

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜNDOĞDU VE BOĞALI GRANİTOYİTLERİ'NİN (KD-TÜRKİYE)
PETROGRAİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Sinan YILMAZER

**HAZİRAN 2017
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜNDOĞDU VE BOĞALI GRANİTOYİDLERİ'NİN (KD-TÜRKİYE) PETROGRAFIK,
JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Sinan YILMAZER

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18 / 05 / 2017

Tezin Savunma Tarihi : 30 / 06 / 2017

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN

Trabzon 2017

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Jeoloji Mühendisli
Sinan YILMAZER Tarafından Hazırlanan

**GÜNDOĞDU VE BOĞALI GRANİTOYİTLERİ'NİN (KD-TÜRKİYE) PETROGRAFİK,
JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 24 / 05 / 2017 gün ve 1703 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Orhan KARSLI

.....

Üye : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN

.....

Üye : Prof. Dr. İbrahim UYSAL

.....

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 114Y219 numaralı ‘‘Çaykara intruzif kompleksinin petrokimyası, Sr-Nd-Pb-O izotop jeokimyası, jeokronolojisi: Sakarya Zonu’nun doğu kesiminin Geç Mesozoyik-Erken Senozoyik tektonomagmatik evrimi için yeni bulgular’’ konulu proje ile desteklen bu çalışmayı öneren, çalışmanın her aşamasında bilgi birikimi ve tecrübeleri ile yol gösteren, her zaman yardımları ile yanımda olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cüneyt ŞEN’e minnet ve şükranlarımı sunmak isterim.

Bilgi, tecrübe, görüş ve önerilerinden yararlandığım, her zaman yanımda olan ve beni destekleyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR’a ve Arş. Gör. Ufuk Celal YAĞCIOĞLU’na şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, TUBİTAK projesinin her aşamasında birlikte çalıştığım değerli arkadaşım Buket DÜNDAR’a teşekkürlerimi sunarım.

Yalnızca yüksek lisans çalışmam sırasında değil eğitimimin ve hayatımın her aşamasında benden desteklerini esirgemeyen, bana yol gösteren ve ışık tutan canım aileme şükranlarımı sunarım.

Sinan YILMAZER

Trabzon, 2017

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri’nin (KD-Türkiye) Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Cüneyt ŞEN’in sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim aldığımı, analizleri ilgili laboratuarlarda 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.
18/05/2017

Sinan YILMAZER

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	2
1.1 Giriş ve Amaç	2
1.2. Ulaşım ve Yerleşim	2
1.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	2
1.4. Topoğrafya ve Akarsular	2
1.5. Bölgesel Jeoloji	3
1.6 Önceki Çalışmalar	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	16
2.1. Amaç ve Yöntemler.....	16
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	16
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Analitik Yöntemler	17
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	17
2.1.2.2. Mikroskopik Tayinler	17
2.1.2.3. Kimyasal Analizler	17
2.1.2.3.1. Tüm Kayaç Ana ve İz Element Analizleri.....	17
2.1.2.3.2. Mineral Kimyası (Mikroprob) Analizleri	18
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	19
3. BULGULAR VE İRDELEME	20
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petroğrafisi	20
3.1.1. Pazarcık Metamorfizi	21
3.1.2. Berdiga Formasyonu	23
3.1.3 Taşlıyayla Volkanitleri	25
3.1.4. Gündoğdu Granitoyidi.....	28

3.1.5.	Boğalı Granitoyidi	31
3.2.	Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri'nin Modal Minerolojik İncelenmesi	36
3.3.	Mineral Kimyası	39
3.3.1.	Plajiyoklas	39
3.3.2.	Alkali Feldispat	42
3.3.3.	Amfibol.....	44
3.3.1.4.	Biyotit	46
3.3.1.5.	Fe-Ti-Oksitler	48
3.4.	Granitoyitlerde Jeotermobarometre Hesaplamaları.....	51
3.4.1	Jeotermometre Hesaplamaları	51
3.4.1.1.	Plajiyoklas Jeotermometresi	51
3.4.1.2.	Tüm Kayaç SiO ₂ (%) - P ₂ O ₅ (%) Jeotermometresi	52
3.4.1.3.	Hornblend-Plajiyoklas Jeotermometresi	52
3.4.1.4.	Tüm Kayaç Zr(ppm) Jeotermometresi	53
3.4.2.	Jeobarometre Hesaplamaları.....	53
3.4.2.1	Hornblend Jeobarometresi.....	53
3.5.	Jeokimya.....	55
3.5.1.	Giriş	55
3.5.2.	Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidi ile İçerisindeki Mafik Mikrogranüler Anklav (MMA)'ların Jeokimyasal Özellikleri	55
3.5.2.1.	Ana ve İz Elementler	55
3.5.2.2.	Uyumsuz Elementler	63
3.5.2.3.	Lantan Grubu Elementler	65
4.	TARTIŞMALAR.....	78
4.1.	Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri'nin Petrojenezi	78
4.1.2.	Ayrımlaşma (Fraksiyonel Kristallenme) ve Özümleme (Asimilasyon)	78
4.1.3.	Kısmı Ergime	82
4.1.4.	Magma Karışımı	85
4.1.5.	Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri'nin Magma Kaynağı	87
4.1.6	Tektonik Konum.....	89
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	95
6.	KAYNAKLAR.....	97
7.	EKLER	109
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

GÜNDOĞDU VE BOĞALI GRANİTOYİDLERİ'NİN (KD-TÜRKİYE) PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sinan YILMAZER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Cüneyt ŞEN
2017, 108 Sayfa, 20 Ek Sayfa

Doğu Pontid Tektonik Birliği içerisinde, Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey yamacında yüzeylenen Üst Kretase yaşlı Gündoğdu ve Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı Boğalı Granitoyidleri'nin jeokimyasal ve petrolojik özellikleri bu çalışmada belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen Gündoğdu Granitoyidi örnekleri kuvars, plajiyoklas ($An_{2.67-90.42}$), ortoklas ($Or_{65.00-99.00}$), amfibol ($Mg\#$: 0.63-0.74) ve opak minerallerden oluşurken, Boğalı Granitoyidi örnekleri ortoklas ($Or_{75.20-96.30}$), kuvars, plajiyoklas ($An_{11.42-66.28}$), amfibol ($Mg\#$: 0.73-1.00), biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır. Jeokimyasal verilere göre Gündoğdu Granitoyidi yüksek K'lu ve kalk alkali ve I tipi özelliğe sahipken, Boğalı Granitoyidi yüksek K'lu-şoşonitik, kalk-alkali ve I tipi özelliğe sahiptir. Harker diyagramlarında gözlenen yönsemeler ise her iki granitoyide ait kayaçların gelişiminde plajiyoklas $\pm$ hornblend $\pm$ biyotit $\pm$ magnetit, Ti-oksit ve apatit ayrımlaşmasının önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir. Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri'ne ait ana kaya ve anklav örneklerinin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı elementlerde (BİYE) ve yüksek çekim alanlı elementlerde (YÇAE) oldukça fazla zenginleşme görülmektedir. Örneklerin kondirite göre normalize edilmiş değişim diyagramlarında hafif lantan grubu elementlerin (HLGE) ağır lantan grubu elementlere (ALGE) göre daha fazla zenginleştiği görülmektedir. Tektonik olarak yay granitoyidlerine benzer özellik sunmakta olan bu granitoyitleri oluşturan magmanın, mafik alt kabuk türevli ergiyik ve kıta altı litosferik manto türevli ergiyiklerin oluşturduğu hibrit bir ana magmadan ayrımlaşmaya uğrayarak geliştiği kabul edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Pontidler, Granitoyid, Kretase, Jeokimya, Ar-Ar yaşı

Master Thesis

SUMMARY

PETROGRAPHICAL, GEOCHEMICAL AND PETROLOGICAL INVESTIGATION OF THE GÜNDOĞDU AND BOĞALI GRANITOIDS (NE-TURKEY)

Sinan YILMAZER

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geology Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Cüneyt ŞEN
2017, 108 Pages, 20 Appendix

Geochemical and petrological features of the Upper Cretaceous Gündoğdu and Upper Cretaceous-Lower Paleocene Bulbous Granitoids, which are located in the eastern Black Sea Mountains in the eastern Pontide Tectonic Union, are evaluated in this study. The Gündoğdu Granitoid samples are composed of quartz, plagioclase ($An_{2.67-90.42}$), orthoclase ($Or_{65.00-99.00}$), amphibole ($Mg\#$: 0.63-0.74) and opaque minerals. The specimens of the Boğalı Granitoid are composed of orthoclase ($Or_{75.20-96.30}$), quartz, plagioclase ($An_{11.42-66.28}$), amphibole, biotite ($Mg\#$: 0.73-1.00) and opaque minerals. According to the geochemical data, Gündoğdu Granitoid is characterized by high K and calc-alkaline and I type, whereas Boğalı Granitoid has high K-shoshonitic, calc-alkaline and I type properties. The directions observed in the Harker's diagrams show that the differentiation of plagioclase $\pm$ hornblende $\pm$ biotite $\pm$ magnetite, Ti-oxide and apatite plays an important role in the development of rocks belonging to both of the granitoids. The parent rocks and enclave samples of Gündoğdu and Boğalı Granitoids show considerable enrichment in the large-ion lithophile elements (LILE) and the high field strength elements (HFSE) in the trace element variation diagrams normalized to the primitive mantle. In the variation diagrams normalized to the chondrite of the samples, the light rare earth elements (LREE) are enriched more than the heavy rare earth elements (HREE). It can be assumed that the magma forming granitoids, which tectonically resemble arc granitoids, develops from a hybrid primary magma formed by mafic under-crust-derived melt and sub-continental lithospheric mantle-derived melts.

Key Words: Eastern Pontides, Granitoid, Cretaceous, Geochemistry, Ar-Ar dating

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası (Güven, 1993'den değiştirilerek alınmıştır).	2
Şekil 2.	Çalışma alanının güneyinde bulunan Koşacık Mahallesinden Kucubağ Tepeye (KD) bir bakış.....	3
Şekil 3.	Doğu Pontidlerin Ana Yapısal Özellikleri. 1: Paleozoyik metamorfik temel, 2: Paleozoyik granitler, 3: Serpantinitler, 4: Mesozoyik ve Senozoyik kayalar, 5: Platform karbonatlar, 6: Mesozoyik tortul kayalar, 7: Kretase ve Eosen yay volkanitleri, 8: Üst Kretase ve Eosen yay granitleri, 9: dom, 10: Kıvrım eksenleri, 11: Doğrultu atımlı faylar, 12: Bindirme 13: Normal fay, 14: Çalışma alanı, KAF=Kuzey Anadolu Fayı, KDAF=Kuzeydoğu Anadolu Fayı (Eyüboğlu, 2006'dan değiştirilerek).	4
Şekil 4.	Türkiye ve çevresinin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).	5
Şekil 5.	Doğu Pontid'lerdeki bazı Kretase-Paleosen yaşlı plütonik kayalar (araştırmacılar ve plütonlara ait yaşlar Tablo 1'de, açıklamalar ise metin içerisinde verilmiştir).	9
Şekil 6.	İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.	20
Şekil 7.	Pazarcık Metamorfizi'ne ait gnays el örneğinin görünümü.....	21
Şekil 8.	Pazarcık Metamorfikleri içerisindeki gnayslarda görülen lepido-granoblastik (a, b, e ve f) ve gözlü doku (c ve d) örnekleri. (Qz: kuvars, Or: ortoklas, Ms: muskovit, Bt: biyotit).	22
Şekil 9.	Gürgenlik Yayla yakınlarında görülen Pazarcık metamorfizi ve üzerine gelen Berdiga Formasyonu dokanağı.	23
Şekil 10.	Kubasar Tepeden Mollaoğlu Mahallesi'ne doğru mostra görünümü (Fotoğraf güneyden kuzeye doğru çekilmiştir).	24
Şekil 11.	Pazarcık Mahallesi'nden Karadere Göleti (Araklı-Bayburt karayolu üzeri) kuzey yamaçlarındaki Berdiga Formasyonuna bakış (fotoğraf güneyden kuzeye doğru çekilmiştir).	24
Şekil 12.	Gündoğdu yolu üzerindeki Taşlıyayla Volkanitleri ve onu kesen bazik daykın görünümü.	25
Şekil 13.	Pelitli Mahallesi kuzey batısında Taşlıyayla Volkanitlerinde gözlemlenen eksfoliasyon yapıları.	26
Şekil 14.	Aşırı altere olmuş piritli Taşlıyayla Volkanitlerinin Pelitli Mahallesi kuzeyindeki görünümü.....	26
Şekil 15.	Taşlıyayla Volkanitlerinde görülen mikrolitik-porfirik (a, b ve d) ve entersertal doku (c). (Pl: plajiyoklas, Cpx: klinopiroksen, Qz: kuvars, Cal: kalsit, Amp: amfibol, Op: opak mineral)	27

Şekil 16.	Gündoğdu Granitoyidi ile Boğalı Granitoyidinin Armendüzü Sırtlarındaki sınırı (a), koyu renkli mikrogranüler anklav içeren Gündoğdu Granitoyidine ait orta daneli el örneği(b).....	28
Şekil 17.	Gündoğdu Köyü-Bayburt yol ayrımının 1 km kuzey batısında Gündoğdu Granitoyidini kesen mafik dayk (a), ve yol ayrımının 1.5 km doğusunda görülen asidik dayk (b).....	29
Şekil 18.	Yer yer daneli (a, b, c ve d), çoğunlukla porfirik doku (e ve f) gösteren Gündoğdu Granitoyidine ait granit/granodiyorit bileşimindeki kayaçlar. Kenar zonlarda (e ve f) plütone ait örnekler ince/mikro daneli bir hamur içerisinde görülen porfirik dokuludur (Qz: kuvars, Or: ortoklas, Pl: plajiyoklas, Amp: amfibol, Ep: epidot, Op: opak mineral).....	30
Şekil 19.	Gündoğdu Granitoyidi içerisinde görülen ve tüm kristalli ince daneli dokuya sahip mafik mikro granüler anklav örnekleri(a, b, c ve d) (Or: ortoklas, Pl: plajiyoklas, Amp: amfibol, Op: opak mineral).	31
Şekil 20.	Boğalı Granitoyidinin ana gövdesini oluşturan daneli porfiritik dokulu monzogranitin el örneği (iri pembe kristaller K-feldispat mineralleridir). ...	32
Şekil 21.	Boğalı Granitoyidi içerisindeki oval şekilli kesit veren mafik granüler anklav.	32
Şekil 22.	Bahçecik-Boğalı Köyü yolu üzerlerinde Boğalı Granitoyidini kesen dasit daykı (a), bazalt daykı (b), bazalt daykının ayrıntılı görüntüsü (sağ üst köşe).	33
Şekil 23.	Boğalı Granitoyidini oluşturan ekügranüler orta daneli (a ve b), ince daneli porfirik doku (e, f, g ve h) gösteren granitik kayaçlar ve aplit damar kayacına ince daneli aplitik doku (Qz: kuvars, Or: ortoklas, Pl: plajiyoklas, Amp: amfibol, Bt: biyotit, Op: opak mineral).....	34
Şekil 24.	Boğalı Granitoyidi içerisinde görülen ve tüm kristalli ince daneli porfirik dokuya sahip mafik mikro granüler anklav örnekleri(a, b, c ve d) (Qz: kuvars, Or: ortoklas, Pl: plajiyoklas, Amp: amfibol, Bt: biyotit, Op: opak mineral).	35
Şekil 25.	Boğalı Granitoyidine ait radyometrik yaş tayini (Dokuz, yayınlanmamış veri).	35
Şekil 26.	Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidine ait örneklerin modal analiz sonuçlarının QAP diyagramındaki dağılımları (Streckeisen, 1976).	36
Şekil 27.	Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayaçlara ve içerisindeki MMA'lara ait plajiyoklas minerallerinin Ab-An-Or üçgen sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları.	40
Şekil 28.	İncelenen intrüzif kayaçlardaki bazı plajiyoklas ve amfibol minerallerinin geri saçılmış elektron(BSE) görünimleri.....	40
Şekil 29.	Boğalı Granitoyidini oluşturan kayaçlara ve içerisindeki MMA'lara ait plajiyoklas minerallerinin Ab-An-Or üçgen sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları.	41
Şekil 30.	Boğalı Granitoyidini oluşturan kayaçlardaki bazı plajiyoklas, amfibol, kuvars ve ortoklas minerallerinin BSE görünimleri.	42

Şekil 31.	Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalara ve içerisindeki MMA'lara ait K-feldispat minerallerinin Ab-An-Or üçgen sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları.	43
Şekil 32.	Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalara ve içerisindeki MMA'lara ait K-feldispat minerallerinin Ab-An-Or üçgen sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları.	44
Şekil 33.	Gündoğdu Granitoyidi içerisindeki amfibollerin Leake ve diğ. (1997) sınıflama diyagramındaki yerleri.	45
Şekil 34.	Boğalı Granitoyidi içerisindeki amfibollerin Leake ve diğ. (1997) sınıflama diyagramındaki yerleri	46
Şekil 35.	Gündoğdu Granitoyidi ve MMA'lar içerisinde görülen biyotit minerallerinin a) biyotit sınıflama diyagramı (Parsons ve diğ., 1991). b) $10^*TiO_2 - (FeO_{(t)}+MnO) - MgO$ (ağ.%) üçlü sınıflama diyagramı (Nachit ve diğ., 2005).	47
Şekil 36.	Boğalı Granitoyidi ve MMA'lar içerisinde görülen biyotit minerallerinin a) biyotit sınıflama diyagramı (Parsons ve diğ., 1991). b) $10^*TiO_2 - (FeO_{(t)}+MnO) - MgO$ (ağ.%) üçlü sınıflama diyagramı (Nachit ve diğ., 2005).	48
Şekil 37.	Gündoğdu Granitoyidi'ndeki monzogranit, diyorit ve monzonitlere ait Fe-Ti-Oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)	49
Şekil 38.	Boğalı Granitoyidi'ndeki monzogranit, kuvars monzonit ve monzodiyoritlere ait Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	50
Şekil 39.	Gündoğdu(a) ve Boğalı(b), Granitoyidlerinin içerdiği plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı (sıcaklık eğrileri Fuhrman ve Lindsley, 1988'den alınmıştır).	51
Şekil 40.	Gündoğdu(a) ve Boğalı(b) Granitoyidlerine ait 1 atm (Watson, 1979; kesiksiz mavi çizgi) ve 7.5 kbar (Watson ve Green, 1982; kesikli siyah çizgi) basınçlarda çizilen sıcaklık değerlerini gösterir SiO_2 (%) karşı P_2O_5 (%) diyagramları.	52
Şekil 41.	İncelenen Gündoğdu intrüzif kayalaları ve bunların içindeki MMA'ların, a) SiO_2 'ye karşı $Na_2O + K_2O$ diyagramındaki (Le Maitre vd., 1989), b) P-Q diyagramındaki konumları (Debon ve Le Fort, 1983). 1: Alkali feldispat granit, 2: Monzogranit, 3: Granodiyorit, 4: Tonalit, 5: Kuvars siyenit, 6: Kuvars monzonit, 7: Kuvars monzodiyorit, 8: Kuvars diyorit, 9: Siyenit, 10: Monzonit, 11: Monzodiyorit, 12: Diyorit/Gabro.	56
Şekil 42.	İncelenen Boğalı intrüzif kayalaları ve bunların içindeki MMA'ların, a) SiO_2 'ye karşı $Na_2O + K_2O$ diyagramındaki (Le Maitre vd., 1989), b) P-Q diyagramındaki konumları (Debon ve Le Fort, 1983). 1: Alkali feldispat granit, 2: Monzogranit, 3: Granodiyorit, 4: Tonalit, 5: Kuvars siyenit, 6: Kuvars monzonit, 7: Kuvars monzodiyorit, 8: Kuvars diyorit, 9: Siyenit, 10: Monzonit, 11: Monzodiyorit, 12: Diyorit/Gabro.	57

Şekil 43.	Granitik kayaçların normatif sınıflandırılması (Streckeisen ve Le Maitre 1979).	58
Şekil 44.	Örneklerin, a) K_2O-SiO_2 diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976), b) Molar A/CNK-A/NK alümina sınıflama diyagramındaki konumları (Shand, 1943).	58
Şekil 45.	Örneklerin, a) K_2O-SiO_2 diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976), b) Molar A/CNK-A/NK alümina sınıflama diyagramındaki konumları (Shand, 1943).	59
Şekil 46.	Gündoğdu Granitoidine ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim (Harker) diyagramları.	60
Şekil 47.	Gündoğdu Granitoidine ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı iz element değişim (Harker) diyagramları.	61
Şekil 48.	Boğalı Granitoidine ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim (Harker) diyagramları.	62
Şekil 49.	Boğalı Granitoidine ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı iz element değişim (Harker) diyagramları.	63
Şekil 50.	Gündoğdu Granitoidine ait kayaçların İlksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları.	64
Şekil 51.	Boğalı Granitoidine ait ana kayaç ve anklavların ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları.	65
Şekil 52.	Gündoğdu Granitoidine ait kayaçların kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları.	66
Şekil 53.	Boğalı Granitoidine ait kayaçların kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları.	68
Şekil 54.	Gündoğdu Granitoidini oluşturan kayaçların a) Sr (ppm) karşı Ba (ppm) ve b) Sr'a karşı Ba/Sr değişim diyagramları.	79
Şekil 55.	Boğalı Granitoidini oluşturan kayaçların a) Sr (ppm) karşı Ba (ppm) ve b) Sr'a karşı Ba/Sr değişim diyagramları.	80
Şekil 56.	a) Gündoğdu Granitoidinin Nb/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce, 1983). FK (ayırışma), AFK (özümleme+ayırışma), YZZ (yitim zenginleşmesi) ve levha içi zenginleşmesini gösterir vektörler Pearce vd. (1983)'den alınmıştır b) Y/Nb'a karşı SiO_2 (% ağı) diyagramı.	80
Şekil 57.	a) Boğalı Granitoidinin Nb/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce, 1983). FK (ayırışma), AFK (özümleme+ayırışma), YZZ (yitim zenginleşmesi) ve levha içi zenginleşmesini gösterir vektörler Pearce vd. (1983)'den alınmıştır b) Y/Nb'a karşı SiO_2 (% ağı) diyagramı.	81
Şekil 58.	a) Gündoğdu ve b) Boğalı Granitoidlerini oluşturan kayaçların Rb/Ba'a karşı Rb/Sr değişim diyagramları (ÜK: Üst Kabuk ve AK: Alt Kabuk değerleri Kerrich ve Wyman, 1996'dan alınmıştır).	82
Şekil 59.	Çalışma alanı magmatik kayalarına ait Zr/Nb- Ce/Y diyagramı.	83

Şekil 60.	Çeşitli litolojilerden deneysel olarak dehidrasyon-eritme yöntemi ile üretilen ergiyik bileşimlerin temsil ettiği alanlar. Ergiyik bileşimler KA Granitlerden (Kalk alkali granitler) DB: Düşük basınç (4 kbar) ve YB: Yüksek basınç (8 kbar) koşulları altında dehidrasyon-ergitme ile üretilmiştir (Patiño, 1997). Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri'nin Patiño 1999'a göre kısmi ergime bileşimleri (P-al: Peralümina, M-al: Metalümina).	84
Şekil 61.	Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidlerine ait kayaçlarda görülen ve magma karışımına işaret eden dokusal özellikler.	86
Şekil 62.	Gündoğdu Granitoyidine ait örneklerin (a) Rb/Sr-Ti/Zr ve (b) Sr/Zr-Ti/Zr diyagramındaki konumları.	87
Şekil 63.	Boğalı Granitoyidine ait örneklerin (a) Rb/Sr-Ti/Zr ve (b) Sr/Zr-Ti/Zr diyagramındaki konumları.	87
Şekil 64.	a) SiO ₂ 'ye karşı Pb ve b) SiO ₂ 'ye karşı P ₂ O ₅ değişim diyagramları (Chappell ve White, 1992).	89
Şekil 65.	Fe ₂ O ₃ /MgO'e karşı Zr+Nb+Ce+Y sınıflama diyagramı (Whalen vd., 1987). 90	
Şekil 66.	a) Gündoğdu Granitoyidine ait kayaç örneklerinin Nb-Y grafiği, b) Rb-(Y+Nb) diyagramlarındaki (Pearce vd., 1984) konumları. POG: Plaka ortası granitoyidleri, OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoyidleri, VYG: Volkanik yay granitoyidleri, ÇG: Çarpışma granitoyidleri.	91
Şekil 67.	Gündoğdu Granitoyidine ait kayaç örneklerinin Rb/10-Hf-Ta*3 tektonik ortam ayırtman diyagramındaki (Harris vd., 1986) konumları. POG: Plaka ortası granitoyidleri, OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoyidleri, VYG: Volkanik yay granitoyidleri, ÇG: Çarpışma granitoyidleri.	91
Şekil 68.	a) SiO ₂ 'ye karşı Pb ve b) SiO ₂ 'ye karşı P ₂ O ₅ değişim diyagramları (Chappell ve White, 1992).	92
Şekil 69.	Fe ₂ O ₃ /MgO'e karşı Zr+Nb+Ce+Y sınıflama diyagramı (Whalen vd., 1987). 92	
Şekil 70.	a) Boğalı Granitoyidine ait kayaç örneklerinin Nb-Y grafiği, b) Rb-(Y+Nb) diyagramlarındaki (Pearce vd., 1984) konumları. POG: Plaka ortası granitoyidleri, OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoyidleri, VYG: Volkanik yay granitoyidleri, ÇG: Çarpışma granitoyidleri.	93
Şekil 71.	Boğalı Granitoyidine ait kayaç örneklerinin Rb/10-Hf-Ta*3 tektonik ortam ayırtman diyagramındaki (Harris vd., 1986) konumları. POG: Plaka ortası granitoyidleri, OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoyidleri, VYG: Volkanik yay granitoyidleri, ÇG: Çarpışma granitoyidleri.	94
Ek Şekil 1.	Çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Doğu Pontidlerdeki bazı plütonik kayaların jeokronolojik yaşları.	10
Tablo 2.	Gündoğdu Granitoyidi ve içerisinde bulunan MMA'lara ait modal analiz sonuçları.	37
Tablo 3.	Boğalı Granitoyidi ve içerisinde bulunan MMA'lara ait modal analiz sonuçları.	38
Tablo 4.	İnceleme alanında bulunan granitoyidlere ve içerisinde bulunan MMA'lara ait jeotermometre sonuçları.	54
Tablo 5.	İnceleme alanında bulunan granitoyidlere ve içerisinde bulunan MMA'lara ait jeobarometre sonuçları.	54
Tablo 6.	Gündoğdu Granitoyidine ait örneklerin ana oksit (% ağı.), iz element (ppm) analizleri ve CIPW normatif bileşimleri.	69
Tablo 7.	Gündoğdu Granitoyidine ait örneklerin lantan grubu element (ppm) analizleri.	73
Tablo 8.	Boğalı Granitoyidi ve MMA örneklerine ait ana oksit (% ağı.), iz element analizleri (ppm) ve CIPW normatif bileşimleri.	75
Tablo 9.	Boğalı Granitoyidi ve MMA'larına ait örneklerin lantan grubu element (ppm) analizleri	77
Ek Tablo 1.	Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalarda ve içerisindeki MMA'larda bulunan plajiyoklaslara ait mikroprob analiz sonuçları.	110
Ek Tablo 2.	Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalardaki ve MMA'lardaki plajiyoklas minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları.	115
Ek Tablo 3.	Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalardaki ve MMA'lardaki alkali feldispatlara ait mikroprob analiz sonuçları.	119
Ek Tablo 4.	Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalardaki ve MMA'lardaki alkali feldispat minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları.	120
Ek Tablo 5.	Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalardaki amfibol minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları.	122
Ek Tablo 6.	Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalardaki ve MMA'lardaki amfibol minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları.	123
Ek Tablo 7.	Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalardaki ve MMA'lardaki biyotit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları.	125
Ek Tablo 8.	Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalardaki ve MMA'lardaki biyotit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları.	126
Ek Tablo 9.	Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalardaki ve MMA'lardaki Fe-Ti-oksit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları.	127
Ek Tablo 10.	Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalardaki ve MMA'lardaki Fe-Ti-oksit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları.	128

SEMBOLLER DİZİNİ

Ab: Albit

AFK: Asimilasyon ile eş zamanlı gelişen ayrışma

Amp: Amfibol

An: Anortit

Atm: Atmosferik basınç

Bt: Biyotit

Cal: Kalsit

Cpx: Klinopiroksen

ÇG: Çarpışma granitoidleri.

Ep: Epidot

FK: Ayrışma

GB: Güneybatı

GPS: Küresel konumlama sistemi (Global Positioning System)

YÇAE: Yüksek çekim alan etkili element (HFSE: High Field Strength Elements)

ALGE: Ağır lantan grubu elementler (HREE: Heavy Rare Earth Elements)

KAF: Kuzey anadolu fay hattı

Kbar: Kilobar cinsinden basınç

KD: Kuzeydoğu

KDAF: Kuzeydoğu anadolu fay hattı

Km: Kilometre cinsinden uzunluk

LA-ICP MS: Lazer ablasyon-indüktif olarak eşleştirilmiş plazma - kütle spektrometresi (Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry)

BİYE: Büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE: Large-Ion Lithophile Elements)

HLGE: Hafif lantan grubu elementler (LREE: Light Rare Earth Elements)

M: Metre cinsinden uzunluk

Mg# : Magnezyum numarası

MMA: Mafik mikrogranüler anklav

My: Milyon yıl

OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoidleri

Op: Opak mineral

Or: Ortoklas

P: Basınç (kbar cinsinden)

Pl: Plajiyoklas

POG: Plaka ortası granitoyidleri

Ppm: Milyonda bir birime verilen isim (Parts per million)

Qz: Kuvars

T: Sıcaklık (°C cinsinden)

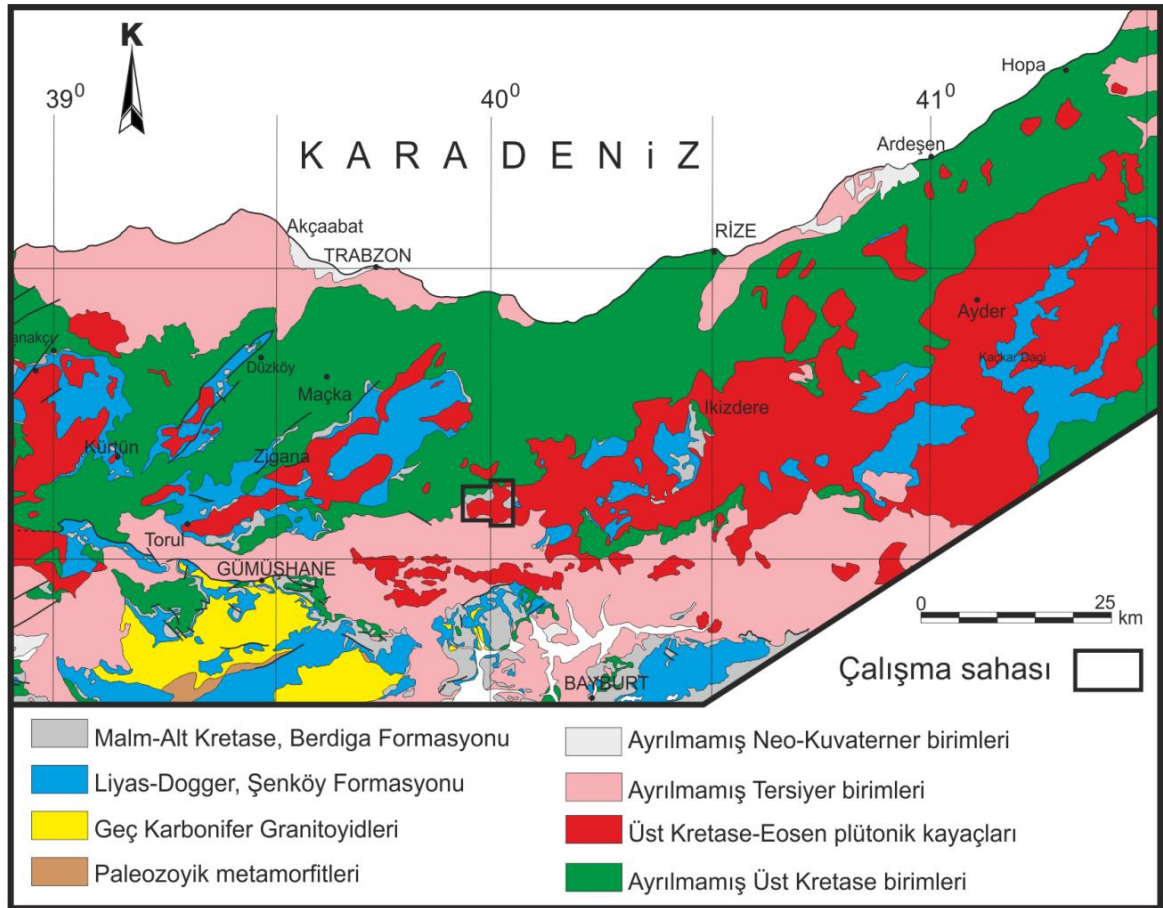
VYG: Volkanik yay granitoyidleri

YZM: Yitim zonu metazomatizması

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş ve Amaç

İnceleme alanı Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümünde, Alp-Himalaya Dağ kuşağı üzerinde olan Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey yamacında yer almaktadır. Bu çalışmada Doğu Pontidlerde en geniş yüzeylenmesini sunan ve bugüne kadar petrolojik, jeokronolojik, yerel ve bölgesel tektonizma açısından detaylı olarak çalışılmamış olan, Kaçkar Batolitinin batı kısmında bulunan Gündoğdu ve Boğalı Granitoidlerinin (KD-Türkiye) petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanı, Trabzon G43-c3, G44-d4 ve G44-d1 paftalarında yer almakta olup, yaklaşık 70 km² lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası (Güven, 1993'den değiştirilerek alınmıştır)

1.2. Ulaşım ve Yerleşim

Çalışma alanına Trabzon'dan ulaşım, ilk 34 km'si Trabzon-Rize devlet karayolundan, geri kalan 58 km'si ise Araklı-Aydıntepe arasındaki asfalt yoldan sağlanmaktadır. Ayrıca Bayburt merkezden Aydıntepe-Araklı yolu (60 km) kullanılarak ta bu bölgeye ulaşmak mümkündür. İnceleme alanının yaklaşık ortasından geçen ana yol dışında köyleri birbirine bağlayan birçok yol bulunup bu yolların birçoğu stabilize'dir. Bölgede Boğalı, Gündoğdu, Bahçecik, Alçakdere, Sulakyurt, Erikli ve Pazarcık gibi irili ufaklı köy ve mahalleler ile bu yerleşim birimlerine ait yaylalar bulunmaktadır.

1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Boğalı Köyü ve çevresi tipik Karadeniz iklimine sahiptir. Yılın her mevsimi bol yağış alır. Yağışlar; kışın kar, ilkbahar, sonbahar ve yazın yağmur şeklindedir. Bölgenin yıllık sıcaklık ortalaması 8 °C civarındadır. En sıcak ay 15 °C ortalamasıyla Temmuz ayı, en soğuk ay ise -2 °C ortalama ile Ocak ve Şubat aylarıdır.

İnceleme alanının ortalama yükseltisinin fazla olmasından dolayı sadece vadi içleri ve yamaçları ormanlıklarla ve geniş yapraklı ağaçlıklarla kaplı iken daha yüksek kesimler yani sırtlar ve tepeler (Koşacık Mahallesi vb.) ise çayırılıklarla kaplıdır (Şekil 2).

1.4. Topoğrafya ve Akarsular

Çalışma alanında topoğrafya derin vadiler, sarp yamaçlar ve yüksek tepelerden oluşan engebeli bir yapıya sahiptir. Karadere vadisinin tabanı (1200 m) çalışma alanının tabanını oluştururken, Camış Tepe (2412 m), Arabakaya Tepe (2486 m), Kucubağ Tepe (2448 m) (Şekil 2) ve Cılar Tepe (2208 m) bölgenin en yüksek kesimlerini oluşturur. Bölgenin en önemli akarsuyu Karadere olmakla beraber bunu besleyen Boğalı Dere, Alçak Dere gibi irili ufaklı küçük dereler ve birçok kaynak suyu bulunmaktadır.

