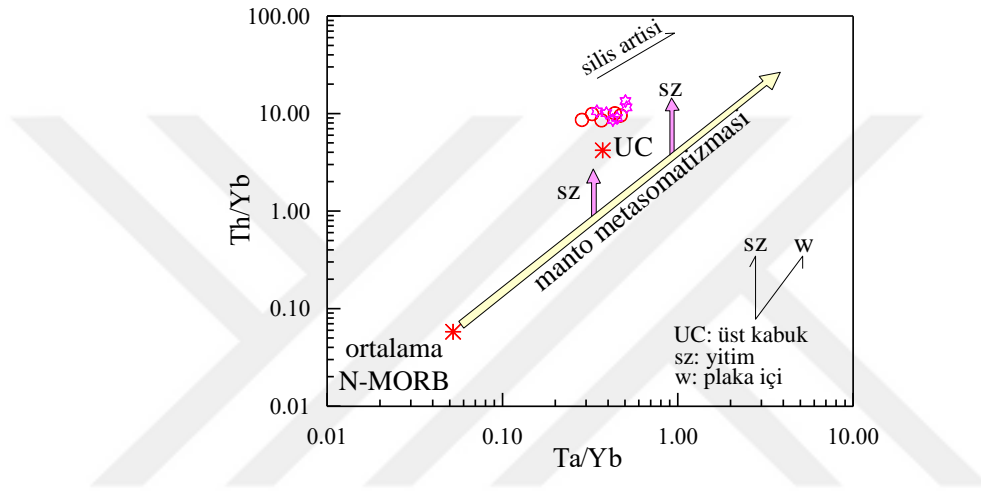


Şekil 4.1. Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayaların (a) Ba/Sr-Sr, (b) Rb/Sr-Sr, (c) Rb-Sr ve (d) Ba-Sr değişim diyagramları

İncelenen granitoyidi oluşturan kayalar belirgin negatif Nb-Ta ve pozitif Pb anomalileri göstermekte olup, bu durum yitim ve/veya kabuksal kirlenmeye işaret eder. LILE elementlere nazaran Nb ve diğer HFSE elementlerde gözlenen negatif anomaliler, kabuksal kirlenme ile ilişkili olmalarına rağmen, yitimle ilişkili magmaların karakteristik özelliğini de gösterirler ve yiten dilimdeki LILE elementlerin mantoya ilavesi ile manto kaynağında zenginleşmeye neden olurlar (McCulloch ve Gamble, 1991; Borg ve diğ., 1997). Kabuksal bileşenler Th (3.5 ppm) ve Pb (8 ppm)'ce zengin olup (Taylor ve McLennan, 1985), Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayalarda gözlenen yüksek Th (21-40 ppm) ve Pb (9-25 ppm) değerleri, kayalarda kabuksal kirlenmenin etkisini gösterir.

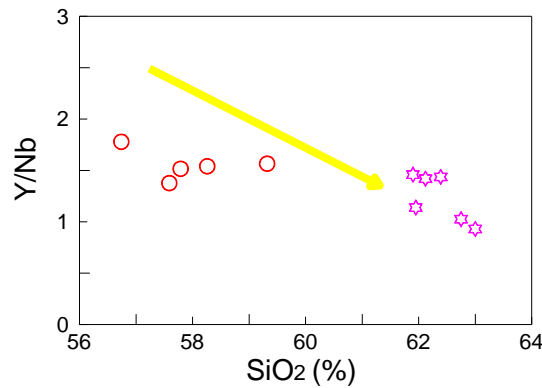
Çakırbağ Granitoyidine ait örneklerin Th/Yb'e karşı Ta/Yb diyagramındaki dağılımlarına bakıldığında (Şekil 4.2), tüm örneklerin manto çizgisinden saptığı görülür. Pearce (1983) tarafından önerilen bu diyagram, esas olarak okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB) veya okyanus ada bazaltı (OIB) gibi olağan mantodan türemiş ve genel olarak

diyagramda manto eğilimi olarak belirlenmiş diyagonal hat üzerinde bulunan kayaçları, yitim etkisiyle zenginleşmiş mantodan türemiş veya yükselimi sırasında kabuk tarafından kirlenmiş magmalardan oluşan kayaçlardan ayırır. Bu ayırım, gerek yitim metasomatizmasının gerekse kabuksal kirlenmenin Th konsantrasyonunu ve dolayısı ile Ta/Yb oranını Th/Yb oranına göre arttırması temeline dayanmaktadır. Gözlenen bu sapma, kaynak bölgesinde yitimle ilgili bir metasomatizma ile açıklanabileceği gibi, manto türevli ergiyiklere önemli ölçüde kabuksal ergiyik katılımına da işaret edebilir.



Şekil 4.2. Çakırbağ örneklerinin Ta/Yb karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1984).

SiO<sub>2</sub>'ye karşı Y/Nb diyagramında (Şekil 4.3) gözlenen negatif yönelim, kabuksal asimilasyonu ifade edebilir. Ayrıca, incelenen örneklerde gözlenen az belirgin negatif Nb anomalisi (Şekil 4.2) yitim bileşeni ve/veya kabuksal kirlenmeden kaynaklanabilir.



Şekil 4.3. Çakırbağ örneklerinin SiO<sub>2</sub>'ye karşı Y/Nb diyagramı

#### 4.1.2. Magmanın Kaynağı

Yüksek K'lu ve şoşonitik I-tipi granitoidlerin kökenlerine ilişkin başlıca üç ana petrolojik model öne sürülmüştür: (1) Mantodan fraksiyonel kristallenme yoluyla (Grove ve Donnelly-Nolan, 1986; Bacon and Druitt, 1988). (2) Mafik-ortaç meta-magmatik kabuksal kayaçların kısmı ergimesi yoluyla (Roberts and Clemens, 1993; Şen ve Dunn, 1994); (3) Kabuktan türemiş felsik ve mantodan türemiş mafik magmaların karışımı yoluyla (Barbarin, 1999; Chen ve diğerleri, 2003; Yang ve diğ, 2007).

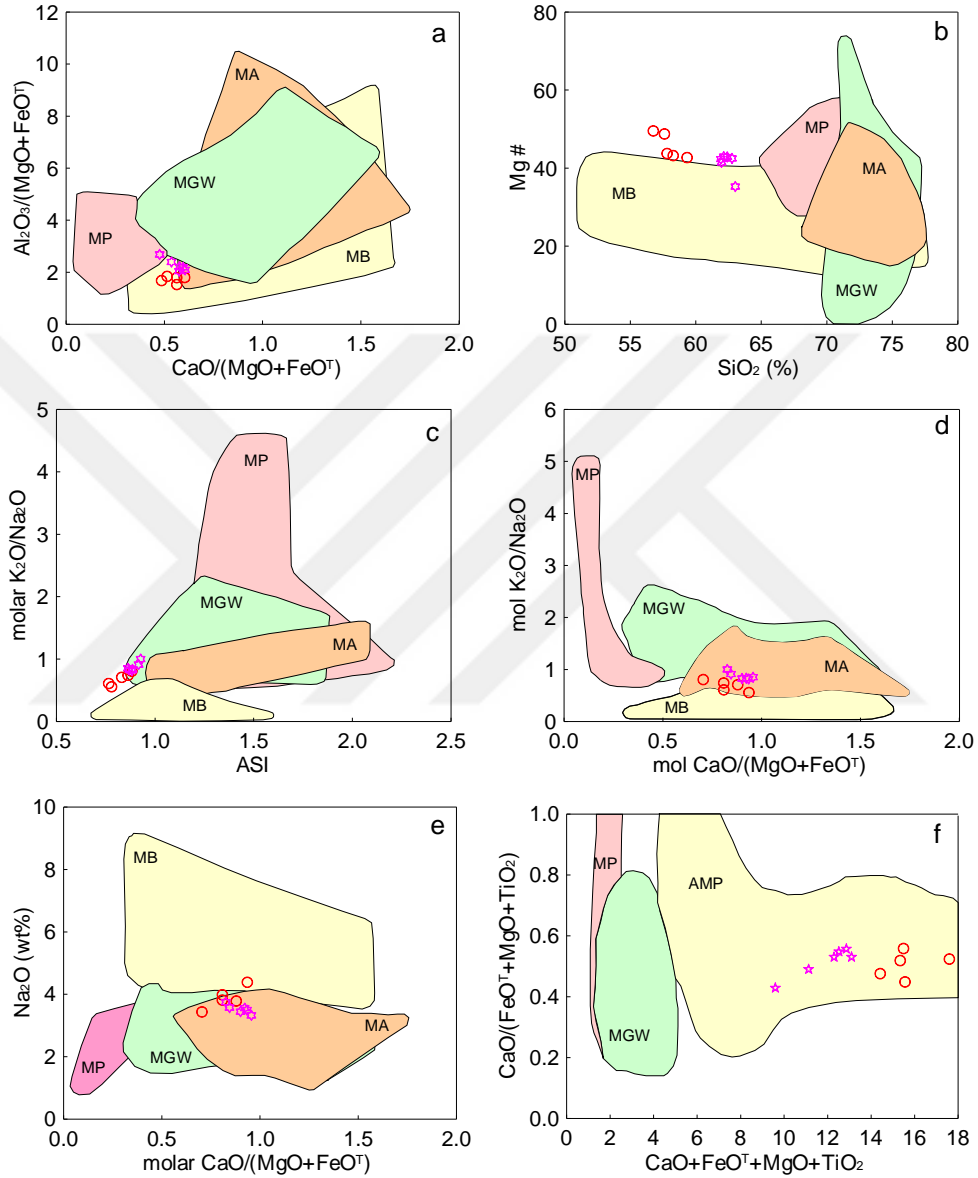
Çalışılan Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçlar yüksek-K'lu, I-tipi özelliğe sahip olup, düşük Ni içeriği (5-10 ppm), nisbeten düşük Mg# (35 ila 50) ve geniş bir aralıkta değişim gösteren silis içeriği ( $\text{SiO}_2 = 50-71$ ) sunarlar. Tüm bu özellikler, granitoidlerin ana magmasının birincil manto ergimesi ile dengede olmadığını gösterir.

