

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KOVANLIK (BULANCAK-GİRESUN) YÖRESİ GABROYİK KAYAÇLARIN
PETROGRAfİSİ, PETROKİMYASI, PETROLOJİSİ VE İZOTOP SİSTEMATİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisi Tuğba BAKİ ERAYDIN

TEMMUZ 2017

TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KOVANLIK (BULANCAK-GİRESUN) YÖRESİ GABROYİK KAYAÇLARIN
PETROGRAFİSİ, PETROKİMYASI, PETROLOJİSİ VE İZOTOP SİSTEMATİĞİ**

Tuğba BAKİ ERAYDIN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"JEOLojİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 / 06 / 2017

Tezin Savunma Tarihi : 05 / 07 / 2017

Tez Danışmanı : Doç. Dr. İrfan TEMİZEL

Trabzon 2017

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
Tuğba BAKİ ERAYDIN Tarafından Hazırlanan**

**KOVANLIK (BULANCAK-GİRESUN) YÖRESİ GABROYİK KAYAÇLARIN
PETROGRAFİSİ, PETROKİMYASI, PETROLOJİSİ VE İZOTOP SİSTEMATİĞİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 20 / 06 / 2017 gün ve 1707 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

Üye : Doç. Dr. İrfan TEMİZEL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Cem YÜCEL



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Yüksek Lisans Tezi" olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında, Doğu Pontidler Orogenik Kuşağı'nda, Kovanlık (Bulancak-Giresun) yöresinde yüzeyleme veren Geç Kretase yaşlı gabroyik kayaçların mineralojik, petrografik, tüm-kayaç ve izotop jeokimyası ile petrolojik özellikleri irdelenerek bölgedeki Geç Kretase magmatizmasının jeodinamik gelişimi ortaya konulmuştur.

Bölgesel anlamda önemli olan bu çalışmayı bana öneren ve beni yönlendiren, çalışmanın başlangıcından sonuna kadar bilgi, deneyim ve tecrübeleri ile yol gösteren, maddi manevi desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. İrfan TEMİZEL'e minnet ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde önemli maddi destek sağlayan 113Y404 No'lu ÇAYDAG projesi için TÜBİTAK yönetimine teşekkür ederim. Yüksek Lisan Tezi'nin değerli jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Mehmet ARSLAN'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Cem YÜCEL'e katkılarından dolayı teşekkür ederim. Bilgi, tecrübe, görüş ve önerilerinden yararlandığım değerli hocam Sayın Doç.Dr.Emel ABDİOĞLU YAZAR'a teşekkür ederim.

İnceleme alanına ait eski jeolojik çalışma raporları ve jeolojik haritalarının gözden geçirilmesine imkan veren MTA Genel Müdürlüğü'ne, ince kesit yapımında emeği geçen Teknisyen Murat KAYIKÇI'ya teşekkür ederim. Mineral kimyası (EPMA) analizleri Universite de Bretagne Occidentale (Brest, Fransa) Geoscience Marines (IFREMER) Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiş olup, çalışmalarda emeği geçen Jessica LANGLADE'ye teşekkür ederim. Sr-Nd izotop analizlerinin, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Merkez Laboratuvarı (Ar-Ge Eğitim ve Ölçme Merkezi, Radyojenik İzotop Lab.)'nda gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Dr. Serhat KÖKSAL'a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmamın başından sonuna kadar her zaman varlığını ve desteğini hissettiğim sevgili eşime ve ayrıca öğrenim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen ailemin diğer fertlerine şükranlarımı borç bilirim.

Tuğba BAKİ ERAYDIN

Trabzon 2017

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*Kovanlık (Bulancak-Giresun) Yöresi Gabroyik Kayaçların Petrografisi, Petrokimyası, Petrolojisi ve İzotop Sistematiği*” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. İrfan TEMİZEL’in sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/ yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05/07/2017

Tuğba BAKİ ERAYDIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri.....	1
1.3. Bölgesel Jeoloji.....	2
1.4. Önceki Çalışmalar	8
1.5. Çalışma Konusunun Gerekçesi ve Amacı	12
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	13
2.1. Materyal ve Yöntemler	13
2.1.1. Arazi Çalışmaları	13
2.1.2. Laboratuar Çalışmaları ve Analitik Yöntemler	13
2.1.2.1. Mikroskopik Tayinler	13
2.1.2.2. Mineral Kimyası Analizleri	14
2.1.2.3. Ana, İz ve Nadir Toprak Element Analizleri.....	15
2.1.2.4. Sr-Nd İzotop Analizleri	15
2.1.2.3. Büro Çalışmaları.....	16
3. BULGULAR	18
3.1. Giriş	18
3.2. Bölgesel Jeoloji.....	18
3.3. Stratigrafi	21
3.3.1. Çatak Formasyonu	21
3.3.2. Kızılkaya Formasyonu.....	22
3.3.3. Çağlayan Formasyonu	23

3.3.4.	Kaçkar Granitoidi-I.....	24
3.3.5.	Kovanlık Plütonu.....	25
3.4.	Petrografi	28
3.4.1.	Kovanlık Plütonu'nun Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri.....	28
3.4.2.	Kovanlık Plütonu'nda Gözlenen Alterasyonlar.....	32
3.4.3.	Mineral Kimyası	34
3.4.3.1.	Feldispat.....	34
3.4.3.2.	Piroksen	35
3.4.3.3.	Hornblend	36
3.4.3.4.	Fe-Ti Oksit.....	37
3.4.4.	Termobarometre Hesaplamaları	38
3.4.4.1.	Feldispat Termometresi	38
3.4.4.2.	Piroksen Termobarometresi.....	39
3.4.4.3.	Hornblend Termobarometresi.....	42
3.4.5.	Jeokimya.....	45
3.4.5.1.	Kimyasal Adlandırma.....	45
3.4.5.2.	Ana Oksit ve İz Element Değişimleri.....	46
3.4.5.3.	Uyumsuz Elemet Değişimleri.....	50
3.4.5.4.	Nadir Toprak Elemet Değişimleri	50
3.4.5.5.	Magma-Tektonik Ortam Ayırımı	51
3.4.6.	Sr ve Nd İzotopları	53
4.	İRDELEME VE TARTIŞMA	55
4.1.	Üst Kretase Plütonlarının Jeokronolojisi	55
4.2.	Kovanlık Plütonu'nun Petrojenezi.....	58
4.2.1.	Fraksiyonel Kristallenme (FC)	58
4.2.2.	Ana Magmaların Kökeni	60
4.3.	Kovanlık Plütonu'nun Gelişimine Ait Jeodinamik Model	65
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	67
6.	KAYNAKLAR.....	69
7.	EKLER	88
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KOVANLIK (BULANCAK-GİRESUN) YÖRESİ GABROYİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, PETROKİMYASI, PETROLOJİSİ VE İZOTOP SİSTEMATİĞİ

TUĞBA BAKİ ERAYDIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. İrfan TEMİZEL
2017, 87 Sayfa, 15 Ek Sayfa

Doğu Pontidler’de, farklı yaşlara, boyutlara ve bileşimlere sahip Geç Kretase yaşlı felsik plütonlar yaygın olarak bulunurken, mafik olanları oldukça sınırlıdır. Geç Kretase yaşlı volkanik ve volkanoklastik kayaçları keserek yerleşen Kovanlık Plütonu, mafik olanlardan bir tanesidir.

Petrografik olarak, Kovanlık Plütonu genel olarak piroksen gabro, daha az oranda ise hornblend gabro bileşimindedirler ve faneritik, ofitik, nadiren porfiritik doku gösterirler. Piroksen gabrolar plajiyoklas (An_{54-92}), klinopiroksen ($Wo_{31-49}En_{41-60}Fs_{1-5}$), ortopiroksen ($Wo_{1-4}En_{66-74}Fs_{24-31}$) ve Fe-Ti oksit içerirken, hornblend gabrolar ise plajiyoklas (An_{57-87}), hornblend, biyotit ve Fe-Ti oksit içerirler.

Jeokimyasal olarak; incelenen gabroyik kayaçlar toleyitik-kalkalkalen geçiş karakterlidir. Ana ve iz element değişimleri, piroksen gabroların gelişiminde $k_{pir} \pm opir \pm plj \pm Fe-Ti$ oksit, hornblend gabroların gelişiminde ise $hbl \pm plj \pm Fe-Ti$ oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir. İz ve NTE dağılımları, bu kayaçların benzer kökenden türediklerini ifade etmektedir. Bu kayaçların ilksel mantoya normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı litofil element hafif zenginleşme, Th, Zr, Nb, La ve Ce içeriklerinde ise tüketilme söz konusudur. Bu durum, gabroyik kayaçların zenginleşmiş bir manto kaynağından türeyen ana bir magmadan itibaren geliştikleri ile açıklanabilir. Piroksen gabro örneklerinin $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları 0.70471 ile 0.70652 arasında, $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranı 0.512870 ile 0.512884 arasında ve ϵNd değerleri ise +4.53 ile +4.80 arasında değişirken, hornblend gabro örneğinin $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranı 0.70493, $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranı 0.512871 ve ϵNd değeri ise +4.55’dir.

Tüm bu veriler, Kovanlık Plütonu’nun ana magması(ları)nın, genleşmeli yay ortamında; yitim akışkanlarıyla zenginleşmiş litosferik mantodan türediğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mineral kimyası, Gabro, Jeokimya, Petrojenez, Sr-Nd izotopları, Doğu Pontidler, Kovanlık, Giresun, Türkiye

Master Thesis

SUMMARY

PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY, PETROLOGY AND ISOTOPE
SISTEMATICS OF GABBROIC ROCKS IN THE KOVANLIK (BULANCAK-
GİRESUN) AREA

Tuğba BAKİ ERAYDIN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İrfan TEMİZEL
2017, 87 Pages, 15 Appendix

Late Cretaceous aged felsic intrusions are common in varying ages, sizes and compositions but mafic ones are very limited in the Eastern Pontides. One of the mafic ones, namely the Kovanlık Pluton, cut Late Cretaceous-aged volcanic and volcanoclastic rocks.

Petrographically, the Kovanlık Pluton is predominantly pyroxene gabbro and lesser hornblende gabbro in composition with phaneritic, ophitic and rarely porphyritic textures. The pyroxene gabbros comprise of plagioclase (An_{54-92}), clinopyroxene ($Wo_{31-49}En_{41-60}Fs_{1-5}$), orthopyroxene ($Wo_{1-4}En_{66-74}Fs_{24-31}$) and Fe-Ti oxides, whereas the hornblende gabbros contain plagioclase (An_{57-87}), hornblende, and lesser biotite and Fe-Ti oxides.

Based on whole-rock geochemistry, the studied gabbroic rocks show tholeiitic-calc-alkaline transition characteristics. Differences in the major and trace element variations can be explained by the fractionation of $cpx \pm opx \pm plg \pm Fe-Ti$ oxide in pyroxene gabbros and that of $hbl \pm plg \pm Fe-Ti$ oxide in hornblende gabbros. Trace and REE distributions of these rocks indicate derivation of similar origin. Primitive mantle-normalized multi-element variations exhibit slight enrichment in large ion lithophile elements, as well as depletion of Th, Zr, Nb, La, and Ce, thus revealing that gabbroic samples evolved from a parental magma derived from an enriched mantle source. The pyroxene gabbros have $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios 0.70471-0.70652, $^{143}Nd/^{144}Nd$ ratios 0.512870-0.512884 and ϵNd values (+4.53)-(+4.80), whereas the hornblende gabbros have $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio 0.70493, $^{143}Nd/^{144}Nd$ ratio 0.512871 and ϵNd value (+4.55).

All these data suggest that the parental magma(s) of the Kovanlık Pluton have derived from lithospheric mantle enriched by subduction fluids in the extensional arc setting.

Key Words: Mineral chemistry, Gabbro, Geochemistry; Petrogenesis, Sr-Nd isotopes, Eastern Pontides, Kovanlık, Giresun, Turkey.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası	2
Şekil 2.	(a) Türkiye'nin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan değiştirilerek), (b) Orta-Doğu Pontidler'deki sokulum kayaçların dağılımı (Güven, 1993; MTA, 2002; Arslan vd., 2013; Yücel, 2013 ve Temizel vd., 2016'dan değiştirilerek) ve Eosen, Üst Kretase ve Paleozoyik yaşlı sokulumlardan elde edilen radyometrik yaşlar	4
Şekil 3.	İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (ölçeksizdir)	19
Şekil 4.	İnceleme alanının jeoloji haritası (Gülibrahimoğlu vd., 1987; Güven, 1993; MTA, 2002, 2013a'dan değiştirilerek)	20
Şekil 5.	Çatak Formasyonu'na ait bazaltların arazi görünümü	21
Şekil 6.	Kızılkaya formasyonu'na ait dasitlerin arazi görünümü	23
Şekil 7.	Çağlayan Formasyonu'na ait bazaltların arazi görünümü	24
Şekil 8.	Kovanlık Plütону'nun genel görünümü ve iyi gelişmiş kırık ve çatlak sistemleri	26
Şekil 9.	Kovanlık Plütону'na ait iri taneli doku gösteren piroksen gabrolarda piroksen ve plajiyoklas birlikteliği	26
Şekil 10.	Kovanlık Plütону'na ait iri taneli doku gösteren piroksen gabrolarda piroksen ve plajiyoklas birlikteliği	27
Şekil 11.	Kovanlık Plütону'nun yan kayaçla olan dokanaklarındaki kırık ve çatlaklarında kuvars ve kalsit kristalleri	27
Şekil 12.	Kovanlık Plütону'na ait iri taneli doku gösteren piroksen gabroların mikro fotoğrafları. a-b) albit ikizi gösteren plajiyoklas ve ortopiroksenlerde uralitleşme (Ç.N. ve T.N.); c-d) klinopiroksenlerde h'(100) ikizi ve klinopiroksenlerce pösilitik olarak içerilen plajiyoklas (Ç.N. ve T.N.); e-f) klinopiroksenler içerisinde uralitleşmiş küçük ortopiroksenler (Ç.N. ve T.N.) (Örnek No: KV-11; Ç.N., çapraz nikol; T.N., tek nikol; kpir, klinopiroksen; opir, ortopiroksen; plj, plajiyoklas)	29
Şekil 13.	Kovanlık Plütону'na ait ince taneli doku gösteren hornblend gabroların mikrofotoğrafları. a-b) Albit ve albit-karlsbad karmaşık ikizi gösteren plajiyoklaslar ve opak mineral kapanımları içeren hornblend (Örnek No: KV-3; Ç.N. ve T.N.); c-d) albit-karlsbad ikizi ve optik zonlanma gösteren plajiyoklas, basit ikiz gösteren hornblend ve özşekilsiz küçük biyotit (Örnek No: KV-3; Ç.N. ve T.N.); e-f) albit-karlsbad karmaşık ikizi gösteren plajiyoklas, özşekilsiz opak mineral ve kısmen kloritleşmiş hornblend kristalleri (Örnek No: KV-4; Ç.N. ve T.N.) (açıklamalar; Ç.N., çapraz nikol; T.N., tek nikol; hbl, hornblend; bi, biyotit; plj, plajiyoklas; op, opak mineral)	31

Şekil 14.	Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarının içerdiği plajiyoklas minerallerinde gözlenen serisitleşme (Örn: KV-1; a, Ç.N. ve b, T.N.; sr, serisit; kpir, klinopiroksen; pl, plajiyoklas).....	32
Şekil 15	Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarının içerdiği klinopiroksen ve ortopiroksen minerallerinde gözlenen serpantinleşme (Örn: KV-1; a, Ç.N. ve b, T.N.; srp, serpantin; opir, ortopiroksen; kpir, klinopiroksen).....	33
Şekil 16.	Kovanlık Plütonu gabroyik kayaçlarındaki piroksen minerallerinde gözlenen kloritleşme (Örn.: KV-1; a, Ç.N. ve b, T.N.; kl, klorit; op, opak mineral).....	33
Şekil 17.	Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabro ve hornblend gabrolardaki feldispatların An-Ab-Or üçgen diyagramı (Deer vd., 1992)	34
Şekil 18.	Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabrolardaki piroksenlerin Wo-En-fs üçgen diyagramı (Morimoto vd., 1988)	35
Şekil 19.	Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabrolardaki piroksenlerin Wo-En-fs üçgen diyagramı (Rock, 1990)	35
Şekil 20.	Kovanlık Plütonu'na ait hornblend gabrolardaki hornblendlerin; (a) $(Ca+Na)_B$ (apfu) karşı Na_B (apfu) (Leake vd., 1997), (b) $(Ca+Al^{IV})$ (apfu) karşı $(Si+Na+K)$ (apfu) (Giret vd., 1980) ve (c) Si (apfu) karşı $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ (Leake vd., 1997) sınıflama diyagramları	36
Şekil 21.	Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabro ve hornblend gabrolardaki Fe-Ti oksitlerin Ti^{+4} - Fe^{+3} - Fe^{+2} üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988)	37
Şekil 22.	Kovanlık Plütonu'nu oluşturan kayaçlara ait feldispatların Ab-An-Or üçgen diyagramı. İzoterm eğrileri, Fuhrman ve Lindsley (1988)'e göredir...	39
Şekil 23.	Kovanlık Plütonu'nu oluşturan kayaçlardaki klinopiroksen ve ortopiroksen bileşimlerinin gösterildiği Di-Hd-En-Fs piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100°C aralıklarla ve 1 atm basınç altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Andersen, 1983).....	40
Şekil 24.	Kovanlık Plütonu'nu oluşturan kayaçların (a) Na_2O+K_2O (%) karşı SiO_2 (%) (TAS, Middlemost, 1994), (b) $Zr/TiO_2 \cdot 0.0001$ karşı Nb/Y (Winchester ve Floyd, 1977'den revize edilmiş Pearce, 1996) sınıflama diyagramları (Alkali-subalkali ayırım çizgisi, Miyashiro (1978)'e göredir)	45
Şekil 25.	Kovanlık Plütonu'nu oluşturan kayaçların, (a) AFM diyagramı (toleyitik-kalkalkali eğrisi, Irvine ve Baragar, 1971'e göredir), (b) SiO_2 (%) karşı K_2O (%) diyagramı (Le Maitre vd., 2002)	46
Şekil 26.	Kovanlık Plütonu'nu oluşturan kayaçların SiO_2 (%)'ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları	48
Şekil 27.	Kovanlık Plütonu'nu oluşturan kayaçların SiO_2 (%)'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları	49
Şekil 28.	Kovanlık Plütonu'nu oluşturan kayaçların ilksel manto'ya göre normalize edilmiş iz element dağılımları (Normalize değerleri, Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır)	50

Şekil 29.	Kovanlık Plütönu'nu oluşturan kayaların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Normalize değerler, Taylor ve McLennan (1985)'dan alınmıştır)	51
Şekil 30.	Kovanlık Plütönu'nu oluşturan kayaların magma-tektonik ortam ayırım diyagramları; (a) Rb/10-Hf-Ta*3 (Harris vd., 1986), (b) Rb/30-Hf-Ta*3 (Harris vd., 1986) ve (c) Nb-Y-Ga*3 (Eby, 1992) üçgen diyagramları	52
Şekil 31.	Kovanlık Plütönu kayalarının $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ karşı $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ diyagramı ve Doğu Pontidler'deki diğer Kretase ve Paleozoyik yaşlı plütönlere ile karşılaştırılması. Mantodan türeyen magmaların alanı, Manto aralığı, Hart (1984, 1988) ve Hawkesworth vd. (1984)'ne, litosferik manto aralığı ise Davies ve Von Blanckenburg (1995)'a göre. Doğu Pontidler'deki bileşimsel alanlar; Torul Plütönu Kaygusuz vd. (2008, 2010)'den, Derinoba-Kayadibi Plütönlere Kaygusuz vd. (2012)'den ve Gümüşhane Plütönu Topuz vd. (2010)'den alınmıştır	54
Şekil 32.	Kovanlık Plütönu kayalarının fraksiyonel kristallenme (FC) ve/veya asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFC) ile mineral fraksiyonlaşma yönlerini gösterir; (a) MgO (%) karşı Sr (ppm), (b) SiO ₂ (%) karşı Ba/Sr, (c) SiO ₂ (%) karşı Dy/Yb, (d) Sr (ppm) karşı Ba (ppm), (e) Rb (ppm) karşı K ₂ O/Rb, (f) Sr (ppm) karşı Rb/Sr, (g) SiO ₂ (%) karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve (h) Sm/Nd karşı $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değişim diyagramları (plj: plajiyoklas, kpir: klinopiroksen, hbl: hornblend, bi: biyotit, K-feld: K-feldispat)	59
Şekil 33.	Kovanlık Plütönu kayalarının (a) La/Yb karşı Sr/La, (b) Ba/La karşı Th/Yb, (c) Ce/Pb karşı Th/La ve (d) Nb/La karşı εNd diyagramları. Yitim sedimanı izi önemli derecede artan La/Yb ve Th/Yb oranları ile ilişkili iken, buna karşın yitim akışkanın metasomatizması ise artan Sr/La ve Ba/La ile ilişkilidir	62
Şekil 34.	Kovanlık Plütönu gabroyik kayalarının (a) La/Yb karşı Nb/La ve (b) Ti (ppm) karşı La/Nb diyagramları. Veriler; (a) Astenosferik manto, litosferik manto ve litosferik-astenosferik manto karışımı arasındaki sınırlar Smith vd. (1999)'dan, HIMU-OAB alanı Weaver vd. (1987)'den, ort. OAB (ortalama Okyanus Adası Bazaltı) değeri Fitton vd. (1991)'den, ortalama alt kabuk değeri ise Chen ve Arculus (1995)'den alınmıştır. (b) Yitim ergiyikleri alanı Schiano vd. (1995) ve Yogodzinski vd. (1995)'den, OOSB (Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı) ve OAB alanları ise Sun ve McDonough (1989) alınmıştır	63
Şekil 35.	Kovanlık Plütönu gabroyik kayalarının (a) La/Nb karşı Ba/Nb ve (b) Nb (ppm) karşı Nb diyagramları. Veriler; (a) Yay volkanitleri alanı Jahn ve Zhang (1984)'den, İlksel manto değeri Sun ve McDonough (1989)'dan, ort. kıtasal kabuk değeri Taylor ve McLennan (1985) ve Condie (1993)'den, OOSB ve OAB alanları Le Roex (1987)'den alınmıştır. (b) İlksel manto değeri Hofmann (1988)'den, kıtasal kabuk değeri, OOSB ve OAB ve yay volkanitleri alanı Schmidberger ve Hegner (1999)'dan alınmıştır	64
Şekil 36.	Kovanlık Plütönu kayalarının molar K ₂ O/Na ₂ O karşı molar CaO/(MgO+Fe ₂ O ₃ *) (a) ve A/CNK (b) kökensel ayırım diyagramları. MB, metabazalt; MA, metaandezit; MGW, metagrovak; MP, metapelit.	

Alanlar; Vielzeuf ve Holloway (1988), Patiño Douce ve Johnston (1991), Rapp vd. (1991), Gardien vd. (1995), Rapp (1995), Rapp ve Watson (1995), Patiño Douce ve Beard (1996), Stevens vd. (1997), Skjerlie ve Johnston (1996), Patiño Douce (1997), Patiño Douce ve McCarthy (1998), Patiño Douce (1999)'ye göredir 64

Şekil 37. Pontidlerde yay ile ilişkili Üst Kretase mafik plütonların gelişimine ait şematik jeodinamik model..... 66



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Kovanlık Plütonu piroksen gabrolardaki klinopiroksen ve klinopiroksen-tüm-kayaç bileşimleri kullanılarak Putirka (2008)'e göre hesaplanan basınç (P, kbar) ve sıcaklıklar (T, °C)	41
Tablo 2.	Kovanlık Plütonu'na ait ortopiroksen-tüm kayaç bileşimleri kullanılarak Putirka (2008)'e göre hesaplanan sıcaklık (T, °C) ve basınçlar (P, kbar)	41
Tablo 3.	Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabroların iki piroksen (klinopiroksen-ortopiroksen) bileşimleri kullanılarak Putirka (2008)'e göre hesaplanan sıcaklıklar (T, °C) ve basınçlar (P, kbar)	42
Tablo 4.	Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarındaki hornblendler kullanılarak Hammarstrom ve Zen (1986), Hollister vd. (1987), Johnson ve Rutherford (1989) ve Schmidt (1992)'e göre hesaplanan basınçlar (P, kbar).....	42
Tablo 5.	Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarındaki hornblendlerin Hammarstrom ve Zen (1986), Hollister vd. (1987), Johnson ve Rutherford (1989) ve Schmidt (1992)'e göre hesaplanan her bir basınç (P, kbar) değerinin ortalaması kullanılarak Blundy ve Holland (1990)'a göre hesaplanan sıcaklıklar (T, °C).....	43
Tablo 6.	Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarındaki hornblendler kullanılarak (a) Holland ve Blundy (1994)'nin hbl-plj termometresine göre 5 kbar basınçta altında hesaplanan sıcaklık (T, °C) ile Ridolfi vd. (2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012)'nin hornblend termobarometresine göre hesaplanan sıcaklık (T, °C) ve basınçlar (P, kbar); (b) Wones (1989), Ridolfi vd. (2008, 2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012)'ye göre hesaplanan oksijen fugasitesi [$\log f(\text{O}_2)$], ΔNNO ve $\text{H}_2\text{O}_{\text{ergiyik}}(\%\text{ağ.})$ değerleri	44
Tablo 7.	Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabro ve hornblend gabroların Sr-Nd izotop bileşimleri ve hesaplanan ϵ_{Nd} ve model yaşları	53
Tablo 8.	Orta-Doğu Pontidler'deki Kretase yaşlı sokulumlardan elde edilmiş radyometrik yaşlar	57
Ek Tablo 1.	Kovanlık Plütonu kayaçlarının genel petrografik özellikleri ve modal bileşimleri	88
Ek Tablo 2.	Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarına ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları	89
Ek Tablo 3.	Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarına ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları	92
Ek Tablo 4.	Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarına ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları	95
Ek Tablo 5.	Kovanlık Plütonu diyoritlerine ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları	97

Ek Tablo 6. Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarına ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları	100
Ek Tablo 7. Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarına ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları	101
Ek Tablo 8. Kovanlık Plütonu'nu oluşturan piroksen gabro ve hornblend gabroların ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element analizleri	102



SEMBOLLER DİZİNİ

A.K.	: Ateşte Kayıp
An	: Anortit
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementler
BİLE	: Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler
Ç.N.	: Çapraz Nikol
E-OOSB	: Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
EPMA	: Elektron Mikroprob Analiz
Eu_N/Eu^*	: Eu anomalisi, $Eu_N/Eu^*=(Eu_N/(Sm_N \times Gd_N)^{0.5})$
$Fe_2O_3^*$	: Fe_2O_3 Cinsinden Toplam Demir
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementler
ICP-AES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometri
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometri
Mg#	: Magnezyum Numarası, $MgO=100 \times MgO/(MgO+Fe_2O_3^*)$
N-OOSB	: Tüketilmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
NTE	: Nadir Toprak Elementler
OOSB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
Ort.	: Ortalama
T.N.	: Tek Nikol
YÇAE	: Yüksek Çekim Alanlı Elementler

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bu çalışmanın amacı, Kovanlık (Bulancak-Giresun) yöresinde yüzeyleme veren ve öncel çalışmalara göre Geç Kretase yaşlı olduğu kabul edilen mafik sokulum kayaçlarının (piroksen/hornblend gabro) petrografik, tüm-kayaç (ana, iz ve nadir toprak elementler) ve izotop (Sr-Nd sistematiği) jeokimyası ile petrolojik özelliklerinin tespit edilmesidir. Ayrıca, bu kayaçların Doğu Pontidler’de yüzeyleme veren benzer yaşlardaki diğer sokulum kayaçları ile olan benzer ve farklı özelliklerini irdelemektir.

1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri

Çalışma alanı, Karadeniz Bölgesi Giresun İli Bulancak İlçesi Kovanlık beldesi çevresinde yer almaktadır (Şekil 1). İnceleme alanına ulaşım, ilk 180 km’si Giresun-Trabzon devlet karayolundan, geri kalan 35 km’si ise Bulancak’ı Kovanlık’a bağlayan asfalt yoldan sağlanmaktadır. Kovanlık ve çevresinde, asfalt yolların yanı sıra mahalleleri birbirine bağlayan stabilize yollar da mevcuttur. İnceleme alanı, Giresun G40a3, a4, d1 ve d2 paftaları içerisinde yer almakta olup, yaklaşık olarak 20 km²’lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Yörede dağınık bir yerleşim şekli olup birçok köy ve mahalle mevcuttur. Bunların başlıcaları, Düzkovanlık, Kızılkaya, Güzelyurt Köyü, Sofulu, Kertboğaz, Evliyatepe, Kelkayatepe ve Kümbettepe’dir.

Yöre arazisi çok engebeli ve dağlık bir yapı oluşturur. İç kesimlere doğru çıkıldıkça rakım yükselen bir grafik gösterir. Bu yükseklik Karagöl dağlarında 3107 metreyi bulur. İnceleme alanı Bulancak ilçesinin güneyinde olup eğimli bir topografyaya sahiptir. En yüksek rakım 830 m. ile Güzelyurt Köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. En önemli akarsular ise Pazarsuyu, Bulancak Deresi, Kovanlık deresi, İncüvez deresi, Erikliman deresi ve Karadere’dir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

Çalışma alanı ve çevresinde kışlar ılık, yazlar sıcak ve nemli olup bütün mevsimler yağışlıdır. Giresun İl merkezindeki meteoroloji istasyonunun ölçümlerine göre en soğuk ay, ortalama 6.6 °C ile Ocak, en sıcak ay ise ortalama 22.6 °C ile Ağustos'dur. En fazla yağış, ortalama 133.0 mm ile Ekim ayında, en az yağış ortalama 60.0 mm ile Temmuz ayında görülmektedir.

Yöre bitki örtüsü bakımından oldukça zengindir. Kıyıdan itibaren fındık bahçeleri 2000 metre yüksekliğe kadar ulaşmakta olup, bu örtünün çoğunluğunu teşkil eder. Sahilden itibaren kestane ormanları başlar yer yer kızılgaç, karaağaç, gürgen, kavak, ıhlamur gibi orman bitkileri görülmektedir. Yine sahilden iç kesimlere çıkıldıkça bitki örtüsü yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir, sırasıyla Meşe, Gürgen, Ladin, Köknar ve Çam ormanları görülmektedir.

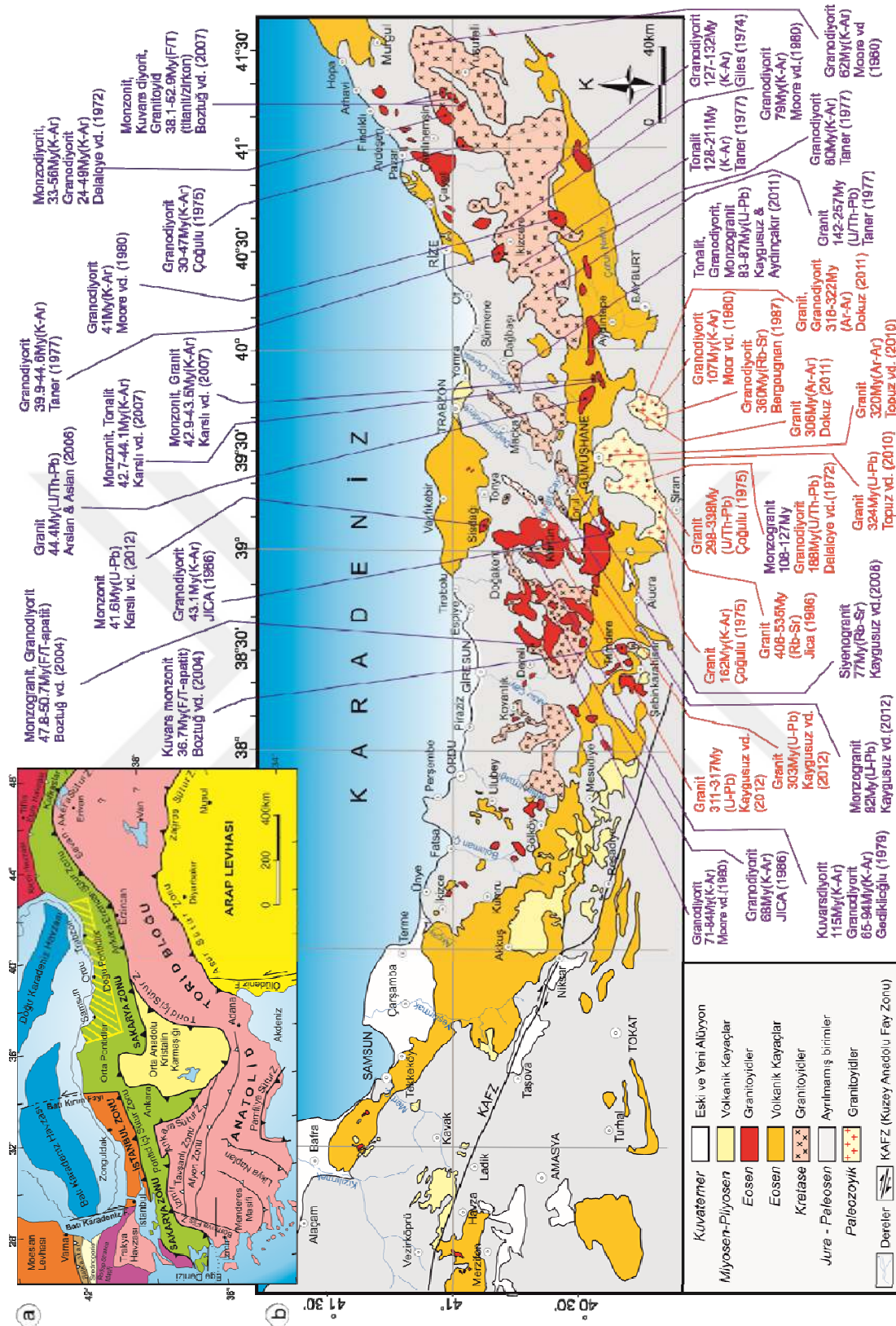
1.3. Bölgesel Jeoloji

Alp-Himalaya orojenik kuşağı içinde önemli bir yere sahip olan Türkiye, yaklaşık olarak D-B uzanımlı tektonik birlikler arasında (Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar

kıvrımlar; Şekil 2a) Paleotetis ve Neotetis okyanusal havzalarının kalıntılarını içermektedir (Ketin, 1983; Şengör ve Yılmaz, 1981). Paleotetis ile ilgili jeolojik olaylar genel olarak K-KB Türkiye’de Sakarya zonu ve Orta Pontidler’de hüküm sürmüş ve Liyas yaşlı sedimanlar tarafından uyumsuz olarak üzerlenerek evrimini tamamlamıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bununla birlikte Neotetis ile ilgili jeolojik olaylar ise Triyas’tan Miyosen’e kadar tüm Anadolu’yu etkisi altına almıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Neotetis okyanusal havzalarının kapanması sırasında meydana gelen orojenik olaylar zincirinin en önemli halkalarından birini Geç Kretase ve Tersiyer yaşlı granitoyid magmatizması oluşturmaktadır.

Ketin (1966), tektonik üniteleri Türkiye’nin orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Pontidler (Karadeniz Dağları), Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Bu tektonik birliklerin Ketin ve Canitez (1972) yeniden düzenleyerek, Karadeniz Dağlarını (Pontidler) ‘Doğu Karadeniz-Doğu Pontid’ ve ‘Batı Karadeniz-Batı Pontid’ olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Sakarya Zonu’nun bir parçası olan Doğu Pontidler (Okay ve Tüysüz, 1999), İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu boyunca Anatolid-Torid kıtasal bloğundan ayrılmıştır (Dilek, 2006). Doğu Karadeniz Bölümü’nde Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney (iç) ve kuzey (dış) bölümlere ayrılmıştır (Akın, 1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Bektaş (1986) ise; Doğu Pontidler magmatik yayını farklı magmatik, tektonik ve sedimantolojik evrim aşamalarına göre kuzeyden güneye doğru kuzey zon, güney zon ve eksen zonu olmak üzere üç alt birliğe ayırmıştır.

İnceleme alanı, Doğu Pontidler’de (Ketin ve Canitez, 1972) yer almaktadır (Şekil 2b). Magmatik kayaçların egemen ve magmatizmaya bağlı maden yataklarının sıkça gözlemlendiği Doğu Pontidler’de, altmışlı yıllarda Alman jeologlar (Schultze-Westorm, 1961), yetmişli yıllarda Yugoslav (Pejatoviç, 1971) ve Japon jeologlar (Türk-Japon Ekibi, 1974) ve MTA’daki yerli jeologlarla bölgenin jeolojik haritalarını yaparak stratigrafisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu çalışmalarda daha çok ekonomik değer taşıyan cevherleşmelere ve bunların oluşum mekanizmalarına ağırlık verilmiştir. 1990’lı yıllara kadar yapılan bölgesel jeolojik ve stratigrafik çalışmalar, Güven (1993) tarafından 1/250000 ölçekli jeoloji ve metalojeni haritası olarak derlenmiştir.



Şekil 2. (a) Türkiye'nin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan değiştirilerek), (b) Orta-Doğu Pontidler'deki sokulum kayaçların dağılımı (Güven, 1993; MTA, 2002; Arslan vd., 2013; Yücel, 2013 ve Temizel vd., 2016'dan değiştirilerek) ve Eosen, Üst Kretase ve Paleozoyik yaşlı sokulumlardan elde edilen radyometrik yaşlar.

Geç Karbonifer granitoidleri ve Geç Karbonifer-Erken Permiyen sığ denizel-kıtasal metasedimanter kıtasal kayaçları Doğu Pontidler'in kabuk temelini oluştururlar (Çoğulu, 1975; Okay ve Leven, 1996; Çapkinoğlu, 2003; Topuz vd., 2007, 2010, 2011; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012; 2016). Geç Permiyen ve Triyas kayaçları nadir olarak bulunurken (Dokuz vd., 2010; Karslı vd., 2014), genellikle Karakaya kompleksi olarak bilinen Triyas yitim prizması kayaçları, Sakarya Zonu'nun batı kısmında geniş olarak yayılım gösterir (Okay ve Monié, 1997). Temel kayaçları, Doğu Pontidler'in güneyinde Demirözü (Pulur Masifi), Suşehri-Refahiye (Ağvanis Masifi), Tokat-Amasya (Tokat Masifi), Gümüşhane (Gümüşhane Graniti, Köse Graniti ve Kurtoğlu Metamorfikleri) ve Artvin-Yusufeli (Karadağ Metamorfikleri) bölgelerinde, yayın kuzeyinde ise Dereli (Giresun), Tonya (Trabzon) güneyi (Derinoba, Kayadibi, Şahmetlik ve Kızılağaç), Maçka (Trabzon) güneyi (Soğuksu) ve Özdil (Trabzon) yöresinde yüzeyleme verirler.