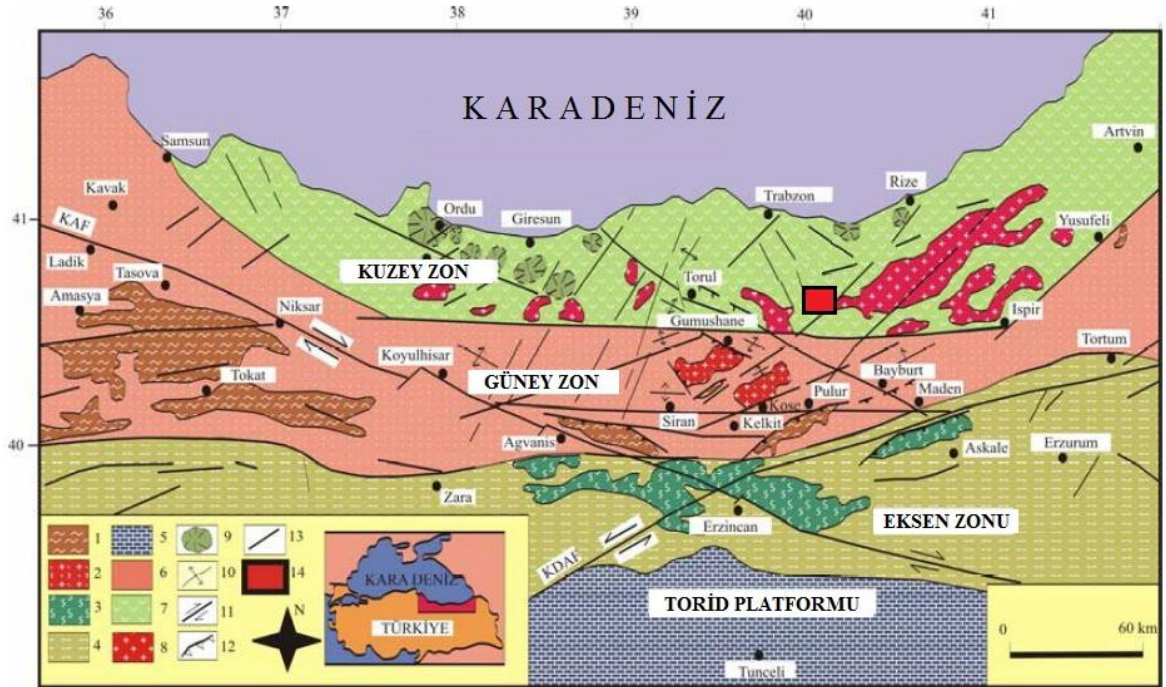


Şekil 2. Çalışma alanının güneyinde bulunan Koşacık Mahallesinden Kucubağ Tepeye (KD) bir bakış

1.5. Bölgesel Jeoloji

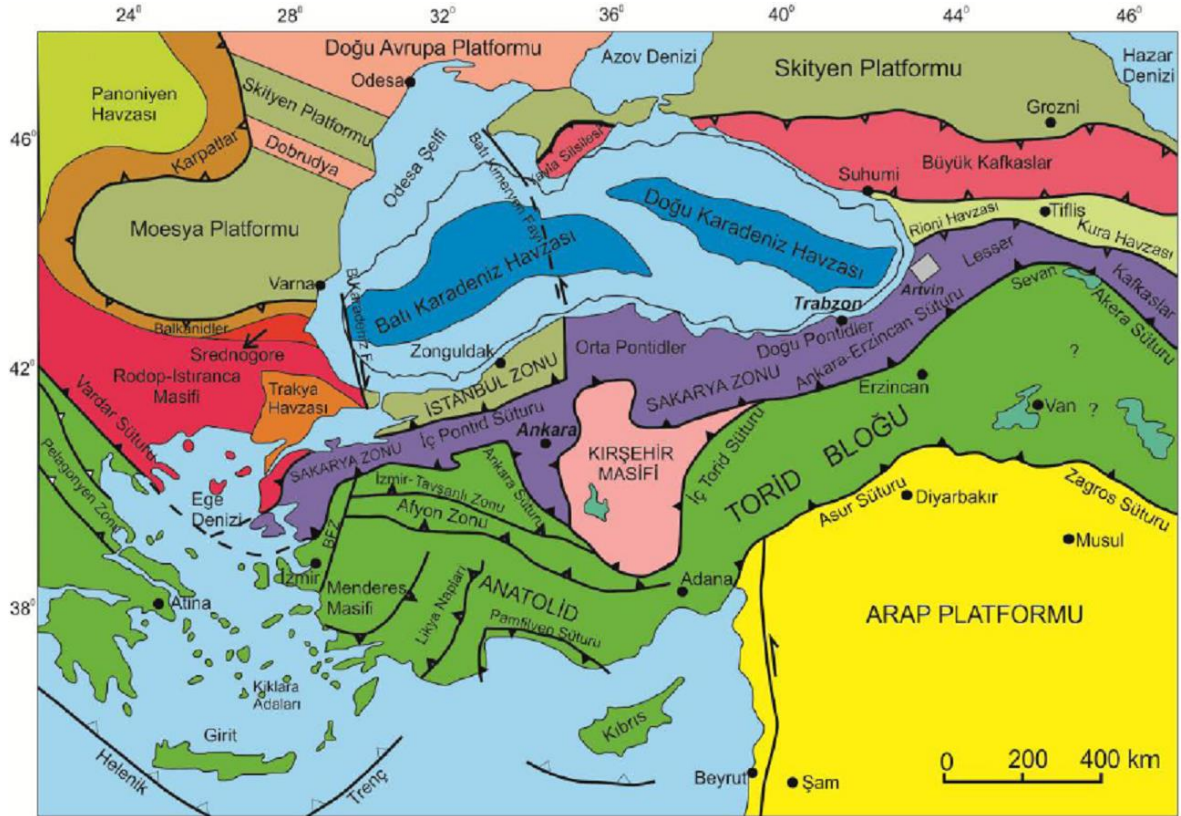
Çalışma alanını da içine alan Doğu Karadeniz Dağlarına tektonik bir birim olarak “Pontid” ismi ilk kez Hamilton (1842) tarafından verilmiştir. Ketin (1966) tektonik üniteleri Türkiye’nin orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Pontidler (Karadeniz Dağları), Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Bu tektonik birlikleri Ketin ve Canitez (1972) yeniden düzenleyerek, Pontidler (Karadeniz Dağlarını) ‘Doğu Karadeniz-Doğu Pontid’ ve ‘Batı Karadeniz-Batı Pontid’ olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Doğu Karadeniz Bölümü’nde Geç Kretase yaşlı kayaçlar kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney ve kuzey bölümlere ayrılmıştır (Arni, 1939, Akın,1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Bektaş (1986) Doğu Karadeniz magmatik yayını farklı magmatik, tektonik ve sedimantolojik evrim aşamalarına göre kuzeyden güneye doğru kuzey zon, güney zon ve eksen zonu olmak üzere üç alt zona ayırmıştır. Eyüboğlu vd., (2006) ise Bektaş vd. (1995) tarafından ileri sürülen üç farklı zon ayrımını jeofiziksel ve tektonik veriler ile destekleyerek genişletmiş ve batıdaki Amasya bölgesini de içine alacak şekilde yenilemiştir (Şekil 3). Okay ve Tüysüz (1999), Türkiye ve yakın çevresini oluşturan

tektonik birlikleri yeniden gözden geçirerek, daha önceki çalışmalarda Pontid'ler olarak adlandırılan tektonik üniteyi genişleterek “Sakarya Zonu” olarak adlandırmış ve çalışma alanının da bulunduğu Sakarya Zonu’nun doğusuna Doğu Pontid’ler demiştir (Şekil 4). Alp-Himalaya kuşağındaki Doğu Pontid Orojenik Kuşağı’nın en yaşlı kayaçları Güney Zon’da yüzeyleme veren Pulur, Ağvanis ve Tokat metamorfik masifleri, Kurtoğlu (Gümüşhane), Karadağ (Yusufeli), Kopuzsuyu (Bayburt) metamorfikleri ile Gümüşhane ve Köse Granitoidleri ile temsil edilmektedir. Doğu Pontid Kuzey Zonu’nda küçük mostralara halinde Tonya güneyinde Derinoba ve Kayadibi granitleri (Kaygusuz vd., 2012a, b, 2013), Özdil yöresinde Özdil Granitoidi (Kaygusuz vd., 2013, 2016) ve Maçka yöresinde Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz vd., 2013, 2016) ile Dereli (Giresun) ve Çaykara (Trabzon) yörelerinde yüzeyleme veren metamorfik kayaçların da bölgenin taban kayaçlarını temsil ettiği görüşü yaygındır (Schultze-Westrum, 1961; Zankl, 1962; Boynukalın, 1990).



Şekil 3. Doğu Pontidlerin Ana Yapısal Özellikleri. 1: Paleozoyik metamorfik temel, 2: Paleozoyik granitler, 3: Serpantinitle, 4: Mesozoyik ve Senozoyik kayaçlar, 5: Platform karbonatlar, 6: Mesozoyik tortul kayaçlar, 7: Kretase ve Eosen yay volkanitleri, 8: Üst Kretase ve Eosen yay granitleri, 9: dom, 10: Kıvrım eksenleri, 11: Doğrultu atımlı faylar, 12: Bindirme, 13: Normal fay, 14: Çalışma alanı, KAF=Kuzey Anadolu Fayı, KDAF=Kuzeydoğu Anadolu Fayı (Eyüboğlu, 2006’dan değiştirilerek)

Pulur masifi Bayburt ili Demirözü ilçesi ile Gümüşhane ili Köse ilçesi arasında KD-GB uzanımlı dar bir şerit halinde yüzeyleme vermekte olup iki farklı metamorfizma koşulu ve yaşı sunmaktadır (Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004a, 2004b ve 2007). Pulur masifinin yaklaşık 300 km batısında yüzeyleme veren Ağvanis masifi içerisindeki kayaların metamorfizma yaşı Permiyen olup, başlıca düşük derecede metamorfizma koşullarına maruz kalmış olan metabazik, metadasit, fillit ve mermerlerden oluşmaktadır (Okay, 1984; Altınkaynak, 2000). Doğu Pontidlerin güneybatısında yüzeylenen Tokat metamorfik masifi bölgede en geniş yayılıma sahip metamorfik küttedir. Masif (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Eyüboğlu 2006), genellikle düşük derecede metamorfizma koşullarına maruz kalmış olan şist, fillat, metabazit, kuvarsit ve mermerler ile temsil edilmektedir.



Şekil 4. Türkiye ve çevresinin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır)

Bölgede daha küçük ölçekli yüzeylemeler sunan Gümüşhane yöresinde Kurtoğlu (Topuz vd., 2007, 2010), Yusufeli yöresinde Karadağ (Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010) ve Bayburt yöresinde Kopuzsuyu metamorfik kayaları bulunmaktadır. Bölgenin en yaşlı kayalarını oluşturan ve metamorfizma yaşları Paleozoyik'ten Permiyen'e kadar uzanan metamorfik kayalar, Geç Karbonifer yaşlı olup,

metamorfizma izleri taşımayan Gümüşhane ve Köse Plütonları tarafından kesilir. Merkez kesimlerinde iri ortoklas kristallerinin bolluğu ve pembemsi rengi ile karakteristik olan bu alkali küteller, kenar kesimlerine doğru incelen tane boyutları ile kuvarşlı diyoritlere hatta dasitlere kadar ulaşan geniş bir kayaç yelpazesi sunarlar. Çoğulu (1975) tarafından yapılan radyometrik yaş tayini çalışmalarında Gümüşhane Granitoyidi'nde 338, 304, 298 milyon yıl, Köse Granitoyidi'nde ise 315 milyon yıl gibi yaşlar elde edilmiştir. Topuz vd. (2010), zirkon mineralleri üzerinde yaptıkları U-Pb yaşlandırma çalışmalarında kütlenin merkez kesimlerinden aldıkları örneklerde, Gümüşhane Granitoyidi için Geç Karbonifer (324 ± 6 ile 320 ± 4 milyon yıl) yaşını elde etmişlerdir. Köse Granitoyidi'ndeki biyotit mineralleri üzerinde yapılan Ar/Ar yaşlandırma analizlerinde de Topuz vd. (2010) tarafından verilen yaş aralığına benzer bir yaş aralığı (Geç Karbonifer; 306.7 ± 4.1 ile 322.2 ± 4.3 My) Dokuz (2011) tarafından elde edilmiştir. Kaygusuz vd. (2012) tarafından yapılan U-Pb yaşlandırma çalışmalarında Derinoba Granitoyidi'nden 311.2 ± 2.0 ve 317.2 ± 3.5 My, Kayadibi Granitoyidi'nden ise 303.8 ± 1.5 My yaşını elde etmişlerdir. Yine Kaygusuz vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada Özdil Plütonu 323.1 ± 1.5 ve 340.7 ± 1.8 , Soğuksu Plütonu 348.4 ± 1.6 My, Seslikaya Plütonu 335.4 ± 1.4 My, Kızılağaç Plütonu 337.24 ± 0.69 My, Şahmetlik Plütonu 334.5 ± 1.4 My olarak yaşlandırılmıştır.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Triyas dönemini temsil eden kayaçların varlığı halen tartışmalıdır. Bayburt Demirözü yöresinde metamorfik kayaçlar üzerine gelen Karakaya Formasyonu (Ağar, 1977; Yılmaz vd., 1997; Topuz vd., 2004) ile Amasya yöresinde Tokat masifini oluşturan metamorfik kayaçlar üzerine gelen Karasenir Formasyonu'nun (Alp, 1972) Triyas yaşlı olduğu belirtilmiştir. Her iki kırıntılı kayaçlardan oluşan formasyon için de paleontolojik bulguların olmayışı nedeni ile bölgede Triyas'ın varlığı ile net bir bilgiye ulaşılamamıştır. Ancak Eyüboğlu vd., (2010, 2011a, b), Pulur ve Tokat metamorfik masiflerini kesen ultramafik ve mafik intrüzyonların Geç Triyas yaşlı (191 ± 5 ile 212 ± 4 My) yaklaşan plaka kenarlarında gelişen, alüminyumca zengin, yitim ilişkili magmaların ürünleri olan Alaskan-tip intrüzyonlar olduklarını belirtmişlerdir.

Bölgede Paleozoyik ve Triyas yaşlı kayaçlar Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul istif tarafından uyumsuz olarak örtülmekte olup, Orojenik Kuşağın Kuzey Zonu'nda seyrek Jura yaşlı sedimanter birimlere (Giresun, Dereli) ve yaygın olarak ise volkanik kayaçlara rastlanılmaktadır (Boynukalın, 1990; Eyüboğlu, 2006; Şen 2007; Kaygusuz vd., 2012, 2013). Kuşağın Güney Zonu ise Erken-Orta Jura döneminde sedimanter ağırlıklı bir istif ile temsil edilir ve geniş alanlarda yüzeyleme verir (Saydam Eker vd., 2012). Bölge Geç

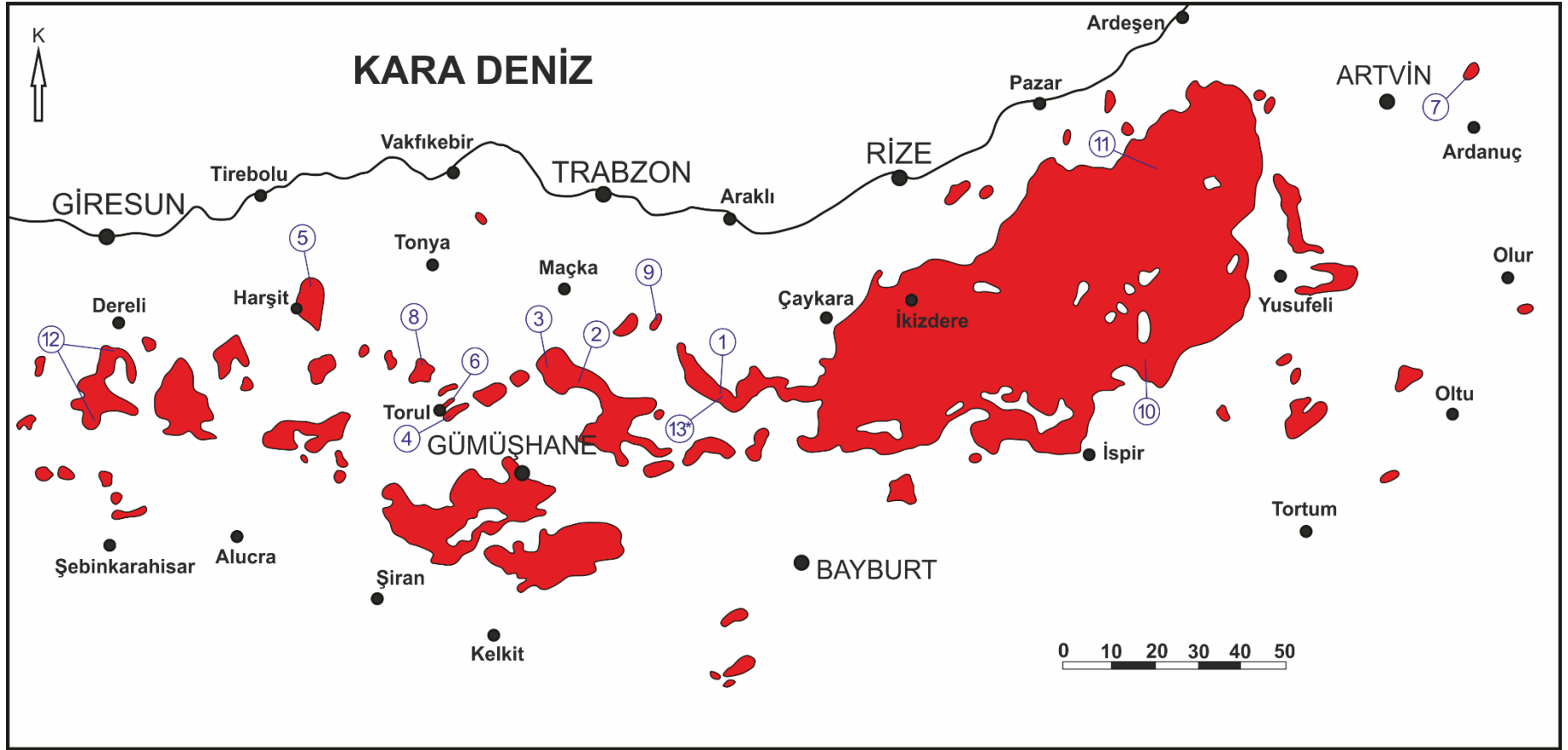
Jura-Erken Kretase dönemi boyunca tektono-magmatik açıdan duraylılık dönemine karşılık gelmekte olup, tüm bölgede karbonat çökelimi egemendir. Pelin (1977) tarafından ilk kez Berdiga Formasyonu olarak isimlendirilmiş olan birim, Kuzey Zon'da genellikle masif tabakalı, gri-bej renkli, fosil içerikli, yanal devamlılığı takip edilemeyen kireçtaşı-marn ile temsil edilir (Taslı, 1984). Kuzey Zon'da ise birim genel olarak gri-bej renkli, kalın, yer yer masif görümlü, zengin bentik foraminifer fosilleri içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitlerden üst seviyeleri ise çört yumru ve bantlı kireçtaşlarından oluşan, sık denizel bir istif özelliği sunar (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002).

Geç Kretase dönemi, bölgede kuzeyden güneye doğru önemli bazı litolojik farklılıklar göstermektedir. Kuzey Zon'da volkanik kayalar ve granitoidik intrüzyonlar baskın litolojiyi oluşturmaktadır (Bektaş, 1984; Jica, 1986; Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2004, 2006; Şahin vd., 2004; Karşı vd., 2004, 2010; Sipahi, 2005, 2011; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011a, 2012a, b, 2013, 2014; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011, Sipahi ve Sadıklar, 2014; Sipahi vd., 2014; Aydınçakır ve Şen, 2013, Aydınçakır, 2016). Baskın litolojiyi oluşturan bu magmatizmanın durakladığı dönemlerde ise tortul ara seviyelerin çökelimi söz konusudur. Güneye Zon'a doğru inildikçe magmatizmanın etkisi azalmakta ve istif yerini sedimanter kayaç ağırlıklı bir istif bırakmaktadır. Daha güneyde ise (Bayburt-Amasya hattı) yine magmatizma yaygın olarak gözlenmektedir (Altherr vd., 2008; Topuz vd., 2010; Eyüboğlu, 2010; Gülmez ve Genç, 2015).

Senozoyik döneminde ise Doğu Pontid güney kesiminde sedimanter, kuzey kesiminde ise magmatik ağırlıklı bir istif ile temsil edilmektedir. Güneyde Senozoyik magmatizması Kop Dağları ve Erzincan hattı üzerinde Geç Paleosende başlamış ve kuzeye doğru ilerleyerek Erken Eosen döneminde Gümüşhane-İspir hattı boyunca asidik magmatizma ve volkanosedimanter istif özelliğindeki ürünleri oluşturmuştur (Tokel, 1977; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Temizel ve Arslan, 2009; Aslan, 2010; Karşı vd., 2007, 2010, 2011; Kaygusuz vd., 2011a; Topuz vd., 2011; Eyüboğlu vd., 2011; Çakmak, 2013; Çakmak ve Kaygusuz, 2014; Öztürk, 2014; Kaygusuz ve Öztürk, 2015). Doğu Pontid'lerin Kuzey Zon'unda Senozoyik döneminde magmatizma Güney Zon'dakine göre daha şiddetlidir ve bu dönemde kalk-alkalin granitoidik ve bazik volkanik kayaların oluşumu söz konusudur (Yılmaz ve Boztuğ,

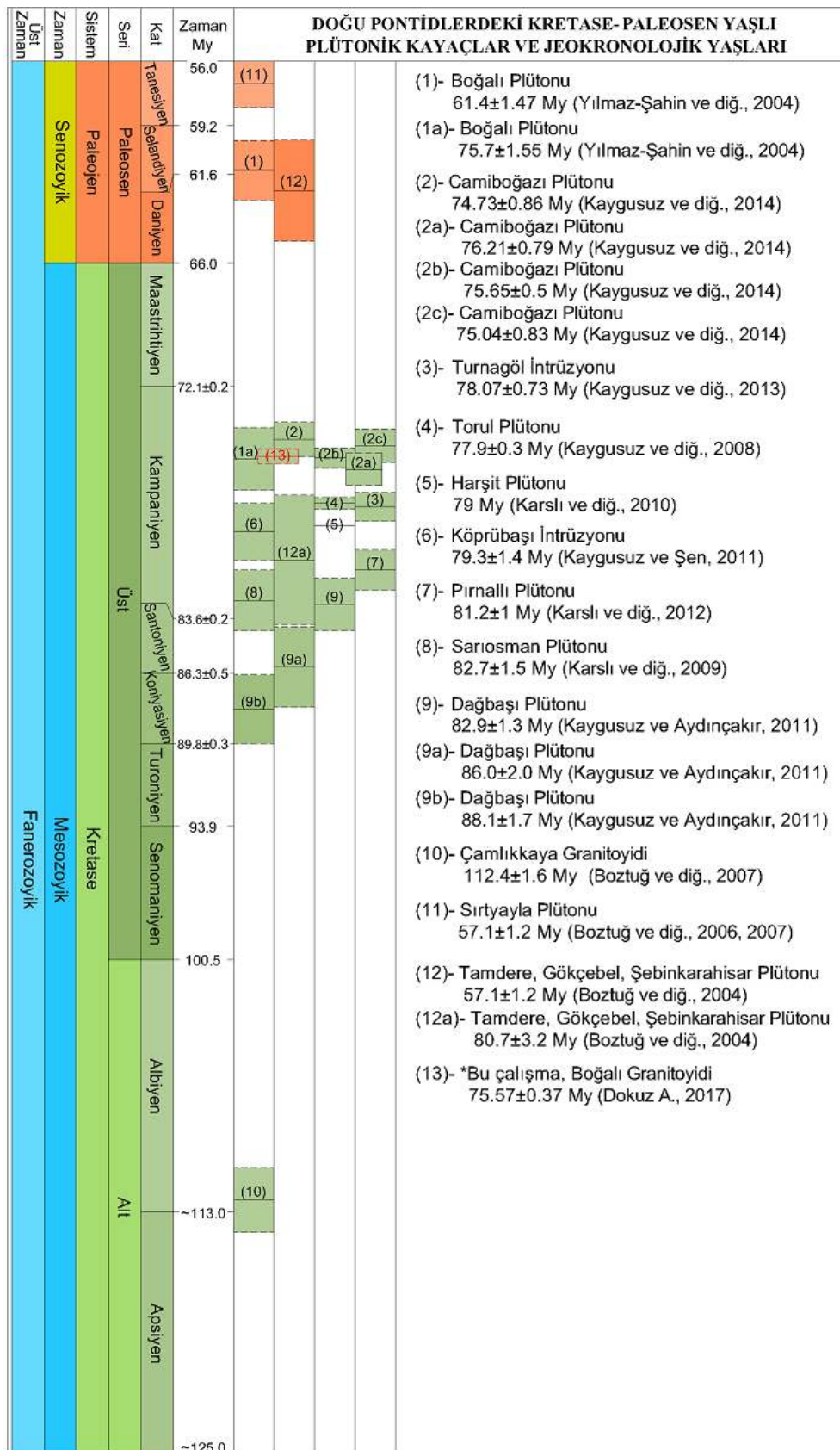
1996; Şen vd., 1998; Arslan vd., 2000; Boztuğ vd., 2004; Karlı vd., 2011; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Aydınçakır, 2014; Aydınçakır, 2016; Temizel vd., 2016).

Doğu Pontid sahil kesiminde ise Neojen yaşlı alkali volkanizma bölgedeki magmatik faaliyetlerin son ürünlerini oluşturur (Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; Yücel, 2013; Yücel vd., 2014a-b). Güneyde Neojen tortulları jipsli, tuzlu sığ deniz, lagün ve gölsel fasiyesler olarak gözlenmiştir (Erentöz, 1974; Ketin, 1983). Kuvaterner yaşlı oluşuklar ise traverten ve alüvyonlardan oluşmaktadır.



Şekil 5. Doğu Pontid’lerdeki bazı Kretase-Paleosen yaşlı plütonik kayalar (araştırmacılar ve plütonlara ait yaşlar Tablo 1’de, açıklamalar ise metin içerisinde verilmiştir)

Tablo 1. Doğu Pontidlerdeki bazı plütonik kayaçların jeokronolojik yaşları



1.6 Önceki Çalışmalar

Kargı (1987), “Araklı-Bahçecik Granitoyidi’nin Petrografik ve Jenetik İncelenmesi” isimli Yüksek Lisans çalışmasında, Bahçecik Granitoyidi’nin monzonit ve granit bileşiminde olduğunu, granitoyidin Liyas yaşlı volkanik kayalar ve Malm-Alt Kretase yaşlı kireçtaşların kestiğini belirtmiştir.

Şen (1988), “Dağbaşı (Trabzon) Bölgesinde Yüzeyleyen Alt Bazik (Jura)-Granitoid (Üst Kretase) Formasyonlarının Petrografik-Jeokimyasal Özellikleri” isimli yüksek lisans çalışmasında, Dağbaşı Granitoidinin granodiyorit ve kuvarslı diyorit bileşiminde olduğunu, granitoidin henüz olgunlaşmakta olan bir ada yayının ürünü olduğunu, inceleme alanındaki Jura volkanitlerinin yitim kökenli toleyitik-kalk alkalin kökenli olduklarını belirtmiştir.

Boztuğ vd., (2007), Doğu Pontidlerde bulunan Kompozit Kaçkar Batoliti’nin oluşumunda ard arda meydana gelen magmatik faaliyetlerin titanit ve zirkon fizyon izi yaş tayini ile çözümlenmesi, isimli çalışmalarında Kaçkar Batoliti’nin dokusal, mineralojik ve jeokimyasal farklılıklara sahip birkaç sokulum içerdiğini belirtmiştir. Bu sokulumlardan Çamlıkkaya granitoidinin (112.4 ± 1.6 My) erken Kretasenin olgunlaşmamış yay magmatizması boyunca yerleştiğini, Sırtayla (57.1 ± 1.2 My) ve Marselevat (52.9 ± 1.3 My) granitoidlerinin ise çarpışma sonrası geç Palaosen olgunlaşmamış yay ürünleri, Ayder Granitoidi’nin de yitime uğrayan levhanın kopması ile ilişkili orta-geç Eosen çarpışma sonrası magmatizmanın sonucu olduğunu söylemişlerdir. Halkalıtaş kuvars diyorit (43.7 ± 2.3 My) ve Güllübağ monzonitinin (38.1 ± 0.9 My) orta-geç Eosende meydana gelen çarpışma sonrası açılmayla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd., (2008), Kompozit Torul Plütunu: I-tipi yay granitoidlerinin petrolojisi ve petrokimyası adlı çalışmalarında; kompozit plütunun, granodiyorit, biyotit hornblend monzogranit, kuvars monzodiyorit, kuvars monzonit ve hornblend biyotit monzogranit gibi kayalar çeşitliliği gösterdiği belirtmişlerdir. Ayrıca plütun içerisindeki en yaşlı birim siyenogranit (77.9 ± 0.3 My), en genç biriminde kuvars diyorit stoku olduğu söylemişlerdir. Örneklerden granodiyorit, biyotit hornblend monzogranit, kuvars monzodiyorit, kuvars monzonit ve hornblend biyotit monzogranitin yüksek K’lu kalk-alkalin, metalümin-peralümin karakterli, kuvars diyoritin normal K’lu kalk-alkalin, metalümin karakterli ve siyenogranitlerin ise yüksek-K’lu kalk-alkalin, peralümin

karakterli olduklarını söylemişlerdir. Torul Plütönu'nun oluşumunda plajiyoklas, hornblend, piroksen ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasının önemli rol oynadığını belirtmişlerdir.

Karslı vd., (2009), ‘‘Geç Kretase yaşı I tipi Sariosman Plütönu'nun U-Pb SHRIMP zirkon yaşı, jeokimyasal ve Sr-Nd izotopik bileşimi, doğu pontidler, KD Türkiye’’ çalışmasında plütönünün ana kütlelerinin biyotit-hornblend monzogranit ve daha az olarak da porfirik hornblend-biyotit monzogranitten oluştuğunu biyotit hornblend monzogranitlerin az sayıda kuvarslı monzodiyorit bileşimli mafik mikrogranüler anklavlar içerdiğini belirlemişlerdir. U-Pb zirkon SHRIMP yöntemine göre biyotit hornblend monzograniti oluşturan magmanın yerleşim yaşının 82.7 ± 1.5 My olduğunu ve kayaçların yüksek K’lu kalk alkalin, metalümin kısmen de peralümin karaktere sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Sariosman Plütönu'nun gelişiminde plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının önemli bir rol oynadığını ayrıca magmanın kristallenme sıcaklığının 700–800 °C arasında olup, Al-hornblend jeobarometresine göre intrüzyonun nispeten sığ bir derinliğe (~2-7 km) yerleşmiş olduğunu saptamışlardır. Bunun yanında araştırmacılar jeokimyasal ve izotopik veriler ışığında Sariosman Plütönu'nun kaynağının dehidrasyona uğramış mafik alt kabuk kayaçları olabileceğini söylemişlerdir.

Karslı vd., (2010), ‘‘Yitim ortamında yüksek-K’lu kalk-alkalin I-tipi granitoidlerin gelişiminde kabuk ve mantonun göreceli katkısı, Harşit Plütönu, KD Türkiye’’ isimli çalışmasında Doğu Pontidler’de (KD Türkiye) sokulum yapmış olan 79 milyon yıl yaşı Harşit Plütönu'nun oluşumunu ve jeodinamik ortamını belirlemek amacıyla elemental ve Sr-Nd-Pb izotopik analizleri yapılmıştır. Plütönün, granit, granodiyorit, tonalit ve az oranda da diyorit bileşimli ($\text{SiO}_2=59.43-76.95$ ağırlık %) ana kayaçlar ile bunlarla eş yaşı gabro-diyorit bileşimli ($\text{SiO}_2=54.95-56.32$ ağırlık %) mafik mikrogranüler anklavlardan oluştuğunu ve tüm kayaç örneklerinin yüksek-K’lu kalk-alkalin diferansiyasyon yönsemesi ile I-tipi özellik gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Tüm jeokimyasal verilerin, plütönu oluşturan ergiyeğin, çarpışma sonrası genişleme rejiminin hakim olduğu bir safhadaki kabuksal malzemenin ergimesinden türememiş olduğunu, buna karşın bir yitim ortamında karışım sonucu oluşmuş hibrit bir magmadan oluştuğuna işaret ettiğini belirtmişlerdir. Sr-Nd izotop modellemesi ile yaklaşık % 65-75 oranında alt kabuktan türeyen ergiyik ile % 25-35 oranında kıta altı litosferik mantodan türeyen ergiyeğin oluşum sırasında karıştığını göstermişlerdir.

Kaygusuz ve Şen (2011), “Doğu Pontidlerdeki kalk-alkali, I tipi plüton, KD Türkiye: U-Pb zirkon yaşı, jeokimyasal ve Sr-Nd izotopik bileşimi” isimli çalışmada Köprübaşı intrüzyonunun granodiyorit ve monzogranit bileşimde olduğunu ayrıca birçok MMA içerdiğini belirtmişlerdir. SHRIMP yöntemi ile yapılan yaşlandırmada granodiyorit bileşimli kayacın yerleşim yaşının 79.3 ± 1.4 My olduğu saptanmış, bunun yanında plütonu oluşturan kayaçların kalk-alkali, orta-yüksek alüminyum karakterde ve I tipi granit özelliği gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Köprübaşı intrüzyonunun oluşumunda plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti-oksit fraksiyonlaşmasının önemli rol oynadığını, Al-hornblend jeobarometresine göre intrüzyonun göreceli olarak sığ (2-8 km) derinliklerde oluştuğunu belirlemişlerdir. Ayrıca intrüzyonun metabazaltik alt kabuksal kaynağın dehidrasyonu yoluyla ergimesi sonucu oluştuğunu söylemişlerdir.

Kaygusuz, A., Aydınçakır, E., (2011), Geç Kretase yaşlı Dağbaşı Kompozit Plütonu’nun Petrojenezi (Doğu Pontidler, Türkiye) isimli çalışmalarında, Dağbaşı Plütonu (Geç Kretase) için zirkon (U-Pb) yerleşme yaşının tonalit, granodiyorit, ve monzogranit bileşimli kayaçlarda sırasıyla 88.1 ± 1.7 My, 86.0 ± 2.0 My ve 82.9 ± 1.3 My olduğunu söylemişlerdir. Bu plütonun kalk-alkalin karakterli ve tipik volkanik yay granitlerinin özelliklerini gösterdiği söylenmiştir. Kompozit plütonun tonalit, granodiyorit ve monzogranit içermelerinin yanında hepsinin mikrogranüler anklav da içermekte oldukları söylenmiştir. Örneklerin peralümin-metalümin karakterli oldukları belirtilmiştir. Dağbaşı Granitoyidi’nin gelişmesinde plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasının önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Ayrıca tüm bu jeokimyasal ve izotopik verilerin ışığında magmanın kaynağının amfibol tipi alt kabuk kaynağının dehidrasyonu ile oluştuğunu söylemişlerdir.

Karslı vd., (2012), “Doğu pontidlerde A tipi granitoyid, KD Türkiye: Yitimle ilgili bir ortamda melez A-tipi kayaç oluşumuyla ilgili veriler” isimli çalışmasında bölgedeki Geç Mesozoyik - Erken Senozoyik yaşlı kayaçların çoğunun I-tipi granitoyid olduğunu fakat bu çalışmanın bölgedeki ilk A-tipi granitoyid olduğunu söylemiştir. SHRIMP yöntemiyle yapılan U-Pb yaşının 81.2 ± 1 My olduğu ve plütonun granit, siyenit, kuvars monzonit bileşimli kayaçlar ile monzonit bileşimli anklavlardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Plütonun baskın olarak metalümin karakterde ve şosonitik-ultra potasik seride yer aldığını ifade etmişlerdir. Bunun yanında Sr-Nd izotop modellemesiyle ergiyeğin % 82-90 alt kabuktan türetilmiş ergiyik ile % 10-18 mantotan türetilmiş eriyiğin karışımı ile oluştuğunu önermiş olup, daha sonra melez eriyiğin daha

sıg bir kabuk seviyesine yükselmiş ve çeşitli kaya türleri oluşturmak için sınırlı bir fraksiyonasyon sürecine girmiş olduğunu ifade etmektedirler. Yazarlar ayrıca verilere göre A tipi Pırnallı Plütonu'nun geç Kretase dönemi boyunca genişlemeli aktif kıta kenarı ortamında oluştuğunu ileri sürmektedir.