Kondirite ve ilksel mantoya göre normalleştirilmiş örümcek diyagramlarında, Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örnekler negatif Ni, Ti ve pozitif Rb, Th, K, Pb, Nb anomalileri göstermekte olup, LILE ve LREE elementlerce zenginleşmişlerdir. Bu özellikler genelde kabuksal kayaçlara özgüdür. Roberts ve Clemens (1993) yapmış olduğu deneysel çalışmalarda, I-tipi yüksek-K'lu granitoidlerin, kabukta kalk-alkalen mafik-ortaç bileşimli meta-magmatik kayaçlardan sulu ortamlarda kısmı ergime ile türeyebileceğini göstermiştir. Wyllie (1984)'e göre bazaltın sulu ergimesi ile tonalitik ve trondjemitik magmalar oluşturabilir ve bu magmalar fraksiyonel kristallenme (FC) ve/veya kabuksal kirlenme yoluyla granitik bileşimde (asidik) kayaçlar üretebilir. Deneysel çalışmalar göstermiştir ki, kısmı ergime derecesine bakılmaksızın, mafik alt kabuğun kısmı ergimesi ile metalümin bileşimde granitik ergime oluşabilir (Roberts ve Clemens, 1993; Wolf ve Wyllie, 1994; Rapp ve Watson, 1995).

Çakırbağ Granitoyidi'nin en felsik örneği olan M62 (kuvarslı monzonit) yüksek silis (% 63) ve düşük Mg# (35) ile karakteristik olup (Tablo 2), kabuksal kayaçlardan türeyen magmalara işaret eder. En ilksel örnek olan M59 (monzonit), düşük  $\text{SiO}_2$  (% 57) ve orta-yüksek Mg# (49)'a sahiptir. Eğer kaynak magma doğrudan alt kabuktaki mafik kayaçların kısmı ergimesi ile oluşsaydı, Çakırbağ Granitoyidi örnekleri daha düşük Mg#'na sahip olacak idi, ancak durum bu şekilde değildir.

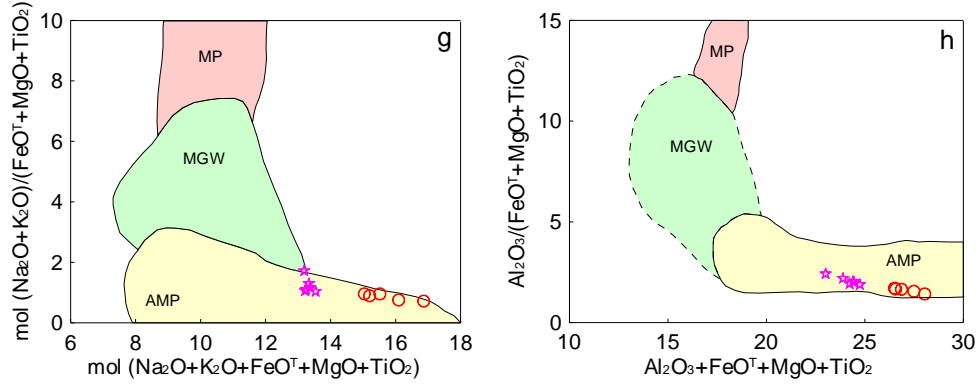
Yüksek-K'lu granitoid kayaçlar üzerine yapılan deneysel çalışmalar, bu kayaçların farklı kabuksal kayaçların kısmı ergimesinden türeyebileceğini göstermiştir (Roberts ve Clemens 1993). Farklı türde kıtasal kabuk kayaçlarının değişik ergime koşulları altında

kısmi ergimeler ile meydana gelmiş olan magmaların bileşimsel farklılıkları, ana oksit yada molar oranları (Şekil 4.6) esas alınarak açıklanabilmektedir (Patino Douce, 1999). Çakırbağ Granitoyidi örnekleri düşük  $(Al_2O_3)/(MgO+FeO^T)$ , Mg#.



Şekil 4.4. İncelenen Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçların bazı ana oksit ve molar oranlarına göre kökenel ayırım diyagramları. MB, metabazalt; MA, metaandezit; MGW, metagrovak; MP, metapelit; FP, felsikpelit; AMP, amfibolit. Veri kaynakları: Patiño Douce (1999).

Şekil 4.4'ün devamı



$K_2O/Na_2O$ , ASI,  $(Na_2O+K_2O)/(FeO^T+MgO+TiO_2)$ ,  $(Al_2O_3)/(FeO^T+MgO+TiO_2)$  ve yüksek  $(CaO+FeO^T+MgO+TiO_2)$ ,  $(Na_2O+K_2O+FeO^T+MgO+TiO_2)$ ,  $(Al_2O_3+FeO^T+MgO+TiO_2)$  değerlerine sahip olup, meta-bazaltlardan (amfibolitlerden) türeyen ergime alanında yer alırlar (Şekil 4.6).

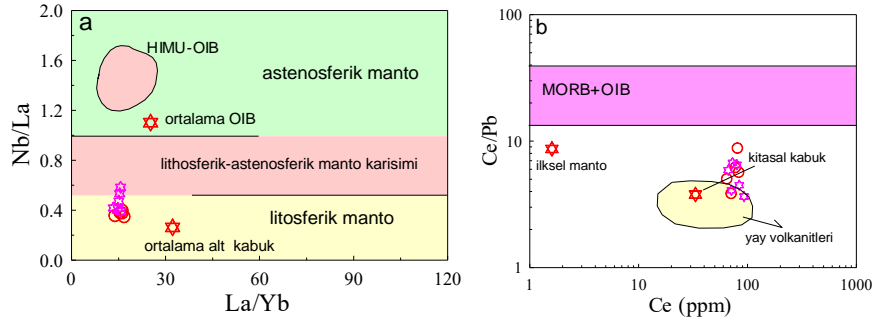
Ortalama Nb/Ta oranları mantodan türeyen magma için 17.5 ve kabuktan türeyen magmalar için de 11-12 arasındadır (Green, 1995). Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin Nb/Ta oranları 13-18 arasındadır. Bu değerler manto ve kabuktan türeyen magmalara işaret eder. Eby (1992)'ye göre, Y/Nb oranları ile kabuk ( $Y/Nb > 1.2$ ) ve manto ( $Y/Nb < 1.2$ ) kökenli granitoidler birbirlerinden ayırd edebilirler. Çakırbağ Granitoyidi örnekleri geniş bir Y/Nb oranına (0.9-1.8) sahip olup, hem kabuk hem de manto kökeni işaret eder.

Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerin Ce/Pb oranlarınının 4-9 ppm arasında olması ve okyanusal bazaltlardan ( $\sim 25$ , Hofmann, 1997) belirgin farklılıklar sunması, örnekleri oluşturan magmaların normal astenosferik manto ergimesi ile türemediğini gösterir. Yüksek Nb/La oranları OIB benzeri astenosferik manto kaynağına ( $Nb/La > 1$ ), düşük Nb/La oranları ( $Nb/La < 0.5$ ) litosferik manto kaynağına, 0.5-1 arasındaki Nb/La değerler ise litosferik-astenosferik manto karışımına işaret eder. Litosferik manto LREE'lere nazaran HFSE elementlerce (örneğin Nb ve Ta) daha fazla tüketilmişlerdir (Smith vd. 1999). İncelenen kayalara ait örnekler düşük Nb/La değerlerine (0.4-0.6) sahip olup, litosferik manto kaynağına işaret eder.

Zr/Sm oranları kondiritler için  $\sim 25$ , N-MORB, E-MORB ve OIB için  $\sim 28$ , alt kabuk için  $\sim 24$ , orta kabuk için  $\sim 32$  ve üst kabuk için de  $\sim 41$ 'dir. İncelenen plütonik kayaların Zr/Sm oranları 34-67 arasında olup, kabuksal kökenli magmaları ifade eder.

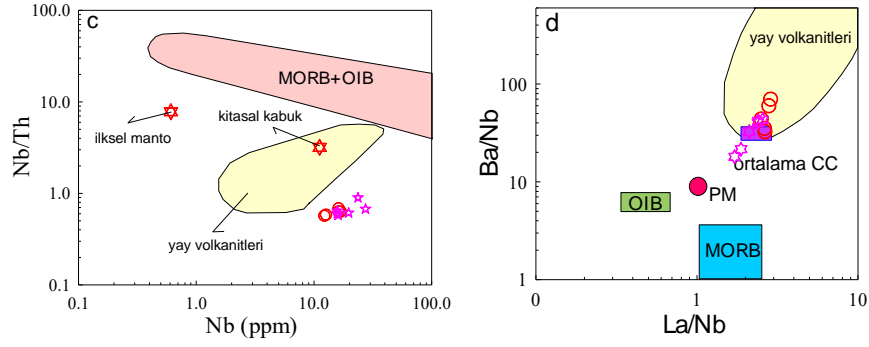
Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örnekler Nb/La'ya karşı La/Yb diyagramında (Şekil 4.7a) litosferik manto alanında yer almakta olup, ortalama kıtasal kabuk değerlerine yakın alanlarda toplanmışlardır. Benzer şekilde Ce/Pb'ye karşı Ce ve Nb/Th'a karşı Nb diyagramlarında (Şekil 4.7b ve c), kıtasal kabuk alanına yakın bölgelerde yer alırlar. La/Nb'ye karşı Ti diyagramında (Şekil 4.7d) ise magma karışım alanında yer alırlar.

Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayalar negative Ta ve Ti anomalileri ile pozitif Rb, Th, K, Nb ve Pb anomalilerine sahip olup, LILE ve LREE elementlerce zenginleşmişlerdir. Negatif Nb-Ta anomalileri ile LILE ve LREE elementlerde gözlenen zenginleşmeler, yitim ile ilişkili magmaların karakteristik özelliğidir. Bu durum, aynı zamanda zenginleşmiş bir manto kaynağının da işaret edebilir. Keza, yiten dilimin ya da sedimanlardan metasomatik reaksiyonlar sonucu açığa çıkan ve LILE elementlerce zengin sıvıların mantoya akışı ile manto kaynağı nisbeten zenginleşmiş olur (Pearce, 1983; McCulloch ve Gamble, 1991; Hawkesworth ve diğ., 1997; Elburg ve diğ., 2002; Cameron vd. 2003). Bununla birlikte, mevcut bölgesel jeolojik veriler, bir kısım yazarların aksine (Eyuboğlu vd., 2011,2013), Orta Eosen'de Doğu Pontidlerde Neotetis okyanus diliminin yitimine dair herhangi bir kanıt sunmamaktadır. Bu nedenle, incelenen granitoyidin orta Eosende (46 My) aktif bir yitim ortamında oluşması pek olası görünmemektedir.

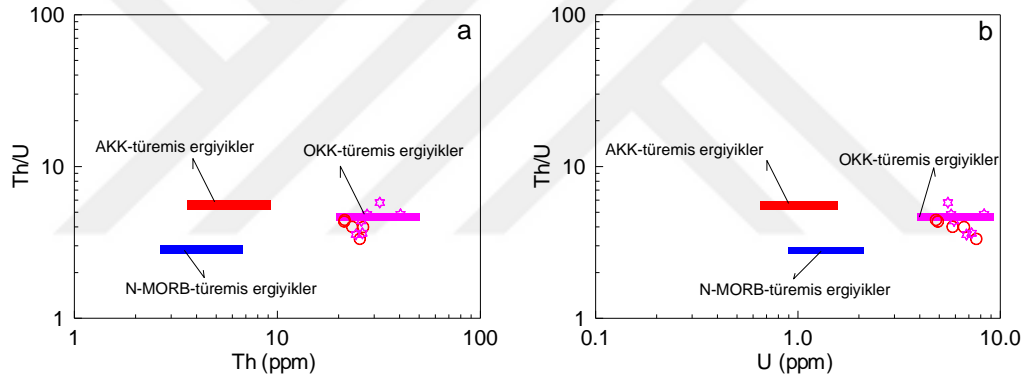


Şekil 4.5. İncelenen örneklerin, (a) Nb/La'ya karşı La/Yb, (b) Ce/Pb'ye karşı Ce, (c) Nb/Th'a karşı Nb ve (d) La/Nb'a karşı Ba/Nb diyagramları. Primitive manto değerleri Hofmann (1988), kıtasal kabuk, okyanus sırtı bazaltları (MORB), okyanus adası bazaltları (OIB) ve yay volkaniklerine ait değerler Schmidberger ve Hegner (1999), MORB ve OIB değerleri Harms vd. (1997).

Şekil 4.5'in devamı

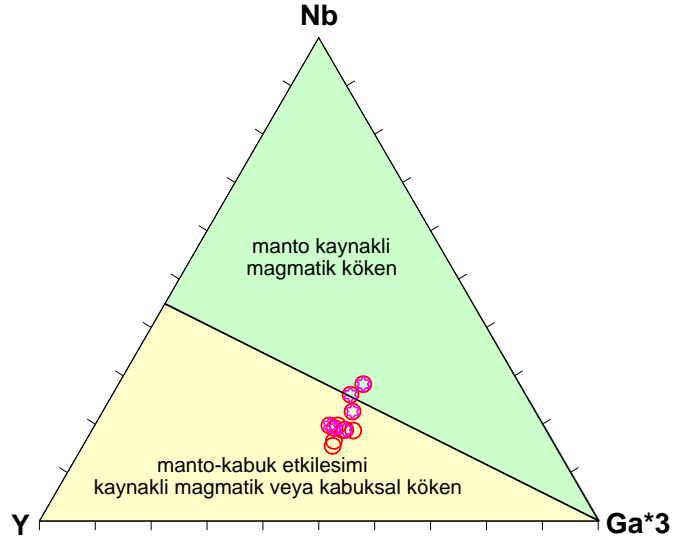


Çakırbağ Granitoyidi'ne ait örneklerinin Th/U değerleri 3.3-5.8 arasında olup, Th/U'a karşı Th diyagramında (Şekil 4.6a) ve Th/U'a karşı U diyagramında (Şekil 4.8b) örnekler orta kıtasal kabuktan türeyen magma alanında yer alırlar.



Şekil 4.6. İncelenen örneklerin, a) Th/U'a karşı U ve b) Th/U'a karşı U diyagramlarındaki konumları. AKK, alt kıtasal kabuk; OKK, orta kıtasal kabuk. Alt, orta kıtasal kabuk değerleri Rudnick ve Gao (2003), ilksel manto değerleri Hofmann (1988).

Nb-Y-Ga\*3 üçgen diyagramında (Eby, 1992; Şekil 4.9) örneklerin gösterdikleri trendler, magmanın manto-kabuk etkileşimi sonucu oluştuğunu gösterir.