Temeli oluşturan metamorfik kayaçlar, Liyas öncesinde Paleozoyik yaşlı granitoidik kayaçlar tarafından kesilmişlerdir (Çoğulu, 1975). Granitoidik kayaçlar büyük plütonik kütleler halinde Gümüşhane yöresinde ve Gümüşhane-Köse arasında (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011), küçük mostralarda halinde Giresun güneyinde (Schultze-Wetsrum, 1961), Tonya güneyinde, Maçka güneyinde (Soğuksu) ve Özdil (Trabzon) yöresinde (Kaygusuz vd., 2012, 2016) gözlenirler. Ayrıca Artvin civarında küçük yüzeylemeler halinde Paleozoyik yaşlı kayaçlar da mevcuttur. Erken-Orta Jura piroklastitleri ile klastik ve karbonat arakatmanlı sedimanter kayaçları, Doğu Pontidler'de temel kayaçlarını uyumsuz olarak örter ve rift ile ilişkili volkano-sedimanter istif olarak yorumlanır (Ağar, 1977; Robinson vd., 1995a; Arslan vd., 1997; Kandemir, 2004; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Şen, 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Kuzey kesimde daha çok volkanitlerle temsil edilen birim güneyde genellikle tüf ve tüfitlerle ardalanmalı sedimanter ağırlıklı istif ile temsil edilir. Schultze-Westrum (1961) Giresun-Aksu civarında Liyas'tan başlayarak Alt Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizmayı "Alt Bazik Seri" olarak isimlendirmişlerdir. Paleotetisin kapanması esnasında ve kuzeyde Sakarya Zonu ile Lavrasyanın eklenmesiyle oluşan çarpışmayla eş yaşlı granitoidler Geç Jura'yı temsil ederler (Yılmaz vd., 1997; Dokuz vd., 2010). Geç Jura-Erken Kretase dönemi tüm orojenik kuşakta duraylılık dönemine karşılık gelip, bu dönemde tüm Doğu Pontidler'de karbonat çökelişi egemendir. İlk kez Pelin (1977) tarafından Alucra (Giresun) yöresinde Berdiga Formasyonu olarak adlandırılmış olan bu birim, Kuzey Zon'da genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli kireçtaşları ile temsil

edilirler. Güneyde ise Berdiga Formasyonu genelde masif, kalın-orta tabakalanmalı kireçtaşlarından oluşmakla birlikte bölgeden bölgeye değişiklikler sunarlar. Geç Kretase döneminde Sakarya Zonu'nun güney kıyısı boyunca Neotetisin kuzeye doğru yitimiyle Doğu Pontid magmatik yayı gelişmiştir (Akın, 1978; Okay ve Şahintürk, 1997, Yılmaz vd., 1997; Okay ve Tüysüz, 1997; Topuz vd., 2007; Altherr vd., 2008; Dilek ve Sandvol, 2009; Çinku vd., 2010; Dilek vd., 2010; Ustaömer ve Robertson, 2010; Rolland vd., 2012; Ustaömer vd., 2013; Topuz vd., 2013; Okay vd., 2013). Bu yay sistemi, 2 km'den daha kalın volkano-sedimanter istif ile kalk-alkalen ve yüksek potasyumlu kalk-alkalen I-tipi granitoidleri içerir (Delaloye vd., 1972; Giles, 1974; Taner, 1977; Gedikoğlu, 1979; Moore vd., 1980; JICA, 1986; Yalçınalp, 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd. 1997; Kaygusuz, 2000; Köprübaşı vd., 2000; Boztuğ vd., 2003, 2004, 2006; Arslan vd., 2004; Karslı vd., 2004, 2007, 2010a, 2011, 2012a; Topuz vd., 2005; Yılmaz-Şahin vd., 2004; Yılmaz-Şahin, 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Boztuğ ve Harvalan, 2008; İlbeyli, 2008; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012; Eyüboğlu vd., 2011a, b; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011). Kuzeyde Üst Kretase'nin tabanı tartışmalıdır. Schultze-Westrum (1961)'a göre Alt Kretase'de başlayan "Alt Bazik Seri" Üst Kretase'nin başında devam etmekte, Üst Kretase de "Alt Bazik Seri" ye "Hippuritli kalkerler" ve "tüffitik kalker-marn serisi" eşlik etmekte, bunun üzerinde dasit ve piroklastları ile inoseramuslu kırmızı kalkerler yer almakta ve bunların üzerine de bazik volkanitler gelmektedir. Bu bazik volkanik kayalar kısmen Eosen'de de devam ederek "Üst Bazik Seri"yi oluşturmuşlardır. Türk-Japon Ekibi (1985)'ne göre Üst Kretase Zigana Formasyonu ile temsil edilmekte olup, bu formasyon tabandan tavana doğru sırasıyla kireçtaşı ve kırmızı kireçtaşı, dasit ve piroklastitleri, andezit ve piroklastitleri, dasit ve piroklastitleri, andezit ve piroklastitleri ve filiş şeklinde dizilim göstermektedir. Gülibrahimoğlu vd. (1985)'ne göre Üst Kretase yaşlı kayalar tabanda dasit ve piroklastitleri ile başlamakta, andezit-bazalt ve piroklastitleri ile son bulmaktadır. Güven (1993), Doğu Pontid kuzey kesiminde Geç Kretase yaşlı kayaların Alt Kretase yaşlı kayalar üzerine uyumlu olarak geldiğini, Üst Kretasenin tabanda Çatak Formasyonu olarak adlandırılan kumtaşı, silttaşı, marn, tuf ara katkılı bazalt-andezit ve piroklastitleri ile başladığını; bunun üzerine uyumlu olarak riyodasit-dasit ve piroklastitlerinden oluşan yine Geç Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu'nun geldiğini; kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ve tuf ara katkılı bazalt-andezit ve piroklastitlerinden oluşan Geç Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu'nun, Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak geldiğini ve riyolit-

riyodasit ve piroklastitlerden oluşan Geç Kretase yaşlı Çayırbağ Formasyonu tarafından uyumlu olarak üstlendiğini; tüm bu birimlerin kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn ara katkılı andezit-bazalt ve piroklastitlerden oluşan Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlendiğini belirtmiştir. Doğu Pontidler'in güney kesiminde Üst Kretase, Berdiga Formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelen kumlu kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu birimi şarap kırmızısı renkli kırmızı kireçtaşları uyumlu olarak üstlemektedir. Volcano-tortul seri'den oluşan birim kırmızı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Tokel, 1972; Eren, 1983). Üst Kretase-Paleosen geçişi Doğu Pontidler'de yer yer gözlenmektedir. Şarman (1975), Tirebolu'nun güneydoğusunda Üst Kretase karbonatlarının devamı olarak Paleosen tesbit etmiştir. Hopa-Cankurtaran yöresinde volcano-tortul seri, Üst Kretase'den Eosen'e kesintisiz geçmektedir (Özsayar vd., 1981). Yay önü havzası birimleri olistolitik kireçtaşı blokları içeren fliş sedimanter fasiyesiyle temsil edilirler. Pontid yayındaki Erken Paleosen plajiyolositleri Neotetis'in kuzeye doğru yitiminin son ürünleridir (Altherr vd., 2008). Doğu Pontidler magmatik yayı ile Anatolid-Torid kıtasal bloğunun çarpışması; Geç Paleosen-Erken Eosen (~55 My) döneminde gerçekleşmiştir ve KD Türkiye'de yaygın bir kısalma, kabuk yükselimi ve kalınlaşması ve fliş depolanmasını gerektirmiştir (Okay ve Şahintürk, 1997; Dilek, 2006). Eosen Doğu Pontidler'de genellikle Kretase ve Paleosen yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ile gelmekte ve bunları andezit ve piroklastları ile fliş çökellerinden oluşan seriler üstlemektedir (Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Arslan vd., 2013a). Gedikoğlu (1970), Çambaşı ve Gölköy yörelerinde Eosenin taban konglomerası ile başladığını belirtmiştir. Doğu Pontidler'de adakitik kayaçların (54-48 My) oluşumu, yay-kıta çarpışmasının son safhasına karşılık gelmekte ve çarpışmayla eş yaşlı ve çarpışma sonrası kökenle ilişkilendirilmiştir (Topuz vd., 2005; Karlı vd., 2010b, 2011; Eyüboğlu vd., 2011a, b, c; Topuz vd., 2011; Eyüboğlu vd., 2013a, b; Karlı vd., 2014). Erken Eosen adakitik magmatizması, Orta Eosen döneminde çarpışma sonrası kalk-alkalen volkanik kayaçların püskürmesi ve yüksek potasyumlu kalk-alkalen granitoidik intrüzyonlarca takip edilmiştir (Tokel, 1977; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Çoban, 1997; Şen vd., 1998; Arslan vd., 1997; Aliyazıcıoğlu, 1999; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Arslan vd., 2002; Boztuğ vd., 2004; Yılmaz-Şahin, 2005; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karlı vd., 2007, Boztuğ ve Harlavan, 2008; Temizel ve Arslan, 2008, 2009; Aslan, 2010; Eyüboğlu vd., 2012; Çakmak, 2013; Karlı vd., 2012b; Temizel vd., 2012a, b; Yücel vd., 2012; Arslan vd., 2013a, b; Temizel, 2014; Yücel, 2013; Aslan, vd., 2014; Temizel vd.,

2016; Yücel vd., 2017). Eosen sonrası kırıntılı kayaçlar bölgede yaygındır (Okay ve Şahintürk, 1997) ve genellikle Neojen alkali volkanik kayaçlarına eşlik ederler (Aydın vd., 2008, 2009; Arslan vd., 2013b; Yücel, 2013, Yücel vd., 2012, 2014, 2017). Kuvaterner yaşlı oluşuklar, traverten ve alüvyonlardan oluşmaktadır.

Plütonik kayaçlar Paleozoyik'den Tersiyer sonuna kadar geniş bir yaş aralığına sahiptirler ve başlıca gabrodan granite kadar değişen türdeki bazik ve asidik bileşimli kayaçlardan oluşurlar. Bu plütonlar; Permo-Karbonifer, Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca 3 zaman periyodunda sokulum yapmışlardır (Şekil 2b). Bunlardan Permo-Karbonifer yaşlı Gümüşhane (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2010) ve Köse (Dokuz, 2011) granitoidleri metamorfik kayaçları keserek yerleşmiştir. Kretase granitoidleri, yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayaçlarla dokanak ilişkisindedir (JICA, 1986; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Yılmaz-Şahin vd., 2004; Karlı vd., 2010a; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011; Karlı vd., 2012a; Kaygusuz vd., 2013, 2014). Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitoidleri ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Arslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2002; Arslan ve Arslan, 2006; Karlı vd., 2007; 2011, 2012b; Kaygusuz ve Öztürk, 2015).

1.4. Önceki Çalışmalar

Doğu Pontidlerdeki Üst Kretase plütonizmasına yönelik detaylı petrolojik ve jeokronolojik çalışmalar 2000'li yıllara kadar oldukça sınırlı kalmıştır. Ayrıca bu çalışmaların çoğu sınırlı alanlarda ve özellikle bölgenin doğusunda (Gümüşhane-Bayburt-Rize üçgeninde) yer almaktadır. Söz konusu Üst Kretase Plütonlarının petrografisi, petrokimyası, jeokronolojisi ve kökeni üzerine 2000'li yıllardan sonra yapılan önemli çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Kaygusuz (2000), "Torul ve çevresinde yüzeyleyen kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi" adlı doktora çalışmasında, Torul Granitoidi, Sarıoğlu Monzograniti ve Köprübaşı Granitoidinin I tipinde ve kalk-alkali özellikte olduklarını, ayrıca volkanik yay granitoidlerine benzer özellikler gösterdiklerinin belirtmiştir.

Boztuğ vd. (2002, 2004), Dereli-Şebinkarahisar (Giresun) civarındaki granitoyidik kayalarda yaptıkları apatit fizyon-izi çalışmaları sonucunda; Neo-Tetis yitim zonunda gelişmiş yitimle-ilişkili plütonların diapirik yükselmesi şeklinde yorumlanan, Senoniyen (80.7 ± 3.2 ila 62.4 ± 2.5 My) yavaş yükselme ve yüzeyleme yaşını bulmuşlardır. Araştırmacılara göre; bu süreç Pontid (Avrasya) ve Anatolid (Gondwana) arasındaki çarpışma ile ilişkili olduğu düşünülen ve farklı yaşa, bileşime ve kabuk içerisinde yerleşme derinliğine sahip granitoyidik kütlelerin birleşmesi ile sonuçlanan, hızlı diferansiyel Paleosen-Erken Eosen (57.4 ± 2.4 ila 47.8 ± 2.4 My) yükselmesi ile takip edilmiştir. Yaptıkları modelleme çalışmaları ise; Miyo-Pliyosen (~ 5 My) periyodunda bölgedeki volkanizma ile tekrar ısıtılma ve Pliyosen'den (~ 5 My) günümüze devam eden bir yükselmeyi ifade etmektedir.

Yılmaz-Şahin vd. (2004), Kaçkar Batoliti'nin çeşitli granitik fasiyeslerden oluştuğunu, monzonitten granite kadar değişen bileşime sahip olan bu intrüzyonların yerleşiminin, Erken Kretase ve Eosen dönemlerinde Doğu Pontid magmatik yayının gelişimi esnasında ve çarpışma olaylarının ardından gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Bu kayaların, genel olarak orta-yüksek-K'lu kalk-alkalen ve nadiren toleyitik, I-tipi metalümin karakterli olduklarını belirtmişlerdir. Bu intrüzyonların yerleşim yaşlarının, K-Ar yaşlandırmasına göre 75.7 ± 1.55 My ila 41.2 ± 0.89 My (Geç Kretase-Eosen) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Plütonların, iz element jeokimyasal özelliklerine göre bu kayaların gelişiminde fraksiyonel krisyallenme, magma karışımı/karışığı ve kabuk kirlenmesi olaylarının önemli rol oynadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, incelenen granitoyidlerin, Geç Kretase'de Avrasya plakasının altına dalan Neo-Tetis okyanus kabuğunun kuzey kolunun kuzey yönlü yitimi sonucu oluşan bir yayla, Paleosen'de ise Pontid yayıyla Anatolid-Torid platformunun çarpışmasıyla ilişkili olarak oluştuklarını ileri sürmüşlerdir.

Yılmaz-Şahin (2005), Araklı (Trabzon) civarında bulunan Gündoğdu altere mikrograniti, Boğalı K-feldspat-megakristalik monzograniti ve Uzuntarla porfirik granodiyoritlerinde yaptığı petrografi, mineral kimyası, petrokimya ve hornblendlerde K-Ar yaşlandırması ile Boğalı için 75.7 ± 1.55 ile 61.4 ± 1.47 My ve Uzuntarla için ise 42.4 ± 0.87 ile 41.2 ± 0.89 My arasında değişen yaşlar elde etmiştir. Çalışmacı elde ettiği bulgulara göre; Boğalı ve Uzuntarla granitoyidlerinin Kretase yayının ve Eosen çarpışma sonrası ekstansiyonel magmatik aktivitesinin bir parçası olduğunu ifade etmiştir.

Boztuğ vd. (2007), Kaçkar batolitinde titanit ve zirkon fizyon izi yöntemiyle yaşlandırma çalışmaları yaparak farklı litodemleri işaret etmişlerdir. Buna göre; Çamlıkaya granitoyidi (112.4 ± 1.6 My) erken Kretase döneminde olgunlaşmamış magmatik yayda yerleşmiştir. Sırtayla (57.1 ± 1.2 My) ve Marselevat (52.9 ± 1.3 My) granitoyidleri geç Paleosen olgun yay episodesinde gelişmiş ürünlerdir. Ayder granitoidi (46.4 ± 1.0 My) ise “slab break off” ile ilişkili orta-geç Eosen çarpışma sonrası magmatizması sonucudur. Halkalıtaş kuvars diyoriti (43.7 ± 2.3 My) ve Güllübağ monzoniti (38.1 ± 0.9 My) orta-geç Eosen çarpışma sonrası ekstansiyonel rejimi ile ilişkilidir.

İlbeyli (2008), Asarcık (Saplıca, Çatakhan), Eskine ve Saydere (Şebinkarahisar–Giresun) Plütonlarında yaptığı mineraloji, petrografi ve petrokimyasal çalışmalar sonucunda yüksek K’lı kalkalen ve I-tipi olarak sınıflandırdığı bu kütlelerin yayla ilişkili granitoyidlere jeokimyasal karakteristiklerine işaret etmiş ve bu kayalar oluşturan ana magma kaynağının mafik alt kıta kabuğu olduğunu ifade etmiştir.

Kaygusuz vd. (2008, 2010), Torul Granitoyidi’nin kuvarşlı diyoritten siyenogranite kadar değişen bileşimde ve zonlu yapıda olduğunu, granitoyidin orta-yüksek K’lu kalk-alkalen özellikte, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$ değerlerinin 0.7056-0.7079 arasında, $\epsilon\text{Nd}(i)$ değerlerinin -5.3 ile 1.6 arasında, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(i)$ değerlerinin 15.64-15.67 arasında, $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin 4.4 ile 7.3 arasında değiştiğini ve yaşının 77-80 My olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz-Şahin (2008), Geç Kretase yaşlı Tamdere kuvarş monzonitik kütlelerinde ana kaya ve içerdiği MMA’ların petrografik ve tüm kayaç jeokimyasal özelliklerinden yararlanılarak MMA’ların jenezini ve oluşum koşullarını ortaya koymuştur.

Kaygusuz ve Aydınçakır (2009), Dağbaşı Granitoyidi içindeki MMA’ların, düşük-K’lu kalk-alkalen karakterli olduklarını, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$ değerlerinin 0.7054-0.7055 arasında, $\epsilon\text{Nd}(i)$ değerlerinin -1.0 ile 1.9 arasında değiştiğini, ana kayalar ile benzer petrografik, jeokimyasal ve izotopik özellikler gösterdiğini ve MMA’ların ana kaya içinde soğumuş mafik magmanın küçük kütlelerini temsil eden magma karışımı ürünleri olduklarını belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2009), Sariosman intrüzyonunun monzogranit bileşiminde, I tipinde ve kalk-alkalen özellikte olduğunu, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$ değerlerinin 0.7062 ile 0.707 arasında, $\epsilon\text{Nd}(i)$ değerlerinin -4.1 ile -2.97 arasında değiştiğini, yaşının 82 My olduğunu ve kökeninin de alt kıtasal kabuk olabileceğini belirtmişlerdir.

Karlı vd. (2010a), Harşit Granitoyidi’nin granit, granodiyorit, tonalit ve diyorit bileşiminde, I tipi yüksek-K’lu kalk-alkalen karakterliği olduğunu, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$ değerlerinin

0.7067-0.7071 arasında, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin -3.3 ile -4.4 arasında değiştiğini, yaşının 79 My olduğunu ve alt kabuk–manto (hibrid) kökenli olabileceğini belirtmişlerdir.

Kaygusuz ve Şen (2010), Köprübaşı Granitoyidi'nin granodiyorit ve monzogranit bileşiminde, I tipi yüksek-K'lu kalk-alkalen karakterliği olduğunu, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerlerinin 0.7067-0.707 arasında, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin -3.3 ile -5.4 arasında değiştiğini ve yaşının 79 My olduğunu belirtmişlerdir.

Kaygusuz ve Aydınçakır (2011), Dağbaşı Granitoyidi'nin tonalit, granodiyorit ve monzogranit bileşiminde, I-tipinde ve düşük-K'lu kalk-alkalen karakterli olduğunu, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerlerinin 0.7056-0.7067 arasında, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin -3.2 ile 1.5 arasında değiştiğini ve yaşının 82-88 My arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Karslı vd. (2012a), Pınallı Granitoyidi'nin granit, siyenit ve kuvarslı monzonit bileşiminde, A tipinde ve şösonitik karakterli olduğu, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerlerinin 0.7069-0.7073 arasında, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin -2.6 ile -2.0 arasında değiştiğini, yaşının 81 My olduğunu ve kabuk-manto karışım kökenli olabileceğini belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2013), Turnagöl intrüzyonunun granodiyorit bileşiminde, yüksek-K'lu kalk-alkalen ve I tipinde olduğunu, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerlerinin 0.706-0.7063 arasında, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin -2.6 ile -3.1 arasında, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ değerlerinin 15.62-15.63 arasında, $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin 8.1 ile 9.1 arasında değiştiğini, yaşının 78 My olduğunu ve alt kabuk kökenli olabileceğini belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2014), Camiboğazı Granitoyidi'nin diyoritten granite kadar değişen bileşimde olduğunu, granitoyidin kalk-alkalen I tipinde, yüksek-K'lu ve şösonitik karakterde olduğunu, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerlerinin 0.705-0.7062 arasında, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin (-0.36) ile (-2.97) arasında, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ değerlerinin 15.64-15.69 arasında, $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin 6.3 ile 11.4 arasında değiştiğini, yaşının 74-76 My olduğunu ve kökeninin kabuk – manto karışım olabileceğini belirtmişlerdir.

1.5. Çalışma Konusunun Gerekçesi ve Amacı

Doğu Pontidler’de yaygın olarak yüzeylenen Geç Kretase yaşlı felsik plütonlar sınırlı alanlarda detaylı olarak çalışılmış ve bu kayaçların U-Pb yaşları, jeokimyasal, Sr-Nd-Pb izotopik ve petrolojik özellikleri ortaya konulmuştur. Buna karşın az yayımlı Geç Kretase yaşlı mafik plütonlar ile ilgili olarak hemen hemen hiçbir jeokimyasal ve petrolojik çalışma yoktur. Bu nedenle, Kovanlık (Bulancak-Giresun) yöresinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı mafik sokulum kayaçlarının petrografik, jeokimyasal ve izotopik özellikleri saptanarak, yay magmatizmanın gelişim sürecindeki petrojenezlerini ortaya koymak amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmayla; gerek bölgenin jeotektonik konumu gerekse yitim ile ilgili tartışmalara önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Doğu Pontidler Kovanlık (Bulancak-Giresun) yöresi Geç Kretase yaşlı mafik sokulum kayaçlarında; jeokimyasal veriler (ana iz, nadir toprak element analizleri, mikroprop analizleri vs.) ile magma kökeni ile ilişkili $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop analiz verilerinin olmaması önemli bir eksiklik olarak görülmekte olup, önerilen bu Yüksek Lisans Tez çalışması ile literatürdeki bu boşluğun doldurulması hedeflenmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

Bu çalışma; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında, Kovanlık (Bulancak-Giresun) yöresi sokulum kayaçlarının yüzeyleme verdiği alanlar tespit edilmiş ve detay saha çalışmaları yapılmıştır. Bu incelemeler sonucunda yöreye ait önceki jeolojik haritalardan (Çınar vd., 1987; Gülibrahimoğlu, 1987; Güner vd., 1989; Güven, 2003; MTA, 2002, 2009, 2011a, b, 2013a, b) faydalanılarak 1/25000 ölçekli detay jeolojik haritaları revize edilmiş, sokulumlar ile dokanak halinde olduğu yan kayaç sınırlarında düzeltmeler ve değişiklikler yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında, incelenen plütondan petrografik, petrokimyasal ve izotopik amaçlı 60 adet kayaç örneği alınmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Analitik Yöntemler

Laboratuvar çalışmalarını, mikroskobik (mineralojik ve petrografik) tayinler ve mineral kimyası için kayaç ince kesitlerinin hazırlanması, kimyasal analizler (mikroprob ve ana, iz ve nadir toprak element) ve izotopik analizler (Sr-Nd) gibi üç ana başlık altında toplamak mümkündür.

2.1.2.1. Mikroskobik Tayinler

K.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında, mineralojik ve petrografik incelemeler için 30 adet ince kesit hazırlanmıştır. Mineralojik ve petrografik incelemeler için, seçilen kayaç örneklerinden kayaç kesme makinesinde yaklaşık 0.5x2x3.5 cm boyutunda plakalar kesilmiş ve bu plakalar 0.1x2.5x4.6 cm boyutundaki ince kesit

camları üzerine Kanada Balzamu ile yapıştırılmıştır. Daha sonra, ince kesitler çeşitli aşındırıcı tozlar kullanılarak 0.035 mm kalınlığa kadar aşındırılmıştır.

İnce kesiti hazırlanan örneklerin mikroskobik incelemeleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrografik Araştırma Laboratuvarı'ndaki Zeiss ve Nikon marka polarizan mikroskopta yapılarak, kayaçları oluşturan birincil ve ikincil minerallerin cinsleri, bu minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri, optik özellikleri ayrıntılı bir şekilde saptanarak, önemli görülen dokusal-mineralojik özellikler mikro fotoğraflar ile belgelenmiştir.

Ayrıca tezin ana konusunu oluşturan sokulum kayaçlarına ait örneklerin modal analizleri yapılarak kayaçların cinsleri mineralojik olarak belirlenmiştir. Modal analiz için Swift nokta sayacı kullanılmıştır. Sayım genellikle 0.4 mm aralığı, tane boyutuna göre bazen de 0.2 mm aralığında gerçekleştirilmiş ve her bir kesitte yaklaşık 400-500 nokta sayılmıştır.

2.1.2.2. Mineral Kimyası Analizleri

İncelenen kayaç örneklerinin mineral kimyası analizleri Universite de Bretagne Occidentale (Brest, Fransa) Geoscience Marines (IFREMER) Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Karbon kaplı parlak kesitler üzerindeki mineral kimyası çalışmaları, CAMECA-SX-100 WDS marka bir elektron mikroprob aleti ile gerçekleştirilmiştir. Aletin çalışma şartları 15 kV voltaj ve 20 nA gerçekleştirilmiştir. 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 belirlenmiştir. 1 µm'lik bir nokta ışını olivin, piroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit analizleri için kullanılmıştır. Feldispat ve mika analizlerinde sodyum buharlaşması nedeniyle oluşacak kayıpları önlemek için çok hafif bir defokuslamış (10 µm) ışın kullanılmıştır. Analizlerde doğal mineral standartları olarak forsterit, diyopsit, ortoklas, albit, anortit, biyotit, apatit, vollastonit ve magnetit kullanılmıştır. Analitik hata ana elementler için %1'den ve iz elementler için ise 200 ppm den daha azdır.

2.1.2.3. Ana, İz ve Nadir Toprak Element Analizleri

Petrografik incelemeler sonucuna göre seçilen ayrışmamış ve taze kayaç örneklerinden hazırlanan toz örneklerden ana, iz ve nadir toprak element analizleri ACME Analitik Laboratuvarında (Vancouver, Kanada) yaptırılmıştır.

Tüm kayaç analizleri için Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Örnek Öğütme Laboratuvarı'nda 400-500 gr ağırlığındaki örnekler önce çeneli daha sonra halkalı öğütücüde yaklaşık 200 mesh boyutuna kadar öğütülerek ana, iz ve nadir toprak element analizleri için ACME (Kanada) Analiz Laboratuvarı'na gönderilmiştir.

Tüm-kayaç analizleri için seçilen kayaç örnekleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek hazırlama ve Öğütme Laboratuvarında önce çelik çeneli kırıcı ile kırılmış, daha sonra çelik halkalı öğütücü içinde yaklaşık 200 mesh boyutuna kadar öğütülerek toz haline getirilerek 15-20 gr örnek ACME Analitik Laboratuvarına gönderilmiştir. Ana ve iz element içerikleri, 0.2 g toz kayaç örneğinin 1.5 g LiBO_2 ile çözündürülmesi ve daha sonra 100 ml %5 HNO_3 de çözülmesinden sonra indüksiyonlu eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES) ile ölçülmüştür. Nadir toprak element (NTE) içerikleri 0.25 g toz kayaç örneğinin dört farklı asit içerisinde çözündürülmesinden sonra indüksiyonlu eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile analiz edilmiştir. Ateşte kayıp (A.K.), örnekler 1000 °C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam demir içeriği, Fe_2O_3 cinsinden ifade edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ise ppm olarak ölçülmüştür. Nadir toprak elementler ise, kayaç toz örneklerinden 0.25 gr alınarak dört farklı asit içerisinde çözündürülmüş ve ppm olarak tespit edilmiştir. Analizlerde saptama limiti; ana elementler için % 0.001-0.04, iz elementler için 0.1-1 ppm ve nadir toprak elementler için 0.01-0.1 ppm dir.

2.1.2.4. Sr-Nd İzotop Analizleri

Stronsiyum ve Neodmiyum izotop analizleri, ODTÜ Merkez Laboratuvarı (Ar-Ge Eğitim ve Ölçme Merkezi, Radyojenik İzotop Laboratuvarı)'nda Köksal ve Göncüoğlu (2008)'de detayları ve koşulları verilen metodlardan uyarlanmış olan TLM-ARG-RİL-01 (Sr İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) ve TLM-ARG-RİL-02 (Nd İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) talimatları uygulanarak yapılmıştır. Tartım, kimyasal çözme ve

kromatografi işlemleri 100 temizlik standardında temiz laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Herbir kayaç pudrası örneğinden yaklaşık 80 mg tartılarak PFA şişelere aktarılmıştır. Numuneler, 4 mL 52% HF içinde 4 gün süreyle ısıtıcı tabla üzerinde bekletilerek tamamen çözülmüştür. Isıtıcı tabla üzerinde buharlaştırılarak kurutulan örnekler önce 4 mL 6 N HCl içinde bir gün süreyle çözülmüştür. Numuneler daha sonra tekrar ısıtıcı table üzerinde buharlaştırılıp kurutularak 1 mL 2,5 N HCl içine alınmış ve kromatografiye hazır duruma getirilmiştir.

Stronsiyum elementi, 2,5 N HCl asitle 2 mL hacimde Bio Rad AG50 W-X8, 100-200 mesh reçine kullanılarak teflon kolonlarda ayrılmıştır. Stronsiyumun toplanmasından sonra 6 N HCl ile nadir toprak elementleri fraksiyonu toplanmıştır. Stronsiyum, tek Re-filamentleri üzerine Ta-aktivatör kullanılarak yüklenmiş ve statik modda ölçülmüştür. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ verileri $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$ 'e normalize edilmiştir. Ölçümler sırasında Sr NBS 987 standardı $0,710255 \pm 10$ (n=2) olarak ölçülmüş ve ölçüm sonuçları üzerinde gerekli bias düzeltmesi yapılmıştır.

Neodmiyum elementi, diğer nadir toprak elementlerinden 0.22 N HCl asit kullanılarak, teflon kolonlarda, 2 ml hacimde HDEHP (bis-ethyexyl fosfat) kaplı biobeads -Bio Rad- reçineden geçirilerek ayrılmıştır. Ayrılan Neodmiyum, 0,005 N H₃PO₄ ile birlikte Re-filamente yüklenmiş, çift filament tekniği kullanılarak statik modda ölçülmüştür. Analizler sırasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ verileri $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$ ile normalize edilmiş, Nd LaJolla standardı ise $0,511847 \pm 5$ (n=2) olarak ölçülmüştür. Nd izotop oranı ölçüm sonuçları üzerinde herhangi bir bias düzeltmesi yapılmamıştır.

Ölçümler, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (TIMS, Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama ile yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2 sigma düzeyindedir. Numunelerle birlikte aynı kimyasal süreçlerden geçirilerek aynı şartlarda ölçümü yapılan AGV-1 USGS kayaç standardında $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ verileri $0,703998 \pm 6$ ve $0,512788 \pm 3$ olarak elde edilmiştir.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin yorumlanması için büro çalışmaları yapılmıştır. Arazide topografik harita üzerine çizilen jeolojik harita ile birlikte stratigrafik kolon kesit, bilgisayar ortamında çizim programları yardımıyla temize geçirilerek yeniden çizilmiştir. Böylece inceleme alanının 1/25000 ölçekli jeolojik haritası

hazırlanmıştır. Ayrıca bilgisayar ortamında çizilen bu jeolojik harita üzerinde çalışma alanından petrografik, kimyasal ve izotopik amaçlı alınan örnek noktaları işaretlenmiştir.

Petrografik ve mineralojik bulgular, kayaç ve mineral kimyası analizleri sonucunda elde edilen veriler, jeolojik amaçlı çeşitli hazır paket programlarında değerlendirilerek grafik ve tablo haline getirilmiştir. Ayrıca jeotermobarometre hesaplamalarında, değişik araştırmacıların makalelerinde öne sürdükleri programlar ve formüller kullanılmıştır.

Arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sonucunda ortaya çıkan tüm veriler birleştirilip, yorumlanmış ve sonuçta “K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Klavuzu” kurallarına göre tez yazımı gerçekleştirilmiştir.



3. BULGULAR

3.1. Giriş

Tez çalışması kapsamında, Doğu Pontidler’de, Kovanlık (Bulancak-Giresun) yöresinde (Şekil 1 ve 2b) yüzeyleme veren Geç Kretase yaşlı gabroyik kayaçların jeolojik, petrografik, jeokimyasal ve izotopik özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

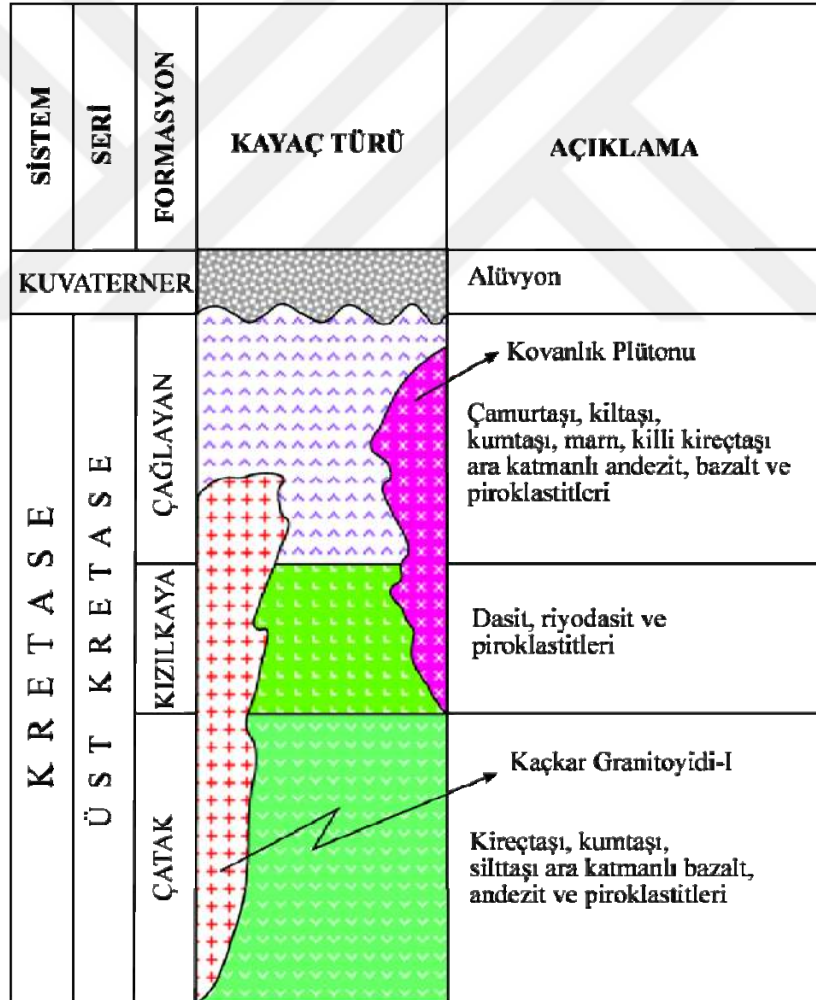
3.2. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı Doğu Pontidler Orojenik Kuşağı’nın kuzey kesiminde yer almaktadır (Şekil 2b). Kovanlık (Giresun, Şekil 3) yöresinde en yaşlı birim, Güven (1993) tarafından tanımlanan Geç Kretase yaşlı bazalt, andezit ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşı katman ve/veya ara seviyelerinden oluşan Çatak Formasyonu’dur (Şekil 3). Bu birim, Geç Kretase yaşlı riyodasit, dasit ve piroklastitleri ile temsil edilen Kızılkaya Formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir (Şekil 3). Bu asidik karakterli birim, Geç Kretase yaşlı çamurtaşı, kilitaşı, kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ara katmanlı andezit, bazalt ve piroklastitlerinden oluşan Çağlayan Formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenir (Şekil 3). Bu birimlerin tümü, Güven (1993) tarafından stratigrafik olarak yaşlandırılan ve adlandırılan Geç Kretase-Paleosen yaşlı Kaçkar Granitoyidi-I ve bir çok araştırmacı (Gülibrahimoğlu vd., 1987; Güven, 1993; MTA, 2002, 2013a) tarafından stratigrafik olarak yaşlandırılan ve adlandırılan Geç Kretase-Paleosen-Eosen yaşlı kabul edilen Kovanlık Plütunu tarafından kesilmektedir. İstif Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 3).

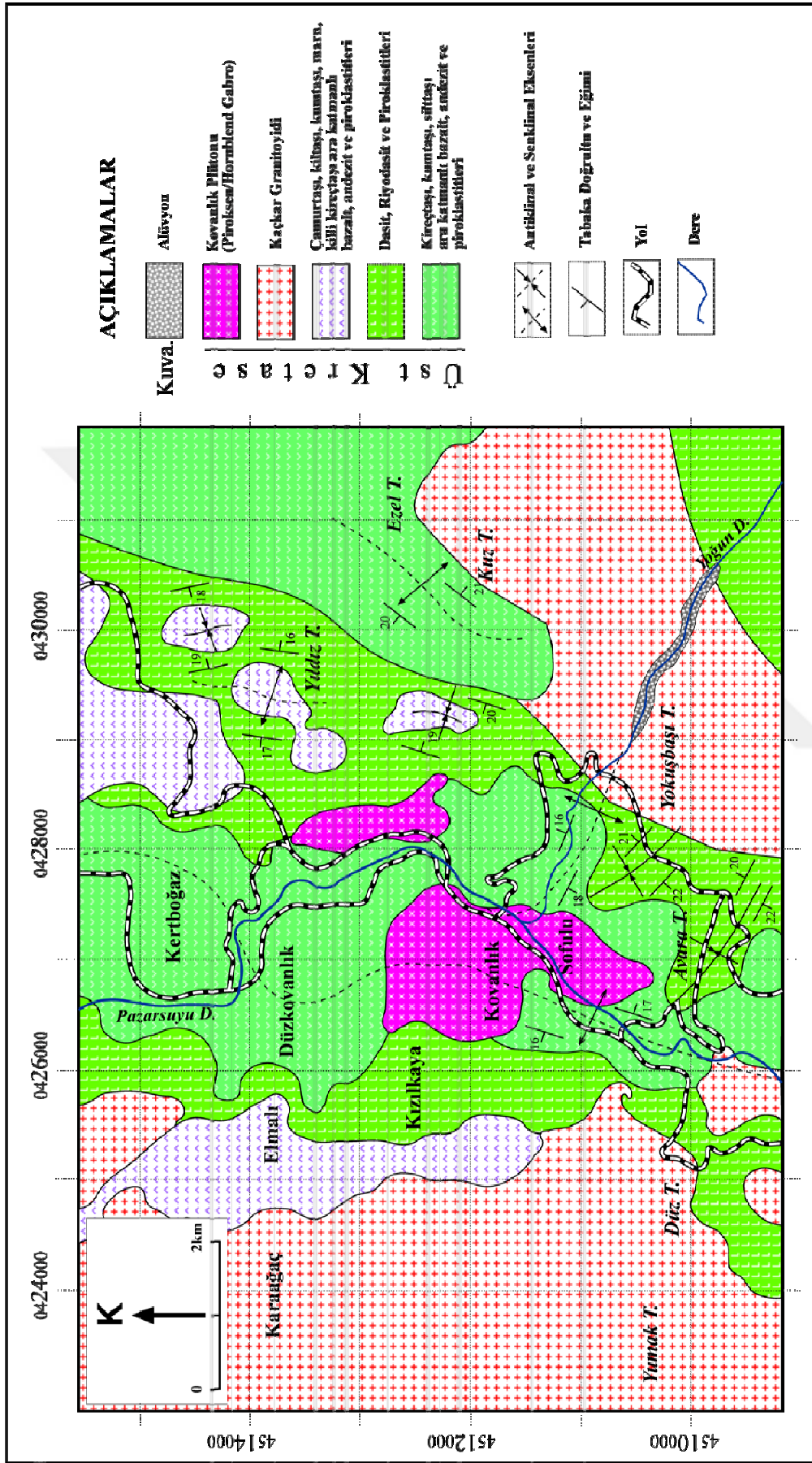
Çalışma alanında yüzeylenen volkanik kayaçlar ve tortul birimler Alt-Orta Alpin orojenik fazlarının etkisinde kalmış ve bugünkü yapısal konumlarını kazanmışlardır. Magmatik faaliyetler, diskordanslar, kıvrımlar, fay ve çatlaklar bu orojenik fazlara bağlı olarak oluşmuştur. Ortaç-bazik volkanizmanın ürünleri olan andezit-bazalt ve piroklastitleri ile asidik volkanizmanın ürünleri olan dasit ve piroklastitleri Geç Kretase yaşlıdır. Geç Kretase ve daha genç yaşlı kabul edilen (Gülibrahimoğlu vd., 1987; Güven, 1993; MTA, 2002, 2013a) plütonizma ise asidik-ortaç-bazik karakterli olan ve inceleme

alanı ve dışında yer alan granit-granodiyorit-kuarslı diyorit-gabrolarla (Güven, 1993) temsil edilmektedirler.