Kaygusuz vd., (2013), "Doğu pontidlerdeki geç Kretase yaşlı Turnagöl İntrüzyonu'nun petrojenzi: yay ortamındaki magma kökeninin göstergeleri" çalışmasında plütonun hornblend-biyotit granodiyorit bileşimde olduğunu ve U-Pb Zirkon yerleşme yaşının 78.07 ± 0.73 My olduğunu ortaya koymuştur. İntrüzyon orta-yüksek K'lu, kalk alkalın karakterli ve I tipi granit özelliğinde olduğunu ve ergiyeğin kristallenme sıcaklık aralığının zirkon ve apatit doygunluğuna göre yapmış oldukları sıcaklık hesaplamaları yardımıyla $758-885$ °C olarak belirlenmişlerdir. Turnagöl İntrüzyonu'nun oluşumunda plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasının anahtar rol oynadığını belirtmişlerdir. Ayrıca jeokimyasal ve izotopik verilere göre intrüzyonun kısmi ergime ve mafik alt kabuk kaynağından beslenerek yitim koşullarında oluştuğunu söylemişlerdir.

Kaygusuz vd., (2014), Camiboğazı Plütonu'nun LA-ICP MS zirkon yaşı, tüm kayaç ve Sr-Nd-Pb-O izotop jeokimyası, Doğu Pontidler: yay ile ilişkili I tipi magmatizmada litosferik manto ve alt kabuk kaynağının göstergeleri adlı çalışmada; plütonun diyorit, tonalit, monzodiyorit, monzonit, granit ve mafik mikro granüler anklav(MMA) içerdiğini ortaya koymuşlardır. U-Pb Zirkon kristallenme yaşının sırasıyla diyorit, monzodiyorit, monzonit ve granit için 76.21 ± 0.79 , 75.65 ± 0.5 , 75.04 ± 0.83 ve 74.73 ± 0.86 My olarak belirlenmişlerdir. Plüton içerisindeki kayaçların I tipi, yüksek-K/şoşonitik ve orta alüminyum karakterli olması tüm kayaç jeokimyası özelliklerinin yay ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca kayaçların tahmini kristallenme sıcaklık aralığının 735 ± 58 °C - 844 ± 24 °C ve Al-hornblend jeobarometresiyle hesaplanan yerleşim derinliğinin 10 km'den daha sıg olduğu belirlenmiştir. Tüm kayaç jeokimyasal ve izotopik verileri yardımıyla magmanın amfibol tipi alt kabuk ile alt kıtasal litosferik mantonun dehidrasyonu ile oluştuğunu söylemişlerdir.

Yılmaz-Şahin vd., (2004), "Doğu Pontid magmatik yayında Kompozit Kaçkar Batolit granitoidlerinin karşılaştırmalı petrojenetik incelenmesi-Kuzey Türkiye" isimli çalışmasında Dereli-Şebinkarahisar (Giresun), Araklı kuzeyi (Trabzon) ve Kaçkar Dağı çevresi (Rize) de bulunan granitik kütleleri karşılaştırmışlardır. Bu Plütonların orta-yüksek K'lu kalk-alkali, nadiren toleyitik ve metalümin I tipi özelliğinde olduğunu vurgulamışlardır. Tamdere, Gökçebel ve Şebinkarahisar Plütonları (80-60 My) ile Boğalı

Plütonu'nun (75.7 ± 1.55 - 61.4 ± 1.47 My) incelenen bölgelerdeki Kretase yaşlı kütleler olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca yapılan bu çalışma ışığında üç farklı bölgede bulunan bu granitoidlerin Geç Kretasedeki Avrasya levhasının altında bulunan neo-Tetis okyanusal kabuğunun kuzey kolunun kuzeye dalması sonucunda ve Paleosen'deki Anatolid-Torid platformu ile Pontid yayı arasındaki çarpışma sonucunda yay ortamından türemiş olabileceğini ifade etmişlerdir.

Yılmaz-Şahin (2005), "K-Ar yaşlandırma metodu ve petroloji yardımı ile yay ortamından çarpışma sonrası genişlemeli ortama geçişin belirlenmesi: Doğu Pontid magmatik yayı granitoidinden bir örnek Araklı-Trabzon, KD Türkiye." İsimli çalışmada doğu pontid magmatik sahasının, Kretaseden Neojene kadar düşük-K'lu toleyitik gabrodan kalk-alkalin ve yüksek K'lu kalk-alkalin/metalümin granitoidler ya da peralümin löko-granitlerden alkalin siyenite kadar farklı bileşimde birçok intrüzif kayaç içerdiğini belirtmiştir. Çalışmada incelenen porfirik asidik-ortaç karakterli intrüzyonların yaşlıdan gence doğru; Gündoğdu altere mikrograniti, Boğalı K-feldspar megakristalli monzograniti ve Uzuntarla porfirik granodiyoritinin sıg derinlikte oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu kayaçların petrografisi, mineralojisi, tüm kayaç jeokimyası ve hornblend K-Ar yaşlandırması üzerinde çalışıldığı belirtilmiştir. K-Ar yöntemiyle hornblend minerali üzerinde yapılan yaşlandırmalarda Boğalı Plütonu (75.7 ± 1.55 - 61.4 ± 1.47 My) ve Uzuntarla Plütonu (42.4 ± 0.87 - 41.2 ± 0.89 My) olarak hesaplandığını belirtmişlerdir. Yazar yapılan, mineraloji-jeokimya ve K-Ar yaşlandırma çalışmaları ile Boğalı ve Uzuntarla kütlelerinin Kretase yayı ve Eosendeki çarpışma sonrası açılmayla ilişkili magmatik bir aktivite sonucu oluştuğunu belirtilmiştir.

Özetle Kretase yaşlı derinlik ve yarı derinlik kayaçlarının kökeni ve tektonik ortamı üzerine yapılan çalışmaların birçoğu yukarıda kısaca verilmiş olup, bu çalışmalarda intrüzyonların çoğunlukla mafik mikrogranüler anklav içerdikleri, genellikle I-tipinde (Turnagöl, Camiboğazı, Harşit, Tamdere, Gökçebel, Şebinkarahisar, Köprübaşı, Sarıosman, Torul, Dağbaşı, Çamlıkkaya, Sırtıayla) nadiren de A-tipinde (Pırnallı Plütonu), kalk-alkali bir özellik sundukları görülmektedir. Bu granitik kütlelerin oluşumunda çoğunlukla plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasının anahtar rol oynadığını ve intrüzyonları oluşturan magmanın muhtemel alt kabuk ve mantonun dehidrasyonu ile oluştuğunu belirtilmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntemler

Bu çalışmanın amacı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin (Doğu Pontidler) en geniş yüzeylenmesini sunan ve yakın döneme kadar petrolojik, jeokronolojik, yerel ve bölgesel tektonizma açısından detaylı olarak çalışılmamış olan, Kaçkar Batolitinin batı kısmında bulunan Boğalı ve Gündoğdu Granitoyidlerinin (KD-Türkiye) petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesidir. Yapılan bu çalışma, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Yapılan arazi çalışmaları, Araklı (Trabzon) ve Merkez (Gümüşhane) ilçeleri sınırında bulunan, Bahçecik ve Boğalı Köylerini içerisine alan yaklaşık 70 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Arazi çalışmaları, özellikle inceleme konusu olan Kretase/Peleosen yaşlı granitoyidlerin arazide yayılımlarının tespit edilmesi (dokanakların tespiti), kütle içerisindeki farklı bileşimlere sahip birimlerin ortaya çıkarılması ve mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik amaçlı örnek alımı gibi çalışmaları kapsamaktadır.

Gerek bu granitik kütleler gerekse çevre kayaçları ve bunları kesen dayklardan farklı güzergahlar kullanılarak, GPS yardımıyla amaca ve analiz türüne bağlı bir şekilde sistematik örnekleme yapılmıştır. Örneklerinin alınmasında kütleler içerisindeki mineralojik değişimler göz önüne alınarak ve özellikle kayaç örneklerinin mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik türde birçok farklı amaçlı analizde kullanılacağı dikkate alındığında analizler için alterasyondan en az etkilendiği düşünülen taze örneklerin seçilmesine özen gösterilmiştir.

Ayrıca birimlerin birbirleriyle olan arazi ilişkilerini ve kendi içerisindeki karakteristik özelliklerini en iyi şekilde yansıtan alanlar fotoğraflanmıştır. Arazi çalışmalarında belirlenen çalışma sahasına ait Harita Genel Komutanlığı tarafından yapılmış 1/25.000 ölçekli topografik haritalar altlık olarak kullanılarak bölgenin jeolojik haritası ve kesitleri hazırlanmıştır (Ek-1).

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Analitik Yöntemler

2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

İnceleme alanından alınan örneklerin minerolojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi için ilk olarak örnekler kayaç kesme makinası kullanılarak kesilmiş ve en taze kısımları plakalar halinde hazırlanmıştır. Daha sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında, daha önce hazırlanmış olan plakalar 0.5x2x4 cm boyutundaki dikdörtgenler prizması halinde kesilmiş ve 1 mm kalınlık ve 2.5x5 cm boyutlarındaki cam üzerine kanada bazlamı/epoxy kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapıştırılmış olan kayaç, aşındırıcılar yardımıyla 0.025 mm kalınlığına kadar inceltilerek mikroskobik tayin için hazır hale getirilmiştir.

2.1.2.2. Mikroskobik Tayinler

Hazırlanan ince kesitler KTÜ Araştırma Mikroskop Laboratuvarında polarizan mikroskopta incelenmiş olup, kesitler dokusal ve minerolojik olarak irdelenerek kayaçların adlandırılması yapılmıştır. Ayrıca örneklerin dokusal ve mineralojik özelliklerini açık bir şekilde yansıtan fotoğraflar polarizan mikroskoba entegre kamera yardımıyla ölçekli olarak çekilmiştir. Buna ek olarak, fenokristallerce zengin ve faklı mineral bolluğuna sahip ince kesitlerde modal analiz yapılarak mineral oranları tespit edilmiştir. Daha sonra petrografik olarak incelenen örneklerden elektron mikropop ve tüm kayaç analizleri yapılmak üzere belirli sayıda örnek seçilmiştir.

2.1.2.3. Kimyasal Analizler

2.1.2.3.1. Tüm Kayaç Ana ve İz Element Analizleri

Bu analizlerde kullanılacak örneklere mineralojik ve petrografik incelemeler sonucunda, içerdikleri mineral tür ve modal bollukları ile dokusal özelliklerinin yanı sıra granitik kütlelerin arazideki yayılımını temsil edecek şekilde seçilmiştir.

KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarlarında, daha önce incelenen ve bu analiz için uygun olduğuna (en az altere olmuş ve kayacı temsil eden)

karar verilen örnekler önce çeneli kırıcı daha sonra halkalı ve agat havanlı öğütücüler kullanılarak, toz haline getirilmiştir. Öğütme sırasında kullanılan tüm malzemeler her kullanımdan önce ve sonra özenle temizlenmiş örneklerin bu sebeple kirlenmemelerine dikkat edilmiştir. Öğütülen örnekler uygun gramaj, paketlenme ve numaralandırma ile laboratuvara gönderilmeye hazır hale getirilmiştir.

Hazırlanan örnekler ana oksit ve iz element analizleri için ACME Laboratuvarı (Vancouver, Kanada) analiz laboratuvarlarına gönderilmiştir. Burada ana oksit ve iz elementler ICP/ICP-MS cihazları kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler öğütülen toz örneklerden 0.2 gr alınarak 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, %5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmesinden itibaren analiz edilirken, nadir toprak element analizleri, 0.250 gr toz örneğin dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ise ppm (parts per million) olarak ölçülmüştür. Bu analizler sonucu elde edilen veriler yardımıyla incelemeye konu olan plütonik kayaçları oluşturan magmanın kökeni ve evrimi hakkında yorumlamalar yapılmıştır.

2.1.2.3.2. Mineral Kimyası (Mikroprob) Analizleri

Mikroprob analizi için ilk olarak amaca uygun olarak belirlenen örnekler parlak kesit kalıp boyutlarında kesilerek silindirik kalıplara dökülmüştür. Daha sonra kesitler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kesit Parlatma Laboratuvarı'nda sırasıyla 200, 600 ve 1200 mesh boyutlu elmas disklerden geçirildikten sonra 9, 6, 3, 1 mikron elmas aşındırıcılar ile silinmiş ve son olarak 0.25 ve 0.05 mikron alüminyum oksit tozu ile yüzeyleri parlatılmıştır. Kesitlerin kimyasal analizleri için Münih Ludwig Maximilian Üniversitesi (Almanya) laboratuvarları kullanılmış olup, kesitler söz konusu laboratuvarlarda bir CAMECA SX100 marka elektron mikroprob cihazı ile analiz gerçekleştirilmiştir. Mikroprob cihazında 15 kV (hızlandırma voltajı) ve 20 nA (ışın akımı) sabitlenmiş ve sayma zamanı (counting time) Na, Mg, Al, Si, Ca, K, Ti, Mn ve Fe elementleri için 20 sn olarak belirlenmiştir. Elektron ışınının çapı (beam size) bütün analizlerde 1 µm olarak düzenlenmiştir. Ölçülen elementlerin alt sınır limitleri (% ağırlık) Si, Al ve Mg için 0.02, Na, K ve Ca için 0.03, Ti için 0.04, Mn için 0.06 ve Fe için 0.05 olarak belirlenmiştir. Ölçümler sırasında kaersutit (UCB), diopsit (UCB), ortoklas (UCB), albit (UCB), anortit (UCB), biyotit ve magnetit (UCB) standartları kullanılmıştır.

Sonuç olarak, Elektron Prob Mikro-Analizler (EPMA) yardımıyla mineraller isimlendirilmiş, kimyasal değişimleri belirlenmiş ve ayrıca magmatik kristallenme koşulları (denge halindeki kristallenme basınç ve sıcaklıkları (P-T değişimleri, vs.) irdelenmiştir.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Gerek arazi çalışmalarından önce bölge jeolojisinin tam olarak anlaşılabilmesi gerekse laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin bir araya getirilip değerlendirilmesi için büro çalışmaları yapılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından sonra hazırlanan 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ve kesitleri dijital ortama CorelDRAW ve AutoCAD programları kullanılarak aktarılmıştır (Ek-1). Ayrıca kimyasal analizler sonucu elde edilen sayısal veriler Golden Software Grapher grafik çizim programı kullanılarak çeşitli grafikler hazırlanmıştır. Ayrıca farklı diyagramları kullanabilmek amacıyla GCDkit 3.0 paket programı, termometre ve barometre hesaplamaları için farklı araştırmacıların WinCcac vb. program ve formülleri kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda bütün veriler bir araya getirilip bu tez kapsamında değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

Sakarya Zonu'nun doğusunda, Trabzon-Gümüşhane sınırında yer alan çalışma sahasında yer alan kayalar, Edikara yaşlı temel kayalardan (Pazarcık Metamorfizi), Üst Kretase-Alt Paleosen (Boğalı Granitoyidi)'e kadar değişen geniş bir süreci kapsamaktadır. İnceleme alanında yüzeyleme veren kayaç gruplarının yayılımı, stratigrafik dizilimi ve litolojik bilgileri aşağıda bulunan stratigrafik kolon kesitte ve Ek'1 de bulunan jeolojik harita üzerinde gösterilmektedir (Şekil 6).

SÜRE	ZAMAN	DEVİR	DEVRE	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
FANEROZOYİK	SENOZOYİK	TERSİYER	PALEOSEN	BOĞALI VE GÜNDOĞDU GRANİTOYİDİ		Bazik Dayklar (Bazalt, Bazaltik Andezit)
		PALEOJEN				Gündoğdu Granitoyidi (Alkali feldispat granit, gabro, monzogranit, granodiyorit)
	MESOZOYİK	KRETASE	ÜST	TAŞLIYAYLA VOLKANİTLERİ		Asidik Dayklar (Dasit, Riyodasit, Riyolit)
			ALT	BERDİGA FORMASYONU		Taşlıyayla Volkanitleri (Riyolit, Dasit, Andezit, Bazalt, Trakibazalt, Bazaltik Trakiandezit)
JURA	ÜST	Kireçtaşı Blokları				
PROTEROZOYİK	NEOPROTEROZOYİK	EDİKARA		PAZARCİK METAMORFİZİ	Boğalı Granitoyidi (Monzogranit, granodiyorit ve kuvars monzonit)	
					Berdiga Formasyonu (Kireçtaşı, Marn)	
					Pazarcık Metamorfizi (Gnays)	

Şekil 6. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti

- 6- Asidik ve Bazik Dayklar
- 5- Boğalı Granitoyidi
- 4- Gündogdu Granitoyidi
- 3- Taşlıyayla Volkanitleri
- 2- Berdiga Formasyonu
- 1- Pazarcık Metamorfizi

3.1.1. Pazarcık Metamorfizi

Formasyon ilk olarak Şahin (2005) tarafından Erken Jura öncesi Metamorfik Temel olarak adlandırılmış ve haritalandırılmıştır. Fakat daha sonra Şen tarafından (yayınlanmamış veri) aynı kütlenin yaşı Edikara olarak bulunmuştur.

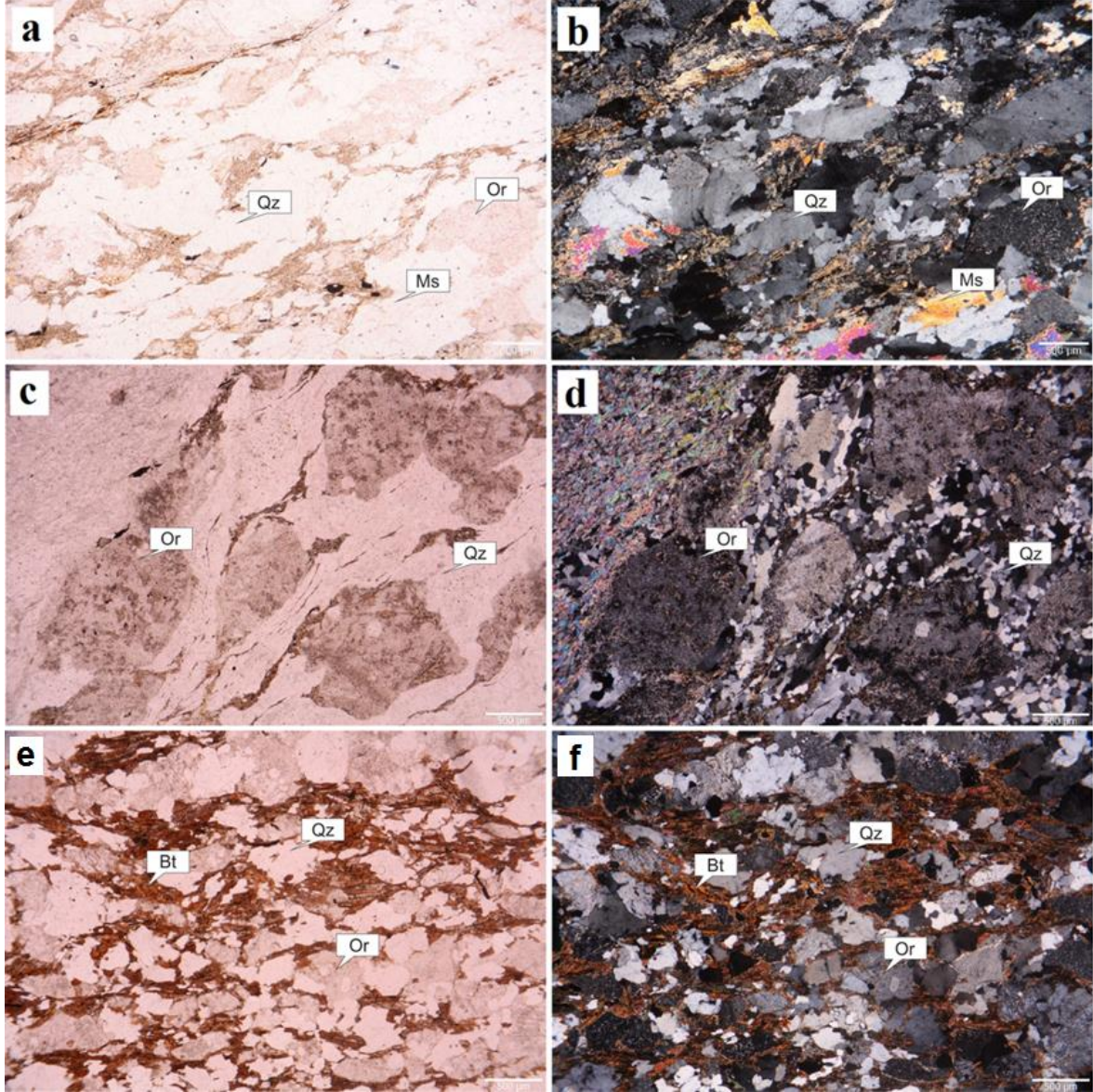
Birim çalışma alanında Pazarcık Mahallesi'nin kuzey batısında, yaklaşık 1.5 km² alanda yüzeylenmekte olup, en iyi gözlemlendiği yer Araklı (Trabzon)-Bayburt yolu üzerindeki Karadere Göleti'nin doğu kıyısındaki yol yarmalarıdır (Ek-1).

Birim iri taneli, iyi foliasyonlu kuvars, feldispat, biyotit ve muskovit mineralleri içeren gnaystan oluşmakta olup yer yer gözlü ve bantlı yapı göstermektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Pazarcık Metamorfizi'ne ait gnays el örneğinin görünümü

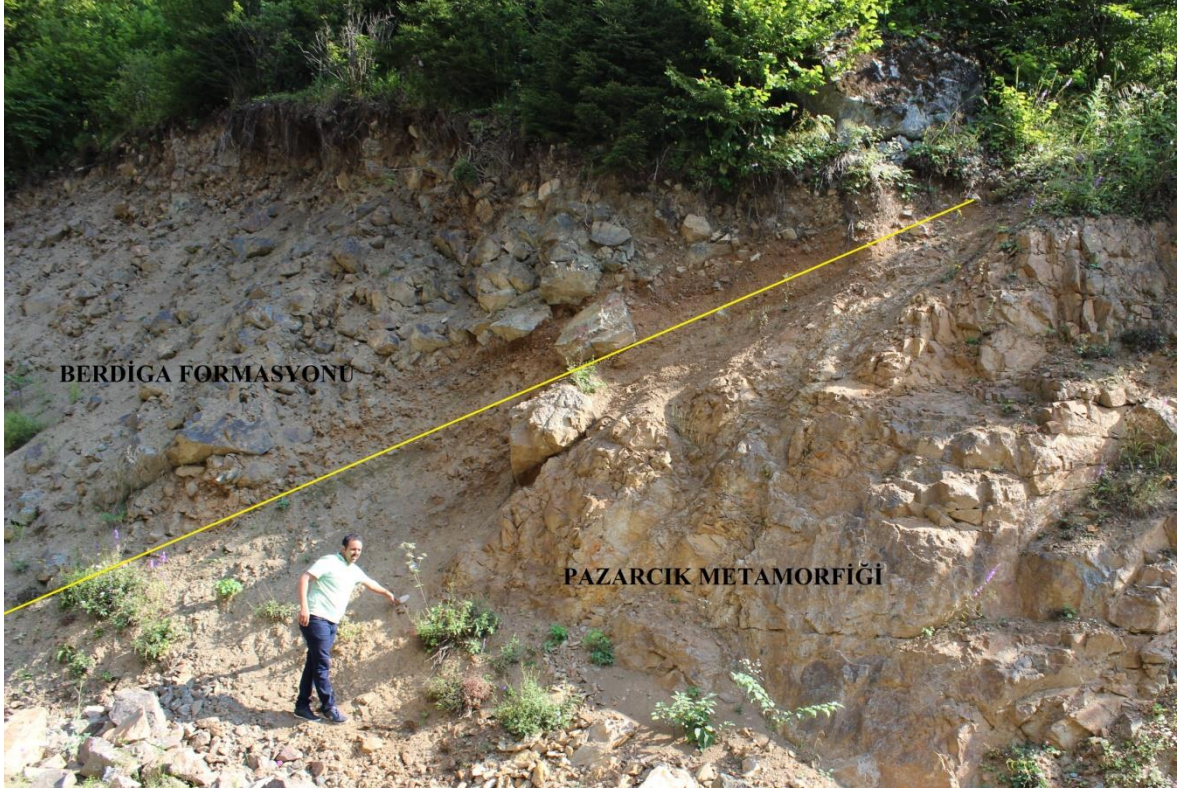
Gnaysların açık renkli bantları bol kuvars, ortoklas, plajiyoklas ve muskovitten oluşmaktayken, koyu renkli bantlarda daha çok biyotit ve az oranda ortoklas, kuvars ve plajiyoklas bulunmaktadır (Şekil 8 a-f). Ayrıca birime ait incelenen kesitlerde çoğunlukla lepidogranoblastik ve yer yer gözlü dokular gözlenmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Pazarcık Metamorfikleri içerisindeki gnayslarda görülen lepidogranoblastik (a, b, e ve f) ve gözlü doku (c ve d) örnekleri (Qz: kuvars, Or: ortoklas, Ms: muskovit, Bt: biyotit)

Birim kuzey ve kuzeybatıdan Berdiga kireçtaşları, güneybatıdan Taşlıyayla volkanitleri ile güney ve doğudan ise Gündoğdu Granitoyidi ile dokanak halindedir. Arazi yoğun bitki örtüsü ile kapalı olmasına rağmen kuzeydeki Berdiga Formasyonu ile olan

dokanak ilişkisi yol yarmasında net olarak gözlenmekte ve formasyonun Üst Jura öncesine ait olabileceğini göstermektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Gürgenlik Yayla yakınlarında görülen Pazarcık Metamorfifi ve üzerine gelen Berdiga Formasyonu dokanağı

3.1.2. Berdiga Formasyonu

Formasyon, başlıca masif tabakalı kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmuş olup, birimin tanımlaması ve adlandırılması Pelin (1977) tarafından Giresun-Alucura yöresindeki Berdiga Dağına ithafen yapılmıştır. Birimin tip kesiti de yine Berdiga Dağı'nda bulunmaktadır (Pelin, 1977).

Birime ait kayalar, devasa bloklar halinde çalışma alanının birçok bölgesinde bulunur (EK-1). Boğalı Köyü doğusunda, Mollaoğlu Mahallesi'nde (Şekil 10), Cörmeler Köyü'nün güney doğusunda devasa bloklar halinde, Gürgenlik Yayla kuzeyinden Sulakyurt Yayla kuzeyine kadar uzanan geniş bir alanda yüzeylenmektedir (Şekil 11). Doğu Pontid'lerin birçok lokasyonunda olduğu gibi, ya tektonik kontrollü olarak faylanmaya bağlı ya da bloklar halinde Taşlıyayla volkanizması tarafından kopartılarak yükseltilmişlerdir.

Doğu Pontidler’de yaygın olarak yüzeyleyen birimin yaşı birçok araştırmacı tarafından Malm-Alt Kretase olarak belirlenmiştir (Eren, 1983; Taslı, 1991; Kırmacı, 1992; Kırmacı ve diğ., 1996; Koch ve diğ., 2008). Birim arazide gri-bej renginde görülmektedir.



Şekil 10. Kubasar Tepeden Mollaoğlu Mahallesi’ne doğru mostra görünümü (Fotoğraf güneyden kuzeye doğru çekilmiştir)



Şekil 11. Pazarcık Mahallesi’nden Karadere Göleti (Araklı-Bayburt karayolu üzeri) kuzey yamaçlarındaki Berdiga Formasyonu’na bakış (fotoğraf güneyden kuzeye doğru çekilmiştir)

3.1.3 Taşlıyayla Volkanitleri

Birimin adı, net olarak gözlemlenebildiği Taşlıyayla'ya ithafen Şahin (2005) tarafından verilmiştir. Çalışma alanında ve çevresinde çok geniş bir alanda yayılım gösteren volkanitler (EK-1 Jeoloji Haritası), kuzeydoğuda çok kısıtlı bir alanda gözlenen metamorfit yüzeylemesi ve içerisinde bulunan devasa kireçtaşı blokları göz ardı edildiğinde, çalışma alanının tabanını oluşturur. Volkanitler çalışmanın konusu olan Üst Kretase-Alt Paleosen granitoidleri ve daha genç asidik - bazik dayklar tarafından kesilmiştir (Şekil 12).

Birim genellikle andezit, bazalt ve dasitlerden oluşmaktadır (Aydınçakır, 2017). Birime ait volkanik kayalar, el örneklerinde, grimsi-siyahımsı afanitik dokuludur. İnce kesitlerde ise çoğunlukla mikrolitik porfirik, yer yer mikrolitik, poyikilitik ve entersertal doku gösterirler. Volkanitler granitoidlerin dokanaklarına yakın kısımlarında aşırı derecede çatlaklı, kırıklı, bazen pirit gibi sülfürlü mineraller içeren, sarımsı-yeşilimsi renkli, aşırı derecede ayrıışmış kayalar şeklinde gözlenirler. Ayrıışmanın yoğun olduğu Pelitli Mahallesi civarında eksfoliasyon yapıları gözlenmekte (Şekil 13), kuzeyinde ise yoğun alterasyona uğramış piritli örneklere rastlanılmaktadır (Şekil 14).



Şekil 12. Gündoğdu yolu üzerindeki Taşlıyayla Volkanitleri ve onu kesen bazik daykın görünümü.



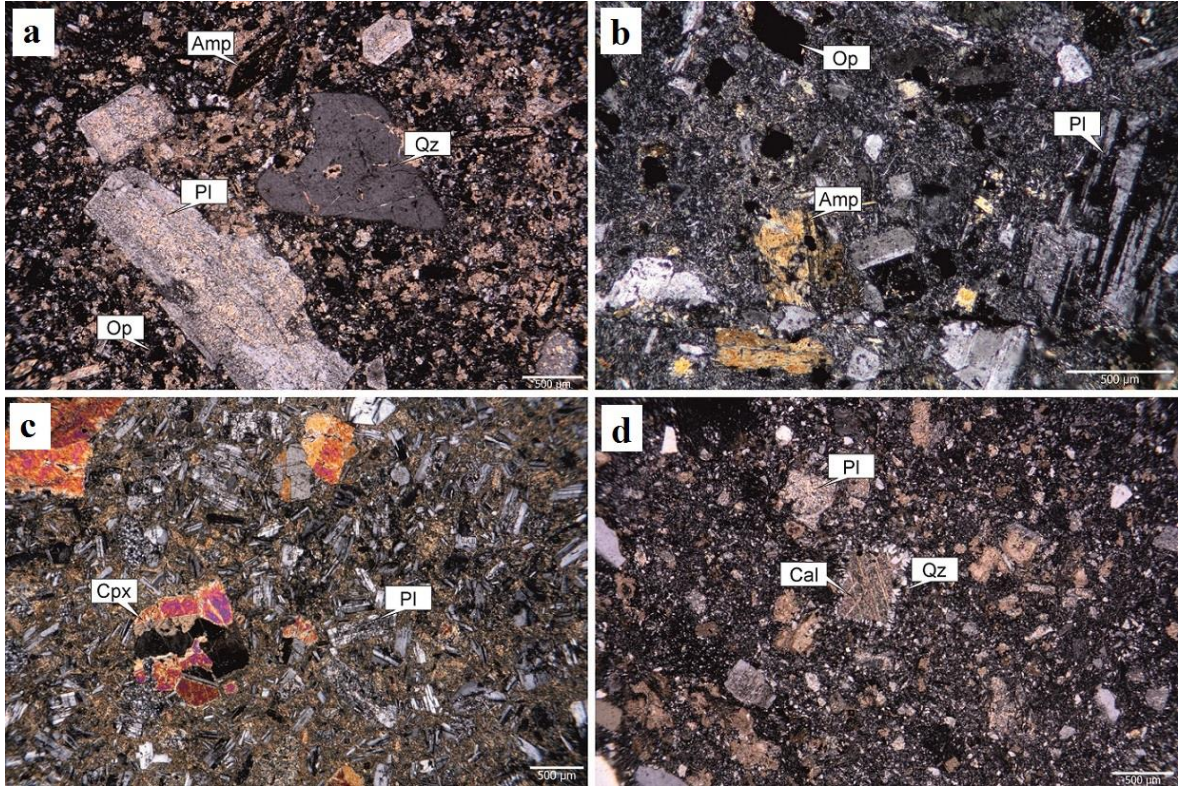
Şekil 13. Pelitli Mahallesi kuzey batısında Taşlıyayla Volkanitlerinde gözlemlenen eksfoliasyon yapıları.



Şekil 14. Aşırı altere olmuş piritli Taşlıyayla Volkanitlerinin Pelitli Mahallesi kuzeyindeki görünümü.

Birime ait kayaçlar, genellikle mikrolitik porfirik doku gösterirler (Şekil 15a, b ve d). Çok az örnekte entersertal doku (Şekil 15c) görülür. Andezitler içerisinde fenokristal olarak plajiyoklas (An_{33-44}), hornblend ve kuvars, bazaltlarda ise plajiyoklas (An_{56-68}) ve piroksen(ojit) fenokristalleri bulunmaktadır. Her iki kaya türünde de dikkate değer miktarda (% 1-2) iri opak mineral bulunmaktadır. Plajiyoklas mineralleri genellikle hamur içerisinde öz ve yarı öz şekilli mikrolitler halinde ve daha az oranda iri kristaller halinde bulunmaktadır.

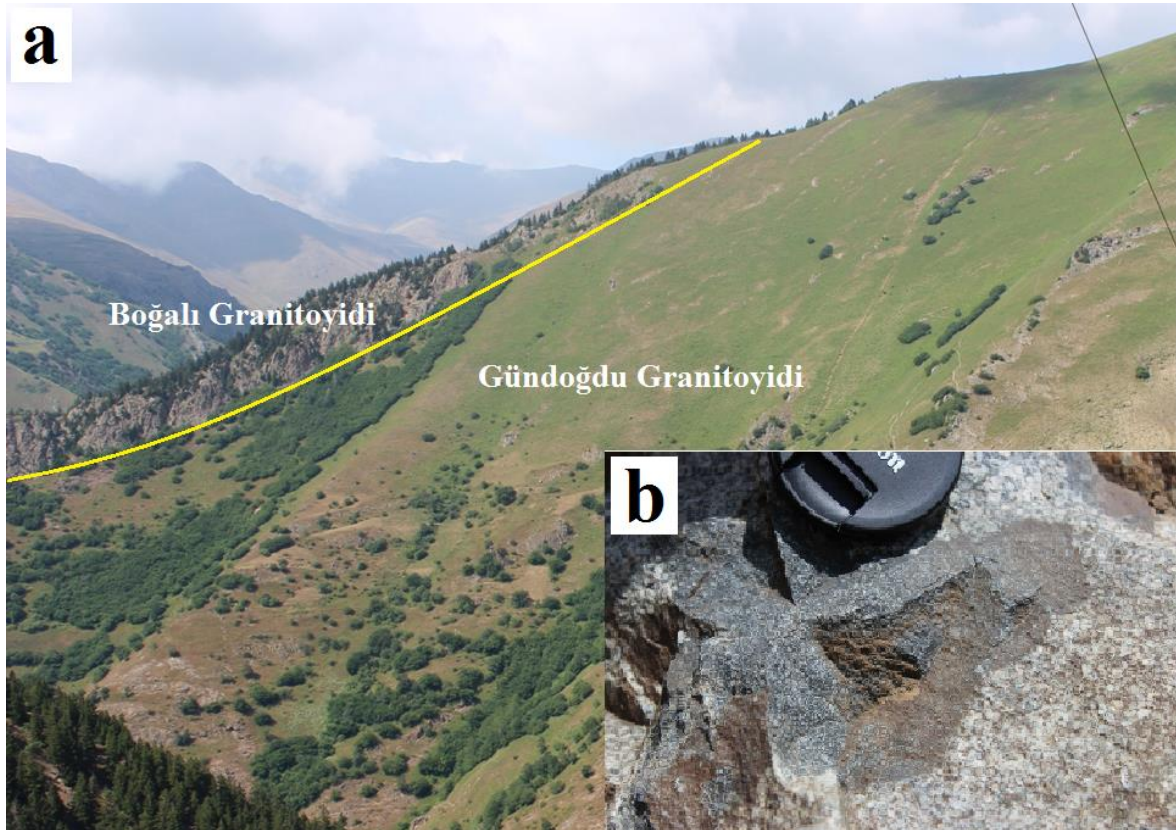
Kuvars mineralleri genellikle hamur içerisinde küçük yuvarlak ve hamur tarafından yenmiş şekilde bulunmaktadır. Hornblend mineralleri genellikle yarı öz şekilli kristaller halinde ve yer yer kıymık şeklinde bulunurlar. Piroksen mineralleri ise genellikle yarı öz şekilli, irili ufaklı kristaller halinde bulunmaktadır. Minerallerde kloritleşme (özellikle piroksenlerden itibaren), serizitleşme ve kalsitleşme en yaygın alterasyonlardır. Özellikle granitoidlerin dokanaklarından alınan örneklerde bu ayrışma minerallerine ek olarak epidotlar da gözlenmektedir.