Şekil 4.7. İncelenen örneklerin Nb-Y-Ga\*3 diyagramındaki (Eby, 1992) konumları

Tüm bu özellikler, Çakırbağ Granitoyidi'ni oluşturan kayaçların ana magmasının litosferik mantodan türediğine ve kabuk kayaçlarının katkısının nisbeten az oranda rol oynadığına işaret eder.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışma ile Çakırbağ Granitoyidi'nin mineral kimyası, mineralojik-petrografik ve tüm kayaç jeokimyasal özellikleri ortaya konularak, kayaçların oluşum mekanizmaları ve kökenleri belirlenmeye çalışılmış ve aşağıdaki şekilde sonuçlar özetlenmiştir:

1. İnceleme alanında andezit, bazalt ve piroklastikleri (Eosen), Çakırbağ Granitoyidi (Eosen) ve alüvyon (Kuvaterner) olmak üzere üç birim ayırt edilmiştir.
2. Çakırbağ Granitoyidi yaklaşık elips şekilli olup, Eosen yaşlı volkanik kayaçları kesmiştir.
3. Çakırbağ Granitoyidi monzonit ve kuvarslı monzonit bileşimli kayaçlardan oluşmakta olup, plajiyoklas, kuvars, ortoklas, piroksen, biyotit ve amfibol gibi ana minerallerden; apatit ve zirkon gibi tali minerallerden oluşurlar.
4. Çakırbağ Granitoyidini oluşturan kayaçlardaki plajiyoklasların An içerikleri 62-11 arasında değişmektedir.
5. K-feldispatlar  $Or_{78-65}$  bileşimindedir.
6. Biyotitlerin magnezyum numaraları  $[Mg/(Mg+Fe^{2+})]$  0.6-0.7 arasındadır.
7. Piroksenler diyopsit ve klinopiroksen bileşimli olup, Mg numaraları 0.73-0.76 arasındadır.
8. Çakırbağ Granitoyidi, genel olarak I-tipi, kalk-alkalen, yüksek-K ve şoşonitik özelliğe sahiptir.
9. Ana ve iz element değişimleri, granitoyidin gelişiminde plajiyoklas, amfibol ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.
10. Tektonik yerleşim diyagramlarına göre, çarpışma sonrası granitoyid özelliği göstermektedir.
11. İncelenen kayaçlara ait apatit-zirkon jeotermometresi göre, plütonda hesaplanan kristallenme sıcaklıkları 726-909 °C arasında değişmektedir.
12. Çakırbağ Granitoyidi'ne ait kayaçların jeokimyasal ve petrolojik özellikleri dikkate alındığında, kayaçların ana magmasının litosferik mantodan türediği ve kabuk kayaçlarının katkısının nisbeten az oranda rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi. 59 s, İstanbul.
- Akdeniz, N., 1988. Demirözü (Bayburt) Permo-Karboniferi ve bölgesel yapı içindeki yeri; Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 31, 71–80.
- Akın, H., 1978. Geologie, magmatismus und lager-staettenbidung im ostpontischen gebirge-Turkei aus der sicht der plattentektonik. Geologische Rundschau, 68, 253–283.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 96 s, Trabzon.
- Alp, D., 1972. Amasya yöresinin jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 22, İstanbul, 135.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P ve Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of paleocene plagioclitites From the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos 105, 149-161.
- Altınkaynak, L., 2000. Ağvanis Masifi doğu kesimi ve çevre kayaçlarının jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Arslan M., Temizel İ., Abdioğlu E., Kolaylı H., Yücel C., Boztuğ D ve Şen C., 2013. <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for magma evolution in extension-induced origin, Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 113–142.
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, İ., 2001. Geochemical and petrological characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene Evolution of Eastern Pontide arc volcanism, Northeast Turkey, International Geology Review, 43, 595-610.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, Turkey. Journal Asian Earth Science, 27, 177–193.
- Arslan, M., Arslan, Z. ve Dokuz, A., 2005. Bayburt tüflerinin petrografik, petro kimyasal ve petrolojik özellikleri: Doğu Pontid Güney Zonu'nda Eosen kalkalkalen felsik volkanizması, S.Ü. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, C.20, S.1, 49–67.

- Arslan, M., Kolaylı, H. ve Temizel, İ., 2004. Petrographical, geochemical and petrological characteristics of the Güre (Giresun, NE Turkey) Granitoid. *Yer bilimleri (Earth Sci.)* 30, 1–21.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and petrogenesis of the Eastern Pontide volcanic rocks, Northeast Turkey, *Chemi der Erde*, 57, 157- 187.
- Aslan, Z., 2010. U-Pb Zircon SHRIMP Age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides, *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 187, 3, 329-346.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ. ve Kaygusuz, A., 2014. K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, *Mineralogy and Petrology*, 108, 254-267.
- Asrat A., Barbey P., Ludden J.N., Reisberg L., Gleizes G. ve Ayalew D., 2003. Petrology and Isotope Geochemistry of the Pan-African Negash Pluton, Northern Ethiopia: Mafic-Felsic Magma Interactions During the Construction of Shallow-Level Calc-Alkaline Plutons, *Journal of Petrology*, 45, 6, 1147-1179.
- Aydın, F. 2003. Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- 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.
- Aydınçakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early-Eocene non-adakitic volcanism in NE Turkey: Constraints on geodynamic implications. *Lithos*, 208, 361-377.
- Aydınçakır, E., Şen, C., 2013. Petrogenesis of the Post-collisional Volcanic Rocks from the Borçka (Artvin) Area: Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), *Lithos*, 172-173, 98-117.
- Ayrton, S. N., 1991. Appinites, Lamprophyres and Mafic Microgranular Enclaves: Three Related Products of Interaction Between Acid and Basic Magmas. In: Didier, J. and Barbarin, B. (Eds.), *Enclaves and Granite Petroloji*, *Developments in Petrology*, 13, Elsevier, 465-476
- Bacon C.R. Hirschmann, M.M., 1988. Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. *American Mineralogist*, 73, 57–61.
- Bacon, C.R., Druitt, T.H., 1988. Compositional Evolution of the Zoned Calc-Alkaline Magma Chamber of Mount Mazama, Crater Lake, Oregon, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 98, 224–256.

- Barbarin, B., 1991. Contrasted origins for the "Poligenic" and "Monegenic" enclave swarms in some granitoids of the Sierra Nevada Batholith, California, Terra Abstr., 3, 32.
- Barbarin, B., 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. Lithos, 46, 605–626.
- Barbarin, B., Didier, J., 1992. Genesis and evolution of mafic microgranular enclaves through various types of interaction between coexisting felsic and mafic magmas. Transition of the Royal Society Edinburgh Earth Science, 83, 145–153.
- Batchelor, R. A. ve Bowden, P., 1985. Petrogenetic Interpretation of Granitoid Rock Series Using Multicationic Parameters, Chemical Geology, 48, 43–55.
- Beckinsale, R.D., 1979, Granite magmatism in the belt of south-east Asia: Origin of granite batholiths, Atherton, M.P. and Tarney, J. (Ed.) içinde Shiva Publishing Ltd., England
- Bektaş, O., 1984., Doğu Pontidler’de Geç Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, Karadeniz Üniversitesi Dergisi, 3, 1-2, 53-62, Trabzon.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc-Back Arc of Eastern Pontides, Maden Tetkik Arama Bülteni, 103, 104, 1–15.
- Blundy, J. D. ve Sparks, R. S., 1992. Petrogenesis of Mafic Inclusions in Granitoids of the Adamello Massif, Italy. Journal of Petrology, 33, 1039-1104.
- Borg, L.E., Nyquist, L.E., Wiesmann, H., Shih, C.Y., 1997. Constraints on Martian differentiation processes from Rb–Sr and Sm–Nd isotopic analyses of the basaltic shergottite QUE94201. Geochimica et Cosmochimica Acta, 61, 4915–4931, (1997).
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boztuğ, D., 2001, Petrology and geodynamics of the alkaline and transalkaline igneous rocks outcropping in the northern and southern parts of the North Anatolian Fault Zone, Eastern Pontides, Turkey. Fourth International Turkish geology Symposium, (ITGS-IV), 24-28 September 2001, Abstracts, 208.
- Boztuğ, D., 2008. Petrogenesis of the Köseadağ Plüton, Suşehri- NE Sivas, East-Central Pontides, Turkey. Turkish Journal Earth Sciences, 17, 241–262.
- Boztuğ, D., Erçin, A. I., Kuruçelik, M., Göç, D., Kömür, I. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical Characteristics of the Composite Kaçkar Batholith Generated in A Neo-Tethyan Convergence System, Eastern Pontides, Turkey Journal Asian Earth Sciences, 27, 286–302.

- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G. A. ve Yeğingil, Z. 2004. Slow Senonian and Fast Palaeocene-Early Eocene Uplift of Granitoids in the Central Eastern Pontides Turkey: Apatite Fission-Track Results. Tectonophysics, 382 (3-4), 213–228.
- Boztuğ, D., Wagner, G. A., Erçin, A. İ., Göç, D., Yeğingil, 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. International Symposium of the Faculty of Mines (İstanbul Teknik Üniversitesi) on Earth Sciences and Engineering, İstanbul, Turkey, Abstracts, P. 121.
- Brown P. E. ve Becker S. M., 1986. Fractionation, Hybridisation and Magma-Mixing in the Kialineg Centre East Greenland, Contrib Mineral Petrology, 92, 57-70.
- Brown, G. C., Thorpe, R. S. ve Webb, P. C., 1984. The Geochemical Characteristics of Granitoids in Contrasting Arcs and CommentsonMagma Sources. Journal Geology Societ 141, 413-426.
- Burşuk, A., 1975. Bayburt Yöresinin Mikro Paleontolojik ve Stratigrafik İrdemesi, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tasnif No: 00185, İstanbul.
- Cameron, B.I, Walker, J.A., Carr, M.J., Patino, L.C., Matias, O. ve Feigenson, M.D., 2003. flux versus decompression melting at stratovolcanos in southeastern Guatemala, Journal of Volcanology Geothermal Research, 119, 21-50.
- Cantagrel, JM., Didier, J., Gourgaud, A., 1984. Magma mixing: origin of intermediate rocks and “enclaves” from volcanism to plutonism. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 35, 1–3, 1-221, (63-76).
- Chappell BW, White AJR, ve Wyborn D 1987. The importance of residual source material (restite) in granite petrogenesis. Journal Petrol, 28,1111–1138
- Chappell, B. W. ve White, A. J. R., 1974. Two Contrasting Granite Types, Pasific Geology, 8, 173–204.
- Chappell, B.W. ve White, A.J.R. 1992. I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. Transition of the Royal Society Edinburgh Earth Science 83, 1–26.
- Chen, B., Jahn, B.M., ve Wei, C., 2002. Petrogenesis of Mesozoic granitoids in the Dabie UHP complex, Central Chine : trace element and Nd-Sr isotope evidence. Lithos, 60, 67-88.
- Condie, K.C., 1989. Plate Tectonics and Crustal Evolution: Pergamon Press, Oxford, 3 th Edi., 476 s.
- Çakmak, G. ve Kaygusuz, A., 2014. Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4 (1), 46–63.

- Çakmak, G., 2013. Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, (Yayınlanmamış), 88s.
- Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize Granitik Pülütönlörünün Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar: İstanbul Teknik Üniversitesi Yayım, 1034, İstanbul, 112 s.
- Danacı, F., 2009. Bayburt Yöresi Eosen Nannoplakton Biyostratigrafisi (Doğu Pontidler), Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s. 226.
- Delaloye, M., Çoğulu, E. ve Chessex, R., 1972. Etude Geochronométrique des Massifs Cristallins de Rize et de Gümüşhane, Pontides Orientales (Turquie): C.R. des Seances, SPHN, Ceneve, NS, 7/2-3, 43-52.
- Didier, J., 1973. Granites and their enclaves: The Bearing of Enclaves on the Origin of Granites, Development in Petrology, 3, Elsevier, Amsterdam, 393pp.
- Didier, J., Barbarin, B., 1991. Enclaves and granite petrology: Developments in Petrology, vol 13, Elsevier, Amsterdam, 625 pp.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli Yöresinin Jeolojisi, Jeotektoniği, Magmatik-Metamorfik Kayaçların Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, aradeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dokuz, A., 2011. A Slab Detachment and Delamination Model for the Generation of carboniferous High-Potassium I-Type Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse Composite Pluton. Gondwana Research, 19, 926-944.
- Dokuz, A., Tanyolu, E. ve Genc, 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 Sciences, 95, 370-394.
- Dorais, MX, Whitney, J.A. ve Roden, MR, 1990, Origin of mafic enclaves in the Dinkey Creek, pluton, central Sierra Nevada Batholith, California, Journal Petrol, 31,853-88.
- Drummond, M. S. ve Defant, M. J., 1990. A Model for Trondhjemite-Tonalite-Dacite Genesis and Crustal Growth Via Slabmelting: Archean to Modern Comparisons. Journal Geophys. Res. 95, 21503-21521.
- Eberz, G.W. ve I.A. Nicholls, 1988. Microgranitoids enclave from the Swift Creek Pluton SE-Australia: Textural and physical constraints on the nature of magma mingling process in the plutonic environments. Geology Rund. 77, 713-736.

- Eby, G.N., 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. Geology 20, 641–644.
- Elburg, M.A., Bergen, M.V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarmain, I. ve Nasution, A. 2002. Geochemical trends across an arc–continent collision zone: magma sources and slab–wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes, Indonesia. Geochimica et Cosmochimica Acta 66, 2771–2789.
- Erentöz, C., Ketin İ. 1974. Explanatory Text of the Geological Map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars): Special Publication of Mineral Research and Exploration, 57.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Thorkelson, D., Zhu, D.C., Liu, Z., Chatterjee, N., Yi, K., Santosh, M., 2017, Eocene granitoids of northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc–slab window system, Gondwana Research, doi.org/10.1016/j.gr.2017.05.008.
- Eyüboğlu Y., Dudas F.O., Santosh M., Yi K., Kwon S., ve Akaryalı E., 2013. Petrogenesis And U-Pb Zircon Chronology of Adakitic Porphyries Within The Kop Ultramafic Massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, Ne Turkey), Gondwana Research, 24, 742-766.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Yayını'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafik-Ultramafiklerin Tanımı ve Jeotektonik Önemi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2011a, Transition from Shoshonitic to Adakitic Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Slab Window Melting, Gondwana Research, 19, 413-429.
- Eyüboğlu, Y., Dilek, Y., Bozkurt, E., Bektaş, O., Rojay, B. ve Şen, C., 2010. Structure and Geochemistry of an Alaskan-Type Ultramafic–Mafic Complex in the Eastern Pontides, NE Turkey. In: Santosh, M., Maruyama, S. (Eds.), A Tribute to Akiho Miyashiro: Gondwana Research, 18, 230–252.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E., 2011b. Migration Magmatism in a Continental Arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean Revisited, Journal of Geodynamics, 52, 2-15.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E., 2011. Migrating Magmatism in A Continental Arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean Revisited. Journal of Geodynamics, 52, 2–15.
- Fernandez, A. N. ve Barbarin, B., 1991. Relative Rheology of Coeval Mafic and Felsik Magmas: Nature of Resulting Interaction Processes. Shape and Mineral Fabric of Mafic Microgranular Enclaves. In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds.) Enclaves and Granite Petrology, Development in Petrology, 13 Elsevier, 263-275.