Çalışmada ayrıntılı olarak incelenen gabroyik bileşimli Kovanlık Plütunu, daha çok kıvrım tektoniğinin etkisinde kalmıştır. Çalışma alanında yüzeylenen birimlerin, genel olarak doğrultuları KD-GB ve K-G olan antiklinal ve senklinallerin kıvrım eksenleri boyunca çıktıkları düşünülmektedir (Şekil 4). Ancak daha sonraki küçük tektonik faaliyetler sonucu değişik doğrultuda kıvrım ve kırık tektoniği de gelişmiştir. Yoğun bitki ve toprak örtüsü nedeniyle fay hatlarını takip etmek güçtür. Sahada izlenen faylar doğrultu ya da eğim atımlı normal faylar olup, eğimleri dike yakındır. Tortul birimler oldukça düzgün tabakalıdır. Eğimleri genel olarak 15-25° arasında değişir. (Şekil 4).



Şekil 3. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (ölçeksizdir).



Şekil 4. İnceleme alanının jeolojî haritası (Güllibrahimoğlu vd., 1987; Güven, 1993; MTA, 2002, 2013a'dan değiştirilerek)

3.3. Stratigrafi

3.3.1. Çatak Formasyonu

Doğu Pontidler’de Berdiga Formasyonu üzerine uyumlulukla gelen bazik karakterli volkano-tortul istif; ilk kez Güven (1993) tarafından Maçka güneyindeki Çatak Köyü civarında tipik olarak gözlemlendiğinden bu mevkiinin ismi ile adlandırılmıştır. Çatak Formasyonu, inceleme alanında; Kertboğaz, Düzkovanlık ve Ezel Tepe civarında yüzeyleme vermektedir (Şekil 4). Formasyon; bazalt, andezit ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşı katman ve/veya ara seviyeleri ile temsil edilir. Birimin bazalt, andezit ve piroklastitlerinden oluşan seviyeleri genellikle koyu gri- yer yer siyah renklerde izlenmektedir (Şekil 5). Genellikle yoğun parçalı, kırıklı yapıda ve ileri derecede ayrışmalı (yaygın kloritleşmeli) olarak izlenmektedir. Birim içerisinde ara katkı olarak izlenen killi kireçtaşı, marn, kumtaşı ve şeyl litolojileri düzenli ince tabakalanmalıdırlar. Bu ara seviyelerin bazı kesimlerinde kırmızı-bordo renkli mikritik ve rekristalize kireçtaşları yaygın olarak gözlenmektedir.



Şekil 5. Çatak Formasyonu’na ait bazaltların arazi görünümü

Üst Kretase evresi boyunca Doğu Pontidler’de gelişen aktif volkanizma sonucu bazik ve asidik karakterli lavların düzenli ardalanmasının oluşturduğu kalın bir volkano-tortul istif birikmiştir. Bu istifin ilk evreli bazik lavları Çatak, asidik lavları Kızılkaya, ikinci evreli bazik lavları Çağlayan, asidik lavları ise Çayırbağ Formasyonlarını oluşturmuştur. Çalışma alanı dışında; alt dokanağında, Üst Jura-Senomaniyen yaşlı Berdiga Formasyonu’nu uyumlulukla üzerleyen, üst dokanağında ise Turoniyen-Kampaniyen yaşlı Kızılkaya Formasyonu tarafından uyumlulukla üzerlenen ve yaklaşık kalınlığının 900 m civarında olduğu düşünülen Çatak Formasyonu’nun yaşı, fosil içeriğine dayanılarak Turoniyen- Koniasiyen-Santoniyen olarak verilmiştir (Güven, 1993).

3.3.2. Kızılkaya Formasyonu

İlk kez Güven (1993) tarafından Giresun İli Espiye İlçesi güneyinde yer alan Kızılkaya mevkiindeki asidik karakterli volkanitler için Kızılkaya Formasyonu ismi kullanılmıştır. Formasyon inceleme alanında; Kızılkaya, Avara Tepe ve Yıldız Tepe civarında yüzeyleme vermektedir (Şekil 4). Birim; riyodasit, dasit ve piroklastitleri ile temsil edilmektedir. Altere yüzeyleri sarı- kirli sarı ve kırmızımsı, taze yüzeyleri ise gri-koyu gri renklidir (Şekil 6). Riyodasitik-dasitik seviyeleri porfirik dokulu ve fluidal (akma) yapıları olup, yer yer kuvars ve plajioklas fenokristalleri içermektedir. Yer yer düzgün katmanlanma gösteren tüf, aglomera ve breş seviyeleri (piroklastitler) formasyonun daha ziyade üst kesimlerini oluşturmaktadır.

Kızılkaya Formasyonu içerisinde; yersel olarak gözlemlenen alterasyon zonlarında gelişen volkanojen polimetallik masif sülfid yataklarının oluşmuş olması ayrı bir önem taşımaktadır. Formasyonun üst kesimlerinde 1–2 cm boyutunda ve yer yer düzgün istiflenme gösteren camsı özellikte yeşil renkli pumis parçaları gözlemlenmektedir. Birim içerisinde yoğun olarak izlenen hidrotermal alterasyon; killeşme, silisleşme, serizitleşme, kloritleşme ve piritleşme şeklinde gelişmiştir. Belirli alanlarda kıltaşı-killi kireçtaşı merccekleri içeren birimin yaklaşık kalınlığı, yaklaşık 100–500 m civarında değişmektedir. Çalışma alanı dışında; Maçka İlçesi kuzeydoğusunda, Yomra-Kayabaşı ve Arsin-Harmanlı Köyleri arasında aflore eden ve alt dokanağında Turoniyen-Koniasiyen-Santonien yaşlı Çatak Formasyonu üzerinde uyumlulukla yer alan ve üst dokanağında ise Kampaniyen-Maestrichtien yaşlı Çağlayan Formasyonu tarafından uyumlulukla üzerlenen birimin yaşı; alt-üst ilişkisi ve bu birimlerin yaşlarına göre Santoniyen olarak verilmiştir (Güven, 1993).



Şekil 6. Kızılkaya formasyonu'na ait dasitlerin arazi görünümü.

3.3.3. Çağlayan Formasyonu

Doğu Pontidler'de Üst Kretase dönemi volkanizmasının üçüncü evresinde gelişen bazik volkanik-volkano sedimanter istif, Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon inceleme alanında; Elmalı ve Yıldız Tepe civarında yüzeyleme vermektedir (Şekil 4). Çağlayan Formasyonu; bazalt, andezit ve piroklastitleri ile kırmızı renkli biyomikrit-marn ve kumtaşı ara tabakalarından oluşur. Formasyon içinde yer yer gelişmiş yastık lav yapıları ve özellikle bazaltta gelişmiş gaz boşlukları belirgin olarak izlenebilmektedir. Gaz boşlukları genellikle kalsit, klorit ve zeolit gibi minerallerle dolgulanmıştır. Formasyonun genelinde yeşilimsi-gri, gri ve yer yer pembemsi-gri renk tonu hakimdir (Şekil 7). Birim içerisindeki yaygın litolojiyi ise, andezit, bazalt ve bazaltik aglomera çakıllarından oluşan piroklastitler ile temsil edilmektedir. Çalışma alanı dışında; Çayırbağı, Düzköy, Derecik, Esiroğlu, Yomra-Arsin-Araklı güneyi, Köprübaşı ve Of yörelerinde yaygın olarak mostraları gözlenen birimin kalınlığı 100-600 m arasında değişmektedir. Kızılkaya Formasyonu üzerinde uyumlulukla yer alan Çağlayan Formasyonu, üst sınırında Kampaniyen-Maestrichtien yaşlı Çayırbağ formasyonu tarafından uyumlulukla, üst asidik serinin yer almadığı alanlarda ise, Eosen yaşlı Kabaköy

Formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla üzerlenmektedir. Formasyon içerisindeki kırmızı renkli mikritik kireçtaşlarının fosil içeriğinin paleontolojik tayinine dayanılarak Kampaniyen-Maestrichtien yaşı verilmiştir (Güven, 1993).



Şekil 7. Çağlayan Formasyonu'na ait bazaltların arazi görünümü

3.3.4. Kaçkar Granitoidi-I

Doğu Pontidler'de Üst Kretase volkano-tortul istif içerisine sokulmuş intrüzif kayaçların, çeşitli araştırmacılar (Çoğullu, 1970, Taner, 1977, Yılmaz, 1984, Keskin vd., 1990) tarafından “Rize Plütönu” adı altında incelenmiştir. Bu kayaçların çökeller içine değişik zamanlarda yerleşmiş kütleler halinde olması, mineralojik ve petrografik özellikleri arasında da farklılıkların saptanmış olması, bu kayaçların bir dizi magmatik aktivite sonucu oluştuğuna işaret etmektedir. Güven (1993) ise, granitten gabroya kadar değişik litolojilerle temsil olunabilen bu intrüzif kayaçları, intrüzyon yaşını baz almaksızın “Kaçkar Granitoidleri” olarak adlandırmıştır. Üst Kretase volkanitleri içerisine, çoğu zaman birbirinden bağımsız sokulumlar yapmış ve dokanakları boyunca yerleştiği birimlerde kontakt metamorfizmaya yol açmış granitoidler Kaçkar Granitoidi I olarak tanımlanmıştır. Birim inceleme alanında; Karaağaç, Yumak Tepe ve Yokuşbaşı Tepe civarında yüzeyleme

vermektedir (Şekil 4). Birim açık pembe-açık gri yer yer koyu gri renkli olup genelde Granit-Granodiyorit-Mikrokuvarslıdiyorit-Mikrogranit bileşimlidir. Taneli yapıda, kuvars-plajioklaz-alkali feldspat-biotit yer yer hornblend içeren bu granotoyidlerin eklem düzeyleri iyi gelişmiştir. Birimin yaşı Üst Kretase-Paleosen'dir (Güven, 1993).

3.3.5. Kovanlık Plütonu

Kovanlık Plütonu, değişik araştırmacılar tarafından farklı adlarla tanımlanmıştır. Plüton; Gülibrahimoğlu vd., (1987) "Diyorit-Gabro"; Güven (1993) "Kaçkar Granitoyidi I"; MTA (2002) "Granitoyid" ve MTA (2013a) yine "Diyorit-Gabro" adı altında incelenmiştir. Bu çalışmada, plütonun en iyi gözlendiği lokasyona ithafen Plüton, "Kovanlık Plütonu" olarak tanımlanmıştır. Arazi gözlemlerine ve stratigrafik ilişkilere dayanılarak söz konusu plütonun yaşı Gülibrahimoğlu vd., (1987) tarafından Eosen, Güven (1993) tarafından Geç Kretase-Paleosen, MTA (2002) ve (2013a) tarafından ise sırasıyla Paleosen-Eosen ve Eosen olarak kabul edilmiştir. Ancak, kayaçlarda zirkon minerali üzerinde gerçekleştirilen LA-ICP-MS U-Pb yaşlandırması da 89.8-93.3 My vermiştir (sözlü görüşme, Doç. Dr. İrfan TEMİZEL, 2017). Bu nedenle, incelenen plütonun yerleşme yaşı Geç Kretase (Turoniyen) olarak kabul edilmiştir.

Kovanlık Plütonu, çalışma alanında Kovanlık ve Sofulu civarında olmak üzere iki ayrı alanda yayılım göstermektedir (Şekil 4). Arazi incelemelerine göre; Kovanlık Plütonu'nu Geç Kretase yaşlı andezit, bazalt ve piroklastitlerinden oluşan Çatak Formasyonu ile dasit, riyodasit ve piroklastitlerinden oluşan Kızılkaya Formasyonları'nı keserek yerleşmiştir. Kovanlık Plütonu'nu oluşturan stoklar, yaklaşık K-G doğrultulu antiklinal ve KB-GD doğrultulu antiklinal ve senklinallerin oluşturduğu süreksizlik zonları boyunca yüzeyleme vermektedirler (Şekil 4). Plütonda yer yer iki yönde gelişen eklem sistemleri mevcuttur. Siyaha yakın, koyu gri ve koyu yeşil renklerde tanımlanan Plüton (Şekil 8), iri-ince taneli doku gösterir (Şekil 9 ve 10). Plüton yer yer 5-15 cm çapında beyaz-pembe renkli, sakkaroidal dokulu aplitik dayklar tarafından kesilmiştir (Şekil 10). Ayrıca, ayrışmadan etkilenmemiş olmasına karşın kenar fasiyeslerinde ve yan kayaçla olan dokanaklarındaki kırık ve çatlaklarında kuvars, kalsit, epidot ve pirit tespit edilmiştir (Şekil 11).



Şekil 8. Kovanlık Plütönu'nun genel görünümü ve iyi gelişmiş kırık ve çatlak sistemleri



Şekil 9. Kovanlık Plütönu'na ait iri taneli doku gösteren piroksen gabrolarda piroksen ve plajiyoklas birlikteliği



Şekil 10. Kovanlık Plütönu'na ait iri taneli doku gösteren piroksen gabrolarda piroksen ve plajiyoklas birlikteligi



Şekil 11. Kovanlık Plütönu'nun yan kayaçla olan dokanaklarındaki kırık ve çatlaklarında kuvars ve kalsit kristalleri

Kovanlık Plütönu'na ait 30 adet örneğin modal analizleri yapılmış olup (Ek Tablo 1), modal analiz sonuçlarına göre KAP (Kuvars-Alkali Feldispat-Plajiyoklas) diyagramında (Streickeisen, 1976) plütönu gabroyik bileşimli kayalardan oluştuğu belirlenmiştir. Plütönu kayaları, petrografik olarak çoğunlukla piroksen gabro ve az oranda ise hornblend gabrolardan oluşmaktadır.

3.4. Petrografi

3.4.1. Kovanlık Plütönu'nun Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri

Piroksen gabrolar; genellikle sert, sağlam, yer yer çatlaklı olup gri, yeşilimsi koyu gri ve koyu siyaha kadar değişen renktedirler. İri-orta taneli doku gösteren kayal makroskopik olarak tanımlanan çok iri piroksen (~1-3 cm) ve daha az oranda plajiyoklas içerirler (Şekil 9). Mikroskop incelemeleri sonucunda taneli, ofitik ve pösilitik doku göstermekte olup, genellikle plajiyoklas, klinopiroksen ve ortopiroksen ile çok daha az oranda opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 12a-f).

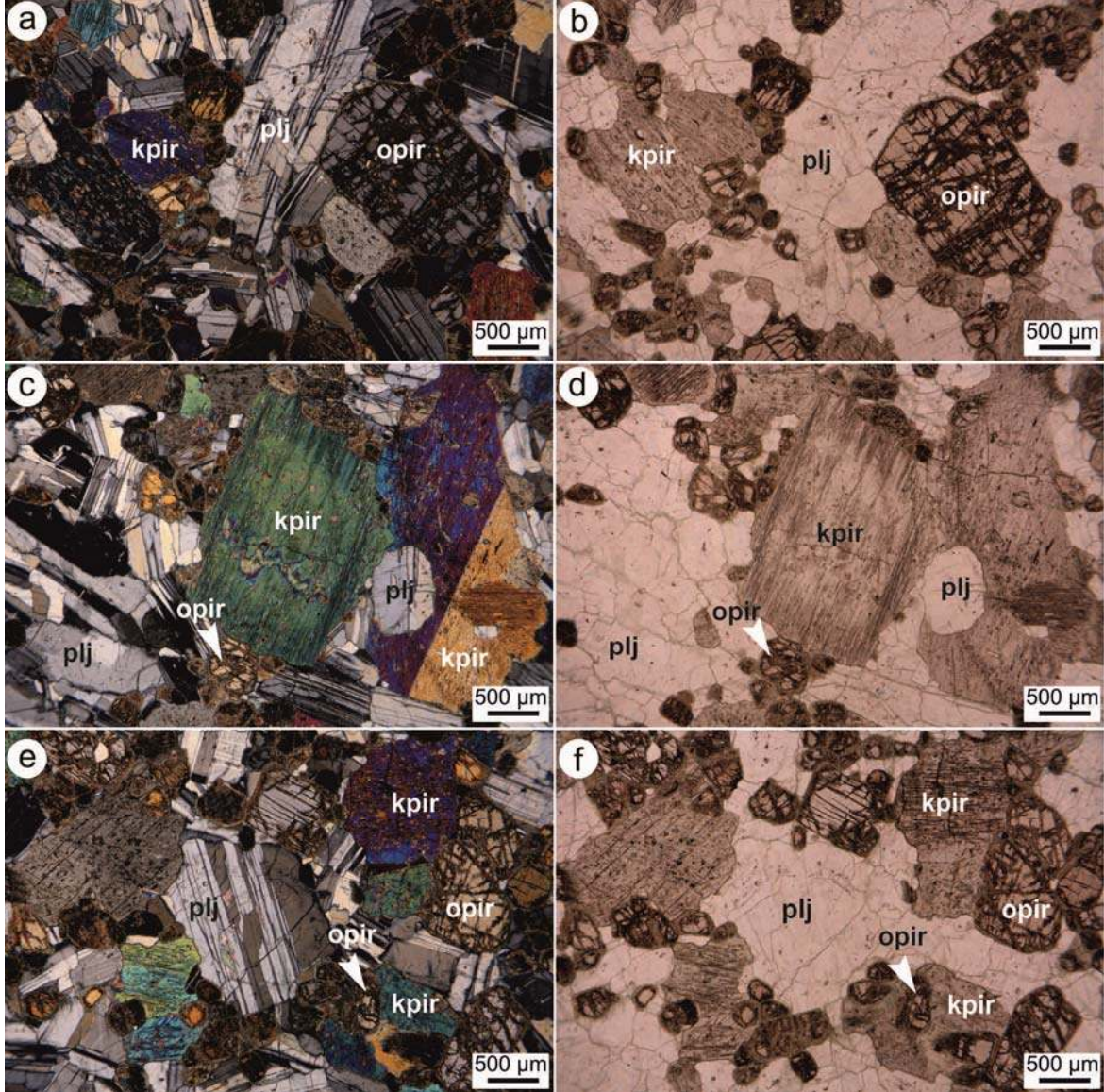
Plajiyoklaslar açık renkli minerallerin (kayaca göre %10-55 arasında değişir) tamamını oluşturmakta, öz ve yarı öz şekilli olup, yaygın olarak albit ikizi, nadiren ise zonlanma gözlenmektedir (Şekil 12a, c, e). Albit ikizi gösteren plajiyoklas kristallerinin (010)'a dik kesitlerinde yapılan cins tayinlerine göre labrador (%An₆₀₋₆₂) bileşimli oldukları belirlenmiştir.

Koyu renkli mineraller piroksenler ile temsil edilmekte olup, hem ortopiroksen hem de klinopiroksenler tanımlanmıştır. Genel olarak, özellikle iri taneli gabrolarda klinopiroksenler (%85), ortopiroksenlere (%5) kıyasla çok daha büyük bir oranda bulunurlar. Bazı piroksen gabro örneklerinde ise klinopiroksenlerin miktarı %30, ortopiroksenlerin miktarı ise %10'a kadar değişiklik göstermektedir.

Klinopiroksenler, çoğunlukla öz ve yarı öz şekilli olup, yer yer pösilitik olarak plajiyoklas, ortopiroksen ve opak mineral içermektedirler (Şekil 12c, d). Sönme açıları 40° civarında olan klinopiroksenlerde nadiren h'(100) ikizi tespit edilmiştir (Şekil 12c).

Ortopiroksenler çoğunlukla yarı öz ve özşekilsiz olup, kenarlarından itibaren, kırık ve dilinimleri boyunca uralitleşmişlerdir (Şekil 12a-f). Küçük boyuta sahip ortopiroksenler yuvarlağımsı şekilleri ile özşekilsiz olma eğilimi sunarlarken, tane boyutu büyüdükçe özşekilliye doğru değişim gösterirler (Şekil 12a, b).

Opak mineraller kayaç içerisinde az oranda (%5-8), özşekilsiz, oldukça küçük mikrotaneler halinde bulunur. Nadiren de klinopiroksenlerde kapanım olarak bulunurlar.



Şekil 12. Kovanlık Plütünü'na ait iri taneli doku gösteren piroksen gabroların mikro fotoğrafları. a-b) albit ikizi gösteren plajiyoklas ve ortopiroksenlerde uralitleşme (Ç.N. ve T.N.); c-d) klinopiroksenlerde $h'(100)$ ikizi ve klinopiroksenlerce pösilitik olarak içerilen plajiyoklas (Ç.N. ve T.N.); e-f) klinopiroksenler içerisinde uralitleşmiş küçük ortopiroksenler (Ç.N. ve T.N.) (Örnek No: KV-11; Ç.N., çapraz nikol; T.N., tek nikol; kpir, klinopiroksen; opir, ortopiroksen; plj, plajiyoklas).

Hornblend gabrolar; Kovanlık Plütönu'nun kenar zonlarını oluşturmaktadırlar. Volkanik yan kayaçlarla direk dokanak halinde olup, dokanaklar keskindir. Genellikle gri, koyu gri ve yer yer siyah renklerde. Piroksen gabrolara nazaran daha ince kristallidir ve içermiş olduğu plajiyoklas minerallerinden dolayı daha açık renklidir.

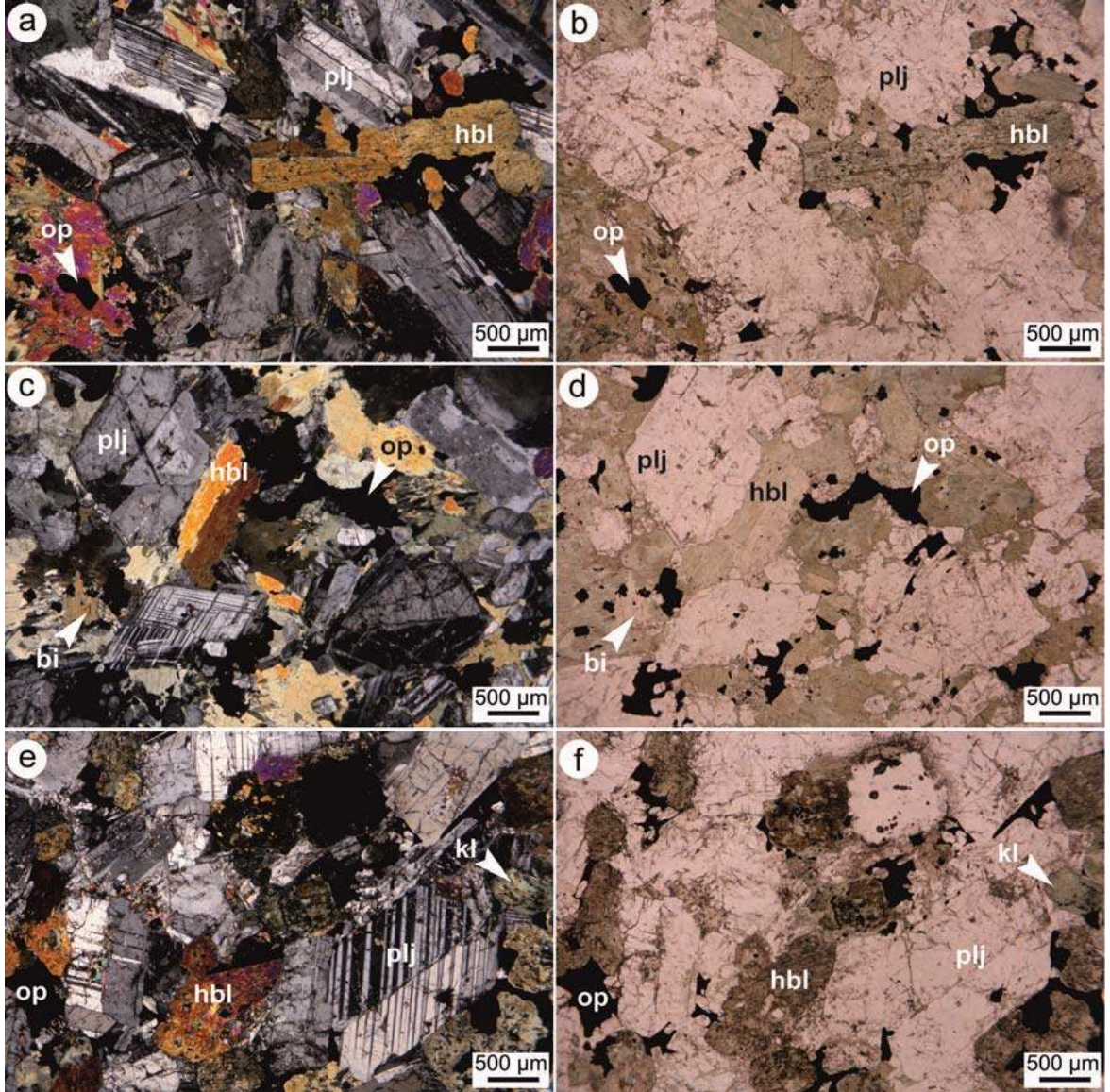
Hornblend gabrolar, mikroskobik olarak ince-orta taneli doku göstermektedir. Açık renkli mineraller plajiyoklaslarla, ferromagnezyen mineraller ise hornblend ve daha az oranda biyotit ile temsil edilir. Opak mineraller değişken boyutlarda, öz şekilsiz taneler halinde bulunur (Şekil 13a-f).

Plajiyoklaslar değişken boyutlarda, yarı öz şekilli ve özşekilsiz latalar halindedirler. Yaygın olarak albit ikizlenmesi (Şekil 13a), nadiren albit-karlsbad karmaşık ikizlenmesi ve zonlanma tespit edilmiştir (Şekil 13c, e). Albit ikizi gösteren kristallerin (010) yüzeyine dik kesitlerinde yapılan cins tayinlerine göre bileşimlerinin yaygın olarak labrador (%An₅₈₋₆₀) ve az oranda andezin (%An₄₇₋₄₉) olduğu belirlenmiştir.

Hornblendler yarı öz şekilli ve özşekilsiz olarak bulunmaktadır (Şekil 13a, c, e). Yer yer kenar kısımları oldukça kırıklı ve parçalanmış halde bulunurlar. Belirgin yeşilimsi kahverengi renge sahip olup, yeşil renk pleokroizması sunarlar. Tüm kesitlerinde genellikle dilinim izleri takip edilebilmektedir. Ancak bazı özşekilli kristallerinde iki yönlü hornblend dilinimi {110} tanımlanmıştır. (100) ikiz düzlemine sahip basit ikizli kristaller yaygındır (Şekil 13a, c, e). ve bol olarak opak mineral kapanımları içermektedirler.

Biyotitler, kayaç içerisinde çok az miktarda (<%5) gözlenmekte olup, genellikle özşekilsiz küçük kristaller halindedirler (Şekil 13c, d).

Opak mineraller kayaç içerisinde irili ufaklı öz şekilsiz taneler halinde ve bazen de hornblendler içerisinde kapanım halinde bulunurlar (Şekil 13a-f).



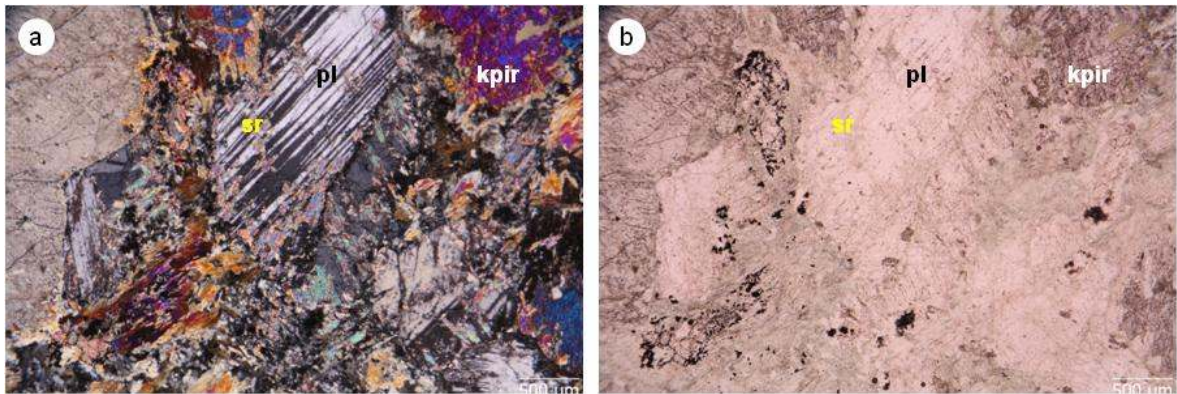
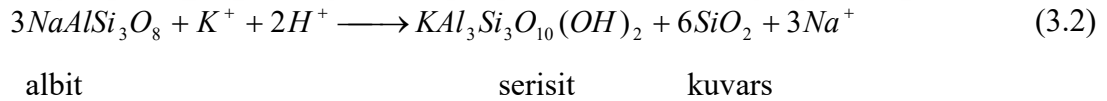
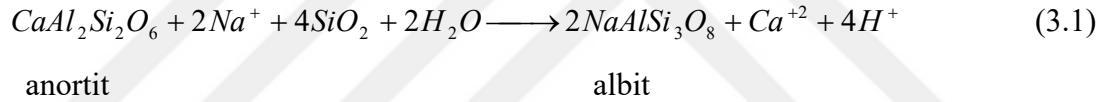
Şekil 13. Kovanlık Plütunu'na ait ince taneli doku gösteren hornblend gabroların mikrofotoğrafları. a-b) Albit ve albit-karlsbad karmaşık ikizi gösteren plajiyoklaslar ve opak mineral kapanımları içeren hornblend (Örnek No: KV-3; Ç.N. ve T.N.); c-d) albit-karlsbad ikizi ve optik zonlanma gösteren plajiyoklas, basit ikiz gösteren hornblend ve özşekilsiz küçük biyotit (Örnek No: KV-3; Ç.N. ve T.N.); e-f) albit-karlsbad karmaşık ikizi gösteren plajiyoklas, özşekilsiz opak mineral ve kısmen kloritleşmiş hornblend kristalleri (Örnek No: KV-4; Ç.N. ve T.N.) (açıklamalar; Ç.N., çapraz nikol; T.N., tek nikol; hbl, hornblend; bi, biyotit; plj, plajiyoklas; op, opak mineral).

3.4.2. Kovanlık Plütonu'nda Gözlenen Alterasyonlar

İncelenen gabroyik kayaçların petrografik özellikleri incelendiğinde kayaçların farklı derecelerde alterasyona uğradıkları görülmektedir. İkincil mineraller serpantin, klorit, tremolit-aktinolit, serisit ve nadiren albit ile temsil edilir. Plajiyoklaslarda serisitleşme, ferromagnezyen minerallerde ise serpantinleşme ve kloritleşme yaygın görülen alterasyonlardır. Ayrıca, kayaçlarda yer yer uralitleşmeler görülür. Plajiyoklaslar genellikle serisitleşmişler, nadiren albitleşmişlerdir ve sosürütleşme sergilemezler.

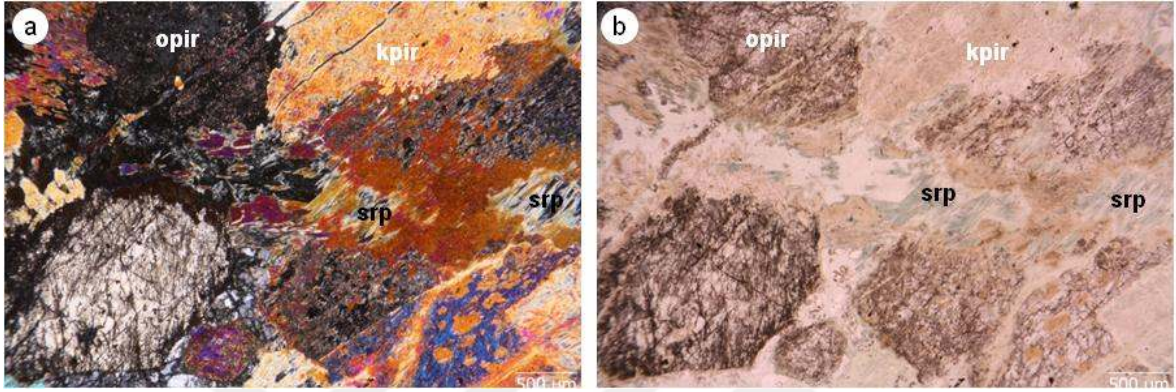
Serisitleşme; plajiyoklaslarda tespit edilmiştir (Şekil 14a, b). Plajiyoklas mineralinde serisitleşmenin ilerlemiş olduğu durumlarda yer yer muskovite dönüşümler gözlenmektedir.

Kalsik plajiyoklastan itibaren önce albitleşme, sonra serisitleşmenin gerçekleştiği düşünüldüğünde reaksiyon denklem 3.1 ve 3.2 şeklinde olmalıdır (Large vd., 2001; Barrett ve MacLean, 1994):



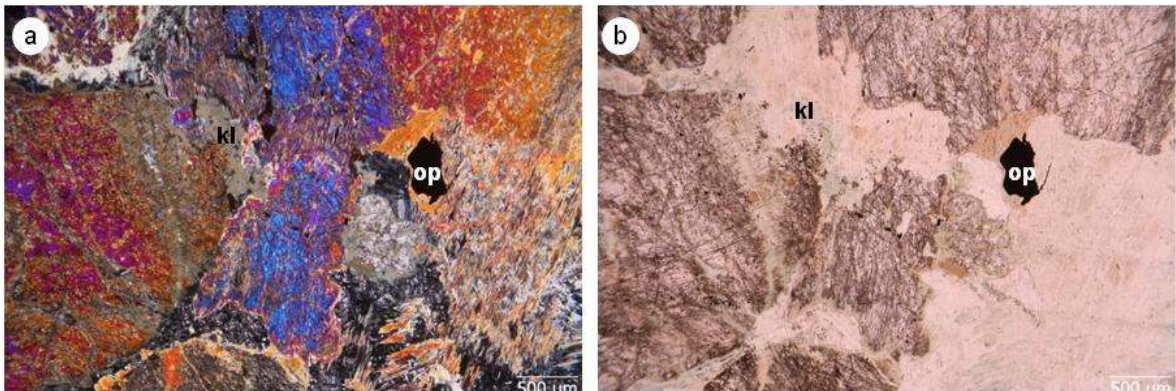
Şekil 14. Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarının içerdiği plajiyoklas minerallerinde gözlenen serisitleşme (Örn: KV-1; a, Ç.N. ve b, T.N.; sr, serisit; kpir, klinopiroksen; pl, plajiyoklas).

Serpantinleşme; piroksen gabrolarda bulunan özellikle klinopiroksenlerin dilinin yüzeylerinden itibaren kırık ve çatlaklar boyunca serpanlinleşmenin gerçekleştiği gözlenmektedir (Şekil 15a, b). Ortopiroksenler genellikle kristal sınırlarını koruyarak serpanlinleşir ve psödomorfik bastiti oluştururlar (Şekil 15a, b). Kırıklar boyunca lifi serpanlin oluşumları ve opak mineraller birlikteliği yaygındır.



Şekil 15. Kovanlık Plütönu piroksen gabrolarının içerdiği klinopiroksen ve ortopiroksen minerallerinde gözlenen serpanlinleşme (Örn: KV-1; a, Ç.N. ve b, T.N.; srp, serpanlin; opir, ortopiroksen; kpir, klinopiroksen).

Kloritleşme; piroksen minerallerinde kloritleşme nadir olarak görülmektedir (Şekil 16a, b).



Şekil 16. Kovanlık Plütönu gabroyik kayaçlarındaki piroksen minerallerinde gözlenen kloritleşme (Örn.: KV-1; a, Ç.N. ve b, T.N.; kl, klorit; op, opak mineral).

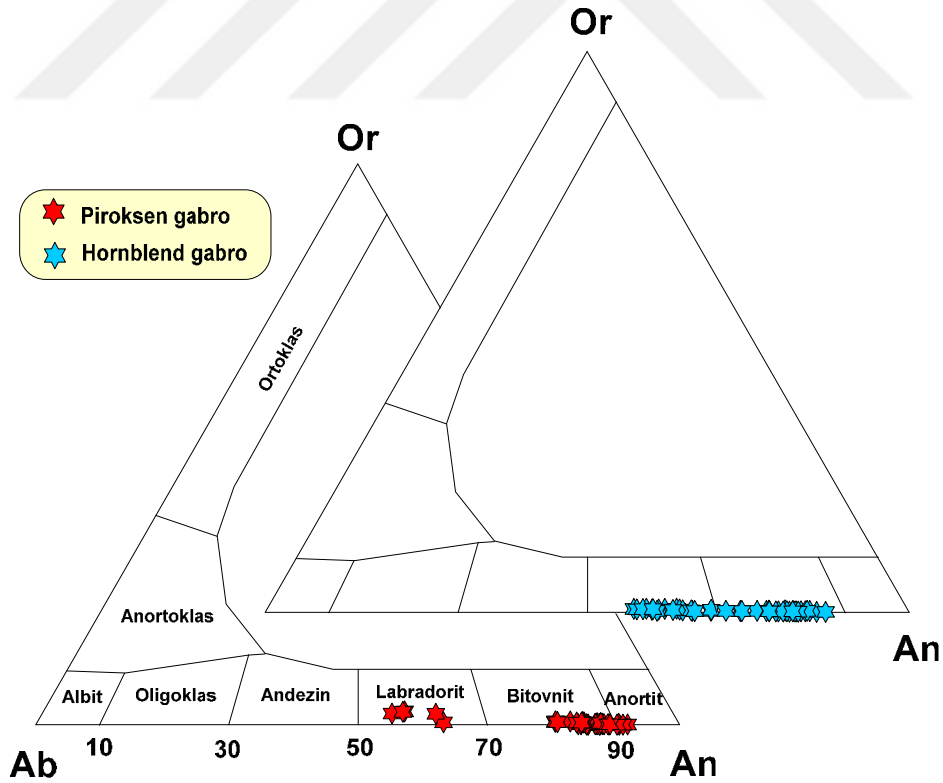
Uralitleşme; çalışılan kayaçlarda uralitleşme oldukça nadir olarak saptanmıştır. Klinopiroksenler uralitleşerek genellikle tremolit-aktinolitite dönüşmüşlerdir.

3.4.3. Mineral Kimyası

İncelenen gabroyik kayaçların içerdikleri minerallerin mineral kimyaları değerlendirilerek, sınıflama diyagramları çizilmiş ve uç üyeleri hesaplanmıştır.