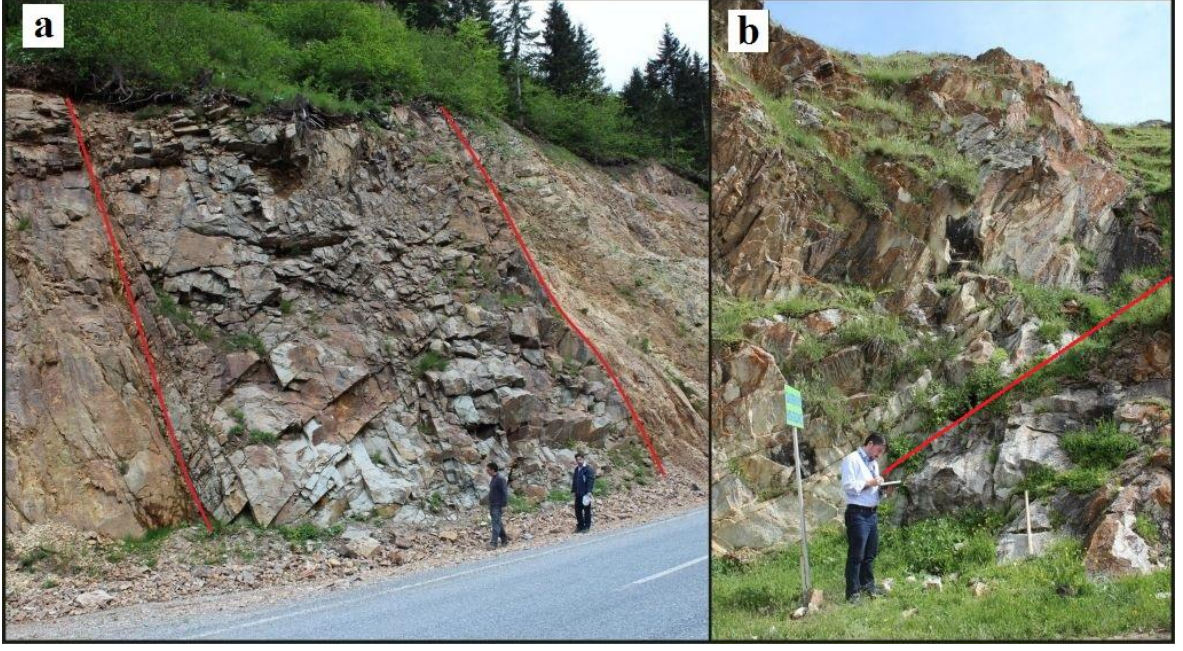
Şekil 15. Taşlıyayla Volkanitlerinde görülen mikrolitik-porfirik (a, b ve d) ve entersertal doku (c), (Pl: plajiyoklas, Cpx: klinopiroksen, Qz: kuvars, Cal: kalsit, Amp: amfibol, Op: opak mineral)

3.1.4. Gündoğdu Granitoyidi

Granitoyid, Şahin (2005) tarafından “Gündoğdu Altere Mikrograniti” olarak isimlendirilmiş ise de, bu çalışmada Gündoğdu Granitoyidi adı tercih edilmiştir. Bunun temel sebebi bu granitik kütlelerin arazi ve laboratuvar çalışmalarında yalnızca mikrogranit değil porfirik ve tamamen kristalli (holokristalen) kısımlarının da bulunmasıdır. Granitoyide ait kayaçlar Pazarcık Mahalesi’nden Gündoğdu Köyü güneyine kadar geniş bir alanda yayılım göstermektedir (EK-1). Taşlıyayla volkanitleri ile içerisindeki Berdiga devasa bloklarını keserek yerleşmiştir. Kuzey-batıda Pazarcık Metamorfitleri ile dokanak halindedir. Granitoyid kendisinden daha genç Boğalı Granitoyidi (Şekil 16a) ve bu intrüzyonları oluşturan magmanın daykları, genç bazik ve asidik dayklar (Şekil 17 a ve b) tarafından kesilmiştir.



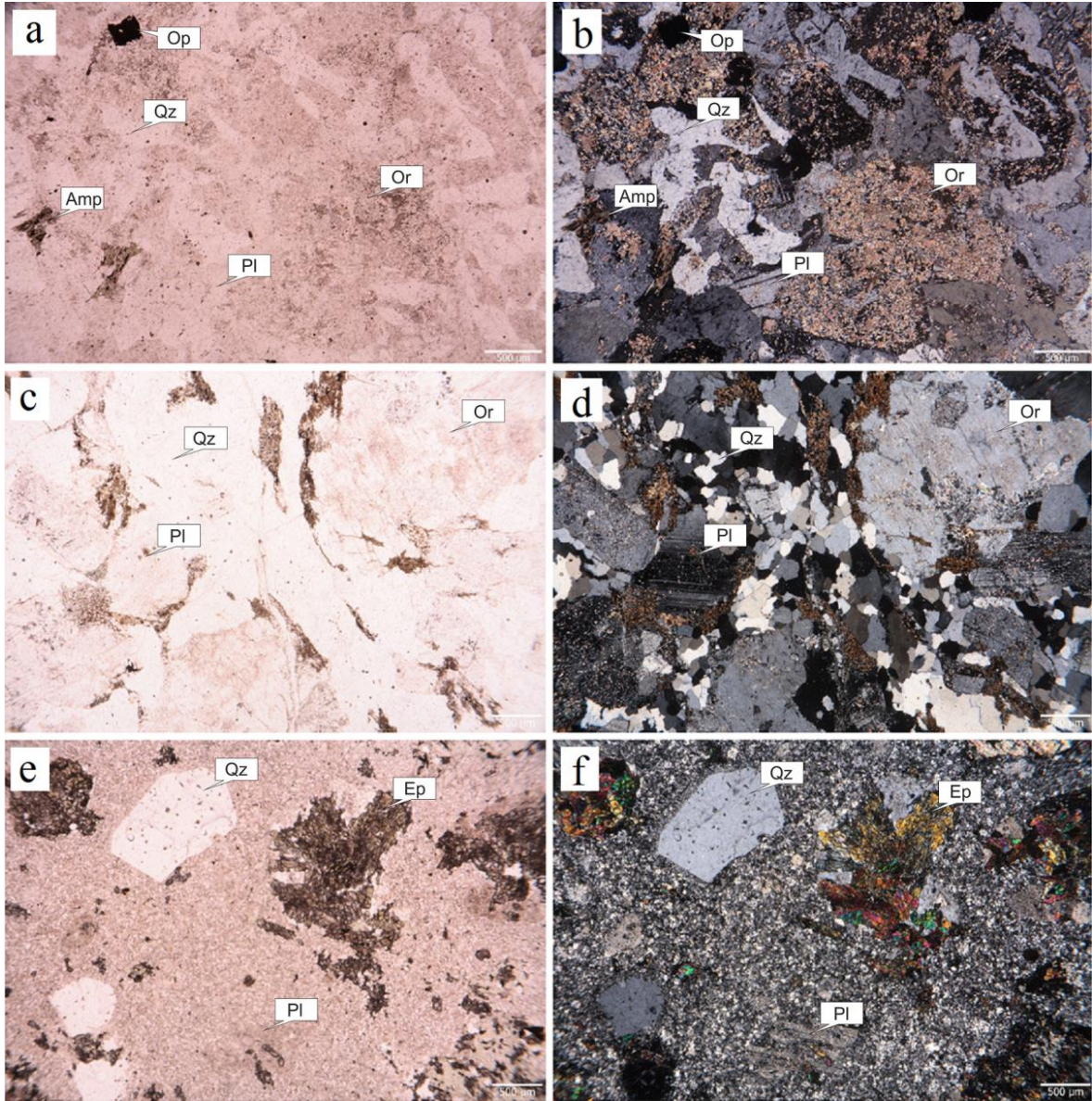
Şekil 16. Gündoğdu Granitoyidi ile Boğalı Granitoyidinin Armendüzü Sırtlarındaki sınırı (a), koyu renkli mikrogranüler anklav içeren Gündoğdu Granitoyidine ait orta daneli el örneği(b)



Şekil 17. Gündoğdu Köyü-Bayburt yol ayrımının 1 km kuzey batısında Gündoğdu Granitoyidini kesen mafik dayk (a), ve yol ayrımının 1.5 km doğusunda görülen asidik dayk (b)

Birim genel olarak açık renkli (bej, krem, kahvems, yeşilimsi renkli) sık sık iri porfirlerin (kuvars ve/veya k-feldspat) gözlendiği ince-orta daneli granit ve granodiyorit bileşimindeki kayalardan oluşur (Şekil 18 a, b, c, d, e ve f). Granitoyidin kenar zonlarında porfirik özellik daha net belirgin olup, matriks daha ince (mikrogranül) danelidir (Şekil 18 e ve f). Birim içerisinde özellikle kenar zonlarda oval/dairesi kesit veren çapları birkaç cm'den birkaç dm'ye ulaşan mafik mikrogranüler anklavlara (kuvars içeren diyorit, monzodiyorit bileşiminde) sıkça rastlanır (Şekil 16b).

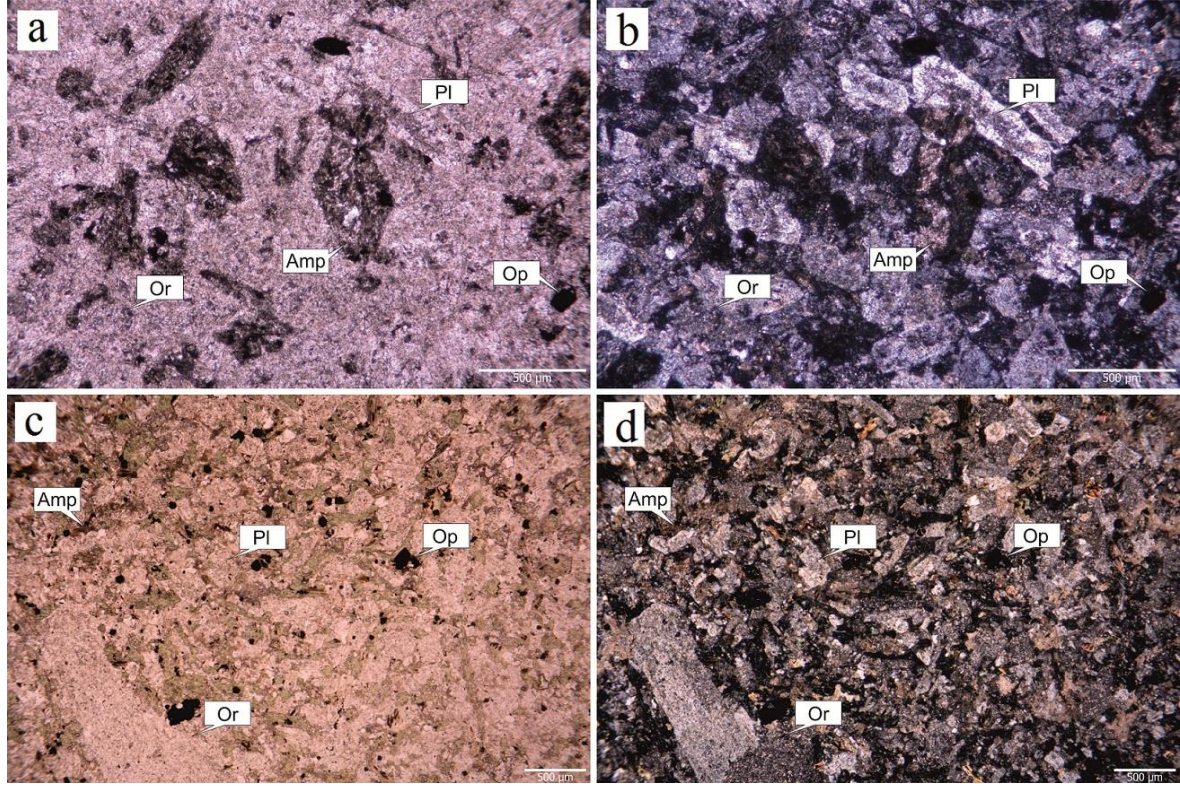
Granitoyid içerisinde yer yer görülen mafik mikro granüler anklavlar çoğunlukla plajiyoklas, ortoklas, amfibol ve opak minerallerden oluşmaktadır. Ana kayalık örneklerine göre mineral boyutları daha küçük ve mafik mineral oranı daha fazladır. İncelenen tüm anklav örnekleri tüm kristalli ince daneli dokuya sahiptir (Şekil 19a-d). Plajiyoklas ve amfibol mineralleri, incelenen anklav örneklerinde görülen en yaygın minerallerdir. Plajiyoklas mineralleri öz ve yarı öz şekilli küçük kristaller şeklindedir. Çoğunlukla ayrışma sonucu serizit ve kil minerallerine dönüşmüş olduğundan mineral sınırları net izlenememektedir. Amfibol mineralleri ise genellikle diğer mineraller arasındaki boşlukları doldurur halde bulunmaktayken, yer yer öz şekilli kristaller halinde bulunmaktadır (Şekil 19a-c).



Şekil 18. Yer yer daneli (a, b, c ve d), çoğunlukla porfirik doku (e ve f) gösteren Gündoğdu Granitoidine ait granit/granodiyorit bileşimindeki kayaçlar. Kenar zonlarda (e ve f) granitoidine ait örnekler ince/mikro daneli bir hamur içerisinde görülen porfirik dokuludur (Qz: kuvars, Or: ortoklas, Pl: plajiyoklas, Amp: amfibol, Ep: epidot, Op: opak mineral)

Ayrıca Şahin (2005), birimden yapılan yaş tayinlerinde alterasyondan dolayı sağlıklı sonuç elde edilemediğini fakat arazide Boğalı Granitoidine ait daykların Gündoğdu Granitoidini kesmesinden dolayı birimin Boğalı Granitoidi'nden daha yaşlı olduğu sonucuna varmıştır. Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında ise bu verilere ek olarak Boğalı Granitoidi ile olan dokanak ilişkisi ve göreceli morfolojik ilişkileri Gündoğdu Granitoidi'nin daha yaşlı olduğunu destekler niteliktedir (Şekil 16a). Birimin

Taşlıyayla Volkaniklerini keserek yerleşmesi ve Boğalı Granitoyidi tarafından kesilmesi muhtemel yaşının Üst Kretase olabileceğini göstermektedir.



Şekil 19. Gündoğdu Granitoyidi içerisinde görülen ve tüm kristalli ince daneli dokuya sahip mafik mikro granüler anklav örnekleri(a, b, c ve d) (Or: ortoklas, Pl: plajiyoklas, Amp: amfibol, Op: opak mineral)

3.1.5. Boğalı Granitoyidi

Granitoyid ilk kez Şahin (2005) tarafından “Boğalı K-Feldspat megakristalli monzogranit” olarak adlandırmış fakat bu çalışmada birim Boğalı Granitoyidi olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanının kuzey batısında Boğalı Köyü ve çevresinde yaklaşık olarak 7 km² alanda (EK-1 Jeoloji Haritası) yüzeyleme gösteren granitoyid kuzeyde Taşlıyayla Volkanitlerini, doğuda Berdiga kireçtaşları, güney ve batıda ise Gündoğdu Granitoyidini keserek yerleşmiştir.

Granitoyidin ana gövdesi, iri-mega ortoklas kristalleri içeren monzogranit (Şekil 20) ve ekügranüler dokulu, ince-orta daneli granit bileşimindeki kayalarla oluşmakla birlikte, kütlenin kenar zonlarını mikrogranüler porfiritik dokulu kayalar oluşturur. Gündoğdu Granitoyidinde olduğu gibi, Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalar içerisinde de oval/dairemsi kesit veren ve çapları birkaç cm’den birkaç dm’ye ulaşan mafik

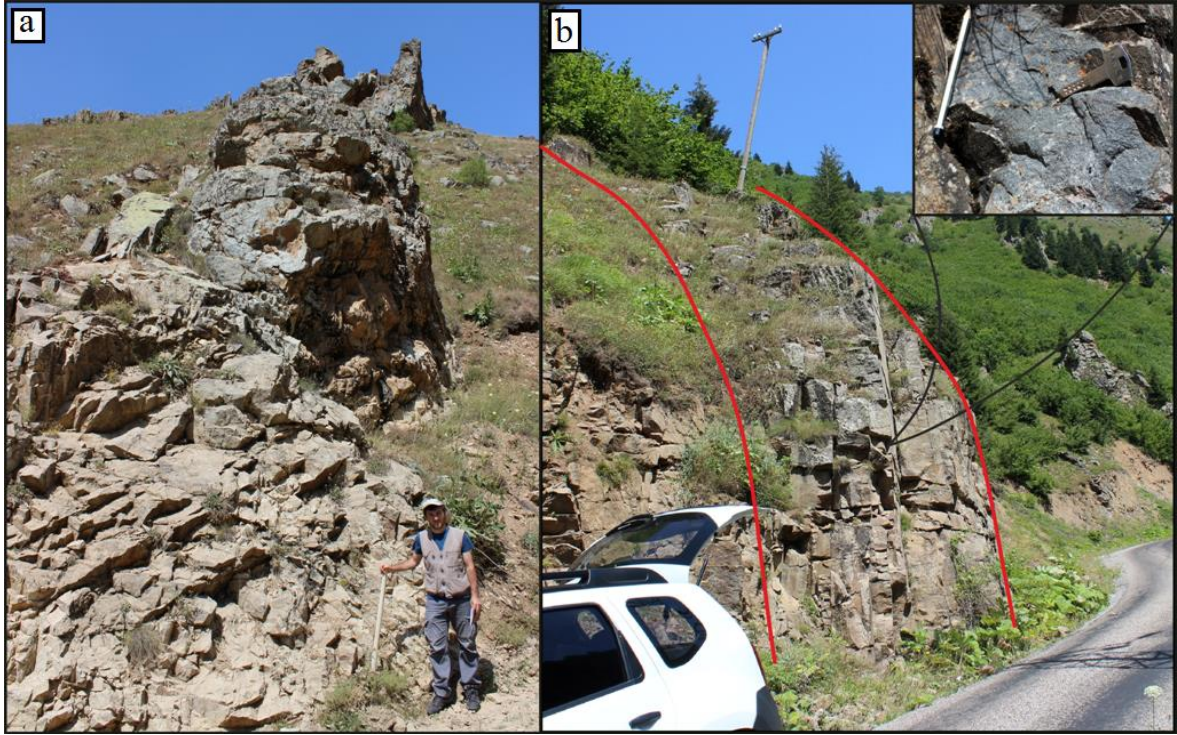
mikrogranüler anklavlar bulunmaktadır (Şekil 21). Granitoyid, yaklaşık olarak 5-10 m kalınlığında asidik dayklar ve 1-2 m kalınlığında mafik dayklar tarafından kesilmektedir (Şekil 22 a ve b).



Şekil 20. Boğalı Granitoyidinin ana gövdesini oluşturan daneli porfiritik dokulu monzogranitin el örneği (iri pembe kristaller K-feldispat mineralleridir)



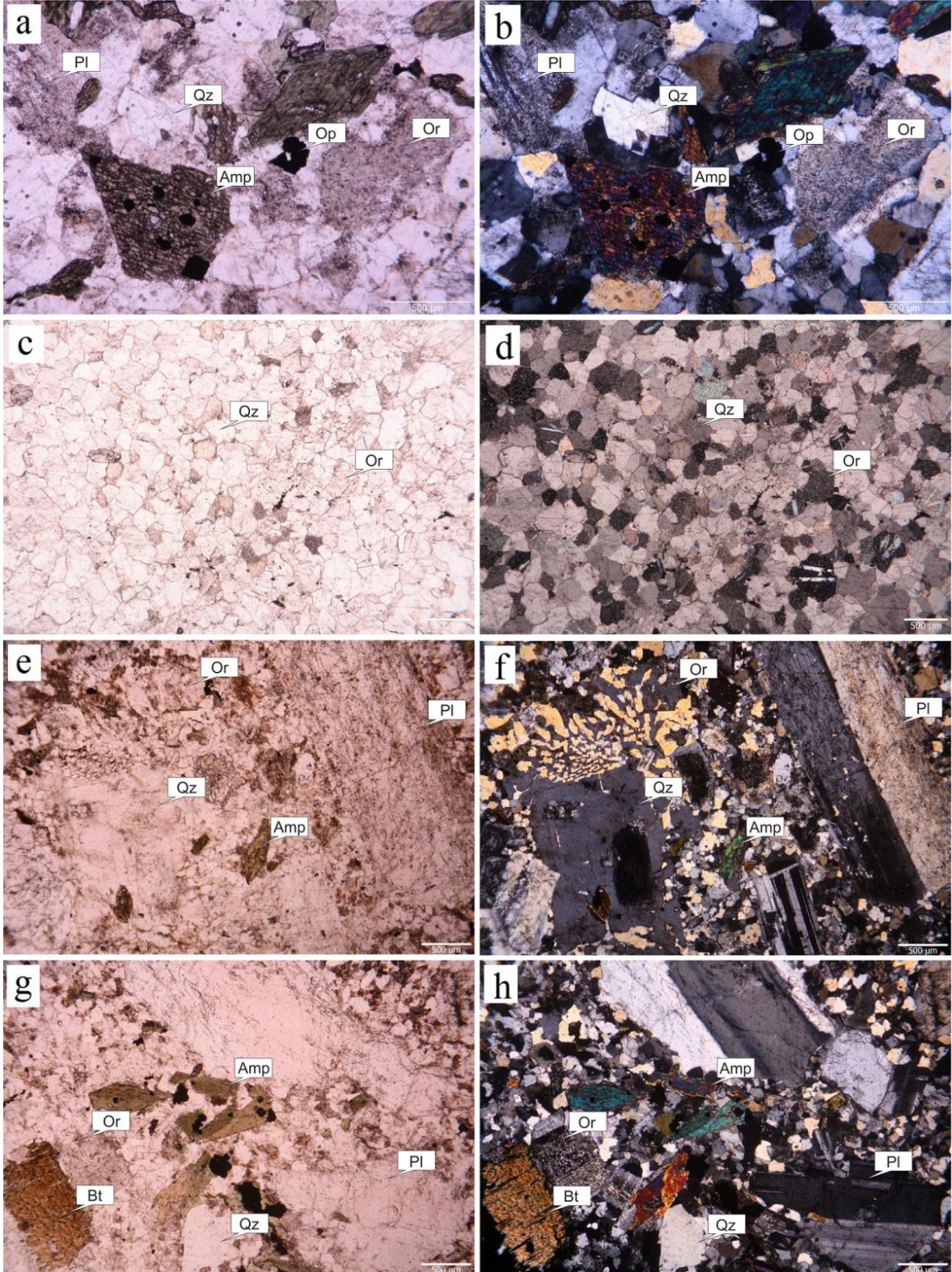
Şekil 21. Boğalı Granitoyidi içerisindeki oval şekilli kesit veren mafik granüler anklav



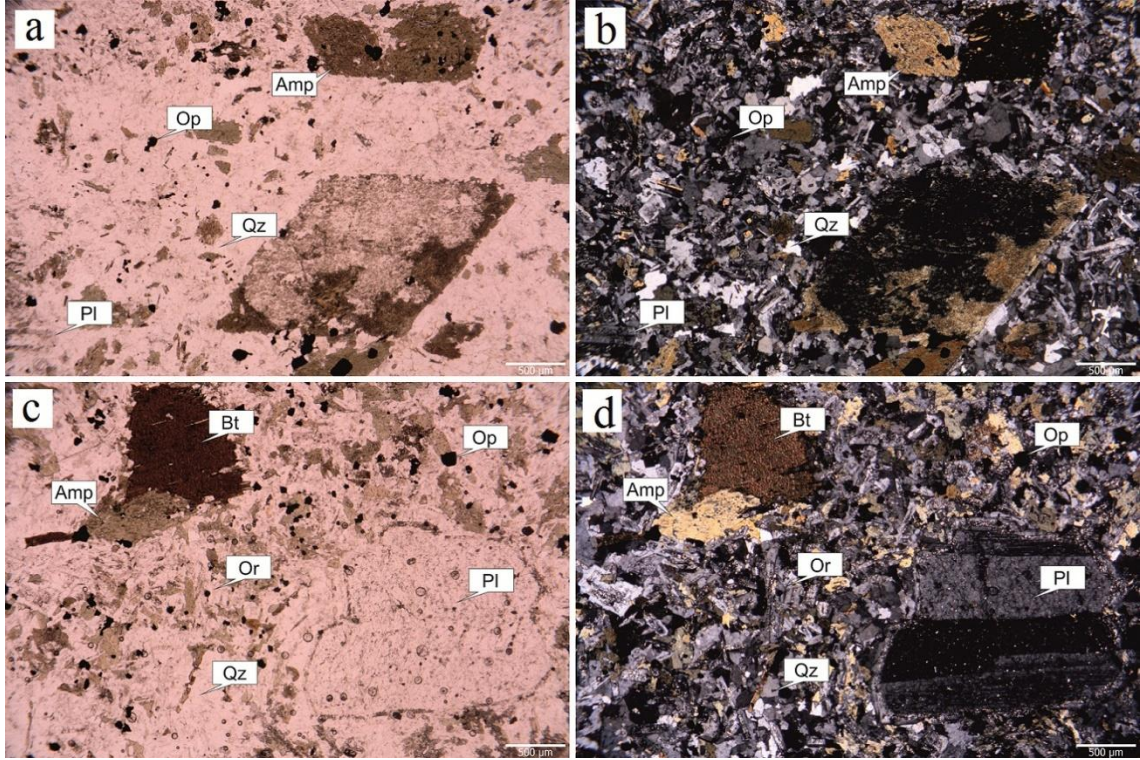
Şekil 22. Bahçecik-Boğalı Köyü yolu üzerlerinde Boğalı Granitoyidini kesen dasit daykı (a), bazalt daykı (b), bazalt daykının ayrıntılı görüntüsü (sağ üst köşe)

Birimi oluşturan granit ve monzogranit bileşimindeki kayalar orta-iri daneli, ince daneli porfirik doku göstermektedirler. Ayrıca bazı örneklerde poiklitik ve mirmekitik doku da gözlemlenmektedir (Şekil 23 e, f). Mineral içeriği olarak iri ortoklaslı, kuvars, plajiyoklas ve genellikle öz şekilli amfibol ile biyotit minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 23 a-h).

Granitoyid içerisinde çok sık görülen mafik mikro granüler anklavlar çoğunlukla kuvars, plajiyoklas, ortoklas, amfibol, biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır. İncelenen tüm anklav örnekleri tüm kristalli ince daneli porfirik dokuya sahiptir (Şekil 24a-d). Kuvars, plajiyoklas ve amfibol mineralleri, incelenen anklav örneklerinde görülen en yaygın minerallerdir. Plajiyoklas mineralleri öz ve yarı öz şekilli, yer yer iri, çoğunlukla ise küçük kristaller şeklindedir. Çoğunlukla ayrışma sonucu serizit ve kil minerallerine dönüşmüştür. Amfibol mineralleri genellikle öz şekilli (iki yönde dilinimi net şekilde görülmekte), yer yer ise kıymık şeklinde kristaller halindedir. Kuvars mineralleri ise küçük kristaller halinde ve diğer mineraller arasındaki boşlukları doldurur haldedir (Şekil 24a-d).

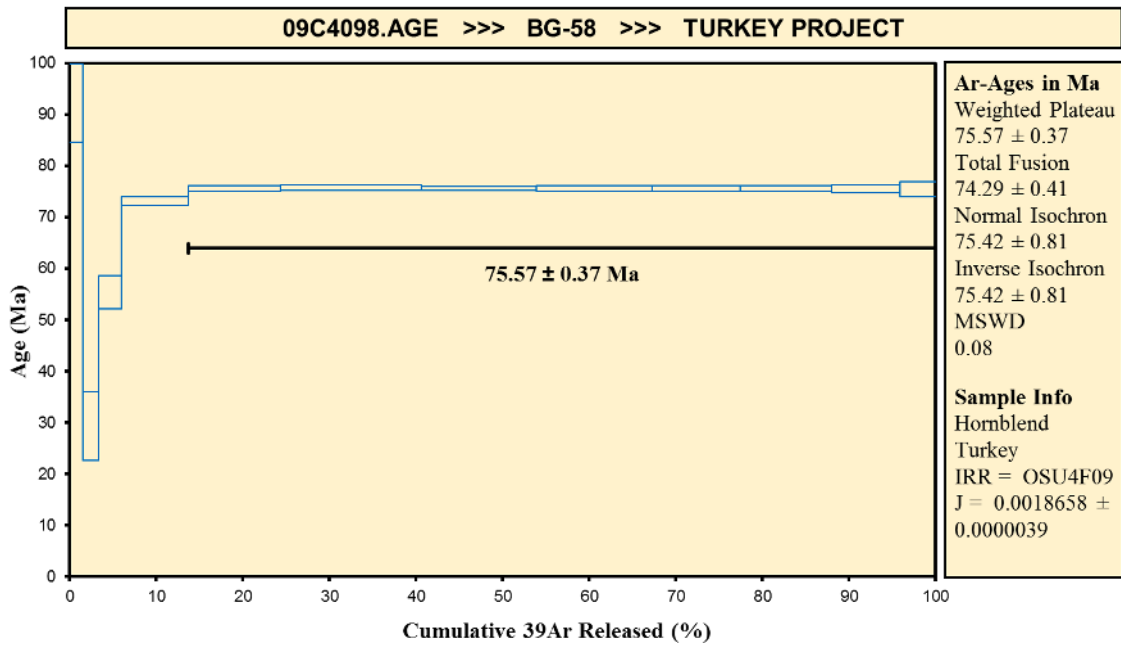


Şekil 23. Boğalı Granitoidini oluşturan ekügranüler orta daneli (a ve b), ince daneli porfirik doku (e, f, g ve h) gösteren granitik kayalar ve aplit damar kayacına ince daneli aplitik doku (Qz: kuvars, Or: ortoklas, Pl: plajiyoklas, Amp: amfibol, Bt: biyotit, Op: opak mineral)



Şekil 24. Boğalı Granitoyidi içerisinde görülen ve tüm kristalli ince daneli porfirik dokuya sahip mafik mikro granüler anklav örnekleri(a, b, c ve d) (Qz: kuvars, Or: ortoklas, Pl: plajiyoklas, Amp: amfibol, Bt: biyotit, Op: opak mineral)

Birimin yaşı hornblend mineralleri kullanılarak K-Ar yaş tayini ile Şahin (2005) tarafından Üst Kretase-Alt Paleosen (61.4-75.7 My) olarak saptanmıştır. Daha sonra Dokuz tarafından (yayınlanmamış veri) aynı kütlenin hornblendlerinden Ar-Ar yöntemiyle birimin plato yaşı 75.57 ± 0.37 My olarak bulunmuştur (Şekil 25).

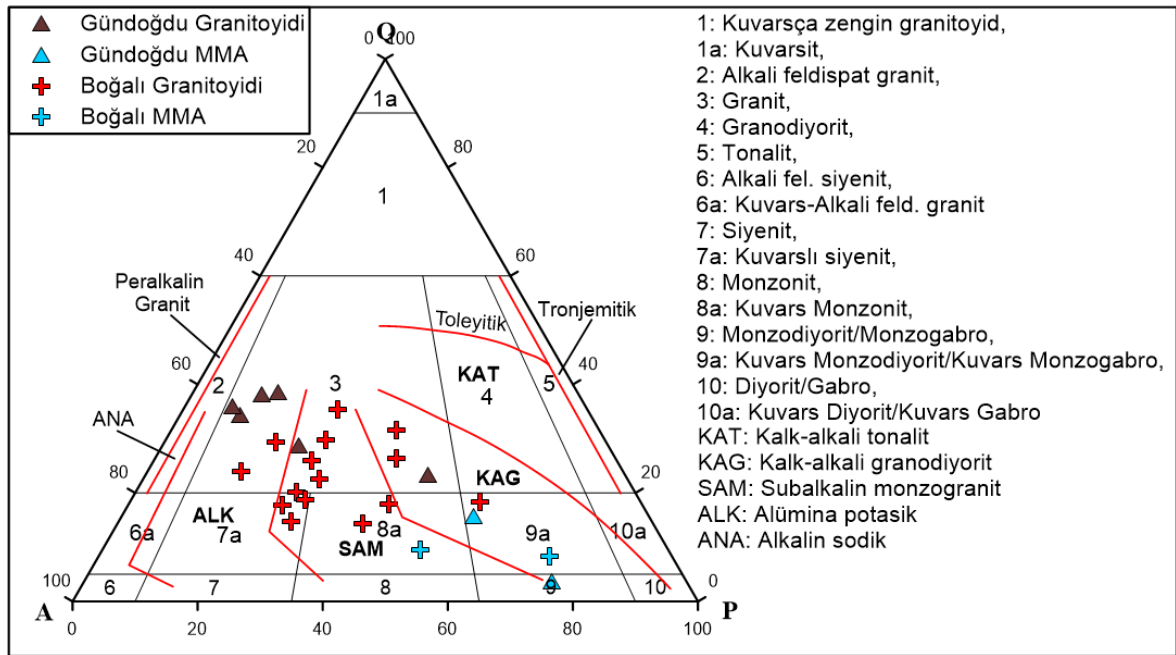


Şekil 25. Boğalı Granitoyidine ait radyometrik yaş tayini (Dokuz, yayınlanmamış veri)

3.2. Gündoğdu ve Boğalı Granitoidleri'nin Modal Minerolojik İncelenmesi

Yapılan arazi çalışmaları sonucunda hazırlanan ince kesitlerden Gündoğdu Granitoidi'ne ait 6 adet ana kaya ve 2 adet MMA ve Boğalı Granitoidi'ne ait 15 adet ana kaya ve 2 adet MMA olmak üzere toplam 25 örneğin ayrıntılı petrografik çalışmaları ile modal analizleri yapılmıştır (Tablo 2-3). Granitoidler içerisinde kuvars, alkali feldispat (ortoklas), plajiyoklas, amfibol, biyotit, opak mineraller ve bazı örneklerde görülen ikincil muskovit minerallerinin modal bollukları hesaplanmış daha sonra kuvars, alkali feldispat ve plajiyoklas minerallerinin modal bollukları yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Tablo 2-3).

Hesaplanan QAP modları Streckeisen (1976) diyagramına düşürüldüğünde, Gündoğdu Granitoidi'ne ait örnekler granit, anklav örnekleri ise monzogabro ve kuvars monzogabro, Boğalı Granitoidi'ne ait örnekler granit, kuvarslı siyenit ve kuvars monzonit, anklav örnekleri ise kuvars monzonit ve kuvars monzogabro ile temsil edilen alanlara düşmektedir (Şekil 26).