- Frost, B.R, Barnes, C.G, Collins, W.J, Arculus, R.J, Ellis, D.J, ve Frost, C.D 2001. A geochemical classification for granitic rocks. Journal Petrology, 42, 2033–2048.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S., ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemşin Arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki Bölgesel Yayılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15–38.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. The Main Lines of Geotectonic Development in the East Pontids in the Mesozoic era, Geocomme-I, 555–580.
- Green, T.H., 1995. Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crust–mantle system. Chemical Geology 120, 347–359.
- Grove, T.L., Donnelly-Nolan, J.M., 1986. The Evolution of Young Silicic Lavas at Medicine Lake Volcano, California: Implications for the Origin of Compositional Gaps in Calc-Alkaline Series Lavas, Contributions to Mineralogy and Petrology, 92, 281–302.
- Güngör, Y., Boztuğ, D. ve Yılmaz, O., 1997. Kaçkar Batoliti Altıparmak Dağı-Soğanlı Dağı Arası (GD Çamlıhemşin-Rize) Kesiminin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrojenetik İncelenmesi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, 30 Nisan - 3 Mayıs 1997, Adana, Bildiri Özetleri, s. 223-224.
- Gürsoy, H., Öztürk, A. ve İnan, S., 1993. Kelkit (Gümüşhane) ve Yakın Dolayının Tektono-Stratigrafik Gelişimi, A. Suat Erk Sempozyumu Bildirileri, Ankara, s. 53–64.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250000 Ölçekli Kompilasyonu. MTA, Ankara.
- Hamilton, W. J., 1842. Recherches in Asia Minör, Pontus and Armenia, Londra.
- Hanchar, J.M., Watson, E.B., 2003. Zircon Saturation Thermometry. In: Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O. (Eds.), Zircon. Rev in Mineralogy and Geochemistry, 53, Mineralogical Society of America, Geochemical Society of America, pp. 89–112.
- Harms, U., Cameron, K.L., Simon, K., ve Bratz, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of Metabasites from the KTB Ultradeep Borehole, Germany. Geologische Rundschau, 86, 155–166.
- Harris, N.B.W., A. Pearce, ve A.G. Tindle., 1986. Geochemical Characteristics of Collisionzone Magmatism, In Collision Tectonics, M. P., Coward and A.C., Ries (eds), 67–81. Geology Societ Sp. Publ, 19.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. ve Mitchell, S.F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks Using Immobile Trace Elements: Development of The Th-Co Discrimination Diagram, Journal of Petrology, 48, 12, 2341-2357.

- Hawkesworth, C.J., Turner, S.P., McDermott, F., Peate, D.W. ve Van Calsteren, P. 1997. U–Th isotopes in arc magmas: implications for element transfer from the subducted crust. Science, 276, 551–555.
- Hibbard, M. J., 1991. Textural Anatomy of Twelve Magma Mixed Granitoid Systems, In: Didier, J. and Barbarin, B. (Eds.), Enclaves and Granite Petrology, Development in Petrology, 13, Elsevier, 431-444.
- Hibbard, M. J., 1995. Petrography to Petrogenesis: Prentice Hall, New Jersey, 587 pp.
- Hildreth, W., Moorbath, S., 1988. Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of Central Chile. Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 455–489.
- Hofmann, A. W., 1988. Chemical Differentiation of the Earth: The Relationship between Mantle, Continental crust, and Oceanic Crust, Earth Planet. Sci. Letters, 90, 297–314.
- Holtz, F., Johannes, W., 1991. Genesis of peraluminous granites I. Experimental investigation of melt compositions at 3 and 5 kbars and various H<sub>2</sub>O activities. Journal of Petrology, 32, 935–958.
- Irvine TN, Baragar WRA., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. Can Journal Earth Sci., 8, 523–548
- Ishihara S., 1977: The Magnetite-Series and Ilmenite-Series Granitic Rocks, Minerology Geology, 27, 293-305.
- İlbeçli, N., 2008. Geochemical characteristics of the Şebinkarahisar granitoids in the eastern Pontides, northeast Turkey: petrogenesis and tectonic implications. International Geology Review, 50, 563-582.
- İlker, S., 1965. Bayburt (Gümüşhane) Bölgesinde Trabzon H 44-b4 Paftasının Detay Petrol Etüdü Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüt Dairesi Başkanlığı, Derleme No: 4453, Ankara.
- 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.
- Jica., 1986. The republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Consolidated Report: Japon International Cooperation Agency, Metal Mining Agency of Japon.
- Kadioğlu, Y.K., 1996. Anklavların Mineral Kimyası ve Petrografik Özelliklerinden Yararlanarak Kökeninin İncelenmesi, Karakaya (Eskişehir) Graniti, Süleyman Demirel Üniversitesi 9. Mühendislik Sempozyumu, Bildiriler, 161-170.

- Kadioğlu, Y.K.1994. Kaymaz (Eskişehir) Granitlerinde Magma Karışım Ürünü GÖsteren Bulgular.47. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, S: 143.
- Kalkancı, S., 1974, Etude Geologique et Petrochimique du sud de la Region de Suşehir: Geochronologie du Massif Syenitique de Köseadağ (NE de Sivas-Turquie). These de Doctorat de 3eme cycle, Universitede Grenoble, pp 135.
- Karşlı, O., 2002. Granitoyid Kayaçlarda Magma Etkileşimleri için Petrografik, Mineralojik ve Kimyasal Bulgular: Dölek ve Sarıççek Plütonları, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 228, Trabzon.
- Karşlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, M. B., 2004. The Morphology and Chemistry of K feldspar Megacrysts From İkizdere Pluton: Evidence for Acid and Basic Magma Interactions in Granitoid Rocks, NE Turkey. Chemie der Erde-Geochemistry, 64, 155–170.
- Karşlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb Isotopic Compositions of the Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Turkey: Implications for Magma Interaction in the Genesis of High-K Calc-Alkaline Granitoids in a Postcollision Extensional Setting. Lithos, 98, 67–96.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R., 2012. Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristic, the Sıdadağı pluton, NE Turkey: Magmatic Response to Continental Lithospheric Thinning, Journal of Asian Earth Sciences, 51, 45–62.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R., 2010. Generation of the Early Cenozoic Adakitic Volcanism by Partial Melting of Mafic Lower Crust, Eastern Turkey: Implication for Crustal Thickening to Delamination, Lithos, 114, 109-120.
- Karşlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-like Granitoid Porphyries in Eastern Pontides, NE Turkey: Potential Parental Melts and Geodynamic Implications, Lithos, 127, 354-372.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl intrusion in the eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. Geoscience Frontiers, 4, 423–438.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009. Mineralogy, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dağbaşı granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: evidence of magma mixing, mingling, and chemical equilibration. Chemie der Erde Geochemistry, 69, 247–277.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2011. Petrogenesis of a Late Cretaceous composite pluton from the eastern Pontides: the Dağbaşı pluton, NE Turkey. Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188/3, 211–233.

- Kaygusuz, A. ve Öztürk, M., 2015. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism. Journal of Asian Earth Sciences, 108, 97–116.
- Kaygusuz, A. ve Şahin, K., 2016. Petrographical, geochemical and petrological characteristics of Eocene volcanic rocks in the Mescitli area, Eastern Pontides (NE Turkey). Journal of Engineering Research and Applied Science, 5 (2), 473-486.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C., 2011. Calc-alkaline I-type plutons in the eastern Pontides, NE Turkey: U-Pb zircon ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions. Chemie der Erde, 71, 59–75.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C., 2011. Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of post-collisional calc-alkaline volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137–159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012. Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey. International Geology Rew., 54 (15), 1776–1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F., İlbeyli, N. ve Temizel, İ., 2014. LA-ICP MS zircon dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb-O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in arc-related I-type magmatism, Lithos, 192-195, 271–290.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve Temizel, İ., 2016. U-Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. Gondwana Research, 39, 327–346.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009. U-Pb SHRIMP zircon ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of the Late Cretaceous I-type Sariosman pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 549–581.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Insight into magma genesis at convergent plate margins. a case study from the eastern Pontides (NE Turkey). Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 187/3, 265–287.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satır, M., 2008. Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: the composite Torul pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. International Journal of Earth Sciences, 97, 739–764.

- Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, L., Küçümen, Ö. ve Erkal, T., 1990. Bayburt Dolayının Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüt Dairesi Başkanlığı, Derleme No: 8995, 129 s, Ankara.
- Keskin, İ., Özbek, T., Dönmez, M. ve Küçümen, Ö., 1991. Köse-Gökçedere (Gümüşhane), Demirözü (Bayburt) Dolayının Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüt Dairesi, Derleme No: 9450.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Ketin, İ., 1950. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi Hakkında, İstanbul Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü. İstanbul.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecm., Ser. B.16, 113–127, İstanbul.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, Maden Tetkik Arama Dergisi, Ankara, No: 66, 20–34.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye Jeolojisine Genel bir bakış, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, 1259, 536.
- Kırmacı, Z. 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın Sedimentolojik İncelemesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Köprübaşı, N., 1993. Tirebolu-Harşit (Giresun) Arası Jura-Kretase Yaşlı Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 139-150.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid Ada Yayılı Granitoidlerin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 1; 111–120.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid Adayayı Granitoidlerinin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, KD Türkiye, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 1, 111–120.
- Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M. J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorenson, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms Blackwell, Oxford.
- Maniar P.D. ve Piccoli P.M., 1989. Tectonic Discrimination of Granitoids, Geological Society of America bullent, 101, 635-643.
- Maury, R.C. ve Didier, J., 1991. Xenoliths and the role of assimilation. In: Enclavesand Granite Petrology. Developments in Petrology 13: Didier, J. and Barbarin, B. (eds.) Elsevier, Amsterdam, p. 529-542.