3.4.3.1. Feldispat

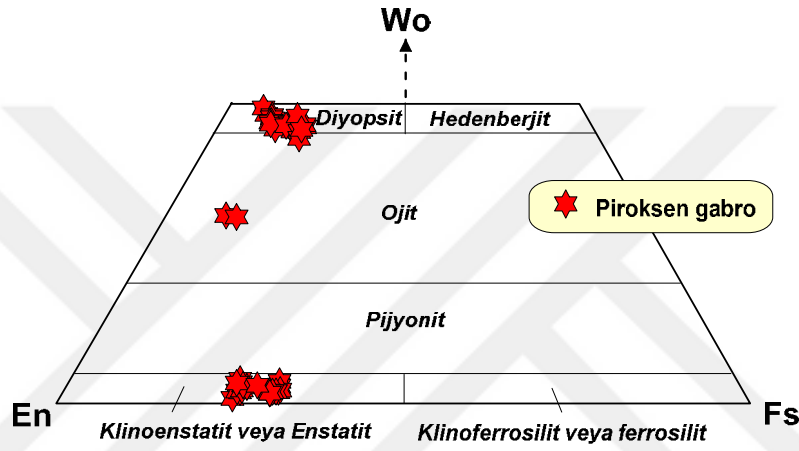
Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabrolar içerisindeki plajiyoklaslar labradorit, bitovnit ve anortit olup, labradoritlerin bileşimleri $An_{54-61}Ab_{37-44}Or_{1-2}$ arasında, bitovnitlerin bileşimleri $An_{80-89}Ab_{11-19}Or_{0-1}$ arasında, anortitlerin bileşimleri $An_{90-92}Ab_{8-10}Or_{0-1}$ arasında değişmektedir (Şekil 17, Ek Tablo 2). Hornblend gabrolar içerisindeki plajiyoklaslar ise labradorit ve bitovnit olup, labradoritlerin bileşimleri $An_{57-69}Ab_{30-42}Or_{0-1}$ arasında, bitovnitlerin bileşimleri ise $An_{71-87}Ab_{13-28}Or_{0-1}$ arasında değişmektedir (Şekil 17, Ek Tablo 3).



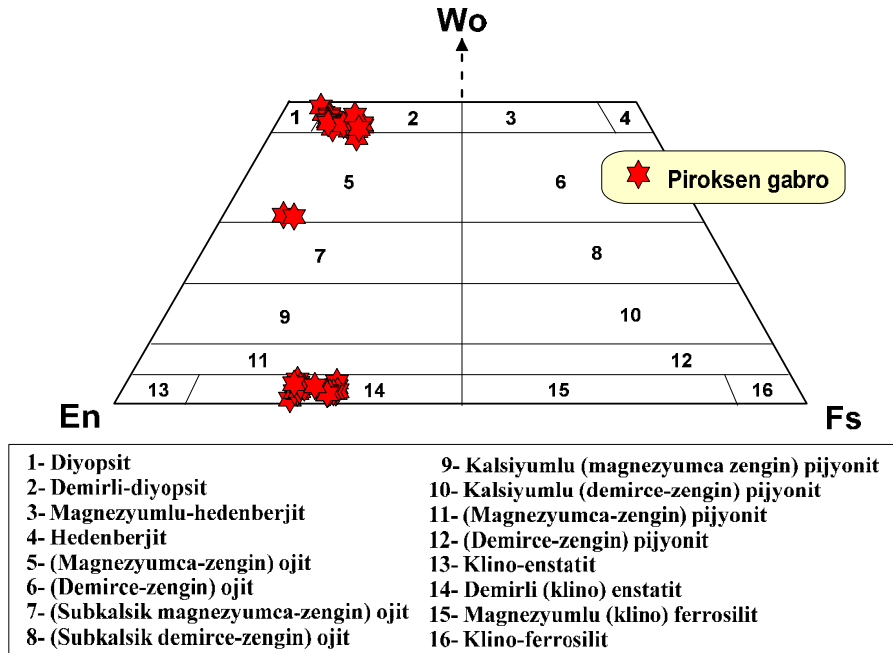
Şekil 17. Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabro ve hornblend gabrolardaki feldispatların An-Ab-Or üçgen diyagramı (Deer vd., 1992)

3.4.3.2. Piroksen

Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabrolar içerisindeki klinopiroksenler; Morimoto vd. (1988)'nin yaptığı sınıflamaya göre diyopsit ve ojit, Rock (1990)'ın yaptığı sınıflamaya göre de diyopsit, demirli diyopsit ve Mg'ca zengin ojit olarak isimlendirilmiş olup, bileşimleri $Wo_{31-49}En_{41-60}Fs_{5-13}$ arasında, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranı ise 0.76-0.90 arasında değişmektedir (Şekil 18 ve 19, Ek Tablo 4).



Şekil 18. Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabrolardaki piroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto vd., 1988)

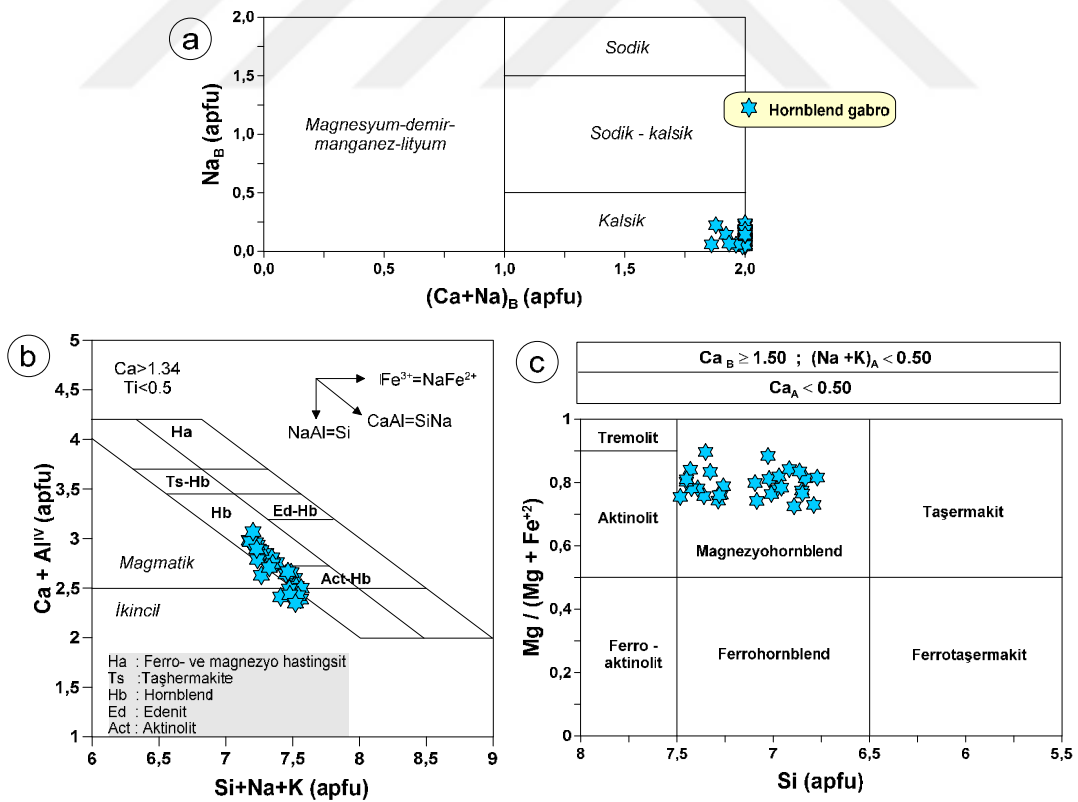


Şekil 19. Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabrolardaki piroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Rock, 1990).

Piroksen gabrolar içerisindeki ortopiroksenler ise; Morimoto vd. (1988)'nin yaptığı sınıflamaya göre klinoenstatit, Rock (1990)'ın yaptığı sınıflamaya göre de demirli klinoenstatit olarak isimlendirilmiş olup, bileşimleri $Wo_{1-4}En_{66-74}Fs_{24-31}$ arasında, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranı ise 0.68-0.75 arasında değişmektedir (Şekil 18 ve 19, Ek Tablo 4).

3.4.3.3. Hornblend

Kovanlık Plütonu'na ait hornblend gabroların içerdiği hornblendlerin tümünün, Leake vd. (1997)'nin $(Ca+Na)_B$ (apfu) karşı Na_B (apfu) diyagramına göre kalsik hornblend olduğu belirlenmiştir (Şekil 20a). $(Ca+Al^{IV})$ (apfu) karşı $(Si+Na+K)$ (apfu) (Giret vd., 1980) diyagramına göre incelenen kayalarındaki hornblendlerin çoğunluğu hornblend alanına düşerken, bir kısmının da aktinolitik hornblend alanına düştüğü gözlenmiştir (Şekil 20b). Bunun sebebi de petrografik incelemelerde de belirtildiği gibi bu kayalarındaki bazı hornblendlerin yer yer biyotite ve klorite dönüşmesinden kaynaklanmaktadır.

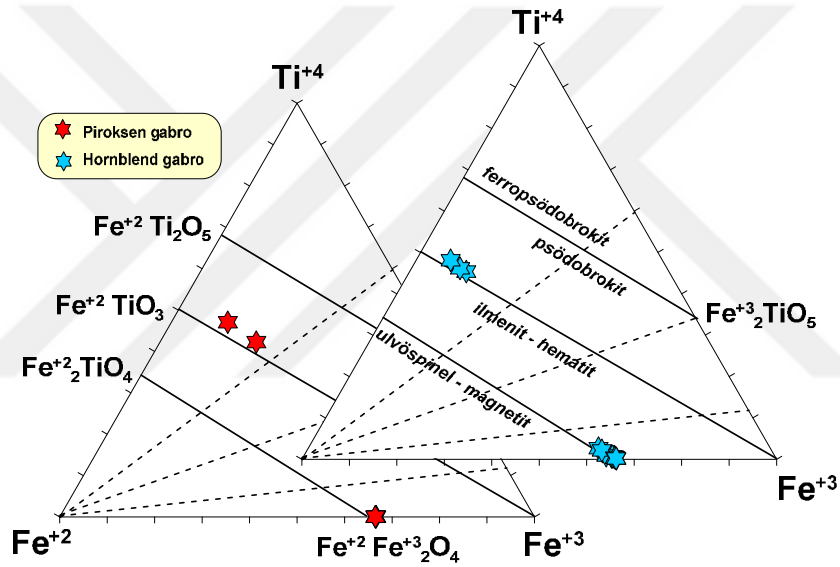


Şekil 20. Kovanlık Plütonu'na ait hornblend gabrolardaki hornblendlerin; (a) $(Ca+Na)_B$ (apfu) karşı Na_B (apfu) (Leake vd., 1997), (b) $(Ca+Al^{IV})$ (apfu) karşı $(Si+Na+K)$ (apfu) (Giret vd., 1980) ve (c) Si (apfu) karşı $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ (Leake vd., 1997) sınıflama diyagramları.

Kovanlık Plütunu'na ait hornblend gabrolardaki hornblendlerin tümü, Leake vd. (1997)'nin yaptığı sınıflamada magnezyo-hornblend olarak adlandırılmıştır (Şekil 20c) ve $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları 0.72-0.90 arasında değişmektedir (Ek Tablo 5).

3.4.3.4. Fe-Ti Oksit

Kovanlık Plütunu'nu oluşturan piroksen gabro ve hornblend gabrolar içerisindeki Fe-Ti oksitler; magnetit olarak adlandırılmıştır ve bunların yer yer de ilmenit lamelleri içerdiği belirlenmiştir (Şekil 21, Ek Tablo 6 ve 7).



Şekil 21. Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabro ve hornblend gabrolardaki Fe-Ti oksitlerin Ti⁴⁺-Fe³⁺-Fe²⁺ üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988)

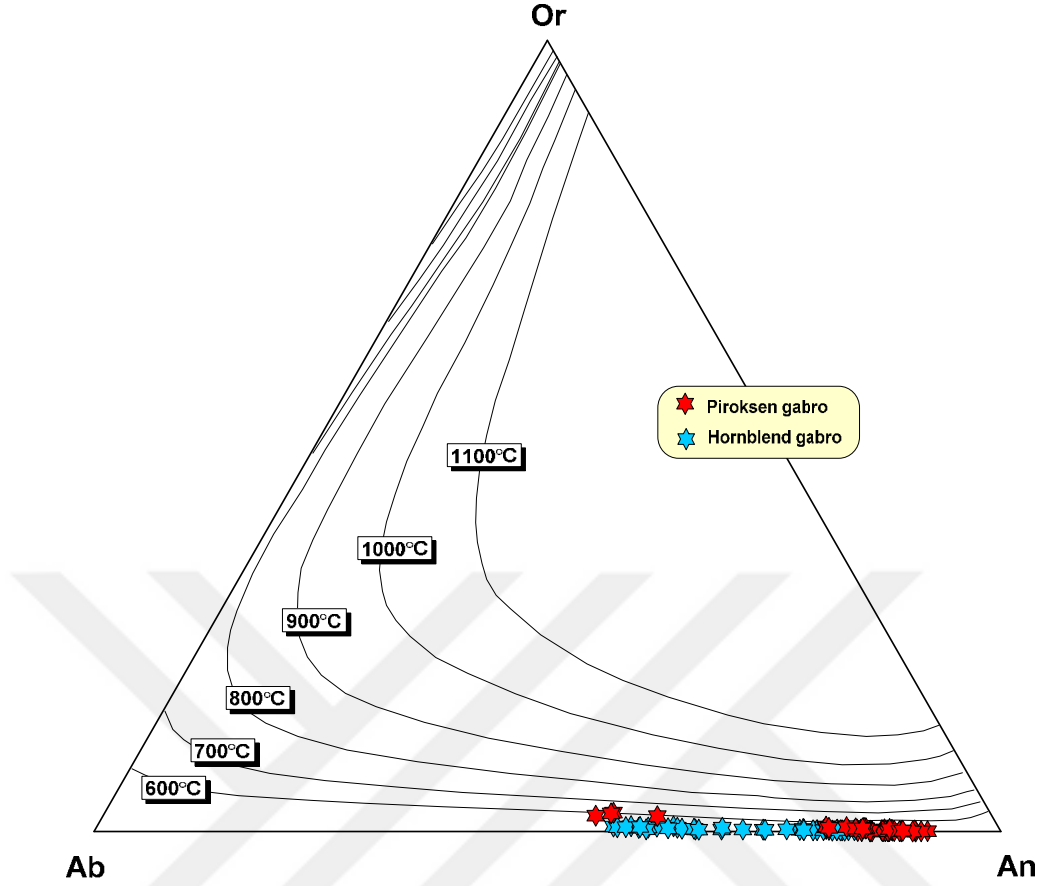
3.4.4. Termobarometre Hesaplamaları

Bir plütonun gelişimine ilişkin kristallenme basınç ve sıcaklığının belirlenmesi, plütonun petrojenetik gelişimi ve bölgesel tektonizmanın tanımlanması açısından önemli bir role sahiptir. Fiziksel şartların belirlenmesi için yaygın yöntem termobarometrik mineral dengelerinin kullanılması ile ilişkilidir. Ne yazık ki plütonik kayalar için bu yöntemin kullanımı zordur. Magmatik mineraller geniş bir P-T aralığında kristallenirler ve subsolidusla sürekli temas içerisindeyler. Bu durumda mineral fazlarının katı bileşimi tam olarak yansıttığını garanti etmek mümkün değildir. Bu nedenle, plütonik kayalar için jeotermobarometrik hesaplamalar kolay değildir. Bu problemlere rağmen, pek çok araştırmacı granitoidik kayalar için mineral termobarometrik yöntemleri kullanmaktadır. Bu çalışmalar genellikle hornblend-Al barometresi (Hammarstrom ve Zen, 1986; Hollister vd., 1987; Johnson ve Rutherford, 1989; Schmidt, 1992; Anderson ve Smith, 1995; Ridolfi vd., 2008, 2010; Ridolfi ve Renzulli, 2012), amfibol-plajiyoklas termometresi (Holland ve Blundy, 1994; Blundy ve Holland, 1990), plajiyoklas termometresi (Fuhrman ve Lindsley, 1988), plajiyoklas-egiyik termobarometresi (Putirka, 2003, 2005, 2008), klinopiroksen termometresi (Lindsley, 1983; Lindsley ve Andersen, 1983; Nimis, 1995; Nimis ve Ulmer, 1998; Nimis ve Taylor, 2000; Putirka, 2008), klinopiroksen-ergiyik ve ortopiroksen-ergiyik termometresi (Putirka vd., 1996, 2003; Putirka, 1999, 2005, 2008) ile gerçekleştirilir.

Bu bölümde, incelenen Kovanlık Plütonu'na ait gabroyik kayaç örneklerinin mineral kimyası ve tüm-kayaç kimyası analizlerinden hareketle farklı araştırmacılar tarafından oluşturulan ampirik formül ve diyagramlar kullanılarak plütonun yerleşim sıcaklık ve basınçları irdelenmeye çalışılmıştır.

3.4.4.1. Feldispat Termometresi

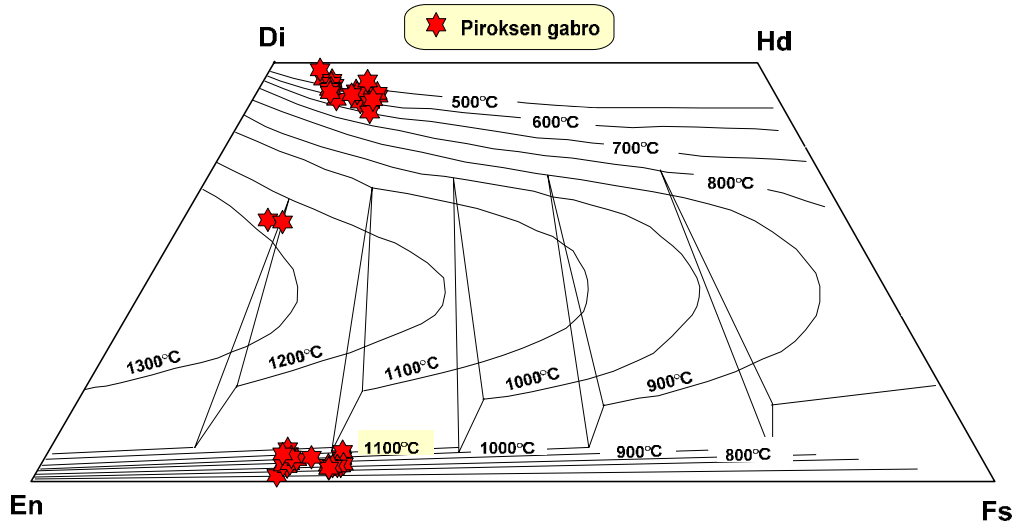
Fuhrman ve Lindsley (1988), Ab-An-Or üçgen diyagramı üzerinde sıcaklık değerlerini gösteren izoterm eğrilerinin olduğu üçgen abağı oluşturmuştur. Bu abak üzerine düşürülen örneklerde belirlenen sıcaklıklar; Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabro ve hornblend gabro örnekleri için 550-600 °C arasında değişmektedir (Şekil 22). Plajiyoklaslarda gözlenen serizitleşmeden dolayı bu termometre ile elde edilen sonuçlar çok sağlıklı değildir.



Şekil 22. Kovanlık Plütünü'nu oluşturan kayalara ait feldispatların Ab-An-Or üçgen diyagramı. İzoterm eğrileri, Fuhrman ve Lindsley (1988)'e göre.

3.4.4.2. Piroksen Termobarometresi

Kovanlık Plütünü'na ait piroksen gabroların içerdiği klinopiroksen ve ortopiroksenlerin elektron mikropop değerleri, Lindsley (1983) ile Lindsley ve Andersen (1983) tarafından Di-Hd-En-Fs piroksen dörtyüzlüsü üzerine izotermilerin çizilmesiyle oluşturulmuş diyagram üzerine düşürülmüştür (Şekil 23). Bu diyagram üzerine düşürülen piroksen bileşimlerine göre; piroksen gabro örnekleri 500-1000 °C arasında değişen izotermeler üzerinde yer almaktadırlar (Şekil 23).



Şekil 23. Kovanlık Plütunu'nu oluşturan kayalardaki klinopiroksen ve ortopiroksen bileşimlerinin gösterildiği Di-Hd-En-Fs piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100°C aralıklarla ve 1 atm basınç altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Andersen, 1983).

Putirka vd. (1996, 2003) ve Putirka (1999, 2005, 2008) tarafından önerilen formüller kullanılarak klinopiroksen termobarometresi hesaplanmıştır (Tablo 1). Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabroları oluşturan kayalar için hesaplanan sıcaklıklar 1088-1228 °C (ort.= 1184 ± 58 °C) arasında değişirken, hesaplanan basınçlar ise denklem 32a'ya göre 1.4-4.5 kbar (ort.= 3.0 ± 1.4 kbar), denklem 32b'ye göre 3.0-6.2 kbar (ort.= 4.6 ± 1.4 kbar) arasında değişmektedir (Tablo 1).

Hem klinopiroksen-ergiyik hem de ortopiroksen-ergiyik arasındaki denge ile ilişkili olarak, sıcaklık ve basıncı hesaplamak üzere Putirka vd. (1996, 2003) ve Putirka (1999, 2005, 2008) modeller önermişlerdir. Klinopiroksen/ortopiroksen sıcaklık ve basıncının hesaplanması için klinopiroksen/ ortopiroksen ile dengede olan ergiyiğin bileşiminin bilinmesi gerekmektedir. Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabroları oluşturan kayalar için formülde kullanılan ergiyik bileşimi olarak tüm-kayaç analizlerinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Buna göre, Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabro örnekleri için hesaplanan sıcaklıklar; 1101-1259 °C (ort.= 1199 ± 58 °C) arasında değişirken, hesaplanan basınçlar ise; 6.7-7.7 kbar (ort.= 7.2 ± 0.5 kbar) arasında değişmektedir (Tablo 3.2).

Tablo 1. Kovanlık Plütonu piroksen gabrolardaki klinopiroksen ve klinopiroksen-tüm-kayaç bileşimleri kullanılarak Putirka (2008)'e göre hesaplanan basınç (P, kbar) ve sıcaklıklar (T, °C)

Klinopiroksen termobarometresi				
Denklem 32a (barometre, susuz)		Ort. P (kbar)	Mak. P (kbar)	Min. P (kbar)
Kovanlık Plütonu	(n=5)	3.0 ± 1.4	4.5	1.4
Denklem 32b (barometre, sulu)		Ort. P (kbar)	Mak. P (kbar)	Min. P (kbar)
Kovanlık Plütonu	(n=5)	4.6 ± 1.4	6.2	3.0
Denklem 32d (termometre, susuz)		Ort. T (°C)	Mak. T (°C)	Min. T (°C)
Kovanlık Plütonu	(n=8)	1184 ± 58	1228	1088
Klinopiroksen-Tüm kayaç termobarometresi				
Denklem 30 (barometre)		Ort. P (kbar)	Mak. P (kbar)	Min. P (kbar)
Kovanlık Plütonu	(n=3)	7.2 ± 0.5	7.7	6.7
Denklem 33 (termometre)		Ort. T (°C)	Mak. T (°C)	Min. T (°C)
Kovanlık Plütonu	(n=8)	1199 ± 58	1259	1101

Ayrıca, Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabro örnekleri için Putirka (2008)'in önerdiği ortopiroksen-tüm kayaç termobarometresine göre hesaplanan sıcaklıklar; 1106-1151 °C (ort.= 1126 ± 15 °C) arasında değişirken, basınçlar ise; denklem 29a'ya göre 2.7-6.0 kbar (4.4 ± 1.1 kbar) arasında, denklem 29b'ye göre 2.2-4.5 kbar (3.4 ± 1.0 kbar) arasında değişmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Kovanlık Plütonu'na ait ortopiroksen-tüm kayaç bileşimleri kullanılarak Putirka (2008)'e göre hesaplanan sıcaklık (T, °C) ve basınçlar (P, kbar)

Ortopiroksen- Tüm kayaç termobarometresi			
	Putirka (2008) Denklem 28a (T, °C)	Putirka (2008) Denklem 29a (P, kbar)	Putirka (2008) Denklem 29b (P, kbar)
Kovanlık Plütonu (n=24)			
Ort.	1126 ± 15	4.4 ± 1.1	3.4 ± 1.0
Mak.	1151	6.0	4.5
Min.	1106	2.7	2.2

Putirka (2008) bir başka modelde ise iki piroksen (klinopiroksen-ortopiroksen) termometresini önermiştir. Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabro örnekleri için klinopiroksen-ortopiroksen termobarometresine göre hesaplanan sıcaklıklar; denklem 36'ya göre 820-947 °C (ort.= 903 ± 32 °C) arasında, denklem 37'ye göre 745-892 °C (ort.= 847 ± 40 °C) arasında değişirken, hesaplanan basınçlar ise; denklem 38'e göre 3.2-7.7 kbar (5.4 ± 1.6 kbar) arasında, denklem 39b'a göre 2.4-5.7 kbar (4.2 ± 1.0 kbar) arasında değişmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabroların iki piroksen (klinopiroksen-ortopiroksen) bileşimleri kullanılarak Putirka (2008)'e göre hesaplanan sıcaklıklar (T, °C) ve basınçlar (P, kbar)

İki piroksen (Klinopiroksen-Ortopiroksen) termobarometresi				
	Putirka (2008) Denklemler 36 (T, °C)	Putirka (2008) Denklemler 37 (T, °C)	Putirka (2008) Denklemler 38 (P, kbar)	Putirka (2008) Denklemler 39 (P, kbar)
Kovanlık Plütunu (n=12)				
Ort.	903 ± 32	847 ± 40	5.4 ± 1.6	4.2 ± 1.0
Mak.	947	892	7.7	5.7
Min.	820	745	3.2	2.4

3.4.4.3. Hornblend Termobarometresi

Kovanlık Plütunu'na ait hornblend gabroların içerdiği hornblendlerin jeotermobarometre hesaplamaları için hornblend mineral formülündeki toplam alüminyum (Al^T) esas alınmıştır.

Hammarstrom ve Zen (1986); kalk-alkalen karakterli plütonların (1.5-3 kbar ve 7-10 kbar aralığında) tahmini kristallenme basıncı ile hornblend mineralinin Al^T içeriği arasında bir model önermiştir. Buna göre hesaplanan basınçlar, 1.4-3.0 kbar (ort.= 2.0 ± 0.5 kbar) arasında değişmektedir (Tablo 4). Hollister vd. (1987); yine mineral içerisindeki Al^T miktarını dikkate alarak bir model önermişlerdir. Buna göre hesaplanan basınçlar, 1.0-2.4 kbar (ort.= 1.6 ± 0.5 kbar) arasında değişmektedir (Tablo 4). Johnson ve Rutherford (1989); hornblend içerisindeki toplam Al^T 'yi dikkate alarak, 2-8 kbar için yüksek sıcaklıklarda (740-780°C) denge halindeki solidus ilişkileri için CO_2-H_2O akışkan karışımını kullanarak hornblend barometresi önermişlerdir. Buna göre hesaplanan basınçlar, 1.2-3.0 kbar (ort.= 1.9 ± 0.6 kbar) arasında değişmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Kovanlık Plütunu hornblend gabrolarındaki hornblendler kullanılarak Hammarstrom ve Zen (1986), Hollister vd. (1987), Johnson ve Rutherford (1989) ve Schmidt (1992)'e göre hesaplanan basınçlar (P, kbar).

	Hammarstrom ve Zen (1986) (P1)	Hollister vd. (1987) (P2)	Johnson ve Rutherford (1989) (P3)	Schmidt (1992) (P4)
Kovanlık Plütunu (n=9)				
Ort. P (kbar)	2.0 ± 0.5	1.6 ± 0.5	1.9 ± 0.6	2.6 ± 0.5
Mak. P (kbar)	3.0	2.4	3.0	3.5
Min. P (kbar)	1.4	1.0	1.2	2.0

Schmidt (1992); hornblend minerali içerisindeki Al^T miktarını dikkate alarak önerdiği modele göre hesaplanan basınçlar; 2.0-3.5 kbar (ort.= 2.6 ± 0.5 kbar) arasında değişmektedir (Tablo 4). Blundy ve Holland (1990) ile Holland ve Blundy (1994) tarafından önerilen hornblend-plajiyoklas termometresi kullanılarak sıcaklık hesaplamaları yapılmıştır. Öncelikle, Tablo 4'te değişik araştırmacılar tarafından önerilen barometreler kullanılarak plüton için hesaplanan basınç ortalamaları dikkate alınmış ve Blundy ve Holland (1990)'e göre sıcaklıklar hesaplanmıştır. Buna göre; Tablo 4'deki basınçlar dikkate alındığında Kovanlık Plütonu hornblend gabroları için hesaplanan sıcaklıklar sırasıyla; P1 basıncına göre 748-822 °C (ort.= 788 ± 22 °C), P2 basıncına göre 751-824 °C (ort.= 790 ± 22 °C), P3 basıncına göre 755-831°C (ort.= 797 ± 23 °C), P4 basıncına göre 737-810°C (ort.= 777 ± 22 °C) arasında değişmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarındaki hornblendlerin Hammarstrom ve Zen (1986), Hollister vd. (1987), Johnson ve Rutherford (1989) ve Schmidt (1992)'e göre hesaplanan her bir basınç (P, kbar) değerinin ortalaması kullanılarak Blundy ve Holland (1990)'a göre hesaplanan sıcaklıklar (T, °C)

Blundy veHolland (1990), Hornblend-plajiyoklas termometresi				
	Hammarstrom ve Zen (1986)	Hollister vd. (1987)	Johnson ve Rutherford (1989)	Schmidt (1992)
Kovanlık Plütonu (n=9)	(P1 =2.0 kbar)	(P2 =1.6 kbar)	(P3 =1.9 kbar)	(P4 =2.6 kbar)
Ort. T (°C)	788 ± 22	790 ± 22	797 ± 23	777 ± 22
Mak. T (°C)	822	824	831	810
Min. T (°C)	748	751	755	737

Ayrıca, Holland ve Blundy (1994) tarafından önerilen hornblend-plajiyoklas termometresi kullanılarak 5 kbar basınç altında sıcaklık hesaplamaları yapılmıştır. Buna göre hesaplanan sıcaklık değerleri; 780-882 °C (ort.= 822 ± 33 °C) arasında değişmektedir (Tablo 6). Ridolfi vd. (2008, 2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012) tarafından önerilen termobarometrik modelde hornblend içeren kalk-alkalen kayaçlar için sıcaklık ve basınç hesaplamaları yapılabilmektedir. Önerilen bu termobarometrik model, kalk-alkalen magmaların jenetik koşulları hakkında bilgi sağlamaktadır (< 40 km ve < 10 kbar). Ridolfi vd. (2008, 2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012) tarafından önerilen hornblend termobarometresine göre incelenen Kovanlık Plütonu hornblend gabroları için basınç ve sıcaklık hesaplamaları yapılmış olup (Tablo 6), sırasıyla 0.8-1.4 kbar (ort.= 1.0 ± 0.2 kbar) ve 777-836°C (ort.= 801 ± 18 °C) arasında değişmektedir (Tablo 6).

Ridolfi ve Renzulli (2012)'ye göre hesaplanan basınç ve sıcaklık değerleri ise, 0.7-1.2 kbar (ort.= 0.9 ± 0.21 kbar) ve 704-785°C (ort.= 742 ± 22 °C) arasında değişmektedir (Tablo 6). Hornblendlerin Mg içeriğinden yararlanılarak kalk-alkalen magmaların bağlı oksijen fugasitesi (ΔNNO , nikel-nikel oksit) ve oksijen fugasitesi [$\log f(\text{O}_2)$] hakkında bilgi edinilebilmektedir (Ridolfi vd., 2008, 2010; Ridolfi ve Renzulli, 2012). Böylelikle, incelenen plütonik kayaların oksijen fugasitesi, ΔNNO ve $\text{H}_2\text{O}_{\text{ergiyik}}$ parametreleri de hesaplanarak magmatik koşulları hakkında bilgi edinilmiştir. Buna göre; Ridolfi vd. (2010) ve Wones (1989)'a göre hesaplanan oksijen fugasitesi değerleri sırasıyla, -12.8 ile -11.7 (ort.= -12.2 ± 0.4) ve -15.4 ile -13.2 (ort.= -14.1 ± 0.6) arasında değişmektedir (Tablo 6). Ridolfi vd. (2008, 2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012)'ye göre hesaplanan ΔNNO değerleri ise sırasıyla, 1.13-2.08 (ort.= 1.69 ± 0.28) ve -1.02 ile -0.04 (ort.= -0.43 ± 0.30) arasında değişmektedir (Tablo 6). Ridolfi vd. (2008, 2010)'ne göre hesaplanan H_2O içeriği ise, 4.48-7.67 (ort.= 5.19 ± 0.83) arasında değişmektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarındaki hornblendler kullanılarak (a) Holland ve Blundy (1994)'nin hbl-plj termometresine göre 5 kbar basınçta altında hesaplanan sıcaklık (T, °C) ile Ridolfi vd. (2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012)'nin hornblend termobarometresine göre hesaplanan sıcaklık (T, °C) ve basınçlar (P, kbar); (b) Wones (1989), Ridolfi vd. (2008, 2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012)'ye göre hesaplanan oksijen fugasitesi [$\log f(\text{O}_2)$], ΔNNO ve $\text{H}_2\text{O}_{\text{ergiyik}}$ (%ağ.) değerleri

a	Holland ve Blundy (1994), Hbl-Plj termometresi (Hesaplamalarda basınç (P) 5 kbar alınmıştır)	Ridolfi vd. (2010), Hornblend termobarometresi (kalk-alkalen magmalar)		Ridolfi ve Renzulli (2012), Hornblend termobarometresi (kalk-alkalen magmalar)	
		Basınç (P, kbar)	Sıcaklık (T, °C)	Basınç (P, kbar)	Sıcaklık (T, °C)
Kovanlık Plütonu	(n=14)	(n=14)	(n=14)	(n=14)	(n=14)
Ort. T (°C)	822 ± 33	1.0 ± 0.2	801 ± 18	0.9 ± 0.1	742 ± 22
Mak. T (°C)	882	1.4	836	1.2	785
Min. T (°C)	780	0.8	777	0.7	704
b	Wones (1989)	Ridolfi vd. (2008, 2010)		Ridolfi ve Renzulli (2012)	
	Oksijen fugasitesi $\log f(\text{O}_2)$	ΔNNO	Oksijen fugasitesi $\log f(\text{O}_2)$	$\text{H}_2\text{O}_{\text{ergiyik}}$ (%ağ.)	ΔNNO
Kovanlık Plütonu	(n=9)	(n=14)	(n=14)	(n=14)	(n=14)
Ort.	-14,1 ± 0.6	1.69 ± 0.28	-12,2 ± 0.4	5.19 ± 0.83	-0.43 ± 0.30
Mak.	-13.2	2.08	-11.7	7.67	-0.04
Min.	-15.4	1.13	-12.8	4.48	-1.02

*** Wones (1989)'un oksijen fugasitesi $\log f(\text{O}_2)$ hesaplamasında kullanılan basınç (P, kbar) değerleri Schmidt (1992)'e göre, sıcaklık (T, °C) değerleri ise Blundy ve Holland (1990)'a göre hesaplanan değerleridir.

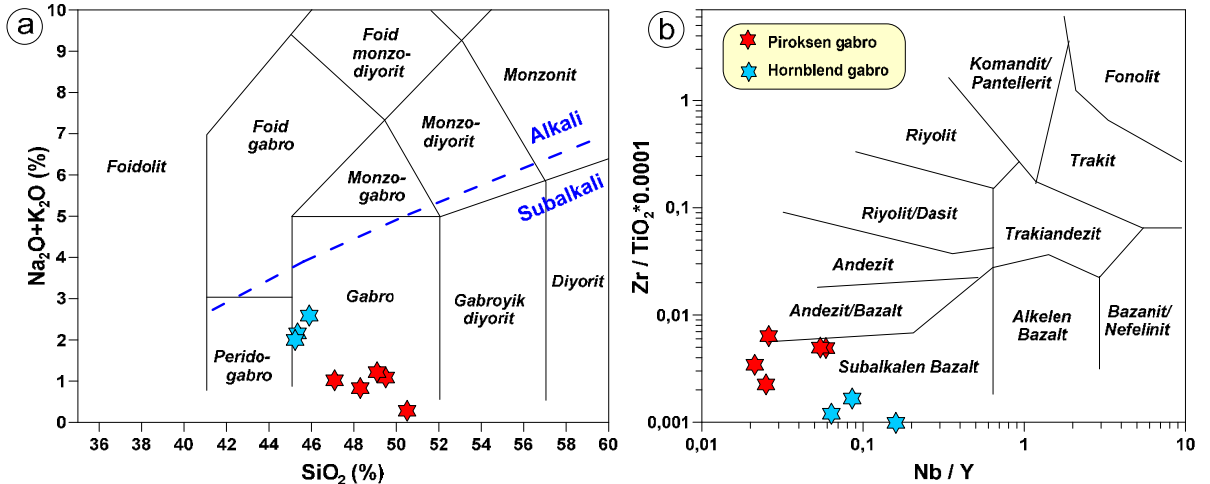
3.4.5. Jeokimya

Bu bölümde Kovanlık Plütönu'nu oluşturan kayaların tüm-kayaç ana oksit, iz ve nadir toprak element ve Sr-Nd izotop analizleri değerlendirilmiştir.

3.4.5.1. Kimyasal Adlandırma

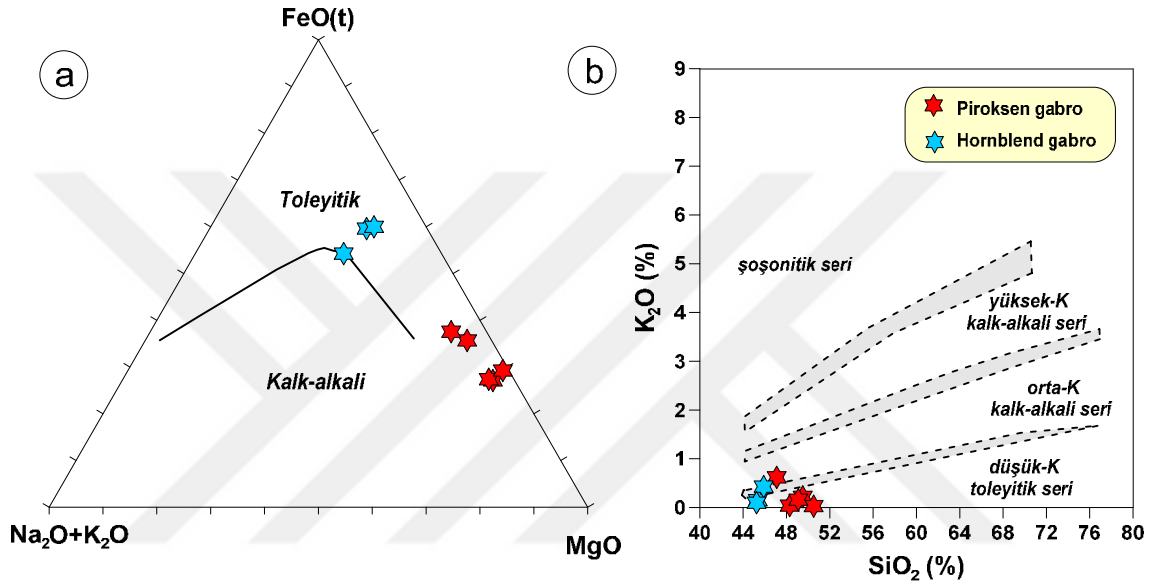
Kovanlık Plütönu'nu oluşturan kayaların kimyasal sınıflandırması ve adlandırmasında plütönik kayalar için birçok araştırmacı tarafından değişik parametrelere bağlı olarak önerilen sınıflama diyagramları kullanılmıştır.

İncelenen gabroyik kayaç örnekleri, Middlemost (1994)'un ana oksitlere dayanan TAS (Toplam alkali –silis) sınıflama diyagramına aktarıldığında, Kovanlık Plütönu'na ait örneklerin gabro alanında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 24a, Ek Tablo 8). Yine bu diyagram üzerinde Miyashiro (1978)'nin alkali-subalkali ayırımına göre; bu örneklerin subalkali karaktere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 24a). Ayrıca, Kovanlık Plütönu'na ait örneklerin Pearce (1996)'ın $Zr/TiO_2 \cdot 0.0001$ karşı Nb/Y diyagramında ise örneklerin hemen hemen tümü subalkalen bazalt alanında yer almaktadırlar (Şekil 24b).