Şekil 26. Gündoğdu ve Boğalı Granitoidine ait örneklerin modal analiz sonuçlarının QAP diyagramındaki dağılımları (Streckeisen, 1976)

Modal analiz sırasında her örnek için yaklaşık 2000 nokta sayılmış ve ilgili diyagrama aktarılmıştır. Elde edilen verilere göre Gündoğdu Granitoidi %21.1-35.5 kuvars, %28.4-55.5 alkali feldispat, %7.5-40.7 plajiyoklas, %0-12.8 amfibol, %0-0.6

Tablo 3. Boğalı Granitoyidi ve içerisinde bulunan MMA'lara ait modal analiz sonuçları

Örnek No	Boğalı Granitoyidi															MMA	
	BG-1*	Bg-1b*	19	S-59	BG-1	S-58A	32	S-54	S-53	S-52	BG-11	S-55	S-56	S-61	S-57	S-59	Bg-4a
Kuvars	27.30	16.10	21.35	17.00	22.95	24.00	28.50	14.42	28.70	13.50	18.50	33.40	17.70	16.50	20.90	8.00	6.50
A.Feld	41.00	22.50	54.70	55.00	43.20	33.50	29.30	56.37	51.50	43.85	50.00	37.70	50.60	37.30	45.80	33.60	15.20
Plajiyoklas	23.50	49.00	13.40	23.60	22.45	35.60	32.60	26.77	17.40	37.20	23.80	23.50	26.50	38.50	26.20	43.00	55.80
Amfibol	6.30	11.80	10.00	2.30	9.30	6.30	7.90	1.39	1.40	4.07	5.00	3.80	4.10	4.90	5.30	13.30	11.50
Biyotit	-	-	-	0.80	-	-	-	0.46	-	0.40	-	-	-	0.95	0.50	-	3.30
Opak M.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.90	-	-	-	-	-	1.50
Muskovit*	1.90	0.60	0.55	1.30	2.10	0.60	1.70	0.59	1.00	0.98	1.80	1.60	1.10	1.85	1.30	2.10	6.20
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
% Kvs	29.74	18.38	23.87	17.78	25.90	25.78	31.53	14.72	29.41	14.28	20.04	35.31	18.67	17.88	22.50	9.46	8.39
% A.feld	44.66	25.68	61.15	57.53	48.76	35.98	32.41	57.75	52.77	46.38	54.17	39.85	53.38	40.41	49.30	39.72	19.61
% Plj	25.60	55.94	14.98	24.69	25.34	38.24	36.06	27.53	17.83	39.34	25.79	24.84	27.95	41.71	28.20	50.83	72.00
*: Tabloda sunulan muskovit değerleri özellikle feldspatlardan itibaren oluşmuş ikincil muskovit minerallerini ifade etmektedir.																	

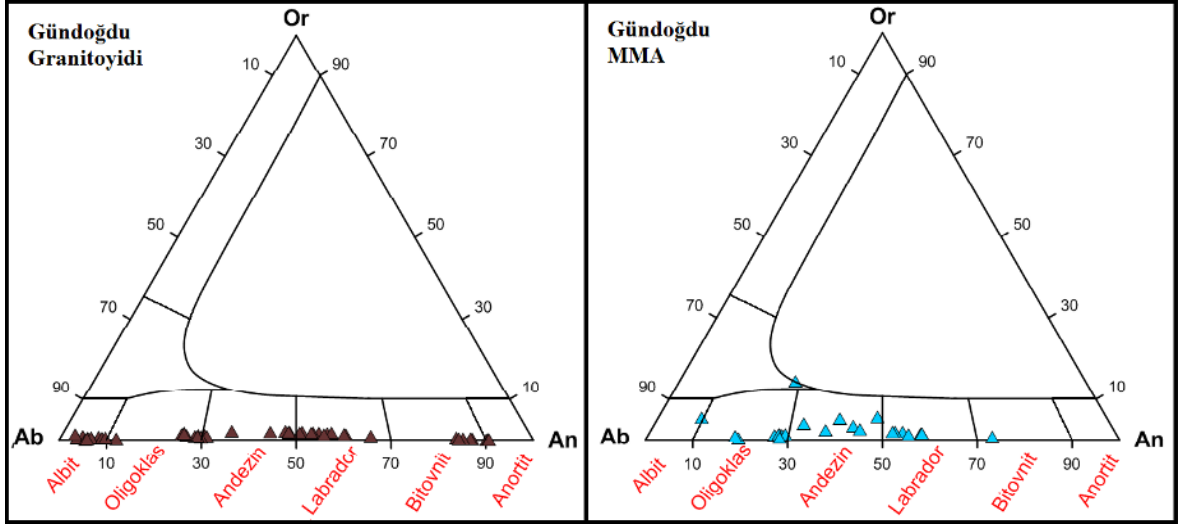
3.3. Mineral Kimyası

Çalışmanın amacına yönelik olarak Kretase yaşlı Gündoğdu ve Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı Boğalı Granitoidlerini oluşturan kayalarda gözlenen K-feldispat, plajiyoklas, amfibol, biyotit ve Fe-Ti-oksit minerallerinin, genel kimyasal özellikleri bu bölümde incelenecektir.

3.3.1. Plajiyoklas

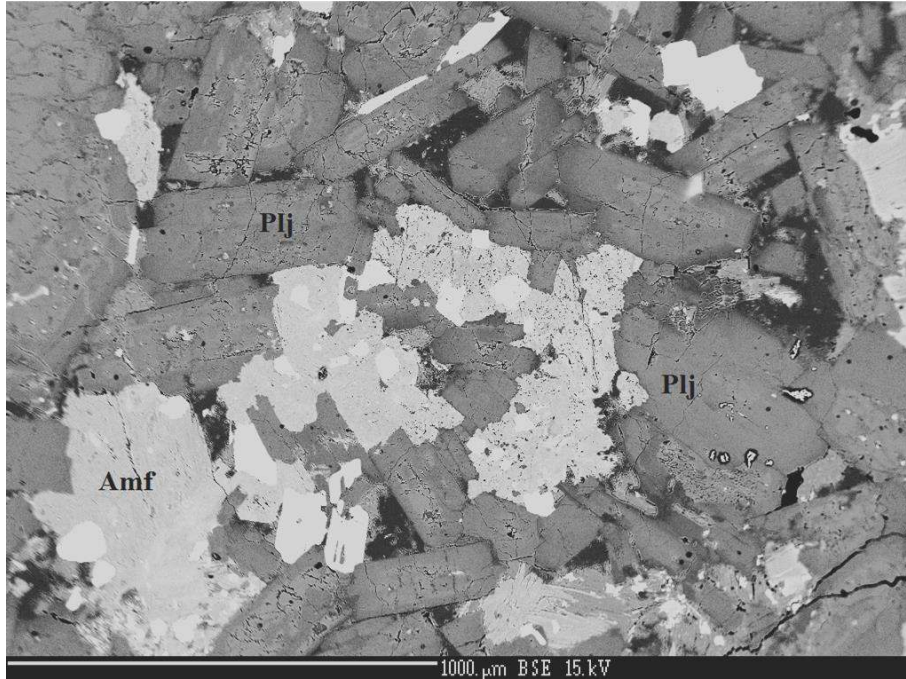
Gündoğdu Granitoyidi'ne ait monzogranit ve diyorit kayaları içerisinde, fenokristaller halinde gözlenen plajiyoklaslar çoğunlukla albit, labrador ve bitovnit daha az oranda ise oligoklas, andezin ve anortit bileşimindedir (Şekil 27). Ayrıca kayalar içerisinde gözlenen kuvars monzodiyorit ve monzonit bileşimli Mafik Mikrogranüler Anklav (MMA)'ların içerisindeki plajiyoklasların mineral bileşiminin oligoklas, andezin ve labrador bileşimde oldukları görülmektedir (Şekil 27).

Gündoğdu Granitoyidi'ni oluşturan kayalardaki plajiyoklasların SiO₂ içerikleri %45.59-69.43 arasında, Al₂O₃ içerikleri %19.77-34.62 arasında, Na₂O içerikleri %1.07-11.78 arasında, CaO içerikleri %0.59-18.65 arasında ve K₂O içerikleri %0.03-0.38 arasında değişmektedir (Ek Tablo 1). Ana kayaç içerisinde yer alan MMA'lardaki plajiyoklasların, SiO₂ içeriklerinin %50.01-65.70 arasında, Al₂O₃ içeriklerinin %22.62-31.28 arasında, Na₂O içerikleri %3.05-9.79 arasında, CaO içerikleri %1.89-15.16 arasında ve K₂O içeriklerinin de %0.08-0.94 arasında değişim gösterdikleri görülmektedir (Ek Tablo 1).



Şekil 27. Günderdu Granitoyidi'ni oluşturan kayalara ve içerisindeki MMA'lara ait plajiyoklas minerallerinin Ab-An-Or üçgen sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları

Diyorit örneği içerisinde analizi yapılan plajiyoklas ve amfibol minerallerine ait geri saçılmış elektron (back scatter electron) görünümü (Şekil 28).

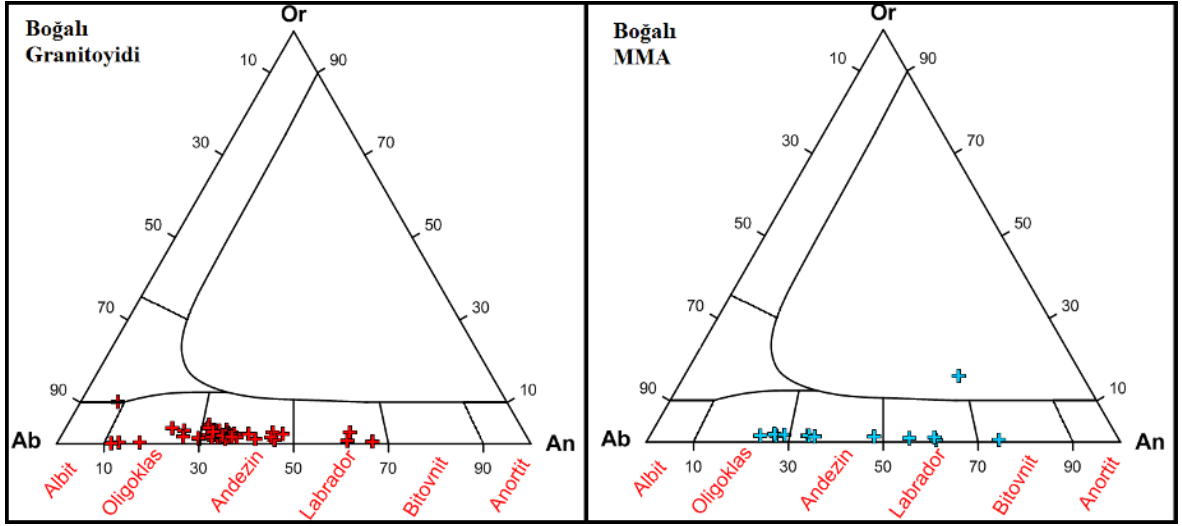


Şekil 28. İncelenen intrüzif kayalardaki bazı plajiyoklas ve amfibol minerallerinin geri saçılmış elektron(BSE) görünümleri

Boğalı Granitoyidine ait monzogranit ve kuvars monzonit kayaları içerisinde, fenokristaller halinde gözlenen plajiyoklaslar çoğunlukla ortaç bileşimli andezin ve daha az oranda ise oligoklas ve labrador bileşimindedir (Şekil 29). Ayrıca kayalar içerisinde

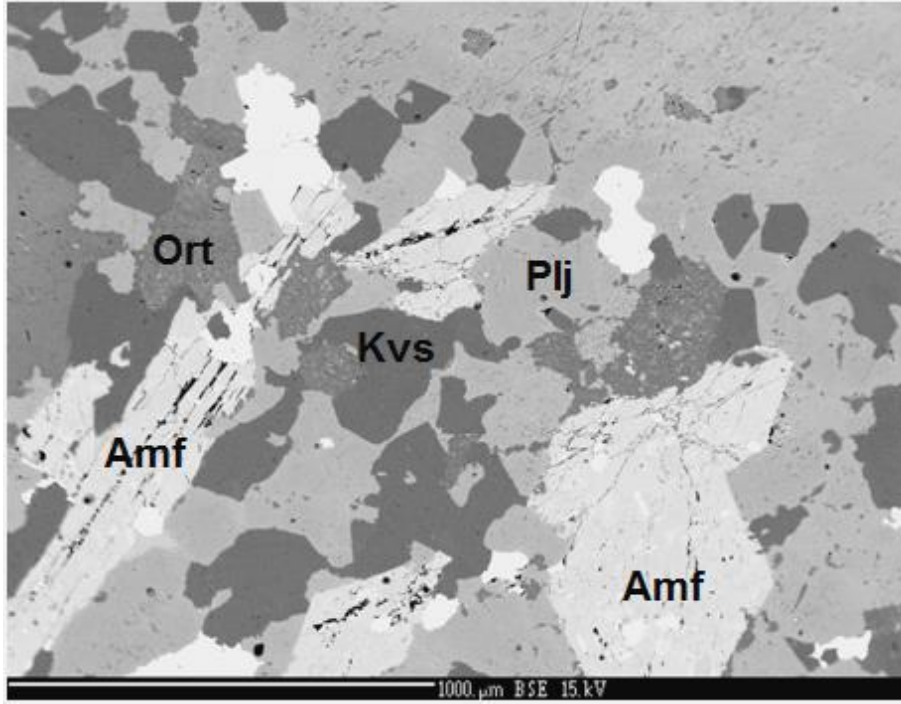
gözlenen monzodiyorit bileşimli MMA'ların içerisindeki plajiyoklasların mineral bileşiminin oligoklas, andezin, labrador ve bitovnit bileşimde oldukları görülmektedir (Şekil 29).

Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlardaki plajiyoklasların SiO_2 içerikleri %49.86-67.28 arasında, Al_2O_3 içerikleri %20.85-30.20 arasında, Na_2O içerikleri %3.67-10.78 arasında, CaO içerikleri %1.62-13.30 arasında ve K_2O içerikleri %0.02-1.73 arasında değişmektedir (Ek Tablo 2). Ana kayaç içerisinde yer alan MMA'lardaki plajiyoklasların, SiO_2 içeriklerinin %49.60-62.99 arasında, Al_2O_3 içeriklerinin %23.84-31.64 arasında, Na_2O içerikleri %2.71-8.55 arasında, CaO içerikleri %5.58-15.55 arasında ve K_2O içeriklerinin de %0.10-2.55 arasında değişim gösterdikleri görülmektedir (Ek Tablo 2).



Şekil 29. Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlara ve içerisindeki MMA'lara ait plajiyoklas minerallerinin Ab-An-Or üçgen sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları

Boğalı Granitoyidi içerisindeki monzogranit örneği içerisinde analizi yapılan plajiyoklas, amfibol, kuvars ve ortoklas minerallerine ait geri saçılmış elektron (back scatter electron) görünümü (Şekil 30).



Şekil 30. Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalardaki bazı plajiyoklas, amfibol, kuvars ve ortoklas minerallerinin BSE görünüşleri

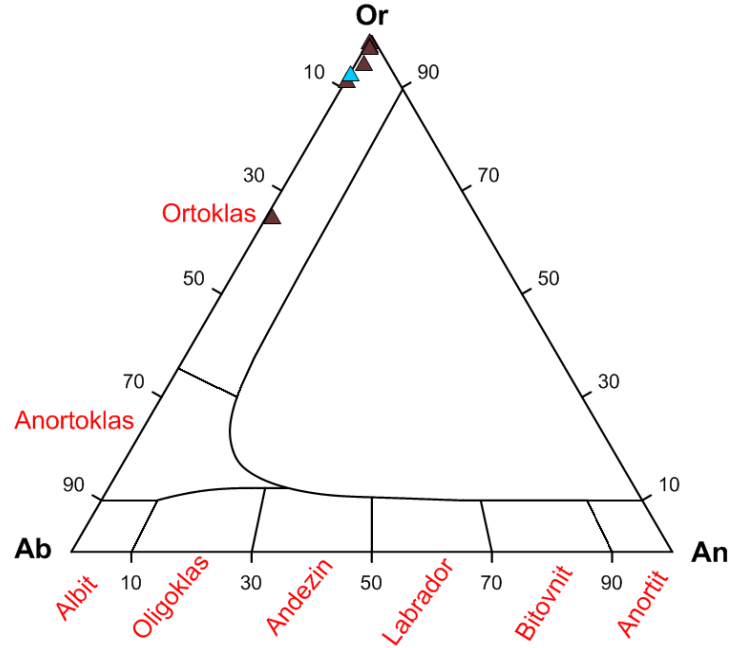
İncelenen Kretase yaşlı Gündoğdu Granitoyidi ve Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan ana kayalar ve MMA'larda bulunan plajiyoklas mineralleri incelenmiştir. İncelenen örneklerden seçilen ve analizi yapılan ana kayaç ve MMA örnekleri içindeki plajiyoklas minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları sırasıyla Ek Tablo 1 ve Ek Tablo 2'de verilmiştir.

3.3.2. Alkali Feldispat

İncelenen Gündoğdu Granitoyidine ait monzogranit kayaları içerisinde, fenokristaller halinde gözlenen alkali feldispat mineralleri ortoklas bileşimindedir (Şekil 31). Ayrıca kayalar içerisinde gözlenen kuvars monzodiyorit bileşimdeki MMA'ların içerisinde az oranda bulunan alkali feldispatların mineral içeriğinin de ortoklas bileşimde oldukları görülmektedir (Şekil 31).

Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalardaki alkali feldispat minerallerinin SiO_2 içerikleri %50.46-66.54 arasında, Al_2O_3 içerikleri %18.42-31.98 arasında, Na_2O içerikleri %0.06-4.14 arasında, CaO içerikleri %0.00-0.24 arasında ve K_2O içerikleri %9.96-15.12 arasında değişmekte olup, ortoklas mineralinin bileşimi $\text{Or}_{65.00-99.00}$ oranları arasında değişim göstermektedir (Ek Tablo 3). Ana kayaç içerisinde yer alan MMA'lardaki alkali

feldispatların, SiO₂ içeriklerinin %64.84 oranında, Al₂O₃ içeriklerinin %18.22 oranında, Na₂O içerikleri %0.78 oranında ve K₂O içeriklerinin de %15.27 oranında değişim gösterdikleri görülmektedir. Ayrıca MMA'lar içerisindeki ortoklas mineralinin bileşiminin de Or_{92.83} oranında olduğu görülmektedir (Ek Tablo 3).

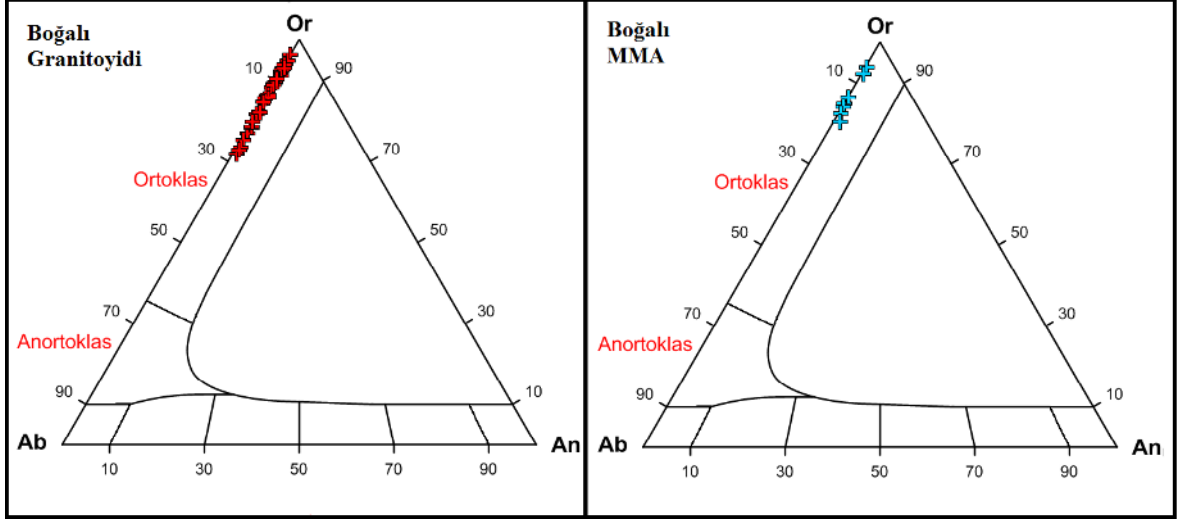


Şekil 31. Gündoğdu Granitoidini oluşturan kayalara ve içerisindeki MMA'lara ait K-feldispat minerallerinin Ab-An-Or üçgen sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları

İncelenen Boğalı Granitoidine ait monzogranit ve kuvars monzonit kayaları içerisinde ise, fenokristaller halinde gözlenen alkali feldispatlar ortoklas bileşimindedir (Şekil 32). Ayrıca kayalar içerisinde gözlenen monzodiyorit bileşimdeki MMA'ların içerisindeki alkali feldispatların mineral içeriğinin de ortoklas bileşimde oldukları görülmektedir (Şekil 32).

Boğalı Granitoidini oluşturan kayalardaki alkali feldispat minerallerinin SiO₂ içerikleri %62.33-66.00 arasında, Al₂O₃ içerikleri %17.40-18.40 arasında, Na₂O içerikleri %0.40-2.65 arasında, CaO içerikleri %0.00-0.14 arasında ve K₂O içerikleri %12.14-15.66 arasında değişmekte olup, ortoklas mineralinin bileşimi Or_{75.20-96.30} oranları arasında değişim göstermektedir (Ek Tablo 4). Ana kayaç içerisinde yer alan MMA'lardaki alkali feldispatların, SiO₂ içeriklerinin %64.47-65.48 arasında, Al₂O₃ içeriklerinin %18.22-18.86 arasında, Na₂O içerikleri %0.62-1.95 arasında CaO içerikleri %0.02-0.09 arasında ve K₂O içeriklerinin de %13.06-15.07 arasında değişim gösterdikleri görülmektedir. Ayrıca

MMA'lar içerisindeki ortoklas mineralinin bileşiminin de Or_{80.41-93.82} arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Ek Tablo 4).



Şekil 32. Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalara ve içerisindeki MMA'lara ait K-feldispat minerallerinin Ab-An-Or üçgen sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları

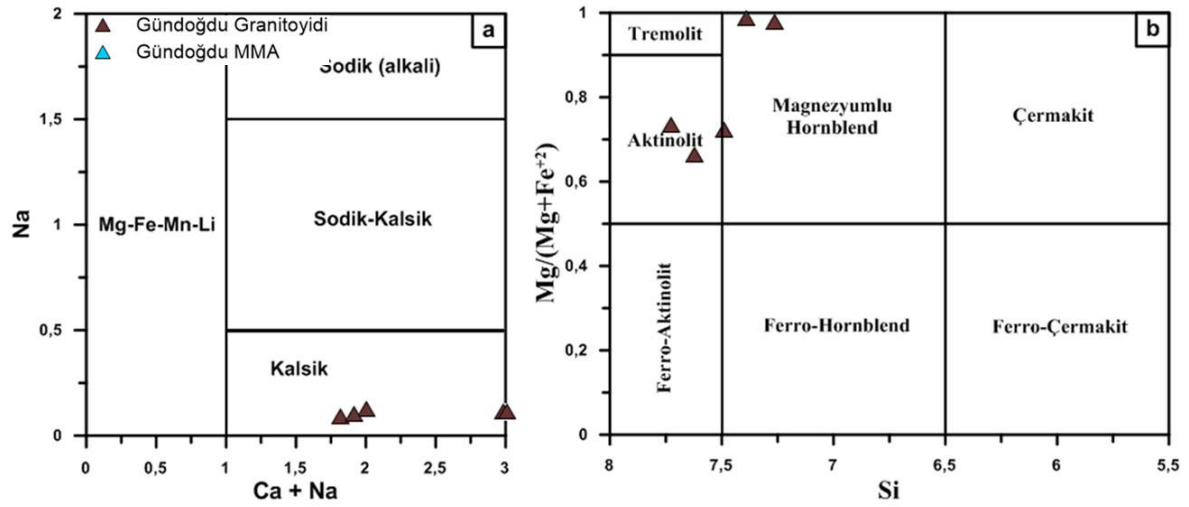
Gündoğdu Granitoyidini oluşturan ve analizi yapılan monzogranit bileşimli kayalarda ve içindeki kuvars monzodiyorit bileşimli MMA'larda nadiren alkali feldispat mineralleri gözlemlenmiştir. Fakat Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan ve analizi yapılan kayaların ve MMA'ların tümünde alkali feldispat mineralleri incelenmiştir. Analizi yapılan bu ana kayaç ve MMA örnekleri içindeki alkali feldispat minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları sırasıyla Ek Tablo 3 ve Ek Tablo 4'de verilmiştir.

3.3.3. Amfibol

Gündoğdu Granitoyidine ait diyorit bileşimli örnekler içerisinde, fenokristaller halinde, genellikle öz şekilsiz ve tek yönde dilinimli çubuksu şekilde gözlemlenen amfiboller (Ca+Na)-Na diyagramına aktarıldığında tümünün kalsik amfibol ile temsil edilen alana düştüğü görülmektedir (Şekil 33a). Örnekler daha sonra Si-Mg# grafiğine aktarıldığında örneklerin yüksek Si ve Mg# içeriğine bağlı olarak magnezyumlu hornblend ve aktinolit olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 33b).

Gündoğdu Granitoyidine ait kayalarda gözlenen magnezyumlu hornblend ve aktinolit örneklerinin Al₂O₃ içerikleri sırasıyla %1.33-4.14 arasında, SiO₂ içerikleri

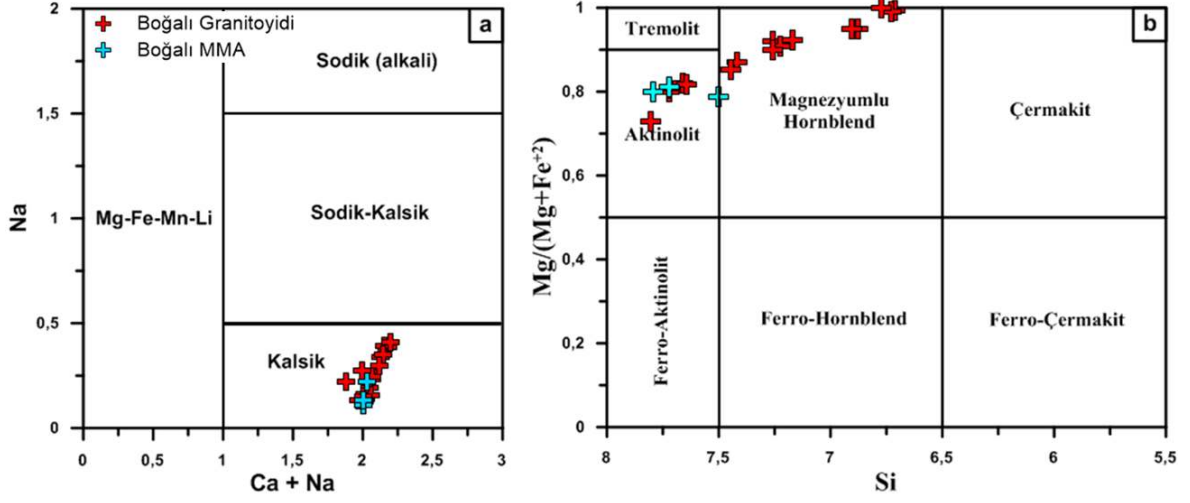
%51.26-53.41 arasında değişmektedir. $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları ise 0.63-0.74 arasında değişim göstermektedir (Ek Tablo 5).



Şekil 33. Gündoğdu Granitoyidi içerisindeki amfibollerin Leake ve diğ. (1997) sınıflama diyagramındaki yerleri

Boğalı Granitoyidi'ne ait monzogranit ve kuvars monzonit bileşimli örnekler ile anklavlara ait monzodiyorit bileşimli örnekler içerisindeki amfibol mineralleri incelenmiştir. Bu mineraller fenokristaller halinde, yer yer öz şekilli ve iki yönde dilimi net bir şekilde gözlenen veya yer yer tek yönde dilinimli çubuksu şekilde gözlenmekte olup, (Ca+Na)-Na diyagramına aktarıldığında tümünün kalsik amfibol ile temsil edilen alana düştüğü görülmektedir (Şekil 34a). Örnekler daha sonra Si-Mg# sınıflama diyagramına aktarıldığında yüksek Si ve Mg# içeriğine bağlı olarak magnezyumlu hornblend ve aktinolit olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 34b).

Boğalı Granitoyidine ait kayaçlarda gözlenen magnezyumlu hornblend ve aktinolit örneklerinin Al_2O_3 içerikleri sırasıyla %3.27-7.42 ve %2.17-4.55 arasında, SiO_2 içeriği %44.68-52.01 ve %51.66-54.19 arasında değişim göstermektedir. $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları ise sırasıyla 0.85-1.00 ve 0.73-0.82 arasında değişim göstermektedir. Granitoyid içerisinde yer alan MMA'larda aktinolitlere ait Al_2O_3 içerikleri %1.88-3.32 arasında, SiO_2 içeriği %52.21-55.11 arasında değişim göstermektedir. $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları ise 0.79-0.81 arasında değişmektedir (Ek Tablo 6).

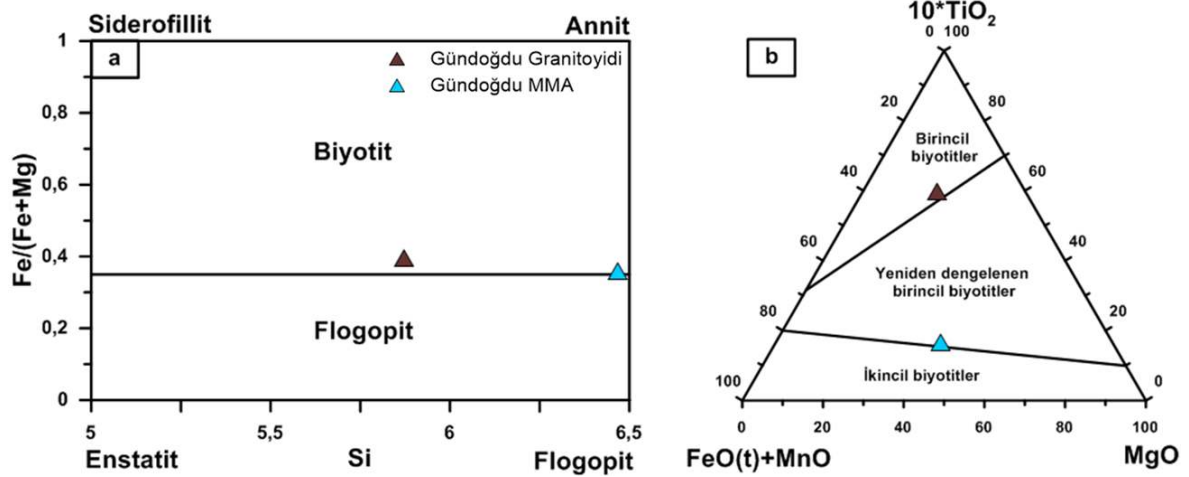


Şekil 34. Boğalı Granitoyidi içerisindeki amfibollerin Leake ve diğ. (1997) sınıflama diyagramındaki yerleri

Gündoğdu Granitoyidi'ni oluşturan ve analizi yapılan diyorit bileşimli kayalarda görülen amfibol mineralleri ile Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan ve analizi yapılan diyorit bileşimli kayalarda ve monzodiyorit bileşimli anklavlarda görülen amfibol mineralleri incelenmiştir. Gündoğdu Granitoyidi içerisindeki amfibol minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları Ek Tablo 5, Boğalı Granitoyidi içerisindeki amfibol minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları Ek Tablo 6'da verilmiştir.

3.3.1.4. Biotit

İncelenen Gündoğdu Granitoyidi'ne ait monzogranit bileşimli kayalar içerisinde, fenokristaller halinde nadiren gözlenen biyotitler birincil siderofillit bileşimli minerallerdir (Şekil 35). Ayrıca kayalar içerisinde gözlenen monzodiyorit bileşimdeki MMA'ların içerisindeki az orandaki biyotit mineral içeriğinin de yeniden dengelenen sisteme ait birincil annit bileşimde oldukları görülmektedir (Şekil 35).

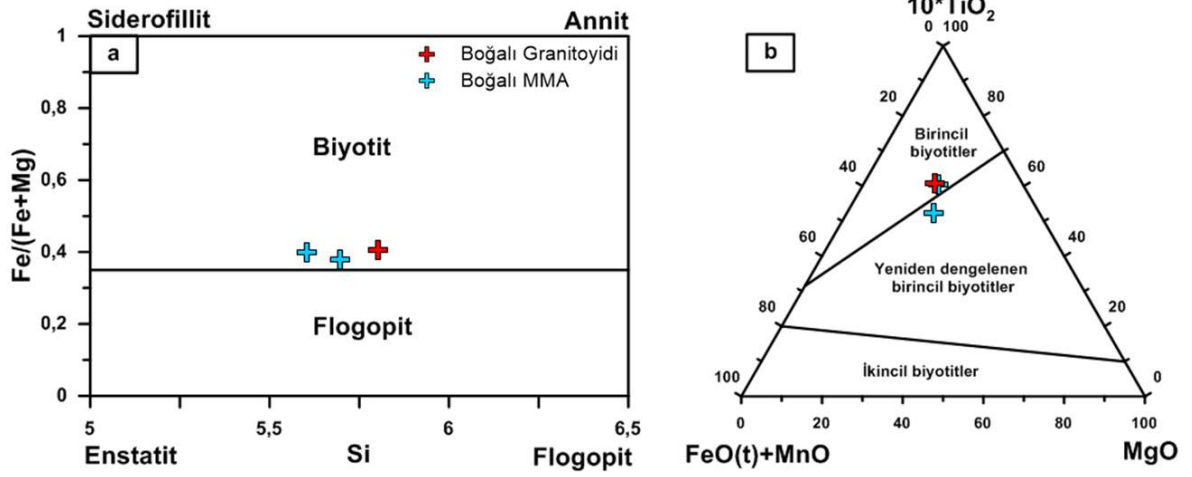


Şekil 35. Gündoğdu Granitoyidi ve MMA’lar içerisinde görülen biyotit minerallerinin a) biyotit sınıflama diyagramı(Parsons ve diğ., 1991). b) 10^*TiO_2 - $(\text{FeO}(\text{t})+\text{MnO})$ - MgO (ağ.%) üçlü sınıflama diyagramı(Nachit ve diğ., 2005)

İncelenen Gündoğdu Granitoyidi içerisindeki biyotit mineralinin TiO_2 içeriği %4.42, Al_2O_3 içeriği %12.39 ve MgO içeriği %13.61, MMA’larda ise TiO_2 içeriği %0.12, Al_2O_3 içeriği %30.79 ve MgO içeriği %2.96 olarak analiz edilmiştir.

Ayrıca ana kayaç içerisindeki biyotit minerallerinin $\text{Fe}^{+2}/(\text{Fe}^{+2}+\text{Mg})$ ve $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{+2})$ oranları sırasıyla 0.39 ve 0.61 iken, MMA’larda bu oranlar sırasıyla 0.36 ve 0.64 olarak hesaplanmıştır. İncelenen granitoyidi oluşturan ve analizi yapılan biyotit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları Ek Tablo 7’de verilmiştir.

İncelenen Boğalı Granitoyidi’ne ait kuvars monzonit bileşimli kayaçlar içerisinde, yer yer az oranda fenokristaller halinde gözlenen biyotitler birincil siderofillit bileşimli minerallerdir (Şekil 36). Ayrıca kayaçlar içerisinde gözlenen monzodiyorit bileşimdeki MMA’ların içerisindeki az orandaki biyotit mineral içeriğinin de birincil biyotit bileşimde oldukları görülmektedir (Şekil 36).



Şekil 36. Boğalı Granitoyidi ve MMA'lar içerisinde görülen biyotit minerallerinin a) biyotit sınıflama diyagramı (Parsons ve diğ., 1991). b) $10 \cdot \text{TiO}_2$ - $(\text{FeO}(\text{t})+\text{MnO})$ - MgO (ağ.%) üçlü sınıflama diyagramı (Nachit ve diğ., 2005)

İncelenen Boğalı Granitoyidi içerisindeki biyotit mineralinin TiO_2 içeriği %4.59, Al_2O_3 içeriği %12.52 ve MgO içeriği %13.35, MMA'larda ise TiO_2 içeriği %3.21-4.16, Al_2O_3 içeriği %13.14-15.43 ve MgO içeriği %12.83-13.4 arasında değişim göstermektedir.

Ana kayaç içerisindeki biyotit minerallerinin $\text{Fe}^{+2}/(\text{Fe}^{+2}+\text{Mg})$ ve $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{+2})$ oranları sırasıyla 0.41 ve 0.59 iken, MMA'larda bu oranlar sırasıyla 0.38-0.40 ile 0.60-0.62 arasında değişim göstermektedir.