- McCulloch, M.T., ve Gamble, J.A., 1991. Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism. Earth and Planetary Science Letters, 102, 358–374.
- Mercan, M., 2009. Dağçatı-Gökler (Gümüşhane-Bayburt) Civarının Jeoloji Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 49, Adana.
- Middlemost, E.A.K., 1994. Naming Minerals in the Magma/Igneous Rock System. Earth Scientist Review, 37, 215–224.
- Miller, C.F., Meschter McDowell, S., ve Mapes, R.W., 2003. Hot and Cold Granites? Implications of Zircon Saturation Temperatures and Preservation of Inheritance, Geology, 31, 529–532.
- Moore, M.J., Me Kee, E.H., ve Akıncı, Ö., 1980. Chemistry and Chronology of Plutonic Rocks, in the Pontid Mountains, Northern Turkey: European Cooper Deposits, 209–216, Belgrade.
- Musaoğlu, A., 1987. Bayburt-Maden-Kop (Gümüşhane) Yöresi Jeoloji ve Maden Prospeksiyonu Raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Derleme no: 8642, Ankara.
- Norman, T., 1976. Bayburt Güneyindeki Alt Tersiyer Havzasında Paleo-Akıntı Yönleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 23–30.
- Okay, A. İ., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H., 1997. Pular Bölgesinin Stratigrafisi ve Tektoniği (Bayburt, Doğu Pontidler), Maden Tetkik Arama Dergisi Sayı 119, 1–22.
- Okay, A., Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the eastern Pontides. In: Robinson, A.G. (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir, 68, 291–311.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication, 17, 455-466
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümegeç, M. ve Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, Maden Tetkik Arama Raporu No: 6722.
- Özdamar, Ş., Roden, M.F., Billor, M.Z., 2017. Petrology of the shoshonitic Çambaşı pluton in NE Turkey and implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean: insights from geochemistry, geochronology and Sr–Nd isotopes. Lithos, doi:10.1016/j.lithos.2017.04.025.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi-Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Özer, E., 1984. Bayburt (Gümüşhane) Yöresinin Jeolojisi, Karadeniz Üniversitesi Dergisi, 3, 1-2, 77-89.
- Özsayar, T., Pelin, S., ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler`de Kretase, K.T.Ü. Yerbilimleri Dergisi, Cilt 1, S.2, 65-114, Trabzon.
- Öztürk, M., (2014). Kılıçkaya (Bayburt) Granitoidinin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 100s.
- Papike, J.J., Cameron, K.L. Baldwin, K., 1974. Amphiboles and Pyroxenes: Characterization of other than Quadrilateral Components and Estimates of Ferric Iron from Microprobe Data. Geological Society of America, 6, 1053-1054.
- Parsons, I., Mason, R.A., Becker, S.M., Finch, A.A., 1991. Biotite equilibria and fluid circulation in the Klokken Intrusion. Journal of Petrology, 32, 1299-1333.
- Patiño Douce, A.E., 1999. What do Experiments Tell Us about the Relative Contributions of Crust and Mantle to the Origin of Granitic Magmas?, Understanding Granites: Intergrating New and Classical Techniques, eds: Castro A., Fernandez C., Vigneresse J.L., Geological Society of London, Special Publication, 168, 55-75.
- Pearce, J. A. Harris, N. B. W., ve Tindle, A. G., 1984. Trace Elements Discrimination Diagram for the Tectonic Interpretation of Granitic Rock, Journal of Petrology, 25/4, 43-63.
- Pearce, J. A., 1983. Role of the Sub-Continental Litosphere in Magma Genesis at Active Continental Margin, In; Hawkesworth, C. J. Ve Norry, M. J. (Eds) Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Cheshire, 230-249
- Pelin, S. 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Trabzon, 87, 103s.
- Perugini D., Poli G., Christofides G. ve Eleftheriadis G., 2003. Magma Mixing in the Sithonia Plutonic Complex, Greece: Evidence From Mafic Microgranular Enclaves, Mineralogy and Petrology, 78, 173-200.
- Perugini D., ve Poli G., 2004. Analysis and numerical simulation of chaotic advection and chemical diffusion during magma mixing: petrological implications Lithos, 78, 1-2, 43-66.
- Pitcher, W.S., 1983. Granite: typology, geological environment and melting relationships. Migmatites, Melting and Metamorphism (ed.: M.P. Atherton and C.D. Gribble) Shiva Pub. Ltd., Cheshire: 277-285.
- Poli, G.E., ve Tommasini, S., 1991. Model for the origin and significance of microgranular enclaves in calc-alkaline granitoids. Journal Petrol. 32, 657-666.

- Rapela, C.W., ve Pankhurst, R.J., 1996. Monzonite suites: the innermost Cordilleran plutonism of Patagonia. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences, 87, 193–203.
- 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 Petrology, 36, 891–931.
- Roberts, M.P., ve Clemens, J.D., 1993. Origin of High-Potassium, Calcalkaline, I-Type Granitoids, Geology, 21, 825–828.
- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of the Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya), Phd Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Rudnick, R.L., ve Gao, S., 2003. The Composition of the Continental Crust, pp. 1-64. In the Crust (ed. R.L. Rudnick) Vol. 3, Treatise on Geochemistry (eds. H.D. Holland and K.K. Turekian), Elsevier-Pergamon, Oxford.
- Schmidberger, S.S., Hegner, E., 1999. Geochemistry and Isotope Systematics of Calc-alkaline Volcanic Rocks from the Saar-Nahe Basin (SW Germany)-Implications for Late-Variscan Orogenic Development. Contributions to Mineralogy and Petrology, 135, 373–385.
- Schultze-Westrum, H.H., 1961. Kuzeydoğu Anadolu da Doğu Pontus Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütalaalar, Maden Tetkik Arama Dergisi, sayı 57, 63–71.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Sipahi, F., 2011. Formation of Skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogy-Abhandlungen, 188, 2, 169-190.
- Sipahi, F., Sadıklar, M.B. ve Şen C., 2014. The Geochemical and Sr-Nd isotopic Characteristicsof Murgul (Artvin)Volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey), Chemie der Erde/Geochemistry, 74, Special Issue, 3, 331-342.
- Sipahi, F., ve Sadıklar M.B., 2014. Geochemistry of Dacitic Volcanics in the Eastern Pontide (NE Turkey), Geochemistry International, 52, 4, 296-315.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D. ve Wang, K., 1999. Geochemistry of Mafic Magmas in the Hurricane Volcanic Field, Utah: Implications for Small and Large Scale Chemical Variability of the Lithospheric Mantle, Journal of Geology, 107, 433-448.
- Smith, J.V., Brown, W.L., 1988. Feldspar Minerals. 2nd review and extended edition Book (ISBN 0387176926), Springer-Verlag, Berlin.