Şekil 24. Kovanlık Plütönu'nu oluşturan kayaların (a) Na_2O+K_2O (%) karşı SiO_2 (%) (TAS, Middlemost, 1994), (b) $Zr/TiO_2 \cdot 0.0001$ karşı Nb/Y (Winchester ve Floyd, 1977'den revize edilmiş Pearce, 1996) sınıflama diyagramları (Alkali-subalkali ayırım çizgisi, Miyashiro (1978)'e göredir).

İncelenen gabroyik kayaç örnekleri; Irvine ve Baragar (1971)'e göre toleyitik-kalkalkali ayrım eğrisinin kullanıldığı $\text{FeO(t)}-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{MgO}$ üçgen (AFM) diyagramına aktarıldığında (Şekil 25a), piroksen gabro örneklerinin toleyitik, hornblend gabro örneklerinin ise toleyitik-kalkalkali geçiş karakterli olduğu görülmektedir (Şekil 25a). Ayrıca, Le Maitre vd. (2002)'nin SiO_2 (%) karşı K_2O (%) diyagramına göre, örneklerin düşük-K'lı toleyitik karakterli olduğu görülmektedir (Şekil 25b).



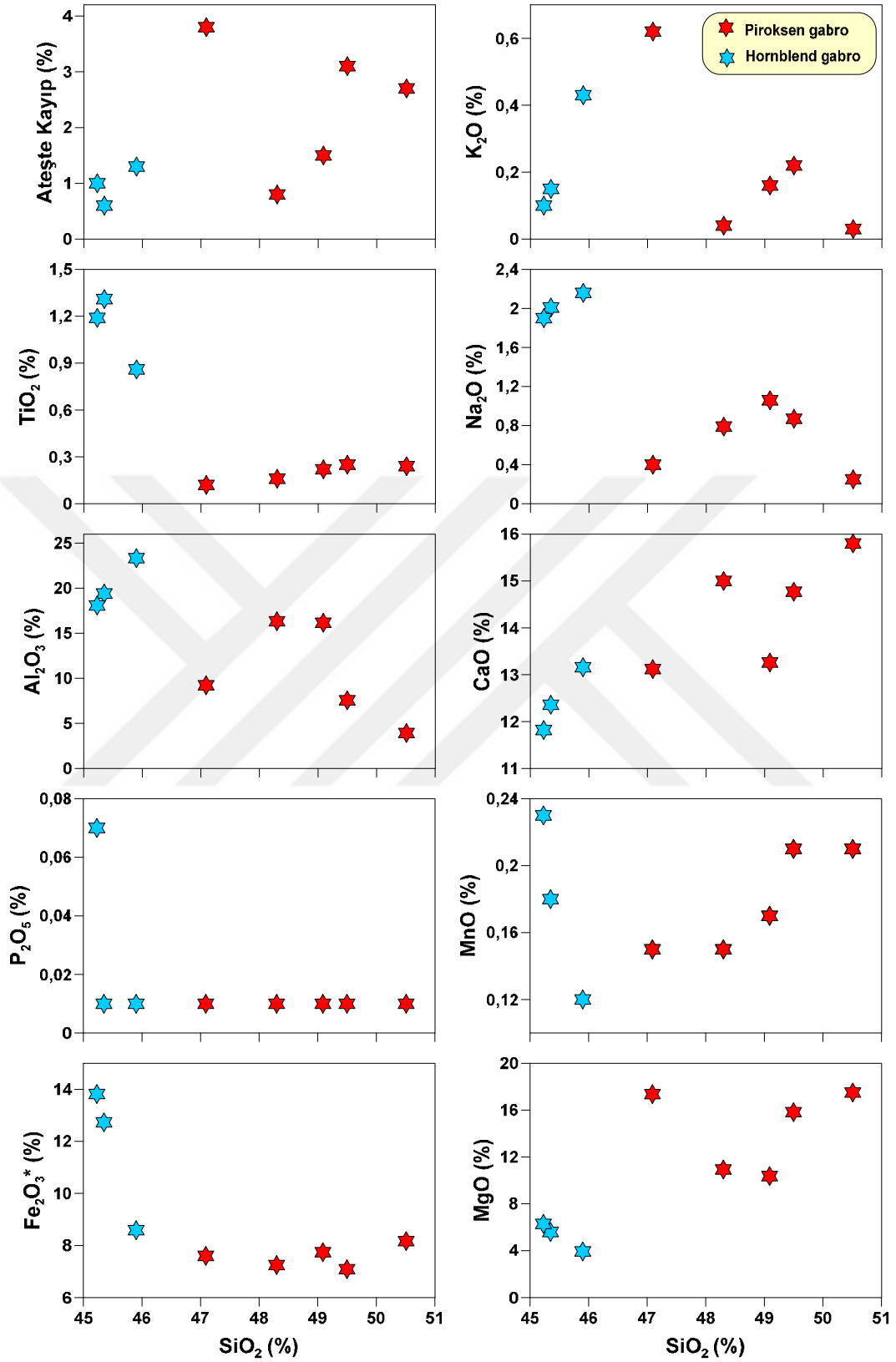
Şekil 25. Kovanlık Plütönu'nu oluşturan kayaçların, (a) AFM diyagramı (toleyitik-kalkalkali eğrisi, Irvine ve Baragar, 1971'e göredir), (b) SiO_2 (%) karşı K_2O (%) diyagramı (Le Maitre vd., 2002).

3.4.5.2. Ana Oksit ve İz Element Değişimleri

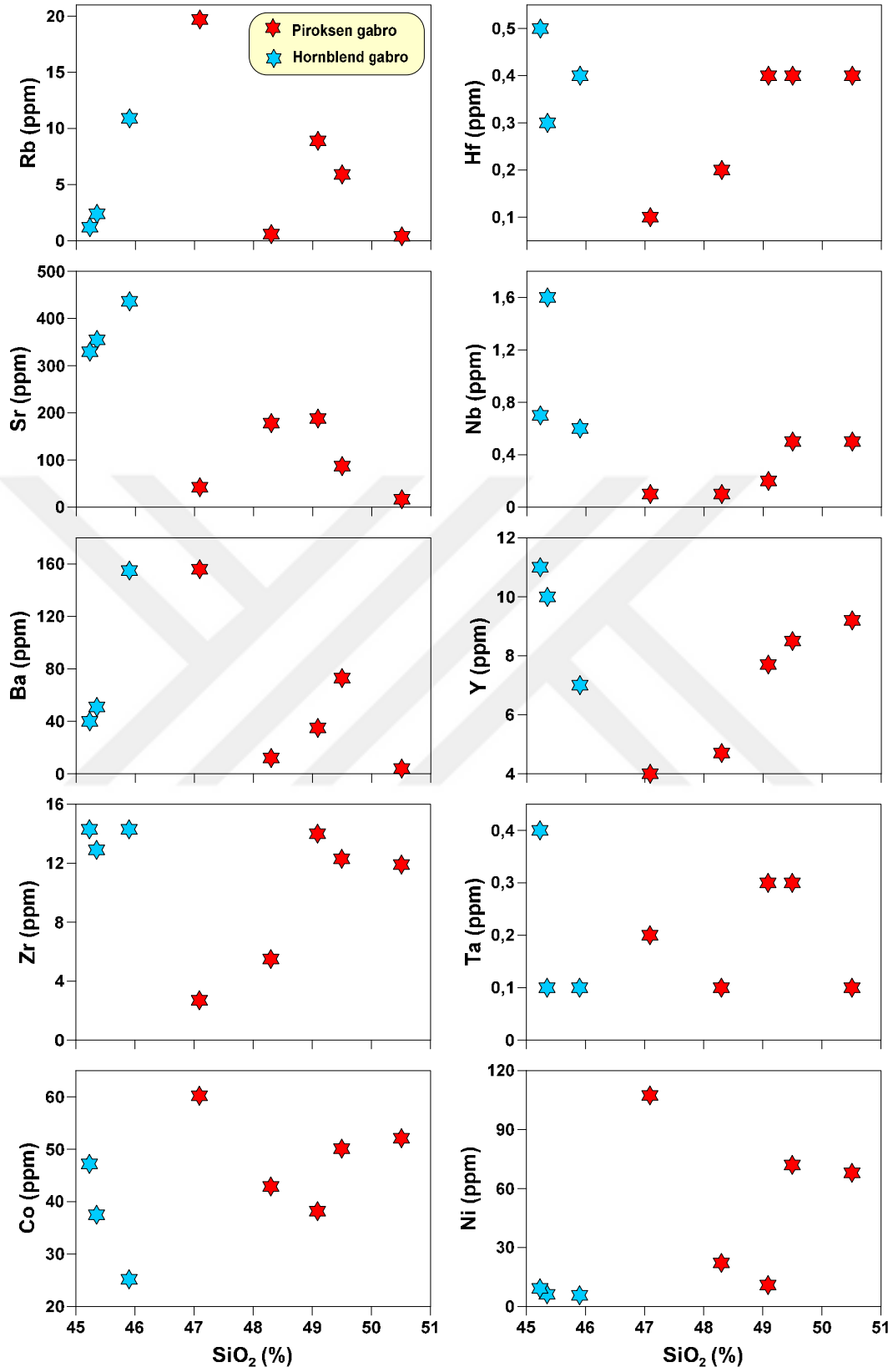
İncelenen Kovanlık Plütönu örneklerinin SiO_2 (%)'ye karşı çizilen ana oksit (Şekil 25) ve iz elementlerde (Şekil 26) görülen düzgün değişimler, genel olarak ana mineral fazlarının kristallenmeleriyle ilişkilidir. Harker diyagramlarında gözlenen pozitif ilişki, bu elementlerin muhtemelen kirlenme $\pm$ magma karışımı nedeniyle zenginleştiklerini göstermektedir. Negatif ilişki ise ana mineral fazlarının ayrımlaşması ile açıklanmaktadır. Ayrıca, pozitif ve/veya negatif yönsemelerin tam doğrusal olmayıp, parabolik eğriler çizmesi alterasyondan ziyade, mineral fazlarının ayrımlaşmada etkili olup olmamasıyla ilişkilendirilmektedir.

Kovanlık Plütunu'nu oluşturan piroksen gabro örnekleri, SiO_2 artışıyla; TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3^* , MgO , MnO , CaO , Zr , Hf , Nb , Y , Co ve Ni içerikleri artarak düzgün pozitif bir ilişki, K_2O , Rb ve Ba içerikleri azalarak düzgün negatif bir ilişki, Al_2O_3 , Na_2O ve Sr içeriklerinde ise ilk önce bir artışla pozitif daha sonra bir azalma ile negatif bir ilişki göstermektedir (Şekil 26 ve 27). Bu özellikler, piroksen gabroların gelişiminde klinopiroksen + ortopiroksen $\pm$ plajiyoklas $\pm$ Fe-Ti oksit ayrışmasının etkili olduğunu ifade etmektedir.

Kovanlık Plütunu'nu oluşturan hornblend gabro örnekleri, SiO_2 artışıyla; Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , Rb , Sr , Ba ve Zr içerikleri artarak düzgün pozitif bir ilişki, TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3^* , MgO , MnO , Y , Co ve Ni içerikleri azalarak düzgün negatif bir ilişki göstermektedir (Şekil 26 ve 27). Bu özellikler, hornblend gabroların gelişiminde ise plajiyoklas $\pm$ hornblend $\pm$ Fe-Ti oksit ayrışmasının etkili olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 26. Kovanlık Plütunu'nu oluşturan kayaçların SiO_2 (%)'ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları.

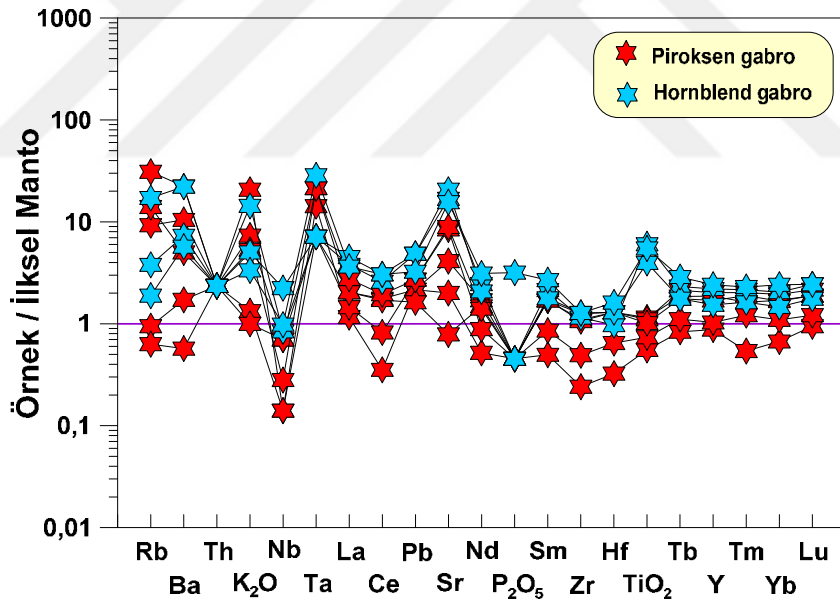


Şekil 27. Kovanlık Plütünü'nu oluşturan kayaların SiO_2 (%)'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları.

3.4.5.3. Uyumsuz Elemet Değişimleri

İncelenen Kovanlık Plütunu'nu oluşturan kayaçların iz element içeriklerinin İlkse Manto'ya (Şekil 28) göre normalize (Sun ve McDonough, 1989) edilerek oluşturulan dağılım diyagramlarıyla bu kayaçların ana magma özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Piroksen gabro ve hornblend gabro örneklerinin iz element dağılım diyagramlarına bakıldığında; Sr, K₂O, Rb, Ba ve Ta konsantrasyonları bakımından az zenginleşme ve Nb, Zr, Th, La ve Ce içerikleri bakımından fakirleşme ile birbirine benzer yataya yakın bir yönseme göstermektedirler (Şekil 28, Ek Tablo 8).

Piroksen gabro ve hornblend gabroların sunduğu farklı zenginleşme ve fakirleşmeler, (a) benzer ana magmanın (ların) farklı derecedeki yitimle ilişkili akışkan $\pm$ ergiyik zenginleşmesi, (b) benzer ana magmanın (ların) kabuk magma odalarındaki farklı ayrımlaşma $\pm$ asimilasyon yolları ile açıklanabilir.

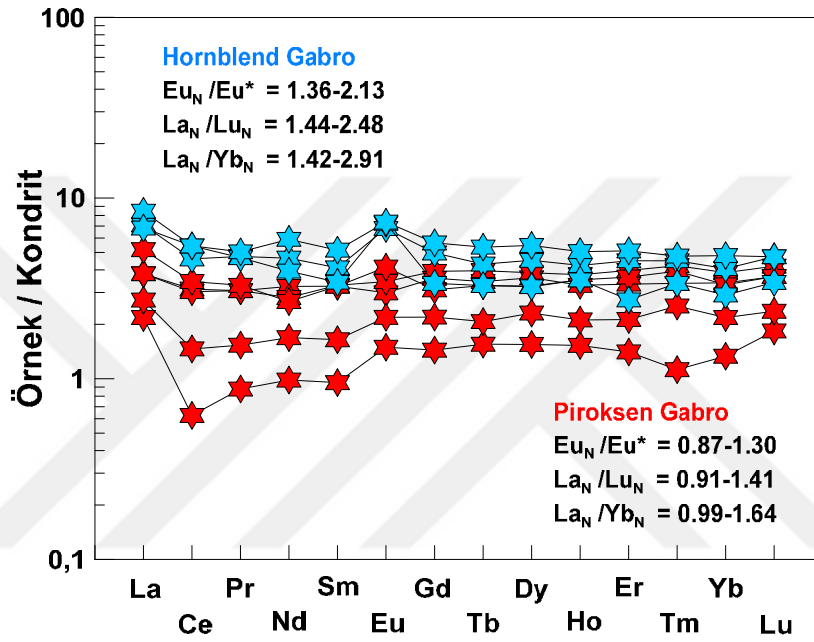


Şekil 28. Kovanlık Plütunu'nu oluşturan kayaçların ilksel manto'ya göre normalize edilmiş iz element dağılımları (Normalize değerleri, Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır).

3.4.5.4. Nadir Toprak Elemet Değişimleri

İncelenen kayaçların kondrite normalize (Taylor ve McLennan, 1985) edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları Şekil 28'de verilmiştir.

NTE dağılım diyagramlarında, piroksen gabro ve hornblend gabro örnekleri birbirine benzer yataya yakın dağılım sunmakta olup (Şekil 29), genel olarak hornblend gabro örnekleri göreceli olarak daha fazla zenginleşmiş dağılım sunarlar. Kovanlık Plütunu'na ait piroksen gabro örneklerinin La_N/Lu_N oranı 0.91-1.41, La_N/Yb_N oranı 0.99-1.64 arasında değişirken, hornblend gabro örneklerinin La_N/Lu_N oranı 1.44-2.48, La_N/Yb_N oranı ise 1.42-2.91 arasında değişmektedir (Şekil 29, Tablo 8).



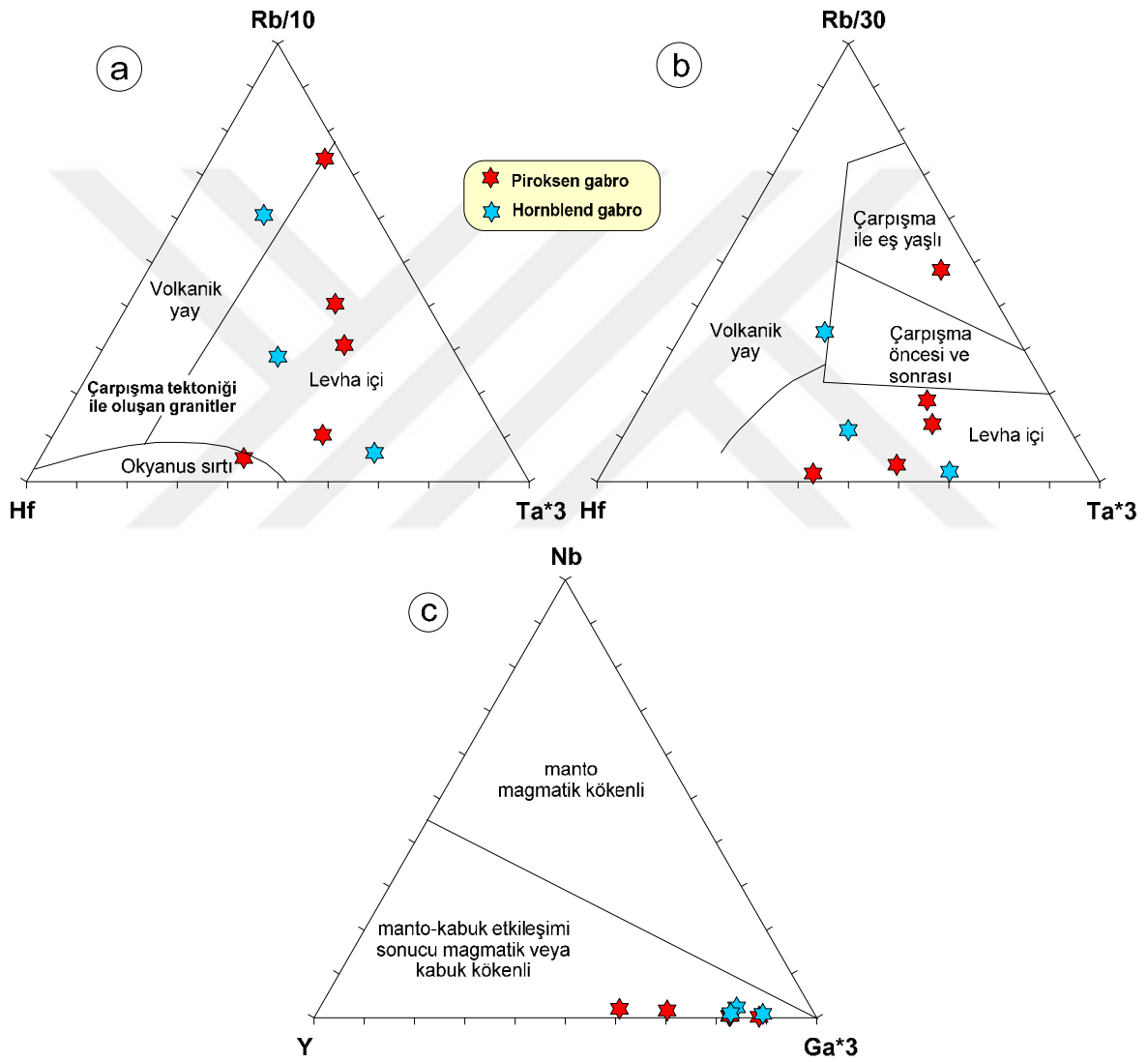
Şekil 29. Kovanlık Plütunu'nu oluşturan kayaçların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Normalize değerler, Taylor ve McLennan (1985)'dan alınmıştır).

İncelenen kayaçların NTE dağılımlarına bakıldığında, piroksen gabro (KV-2: 0.87 ve KV-9: 0.96 örnekleri hariç) ve hornblend gabro örneklerinde gözlenen pozitif Eu anomalisi, bu kayaçların gelişiminde plajiyoklas birikimini ifade etmektedir (Şekil 28). Piroksen gabro örneklerinde Eu_N/Eu^* oranı 0.87-1.30 arasında değişirken, hornblend gabro örneklerinde ise 1.36-2.13 arasında değişmektedir (Şekil 28, Ek Tablo 8).

3.4.5.5. Magma-Tektonik Ortam Ayrımı

İncelenen kayaçların magma-tekttonik ortamlarını belirlemek için plütönik kayaçlar için geliştirilen bazı ayırtman diyagramları kullanılmıştır.

Piroksen gabro ve hornblend gabro örnekleri; Harris vd. (1986)'nin Rb/10-Hf-Ta*3 üçgen diyagramına göre çoğunlukla levha içi alanında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 30a). Yine, Harris vd. (1986)'nin Rb/30-Hf-Ta*3 üçgen diyagramına göre, piroksen gabro ve hornblend gabro örneklerinin levha içi alanına düşmektedir (Şekil 30b). Eby (1992)'nin Nb-Y-Ga*3 diyagramına göre, örneklerinin tümü manto-kabuk etkileşimi sonucu magmatik veya kabuk kökenli alanda yer almaktadırlar (Şekil 30c).



Şekil 30. Kovanlık Plütönu'nu oluşturan kayaların magma-tektonik ortam ayırım diyagramları; (a) Rb/10-Hf-Ta*3 (Harris vd., 1986), (b) Rb/30-Hf-Ta*3 (Harris vd., 1986) ve (c) Nb-Y-Ga*3 (Eby, 1992) üçgen diyagramları.

3.4.6. Sr ve Nd İzotopları

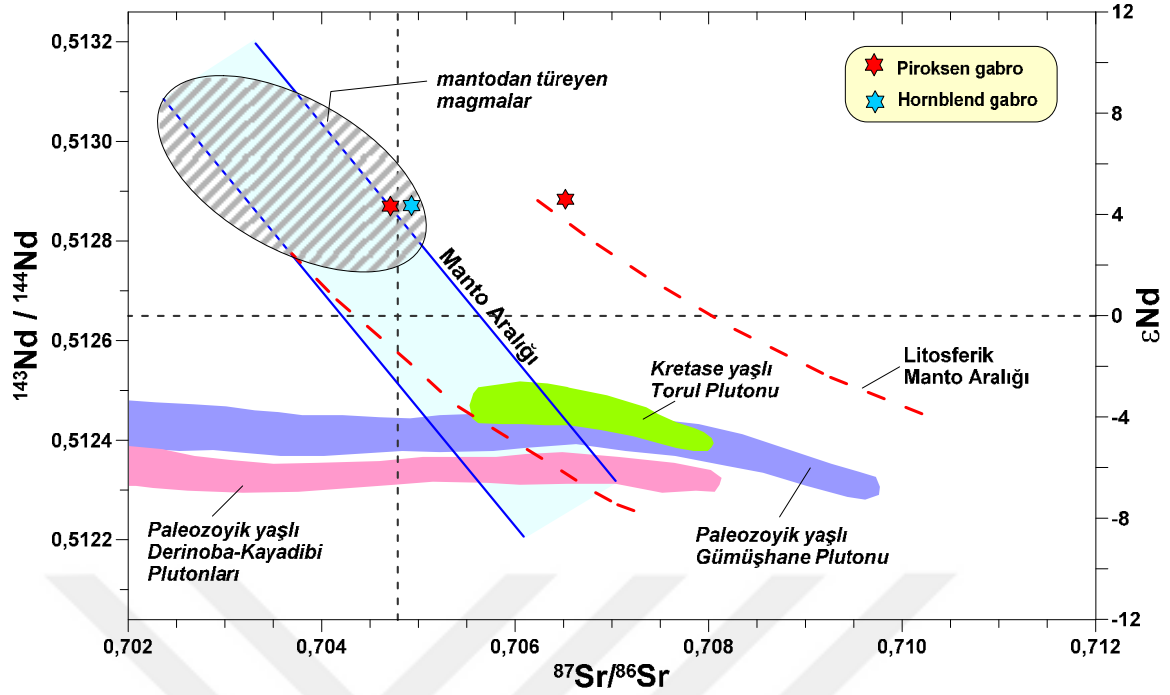
İncelenen kayaçların Sr- ve Nd- izotopik oranları göz önüne alındığında, bunların ϵNd değerlerinin genel olarak dar bir aralıkta değiştiği gözlenmiştir (Şekil 31, Tablo 7). Bu izotopik oranlar, litosferik manto aralığı içerisinde yer almakta olup, manto-kabuk sınırındaki kaynak alanlarını yansıtmaktadır.

Piroksen gabro örneklerinin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları 0.70471 ile 0.70652 arasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranı 0.512870 ile 0.512884 arasında ve ϵNd değerleri ise +4.53 ile +4.80 arasında değişirken, hornblend gabro örneğinin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı 0.70493, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranı 0.512871 ve ϵNd değeri ise +4.55'dir (Şekil 31; Tablo 7). Piroksen gabrolara ait KV-2 nolu örnekte Sr izotopik zenginleşmesi gözlenmektedir. Bu durum, plütonun kenar fasiyeslerinde ve yan kayaçla olan dokanaklarındaki kırık ve çatlaklarında az da olsa gözlenen silisleşme, karbonatlaşma ve epidotlaşma ile açıklanabilir. İncelenen gabroyik kayaçların düşük $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları ve pozitif (+) ϵNd değerleri, ana magmalarının tüketilmiş bir manto kaynağından türediğine ve/veya tüketilmiş bir mantodan türeyen en son üye olduklarına işaret etmektedir. Nispeten yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları ve pozitif (+) ϵNd değerleri ise yiten kabuk malzemesinin karışımı ile zenginleşmiş bir manto kaynağından tündüklerini, bir başka deyimle manto kaynağındaki kabuk bileşeni katkısını (kabuk katkısıyla zenginleşmiş bir manto kaynağı; Faure ve Mensing, 2005) işaret etmektedir.

Tablo 7. Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabro ve hornblend gabroların Sr-Nd izotop bileşimleri ve hesaplanan ϵNd ve model yaşları.

KOVANLIK PLÜTONU	Sr İzotopik Verileri								
	Örnek No	SiO ₂ (%)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	±2σ _m		
	Piroksen gabro	KV-2	49.50	5.9	87.1	0.195963	0.706519	±17	
	Piroksen gabro	KV-11	49.09	8.9	188.0	0.136929	0.704710	±15	
	Hornblend gabro	KV-4	45.90	10.9	436.4	0.072246	0.704928	±9	
	Nd İzotopik Verileri								
	Örnek No	Sm (ppm)	Nd (ppm)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	±2σ _m	εNd	T _{DM} (My)	
	Piroksen gabro	KV-2	0.75	2.3	0.197154	0.512884	±6	4.80	1857
	Piroksen gabro	KV-11	0.75	1.9	0.238660	0.512870	±2	4.53	-2201
	Hornblend gabro	KV-4	0.79	2.8	0.170585	0.512871	±3	4.55	882

Not: ϵNd değerleri, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.512638$ oranı (Jacobsen ve Wasserburg, 1980) kullanılarak; Nd-model yaşları (T_{DM}) tüketilmiş manto (DM)'nin günümüz $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.513151$ ve $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0.219$ oranları (Liew ve Hofmann, 1988) kullanılarak hesaplanmıştır. Standard hatalar ($\pm 2\sigma_m$) son bir veya iki basamağa aittir (ör: $\pm 0,000005$ veya $\pm 0,000017$).



Şekil 31. Kovanlık Plütönu kayaçlarının $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ karşı $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ diyagramı ve Doğu Pontidler'deki diğer Kretase ve Paleozoyik yaşı plütönlr ile karşılaştırılması. Mantodan türeyen magmaların alanı, Manto aralığı, Hart (1984, 1988) ve Hawkesworth vd. (1984)'ne, litosferik manto aralığı ise Davies ve Von Blanckenburg (1995)'a göre'dir. Doğu Pontidler'deki bileşimsel alanlar; Torul Plütönu Kaygusuz vd. (2008, 2010)'den, Derinoba-Kayadibi Plütönlr Kaygusuz vd. (2012)'den ve Gümüşhane Plütönu Topuz vd. (2010)'den alınmıştır.

4. İRDELEME VE TARTIŞMA

4.1. Üst Kretase Plütonlarının Jeokronolojisi

Doğu Pontidler’de, plütonik kayaçlar Paleozoyik’den Tersiyer sonuna kadar geniş bir yaş aralığına sahiptirler ve başlıca gabrodan granite kadar değişen türdeki bazik ve asidik bileşimli kayaçlardan oluşurlar. Bu irili ufaklı plütonlar; Permo-Karbonifer, Geç Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca 3 zaman periyodunda sokulum yapmışlardır (bkz. Şekil 2b). Bunlardan Permo-Karbonifer yaşlı Gümüşhane (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2010) ve Köse (Dokuz, 2011) granitoidleri metamorfik kayaçları keserek yerleşmiştir. Geç Kretase granitoidleri, yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayaçlarla dokanak ilişkisindedir (JICA, 1986; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Yılmaz-Şahin vd., 2004; Karşlı vd., 2010a; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011; Karşlı vd., 2012a; Kaygusuz vd., 2013, 2014). Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitoidleri ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2002; Arslan ve Aslan, 2006; Karşlı vd., 2007; 2011, 2012b; Temizel, 2014; Temizel vd., 2014; Kaygusuz ve Öztürk, 2015).

Doğu Pontidler’de, plütonik kayaçların yaşları ile ilgili yapılan radyometrik çalışmalar sınırlı olup (Şekil 2b; Tablo 8), pek çok plütonun yaşı dokanak ilişkileri, stratigrafik kriterler ya da biyostratigrafik verilerle göreceli olarak saptanmaya çalışılmıştır. Ancak, bölgedeki kayaçların deformasyona uğramış olmaları ya da dokanak ilişkilerinin iyi gözlenememesi, tüm bu verilerin elde edilmelerini zorlaştırmıştır. Ayrıca 2000’li yıllardan önce yapılmış olan radyometrik yaşlandırmaların büyük bir kısmı Rb-Sr ve K-Ar tüm kayaç yöntemi ile 2000’li yıllardan sonra ise Ar-Ar ve U-Pb yöntemi ile elde edilmiştir (Tablo 8). Bu nedenle bölgede yaygın olarak gözlenen plütonik kayaçların (keza volkanik kayaçların) radyometrik verilerle yaşlarının saptanması, Üst Kretase magmatizmasının jeodinamik gelişimi hakkında elde edilecek bulgular için oldukça önemlidir.

Doğu Pontidler’de, Mesozoyik yaşlı plütonik kayalardan şimdiye kadar elde edilen radyometrik yaşlar (U-Pb, U/Th-Pb, Rb-Sr, K-Ar, Ar-Ar, Fizyon-izi gibi) esas alındığında, plütonizmanın 139 ile 57 My arasında değiştiğini göstermektedir (Şekil 2b; Tablo 8).

Geç Kretase yaşlı plütonik kayalar, Doğu Pontidler’in güney kısmında ve kuzey-güney geçişinde yaygın olarak gözlenirken kuzey kısmında yaygın yüzeyleme vermemektedirler. Değişik boyutlara (1 km²’den 90 km²’ye kadar) sahip olan bu kayalar, genellikle KD-GB yönünde uzanım gösterirler. Pontid magmatik yayında, yitimin etkisiyle oluşan kırık tektoniği granitik plütonların yerleşimlerinde büyük rol oynamıştır (Gedikoğlu, 1978). Bölgede gözlenen Kretase granitlerinin yaş ilişkileri çoğunlukla tartışmalı olup, çok az plütonun yaşı radyometrik verilerle belirlenmiştir (Şekil 2b) Bu sokulumlara; Rize-İkizdere Plütonu (Taner, 1977; Yılmaz, 1977; Moore vd., 1980), Harşit Granitoidi (Gedikoğlu, 1978), Dereli-Şebinkarahisar Plütonları (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Boztuğ vd., 2004; Yılmaz-Şahin vd., 2004); Boğalı İntrüzyonu (Yılmaz-Şahin, 2005), Kaçkar Batoliti (Boztuğ vd., 2006, 2007), Dağbaşı Plütonu (Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2010), Sariosman Plütonu (Kaygusuz vd., 2009), Harşit Plütonu (Karlı vd., 2010a), Torul Plütonu (Kaygusuz vd., 2008, 2010), Köprübaşı İntrüzyonu (Kaygusuz ve Şen, 2011), Pınallı İntrüzyonu (Karlı vd., 2012a), Turnagöl İntrüzyonu (Kaygusuz vd., 2013), Camiboğazı İntrüzyonu (Kaygusuz vd., 2014) örnek olarak verilebilir (Şekil 2b; Tablo 8).

Önceki çalışmalarda herhangi bir jeokronolojik veri olmamasına rağmen arazi gözlemlerine ve stratigrafik ilişkilere dayanılarak incelenen plütonun yaşı Geç Kretase-Paleosen-Eosen olarak kabul edilmiştir. Bu öncel çalışmalarda; Kovanlık Plütonu’nun yaşı, Gülibrahimoğlu vd. (1987) tarafından Eosen, Güven (1993) tarafından Geç Kretase-Paleosen, MTA (2002) ve (2013a) tarafından ise sırasıyla Paleosen-Eosen ve Eosen olarak kabul edilmiştir. Ancak, bu gabroyik kayalarda zirkon minerali üzerinde gerçekleştirilen LA-ICP-MS U-Pb yaşlandırması da 89.8-93.3 My (Troniye) vermiştir (sözlü görüşme, Doç. Dr. İrfan TEMİZEL, 2017).

Tablo 8. Doğu Pontidler'deki Kretase yaşlı sokulumlardan elde edilmiş radyometrik yaşlar.

Lokasyon	Kayaç türü	Yaş (My)	Yaşlandırma Metodu	Referanslar
Dereli	Monzonit	127	U/(Th-Pb)	Delaloye vd. (1972)
Dereli	Monzonit	108	U/(Th-Pb)	Delaloye vd. (1972)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	127	K/Ar	Giles (1974)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	132	K/Ar	Giles (1974)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	63.3±0.4	K/Ar	Taner (1977)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	65.1±0.6	K/Ar	Taner (1977)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	67.5±0.4	K/Ar	Taner (1977)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	70.6±0.5	K/Ar	Taner (1977)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	75.4±0.5	K/Ar	Taner (1977)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	78.9±0.5	K/Ar	Taner (1977)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	80.7±0.6	K/Ar	Taner (1977)
Kaçkar Batoliti	Tonalit	128.3±1.8	K/Ar	Taner (1977)
Kaçkar Batoliti	Tonalit	131.0±2.4	K/Ar	Taner (1977)
Harşit	Granodiyorit	115±9	K/Ar	Gedikoğlu (1979)
Harşit	Granodiyorit	65±3	K/Ar	Gedikoğlu (1979)
Harşit	Granodiyorit	94±5	K/Ar	Gedikoğlu (1979)
Gümüşhane	Granodiyorit	107	K/Ar	Moore vd. (1980)
Kaçkar Batoliti (İkizdere)	Granodiyorit	79.3±1.0	K/Ar	Moore vd. (1980)
Kaçkar Batoliti	Granodiyorit	62.4±4.2	K/Ar	Moore vd. (1980)
Dereli	Granodiyorit	78.3±1.5	K/Ar	Moore vd. (1980)
Dereli	Granodiyorit	71.4±1.0	K/Ar	Moore vd. (1980)
Dereli	Granodiyorit	74.0±2.0	K/Ar	Moore vd. (1980)
Dereli	Granodiyorit	75.2±1.5	K/Ar	Moore vd. (1980)
Dereli	Granodiyorit	84.0±1.6	K/Ar	Moore vd. (1980)
Dereli	Granodiyorit	84.2±3.2	K/Ar	Moore vd. (1980)
Torul	Granodiyorit	72.1±3.1	K/Ar	JICA (1986)
Sarıhan (Bayburt)	Granodiyorit	66	Rb/Sr	Aslan (1998)
Şebinkarahisar	Kuvars siyenit	69.9±2.7	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Şebinkarahisar	Kuvars siyenit	80.7±3.2	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Şebinkarahisar	Kuvars siyenit	62.4±2.5	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Şebinkarahisar	Kuvars siyenit	73.6±2.9	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Gökçebel (Alucra)	Siyenit	69.4±2.7	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Tamdere (Şebinkarahisar)	Kuvars siyenit	64.6±2.3	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Boğalı (Araklı, Trabzon)	Monzogranit	75.7±1.55	K/Ar (hornblend)	Yılmaz-Şahin (2005)
Boğalı (Araklı, Trabzon)	Monzogranit	61.4±1.47	K/Ar (hornblend)	Yılmaz-Şahin (2005)
Boğalı (Araklı, Trabzon)	Monzogranit	64.2±1.72	K/Ar (hornblend)	Yılmaz-Şahin (2005)
Araklı Güneyi	Granodiyorit	138.5±2.2	K/Ar	Boztuğ ve Harlavan (2008)
Çamlıkaya (Kaçkar)	Granodiyorit	112.4±1.6	FT (titanit)	Boztuğ vd. (2007)
Sırtıyayla (Kaçkar)	Monzogranit	57.1±1.2	FT (titanit)	Boztuğ vd. (2007)
Torul	Siyenogranit	77.9±0.3	Rb/Sr	Kaygusuz vd. (2008)
Dağbaşı	Tonalit	88.1±1.7	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Aydınçakır (2009)
Dağbaşı	Granodiyorit	86.0±2.0	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Aydınçakır (2009)
Dağbaşı	Monzogranit	82.9±1.3	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Aydınçakır (2009)
Sarıosman (Torul kuzeyi)	Monzogranit	82.7±1.5	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2009)
Harşit	Tonalit	79.7±0.75	Ar-Ar (hornblend)	Karslı vd. (2010a)
Torul	Bi.hbl. monzogranit	80.1 ± 1.6	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2010)
Torul	Kuvarsmonzodiyorit	79.8 ± 1.2	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2010)
Torul	Kuvarsmonzonit	78.8 ± 1.2	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2010)
Köprübaşı	Granodiyorit	79.3±1.4	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Şen (2011)
Pırnallı	Kuvars monzonit	81.2±1.0	U-Pb (zirkon)	Karslı vd. (2012a)
Turnagöl	Granodiyorit	78.07±0.73	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2013)
Camiboğazı	Diyorit	76.21±0.79	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2014)
Camiboğazı	Monzonit	75.04±0.83	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2014)
Camiboğazı	Monzodiyorit	75.65±0.50	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2014)
Camiboğazı	Granit	74.73±0.86	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2014)

4.2. Kovanlık Plütonu'nun Petrojenezi

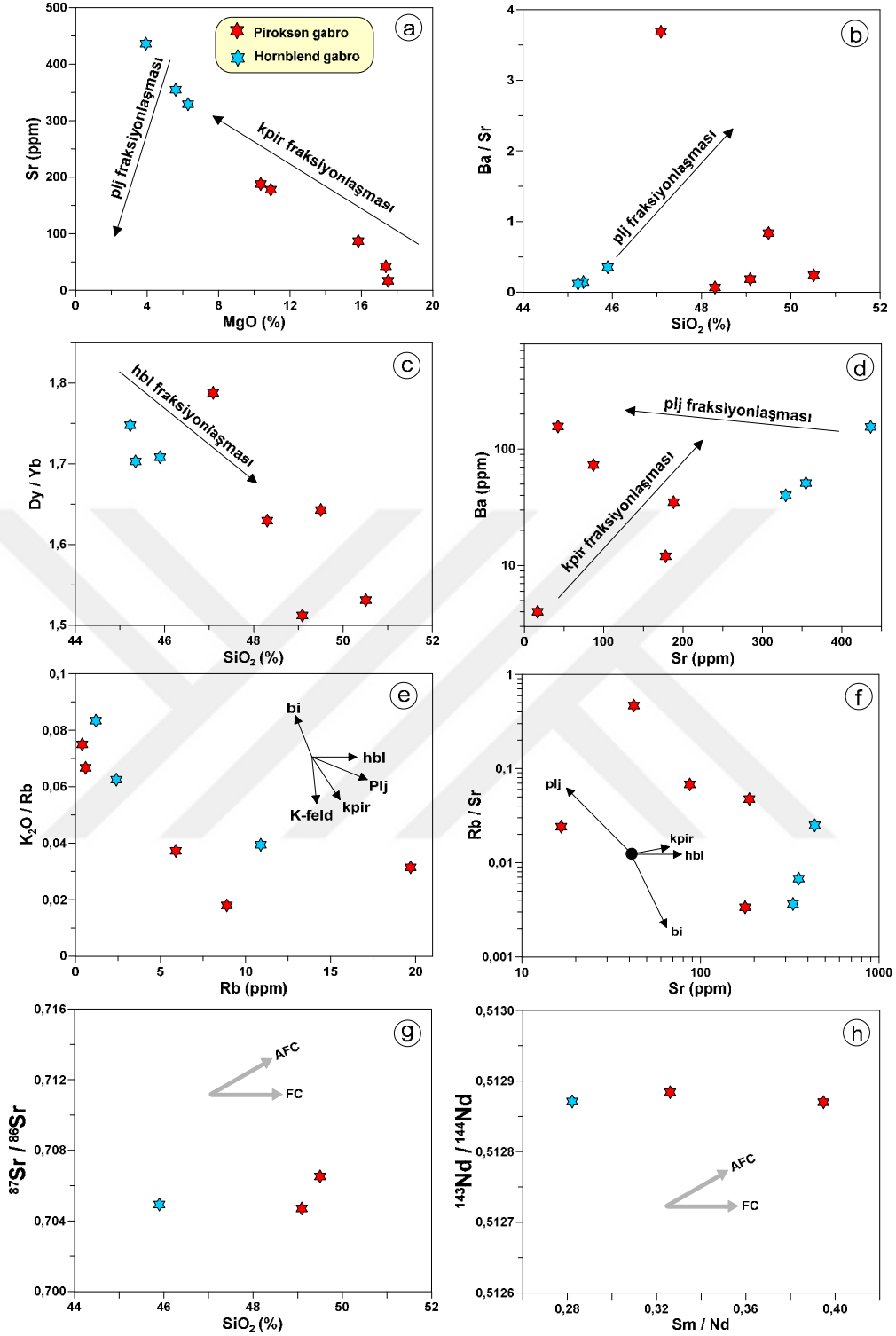
4.2.1. Fraksiyonel Kristallenme (FC)

İncelenen Kovanlık Plütonu kayaçlarının harker diyagramlarındaki ana ve iz element değişimlerinde gözlenen korelasyonlar (bkz. Şekil 26 ve Şekil 27), kayaçların gelişiminde ayrımlaşmanın önemli rol oynadığını göstermektedir.