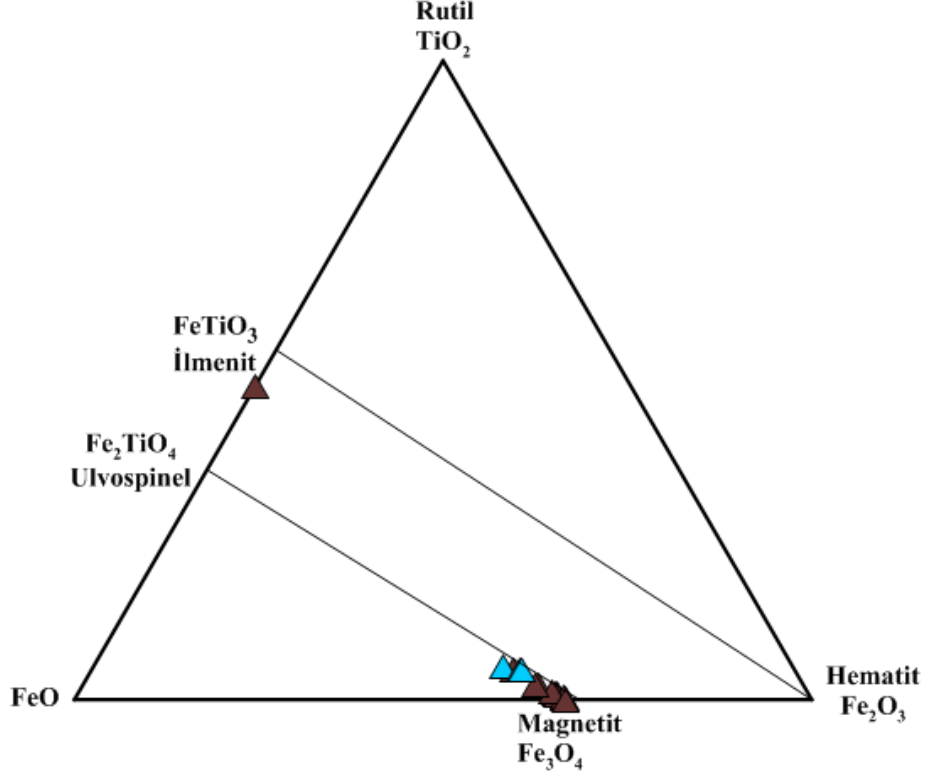
Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan ana kaya ve anklav örnekleri içerisinde görülen biyotit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları Ek Tablo 8'de verilmiştir.

3.3.1.5. Fe-Ti-Oksitler

Gündoğdu Granitoyidine ait monzogranit ve diyorit bileşimli örnekler içerisinde ve monzonit bileşimli anklavlar içerisinde fenokristaller halinde, yer yer öz şekilli gözlenen Fe-Ti-oksitler analiz edilmiştir. Analiz edilen örnekler Fe_2O_3 - TiO_2 - FeO üçlü diyagramına aktarıldığında örneklerin neredeyse tümünün Magnetit-Ulvospinel serisi üzerine ve Magnetit(Fe_3O_4) uç üyesi ile temsil edilen alana yakın düştüğü görülmektedir (Şekil 37).

Gündoğdu Granitoyidine ait kayaçlarda gözlenen magnetitlerin TiO_2 ve FeO değerleri sırasıyla %0.01-4.32 ve %81.33-86.61 arasında değişiklik göstermektedir. Bir adet ilmenit mineralinin TiO_2 ve FeO değerleri ise sırasıyla %46.13 ile %42.99 olarak analiz edilmiştir (Ek Tablo 9). Ana kayaç içerisinde yer alan MMA'lardaki magnetitlerin

TiO₂ ve FeO değerleri de sırasıyla %4.32-4.85 ve %78.76-79.99 arasında değişim göstermektedir.

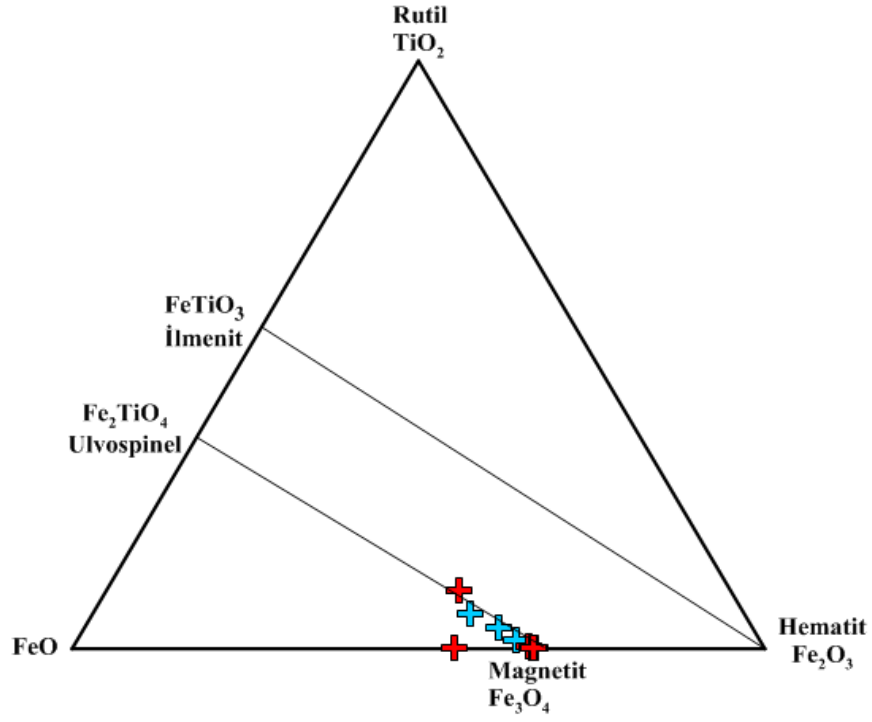


Şekil 37. Gündoğdu Granitoyidi'ndeki monzogranit, diyorit ve monzonitlere ait Fe-Ti-Oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Gündoğdu Granitoyidi'ni oluşturan ve analizi yapılan ana kayaç ve anklav örnekleri içerisindeki Fe-Ti oksit mineralleri incelenmiştir. Analizi yapılan bu Fe-Ti oksit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları Ek Tablo 9'da verilmiştir.

Boğalı Granitoyidine ait monzogranit ve kuvars monzonit bileşimli örnekler içerisinde ve monzodiyorit bileşimli anklavlar içerisinde fenokristaller halinde, nadiren öz şekilli gözlenen Fe-Ti-Oksitler analiz edilmiştir. Analiz edilen örnekler Fe₂O₃-TiO₂-FeO üçlü diyagramına aktarıldığında örneklerin tümünün Magnetit-Ulvospinel serisi üzerine ve Magnetit(Fe₃O₄) uç üyesi ile temsil edilen alana yakın düştüğü görülmektedir (Şekil 38).

Boğalı Granitoyidine ait kayaçlarda gözlenen magnetitlerin TiO₂ ve FeO değerleri sırasıyla %0.04-8.10 ve %65.46-86.30 arasında değişiklik göstermektedir (Ek Tablo 10). Ana kayaç içerisinde yer alan MMA'lardaki magnetitlerin TiO₂ ve FeO değerleri de sırasıyla %0.09-5.67 ve %77.49-84.67 arasında değişim göstermektedir.



Şekil 38. Boğalı Granitoyidi'ndeki monzogranit, kuvars monzonit ve monzodiyoritlere ait Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan ve analizi yapılan ana kayaç ve anklavlar içerisindeki amfibol mineralleri incelenmiştir. Analizi yapılan bu amfibol minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları Ek Tablo 10'da verilmiştir.

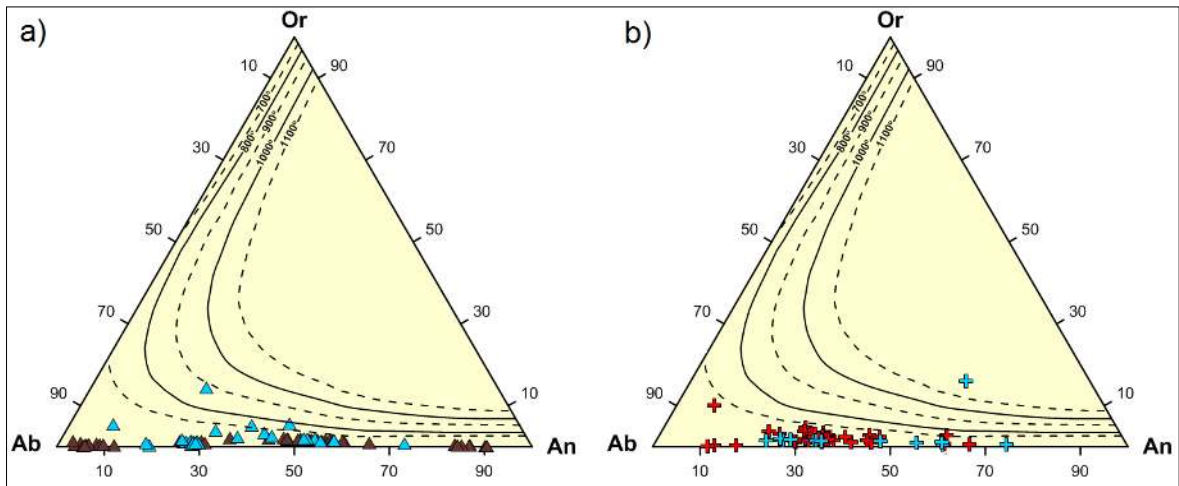
3.4. Granitoyitlerde Jeotermobarometre Hesaplamaları

Bu bölümde incelenen Gündoğdu ve Boğalı Granitoyitleri'nin çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen bazı deneysel formüllerden ve diyagramlardan yararlanılarak termodinamik koşullarının yani oluşum sıcaklıkları ve basınç koşulları saptanmaya çalışılmıştır.

3.4.1 Jeotermometre Hesaplamaları

3.4.1.1. Plajiyoklas Jeotermometresi

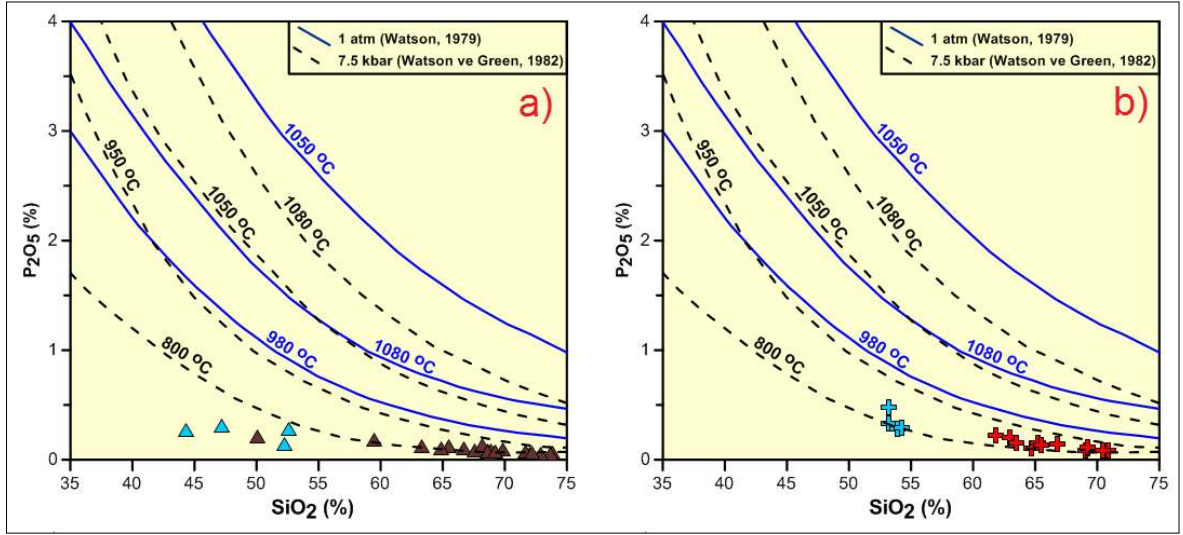
Çalışmanın ana konusu olan granitik kayalarda bulunan plajiyoklas minerallerinin kimyasal bileşimleri, Fuhrman ve Lindsley (1988)'in jeotermometre hesaplamaları için Ab-An-Or üçgen diyagramı üzerine çizmiş olduğu çeşitli sıcaklık değerlerini gösteren abak üzerine aktarılmıştır (Şekil 39). Diyagram üzerinde görülen Gündoğdu Granitoyidi ile MMA'larına ait yaklaşık kristallenme sıcaklıkları sırasıyla 600-700 °C ve 600-750 °C aralığında değişirken Boğalı Granitoyidi 600-700 °C ve anklav örnekleri 600-650 °C arasında değişmektedir. Hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri ve örnek sayıları Tablo 4'te verilmektedir.



Şekil 39. Gündoğdu(a) ve Boğalı(b), Granitoyitlerinin içerdiği plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı (sıcaklık eğrileri Fuhrman ve Lindsley, 1988'den alınmıştır)

3.4.1.2. Tüm Kayaç SiO_2 (%) - P_2O_5 (%) Jeotermometresi

Watson ve Green (1982), ana magmanın silis içeriği ile apatit doygunluğu arasındaki ilişkiden yola çıkarak, apatitin kristallenmeye başladığı andan itibaren P_2O_5 'in seviyeleri arasında silis içeriğinin bir işlevi ile ilişkili olarak, genellikle basınçtan bağımsız olarak bir diyagram oluşturmuşlardır. Bu diyagram, magmaların tüm-kayaç SiO_2 ve P_2O_5 içerikleri kullanılarak, bir sistemin minimum ergime sıcaklığını tahmin edilebilmektedir. Granitoidlere ve anklavlarına ait örneklerin tamamına ait kayaçların ergime sıcaklıkları 1 atm basınçta <980 °C'nin altındadır. 7.5 kbar basınçta ise Gündoğdu Granitoyidi ile MMA'larına ait kristallenme sıcaklıkları sırasıyla 750-850 °C ve 700-800 °C aralığında değişirken Boğalı Granitoyidi 800-950 °C ve anklav örnekleri 800-850 °C arasında değişmektedir. Hesaplanan sıcaklık değerleri ve örnek sayıları Tablo 4'te verilmektedir.



Şekil 40. Gündoğdu(a) ve Boğalı(b) Granitoidlerine ait 1 atm (Watson, 1979; kesiksiz mavi çizgi) ve 7.5 kbar (Watson ve Green, 1982; kesikli siyah çizgi) basınçlarda çizilen sıcaklık değerlerini gösterir SiO_2 (%) karşı P_2O_5 (%) diyagramları

3.4.1.3. Hornblend-Plajiyoklas Jeotermometresi

Holland ve Blundy (1994)'nin farklı jeolojik sahalardan aldıkları kayaçlarda yaptıkları çalışmalar sonucunda önerdikleri hornblend-plajiyoklas jeotermometresi kullanılarak çalışma alanındaki granitoidlerde sıcaklık hesaplamaları yapılmıştır. Gündoğdu Granitoyidi'ne ait kristallenme sıcaklıkları $\sim 659 \pm 17.5$ °C iken Boğalı Granitoyidi $\sim 667.3 \pm 23.3$ °C ve anklav örnekleri $\sim 654 \pm 1.5$ °C olarak değişmektedir. Hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri Tablo 4'te özetlenmektedir.

3.4.1.4. Tüm Kayaç Zr(ppm) Jeotermometresi

Watson vd., (2006) tarafından önerilen ve tüm kayaç analiz sonuçları (Zr(ppm) ve ana oksitler(%)) kullanılarak granitik kayaçların kristallenme sıcaklıkları hesaplanabilmektedir. İncelenen Gündoğdu Granitoyidi'ne ait kristallenme sıcaklıkları 765 ± 33.7 °C ve anklav örnekleri 678 ± 34.3 °C iken Boğalı Granitoyidi 747 ± 11.8 °C ve anklav örnekleri 702 ± 14.0 °C olarak değişmektedir. Hesaplanan sıcaklık değerleri ve örnek sayıları Tablo 4'te verilmektedir.

3.4.2. Jeobarometre Hesaplamaları

3.4.2.1 Hornblend Jeobarometresi

İncelenen granitik kayaçlardaki jeobarometre hesaplamaları için hornblend minerali içerisindeki 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 (23 oksijene göre hesaplanmış) mineralinin Al_t içeriği arasında bir bağıntı önermiştir. Hollister vd. (1987), Johnson ve Rutherford (1989) ve Schmidt (1992)'de jeobarometre hesaplamalarında hornblend minerali içerisindeki Al_t 'u esas almışlardır.

Hammarstrom ve Zen (1986), Hollister vd. (1987), Johnson ve Rutherford (1989), Anderson ve Smith (1995) ve Schmidt (1992) tarafından önerilen formüller kullanılarak çalışma alanındaki granitoyid ve MMA'lara ait her araştırmacı için ayrı ayrı hesaplanan ortalama basınç değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Ortalama hornblend-plajiyoklas oluşum sıcaklıkları göz önüne alındığında ise yaklaşık basınç değerleri 2.87 ± 0.57 kbar olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. İnceleme alanında bulunan granitoyidlere ve içerisinde bulunan MMA'lara ait jeotermometre sonuçları

Formasyon	İki Feldispat	Tüm Kayaç Zr(ppm)	Hornblend- Plajiyoklas	Tüm Kayaç % P ₂ O ₅	
	T (°C) ^a	T (°C) ^b	T (°C) ^c	T (°C) 1 atm ^d	T (°C) 7.5 kbar ^e
Gündoğdu Granitoyidi	600-700 (n=44)	765 ± 33.7 (n=24)	~659±17.5	< 950	750-850 (n=24)
Gündoğdu MMA	600-750 (n=29)	678 ± 34.3 (n=4)	-	< 900	700-800 (n=4)
Boğalı Granitoyidi	600-700 (n=49)	747 ± 11.8 (n=12)	~667.3±23.3	< 950	800-950 (n=12)
Boğalı MMA	600-650 (n=13)	702 ± 14.0 (n=4)	~654±1.5	< 950	800-850 (n=4)

Not: Tabloda verilen n-örnek sayısıdır.

^a Fuhrman ve Lindsley, (1988) iki feldispat termometresi sıcaklık eğrileri,

^b Watson vd., (2006) tüm kayaç zirkon sıcaklık hesaplamaları,

^c Holland ve Blundy, (1994) hornblend-plajiyoklas sıcaklık hesaplamaları,

^d Watson, (1979) 1 atm basınç altında sıcaklık hesaplamaları,

^e Watson ve Green (1982) 7.5 kbar basınç altında sıcaklık hesaplamaları için kullanılmıştır.

Tablo 5. İnceleme alanında bulunan granitoyidlere ve içerisinde bulunan MMA'lara ait jeobarometre sonuçları

Boğalı Plütönu				
Hornblend- Plajiyoklas	P (kbar)	P1		2.10 ± 0.50
		P2		2.00 ± 0.60
		P3		1.60 ± 0.50
		P5		2.70 ± 0.50
		P4	600 °C	2.93 ± 0.60
			<u>650 °C</u>	2.87 ± 0.57
			700 °C	2.49 ± 0.53
			750 °C	1.81 ± 0.50
			800 °C	0.81 ± 0.46

P1: Hammarstrom ve Zen, (1986) hornblend basınç hesaplamaları P(±3),

P2: Hollister vd., (1987) hornblend basınç hesaplamaları P(±1),

P3: Johnson ve Rutherford, (1989) hornblend basınç hesaplamaları P(±0.5),

P4: Anderson ve Smith, (1995) hornblend basınç hesaplamaları,

P5: Schmidt, (1992) hornblend basınç hesaplamaları için kullanılmıştır.

3.5. Jeokimya

3.5.1. Giriş

İnceleme alanında geniş bir yayılım gösteren Gündoğdu ve Boğalı Granitoidleri'nden alınan örneklerin ince kesitleri incelenmiş ve seçilen örneklerin ana, iz ve lantan grubu element analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden yararlanarak granitoidleri oluşturan kayaç türlerinin, jeokimyasal özelliklerinin ve jeotektonik ortamlarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

3.5.2. Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidi ile İçerisindeki Mafik Mikrogranüler Anklav (MMA)'ların Jeokimyasal Özellikleri

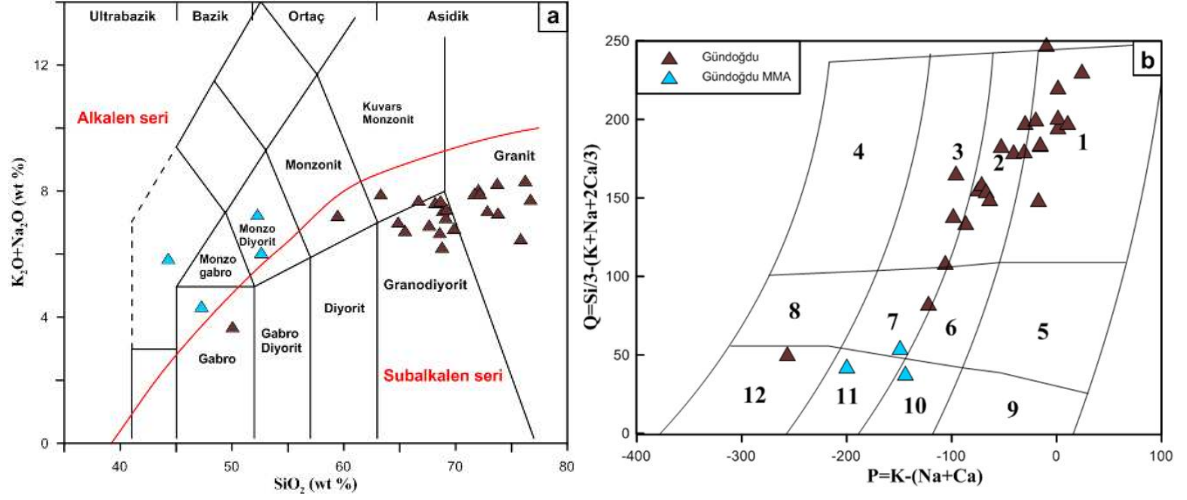
3.5.2.1. Ana ve İz Elementler

Gündoğdu Granitoyidi'nde analizi yapılan 24 adet kayaç örneğinin ve bu kayaçlar içinde gözlenen 4 adet MMA örneğinin ana oksit, iz ve lantan grubu element analizleri Tablo 16-17'de verilmiştir.

Gündoğdu Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlarda SiO_2 % 50.07-76.70, Al_2O_3 % 12.47-18.98, CaO % 0.14-9.65, Na_2O % 1.61-4.39, K_2O % 0.66-5.11, TiO_2 % 0.07-0.85, Ni 1.2-9.4 ppm, Rb 12.9-224.6 ppm, Ba 83-1766 ppm, Sr 31.5-638.3 ppm, $\text{Mg\#}$ 16.40-52.42, A/CNK değerleri 0.82-1.51 ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranları 0.21-2.87 arasındadır (Tablo 16). Gündoğdu Granitoyidi içindeki MMA'larda SiO_2 % 44.29-52.61, Al_2O_3 % 15.80-19.32, Fe_2O_3 % 6.99-10.37, CaO % 4.39-9.37, Na_2O % 2.77-4.10, K_2O % 1.59-3.15, TiO_2 % 0.63-0.76, Ni 2.1-15.4 ppm, Rb 51.4-167.5 ppm, Ba 289-1079 ppm, Sr 253.8-550 ppm, $\text{Mg\#}$ 42.25-51.03, A/CNK değerleri 0.62-1.08 ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranları 0.56-0.95 dir (Tablo 17).

İncelenen intrüzif kayaç örnekleri, Le Maitre vd. (1989)'un ana element oksit sınıflama diyagramına aktarıldığında, Gündoğdu örneklerinin granit, granodiyorit monzonit, kuvars monzonit ve gabro bileşiminde oldukları belirlenmiştir (Şekil 41a). Gündoğdu Granitoyidi içindeki MMA'lar gabro ve monzodiyorit bileşimindedir (Şekil 41a). Örnekler, Debon ve Le Fort (1983)'ün sınıflama diyagramına aktarıldığında alkali feldispat granit, monzogranit, granodiyorit, kuvars monzodiyorit ve gabro alanına

düşerken, MMA'lar monzonit, monzodiyorit ve kuvars monzodiyorit bileşimini temsil eden alanlara düşmektedir (Şekil 41b).



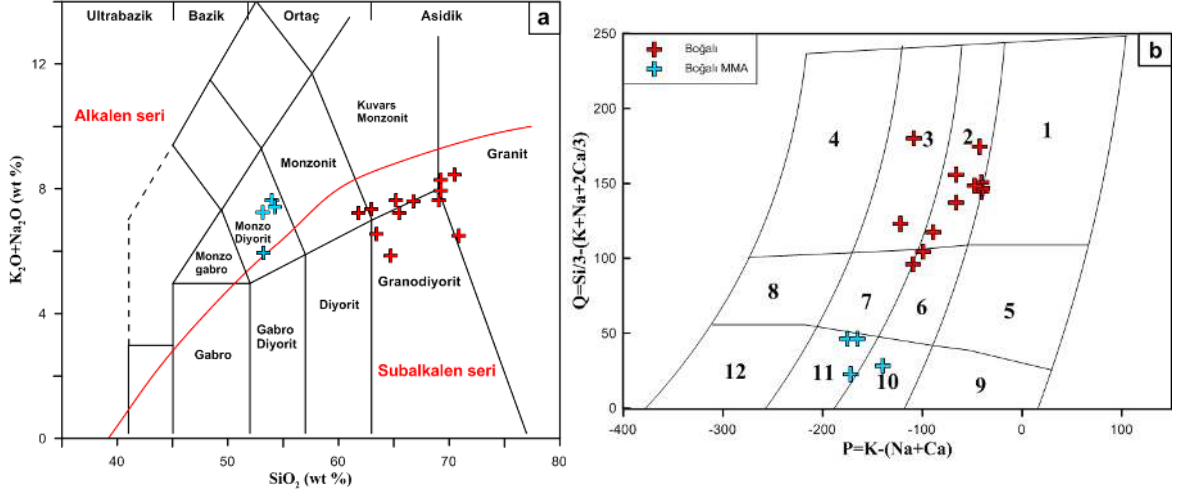
Şekil 41. İncelenen Gündoğdu intrüzif kayaçları ve bunların içindeki MMA'ların, a) SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ diyagramındaki (Le Maitre vd., 1989), b) P-Q diyagramındaki konumları (Debon ve Le Fort, 1983). 1: Alkali feldispat granit, 2: Monzogranit, 3: Granodiyorit, 4: Tonalit, 5: Kuvars siyenit, 6: Kuvars monzonit, 7: Kuvars monzodiyorit, 8: Kuvars diyorit, 9: Siyenit, 10: Monzonit, 11: Monzodiyorit, 12: Diyorit/Gabro

Boğalı Granitoyidi'nde analizi yapılan 12 adet ana kayaç örneğinin ve bu kayaçlar içinde gözlenen 4 adet MMA örneğinin ana oksit, iz ve lantan grubu element analizleri ise Tablo 18-19'de verilmiştir.

Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlarda SiO_2 % 61.81-70.88, Al_2O_3 % 13.31-15.98, CaO % 1.92-3.76, Na_2O % 2.06-3.59, K_2O % 2.90-5.22, TiO_2 % 0.21-0.46, Ni 1.3-2.9 ppm, Rb 95.6-172.8 ppm, Ba 473-1373 ppm, Sr 206.7-484.4 ppm, Mg# 31.62-45.79, A/CNK değerleri 0.87-1.09 ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranları 0.81-1.84 arasındadır (Tablo 18). Boğalı Granitoyidi içindeki MMA'larda SiO_2 % 53.17-54.21, Al_2O_3 % 17.01-18.44, Fe_2O_3 % 8.06-8.57, CaO % 3.70-7.35, Na_2O % 3.19-4.80, K_2O % 2.61-3.87, TiO_2 % 0.63-0.75, Ni 1.6-3.8 ppm, Rb 115.2-160.9 ppm, Ba 213-959 ppm, Sr 310.2-635.1 ppm, Mg# 34.04-46.56, A/CNK değerleri 0.8-1.06 ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranları 0.54-1.15 arasındadır (Tablo 19).

İncelenen kayaç örnekleri, Le Maitre vd. (1989)'un ana element oksit sınıflama diyagramına aktarıldığında, Boğalı örneklerinin granit, granodiyorit ve kuvars monzonit bileşiminde oldukları belirlenmiştir (Şekil 42a). Boğalı Granitoyidi içindeki MMA'lar monzodiyorit bileşimindedir (Şekil 42a). Örnekler, Debon ve Le Fort (1983)'ün sınıflama diyagramına aktarıldığında monzogranit, granodiyorit ve kuvars monzonit alanına

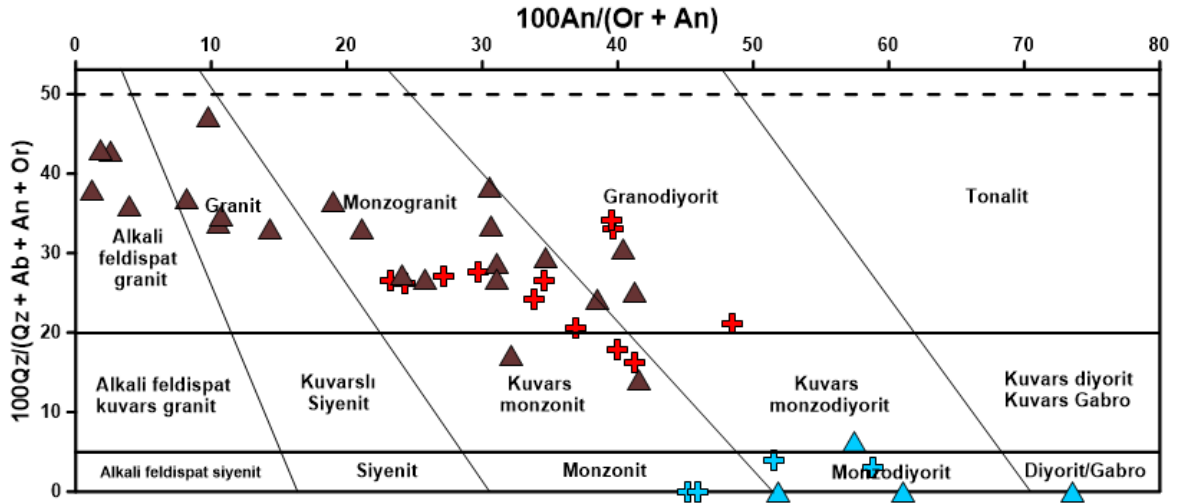
düşerken, MMA'lar monzonit ve monzodiyorit bileşimini temsil eden alanlara düşmektedir (Şekil 42b).



Şekil 42. İncelenen Boğalı intrüzif kayalar ve bunların içindeki MMA'ların, a) SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ diyagramındaki (Le Maitre vd., 1989), b) P-Q diyagramındaki konumları (Debon ve Le Fort, 1983). 1: Alkali feldispat granit, 2: Monzogranit, 3: Granodiyorit, 4: Tonalit, 5: Kuvars siyenit, 6: Kuvars monzonit, 7: Kuvars monzodiyorit, 8: Kuvars diyorit, 9: Siyenit, 10: Monzonit, 11: Monzodiyorit, 12: Diyorit/Gabro

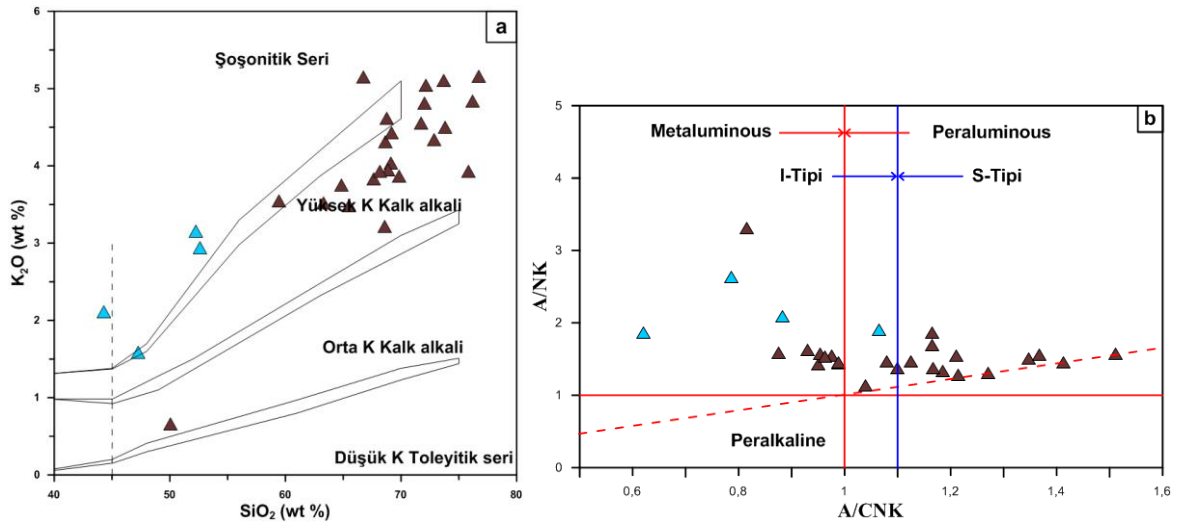
Ayrıca her iki granitoyide ait örneklerin hesaplanan CIPW normatif değerleri (Tablo 6-8) kullanılarak hazırlanan sınıflama diyagramında Gündoğdu Granitoyidi'ne ait örnekler alkali feldispat granit, granit, monzogranit, granodiyorit ve kuvars monzonit ile temsil edilen alanlara düşerken MMA'lar monzodiyorit ve diyorit alanına düşmektedir (Şekil 43).

Boğalı Granitoyidi'ne ait örnekler ise monzogranit, granodiyorit ve kuvars monzonit ile temsil edilen alanlara düşerken MMA'lar monzonit ve monzodiyorit alanına düşmektedir (Şekil 43).



Şekil 43. Granitik kayaçların normatif sınıflandırılması (Streckeisen ve Le Maitre 1979)

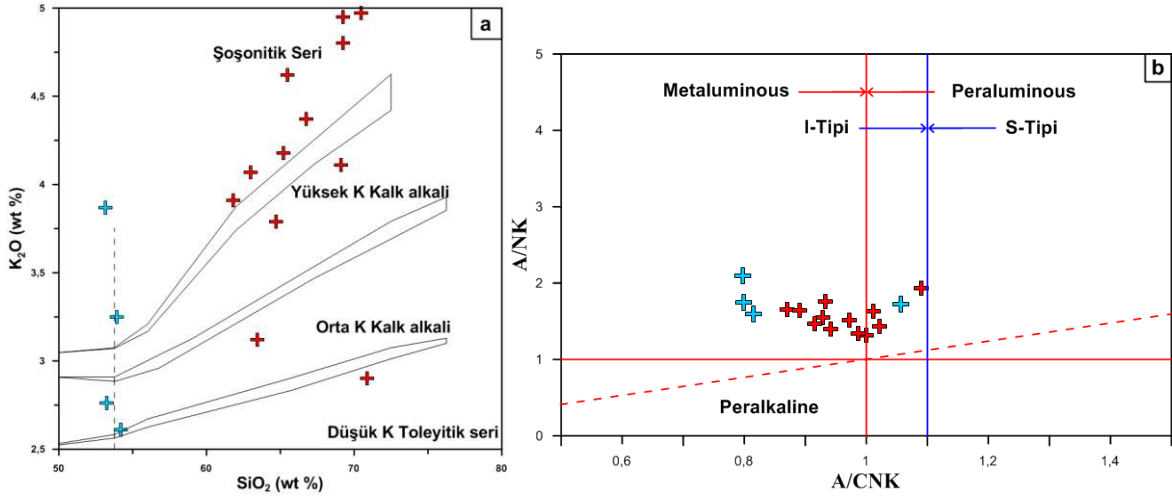
K_2O - SiO_2 diyagramında (Peccherillo ve Taylor, 1976) Gündoğdu örnekleri ve MMA örnekleri genellikle yüksek K'lu bir bileşim sunarlar (Şekil 44a). Özellikle ortaç ve asidik karakterli magmatik kayaçların genel jeokimyasal karakteristiklerinin tanımlanmasında kullanılan diğer bir sınıflama ise alümina bazlıdır. Gündoğdu örnekleri ve MMA'ların, 0.62-1.51 arasındaki [molar A/CNK $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$] oranları metalümin ve peralümin karakter göstermektedir (Şekil 44b).