- Speer, J.A., Micas in Igneous Rocks, Micas, Reviews in Mineralogy, ed: Bailey S.W., 13, (1984), 299–35.
- Streckeisen, A., 1976. To Each Plutonic Rock its Proper Name, Earth Scientist Review, 12, 1–33.
- Sun, S.S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and Isotope Systematics of Oceanic Basalts; Implication for Mantle Compositions and Processes. In: Saunders, A. D., and Nory, M. J, (Eds.): Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society of London, Special Publication, 42, 313 – 345.
- Şahin, K. ve Kaygusuz, A. 2016. Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve çevresindeki Eosen yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6 (2), 89-116.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztuğ, D., 2004. Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçar Batholith granitoids in Eastern Pontide magmatic arc, Northern Turkey. Earth Planets Space, 56, 429-446.
- Şen C., Dunn T., 1994. Dehydration melting of a basaltic composition amphibolites at 1.5 and 2.0 GPa: implications for the origin of adakites. Contrib Mineral Petrol, 117, 394–409
- Şen, C., 2007. Jurassic Volcanism in the Eastern Pontides: Is It Rift Related or Subduction Related?, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van. A. 1998. Doğu Pontid (Kd Türkiye) Eosen (?) Alkalen Volkanik Provensinin Jeokimyasal ve Petrolojik Karakteristikleri, Tübitak Yayınları, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 231-239.
- Taner, M.R., 1977. Etüde Geologique et Petrographique de la Region de Güney Dere - İkiz Dere, Situé au Sud de Rize (Pontides Orientales, Turquie): Doktora Tezi, Cenevre Üniversitesi İsviçre, 130 s.
- Taslı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) Yöresinin jeolojisi, Karadeniz Üniversitesi Dergisi, 3, 69-76.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taylor, S. R. ve McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust; Its Composition and Evolution Geoscience Text, Blackwell Scientific Publication.
- Temizel, İ. ve Arslan, M., 2008. Petrology and Geochemistry of Tertiary Volcanic Rocks from the İkizce (Ordu) Area, NE Turkey: Implications for the Evolution of the Eastern Pontide Paleo-magmatic Arc, Journal of Asian Earth Sciences, 31, 4-6, 439-463.

- Temizel, İ. ve Arslan, M., 2009. Mineral Chemistry and Petrochemistry of Post-collisional Tertiary Mafic to Felsic Cogenetic Volcanics in the Ulubey (Ordu) area, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 29-53.
- Temizel, İ., 2014. Petrochemical Evidence of Magma Mingling and Mixing in the Tertiary Monzogabbroic Stocks Around the Bafra (Samsun) Area in Turkey: Implications of Coeval Mafic and Felsic Magma Interactions, Mineralogy and Petrology, 108, 353–370.
- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu, E., ve Yücel, C., 2014. Mineral Chemistry and Thermobarometry of Eocene Monzogabbroic Stocks from the Bafra (Samsun) Area in Turkey: Implications for Disequilibrium Crystallization and Emplacement Conditions, International Geology Review, 56, 10, 1226-1245.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J.J., 2012. Petrochemistry, Geochronology and Sr-Nd Isotopic Systematic of the Tertiary Collisional and Post-collisional Volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) Area, eastern Pontide, NE Turkey: Implications for Extension-Related Origin and Mantle Source Characteristics, Lithos, 128, 126-147.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu, E. ve Ruffet, G., 2016. Geochronology and geochemistry of Eocene-aged volcanic rocks around the Bafra (Samsun, N Turkey) area: constraints for the interaction of lithospheric mantle and crustal melts. Lithos, 258-259, 92–114.
- Tindle, A.G. ve Pearce, J.A. 1983. Assimilation and partial melting of continental crust: evidence from the mineralogy and geochemistry of autoliths and xenoliths. Lithos, 16, 185-202.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Arca, NE Turkey ph. D. Thesis University London.
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen Yaşlı Kalk-alkalen Andezitler ve Jeotektonizma, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 20, 1, 49-54.
- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004. Pervasive Rehydration of Granulites During Exhumation—an Example from the Pulur Complex, Eastern Pontides, Turkey, Mineralogy and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Alther, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M., 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., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H., 2004a. Aluminous Granulites from the Pulur complex, NE Turkey: A Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallization, Lithos, 72, 183-207.

- Topuz, G., Altherr, R., Satir, M. ve Schwarz, W.H., 2004b. Low-Grade Metamorphic Rocks from the Pular Complex, NE Turkey: Implications for pre-Liassic Evolution of the Eastern Pontides, International Journal of Earth Science (Geol Rundsch), 93, 72-91.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan Amphibolite-facies Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex, Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbeğ, A., Barth, M., Satir, M., Şen, C., 2010. Carboniferous High-Potassium I-Type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane Pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92–110.
- Topuz, G., Okay, A. I., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Zack, T., Satir, M. ve Şen, C., 2011. Post-Collisional Adakite-Like Magmatism in the Ağvanis Massif and Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). Lithos, 125, 131–150.
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve Çevresinin Jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri, 32-48.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A, 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic Development of the Eastern Pontides (Artvin Area), Turkey: Stages of Closure of Tethys Along the Southern Margin of Eurasia, Spacial Publications, Geological Society London, 340, 281-327.
- Vernon, R.H., 1983. Restite, Xenoliths and Microgranitoid Enclaves in Granites, Journal Proc. R. Soc. N.S.W., 116, 77-103.
- Vernon, R.H., 1984. Microgranitoid Enclaves in Granites-Globules of Hybrid Magma Quenchend in a Plutonic Enviroment, Nature, 309, 438-439.
- Vernon, R.H., 1990. Crystallization and hybridism in microgranitoid enclave magmas: microstructural evidence. Journal of Geophysical Research, 95, 17849–17859.
- Watson, E.B., ve Harrison, T.M., 1983. Zircon Saturation Revisited: Temperature and Composition effects in a Variety of Crustal Magma Types, Earth and Planetary Science Letters, 64, 295–304.
- Whalen, J.B., Currie, K.L. ve Chappell, B.W., 1987. A-Type Granites, Chemical Charesteristics, Discrimination and Petrogenesis, Contrubitions to Minerology and Petrology, 95, 407–419.
- Wolf, M., ve Wyllie, P., 1994. Dehydration melting of solid amphibolite at 10 kb. The effect of temperature and time. Contributions to Mineralogy and Petrology, 115, 369–383.

- Wyllie, P.J., 1984. Constraints imposed by experimental petrology on possible and impossible magma sources and products. Transition Royal of the Society London, A310, 439–456.
- Yang, J.H., Fu, Y., Wu, F.Y., Wilde, S.A., Xie, L.W., Yang, Y.H., ve Liu, X.M., 2007. Tracing magma mixing in granite genesis: in situ U–Pb dating and Hf-isotope analysis of zircons. Contributions to Mineralogy and Petrology, 153, 177–190.
- Yılmaz, A., Engin, T., Adamia S. ve Lazarashvili T. 1997. Geoscientific Studies of the Area Along Turkish-Georgian Border, Maden Tetkik Arama, Ankara.
- Yılmaz, C., 1993. Doğu Pontid Güney Zonu'nun Stratigrafik Deneştirmesi ve Paleo Coğrafik Evrimi, Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi, Sayı 7, 199–214.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etmenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 45, Sayı 1.
- 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, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmua Seri B, 39, 3-4 173–203.
- Yılmaz, Y., 1984. Türkiye'nin Jeolojik Tarihinde Magmatik Etkinlikler ve Tektonik Evrimle İlişkisi: Türkiye Jeoloji Kurumu Ketin Sempozyumu Kitabı, 63–81.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. ve Şengör, A.M.C., 1997. Geology and Tectonic Evolution of the Pontides. in A. G. Robinson, Ed., Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region: American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir, 68, 183–226.
- Yılmaz-Şahin, S., Güngör, Y. ve Boztuğ, D., 2004. Comparati ve Petrogenetic Investigation of Composite Kaçkar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc-Northern Turkey. Earth Planets Space, 56, 429–446.
- Yücel, C., 2013. Trabzon-Giresun Arasındaki Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar Jeokronolojisi, Petrokimyası, Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası ve Petrolojisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 285 sayfa.
- Yücel, C., 2017. Akçaabat (Trabzon) Güneyi ve Çevresindeki Kampaniyen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografisi, Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Petrojenezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (1), 79-101.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E. ve Giles, R., 2017. Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional

setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey). Gondwana Research, 45, 65-86.

Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., 2014. Volcanic Facies and Mineral Chemistry of Tertiary Volcanics in the Northern Part of the Eastern Pontides, Northeast Turkey: Implications for Pre-eruptive Crystallization Conditions and Magma Chamber Processes, Mineralogy and Petrology, 108, 439–467.

Zankl, H. 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostrpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Abhandlungen, Neue Folge, Heft 109, 61–90, München.



## ÖZGEÇMİŞ

Metin ÇİFTÇİ, 1988 yılında Eskişehir ili Kızıltoprak ilçesinde doğdu. 1995-2005 yılları arasında ilk, orta ve lise öğrenimini Eskişehir’de tamamladı. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde Lisans öğrenimine başladı. 2013 yılında lisans öğrenimini tamamladıktan sonra, aynı yıl Gümüşhane Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü’nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Metin ÇİFTÇİ, evli olup İngilizce bilmektedir.