Kovanlık Plütonu'nu oluşturan piroksen gabro örnekleri, SiO_2 artışıyla; TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3^* , MgO , MnO , CaO , Zr , Hf , Nb , Y , Co ve Ni içerikleri artarak düzgün pozitif bir ilişki, K_2O , Rb ve Ba içerikleri azalarak düzgün negatif bir ilişki, Al_2O_3 , Na_2O ve Sr içeriklerinde ise ilk önce pozitif daha sonra negatif bir ilişki göstermektedir. Hornblend gabro örnekleri ise, SiO_2 artışıyla; Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , Rb , Sr , Ba ve Zr içerikleri artarak düzgün pozitif bir ilişki, TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3^* , MgO , MnO , Y , Co ve Ni içerikleri azalarak düzgün negatif bir ilişki göstermektedir.

Genel olarak, SiO_2 artışıyla Fe_2O_3^* azalması klinopiroksen fraksiyonlaşmasını gösterirken, CaO azalması ise klinopiroksen ve plajiyoklas fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir. SiO_2 artışıyla MgO , Ni ve Cr azalması ise olivin, klinopiroksen ve hornblend fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir. SiO_2 artışıyla; P_2O_5 , TiO_2 ve Sr azalması ise sırasıyla apatit, magnetit ve plajiyoklas fraksiyonlaşmasını ifade ederken, Fe_2O_3^* , MgO ve MnO azalması ise hornblend ve biyotit fraksiyonlaşmasını göstermektedir. Genellikle Na_2O ve K_2O 'nun, SiO_2 ile doğrusal olmayan pozitif bir korelasyon göstermesi, kalsik plajiyoklas ve biyotit fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir.

Ayrıca, Kovanlık Plütonu kayaçlarının gelişiminde etkili olan fraksiyonlaşma (ve AFC) olayını belirlemek amacıyla ana oksit-iz element ve/veya iz element (Şekil 32a-f) ve Sr-Nd izotop oranlarından yararlanılmıştır (Şekil 32g-h). Buna göre; Şekil 32a-f'de gözlenen iyi derecede korelasyonlar; Kovanlık Plütonu'na ait piroksen gabroların gelişiminde piroksen ve plajiyoklas, hornblend gabroların gelişiminde ise plajiyoklas ve hornblend ayrımlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir. SiO_2 (%) karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Şekil 32g) ve Sm/Nd karşı $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (Şekil 32h) diyagramlarında ise gabroyik kayaçların gelişiminde özellikle FC'nin etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 32. Kovanlık Plütönu kayaçlarının fraksiyonel kristallenme (FC) ve/veya asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFC) ile mineral fraksiyonlaşma yönlerini gösterir; (a) MgO (%) karşı Sr (ppm), (b) SiO₂ (%) karşı Ba/Sr, (c) SiO₂ (%) karşı Dy/Yb, (d) Sr (ppm) karşı Ba (ppm), (e) Rb (ppm) karşı K₂O/Rb, (f) Sr (ppm) karşı Rb/Sr, (g) SiO₂ (%) karşı ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ve (h) Sm/Nd karşı ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd değişim diyagramları (plj: plajiyoklas, kpir: klinopiroksen, hbl: hornblend, bi: biyotit, K-feld: K-feldispat).

Kovanlık Plütönu örneklerinin genel olarak büyük iyon yarıçaplı litofil element (Sr, K_2O , Rb ve Ba) ve Ta konsantrasyonları bakımından az zenginleşme ve Th, Zr, Nb, La ve Ce içerikleri bakımından fakirleşme ile birbirine benzer yataya yakın bir yönseme göstermektedir (bkz. Şekil 28). Bu durum, piroksen gabro ve hornblend gabroların (a) ana magmanın (ların) farklı derecedeki yitimle ilişkili akışkan $\pm$ ergiyik zenginleşmesi, (b) ana magmanın(ların) kabuk magma odalarındaki farklı ayrımlaşma yolları ile açıklanabilir.

Piroksen gabro ve hornblend gabro örneklerinin kondrite normalize edilmiş NTE dağılımları birbirine benzer yataya yakın bir dağılım sunmakta olup, La_N/Lu_N oranı piroksen gabro örneklerinde 0.91-1.41 arasında, hornblend gabro örneklerinde ise 1.44-2.48 arasında değişmektedir. Kovanlık Plütönu kayaç örneklerinde gözlenen pozitif Eu anomalisi ise plajiyoklas birikimini ifade etmekte olup, Eu_N/Eu^* oranı piroksen gabro örneklerinde 0.87-1.30 arasında, hornblend gabro örneklerinde 1.36-2.13 arasında değişmektedir (bkz. Şekil 29).

4.2.2. Ana Magmaların Kökeni

Genel olarak yay ortamlarında oluşan magmaların kökenleri, iki ana petrojenetik model altında incelenebilmektedir. Buna göre yay magmaları; (1) manto kökenli bazaltik ana magmalardan fraksiyonel kristallenme (FC) ve/veya asimilasyon+fraksiyonel kristallenme (AFC) olayları ile türeyebilir (Grove ve Donnelly-Nolan, 1986; Bacon ve Druitt, 1988), (2) manto kökenli bazaltik magmaların kabuk kayaçlarını ergitmesi için ısı sağlaması esas alınmakta (Bullen ve Clyne, 1990; Roberts ve Clemens, 1993; Teper vd., 1993; Guffanti vd., 1996) olup, yay magmaları mafik-ortaç bileşimli meta-magmatik (Rapp ve Watson, 1995; Singh ve Johannes, 1996) ya da meta-sedimanter (Patiño Douce ve Beard, 1996; Stevens vd., 1997) kayaçların kısmı ergimesinden türeyebilmektedir.

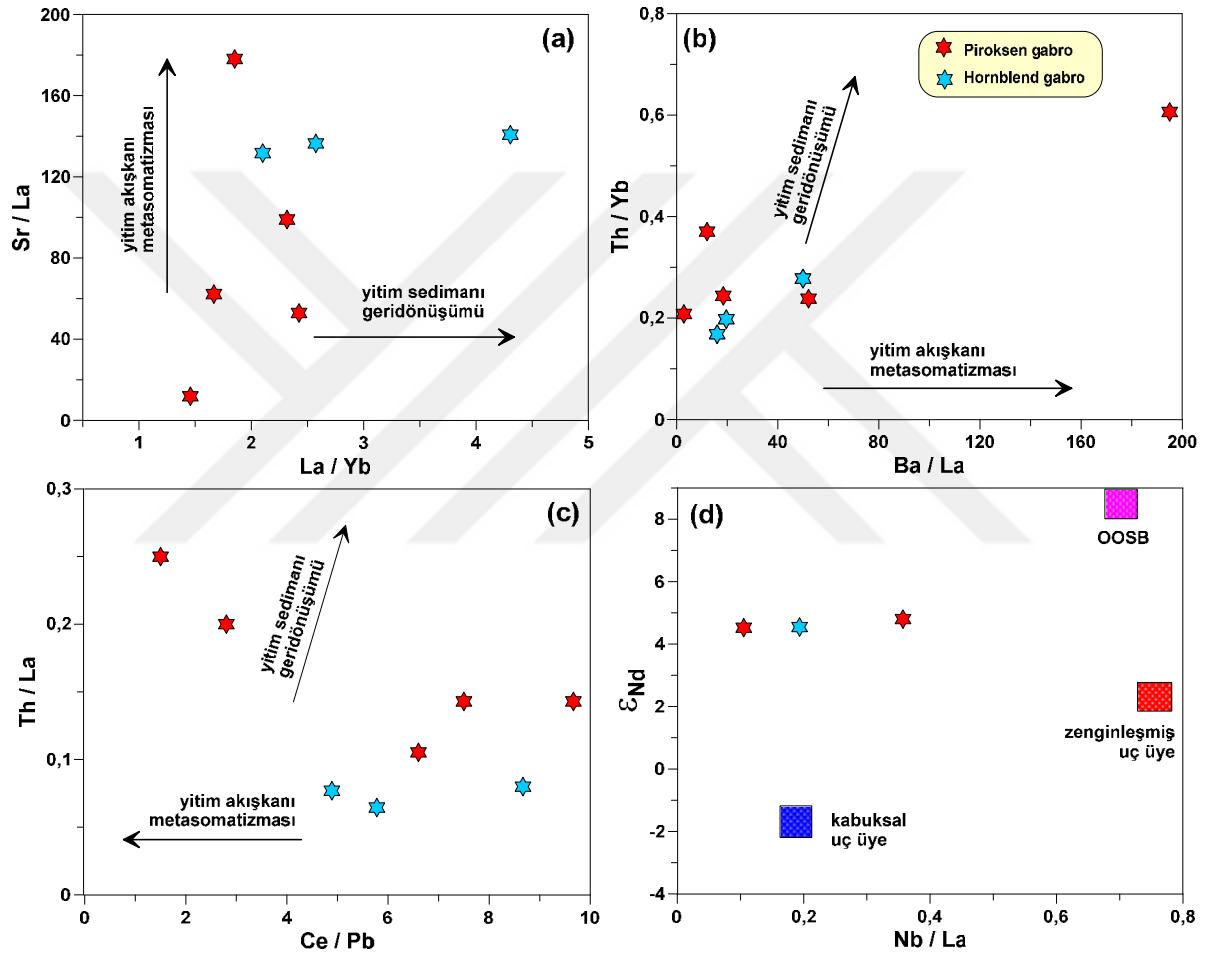
Gerek çoklu element örümcek diyagramları (bkz. Şekil 27) ile nadir toprak element dağılımları (bkz. Şekil 28) ve gerekse Sr-Nd izotopik özellikleri (bkz. Şekil 30) birbirine benzerlik gösterdiğinden dolayı, piroksen gabrolar ile hornblend gabroların köken olarak benzer ana magmalardan türediği söylenebilir. Gabroyik kayaçların SiO_2 içerikleri % 45-51, magnezyum numaraları (Mg#) 31-70 ve Ni içerikleri ise 6-107 ppm arasında değişmektedir. Bu kayaçların ilksel mantoya normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİLE)'lerde (örn., Sr, K_2O , Rb, Ba) hafif zenginleşme, Th, Zr, Nb, La ve Ce içeriklerinde ise tüketilme söz konusudur. Bu

durum, gabroyik kayaçların zenginleşmiş bir manto kaynağından türeyen ana bir magmadan itibaren geliştikleri ile açıklanabilir. Gabroyik kayaçlardaki iz element zenginleşmeleri ve tüketilmeleri, Kovanlık Plütunu gabroyik kayaçlarının gelişiminde fraksiyonel kristallenme $\pm$ kabuk asimilasyonun etkili olduğunun yanısıra ana magmalarının oluşumunda yitimle ilişkili akışkan $\pm$ ergiyik zenginleşmesinin de etkili olduğunu ifade etmektedir.

Bu kayaçların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları, düşük-orta zenginleşmeyle (piroksen gabro: $La_N/Lu_N=0.91-1.41$; hornblend gabro: $La_N/Lu_N=1.44-2.48$) spinel lerzolitik manto kaynağını göstermektedir. Ayrıca, gabroyik kayaçlara ait nispeten yüksek $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.70471-0.70652) ve $^{143}Nd/^{144}Nd$ (0.512870-0.512884) oranları ile pozitif ϵNd (+4.53 ile +4.80) değerleri, bu kayaçların yitimle ilişkili akışkan $\pm$ ergiyik ile zenginleşmiş bir manto kaynağından türediklerini, bir başka deyimle manto kaynağındaki akışkan $\pm$ ergiyik bileşeni katkısını (Faure ve Mensing, 2005) işaret etmektedir.

Genel olarak gabroyik kayaçların yüksek Nb/La oranları kıtasal bir litosferik mantodan türediklerini gösterirken (Kelemen vd., 2004; Xu vd., 2008; Zhou vd., 2008), düşük Nb/La oranları ise muhtemelen yitimden türeyen akışkan yada ergiyiklerin manto kaynağına karışması sonucunda oluştuklarını ifade etmektedir (örn., Elburg vd., 2002; Elliott vd., 1997; Hawkesworth vd., 1995; Hergt vd., 1989, 1991). İlksel mantoya normalize-iz element değişim diyagramlarında negatif Nb içeriklerine sahip olan Kovanlık Plütunu kayaçlarının orta-düşük Nb/La (0.1-0.6) ve Nb/Th (0.5-8.0) oranları, yitimden türeyen akışkan ya da ergiyiklerin manto kaynağına karışması sonucunda oluştuklarını ortaya koymaktadır. Akışkanlarca değiştirilmiş kıtasal litosferik mantodan türeyen magmalar, ergiyiklerce değiştirilmiş kıtasal litosferik mantodan türeyen magmalara göre çok daha yüksek Ba/Nb ve Ba/Zr oranlarına sahiptirler. Çünkü, nadir toprak element (NTE) ve yüksek çekim alanlı element (YÇAE; Nb, Zr)'lerin her ikisi de, göreceli olarak büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİLE; Ba, Th)'lere kıyasla sulu akışkanlar içerisinde hareketsizdirler (Turner vd., 1996). Kovanlık Plütunu'nu oluşturan gabroyik kayaçların, ortalama üst kabuk değerinden çok daha yüksek Ba/Nb (8-1560), Ba/Zr (0.34-57.8) ve Ba/Th (20-780) oranlarına sahip olması (Rudnick ve Gao, 2003), bunların ana magmasının yitim ergiyiklerinden daha ziyade yitim akışkanları tarafından zenginleşmiş mantodan türediğini ortaya koymaktadır.

Uyumsuz iz element ve izotop oranlarının kombinasyonu, yitimle ilişkili magmaların kaynağındaki metasomatik bileşenlerin kökenini açıklamak için etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Hawkesworth vd., 1997). Kovanlık Plütönu kayaçlarının Sr/La ve Ba/La oranları, geniş bir aralıkta değişim gösterirken, La/Yb ve Th/Yb oranları ise çok dar bir aralıkta değişim göstermektedir (Şekil 33a ve Şekil 33b). Bu da, yitim akışkanı metasomatizmasının etkisini ifade etmektedir.

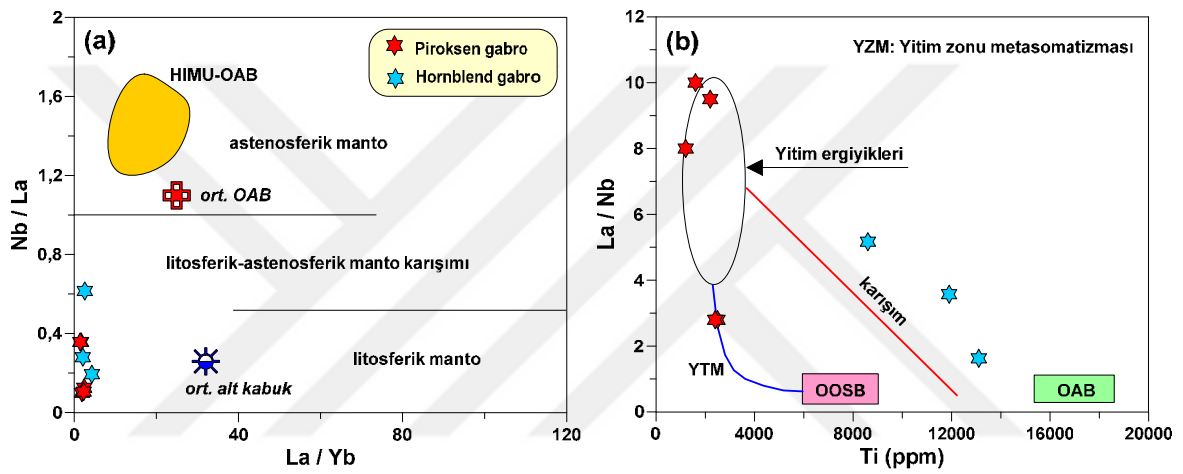


Şekil 33. Kovanlık Plütönu kayaçlarının (a) La/Yb karşı Sr/La, (b) Ba/La karşı Th/Yb, (c) Ce/Pb karşı Th/La ve (d) Nb/La karşı εNd diyagramları. Yitim sedimanı izi önemli derecede artan La/Yb ve Th/Yb oranları ile ilişkili iken, buna karşın yitim akışkanı metasomatizması ise artan Sr/La ve Ba/La ile ilişkilidir.

Artan Ce/Pb oranlarına karşı dar bir aralıkta değişen Th/La oranları (Şekil 33c), incelenen gabroyik kayaçların yay ortamında yitim akışkanlarının litosferik mantoyu metasomatizmaya uğratması sonucu oluşan magma kökenini ortaya koymaktadır (Hofmann vd., 1986). Ayrıca, incelen gabroyik kayaçlar artan Nb/La oranlarına (< 0.4)

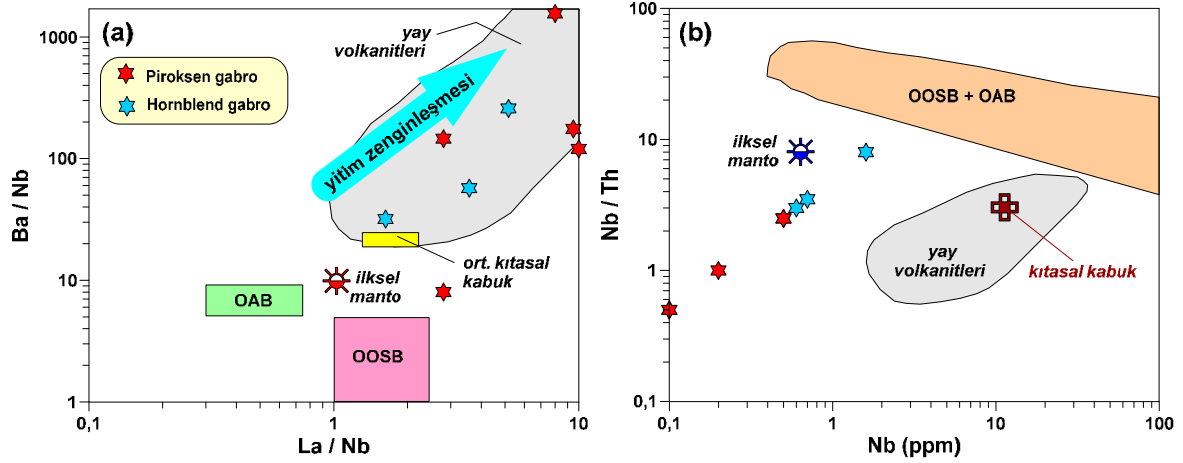
karşı çok dar bir aralıkta değişen ϵNd değerlerine (+4.5 ila +4.8) sahip olup, kabuk ve okyanus ortası sırtı bazaltı (OOSB) uç üyeleri arasında sabit kalan bir yönseme göstermektedir (Şekil 33d).

Kovanlık Plütönu örnekleri La/Yb karşı Nb/La diyagramında (Şekil 34a) çoğunlukla litosferik manto aralığında yer alırken, Ti (ppm) karşı La/Nb diyagramında (Şekil 34b) ise piroksen gabro örnekleri yitim ergiyikleri ve yakın çevresinde, hornblend gabro örnekleri ise yitim ergiyikleri ile OOSB ve OAB'dan oluşan karışım eğrisi üzerinde yer almaktadırlar.



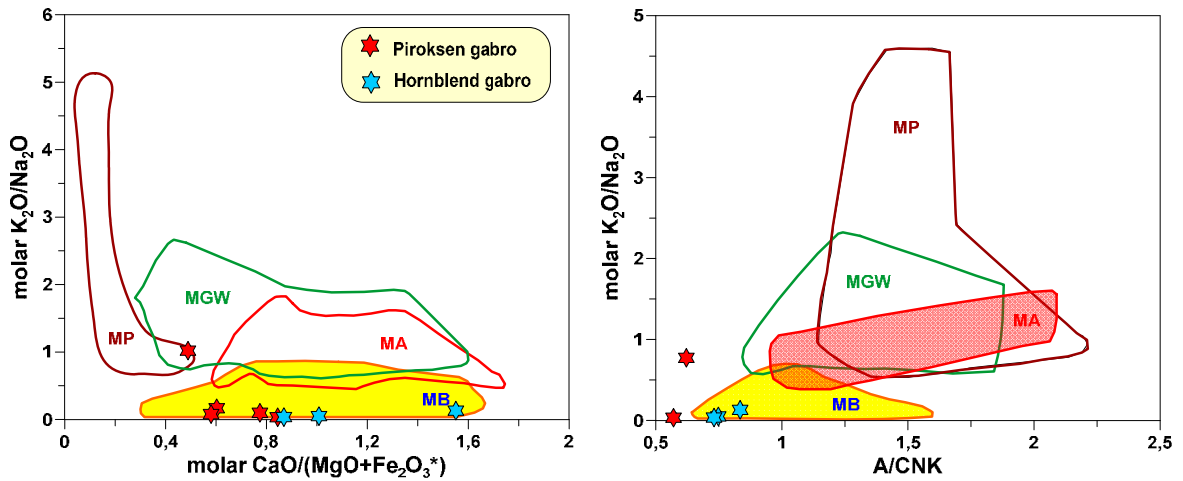
Şekil 34. Kovanlık Plütönu gabroyik kayaçlarının (a) La/Yb karşı Nb/La ve (b) Ti (ppm) karşı La/Nb diyagramları. Veriler; (a) Astenosferik manto, litosferik manto ve litosferik-astenosferik manto karışımı arasındaki sınırlar Smith vd. (1999)'dan, HIMU-OAB alanı Weaver vd. (1987)'den, ort. OAB (ortalama Okyanus Adası Bazaltı) değeri Fitton vd. (1991)'den, ortalama alt kabuk değeri ise Chen ve Arculus (1995)'den alınmıştır. (b)Yitim ergiyikleri alanı Schiano vd. (1995) ve Yogodzinski vd. (1995)'den, OOSB (Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı) ve OAB alanları ise Sun ve McDonough (1989) alınmıştır.

Gabroyik kayaç örnekleri La/Nb karşı Ba/Nb diyagramında (Şekil 35a) yay volkanitleri alanında yer almakta olup, yitim zenginleşmesi yönsemesi göstermektedirler. Ayrıca, bu kayaçlar artan Nb (ppm) içeriklerine karşı artan Nb/Th oranları ile OOSB + OAB'nı temsil eden alana doğru pozitif yönde bir yönseme gösterirler (Şekil 35b).



Şekil 35. Kovanlık Plütunu gabroyik kayaçlarının (a) La/Nb karşı Ba/Nb ve (b) Nb (ppm) karşı Nb diyagramları. Veriler; (a) Yay volkanitleri alanı Jahn ve Zhang (1984)'den, İlk sel manto değeri Sun ve McDonough (1989)'dan, ort. kıtasal kabuk değeri Taylor ve McLennan (1985) ve Condie (1993)'den, OOSB ve OAB alanları Le Roex (1987)'den alınmıştır. (b) İlk sel manto değeri Hofmann (1988)'den, kıtasal kabuk değeri, OOSB ve OAB ve yay volkanitleri alanı Schmidberger ve Hegner (1999)'dan alınmıştır.

Gabroyik kayaçlara ait örnekler (KV-1 nolu örnek hariç) çoğunlukla çok düşük molar K_2O/Na_2O (0.03-0.17) oranlarına sahipken, değişken molar $CaO/(MgO+Fe_2O_3^*)$ (0.49-1.55) ve A/CNK (0.13-0.83) oranlarına sahiptir (Şekil 36a, b).



Şekil 36. Kovanlık Plütunu kayaçlarının molar K_2O/Na_2O karşı molar $CaO/(MgO+Fe_2O_3^*)$ (a) ve A/CNK (b) kökensel ayırım diyagramları. MB, metabazalt; MA, metaandezit; MGW, metagrovak; MP, metapelit. Alanlar; Vielzeuf ve Holloway (1988), Patiño Douce ve Johnston (1991), Rapp vd. (1991), Gardien vd. (1995), Rapp (1995), Rapp ve Watson (1995), Patiño Douce ve Beard (1996), Stevens vd. (1997), Skjerlie ve Johnston (1996), Patiño Douce (1997), Patiño Douce ve McCarthy (1998), Patiño Douce (1999)'ye göre.

Ana oksit molar oran diyagramları (Şekil 36a, b), incelenen kayaçların ana magmasının, metabazaltlardan türeyebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda plütone ait örneklerin nispeten yüksek Mg# (31-70) değerlerine, düşük $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarına ve pozitif ϵNd değerlerine sahip olması bu kökeni desteklemektedir.

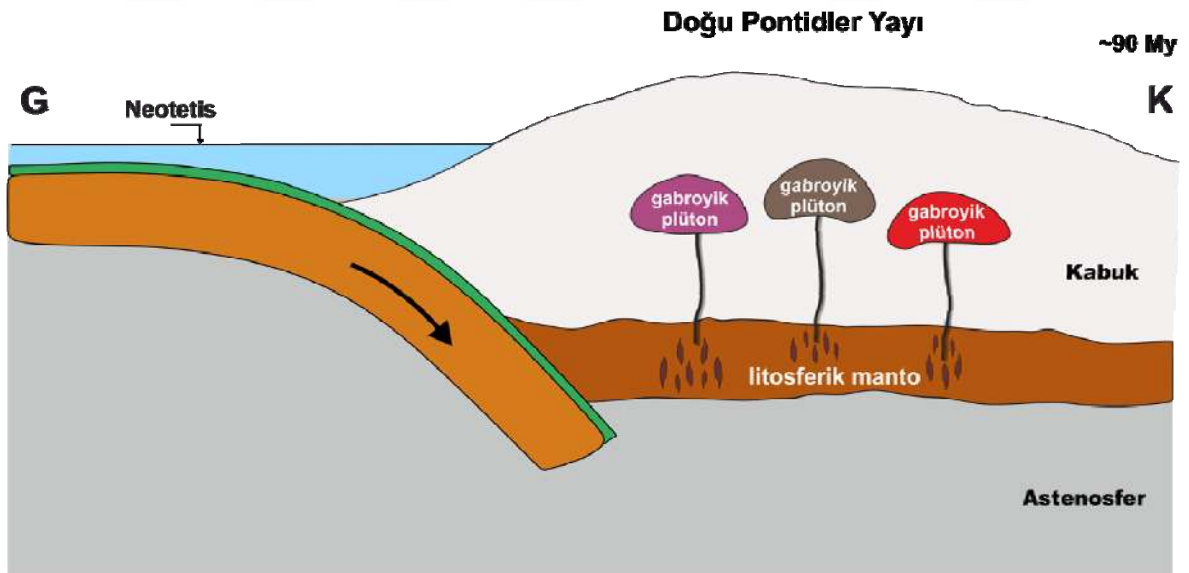
4.3. Kovanlık Plütunu'nun Gelişimine Ait Jeodinamik Model

Doğu Pontidler'de yitimin yönü, yitimin sonlanma zamanı, Torid-Anatolid Platformu ve Avrasya levhasının çarpışma zamanı ile ilgili görüş farklılıklarından dolayı farklı jeodinamik modeller öngörülmüştür. Bu nedenle, Doğu Pontidler'in yitim polaritesi ve jeodinamik gelişimi hala tartışmalı olup, tartışmalar başlıca üç grup altında toplanmaktadır: (1) Paleozoyik'ten Eosen sonlarına kadar süregelen kuzeye doğru olan bir yitim (Adamia vd., 1977; Tokel, 1981; Gedikoğlu, 1983; Ustaömer ve Robertson, 1995; Tüysüz, 1996; Okay ve Tüysüz 1999; Ustaömer ve Robertson 2010; Ustaömer vd. 2013; Topuz vd. 2013; Okay vd., 2013), (2) Paleotetis'in Pontidler'in kuzeyinde olduğu ve Paleozoyik sonundan Eosen sonuna kadar devam eden güney yönlü bir yitim (Dewey vd., 1973; Bektaş vd., 1984, 1999; Chorowicz vd., 1998), (3) Dogger'e kadar güneye, Üst Kretase'den Eosen sonuna kadar ise kuzeye doğru olan çift yönlü bir yitim (Şengör ve Yılmaz, 1981) modelleri ileri sürülmüştür.

Doğu Pontidler'in, Mesozoyik döneminde Neotetis okyanusu kuzey kolunun Avrasya levhası altına doğru yitimiyle gelişen kıtasal yay olduğu çoğunlukla kabul edilmektedir (Okay ve Şahintürk, 1997; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997). Neotetis okyanusunun güney kenarı Torid-Anatolid platformu (TAP) pasif olduğundan, kuzey yönlü Üst Kretase yitim modelinde (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör vd., 2003; Altherr vd., 2008), yiten kabuk zaman içerisinde soğur ve yaşlanır. Ayrıca, Üst Kretase döneminde Doğu Pontidler kıtasal yayının, yay gerisi havzada (Karadeniz'in açılması) gelişen gerilme sebebiyle de hızlı bir şekilde incelendiği ileri sürülmektedir (Robinson vd., 1995b; Okay ve Şahintürk, 1997). Bu nedenle, Doğu Pontidler'deki Mesozoyik magmatizmasının ürünleri, yitimle ilişkili riftleşen yay ortamında oluşan kalk-alkalenden yüksek-K'lu kalk-alkalene kadar değişen karaktere sahip volkanik kayaçlarla temsil edilmektedir (Örn., Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Arslan vd., 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Boztuğ vd., 2004, 2006; Altherr vd., 2008). Ayrıca, bölgede Üst Kretase döneminde gelişmiş yitimle ilişkili I-tipi, kalk-

alkalen, yüksek K'lu-şoşonitik karakterli plütonik kayaların (~90-65 My) da yaygın olduğu iyi bilinmektedir (Örn., Dokuz vd., 2006; Karşlı vd., 2010a; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2013, 2014).

Doğu Pontidler kıtasal yayının, Üst Kretase (Senoniyen) döneminde denizaltı ortamında gelişen yoğun bimodal volkanizma ürünlerinin (mafik-felsik) olması nedeniyle gerilmeli bir yay olduğu bilinmektedir (Örn., Bektaş vd., 1995; Arslan vd., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997). Bu durumda, bölgedeki Geç Kretase yaşlı I-tipi, metalümin, kalk-alkalen karakterli felsik yay plütonlarının jeodinamik gelişim modeli ve hibrid jeokimyasal özellikleri, yitim akışkanları/sedimanları ile zenginleşmiş litosferik manto ve alt kabuktan türeyen magmaların gerilmeli yay ortamında yerleşmesiyle açıklanabilir. İncelenen toleyitik ve toleyitik-kalkalkalen geçiş karakterli gabroyik plütonların jeotermobarometre hesaplamalarına, tüm-kayaç iz ve izotopik jeokimyasal özelliklerine ve bölgesel jeolojik verilere dayanarak, Üst Kretase mafik plütonlarını oluşturan ana magmaların gelişimi için Şekil 37'de şematize edilen jeodinamik model önerilmiştir. Bu modele göre; gabroyik plütonların ana magmasının Doğu Pontidler olgunlaşmamış magmatik yayında, litosferik mantodan orta-yüksek derecede kısmi ergimeyle türediği ileri sürülebilir (Şekil 37).



Şekil 37. Pontidlerde yay ile ilişkili Üst Kretase mafik plütonların gelişimine ait şematik jeodinamik model

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

(1) İncelenen Kovanlık Plütönu; Doğu Pontidler'de, Kovanlık (Bulancak-Giresun) yöresinde yaklaşık 6 km²'lik ve 2 km²'lik yüzeyleme alanına sahip iki ayrı sokulum halinde yerleşmiştir.

(2) Kovanlık Plütönu, bileşimsel olarak piroksen gabrolar ile hornblend gabrolardan oluşmaktadır. Piroksen gabrolar; ofitik ve pösilitik doku göstermekte olup, genellikle plajiyoklas (An₅₄₋₉₂), klinopiroksen (Wo₃₁₋₄₉En₄₁₋₆₀Fs₅₋₁₃) ve ortopiroksen (Wo₁₋₄En₆₆₋₇₄Fs₂₄₋₃₁) ile çok daha az oranda opak minerallerden oluşurken, hornblend gabrolar ise plajiyoklas (An₅₇₋₈₇), hornblend (Mg#: 0.72-0.90) ile çok daha az oranda biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır.

(3) Gabroyik kayaçlarda gözlenen alterasyonlar, plajiyoklaslarda serisitleşme, ferromagnezyen minerallerde ise serpantinleşme ve kloritleşmedir.

(4) Kovanlık Plütönu'na ait piroksen gabrolar toleyitik karakterli iken, hornblend gabrolar ise toleyitik-kalkalkalen geçiş karakterlidir.

(5) Ana oksit ve iz element Harker diyagramlarında iyi pozitif ve negatif yönsemeler; Kovanlık Plütönu'na ait piroksen gabroların gelişiminde kpir ± opir ± plj ± Fe-Ti oksit, hornblend gabroların gelişiminde ise plj ± hbl ± Fe-Ti oksit; ayrışmasının etkili olduğunu ifade etmektedir.

(6) İlksel mantoya normalize edilmiş çoklu-element diyagramlarında gözlenen zenginleşme ve tüketilmeler ile kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları; Kovanlık Plütönu'nu oluşturan piroksen gabro ve hornblend gabroların; benzer ana magmanın (ların) farklı derecedeki yitimle ilişkili akışkan ± ergiyik zenginleşmesiyle ve/veya, benzer ana magmanın (ların) kabuk magma odalarındaki farklı ayrışma ± asimilasyon yolları türediğine işaret etmektedir.

(7) Piroksen gabro örneklerinin ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr oranları 0.70471 ile 0.70652 arasında, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd oranı 0.512870 ile 0.512884 arasında ve εNd değerleri ise +4.53 ile +4.80 arasında değişirken, hornblend gabro örneğinin ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr oranı 0.70493, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd oranı 0.512871 ve εNd değeri ise +4.55'dir.

(8) Kovanlık Plütönu gabroyik kayaçlarının; genişlemeli bir yay ortamında, ana magması(lar)nın yitim akışkanlarıyla zenginleşmiş litosferik mantodan oluştuğu ortaya konulmuştur.

(9) İncelenen plütonların (ve bölgedeki diğer plütonların) kaynak alanlarının belirlenmesine yönelik petrolojik çalışmalara katkıda bulunmak amacıyla, son yıllarda modern yöntemlerle (LA-ICP-MS veya SHRIMP) zirkon mineral ayrımlarında U-Pb yaşlandırma analizleri ile Pb-, Hf- ve O- izotop analizlerinin yaptırılması önerilmektedir. Öyle ki, zirkon mineralinden yerli yerinde yapılacak Pb-, Hf- ve O- izotopları ve U-Pb zirkon yaşları, elde edilen Sr-Nd izotop verileri ile korele edilerek magmaların oluşumunda manto-kabuk katkısının belirlenmesine ışık tutacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Adamia, S. A., Lordkipanidze, M. B. ve Zakariadze G. S., 1977. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-189.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak., İstanbul, 59s.
- Akın, H., 1978. Geologie, Magmatismus und Lager-staettenbildung im Ostpontischen Gebirge-Turkei aus der Sicht der Plattentektonik, Geologische Rundschau, 68, 253-283.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) yöresi volkanik kayaçlarının petrografi, jeokimyasal ve petrolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H. P. ve Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagiocleucitites from the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 105, 149-161.
- Anderson, J. L. ve Smith, D. R., 1995. The effects of temperature and fo₂ on the Al-in hornblende barometer, American Mineralogist, 80, 549-559.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey, Chemie der Erde, 57, 157-187.
- 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, 7, 595-610.
- Arslan, M., Temizel, İ. ve Abdioğlu, E., 2002. Subduction input versus source enrichment and role of crustal thickening in the generation of Tertiary magmatism in the Pontid Paleo-Arc setting, NE Turkey, In: De Vivo, B., R. J. Bodgar, R. J. (Eds.) Workshop-Short Course on Volcanic Systems, Geochemical and Geophysical Monitoring, Melt inclusions: Methods, applications and problems, August, Napoli, Italy, 13-16.
- Arslan, M., Kolaylı, H. ve Temizel, İ., 2004. Güre (Giresun, KD Türkiye) granitoidinin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri, Yerbilimleri, 30, 1-21.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177-193.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D. ve Şen, C., (2013a). ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for magma evolution in extension-induced origin, Contribution to Mineralogy and Petrology, 166, 113-142.