Şekil 44. Örneklerin, a) K_2O - SiO_2 diyagramı (Peccherillo ve Taylor, 1976), b) Molar A/CNK - A/NK alümina sınıflama diyagramındaki konumları (Shand, 1943)

K_2O - SiO_2 diyagramında (Peccherillo ve Taylor, 1976) Boğalı örnekleri ve MMA örnekleri düşük K'lu alandan yüksek K'lu alana kadar geniş bir bileşim sunarlar (Şekil 45a). Özellikle ortaç ve asidik karakterli magmatik kayaçların genel jeokimyasal karakteristiklerinin tanımlanmasında kullanılan diğer bir

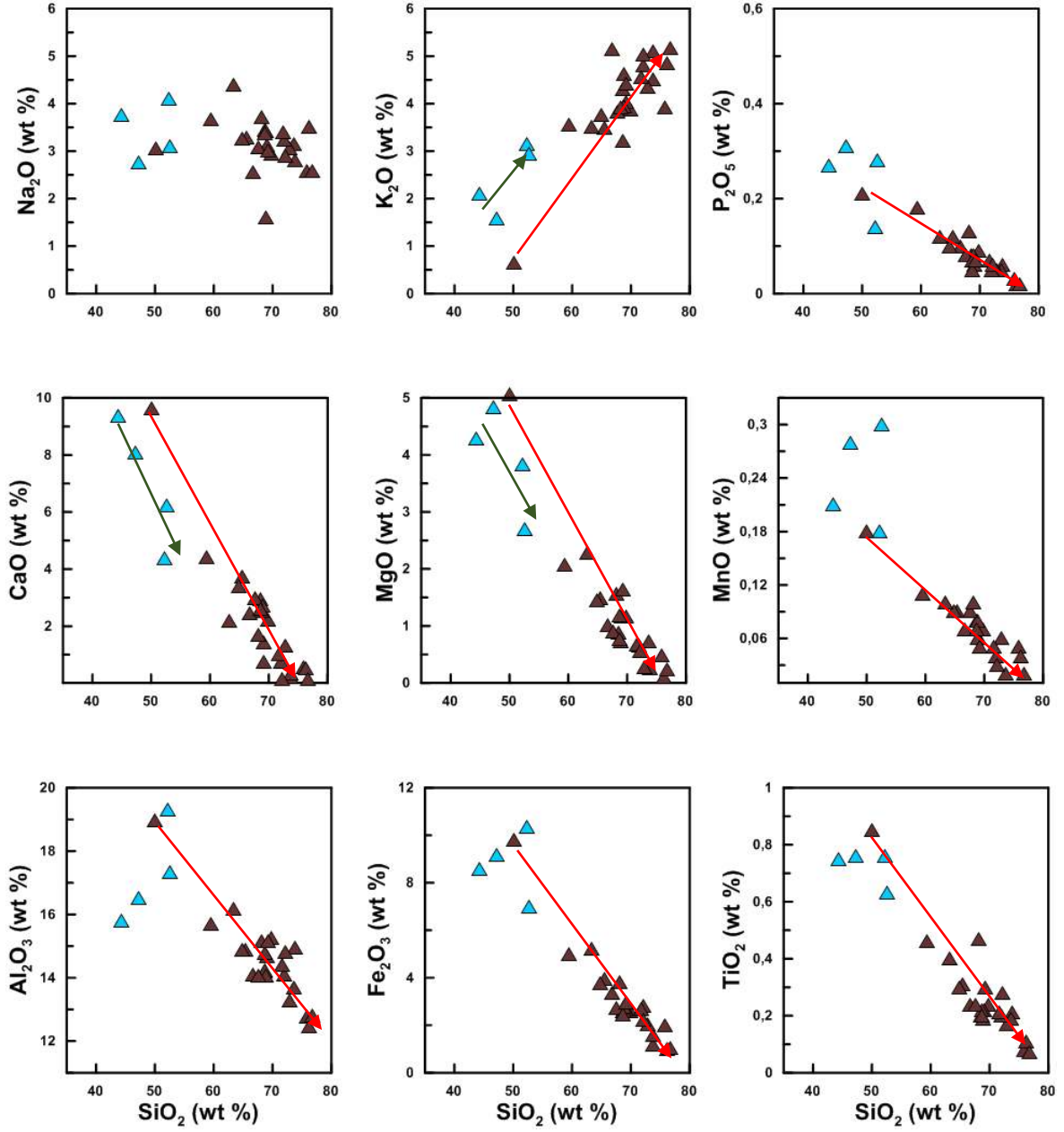
sınıflama ise alümina bazlıdır. Boğalı Granitoyidi ve MMA'ların, 0.80-1.09 arasındaki molar A/CNK oranları ile metalümin karakter göstermektedir (Şekil 45b).



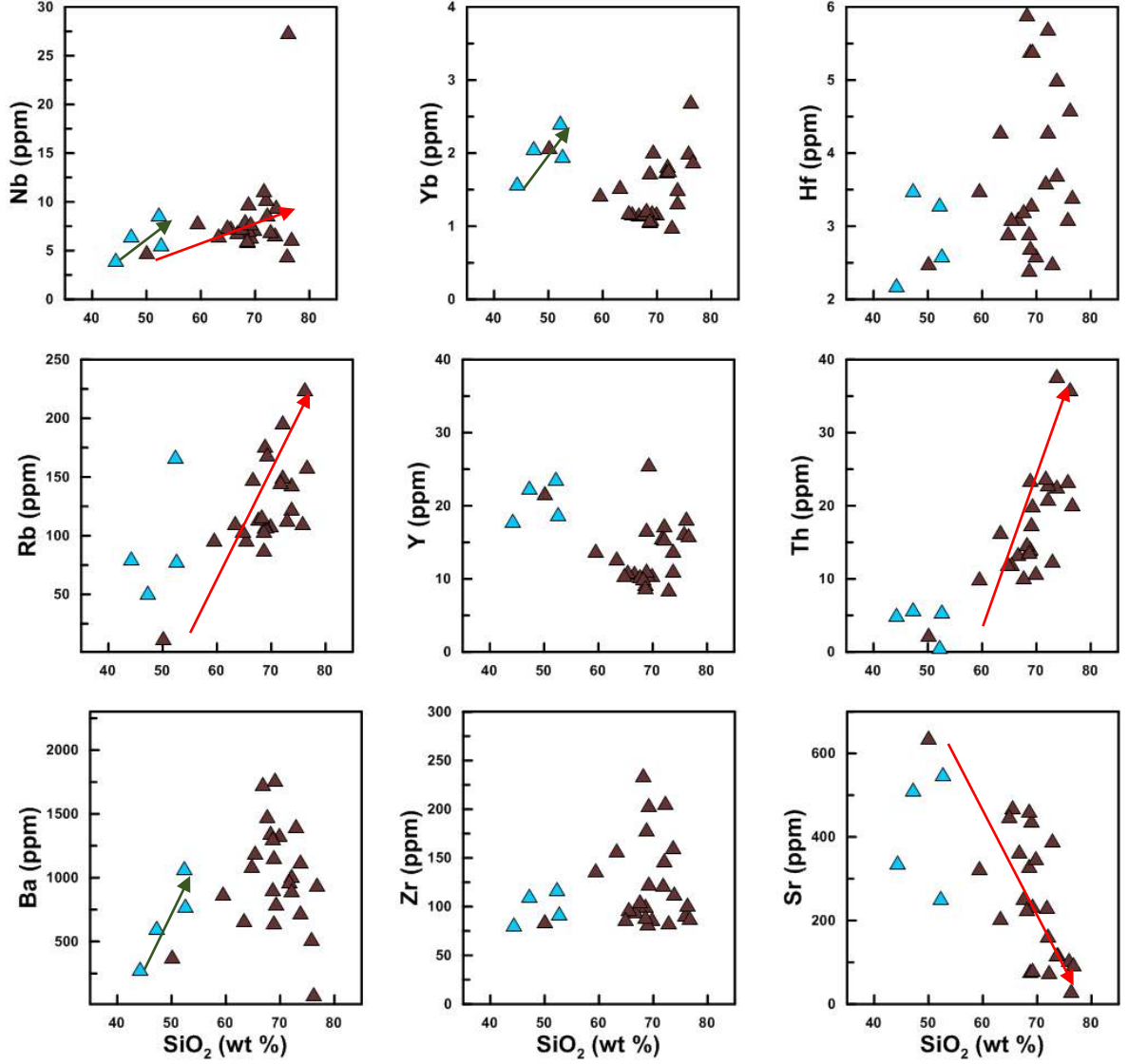
Şekil 45. Örneklerin, a) K₂O-SiO₂ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976), b) Molar A/CNK-A/NK alümina sınıflama diyagramındaki konumları (Shand, 1943)

SiO₂'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramları (Harker diyagramları) Şekil 46 ve 47'de verilmiştir. Genel olarak Gündoğdu Granitoyidi'ne oluşturan kayaçların ana ve iz elementlerindeki değişimler kayaçların içerisinde gözlenen fenokristal fazlarının aşağıda açıklandığı gibi fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir. Harker diyagramlarında ana ve iz elementlerin büyük bir çoğunluğu SiO₂ ile çok iyi korelasyon göstermektedir. Ana element değişim diyagramlarında SiO₂'ye karşı TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, MnO, CaO ve P₂O₅ arasında iyi derecede negatif bir yönseme görülmektedir. Buna karşın K₂O da pozitif ve Na₂O da dağınık bir ilişki vardır. İz element değişim diyagramlarında ise SiO₂'ye karşı Nb ve Th da pozitif bir yönseme söz konusu iken Sr, Ba ve Y da ise negatif bir yönseme mevcuttur. Bunların dışındaki iz elementlerde ise düzensiz bir dağılım göze çarpmaktadır. Gözlenen düzensiz dağılım kısmen alterasyondan veya kontaminasyon±magma karışımından da kaynaklanabilir.

SiO₂ artışıyla Sr, Y, MgO, CaO ve Al₂O₃ azalması önemli ölçüde plajiyoklas, hornblend ve biyotit fraksiyonel kristallenmesi etkili olabileceğini göstermektedir. SiO₂ artışıyla Fe₂O₃ ve TiO₂ azalması magnetit ve Ti-oksit fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir. SiO₂'ye karşı P ve P₂O₅ değişim diyagramında gözlenen negatif korelasyon ise apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır (Şekil 46 ve 47).



Şekil 46. Gündoğdu Granitoidine ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim (Harker) diyagramları

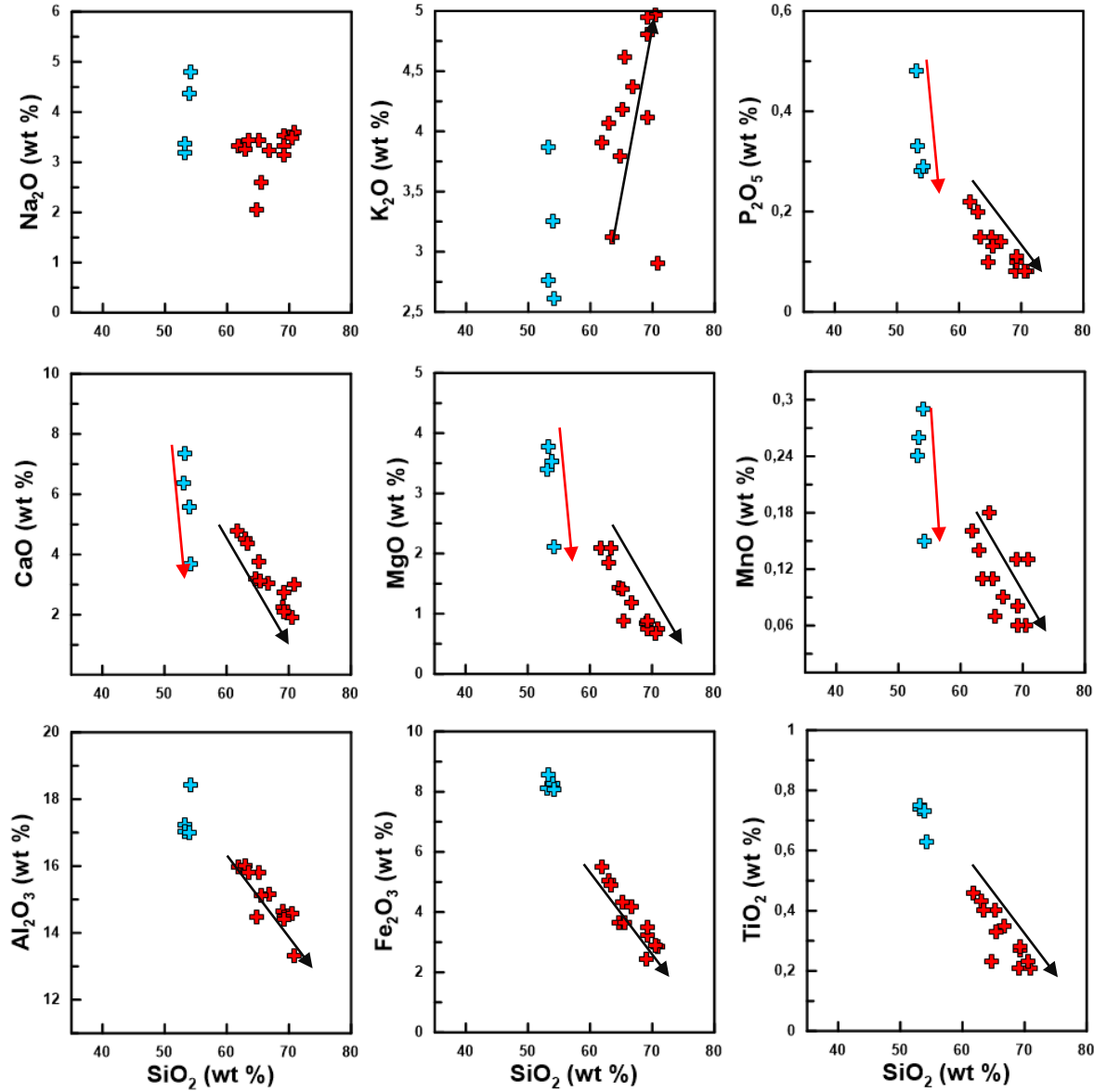


Şekil 47. Gündoğdu Granitoidine ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı iz element değişim (Harker) diyagramları

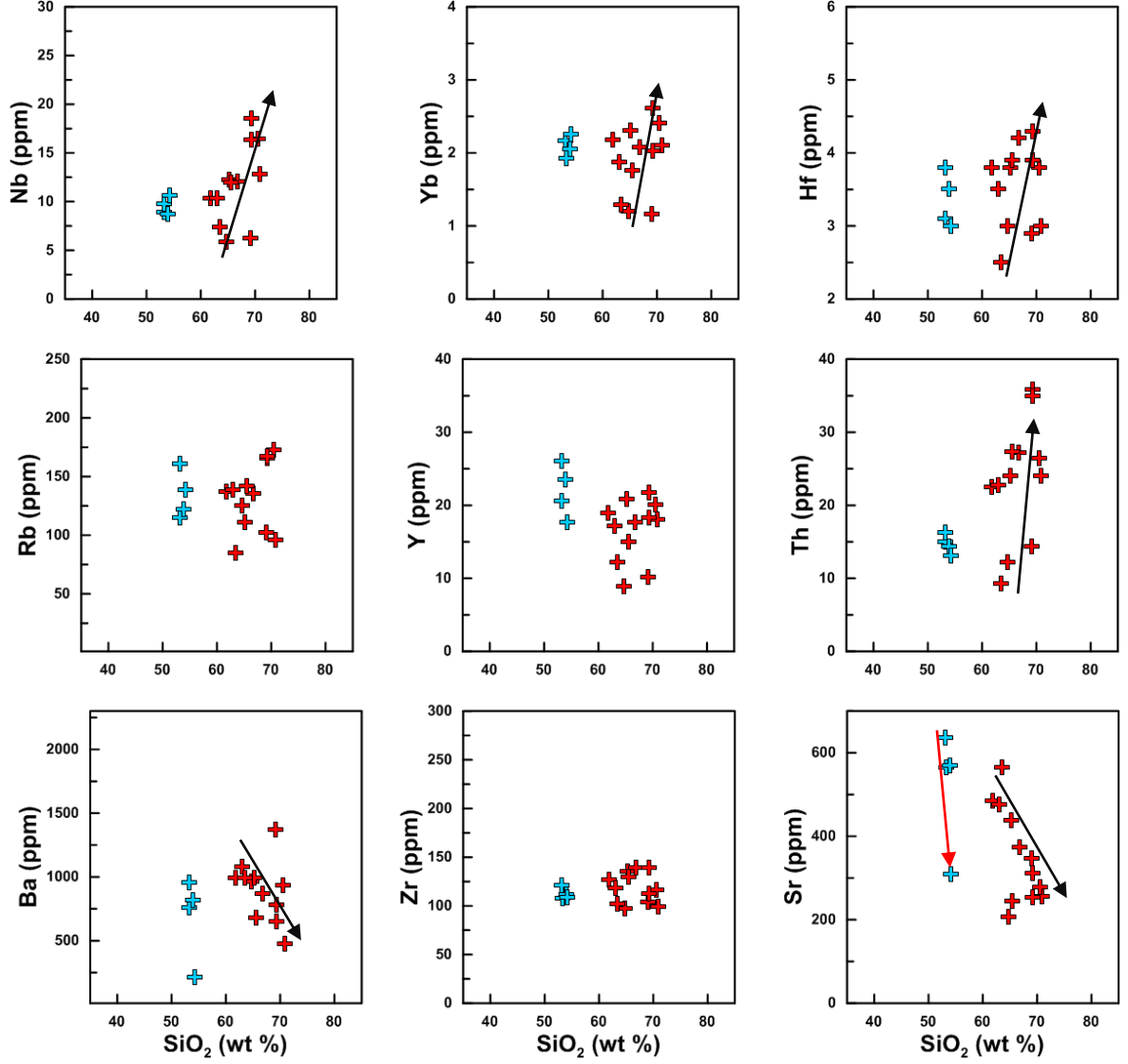
Boğalı Granitoidi'ni oluşturan kayaçların ana ve iz elementlerindeki değişimler genel olarak kayaçların içerisinde gözlenen fenokristal fazlarının fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir. SiO₂'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramları (Harker diyagramları) Şekil 48 ve 49'da verilmiştir. Harker diyagramlarında ana ve iz elementlerin büyük bir çoğunluğu SiO₂ ile çok iyi korelasyon göstermektedir. Ana element değişim diyagramlarında SiO₂'ye karşı TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, MnO, CaO ve P₂O₅ arasında iyi derecede negatif bir yönseme görülmektedir. Buna karşın K₂O da pozitif ve Na₂O da ise yataya yakın bir ilişki vardır. İz element değişim diyagramlarında ise SiO₂'ye karşı Nb ve Th da pozitif bir yönseme söz konusu iken Sr, Zr, Ba ve Y da ise negatif bir yönseme mevcuttur. Bunların dışındaki iz elementlerde ise düzensiz bir dağılım göze çarpmaktadır.

Gözlenen düzensiz dağılım kısmen alterasyondan veya kontaminasyon±magma karışımından da kaynaklanabilir.

SiO₂ artışıyla Sr, Y, MgO, CaO ve Al₂O₃ azalması önemli ölçüde plajiyoklas, hornblend ve biyotit fraksiyonel kristallenmesi etkili olabileceğini göstermektedir. SiO₂ artışıyla Fe₂O₃ ve TiO₂ azalması magnetit ve Ti-oksit fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir. SiO₂'ye karşı P ve P₂O₅ değişim diyagramında gözlenen negatif korelasyon ise apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır (Şekil 48 ve 49).



Şekil 48. Boğalı Granitoidine ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı ana element değişim (Harker) diyagramları

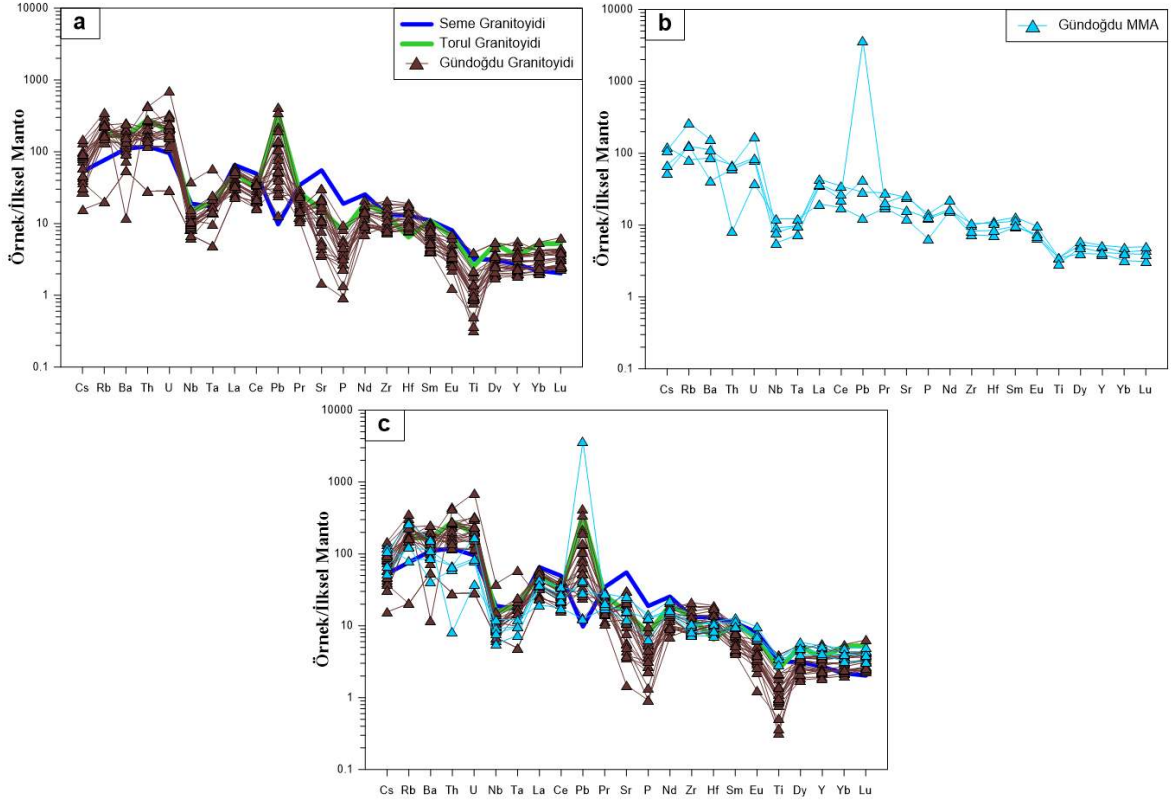


Şekil 49. Boğalı Granitoidine ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı iz element değişim (Harker) diyagramları

3.5.2.2. Uyumsuz Elementler

İncelenen Gündoğdu intrüzif kayaç örneklerinin ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramlarında (Şekil 50) genel olarak zenginleşme görülmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Cs, Rb, Ba) ve yüksek çekim alan elementlerinde (HFSE) (Th, Nb, U)'de oldukça fazladır. Nb, Ta, P, Ti'da belirgin negatif anomali gözlenirken Pb'de pozitif bir anomali gözlenmektedir. Özellikle Rb, Ba, Th, U gibi LILE zenginleşmesi, negatif Nb, Ta, Ti anomalisi, pozitif Pb anomalisi, sağ tarafa eğik HFSE ve HREE (ağır lantan grubu elementler) profilleri yitimle ilişkili ortamların yanı sıra çarpışma ortamlarına ait

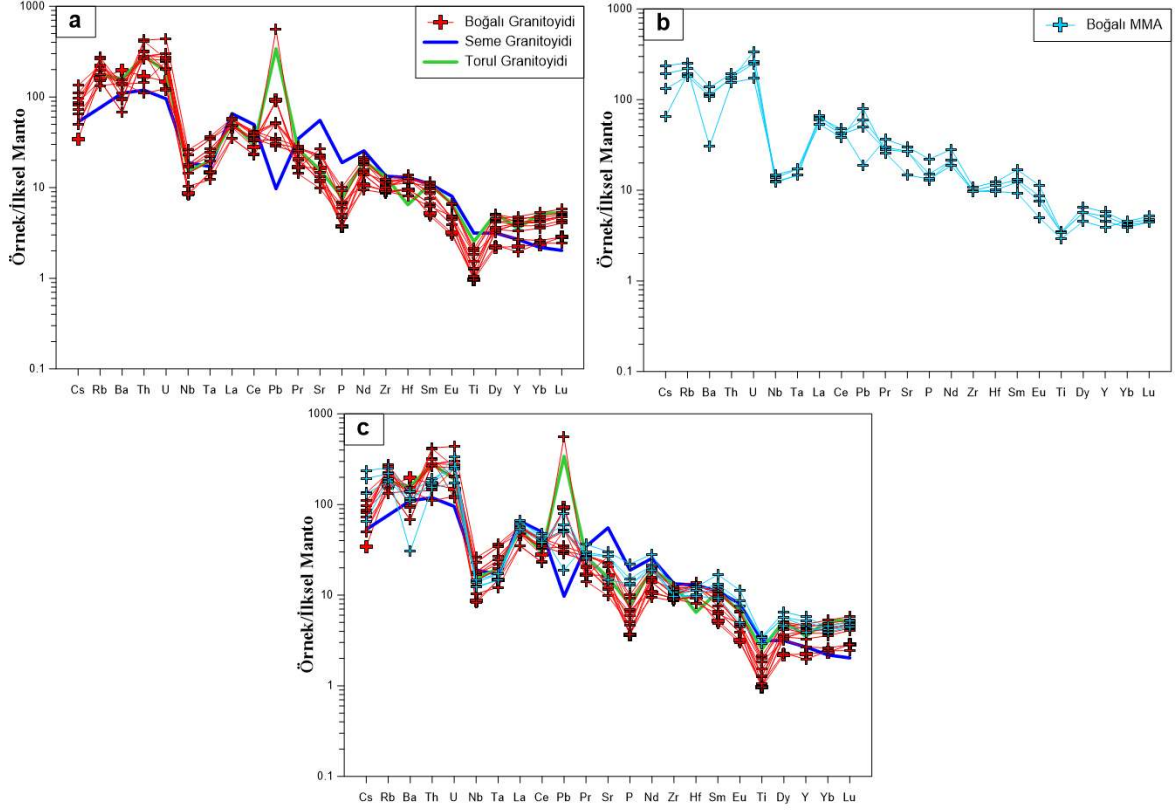
kayaçlarında özellikleridir (Şekil 50a). Bütün bu özellikleriyle Gündoğdu Granitoyidi iz element karakteristikleri yay granitlerine benzerlik sunarlar. MMA'ların (Mafik Mikrogranüler Ankлав) ilksel mantoya göre normalize edilmiş (Sun ve McDonough, 1989) iz element dağılım diyagramları Şekil 50b'de verilmiştir. MMA'lar genel olarak içinde bulundukları ev sahibi kayaçlara benzer yönsemeler sunarlar (Şekil 50c).



Şekil 50. Gündoğdu Granitoyidine ait kayaçların İlksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları

İncelenen Boğalı intrüzif kayaç örneklerinin ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramlarında (Şekil 51) genel olarak zenginleşme görülmektedir. Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Cs, Rb, Ba, K) ve yüksek çekim alan elementlerinde (HFSE) (Th, Nb, U)'de oldukça fazladır. Nb, Ta, P, Ti'da belirgin negatif anomali gözlenirken Pb'de pozitif bir anomali gözlenmektedir. Özellikle Rb, Ba, Th, U, K gibi LILE zenginleşmesi, negatif Nb, Ta, Ti anomalisi, pozitif Pb anomalisi, sağ tarafa eğik HFSE ve HREE (ağır lantan grubu elementler) profilleri yitimle ilişkili ortamların yanı sıra çarpışma ortamlarına ait kayaçlarında özellikleridir (Şekil 51a). Bütün bu özellikleriyle Boğalı Granitoyidi iz element karakteristikleri yay granitlerine benzerlik sunarlar. MMA'ların (Mafik

Mikrogranüler Anklav) ilksel mantoya göre normalize edilmiş (Sun ve McDonough, 1989) iz element dağılım diyagramları Şekil 51b’de verilmiştir. MMA’lar genel olarak içinde bulundukları ev sahibi kayaçlara benzer yönsemeler sunarlar (Şekil 51c).

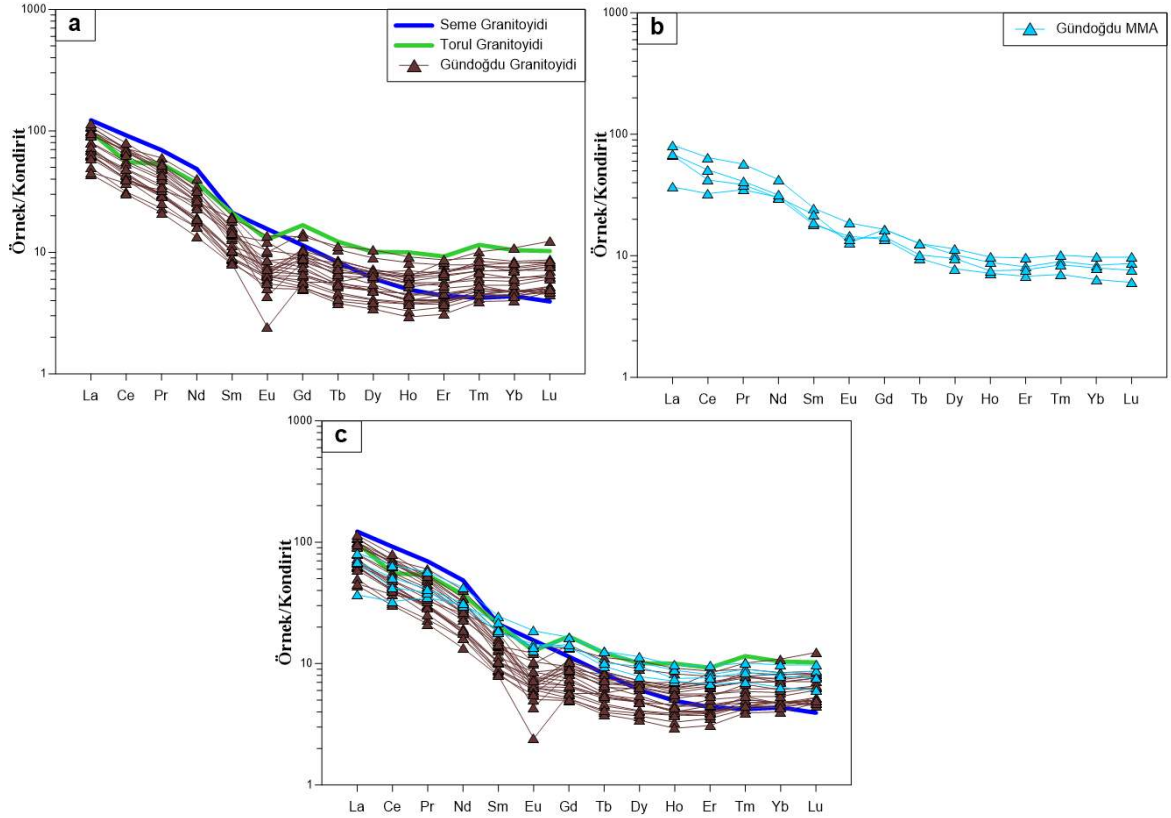


Şekil 51. Boğalı Granitoidine ait ana kayaç ve anklavların ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları

3.5.2.3. Lantan Grubu Elementler

İncelenen intrüzif kayaç örneklerinin kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş lantan grubu element diyagramları Şekil 52’de verilmiştir. Örneklerin lantan grubu element dağılımları genelde birbirlerine benzer olup, hafif lantan grubu elementler (LREE) ağır lantan grubu elementlere (HREE) göre daha fazla zenginleşme göstermektedirler ($(La/Sm)_{KN}=2.39-9.63$; $(Gd/Lu)_{KN}= 0.46-1.82$). Örneklerin $(La/Lu)_{KN}$ değerleri 3.56-22.29 arasında olup, negatif Eu anomali ($(Eu/Eu^*)_{KN}=0.35-1.11$) gösterirler (Tablo 16 ve 17; Şekil 52a). Örneklerin dağılımlarının orta kısmının çukur olması ve hafif lantan grubu elementlere gidildikçe yukarıya doğru konkav bir yapı sunması, granitik kayaçların gelişiminde hornblend fraksiyonlaşmasının etkili bir rol oynadığını göstermektedir. Örneklerin büyük bir bölümünde gözlenen negatif Eu

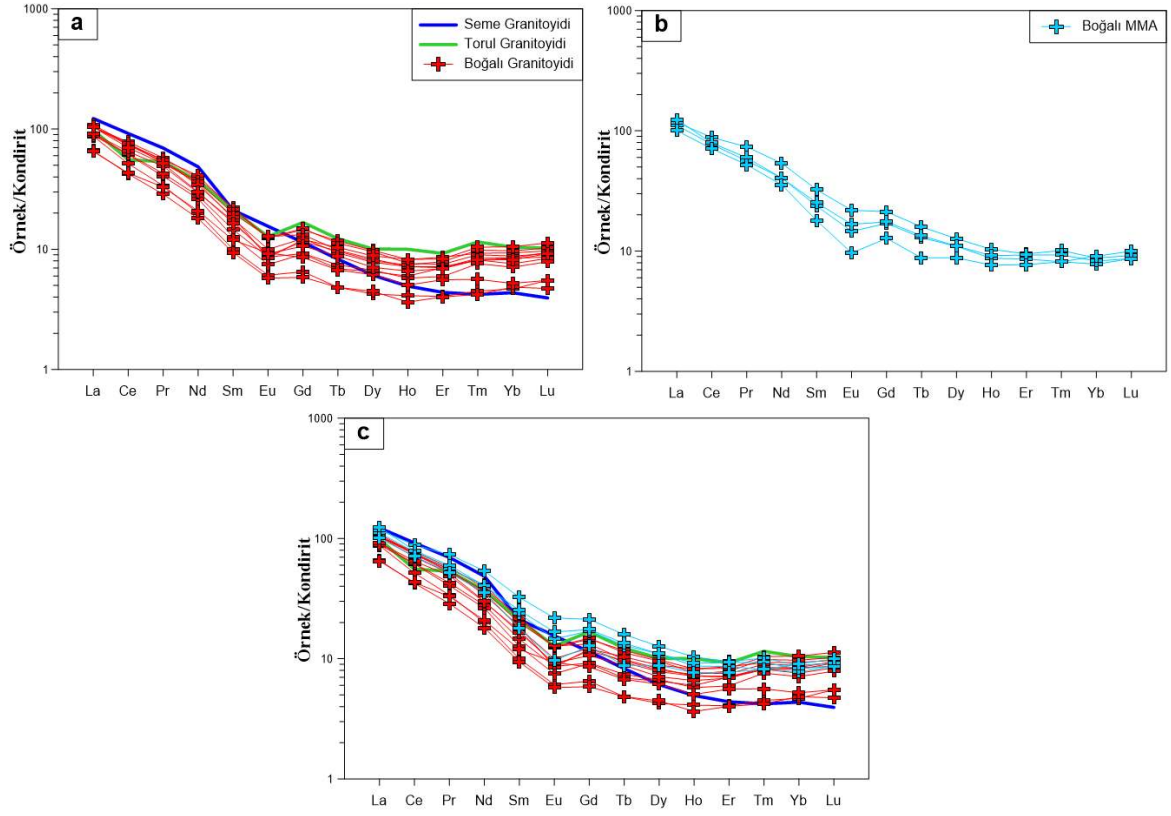
anamolisi, kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayrılaşmasının önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ağır lantan grubu element (HREE) değerlerinin yataya yakın olması ve REE yönsemesinde görülen yönsemenin yüksek eğim derecesine sahip olması manto kaynağında granat mineralinin olmadığına göstergesidir (Şekil 52a). MMA'ların kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş lantan grubu element diyagramları Şekil 52b'de verilmiştir. MMA'lar genel olarak içinde bulundukları ev sahibi kayaçlara benzer yönsemeler sunarlar (Şekil 52c). MMA örneklerinin lantan grubu element dağılımları genelde birbirlerine benzer olup, hafif lantan grubu elementler (LREE) ağır lantan grubu elementlere (HREE) göre daha fazla zenginleşme göstermektedirler ($(La/Sm)_N = 1.69-3.72$; $(Gd/Lu)_N = 1.70-2.27$). Örneklerin $(La/Lu)_N$ değerleri 3.79-11.10 olup, negatif Eu anomalisi ($(Eu/Eu^*)_N = 0.67-0.91$) gösterirler (Tablo 16 ve 17; Şekil 52b).