- Arslan, M., Abdioğlu, E., Temizel, İ. ve Yücel, C., 2013b. Doğu Pontid Kuzey Zonu Tersiyer volkanitlerinin petrokimyası, Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası, jeokronolojisi ve jeodinamik gelişimi, TÜBİTAK ÇAYDAG Projesi, (No: 108Y204) Sonuç Raporu, 250s.
- Aslan, Z., 1998. Saraycık-Sarıhan Granitoidleri (Bayburt) ve Çevre Kayaçlarının Petrolojisi, Jeokimyası ve Sarıhan Granitoidinin Jeokronolojik İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 218s.
- Aslan, Z., Arslan M. ve Şen, C., 1999. Doğu Pontidlerin Kuzey ve Güney zonlarında yüzeylenen Eosen yaşlı granitik sokulumların karşılaştırmalı jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurultayı, Nisan, Ankara, Bildiriler Kitabı, 223-230.
- 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 Abhandlungen, 187, 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, Northeast Turkey, Mineralogy and Petrology, 108, 245-267.
- Aydın, F., Karşı, 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.
- Aydın, F., Thompson, R., Karsli, O., Uchida, H., Burt, J. B. ve Downs, R.T, 2009. C2/c pyroxene phenocrysts from there potassic series in Neogene alkaline volcanics, Ne Turkey: Their crystal chemistry with petrogenetic significance as an indicator of P-T conditions, Contributions to Mineralogy and Petrology, 158, 131-147.
- Bacon, C. R. ve 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.
- Bacon, C. R. ve Hirschmann, M. M., 1988. Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides, American Mineralogist, 73, 57-61.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiyolit olgusu, TJK Ketin Sempozyumu, pp.175-188.
- Bektaş, O., 1986. Doğu Pontid ark-ark gerisi bölgelerinde paleostre dağılımı ve çok safhalı riftleşme, MTA Dergisi, 103,104, 16-39.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taşlı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S., 1995. Cretaceous rifting of the Eastern Pontide carbonate platform, NE Turkey: The formation of carbonate breccias and turbidites as evidence of a drowned platform, Geologia, 57, 233-244.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the Eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey), Geological Journal, 34, 95-106.

- Blundy, J. D. ve Holland, T. J. B. 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer, Contributions to Mineralogy and Petrology, 104, 208-224.
- Blundy, J. D. ve Sparks, R. S. J. 1992. Petrogenesis of mafic inclusions in granitoids of the Adamello Massif, Italy, Journal of Petrology, 33, 1039-1104.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G. A., Yılmaz-Şahin, S. ve Yeğingil, Z., 2002. Apatite fission-track ages provide uplift rates and time-temperature paths for the exhumation of Eastern Black Sea plutons in the Dereli-Şabinkarahisar area, S Giresun, NE Turkey, 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, May, Istanbul, Turkey, Abstracts, p.116.
- Boztuğ, D., Avcı, N., Tatar, S., Zorlu, M. ve Tüvar, O., 2003. Mineralogical and geochemical evidences of the interaction between co-eval mafic and felsic magma sources in the genesis of the A-type Murmana and Dumluca granitoids, Divriği SE Sivas, Central Turkey. International Conference The South Aegean Active Volcanic Arc: Present Knowledge and Future Perspectives, SAAVA-2003, Milos Island, Greece, Book of Abstracts, 43-44.
- Boztuğ, D., Jonckheere R., Wagner, G. A. ve Yeğingil, Z., 2004. Slow Senonian and fast Palaeocene-Early Eocene uplift of the granitoids in the central eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results, Tectonophysics, 382, 213-228.
- Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M. K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R. C., Wagner, G. A., Erçin, A. İ. ve Yeğingil, Z., 2007. Titanite and zircon fission-track dating resolves successive igneous episodes in the formation of the composite Kaçkar batholith in the Turkish Eastern Pontides, International Journal of Earth Sciences, 96, 875-886.
- Boztuğ, D. ve Harlavan, Y., 2008. K-Ar ages of granitoids unravel the stages of Neo-Tethyan convergence in the eastern Pontides and central Anatolia, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 15, 585-599.
- Bullen, T. D. ve Clyne, M. A., 1990. Trace Element and Isotopic Constraints on Magmatic Evolution at Lassen Volcanic Center, Journal of Geophysical Research, 95, 19671-19691.
- Chen, W. ve Arculus, R. J. 1995. Geochemical and isotopic characteristics of lower crustal xenoliths, San Francisco Volcanic Field, Arizona, U.S.A, Lithos, 110, 99-119.
- Chorowicz, J., Collet, B., Bonavia, F., Mohr, P., Parrot, J. F. ve Tesfaye, K. 1998. The Tana basin, Ethiopia: Intra-plateau uplift, rifting and subsidence, Tectonophysics, 295, 351-367.
- Condie, K. C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales, Chemical Geology, 104, 1-37.
- Çakmak, G., 2013. Pelitli (Bayburt) Granitoidi'nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.

- Çapkinoğlu, Ş., 2003. First records of conodonts from the Permo-Carboniferous of Demirözü (Bayburt), Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 12, 199-217.
- Çınar, S., Yazıcı, E. N., Doksanbir, T., Boğuşlu, M., Genç, İ., Yağcı, A. ve Yıldırım, K., 1987. Ordu-Ulubey-Perşembe-Fatsa yörelerinin jeolojisi ile maden zuhurlarına ilişkin raporu, MTA Rapor No: 376, Trabzon.
- Çinku, M. C., Ustaömer, T., Hirt, A. M., Hisarlı, Z. M., Heler, F. ve Orbay, N., 2010. Southward migration of arc magmatism during latest Cretaceous associated with slab steepening, East Pontides, N Turkey: New paleomagnetic data from the Amasya region, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 182, 18-29.
- Çoban, H., 1997. Olucak (Gumushane) ve dolayının jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonların Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçençlik Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- Davies, J. H. ve von Blanckenburg, F., 1995. Slab breakoff: a model of lithospheric detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens, Earth and Planetary Science Letters, 129, 85-102.
- Deer, W. A., Howie, R. A. ve Zussman, J., 1992. An introduction to the Rock Forming Minerals, (second edition), London, Longman, 696 p.
- Delaloye, M., Çoğulu, E. ve Chessex, R., 1972. Etude ge'ochronometrique des massifs cristallins de Rize et de Gümüşhane, Pontides Orientales (Turquie), In: CR des Sciences, 7, 2/3. SPHN, Geneve, 43-52.
- Dewey, J. F., Pitman, W., Ryan, W. ve Bonnin, I., 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system, Geological Society American Bulletin, 84, 3137-3180.
- Dilek, Y., 2006. Collision tectonics of the Eastern Mediterranean region: Causes and consequences, Geological Society of America Special Paper, 409, 1-13.
- Dilek, Y. ve Sandvol, E., 2009. Seismic structure, crustal architecture and tectonic evolution of the Anatolian-African plate boundary and the Cenozoic orogenic belts in the eastern Mediterranean region, in Murphy, J. B., Keppie, J. D., Hynes, A. J. (eds.), Ancient orogens and modern analogues, Geological Society of London Special Publications, 327, 127-160.
- Dilek, Y., Imamverdiyev, N. ve Altunkaynak, S., 2010. Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: Collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint, International Geology Review, 52, 4-6, 536-578.
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Geochemical constraints on the provenance, mineral sorting and subaerial weathering of lower Jurassic and upper Cretaceous clastic rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Artvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., Karşı, O., Chen, B. ve Uysal, İ., 2010. Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre- and postcollisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, Tectonophysics, 480, 259-279.

- Dokuz, A., 2011. Slab Detachment and Delamination Model for the Generation of Carboniferous High-Potassium I-type Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse Composite Pluton, Gondwana Research, 19, 926-944.
- 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., Zulkarnain, 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.
- Elliott, T., Plank, T., Zindler, A., White, W. ve Bourdon, B., 1997. Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc, Journal of Geophysical Research, 102, 14991-15019.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S. L., Dudas, F. O., Santosh, M. 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., Santosh, M. ve Chung, S. L., 2011b. Crystal fractionation of adakitic magmas in the crust-mantle transition zone: petrology, geochemistry and U-Pb zircon chronology of the Seme adakites, eastern Pontides, NE Turkey, Lithos, 121, 151-166.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M. ve Chung, S. L., 2011c. Petrochemistry and U-Pb zircon ages of adakitic intrusions from the Pulur Massif (Eastern Pontides, NE Turkey): Implications for slab rollback and ridge subduction associated with Cenozoic convergent tectonics in the Eastern Mediterranean, Journal of Geology, 119, 394-417.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F. O., Chung, S. L. ve Akaryalı, E., 2011d. Migrating magmatism in a continental arc: geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited, Journal of Geodynamics, 52, 2-15.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Yi, K., Bektaş, O. ve Kwon, S., 2012. Discovery of Miocene adakitic dacite from the Eastern Pontides Belt and revised geodynamic model for the late Cenozoic Evolution of eastern Mediterranean region, Lithos, 146-147, 218-232.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F. O., Akaryalı, E., Chung, S. L., Akdağ, K. ve Bektaş, O., 2013a. The nature of transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab-window setting: a synthesis from the eastern Pontides, NE Turkey, Geosciences Frontiers, 4, 353-375.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F. O., Santosh, M., Yi, K., Kwon, S. ve Akaryalı, E., 2013b. Petrogenesis and U–Pb zircon chronology of adakitic porphyries within the Kop ultramafic masif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey), Gondwana Research, 24, 742-766.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F. O., Santosh, M., Zhuc, D. C., Yi, K., Chatterjee, N., Jeong, Y. J., Akaryalı, E. ve Liuc, Z., 2016. Cenozoic forearc gabbros from the northern zone

- of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: Implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics, Gondwana Research, 33, 160-189.
- Fan, W. M., Gue, F., Wang, Y. J. ve Lin, G., 2003. Late Mesozoic calc-alkaline volcanism of post-orogenic extension in the northern Daxing Mountains, northeastern China, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 121, 115-135.
- Faure, G. ve Mensing, T. M., 2005. Isotopes: Principles and Applications. John Wiley and Sons., pp. 897.
- Fitton, J. G., James, D. ve Leeman, W. P., 1991. Basic magmatism associated with late Cenozoic extension in the western United States: Compositional variations in space and time, Journal of Geophysical Research, 96, 13693-13711.
- Fuhrman, M. L. ve Lindsley, D. H., 1988. Ternary-feldspar modelling and thermometry, American Mineralogist, 73, 201-215.
- Gardien, V., Thompson, A. B., Grujic, D. ve Ulmer, P., 1995. Experimental Melting Of Biotite + Plagioclase + Quartz $\pm$ Muscovite Assemblages and Implications for Crustal Melting, Journal of Geophysical Research, 100, 15581-15591.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karatas, S., 1992. Rize-Fındıklı-Çamlıhemşin arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki Bölgesel Dağılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15-38.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. The main lines of geotectonic development of the East Pontides in the Mesozoic Era, Proceedings of Geosymposium-I (the 1st Geological Congress of the Middle East). Mineral Research and Exploration of Turkey (MTA) Publications, 555-580.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Gedikoğlu, A., 1979. Harşit (Giresun-Doğankent) Granit Karmaşığının Jeokronolojik Etüdü, Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Mayıs, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı, 33, 59-60.
- Gedikoğlu, A., 1983. Doğu Pontid'lerdeki metalik maden yataklarının plaka tektoniği ile olan ilişkileri, 37. T.J.K. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Haziran, Ankara, Bildiriler Kitabı, 86-87.
- Giles, D. L., 1974. Geology and Mineralization of the Ulutaş Copper-Molybdenum Prospect, Mineral Exploration in Two Areas, UNDP Technical Report, 6, MTA, Ankara.
- Giret, A., Bonin, B. ve L  ger, J. M., 1980. Amphibole compositional trend in oversaturated and undersaturated alkaline plutonic ring complexes, Canadian Mineralogist, 18, 481-495.
- Grove, T. L. ve 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.
- Guffanti, M., Clyne, M. A. ve Muffler, L. J. P., 1996. Thermal and Mass Implications of Magmatic Evolution in the Lassen Volcanic Region, California, and Constraints

- on Basalt Influx to the Lower Crust, Journal of Geophysical Research, 101, 3001-3013.
- Gülibrahimoğlu, İ., Çekiç, Y., Akıncı, S., Köse, Z., Topçu, T., Dursun, A. ve Yılmaz, H., 1987. Dereli-Yavuzkema1 ve Bulancak-Kovanlık (Giresun) Yörelerinin Prospeksiyon ve Jeoloji Raporu, MTA Rapor No: 384, Trabzon.
- Gülibrahimoğlu, İ., Nalbantoğlu, A., Saraloğlu, A., Doksanbir, T., Yağcı, A. ve Kırıcı, M., 1985. Trabzon-Maçka güneyi yöresinin jeoloji raporu, MTA Raporu, No. 383, Trabzon.
- Gülibrahimoğlu, İ., Yılmaz, B. S., Tosun, C. Y., Konak, O., Saraloğlu, A., Keskin, İ., Osmañcelebioğlu, R., Karakaya, F., Köse, Z., Yaprak, S. ve Teoman, Ş., 2000. Samsun İli'nin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları, MTA Rapor No: 10481, Ankara.
- Güner, S., Güç, A. R., Yazıcı, E. N., Köse, Z., Çuvalcı, F. ve Yaprak, S., 1989. Ordu-Gölköy Yöresi Jeoloji Raporu, MTA Rapor No:461, Trabzon.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidler'in 1/250000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Gen. Müd., Ankara.
- Hammarstrom, J. M. ve Zen, E., 1986. Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer, American Mineralogist, 71, 1297-1313.
- Harris, N. B. W., Pearce, J. A. ve Tindle, A. G., 1986. Geochemical characteristics of collision- zone magmatism. In: Coward M.P, Ries A.C. (eds.), Collision Tectonics, Geological Society of London Special Publication, 19, 67-81.
- Hart, S. R. A., 1984. Large-scale isotope anomaly in the southern hemisphere mantle, Nature, 309, 753-757.
- Hart, S. R. A., 1988. Heterogeneous mantle domains-Signatures, genesis and mixing chronologies, Earth and Planetary Science Letters, 90, 273-296.
- Hawkesworth, C. J., Rogers, N. W., van Calsteren, P. W. C. ve Menzies, M. A., 1984. Mantle enrichment processes, Nature, 311, 27, 331-335.
- Hawkesworth, C. J., Gallagher, K., Hergt, J. M. ve McDermott, F., 1993. Mantle slab contributions in arc magmas, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 21, 175-204.
- Hawkesworth, C. J., Lightfoot, P. C., Fedorenko, V. A., Blake, S., Naldrett, A. J., Doherty, W. ve Gorbachev, N. S., 1995. Magma differentiation and mineralization in the Siberian continental flood basalts, Lithos 34, 61-88.
- 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.
- Hergt, J. M., Chappell, B. W., McCulloch, M. T., McDougall, I. ve Chivas, A. R., 1989. Geochemical and isotopic constraints on the origin of the Jurassic dolerites of Tasmania, Journal of Petrology, 30, 841-883.
- Hergt, J., Peate, D. ve Hawkesworth, C. J., 1991. The petrogenesis of Mesozoic Gondwana low-Ti flood basalts, Earth and Planetary Science Letters, 105, 134-148.

- Hofmann, A., Jochum, K., Seufert, M. ve White, M., 1986. Nb and Pb in oceanic basalts: New constraints on mantle evolution, Earth and Planetary Science Letters, 33, 33-45.
- Hofmann, A. W., 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust, Earth and Planetary Science Letters, 90, 297-314.
- Holland, T. J. B. ve Blundy, J. D., 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry, Contribution to Mineralogy and Petrology, 116, 433-447.
- Hollister, L. S., Grisson, G. C., Peters, E. K., Stowell, H. H. ve Sisson, V. B., 1987. Confirmation of the empirical calibration of aluminum in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons, American Mineralogist, 72, 231-239.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- İlbeyli, N., 2008. Geochemical characteristics of the Şebinkarahisar granitoids in the Eastern Pontides, Northeast Turkey: petrogenesis and tectonic implications, International Geology Review, 50, 563-582.
- Jacobsen, S. B. ve Wasserburg, G. J., 1980. Sm–Nd isotopic evolution of chondrites, Earth and Planetary Science Letters, 50, 139-155.
- Jahn, B. M. ve Zhang, Z. Q., 1984. Archean granulite gneisses from eastern Hebei Province, China: rare earth geochemistry and tectonic implications, Contribution to Mineralogy and Petrology, 85, 224-243.
- JICA, 1986. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Consolidated Report, Japanese International Cooperation Agency, Metal Mining Agency of Japan.
- Johnson, M. C. ve Rutherford, M. J. 1989. Experimental calibration of the aluminium in hornblende geobarometer with application to Long Valley Caldera (California) volcanic rocks, Geology, 17, 837-841.
- Kalkancı, Ş., 1974. Etude Géologique et Pétrochimique de Sud de la Region de Suşehri: Géochronologie du Massif Syénitique de Köseadağ (NE de Sivas-Turquie), Doktora Tezi, Univ. de Grenoble.
- Kandemir, R., 2004. Sedimentary characteristics and depositional conditions of Lower-Middle Jurassic Şenköy Formation in the around of Gümüşhane, Doktora Tezi, Karedeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst.tüsü, Trabzon, 274s.
- Kandemir, R. ve Yılmaz, C., 2009. Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Turkey: Implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean, Journal of Asian Earth Sciences, 34, 586–598.
- 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 post-collision extensional setting, Lithos, 98, 67-96.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Bin, C., Kandemir, R. ve Wijbrans, R. J., 2010a. Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşit pluton, Eastern Turkey, Contributions to Mineralogy and Petrology, 160, 467-487.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, R. J., 2010b. Generation of the early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination, Lithos, 114, 109-120.
- Karşlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Turkey: potential parental melts and geodynamic implications, Lithos, 127, 354-372.
- Karşlı, O., Caran, Ş., Dokuz, A., Çoban, H., Chen, B. ve Kandemir, R., 2012a. A-type granitoids from the Eastern Pontides, NE Turkey: Records for generation of hybrid A-type rocks in a subduction-related environment, Tectonophysics, 530-531, 208-224.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R., 2012b. Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristic, the Sisdağı pluton, NE Turkey: magmatic response to continental lithospheric thinning, Journal of Asian Earth Sciences, 51, 45-62.
- Karşlı, O., Uysal, İ., Dilek, Y., Aydın, F. ve Kandemir, R., 2013. Geochemical modelling of early Eocene adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Anatolia: continental crust or subducted oceanic slab origin?, International Geology Review, 55, 16, 2083-2095.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Kaliwoda, M., Aydın, F., Kandemir, R., Fehr, K. T. ve Wijbrans, R. J., 2014. Geochemical fingerprints of late Triassic calc-alkaline lamprophyres from the Eastern Pontides, NE Turkey: A key to understanding lamprophyre formation in a subduction-related environment, Chemical Geology, 196-197, 181-197.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- 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.
- 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., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of the Early Cretaceous I-type Sariosman pluton, Eastern Pontides, NE 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. 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 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 Geochemistry, 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 Review, 54, 15, 1776-1800.
- 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., Arslan, M., Wolfgang, S., 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. 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., 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.
- Kelemen, P. B., Hanghoj, K. ve Greene, A. R., 2004. One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust, In: Rudnick, R.L. (Ed.), *Treatise on Geochemistry*, vol. 3. Elsevier Pergamon, Amsterdam, 593-659.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, M.T.A.Dergisi, 66, 20-34.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Matbaası, Gümüşsüyü, 869, 520s.

- Köksal, S. ve Göncüoğlu, M. C., 2008. Sr and Nd isotopic characteristics of some S-, I, and A-type granitoids from Central Anatolia, Turkish Journal of Earth Sciences, 17, 111-127.
- Köprübaşı, N., 1993. Tirebolu-Harşit (Giresun) arası Jura-Kretase yaşlı magmatik kayaların petrolojisi ve jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 139-150.
- Köprübaşı, N., Şen. C. ve Köprübaşı, N., 2000. Fıstıklı (Armutlu-Yalova) granitoidinin jeokimyası, Earth Sciences, 22, 32-42.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lamere, J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorensen, H. ve Woolley, A. R., 2002. Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee of the Systematics of Igneous Rocks, Cambridge University Press., 236.
- Le Roex, A. P., 1987. Source regions of mid-ocean ridge basalts; evidence for enrichment processes, In: Menzies, A. M., Hawkesworth, C. J. (Eds.), Mantle Metasomatism, Academic Press, London, 389-422.
- Leake, E. B., Wooley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W. V., Nickhel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W. ve Youzhi, G., 1997. Nomenclature of amphiboles report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names, European Journal of Mineralogy, 9, 623-651.
- Liew, T. C. ve Hofmann, A. W., 1988. Precambrian crustal components, plutonic associations, plate environment of the Hercynian Fold Belt of central Europe: indications from a Nd and Sr isotopic study, Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 2, 129-138.
- Lindsley, D. H., 1983. Pyroxene thermometry, American Mineralogist, 68, 477-493.
- Lindsley, D. H. ve Andersen, D. J., 1983. A two-pyroxene thermometer, Journal of Geophysical Research, 88, A887-A906.
- Middlemost, E. A. K., 1994. Naming materials in the magma/igneous rock system, Earth-Science Reviews, 37, 215-224.
- Miyashiro, A., 1978. Nature of alkalic volcanic rock series, Contributions to Mineralogy and Petrology, 66, 91-104.
- Moore, W. J., Mckee, E. H. ve Akıncı, Ö., 1980. Chemistry and Chronology of Plutonic Rocks in the Pontid Mountains, Northern Turkey, Symposium of European Copper Deposits, Belgrade, 209-216.
- Morimoto, M., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. ve Gottardi, G., 1988. Nomenclature of pyroxenes, Mineralogical Magazine, 52, 535-550.
- MTA, 2002. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

- MTA, 2009. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Pafta No: Sinop F35, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, 2011a. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Pafta No: Giresun G39, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, 2011b. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Pafta No: Samsun F35-F36, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, 2013a. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Pafta No: Giresun G40, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, 2013b. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Pafta No: Çorum G34, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Nimis, P. ve Ulmer, P., 1988. Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks, part 1: An expanded structural geobarometer for anhydrous and hydrous, basic and ultrabasic systems, Contributions to Mineralogy and Petrology, 133, 314-327.
- Nimis, P., 1995. A Clinopyroxene Geobarometer for Basaltic Systems Based on Crystal Structure Modeling, Contributions to Mineralogy and Petrology, 121, 115-125.
- Nimis, P. ve Taylor, W. R., 2000. Single clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotites: Part I. Calibration and testing of a Cr-in-Cpx barometer and an enstatite-in-Cpx thermometer, Contributions to Mineralogy and Petrology, 139, 541-554.
- Okay, A. İ. ve Leven, E. J., 1996. Stratigraphy and paleontology of the upper Paleozoic sequences in the Pülür (Bayburt) region, Eastern Pontides, Turkish Journal of Earth Sciences, 5, 145-155.
- Okay, A. İ. ve Monié, P., 1997. Early Mesozoic subduction in the Eastern Mediterranean: Evidence from Triassic eclogite in northwest Turkey, Geology, 25, 595-598.
- Okay, A. İ., Sunal, G., Sherlock, S., Altın, D., Tüysüz, O., Kylander-Clark, A. R. C. ve Aygöl, M., 2013. Early Cretaceous sedimentation and orogeny on the active margin of Eurasia: Southern Central Pontides, Turkey, Tectonics, 32, 1247-1271.
- Okay, A. İ. ve 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 Memoir, 68, 291-311.
- Okay, A. İ. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey, In: Durand, B., Jolivet, L., Hovarth, F., Séranne, M. (eds), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen Tethyan Sutures of Northern Turkey. Geological Society London Special Publications, 156, 475-515.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ., Yerbilimleri Dergisi, 2, 65-114.
- Patiño Douce, A. E. ve Johnston, A. D., 1991. Phase Equilibria and Melt Productivity in the Pelitic System: Implications for the Origin of Peraluminous Granitoids and Aluminous Granulites, Contributions to Mineralogy and Petrology, 107, 202-218.
- Patiño Douce, A. E. ve Beard, J. S., 1996. Effects of P, f (O₂) and Mg/Fe Ratio on Dehydration Melting of Model Metagreywackes, Journal of Petrology, 37, 999-1024.

- Patiño Douce, A. E., 1997. Generation of Metaluminous A-type Granites by Low-Pressure Melting of Calc-Alkaline Granitoids, Geology, 25, 743-746.
- Patiño Douce, A. E. ve McCarthy, T. C., 1998. Melting of crustal rocks during continental collision and subduction, In: When continents collide: Geodynamics and Geochemistry of Ultra-high Pressure Rocks, edited by Hacker, B. R., Liou, J. G., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 27-55.
- Patiño Douce, A. E., 1999. What do Experiments Tell Us about the Relative Contributions of Crust and Mantle to the Origin of Granitic Magmas?, In: 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., Bender, J. F., De Long, S. E., Kidd, W. S. F., Low, P. J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J. J., 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 189-229.
- Pearce, J. A., 1996. Sources and settings of granitic rocks, Episodes, 19, 120-125.
- Pearce, J. A., 1983. The Role of Sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Destructive Plate Margins, In: Continental Basalts and Mantle Xenoliths, (eds): Hawkesworth, C. J., Norry, M. J., Shiva Publishing, Cheshire, 230-249.
- Pejatoğlu, S., 1971. Doğu Karadeniz - Küçük Kafkasya Bölgesi' ndeki metalojenik zonlar ve bunların metalojenik özellikleri, MTA Dergisi, 77, 10-21.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, K.T.Ü. Yayınları, 87, 103s, Trabzon.
- Putirka, K. D., Johnson, M., Kinzler, R. ve Walker, D., 1996. Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0-30 kbar, Contributions to Mineralogy and Petrology, 123, 92-108.
- Putirka, K. D., 1999. Clinopyroxene+liquid equilibrium to 100 kbar and 2450 K, Contributions to Mineralogy and Petrology, 135, 151-163.
- Putirka, K. D., 2003. New igneous thermobarometers based on plagioclase + liquid equilibria, Eos. Trans. AGU, Fall Meeting. Suppl., Abstract, 84, 46, F1583.
- Putirka, K. D., Ryerson, F. J. ve Mikaelian, H., 2003. New igneous thermobarometers for mafic and evolved lava compositions, based on clinopyroxene + liquid equilibria, American Mineralogist, 88, 1542-1554.
- Putirka, K. D., 2005. Igneous thermometers and barometers based on plagioclase + liquid equilibria: Tests of some existing models and new calibrations, American Mineralogist, 90, 336-346.
- Putirka, K. D., 2008. Thermometers and barometers for volcanic systems, In Putirka, K. D., Tepley, F. E., Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 69, 61-120.
- Rapp, R. P., Watson, E. B. ve Miller, C. F., 1991. Partial Melting of Amphibolite Eclogite and the Origin of Archean Trondhjemites and Tonalites, Precambrian Research, 51, 1-25.

- Rapp, R. P., 1995. Amphibole-out Phase Boundary in Partially Melted Metabasalt, its Control over Liquid Fraction and Composition, and Source Permeability, Journal of Geophysical Research, 100, 15601-15610.
- Rapp, R. P. ve Watson, E. B., 1995. Dehydration Melting of Metabasalt at 8–32 kbar: Implications for Continental Growth and Crust-Mantle Recycling, Journal of Petrology, 36, 891-931.
- Ridolfi, F., Puerini, M., Renzulli, A., Menna, M. ve Toulkeridis, T., 2008. The magmatic feeding system of El Reventador volcano (Sub-Andean zone, Ecuador) constrained by texture, mineralogy and thermobarometry of the 2002 erupted products, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 176, 94-106.
- Ridolfi, F., Renzulli, A. ve Puerini, M., 2010. Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: An overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanos, Contributions to Mineralogy and Petrology, 160, 45-66.
- Ridolfi F. ve Renzulli, A., 2012. Calcic amphiboles in calc-alkaline and alkaline magmas: thermobarometric and chemometric empirical equations valid up to 1130°C and 2.2 Gpa, Contributions to Mineralogy and Petrology, 163, 877-895.
- Roberts, M. P. ve Clemens, J. D., 1993. Origin of High-Potassium, Calcalkaline, I-Type Granitoids, Geology, 21, 825-828.
- Robinson, A. G., Banks, C. J., Rutherford, M. M. ve Hirst, J. P. P., 1995a. Stratigraphic and structural development of the eastern Pontides, Turkey, Journal of the Geological Society, London, 152, 861-872.
- Robinson, A. G., Spadini, G., Cloetingh, S. ve Rudat, J., 1995b. Stratigraphic Evolution of the Black Sea: Inferences from Basin Modeling, Marine and Petroleum Geology, 12, 821-835.
- Rock, N. M. S., 1990. The International Mineralogical Association (IMA/CNMMN) pyroxene nomenclature scheme: computerization and its consequences, Mineralogy and Petrology, 43, 99-119.
- Rolland, Y., Perincek, D., Kaymakci, N., Sosson, M., Barrier, E. ve Avagyan, A., 2012. Evidence for ~80–75 Ma subduction jump during Anatolia-Tauride-Armenian block accretion and ~48 Ma Arabia-Eurasia collision in Lesser Caucasus-East Anatolia, Journal of Geodynamics, 56-57, 76-85.
- Rudnick, R. L. ve Gao, S., 2003. Composition of the continental crust, In: Holland, H.D., Turekian, K.K. (Eds.), *The Crust. Treatise on Geochemistry*, 3. Elsevier-Pergamon, Oxford, 1-64.
- Schiano, P., Clocchiatti, R., Shimizu, N., Maury, R.C., Jochum, K. P. ve Hofmann, A. W., 1995. Hydrous, silica rich melts in the sub-arc mantle and their relationship with erupted arc lavas, Nature, 377, 595-600.
- Schmidberger, S. S. ve Hegner, E., 1999. Geochemistry and isotope ststematics 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.

- Schmidt, M. W., 1992. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: An experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer, Contributions to Mineralogy and Petrology, 110, 304-310.
- Schultze-Westrum, H. H., 1961. Giresun civarındaki Aksu deresinin jeolojik profili-Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus cevher ve mineral bölgesinin jeolojisi ve maden yatakları ile ilgili mütalâalar, Maden Tetkik ve Arama Enst. Dergisi, 57, 63-72.
- Singh, J. ve Johannes, W., 1996. Dehydration Melting of Tonalites: Part II. Composition of Melts and Solids, Contributions to Mineralogy and Petrology, 125, 26-44.
- Skjerlie, K. P. ve Johnston, A. D., 1996. Vapour-absent Melting from 10 to 20 kbar of Crustal Rocks that Contain Multiple Hydrous Phases: Implications for Anatexis in the Deep to very Deep Continental Crust and Active Continental Margins, Journal of Petrology, 37, 661-691.
- Smith, E. I., Sanchez, A., Walker, J. D. ve Wang, K. F., 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.
- Stevens, G., Clemens, J. D. ve Droop, G. T. R., 1997. Melt Production during Granulite Facies Anatexis: Experimental Data from 'Primitive' Metasedimentary Protoliths, Contributions to Mineralogy and Petrology, 128, 352-370.
- Streckeisen, A., 1976. To Each Plutonic Rock its Proper Name, Earth Science Review, 12, 1-33.
- Sun, S. ve McDonough, W. F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, In: A.D. Saunders, M.J. Norry, (eds.), Magmatism in the Ocean Basins, Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.
- Şarman, E., 1975. İsrail ve Eseli güneyindeki G41-bl, b2, b3, b4 ve G42-al, a4 paftalarına ait sahanın 1:10 000 ölçekli jeolojik etüt raporu: Maden Tetkik Arama Enst. Raporu, 5447, Ankara.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van, A., 1998. Geochemical and petrological characteristics of the Eastern Pontide Eocene (?) alkaline volcanic province, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 231-239.
- Şen, C. ve Dunn, T., 1994. Dehydration melting of a basaltic composition amphibolite at 1.5 and 2.0 GPa: implications for the origin of adakites, Contributions to Mineralogy and Petrology, 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.
- Şengör, A. M. C., Özeren, S., Genç, T. ve Zor, E., 2003. East Anatolian high plateau as a mantle supported, north-south shortened domal structure, Geophysical Research Letters, 30, 24, 8045.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.

- Taner, M. F., 1977. Etuda géologique et pétrographique de la région de Güneyce-İkizdere, située au sud de Rize (Pontides orientales, Turquie), PhD Thesis, Université de Geneve, 180.
- Taylor, S. R. ve McLennan, S. M., 1985. The Continental Crust, Its Composition and Evolution, Blackwell, Oxford, 312.
- 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, 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., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J.J., 2012a. Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematics 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., Abdioğlu, E. ve Yücel, C., 2012b. Bafra (Samsun) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petroğrafisi, Jeokimyası, Petrolojisi ve Jeodinamik Gelişimi. Karadeniz Teknik Üniversitesi BAP Projesi (No: 1079), Sonuç Raporu.
- 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 the Eocene monzogabbroic stocks from the Bafra (Samsun) area in Turkey: implications for disequilibrium crystallization and emplacement condition, International Geology Review, 56, 10, 1226-1245.
- 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.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A., 1980. Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi, TJK Bülteni, 23, 2, 179-192.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Area, NE Turkey, Doktora Tezi, University of London.
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen yaşlı kalkalkalen andezitler ve jeotektonizma, Türkiye Jeoloji Bülteni, 20, 49-54.
- Tokel, S., 1981. Plaka tektoniginde magmatik yerlesimler ve jeokimya: Türkiye'den örnekler, Yeryuvarı ve İnsan, 6, 53-65.
- Topuz, G., 2002. Retrograde P-T path of anatectic migmatites from the Pulur Massif, Eastern Pontides, NE Turkey: petrological and microtextural constraints, 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering Abstracts, Istanbul, Turkey, 110 p.

- Topuz, G., Alther, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A., 2005. Post-Collisional Plutonism with Adakite-like Signatures: the Eocene Saraycık Granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 441-455.
- Topuz, G., 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., Hasözbeke, A., Barth, M., Satır, M. ve 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., Çelik, Ö.F., Şengör, A. M. C., Altıntaş, İ. E., Zack, T., Rolland, Y. ve Barth, M., 2013. Jurassic Ophiolite Formation and emplacement as backstop to a subduction-accretion complex in Northeast Turkey, The Refahiye Ophiolite, and relation to the Balkan Ophiolites, American Journal of Science, 313, 1054-1087.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W. Zack, T., Satır, M. Ve Şen, C., 2011. Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 125, 131-150.
- Turner, S., Hawkesworth, C. J. ve Gallagher, K., 1996. Mantle plumes, flood basalts, and thermal models for melt generation beneath continents: assessment of a conductive heating model and application to the Parana, Journal of Geophysics Research, 101, 11503-11518.
- Türk-Japon Ekibi, 1974. Report on geological of Trabzon Area, Northeastern Turkey Phase I, MTA Raporu, Ankara.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, MTA Raporu No: 334, Ankara.
- Türk-Yugoslav Ekibi, 1970. Ordu, Kabadüz sahası 1/25000 ölçekli jeoloji etüdü ve prospeksiyon raporu, MTA Rapor No: 4596, Ankara.
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve çevresinin jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi, Mayıs, Ankara, Bildiriler Kitabı, 32-48.
- Ustaömer, T. ve Robertson, A. H. F., 1995. Palaeo-Tethyan tectonic evolution of the north Tethyan margin in the Central Pontides, N. Turkey, In: Geology of the Black Sea region (eds). Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örcen, S., MTA/JMO, 24-32.
- Ustaömer, T. ve Robertson, A. H. F., 2010. Late Palaeozoic-Early Cenozoic tectonic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia, In Stephenson, R. A., Kaymakcı, N., Sasson, M., Starostenko, V., Bergerat, F. (eds). Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform, Geological Society London Special Publications, 340, 281-327.
- Ustaömer, T., Robertson, A. H. F., Ustaömer, P. A., Gerdes, A. ve Peytcheva, I., 2013. Constraints on Variscan and Cimmerian magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli–Artvin area), NE Turkey from U–Pb dating and granite

- geochemistry, in Robertson, A. H. F., Parlak, O., Ünlügenç, U. C. (eds). Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region, Geological Society London Special Publications, 372, 49-74.
- Vielzeuf, D. ve Holloway, J. R., 1988. Experimental Determinations of the Fluid-absent Melting Reactions in the Pelitic System, Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 257-276.
- Weaver, B. L., Wood, D. A., Tarney, J. ve Joron, J., 1987. Geochemistry of Ocean Island Basalt from the South Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunda, In: Fitton, J.G. and Upton, B.G.J., Eds., Alkaline Igneous Rocks, Geological Society London Special Publication, 253-267.
- Winchester, J. A. ve Floyd, P. A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, Chemical Geology, 20, 325-343.
- Wones, D.R 1989. Significance of the assemblage titanite+magnetite+quartz in granitic rocks, American Mineralogist, 74, 744-749.
- Xu, Y. G., Luo, Z. Y., Huang, X. L., He, B., Xiao, L., Xie, L. W. ve Shi, Y. R., 2008. Zircon U–Pb and Hf isotope constraints on crustal melting associated with the Emeishan mantle plume, Geochimica et Cosmochimica Acta, 72, 3084-3104.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevheleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 10, 935-956.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and structure of the Gümüşhane granite and surrounding rocks, NE Anatolia. Ph D Thesis, Univ. of London.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. ve Şengör, A. M. C., 1997. Geology and tectonics of the Pontides. in Robinson, A.G. (eds.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 183-226.
- Yılmaz-Şahin, S., Güngör, Y. ve Boztuğ, D., 2004. Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçkar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc, Northern Turkey, Earth, Planets and Space, 56, 429-446.
- Yılmaz-Şahin, S., 2005. Transition from arc- to post-collision extensional setting revealed by K-Ar dating and petrology: An example from the granitoids of the Eastern Pontide Igneous Terrain, Araklı-Trabzon, NE Turkey, Geological Journal, 40, 425-440.
- Yılmaz-Şahin, S., 2008. Geochemistry of mafic microgranular enclaves in The Tamdere Quartz Monzonite, South of Dereli/Giresun, Eastern Pontides, Turkey, Chemie der Erde -Geochemistry, 68, 81-92.
- Yogodzinski, G. M., Kay, R. W., Volynets, O. N., Koloskov, A. V. ve Kay, S. M., 1995. Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region. Implications for slab melting and processes in the mantle wedge, Geological Society of American Bulletin, 107, 505-519.

- Yoldaş, R., Balkıray, K., Granit, S., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, İ., Ağrıdağ, D. S. ve Besbelli, B., 1985. Samsun ve dolayının (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki Bölgenin) jeolojisi ve petrol olanakları, MTA Rapor, No: 8130.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E. ve Ruffet, G., 2012. Trabzon- Giresun Arasındaki Tersiyer Alkalen Volkanitlerinin Tüm-Kayaç Petrokimyası ve ^{40}Ar - ^{39}Ar Jeokronolojisi, KD Türkiye, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Nisan, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı, 354-355.
- Yücel, C., 2013. Trabzon-Giresun arasındaki Tersiyer volkanitlerinin petrografisi, ^{40}Ar - ^{39}Ar jeokronolojisi, petrokimyası, Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası ve petrolojisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 406s.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ. ve Abdioğlu, E., 2014. Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the northern part of the Eastern Pontides, northeast Turkey: Implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes, *Mineralogy and Petrology*, 108, 439-467.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E. ve Ruffet, G., 2017. Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey), *Gondwana Research*, 45, 65-86.
- Zhou, M. F., Arndt, N. T., Malpas, J., Wang, C. Y. ve Kennedy, A. K., 2008. Two magma series and associated ore deposits types in the Permian Emeishan large igneous province, SW China, *Lithos*, 103, 352-368.

7. EKLER

Ek Tablo 1. Kovanlık Plütonu kayaçlarının genel petrografik özellikleri ve modal bileşimleri.

Plüton adı	Kovanlık (KV) (n=30)					
Kayaç türleri	Piroksen Gabro			Hornblend gabro		
Doku	Ofitik, pösilitik			Ofitik, pösilitik		
Tane boyu	İri-orta			Orta-ince		
Modal Miner. (%)	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.
Plajiyoklas	33.11	10.05	48.25	44.08	25.15	55.49
Hornblend	-	-	-	40.05	12.24	56.34
Biyotit	-	-	-	4.12	0.02	6.32
Klinopiroksen	36.72	24.8	54.28	-	-	-
Ortopiroksen	24.5	10.8	30.52	-	-	-
Tali Min.	0.16	0.00	0.56	0.26	0.00	1.02
Opak Min.	4.23	1.02	6.58	5.08	2.06	7.85
İkincil Min.	3.25	2.54	5.99	2.29	2.02	4.28

n= modal analiz yapılan kayaç adedir.

Ek Tablo 2. Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarına ait plajiyoklasların mikropob analiz sonuçları

Örnek No.	Kovanlık Plütonu Piroksen Gabro															
	KV-1 merkez	KV-1 Pl-4-1 merkez	KV-1 Pl-7-2 merkez	KV-1 Pl-8-1 merkez	KV-1 Pl-8-2 merkez	KV-1 Pl-9-1 merkez	KV-1 Pl-1-1 merkez	KV-6 Pl-1-1 merkez	KV-6 Pl-1-2 merkez	KV-6 Pl-1-4 merkez	KV-6 Pl-2-3 merkez	KV-6 Pl-2-5 merkez	KV-6 Pl-3-2 merkez	KV-6 Pl-4-2 merkez	KV-6 Pl-6-3 merkez	KV-6 Pl-7-1 merkez
SiO ₂	44.37	45.44	44.51	44.23	44.95	45.07	45.28	45.51	46.51	46.51	45.15	45.59	45.26	46.73	45.50	45.42
Al ₂ O ₃	34.52	34.18	34.48	34.71	34.44	34.22	34.03	34.07	33.58	33.58	33.64	34.26	34.11	33.81	34.02	33.86
FeO(t)	0.32	0.29	0.46	0.30	0.37	0.30	0.31	0.37	0.46	0.46	0.46	0.42	0.38	0.18	0.39	0.34
CaO	18.92	18.44	19.12	19.29	18.88	18.40	18.13	18.24	17.85	17.85	18.35	18.50	18.49	17.73	17.97	18.05
Na ₂ O	0.92	1.28	1.10	1.03	1.13	1.23	1.46	1.49	1.48	1.48	1.44	1.26	1.38	1.62	1.45	1.50
K ₂ O	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03
BaO	0.00	0.05	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01
Toplam	99.05	99.67	99.72	99.55	99.79	99.23	99.27	99.69	99.91	99.91	99.06	100.05	99.63	100.10	99.36	99.21
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																
Si	8.29	8.43	8.28	8.24	8.34	8.39	8.43	8.44	8.59	8.59	8.44	8.43	8.41	8.60	8.46	8.46
Al	7.60	7.47	7.56	7.62	7.53	7.51	7.47	7.45	7.31	7.31	7.41	7.46	7.47	7.33	7.45	7.43
Fe ⁺²	0.05	0.04	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.03	0.06	0.05
Ca	3.79	3.66	3.81	3.85	3.75	3.67	3.62	3.62	3.53	3.53	3.67	3.66	3.68	3.49	3.58	3.60
Na	0.33	0.46	0.40	0.37	0.40	0.44	0.53	0.54	0.53	0.53	0.52	0.45	0.50	0.58	0.52	0.54
K	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
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
Toplam	20.07	20.07	20.14	20.13	20.09	20.07	20.10	20.11	20.03	20.03	20.12	20.07	20.11	20.03	20.08	20.10
An % mol.	91.89	88.82	90.44	91.20	90.26	89.14	87.03	87.04	86.84	87.45	87.45	88.99	88.01	85.78	87.23	86.79
Ab % mol.	8.07	11.12	9.42	8.78	9.74	10.77	12.71	12.86	13.03	12.45	12.45	10.96	11.88	14.20	12.71	13.06
Or % mol.	0.04	0.06	0.14	0.01	0.00	0.09	0.26	0.10	0.13	0.10	0.10	0.05	0.11	0.01	0.06	0.15

* Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. An: Anortit, Ab: Albit, Ort: Ortoklas

Ek Tablo 2. devamı

Kovanlık Plütonu Piroksen Gabro														
Örnek No.	KV-6 Pl-7-2 merkez	KV-6 Pl-7-3 merkez	KV-6 Pl-8-1 merkez	KV-6 Pl-10-1 merkez	KV-6 Pl-10-2 merkez	KV-6 Pl-11-2 merkez	KV-6 Pl-12-1 merkez	KV-6 Pl-12-3 merkez	KV-6 Pl-12-4 merkez	KV-6 Pl-15-1 merkez	KV-6 Pl-15-2 merkez	KV-6 Pl-15-5 merkez	KV-6 Pl-15-9 merkez	KV-6 Pl-15-10 merkez
SiO ₂	45.32	45.75	45.25	45.29	46.25	45.64	44.21	46.63	45.52	46.25	45.51	45.34	45.33	45.84
Al ₂ O ₃	34.18	34.18	34.09	33.45	33.53	34.40	34.45	33.36	33.86	33.18	34.54	34.09	34.23	33.86
FeO(t)	0.41	0.22	0.20	0.33	0.32	0.38	0.36	0.23	0.26	0.33	0.24	0.18	0.38	0.20
CaO	18.04	18.58	18.53	18.35	17.57	18.17	18.88	17.35	18.19	18.13	18.66	18.18	18.32	18.21
Na ₂ O	1.41	1.44	1.39	1.52	1.81	1.40	1.08	1.73	1.42	1.69	1.27	1.43	1.34	1.69
K ₂ O	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
BaO	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
Toplam	99.38	100.19	99.53	98.98	99.51	100.01	98.99	99.33	99.26	99.58	100.23	99.25	99.62	99.81
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.														
Si	8.43	8.44	8.41	8.47	8.57	8.43	8.28	8.64	8.47	8.58	8.39	8.44	8.41	8.49
Al	7.49	7.43	7.47	7.37	7.33	7.49	7.60	7.28	7.42	7.25	7.51	7.48	7.49	7.39
Fe ⁺²	0.06	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.06	0.03
Ca	3.59	3.67	3.69	3.68	3.49	3.60	3.79	3.44	3.63	3.60	3.69	3.62	3.64	3.61
Na	0.51	0.51	0.50	0.55	0.65	0.50	0.39	0.62	0.51	0.61	0.45	0.52	0.48	0.61
K	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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
Toplam	20.08	20.10	20.11	20.12	20.09	20.08	20.12	20.03	20.08	20.10	20.08	20.08	20.09	20.13
An % mol.	87.55	87.64	87.89	86.92	84.19	87.67	90.62	84.64	87.56	85.58	89.00	87.54	88.21	85.53
Ab % mol.	12.36	12.28	11.91	12.99	15.73	12.24	9.38	15.30	12.37	14.42	10.98	12.45	11.71	14.38
Or % mol.	0.09	0.07	0.20	0.09	0.08	0.08	0.00	0.06	0.07	0.00	0.02	0.02	0.07	0.09

* Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. An: Anortit, Ab: Albit, Ort: Ortoklas

Ek Tablo 2. devamı

Kovanlık Plütonu Piroksen Gabro																
Örnek No.	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11	KV-11
Pl-8-2	Pl-8-2	Pl-8-3	Pl-9-3	Pl-9-4	Pl-10-1	Pl-10-2	Pl-10-3	Pl-10-4	Pl-10-6	Pl-10-7	Pl-10-11	Pl-10-12	Pl-16-3	Pl-16-6	Pl-16-6	Pl-16-6
merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez
SiO ₂	52,96	52,07	46,41	54,82	47,45	46,83	46,77	46,14	47,19	47,81	46,35	53,74	46,11	51,90		
Al ₂ O ₃	28,83	28,92	33,61	28,42	32,52	33,12	33,36	33,44	32,95	32,46	33,27	28,32	33,36	29,62		
FeO(t)	0,37	0,44	0,47	0,40	0,48	0,47	0,44	0,45	0,46	0,41	0,40	0,38	0,41	0,55		
CaO	11,64	13,83	17,68	11,53	16,90	17,31	17,76	17,82	16,76	16,98	17,46	11,70	17,50	16,57		
Na ₂ O	4,76	4,61	1,69	5,12	2,21	1,93	1,70	1,73	2,18	2,18	1,82	4,84	1,72	1,27		
K ₂ O	0,42	0,37	0,07	0,36	0,09	0,10	0,07	0,08	0,11	0,08	0,07	0,40	0,07	0,05		
BaO	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00		
Toplam	99,00	100,27	99,93	100,65	99,65	99,77	100,11	99,70	99,66	99,91	99,36	99,41	99,18	99,95		
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																
Si	9,71	9,51	8,57	9,87	8,77	8,66	8,62	8,55	8,72	8,81	8,61	9,81	8,58	9,46		
Al	6,23	6,23	7,32	6,03	7,08	7,22	7,25	7,31	7,18	7,05	7,28	6,09	7,31	6,36		
Fe ⁺²	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08		
Ca	2,29	2,71	3,50	2,22	3,35	3,43	3,51	3,54	3,32	3,35	3,47	2,29	3,49	3,23		
Na	1,69	1,63	0,61	1,79	0,79	0,69	0,61	0,62	0,78	0,78	0,66	1,71	0,62	0,45		
K	0,10	0,09	0,02	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,09	0,02	0,01		
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		
Toplam	20,07	20,23	20,08	20,05	20,09	20,09	20,07	20,11	20,09	20,07	20,09	20,05	20,08	19,59		
An % mol.	56,10	61,15	84,92	54,33	80,44	82,71	84,92	84,68	80,43	80,81	83,79	55,88	84,56	87,58		
Ab % mol.	41,51	36,90	14,70	43,67	19,05	16,73	14,70	14,85	18,96	18,74	15,82	41,84	15,05	12,10		
Or % mol.	2,38	1,95	0,38	2,00	0,51	0,56	0,38	0,47	0,61	0,46	0,39	2,28	0,39	0,32		

* Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. An: Anortit, Ab: Albit, Ort: Ortoklas

Ek Tablo 3. Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarına ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Kovanlık Plütonu Hornblend Gabro														
Örnek No.	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3	KV-3
Pl-1-4	merkez	Pl-2-1	merkez	Pl-2-2	merkez	Pl-2-3	merkez	Pl-2-4	merkez	Pl-3-4	merkez	Pl-4-4	merkez	Pl-5-1
													</	

* Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. An: Anortit, Ab: Albit, Ort: Ortoklas

Ek Tablo 3. devamı

Kovanlık Plütonu Hornblend Gabro																			
Örnek No.	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5
Pl-1-1	Pl-1-2	Pl-1-6	Pl-1-7	Pl-1-8	Pl-2-1	Pl-2-2	Pl-2-5	Pl-3-4	Pl-3-5	Pl-3-7	Pl-3-8	Pl-4-3	Pl-4-4	Pl-5-4					
merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez					
SiO ₂	46.94	47.55	47.72	51.09	46.88	47.20	52.89	46.40	46.86	46.70	48.38	51.90	50.35	51.50	46.96				
Al ₂ O ₃	33.32	32.67	32.96	30.97	33.14	32.60	29.57	33.41	33.47	33.80	32.63	30.53	31.06	30.22	33.47				
FeO(t)	0.42	0.41	0.32	0.37	0.40	1.50	0.38	0.40	0.46	0.43	0.31	0.24	0.25	0.38	0.43				
CaO	16.99	16.60	17.12	14.64	17.09	16.72	12.73	17.34	17.50	17.79	16.40	13.67	14.26	13.69	17.47				
Na ₂ O	1.99	2.33	2.15	3.59	2.02	2.15	4.46	1.93	1.85	1.64	2.36	3.83	3.48	4.09	1.81				
K ₂ O	0.03	0.03	0.02	0.05	0.03	0.04	0.09	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.08	0.06	0.04				
BaO	0.01	0.02	0.01	0.06	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03				
Toplam	99.69	99.61	100.30	100.77	99.59	100.21	100.12	99.54	100.19	100.37	100.10	100.25	99.48	99.96	100.22				
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																			
Si	8.67	8.78	8.76	9.27	8.67	8.72	9.60	8.60	8.63	8.58	8.87	9.42	9.23	9.40	8.64				
Al	7.25	7.11	7.13	6.62	7.22	7.09	6.32	7.30	7.26	7.32	7.05	6.53	6.71	6.50	7.26				
Fe ⁺²	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.23	0.06	0.06	0.07	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.07				
Ca	3.36	3.29	3.36	2.84	3.39	3.31	2.47	3.44	3.45	3.50	3.22	2.66	2.80	2.67	3.44				
Na	0.71	0.83	0.77	1.26	0.73	0.77	1.57	0.69	0.66	0.59	0.84	1.35	1.24	1.45	0.65				
K	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01				
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				
Toplam	20.06	20.08	20.07	20.06	20.08	20.13	20.04	20.10	20.08	20.06	20.03	20.00	20.04	20.09	20.06				
An % mol.	82.42	79.64	81.36	69.09	82.23	80.94	60.87	83.12	83.77	85.59	79.23	66.19	69.05	64.66	84.00				
Ab % mol.	17.43	20.19	18.53	30.65	17.62	18.86	38.64	16.70	16.05	14.32	20.62	33.56	30.47	34.99	15.75				
Or % mol.	0.15	0.17	0.11	0.26	0.15	0.20	0.49	0.18	0.18	0.09	0.15	0.25	0.48	0.35	0.25				

* Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. An: Anortit, Ab: Albit, Ort: Ortoklas

Ek Tablo 3. devamı

Kovanlık Plütonu Hornblend Gabro																			
Örnek No.	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5	KV-5
	Pl-5-5	Pl-5-6	Pl-7-1	Pl-7-1	Pl-7-2	Pl-7-3	Pl-7-4	Pl-8-2	Pl-8-5	Pl-9-1	Pl-9-2	Pl-9-4	Pl-10-1	Pl-10-2					
	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez	merkez					
SiO ₂	52.86	53.28	47.13	48.06	52.91	49.35	51.41	46.07	47.02	52.70	50.19	50.40	47.98	50.90					
Al ₂ O ₃	29.48	28.71	33.30	32.79	29.53	31.84	30.54	33.66	32.89	29.50	31.06	31.08	32.39	30.96					
FeO(t)	0.59	0.42	0.30	0.36	0.42	0.34	0.51	0.41	0.47	0.44	0.28	0.34	0.43	0.39					
CaO	12.92	12.18	17.08	16.60	12.72	15.59	13.65	18.08	17.07	12.46	13.93	14.88	16.24	13.16					
Na ₂ O	4.73	4.74	1.96	2.22	4.51	3.02	3.85	1.49	2.07	4.54	3.84	3.26	2.48	4.21					
K ₂ O	0.08	0.10	0.02	0.03	0.05	0.04	0.06	0.01	0.03	0.10	0.04	0.04	0.03	0.07					
BaO	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01					
Toplam	100.69	99.45	99.79	100.05	100.13	100.18	100.02	99.72	99.57	99.74	99.34	100.00	99.58	99.70					
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																			
Si	9.57	9.72	8.69	8.82	9.60	9.03	9.37	8.53	8.70	9.60	9.22	9.21	8.85	9.30					
Al	6.29	6.17	7.23	7.09	6.31	6.86	6.56	7.35	7.17	6.33	6.72	6.69	7.04	6.67					
Fe ⁺²	0.09	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.08	0.06	0.07	0.07	0.04	0.05	0.07	0.06					
Ca	2.50	2.38	3.37	3.26	2.47	3.06	2.66	3.59	3.38	2.43	2.74	2.91	3.21	2.58					
Na	1.66	1.68	0.70	0.79	1.59	1.07	1.36	0.53	0.74	1.60	1.37	1.15	0.89	1.49					
K	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02					
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					
Toplam	20.13	20.04	20.05	20.03	20.04	20.08	20.04	20.06	20.09	20.05	20.11	20.03	20.07	20.12					
An % mol.	59.84	58.38	82.72	80.36	60.74	73.89	65.98	86.98	81.83	59.92	66.57	71.43	78.18	63.10					
Ab % mol.	39.70	41.06	17.16	19.47	38.99	25.89	33.68	12.96	18.00	39.51	33.20	28.32	21.64	36.49					
Or % mol.	0.46	0.56	0.12	0.17	0.27	0.22	0.34	0.06	0.17	0.57	0.22	0.25	0.17	0.41					

* Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. An: Anortit, Ab: Albit, Ort: Ortoklas

Ek Tablo 4. Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarına ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları

Kovanlık Plütonu Piroksen Gabro											
Örnek No.	KV-1 Kpir-1-1	KV-1 Kpir-1-2	KV-1 Kpir-2-2	KV-1 Kpir-3-1	KV-1 Kpir-3-2	KV-1 Kpir-5-1	KV-1 Kpir-6-2	KV-1 Kpir-6-4	KV-1 Kpir-7-1	KV-1 Kpir-7-3	KV-1 Kpir-9-2
SiO ₂	52.28	52.57	53.44	52.72	52.07	52.04	53.07	52.37	51.94	52.99	51.23
TiO ₂	0.18	0.12	0.08	0.14	0.33	0.25	0.17	0.16	0.14	0.16	0.18
Al ₂ O ₃	2.69	1.91	1.19	2.10	2.06	2.22	3.90	2.14	2.08	4.18	2.62
FeO(t)	4.83	3.97	3.40	4.55	5.55	4.64	5.39	4.83	4.67	6.30	4.88
MnO	0.13	0.15	0.15	0.17	0.17	0.19	0.16	0.17	0.15	0.14	0.17
MgO	16.23	16.83	16.88	16.32	16.57	16.50	20.86	16.72	16.47	20.04	16.63
CaO	23.63	24.52	25.27	24.11	22.98	24.05	15.10	23.91	23.37	14.74	23.37
Na ₂ O	0.18	0.09	0.03	0.19	0.26	0.23	0.51	0.18	0.28	0.57	0.20
Toplam	100.16	100.16	100.45	100.31	100.00	100.12	99.15	100.48	99.11	99.12	99.28
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.											
Si	1.90	1.91	1.94	1.92	1.90	1.89	1.92	1.90	1.90	1.92	1.88
Ti	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.12	0.08	0.05	0.09	0.09	0.10	0.17	0.09	0.09	0.18	0.11
Fe ⁺²	0.08	0.03	0.04	0.06	0.07	0.03	0.14	0.04	0.05	0.18	0.02
Fe ⁺³	0.07	0.09	0.07	0.07	0.10	0.11	0.03	0.11	0.10	0.01	0.13
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Mg	0.88	0.91	0.91	0.88	0.90	0.90	1.12	0.90	0.90	1.08	0.91
Ca	0.92	0.95	0.98	0.94	0.90	0.94	0.58	0.93	0.92	0.57	0.92
Na	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02	0.04	0.01
Toplam	3.99	3.99	4.00	3.99	3.99	3.99	4.00	3.99	3.98	3.99	3.99
Mg#	0.86	0.88	0.90	0.86	0.84	0.86	0.87	0.86	0.86	0.85	0.86
Wo	47.28	48.04	49.15	47.87	45.62	47.51	31.25	46.92	46.80	31.00	46.44
En	45.17	45.88	45.68	45.08	45.77	45.34	60.05	45.67	45.90	58.66	45.99
Fs	7.54	6.08	5.17	7.05	8.61	7.15	8.70	7.40	7.30	10.35	7.56

* Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı stokiometrik olarak yapılmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³), Wo: Vollaistonit, En: Enstatit, Fs: Ferrosilit

Ek Tablo 4. devamı

Kovanlık Plütonu Piroksen Gabro											
Örnek No.	KV-6 Kpir-10-4	KV-6 Kpir-11-1	KV-6 Kpir-5-1	KV-6 Kpir-6-4	KV-11 Kpir-10-5	KV-11 Kpir-16-1	KV-11 Kpir-16-2	KV-11 Kpir-16-4	KV-11 Kpir-16-7	KV-11 Kpir-17-2	KV-11 Kpir-18-1
SiO ₂	52.52	51.68	50.48	52.18	51.86	52.31	52.43	52.23	52.98	53.05	51.37
TiO ₂	0.21	0.35	0.36	0.17	0.34	0.39	0.27	0.31	0.16	0.34	0.45
Al ₂ O ₃	1.37	2.19	2.38	1.30	2.23	1.74	1.58	1.84	1.04	2.25	2.27
FeO(t)	6.58	7.17	7.01	6.76	8.05	6.31	7.81	7.82	6.93	7.84	7.85
MnO	0.24	0.20	0.22	0.27	0.22	0.17	0.22	0.26	0.28	0.28	0.30
MgO	15.71	15.56	15.20	15.77	14.62	15.69	15.16	14.45	14.96	14.78	14.90
CaO	23.59	22.57	23.18	23.54	22.70	22.96	22.46	22.64	24.02	21.05	22.48
Na ₂ O	0.15	0.27	0.24	0.13	0.30	0.21	0.31	0.30	0.17	0.36	0.28
Toplam	100.37	99.99	99.07	100.12	100.33	99.79	100.23	99.85	100.52	99.95	99.90
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.											
Si	1.93	1.90	1.88	1.92	1.91	1.93	1.93	1.94	1.95	1.96	1.90
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Al	0.06	0.10	0.10	0.06	0.10	0.08	0.07	0.08	0.04	0.10	0.10
Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺³	0.12	0.12	0.08	0.11	0.17	0.13	0.17	0.20	0.15	0.24	0.15
Mn	0.08	0.10	0.14	0.10	0.08	0.06	0.07	0.05	0.06	0.00	0.09
Mg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.86	0.85	0.84	0.86	0.80	0.86	0.83	0.80	0.82	0.82	0.82
Na	0.93	0.89	0.92	0.93	0.90	0.91	0.89	0.90	0.95	0.83	0.89
Toplam	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02
Mg#	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Wo	0.81	0.79	0.79	0.81	0.76	0.82	0.78	0.77	0.79	0.77	0.77
En	46.63	45.30	46.54	46.37	46.01	46.18	45.24	46.35	47.80	44.10	45.56
Fs	43.21	43.47	42.48	43.22	41.25	43.90	42.48	41.15	41.43	43.08	42.01

* Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı stokiometrik olarak yapılmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³). Wo: Vollaştonit, En: Enstatit, Fs: Ferrosilit

Ek Tablo 5. Kovanlık Plütonu diyoritlerine ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek No.	Kovanlık Plütonu Hornblend Gabro									
	KV-3 Hbl-1-1	KV-3 Hbl-1-2	KV-3 Hbl-1-3	KV-3 Hbl-3-1	KV-3 Hbl-3-2	KV-3 Hbl-4-2	KV-3 Hbl-5-4	KV-3 Hbl-5-5	KV-3 Hbl-7-1	KV-3 Hbl-7-2
SiO ₂	49.00	50.41	48.65	51.41	50.34	51.27	48.06	48.52	50.53	51.99
TiO ₂	1.40	0.49	1.27	0.39	0.55	0.52	1.28	1.46	0.45	0.37
Al ₂ O ₃	6.14	4.85	5.75	4.10	4.68	3.53	5.91	5.92	4.65	3.68
FeO(t)	12.29	12.68	13.10	12.62	12.87	12.38	13.60	13.69	12.53	11.95
MnO	0.20	0.28	0.28	0.38	0.30	0.30	0.39	0.35	0.34	0.29
MgO	15.42	15.28	15.54	15.70	15.13	15.92	14.63	14.51	15.68	16.23
CaO	11.58	12.38	11.90	12.76	12.52	12.41	11.81	11.73	12.36	12.58
Na ₂ O	1.04	0.60	0.91	0.51	0.60	0.40	0.86	0.92	0.59	0.41
K ₂ O	0.37	0.17	0.40	0.08	0.18	0.13	0.41	0.42	0.14	0.14
Toplam	97.44	97.15	97.79	97.94	97.16	96.85	96.96	97.52	97.28	97.63
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	7.02	7.27	6.97	7.36	7.29	7.39	6.98	7.01	7.26	7.42
Ti	0.15	0.05	0.14	0.04	0.06	0.06	0.14	0.16	0.05	0.04
Al ^{IV}	0.98	0.73	0.97	0.64	0.71	0.60	1.01	0.99	0.74	0.58
Al ^{VI}	0.06	0.10	0.00	0.05	0.08	0.00	0.00	0.02	0.05	0.04
Fe ⁺²	0.77	1.03	0.73	1.07	1.13	0.96	0.90	0.97	0.90	0.96
Fe ⁺³	0.71	0.50	0.84	0.44	0.43	0.53	0.75	0.69	0.60	0.46
Mn	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03
Mg	3.29	3.29	3.32	3.35	3.26	3.42	3.17	3.13	3.36	3.45
Ca	1.78	1.91	1.83	1.96	1.94	1.92	1.84	1.82	1.90	1.92
Na	0.29	0.17	0.25	0.14	0.17	0.11	0.24	0.26	0.16	0.11
K	0.07	0.03	0.07	0.01	0.03	0.02	0.08	0.08	0.03	0.03
Toplam	15.14	15.11	15.15	15.11	15.14	15.05	15.16	15.15	15.09	15.06
Mg#	0.81	0.76	0.82	0.76	0.74	0.78	0.78	0.76	0.79	0.78

* Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997) göre yapılmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³).

Ek Tablo 5. devamı

Kovanlık Plütonu Hornblend Gabro										
Örnek No.	KV-3 Hbl-7-5	KV-3 Hbl-8-1	KV-3 Hbl-8-2	KV-5 Hbl-1-3	KV-5 Hbl-1-4	KV-5 Hbl-1-10	KV-5 Hbl-2-3	KV-5 Hbl-3-1	KV-5 Hbl-3-2	KV-5 Hbl-3-3
SiO ₂	52.00	52.55	50.67	52.16	48.60	52.34	49.50	48.28	47.42	47.09
TiO ₂	0.26	0.18	0.65	0.31	1.41	0.11	0.32	1.21	1.65	1.69
Al ₂ O ₃	2.63	3.26	4.32	3.26	6.25	3.68	6.38	6.05	7.10	6.93
FeO(t)	12.32	11.10	12.84	13.43	13.56	12.03	14.09	13.67	13.05	13.53
MnO	0.33	0.32	0.37	0.39	0.35	0.40	0.45	0.27	0.20	0.30
MgO	16.67	17.35	15.55	15.31	14.86	17.03	14.85	15.26	14.84	14.97
CaO	12.67	12.86	12.64	12.41	11.98	11.97	10.88	11.51	11.44	11.73
Na ₂ O	0.32	0.15	0.54	0.20	0.93	0.22	0.81	0.96	1.22	1.21
K ₂ O	0.10	0.01	0.18	0.01	0.26	0.00	0.08	0.28	0.33	0.36
Toplam	97.29	97.78	97.75	97.48	98.18	97.79	97.36	97.50	97.25	97.80
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	7.45	7.43	7.28	7.48	6.96	7.35	7.03	6.92	6.83	6.77
Ti	0.03	0.02	0.07	0.03	0.15	0.01	0.03	0.13	0.18	0.18
Al ^{IV}	0.44	0.54	0.72	0.52	1.04	0.61	0.97	1.02	1.17	1.17
Al ^{VI}	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.10	0.00	0.04	0.00
Fe ⁺²	0.88	0.69	1.05	1.07	0.87	0.41	0.41	0.61	0.73	0.73
Fe ⁺³	0.60	0.62	0.49	0.55	0.75	1.00	1.26	1.03	0.84	0.90
Mn	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.02	0.04
Mg	3.56	3.66	3.33	3.27	3.17	3.57	3.14	3.26	3.19	3.21
Ca	1.94	1.95	1.95	1.91	1.84	1.80	1.66	1.77	1.77	1.81
Na	0.09	0.04	0.15	0.06	0.26	0.06	0.22	0.27	0.34	0.34
K	0.02	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.01	0.05	0.06	0.07
Toplam	15.05	14.99	15.13	14.96	15.14	14.86	14.89	15.09	15.17	15.21
Mg#	0.80	0.84	0.76	0.75	0.78	0.90	0.88	0.84	0.81	0.82

* Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997) göre yapılmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³).

Ek Tablo 5. devamı

Kovanlık Plütonu Hornblend Gabro									
Örnek No.	KV-5 Hbl-4-1	KV-5 Hbl-4-2	KV-5 Hbl-5-1	KV-5 Hbl-5-2	KV-5 Hbl-6-1	KV-5 Hbl-6-2	KV-5 Hbl-8-4	KV-5 Hbl-9-3	KV-5 Hbl-9-5
SiO ₂	49.24	51.64	47.72	47.39	46.97	47.68	49.25	52.29	46.30
TiO ₂	1.06	0.28	0.52	1.77	1.38	1.61	0.64	0.13	1.78
Al ₂ O ₃	5.42	3.89	8.08	6.68	6.87	6.69	5.26	2.86	7.64
FeO(t)	14.99	13.41	14.83	13.82	14.57	12.83	14.26	13.32	13.72
MnO	0.43	0.43	0.31	0.28	0.25	0.24	0.41	0.42	0.30
MgO	14.10	15.83	13.23	14.44	13.87	15.17	14.79	16.09	13.61
CaO	11.88	11.71	12.03	11.75	11.64	11.42	11.77	12.23	11.83
Na ₂ O	0.79	0.51	1.02	1.10	0.98	1.13	0.70	0.24	1.24
K ₂ O	0.24	0.06	0.06	0.34	0.31	0.29	0.19	0.02	0.33
Toplam	98.16	97.77	97.78	97.57	96.82	97.05	97.26	97.59	96.75
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	7.09	7.33	6.89	6.85	6.85	6.86	7.09	7.45	6.79
Ti	0.11	0.03	0.06	0.19	0.15	0.17	0.07	0.01	0.20
Al ^{IV}	0.91	0.65	1.11	1.14	1.15	1.13	0.89	0.48	1.21
Al ^{VI}	0.00	0.00	0.27	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11
Fe ⁺²	1.05	0.67	1.08	0.91	0.92	0.64	0.80	0.80	1.10
Fe ⁺³	0.75	0.92	0.71	0.76	0.85	0.90	0.92	0.79	0.58
Mn	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04
Mg	3.02	3.35	2.85	3.11	3.01	3.25	3.18	3.42	2.97
Ca	1.83	1.78	1.86	1.82	1.82	1.76	1.82	1.87	1.86
Na	0.22	0.14	0.29	0.31	0.28	0.31	0.19	0.07	0.35
K	0.04	0.01	0.01	0.06	0.06	0.05	0.03	0.00	0.06
Toplam	15.10	14.93	15.16	15.19	15.15	15.13	15.05	14.94	15.27
Mg#	0.74	0.83	0.72	0.77	0.77	0.84	0.80	0.81	0.73

* Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997) göre yapılmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³).

Ek Tablo 6. Kovanlık Plütonu piroksen gabrolarına ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları

Kovanlık Plütonu Piroksen Gabro							
Örnek No.	KV-6 Mag-2-2 merkez	KV-6 Mag-5-2 merkez	KV-6 Mag-15-3 merkez	KV-6 Mag-15-4 merkez	KV-6 Mag-15-6 merkez	KV-11 Ilm-8-5 merkez	KV-11 Ilm-9-5 merkez
SiO ₂	0.05	0.09	0.00	0.04	0.07	0.34	0.05
TiO ₂	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04	43.98	41.51
Al ₂ O ₃	0.04	0.04	0.02	0.01	0.08	0.13	0.10
Fe ₂ O ₃	69.35	69.67	69.48	69.77	68.62	11.11	19.91
FeO	31.37	31.58	31.28	31.50	31.12	34.51	33.10
MnO	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	5.18	4.01
MgO	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.11	0.12
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	100.86	101.46	100.83	101.35	99.97	95.35	98.80
Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.							
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.80
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺³	1.99	1.99	2.00	2.00	1.99	0.22	0.39
Fe ⁺²	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	0.71
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.09
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00

* Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı stokiometrik olarak yapılmıştır. Mag: Magnetit. Ilm: İlimenit

Ek Tablo 7. Kovanlık Plütonu hornblend gabrolarına ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek No.	Kovanlık Plütonu Hornblend Gabro															
	KV-3 Mag-1-5 merkez	KV-3 Mag-1-6 merkez	KV-3 Ilm-3-3 merkez	KV-3 Mag-4-3 merkez	KV-3 Mag-5-3 merkez	KV-3 Mag-7-8 merkez	KV-5 Mag-1-5 merkez	KV-5 Ilm-1-9 merkez	KV-5 Ilm-2-4 merkez	KV-5 Mag-3-6 merkez	KV-5 Mag-4-6 merkez	KV-5 Mag-5-7 merkez	KV-5 Mag-6-3 merkez	KV-5 Ilm-7-5 merkez	KV-5 Mag-8-3 merkez	KV-5 Mag-9-6 merkez
SiO ₂	0.04	0.00	0.02	0.02	0.21	0.18	0.00	0.03	0.19	0.06	0.42	0.00	0.07	0.02	0.04	0.05
TiO ₂	0.21	0.60	46.62	0.59	0.58	2.77	0.79	47.22	47.22	0.76	0.90	0.42	2.21	48.12	0.42	0.23
Al ₂ O ₃	0.27	0.08	0.06	0.15	0.25	0.14	0.76	0.01	0.93	0.20	1.10	0.17	0.65	0.00	0.15	0.18
Fe ₂ O ₃	68.62	65.98	12.24	65.79	65.19	63.48	66.39	10.46	7.15	67.40	64.49	67.94	63.73	9.61	67.92	67.88
FeO	31.41	30.73	39.38	30.68	31.01	33.81	31.70	40.09	39.36	31.87	32.29	31.37	32.98	40.10	31.45	31.15
MnO	0.02	0.08	2.36	0.06	0.03	0.18	0.09	2.10	3.01	0.09	0.04	0.08	0.23	2.84	0.01	0.04
MgO	0.06	0.01	0.10	0.04	0.01	0.05	0.02	0.16	0.16	0.02	0.05	0.00	0.04	0.18	0.04	0.00
CaO	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
Toplam	100.63	97.49	100.78	97.34	97.27	100.61	99.75	100.07	98.02	100.41	99.29	99.98	99.92	100.86	100.04	99.52
Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.02	0.88	0.02	0.02	0.08	0.02	0.90	0.91	0.02	0.03	0.01	0.06	0.91	0.01	0.01
Al	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.05	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01
Fe ⁺³	1.97	1.96	0.23	1.96	1.94	1.82	1.92	0.20	0.14	1.94	1.87	1.97	1.84	0.18	1.97	1.97
Fe ⁺²	1.00	1.01	0.83	1.01	1.02	1.08	1.02	0.85	0.85	1.02	1.04	1.01	1.06	0.84	1.01	1.01
Mn	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Ca	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
Toplam	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00

* Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı stokiometrik olarak yapılmıştır.

Ek Tablo 8. Kovanlık Plütonu’nu oluşturan piroksen gabro ve hornblend gabroların ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element analizleri

Örnek no:	Piroksen Gabro					Hornblend Gabro		
	KV-1	KV-2	KV-6	KV-9	KV-11	KV-3	KV-4	KV-5
SiO ₂	47.09	49.50	48.30	50.51	49.09	45.35	45.90	45.23
TiO ₂	0.12	0.25	0.16	0.24	0.22	1.31	0.86	1.19
Al ₂ O ₃	9.23	7.55	16.32	3.93	16.17	19.41	23.33	18.08
Fe ₂ O ₃ (t)	7.60	7.09	7.25	8.17	7.74	12.73	8.59	13.82
MnO	0.15	0.21	0.15	0.21	0.17	0.18	0.12	0.23
MgO	17.37	15.83	10.93	17.50	10.36	5.60	3.93	6.29
CaO	13.12	14.77	15.00	15.80	13.26	12.36	13.16	11.82
Na ₂ O	0.40	0.87	0.79	0.25	1.06	2.01	2.16	1.90
K ₂ O	0.62	0.22	0.04	0.03	0.16	0.15	0.43	0.10
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07
A.K.	3.8	3.1	0.8	2.7	1.5	0.6	1.3	1.0
Toplam	99.51	99.40	99.75	99.35	99.74	99.71	99.79	99.73
Zr	2.7	12.3	5.5	11.9	14.0	12.9	14.3	14.3
Y	4.0	8.5	4.7	9.2	7.7	10.0	7.0	11.0
Sr	42.3	87.1	178.0	16.6	188.0	354.8	436.4	329.3
Rb	19.7	5.9	0.6	0.4	8.9	2.4	10.9	1.2
Th	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Ta	0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.4
Sc	54	56	48	61	44	36	25	39
V	166	196	167	214	175	499	377	523
Pb	0.4	0.4	0.5	0.3	0.5	0.9	0.9	0.6
Ni	107.4	72.0	22.2	68.0	10.9	6.2	5.7	9.2
Co	60.2	50.1	42.9	52.1	38.2	37.5	25.2	47.2
Cr	1490	2220	370	2600	390	30	30	40
Cs	1.3	0.2	0.2	0.2	2.1	0.4	1.1	0.1
Ba	156	73	12	4	35	51	155	40
Nb	0.1	0.5	0.1	0.5	0.2	1.6	0.6	0.7
Hf	0.1	0.4	0.2	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5
La	0.8	1.4	1.0	1.4	1.9	2.6	3.1	2.5
Ce	0.6	3.0	1.4	2.9	3.3	4.4	5.2	5.2
Pr	0.12	0.42	0.21	0.42	0.45	0.65	0.64	0.69
Nd	0.7	2.3	1.2	2.0	1.9	3.3	2.8	4.2
Sm	0.22	0.75	0.38	0.76	0.75	0.95	0.79	1.19
Eu	0.13	0.26	0.19	0.30	0.36	0.59	0.63	0.64
Gd	0.44	1.10	0.67	1.20	0.95	1.52	1.03	1.73
Tb	0.09	0.20	0.12	0.23	0.19	0.25	0.19	0.31
Dy	0.59	1.38	0.88	1.47	1.24	1.72	1.23	2.08
Ho	0.13	0.28	0.18	0.32	0.30	0.36	0.30	0.43
Er	0.35	0.83	0.53	0.99	0.91	1.12	0.68	1.27
Tm	0.04	0.12	0.09	0.15	0.14	0.16	0.12	0.17
Yb	0.33	0.84	0.54	0.96	0.82	1.01	0.72	1.19
Lu	0.07	0.14	0.09	0.16	0.14	0.18	0.13	0.18
Eu _N /Eu*	1.28	0.87	1.15	0.96	1.30	1.50	2.13	1.36
La _N /Lu _N	1.19	1.04	1.15	0.91	1.41	1.50	2.48	1.44
La _N /Yb _N	1.64	1.13	1.25	0.99	1.57	1.74	2.91	1.42
Mg#	69.56	69.07	60.12	68.17	57.24	30.55	31.39	31.28

Fe₂O₃(t), Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K. (Ateşte Kayıp): Toplam uçucu içeriği. $Mg^{\#} = 100 \times MgO / (MgO + Fe_2O_3(t))$

ÖZGEÇMİŞ

Tuğba BAKİ ERAYDIN 18.03.1988 tarihinde Berlin (Almanya)'de doğdu. Lise öğrenimini 2004 yılında Trabzon Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne başladı ve 2012 yılında mezun oldu. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı Mineraloji-Petrografi Ana Bilim dalında Yüksek Lisans programına başladı.