Şekil 52. Gündoğdu Granitoidine ait kayaçların kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları

İncelenen intrüzif kayaç örneklerinin kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş lantan grubu element diyagramları Şekil 53'de verilmiştir. Örneklerin lantan grubu element dağılımları genelde birbirlerine benzer olup, hafif lantan grubu elementler (LREE) ağır lantan grubu elementlere (HREE) göre daha fazla zenginleşme

göstermektedirler ($(La/Sm)_N = 4.68-8.76$; $(Gd/Lu)_N = 0.96-1.62$). Örneklerin $(La/Lu)_N$ değerleri 8.97-15.82 arasında olup, negatif Eu anomalisi ($(Eu/Eu^*)_N = 0.56-0.91$) gösterirler (Tablo 18 ve 19; Şekil 53a). Örneklerin dağılımlarının orta kısmının çukur olması ve hafif lantan grubu elementlere gidildikçe yukarıya doğru konkav bir yapı sunması, granitik kayaların gelişiminde hornblend fraksiyonlaşmasının etkili bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle örneklerin Eu da negatif anamoli yapması, kayaların gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşmasının önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ağır lantan grubu element (HREE) değerlerinin yataya yakın olması ve REE yönsemesinde görülen yönsemenin yüksek eğim derecesine sahip olması manto kaynağında granat mineralinin olmadığına göstergesidir (Şekil 53a). MMA'ların kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş lantan grubu element diyagramları Şekil 53b'de verilmiştir. MMA'lar genel olarak içinde bulundukları ev sahibi kayalara benzer yönsemeler sunarlar (Şekil 53c). MMA örneklerinin lantan grubu element dağılımları genelde birbirlerine benzer olup, hafif lantan grubu elementler (LREE) ağır lantan grubu elementlere (HREE) göre daha fazla zenginleşme göstermektedirler ($(La/Sm)_N = 3.63-5.59$; $(Gd/Lu)_N = 1.28-2.31$). Örneklerin $(La/Lu)_N$ değerleri 8.97-96.84 arasında olup, negatif Eu anomalisi ($(Eu /Eu^*)_N = 0.56-0.91$) gösterirler (Tablo 18 ve 19; Şekil 53b).



Şekil 53. Boğalı Granitoidine ait kayaçların kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramları

Tablo 6. Gündoğdu Granitoyidine ait örneklerin ana oksit (% ağı.), iz element (ppm) analizleri ve CIPW normatif bileşimleri

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi							
Örnek No	BG-19	GB-6	29	26	83	BG-18	63	6
SiO ₂	68.61	73.81	73.70	75.85	50.07	69.85	72.87	76.21
Al ₂ O ₃	14.20	14.95	13.69	12.78	18.98	15.27	13.29	12.47
Fe ₂ O ₃ *	2.58	1.16	1.58	1.98	9.80	2.60	2.04	1.01
MgO	0.88	0.26	0.73	0.49	5.07	1.17	0.27	0.10
CaO	2.96	0.22	0.32	0.55	9.65	2.23	1.31	0.54
Na ₂ O	3.45	2.81	3.14	2.57	3.05	2.95	3.05	3.51
K ₂ O	3.22	4.50	5.11	3.93	0.66	3.87	4.34	4.84
TiO ₂	0.20	0.21	0.19	0.08	0.85	0.24	0.17	0.11
P ₂ O ₅	0.08	0.06	0.05	0.03	0.21	0.09	0.05	0.02
MnO	0.08	<0.01	0.02	0.05	0.18	0.07	0.06	0.04
A.K	3.60	1.90	1.30	1.60	1.20	1.40	2.30	1.10
Toplam	99.86	99.88	99.83	99.91	99.72	99.74	99.75	99.95
Ba	907	726	1126	522	380	1338	1406	83
Be	<1	<1	2	<1	<1	1	<1	3
Co	4.6	1.1	2.9	2.2	27.6	4.5	2.5	0.8
Cs	0.9	2.6	1.3	1.9	0.5	1.2	3.2	4.7
Ga	11.6	14.6	13.2	11.9	19.5	13.2	10.1	13.4
Hf	2.9	3.7	5.0	3.1	2.5	2.6	2.5	4.6
Nb	6.0	9.5	6.7	4.5	4.9	7.2	7.0	27.4
Rb	87.9	123.3	144.0	110.9	12.9	109.1	113.5	224.6
Sn	<1	2	2	<1	<1	<1	<1	2
Sr	330.9	120.2	119.4	105.0	638.3	349.6	390.8	31.5
Ta	0.6	0.8	0.9	0.6	0.2	0.7	0.7	2.4
Th	14.0	22.7	37.8	23.4	2.4	10.9	12.5	35.9
U	4.6	4.6	4.5	4.2	0.6	4.1	3.9	14.8
V	44.0	23.0	13.0	<8	274.0	56.0	27.0	<8
W	2.5	2.9	1.1	0.6	<0.5	1.2	0.9	3.6
Zr	100.6	113.6	160.7	92.3	85.1	87.7	84.3	102.2
Y	9.3	13.8	11.2	16.2	21.7	10.5	8.5	18.2
Mg#	40.32	30.75	47.78	32.89	50.61	47.13	20.77	16.40
A/CNK	0.98	1.51	1.21	1.35	0.82	1.17	1.10	1.04
K ₂ O/Na ₂ O	0.93	1.60	1.63	1.53	0.22	1.31	1.42	1.38
Kvs	27.46	38.83	33.07	42.93	0.62	29.89	33.87	35.59
An	13.39	0.73	1.29	2.56	36.00	10.58	6.31	2.55
Di	0.73	0.00	0.00	0.00	8.73	0.00	0.00	0.00
Hy	4.01	1.35	2.99	2.99	16.21	5.02	2.35	1.07
Ab	29.19	23.78	26.57	21.75	25.81	24.96	25.81	29.70
Or	19.76	27.17	31.14	23.66	4.19	23.96	26.81	28.68
Ap	0.19	0.14	0.12	0.07	0.49	0.21	0.12	0.05
İl	0.38	0.40	0.36	0.15	1.61	0.46	0.32	0.21
C	0.00	5.08	2.35	3.28	0.00	2.15	1.05	0.51
Mg	1.12	0.51	0.68	0.86	4.26	1.13	0.88	0.43
100An/(Or+An)	40.39	2.60	3.97	9.76	89.57	30.64	19.04	8.16
100Kvs/(Kvs+Or+An+Ab)	30.58	42.90	35.92	47.23	0.92	33.44	36.50	36.88

Fe₂O₃*= Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K= Ateşte kayıp (Toplam uçucu içeriği). Mg# = Mol 100xMgO/(MgO+FeO). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Kvs: Kuvars, An: Anortit, Di: Diyopsit, Hy: Hipersten, Ab: Albit, Or: Ortoklas, Ap: Apatit, C: Korundum, Mg: Magnetit

Tablo 6'nın devamı

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi							
Örnek No	63-1	S-28	S-64	S-66	S-75	S-76	S-79	S-81
SiO ₂	69.12	68.78	68.87	66.72	72.05	71.71	65.47	64.86
Al ₂ O ₃	14.67	14.24	14.08	14.09	14.11	14.40	14.87	14.89
Fe ₂ O ₃ *	2.68	2.57	2.77	3.34	2.82	2.69	3.96	3.77
MgO	1.16	1.18	0.72	1.01	0.65	0.67	1.48	1.45
CaO	1.43	2.52	2.70	2.46	0.75	1.01	3.75	3.39
Na ₂ O	3.13	1.61	3.42	2.56	3.24	3.39	3.28	3.27
K ₂ O	4.04	4.62	3.95	5.15	4.81	4.55	3.48	3.75
TiO ₂	0.22	0.22	0.19	0.24	0.20	0.21	0.31	0.30
P ₂ O ₅	0.06	0.05	0.08	0.10	0.05	0.07	0.12	0.10
MnO	0.06	0.06	0.08	0.07	0.04	0.05	0.09	0.09
A.K	3.20	4.00	3.00	4.00	1.10	1.10	3.00	3.90
Toplam	99.77	99.85	99.86	99.74	99.82	99.85	99.81	99.77
Ba	1766	650	1165	1730	1016	968	1196	1096
Be	<1	3	2	<1	1	2	1	1
Co	3.5	3.1	4.0	5.7	3.7	3.3	7.9	7.5
Cs	3.2	2.7	1.0	1.9	1.5	1.5	2.9	3.0
Ga	12.9	15.7	12.9	12.6	14.9	14.4	13.9	13.0
Hf	3.3	5.4	2.7	3.1	4.3	3.6	3.1	2.9
Nb	6.4	9.8	7.1	6.9	10.3	11.2	7.3	7.5
Rb	108.2	176.3	108.0	148.9	150.4	145.8	96.9	104.4
Sn	2	2	<1	<1	3	3	<1	<1
Sr	236.6	79.8	438.4	363.9	163.4	232.9	471.6	448.8
Ta	0.6	1.0	0.7	0.7	0.9	1.0	0.7	0.6
Th	17.5	23.6	14.2	13.4	23.0	23.9	12.0	12.0
U	3.4	6.7	4.4	4.3	5.1	5.0	3.3	3.6
V	28.0	16.0	38.0	54.0	24.0	24.0	83.0	78.0
W	2.4	2.0	2.1	2.7	1.1	1.8	1.6	1.7
Zr	123.2	179.5	82.9	95.0	147.5	122.8	97.1	87.1
Y	10.5	16.8	11.2	10.9	17.4	15.7	11.0	10.5
Mg#	46.16	47.63	33.99	37.46	31.34	33.04	42.54	43.24
A/CNK	1.21	1.16	0.95	0.99	1.19	1.17	0.93	0.95
K ₂ O/Na ₂ O	1.29	2.87	1.15	2.01	1.48	1.34	1.06	1.15
Kvs	28.84	33.41	25.93	23.55	30.75	30.05	21.62	20.71
An	6.78	12.20	10.93	11.05	3.45	4.63	15.10	14.44
Di	0.00	0.00	1.73	0.50	0.00	0.00	2.37	1.53
Hy	5.08	5.03	3.27	5.03	3.93	3.85	5.76	5.95
Ab	26.49	13.62	28.94	21.66	27.42	28.69	27.75	27.67
Or	25.33	27.81	24.29	31.81	29.22	27.69	21.51	23.03
Ap	0.14	0.12	0.19	0.23	0.12	0.16	0.28	0.23
İl	0.42	0.42	0.36	0.46	0.38	0.40	0.59	0.57
C	2.40	2.03	0.00	0.00	2.16	2.05	0.00	0.00
Mg	1.16	1.12	1.20	1.45	1.23	1.17	1.73	1.64
100An/(Or+An)	21.12	30.50	31.03	25.79	10.55	14.34	41.25	38.53
100Kvs/(Kvs+Or+An+Ab)	32.98	38.38	28.78	26.73	33.85	33.00	25.15	24.12

Fe₂O₃*= Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K= Ateşte kayıp (Toplam uçucu içeriği). Mg# = Mol 100xMgO/(MgO+FeO). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Kvs: Kuvars, An: Anortit, Di: Diyopsit, Hy: Hipersten, Ab: Albit, Or: Ortoklas, Ap: Apatit, C: Korundum, Mg: Magnetit

Tablo 6'nın devamı

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi							
Örnek No	41	30	93	BG-20	70	85	92	84
SiO ₂	67.61	68.17	59.44	68.63	76.70	72.17	69.21	63.28
Al ₂ O ₃	14.08	15.16	15.69	14.79	12.82	14.83	15.15	16.18
Fe ₂ O ₃ *	2.72	3.80	5.00	2.43	1.06	2.20	2.93	5.22
MgO	0.89	1.56	2.07	0.77	0.23	0.55	1.63	2.29
CaO	2.97	1.71	4.42	2.61	0.14	0.15	0.74	2.18
Na ₂ O	3.08	3.71	3.68	3.37	2.58	2.90	3.00	4.39
K ₂ O	3.83	3.93	3.55	4.31	5.16	5.04	4.43	3.52
TiO ₂	0.24	0.47	0.46	0.20	0.07	0.28	0.30	0.40
P ₂ O ₅	0.08	0.13	0.18	0.07	0.02	0.06	0.07	0.12
MnO	0.09	0.10	0.11	0.07	0.02	0.03	0.05	0.10
A.K	4.20	1.00	5.20	2.50	1.10	1.60	2.30	2.10
Toplam	99.79	99.74	99.80	99.75	99.90	99.81	99.81	99.78
Ba	1483	1355	875	1309	943	905	800	668
Be	2	<1	1	1	2	5	3	5
Co	5.1	8.1	10.4	3.7	1.0	3.6	4.2	9.5
Cs	2.4	1.4	1.9	1.5	2.7	3.1	4.3	1.0
Ga	11.4	15.2	14.2	11.3	9.7	14.1	13.7	16.3
Hf	3.2	5.9	3.5	2.4	3.4	5.7	5.4	4.3
Nb	7.3	8.0	7.9	6.1	6.2	8.7	7.8	6.6
Rb	114.1	116.3	97.1	104.4	158.6	196.9	169.5	110.7
Sn	<1	1	<1	<1	1	5	4	3
Sr	254.5	226.6	325.4	464.1	94.2	76.4	81.4	207.6
Ta	0.7	0.4	0.6	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6
Th	10.2	14.7	10.0	13.7	20.2	21.0	20.1	16.5
U	2.5	2.9	2.4	3.8	4.3	7.0	4.9	6.3
V	47.0	67.0	118.0	41.0	<8	18.0	26.0	70.0
W	2.0	0.6	1.0	2.2	1.0	2.8	2.0	2.2
Zr	105.0	235.1	137.3	89.2	88.0	207.0	204.7	157.4
Y	10.3	10.0	13.8	8.8	16.0	15.5	25.6	12.8
Mg#	39.32	44.85	45.05	38.56	30.06	33.12	52.42	46.49
A/CNK	0.96	1.13	0.87	0.99	1.27	1.41	1.37	1.08
K ₂ O/Na ₂ O	1.24	1.06	0.96	1.28	2.00	1.74	1.48	0.80
Kvs	26.06	23.86	11.22	24.45	40.42	33.80	29.49	14.21
An	12.66	7.71	15.44	11.95	0.59	0.38	3.24	10.08
Di	1.35	0.00	4.44	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00
Hy	3.78	6.74	6.96	3.65	1.46	2.97	6.33	9.97
Ab	26.06	31.39	31.14	28.52	21.83	24.54	25.39	37.15
Or	23.87	24.31	21.71	26.56	31.29	30.51	26.83	21.31
Ap	0.19	0.30	0.42	0.16	0.05	0.14	0.16	0.28
İl	0.46	0.89	0.87	0.38	0.13	0.53	0.57	0.76
C	0.00	1.78	0.00	0.00	2.63	4.33	4.11	1.36
Mg	1.19	1.65	2.17	1.06	0.46	0.96	1.28	2.28
100An/(Or+An)	34.67	24.09	41.57	31.04	1.85	1.23	10.78	32.12
100Kvs/(Kvs+Or+An+Ab)	29.40	27.33	14.11	26.73	42.94	37.88	34.72	17.17

Fe₂O₃*= Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K= Ateşte kayıp (Toplam uçucu içeriği). Mg# = Mol 100xMgO/(MgO+FeO). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Kvs: Kuvars, An: Anortit, Di: Diyopsit, Hy: Hipersten, Ab: Albit, Or: Ortoklas, Ap: Apatit, C: Korundum, Mg: Magnetit

Tablo 6'nın devamı

Kayaç	Gündoğdu MMA			
Örnek No	S-80	30a	93a	BG-20a
SiO ₂	47.24	52.27	44.29	52.61
Al ₂ O ₃	16.50	19.32	15.80	17.33
Fe ₂ O ₃ *	9.18	10.37	8.58	6.99
MgO	4.83	3.83	4.29	2.69
CaO	8.08	4.39	9.37	6.24
Na ₂ O	2.77	4.10	3.76	3.11
K ₂ O	1.59	3.15	2.11	2.94
TiO ₂	0.76	0.76	0.75	0.63
P ₂ O ₅	0.31	0.14	0.27	0.28
MnO	0.28	0.18	0.21	0.30
A.K	8.20	1.20	10.30	6.40
Toplam	99.74	99.71	99.73	99.52
Ba	603	1079	289	778
Be	1	2	<1	1
Co	27.3	13.8	25.0	15.0
Cs	3.9	3.5	1.7	2.2
Ga	20.4	22.1	17.0	17.5
Hf	3.5	3.3	2.2	2.6
Nb	6.5	8.7	4.0	5.6
Rb	51.4	167.5	81.1	79.2
Sn	2	3	1	1
Sr	514.7	253.8	338.4	550.0
Ta	0.4	0.5	0.3	0.4
Th	5.8	0.7	5.1	5.6
U	3.6	0.8	1.7	1.8
V	247.0	197.0	224.0	170.0
W	3.0	0.6	1.1	4.4
Zr	111.6	118.2	82.1	92.6
Y	22.5	23.7	17.9	18.9
Mg#	51.03	42.25	49.76	43.25
A/CNK	0.79	1.07	0.62	0.88
K ₂ O/Na ₂ O	0.57	0.77	0.56	0.95
Kvs	0.00	0.00	0.00	4.57
An	27.64	20.94	19.89	24.32
Di	8.63	0.00	20.34	4.12
Hy	14.71	7.32	0.00	10.53
Ab	23.44	34.69	15.98	26.32
Or	9.90	19.49	12.69	18.03
Ap	0.72	0.32	0.63	0.65
İl	1.44	1.44	1.42	1.20
C	0.00	1.33	0.00	0.00
Mg	3.99	4.51	3.73	3.04
100An/(Or+An)	73.62	51.80	61.06	57.43
100Kvs/(Kvs+Or+An+Ab)	0.00	0.00	0.00	6.24

Fe₂O₃*= Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K= Ateşte kayıp (Toplam uçucu içeriği). Mg# = Mol 100xMgO/(MgO+ FeO). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Kvs: Kuvars, An: Anortit, Di: Diyopsit, Hy: Hipersten, Ab: Albit, Or: Ortoklas, Ap: Apatit, C: Korundum, Mg: Magnetit

73

73

Tablo 7'nin devamı

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi										MMA			
Örnek no	S-79	S-81	41	30	93	BG-20	70	85	92	84	S-80	30a	93a	BG-20a
La	22.80	22.70	18.30	36.50	29.00	26.20	25.00	34.20	39.20	29.40	29.90	13.50	24.60	25.20
Ce	38.70	38.90	30.10	69.10	51.30	42.10	46.50	66.10	68.40	53.70	61.60	31.10	40.30	48.70
Pr	4.16	4.11	3.16	7.00	5.45	4.09	4.91	6.74	8.22	5.69	7.79	4.79	5.27	5.61
Nd	13.70	12.60	11.40	23.20	18.50	13.20	17.10	22.80	28.70	18.60	30.10	21.50	21.20	22.50
Sm	2.40	2.38	2.05	3.22	3.07	2.01	2.97	3.67	4.58	3.31	5.69	5.04	4.16	4.30
Eu	0.67	0.65	0.55	1.06	0.90	0.53	0.38	0.57	0.87	0.74	1.62	1.11	1.26	1.19
Gd	2.19	1.99	1.71	2.48	2.89	1.59	2.54	3.09	4.37	2.79	5.05	5.04	4.19	4.39
Tb	0.32	0.31	0.26	0.33	0.40	0.23	0.39	0.43	0.61	0.37	0.73	0.73	0.55	0.59
Dy	1.95	1.84	1.54	1.83	2.44	1.41	2.63	2.66	3.42	2.36	3.88	4.34	2.98	3.61
Ho	0.38	0.34	0.32	0.35	0.48	0.28	0.53	0.49	0.70	0.44	0.75	0.83	0.61	0.64
Er	1.11	1.00	0.97	1.00	1.40	0.88	1.71	1.58	1.96	1.40	2.02	2.39	1.69	1.91
Tm	0.18	0.17	0.16	0.16	0.21	0.15	0.27	0.25	0.28	0.22	0.32	0.36	0.25	0.30
Yb	1.18	1.19	1.18	1.22	1.43	1.09	1.88	1.77	2.03	1.54	2.07	2.42	1.58	1.97
Lu	0.20	0.19	0.18	0.17	0.24	0.18	0.31	0.27	0.31	0.24	0.33	0.37	0.23	0.29
(La/Lu)	11.83	12.40	10.55	22.29	12.54	15.11	8.37	13.15	13.13	12.72	9.41	3.79	11.10	9.02
(Eu/Eu*)	0.88	0.89	0.87	1.11	0.91	0.88	0.41	0.50	0.59	0.73	0.91	0.67	0.91	0.83
Eu*=(Sm+Gd)/2, KN= Kondirite göre(Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş.														

Tablo 8. Boğalı Granitoyidi ve MMA örneklerine ait ana oksit (% ağı.), iz element analizleri (ppm) ve CIPW normatif bileşimleri

Kayaç	Boğalı Granitoyidi							
Örnek No	20	BG-1	32	BG-4B	19	BG-1-2	BG-4a	BG-11
SiO ₂	69.09	64.72	65.20	61.81	70.88	66.75	62.98	65.49
Al ₂ O ₃	14.64	14.48	15.80	15.98	13.31	15.15	16.01	15.11
Fe ₂ O ₃ *	2.43	3.63	4.32	5.50	2.85	4.18	5.04	3.66
MgO	0.85	1.43	1.41	2.09	0.74	1.18	1.84	0.88
CaO	2.24	3.19	3.76	4.76	3.02	3.05	4.51	3.12
Na ₂ O	3.53	2.06	3.44	3.32	3.59	3.23	3.26	2.59
K ₂ O	4.11	3.79	4.18	3.91	2.90	4.37	4.07	4.62
TiO ₂	0.21	0.23	0.40	0.46	0.21	0.35	0.43	0.33
P ₂ O ₅	0.08	0.10	0.15	0.22	0.08	0.14	0.20	0.13
MnO	0.13	0.18	0.11	0.16	0.13	0.09	0.14	0.07
A.K	2.40	6.00	1.00	1.50	2.20	1.30	1.30	3.80
Toplam	99.71	99.81	99.77	99.71	99.91	99.79	99.78	99.80
Ba	1373	966	994	994	473	872	1080	682
Be	2	1	2	1	1	1	2	3
Co	3.8	6.7	5.1	9.5	2.9	9.2	9.0	3.6
Cs	1.1	2.6	1.6	3.5	1.6	2.8	3.1	4.3
Ga	12.1	12.2	12.6	13.1	12.6	12.7	12.1	11.8
Hf	2.9	3.0	3.8	3.8	3.0	4.2	3.5	3.9
Nb	6.2	5.9	12.2	10.3	12.8	12.1	10.3	12.0
Rb	102.2	125.5	111.2	136.8	95.6	135.3	138.8	141.8
Sn	<1	<1	2	2	2	2	1	1
Sr	347.7	206.7	438.0	484.4	256.5	374.4	476.0	244.8
Ta	0.6	0.6	0.9	0.8	1.1	1.1	0.8	1.0
Th	14.4	12.2	24.0	22.5	24.0	27.2	22.7	27.3
U	3.1	5.2	5.8	5.3	6.3	4.3	4.3	4.2
V	43.0	59.0	78.0	114.0	38.0	64.0	106.0	70.0
W	1.6	2.4	3.3	4.3	2.1	0.7	3.1	3.7
Zr	104.1	97.1	135.0	126.4	99.4	138.8	117.8	130.1
Y	10.2	8.9	20.9	19.0	18.1	17.7	17.2	15.0
Mg#	40.93	43.83	39.26	42.94	33.96	35.86	41.97	32.26
A/CNK	1.02	1.09	0.93	0.87	0.92	0.97	0.89	1.01
K ₂ O/Na ₂ O	1.16	1.84	1.22	1.18	0.81	1.35	1.25	1.78
Kvs	25.27	27.51	17.91	13.38	30.80	21.42	15.07	23.35
An	10.70	15.23	14.93	16.75	11.46	13.57	16.59	14.71
Di	0.00	0.00	2.38	4.60	2.58	0.63	3.82	0.00
Hy	4.22	6.82	5.80	7.47	3.04	6.01	6.82	5.11
Ab	29.87	17.43	29.11	28.09	30.38	27.33	27.59	21.92
Or	25.38	23.20	25.50	23.91	17.50	26.55	24.92	27.88
Ap	0.19	0.23	0.35	0.51	0.19	0.32	0.46	0.30
İl	0.40	0.44	0.76	0.87	0.40	0.66	0.82	0.63
C	0.26	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35
Mg	1.06	1.58	1.88	2.39	1.25	1.81	2.19	1.59
100An/(Or+An)	29.65	39.63	36.92	41.20	39.56	33.82	39.97	34.54
100Kvs/(Kvs+Or+An+Ab)	27.70	33.00	20.48	16.29	34.17	24.10	17.90	26.58

Fe₂O₃*= Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K= Ateşte kayıp (Toplam uçucu içeriği). Mg# = Mol 100xMgO/(MgO+ FeO). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Kvs: Kuvars, An: Anortit, Di: Diyopsit, Hy: Hipersten, Ab: Albit, Or: Ortoklas, Ap: Apatit, C: Korundum, Mg: Magnetit

Tablo 8'in devamı

Kayaç	Boğalı Granitoyidi				MMA			
Örnek No	S-50	S-52	S-54	S-58A	BG-4a ank	S-59	S-60	BG-1 ank
SiO ₂	63.45	70.49	69.25	69.25	53.24	53.17	53.94	54.21
Al ₂ O ₃	15.80	14.59	14.47	14.41	17.23	17.03	17.01	18.44
Fe ₂ O ₃ *	4.90	2.87	3.21	3.51	8.57	8.11	8.25	8.06
MgO	2.09	0.67	0.75	0.88	3.77	3.40	3.52	2.10
CaO	4.36	1.92	2.10	2.72	7.35	6.37	5.59	3.70
Na ₂ O	3.43	3.48	3.33	3.14	3.19	3.37	4.37	4.80
K ₂ O	3.12	4.97	4.95	4.80	2.76	3.87	3.25	2.61
TiO ₂	0.40	0.23	0.27	0.28	0.74	0.75	0.73	0.63
P ₂ O ₅	0.15	0.08	0.10	0.11	0.33	0.48	0.28	0.29
MnO	0.11	0.06	0.06	0.08	0.26	0.24	0.29	0.15
A.K	2.00	0.50	1.40	0.60	2.30	2.90	2.50	4.90
Toplam	99.81	99.86	99.89	99.78	99.74	99.69	99.73	99.89
Ba	992	936	778	649	762	959	818	213
Be	1	3	4	3	3	2	1	4
Co	9.7	1.3	5.7	4.0	17.1	9.5	12.4	7.1
Cs	2.1	2.3	2.6	2.3	4.2	7.6	2.1	6.2
Ga	13.7	13.5	13.5	13.4	14.9	16.2	17.4	19.3
Hf	2.5	3.8	4.3	3.9	3.1	3.8	3.5	3.0
Nb	7.4	16.4	18.5	16.3	8.9	9.8	8.7	10.6
Rb	84.8	172.8	165.4	167.2	115.2	160.9	122.3	138.8
Sn	<1	2	1	1	2	5	4	4
Sr	564.4	278.4	252.5	311.8	565.2	635.1	570.5	310.2
Ta	0.5	1.4	1.5	1.4	0.6	0.7	0.6	0.7
Th	9.3	26.4	35.9	35.0	15.0	16.3	14.4	13.1
U	2.6	2.5	9.2	5.5	5.2	5.5	7.1	3.6
V	96.0	34.0	39.0	48.0	211.0	187.0	211.0	152.0
W	1.3	<0.5	2.1	1.2	2.3	1.7	7.4	5.4
Zr	101.7	116.7	139.2	112.3	108.2	120.7	111.4	108.9
Y	12.2	20.1	21.8	18.3	20.6	26.1	23.5	17.7
Mg#	45.79	31.62	31.64	33.18	46.56	45.37	45.80	34.04
A/CNK	0.93	1.00	0.99	0.94	0.80	0.80	0.82	1.06
K ₂ O/Na ₂ O	0.91	1.43	1.49	1.53	0.87	1.15	0.74	0.54
Kvs	17.68	24.75	24.00	24.53	2.18	0.00	0.00	2.92
An	18.10	9.08	9.59	10.79	24.22	19.51	16.87	16.57
Di	2.25	0.00	0.21	1.74	8.43	7.52	7.57	0.00
Hy	8.11	4.01	4.34	4.20	12.31	10.41	4.43	11.80
Ab	29.02	29.45	28.18	26.57	26.99	28.52	36.98	40.62
Or	19.24	30.10	29.91	28.87	16.96	23.67	19.86	15.57
Ap	0.35	0.19	0.23	0.25	0.76	1.11	0.65	0.67
İl	0.76	0.44	0.51	0.53	1.41	1.42	1.39	1.20
C	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62
Mg	2.13	1.25	1.39	1.52	3.73	3.52	3.60	3.51
100An/(Or+An)	48.48	23.18	24.28	27.21	58.81	45.19	45.93	51.55
100Kvs/(Kvs+Or+An+Ab)	21.04	26.50	26.18	27.03	3.09	0.00	0.00	3.86

Fe₂O₃*= Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K= Ateşte kayıp (Toplam uçucu içeriği). Mg# = Mol 100xMgO/(MgO+FeO). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Kvs: Kuvvars, An: Anortit, Di: Diyopsit, Hy: Hipersten, Ab: Albit, Or: Ortoklas, Ap: Apatit, C: Korundum, Mg: Magnetit

77

77

4. TARTIŞMALAR

Bu bölümde inceleme alanındaki intrüzif kayaçların (Gündoğdu-Boğalı Granitoyidleri) önceki bölümlerde verilen arazi ilişkileri, petrografik ve jeokimyasal özellikleri de göz önüne alınarak granitoyidlerin petrolojik özellikleri ve kökenleri irdelenmeye çalışılmıştır.

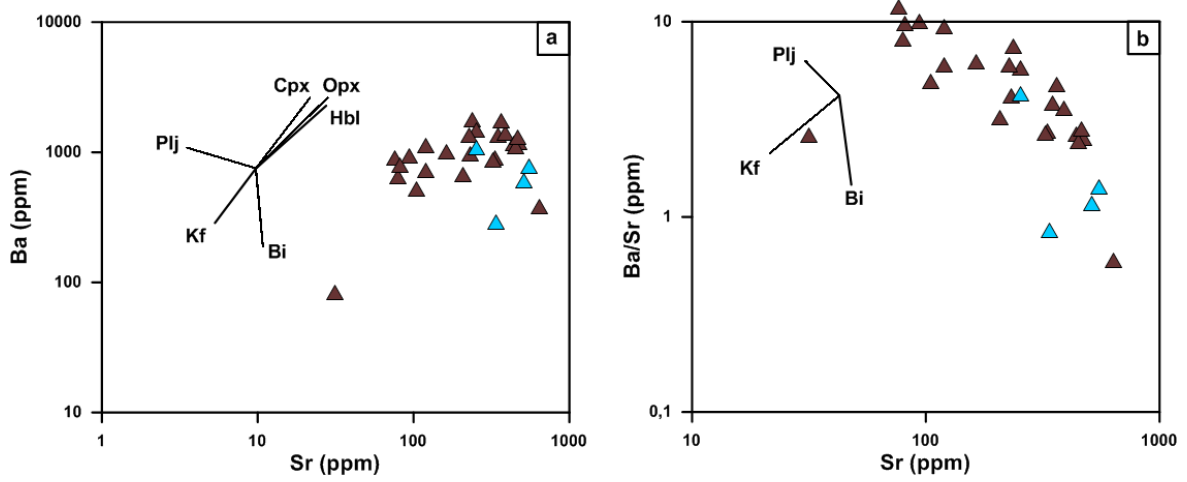
4.1. Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri'nin Petrojenezi

4.1.2. Ayrışma (Fraksiyonel Kristallenme) ve Özümleme (Asimilasyon)

Tüm kayaç ana ve iz element değişim diyagramlarında görülen % SiO₂ artışına karşı negatif veya pozitif yönsemeler granitoyidlerin oluşumunda ayrışmanın etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 46, 47, 48 ve 49).

Gündoğdu Granitoyidi'nde artan % SiO₂ içeriğine karşılık TiO₂ ve Fe₂O₃ içeriklerinin negatif yönseme göstermesi ile ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element değişim dağılımlarında Ti, Nb ve Ta'da görülen negatif pik Fe-Ti oksitlerin ayrışmasını gösterirken, CaO, Al₂O₃ ve Sr daki negatif ilişkiler plajiyoklas ve K-feldispat fazlarının ana magmadan ayrıştığına işaret etmektedir. Ayrıca % SiO₂ artışına karşın P₂O₅ deki azalan yönelim ve ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element değişim dağılımlarında P'da görülen negatif pik apatit ayrışmasını göstermektedir. İncelenen granitik kayaçların kondrite göre normalize edilmiş lantan grubu element dağılımlarında kayaçların Eu değerlerinde göstermiş olduğu negatif pik plajiyoklas, yine aynı diyagramda ağır lantan grubu elementlerden hafif lantan grubu elementlere gidildikçe grafikte gözlenen kaşık şeklindeki artış hornblend ayrışmasını göstermektedir. Özetle ana ve iz element değişim diyagramları (Harker) kayaçların gelişiminde hornblend, Fe-Ti oksit, plajiyoklas ve apatit mineral ayrışmasının etken rol oynadığını göstermekte ve iz element değişim diyagramlarında bunu destekler nitelikte dağılım göstermektedir.

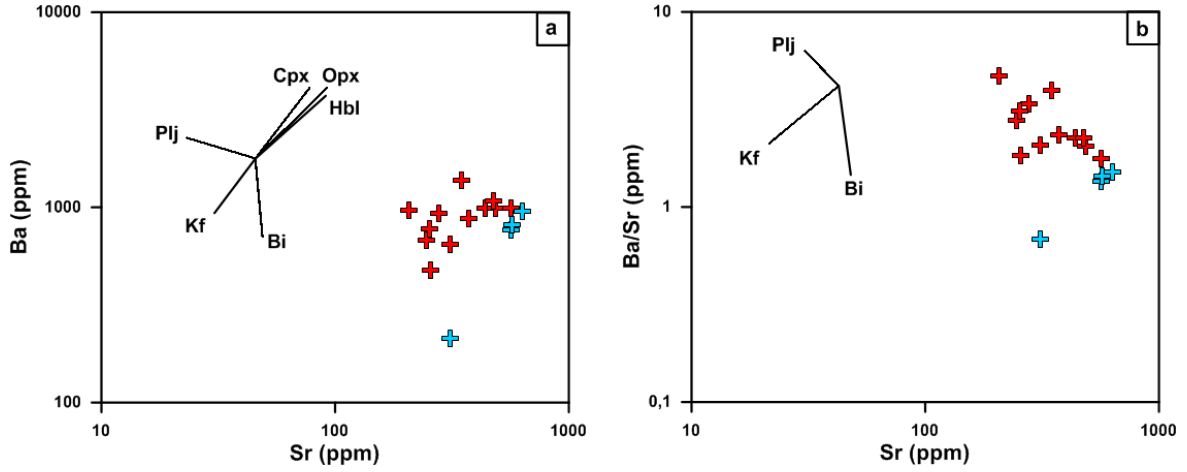
Sr'a karşı Ba ve Sr'a karşı Ba/Sr diyagramlarında gözlenen yönsemeler yukarıda verilen bilgilere ek olarak Gündoğdu Granitoyidi'ni oluşturan kayaçların oluşumunda plajiyoklas, K-feldispat ve hornblend fraksiyonlaşmasının önemli rol oynayabileceğini göstermektedir (Şekil 54).



Şekil 54. Gündoğdu Granitoidini oluşturan kayaçların a) Sr (ppm) karşı Ba (ppm) ve b) Sr'a karşı Ba/Sr değişim diyagramları

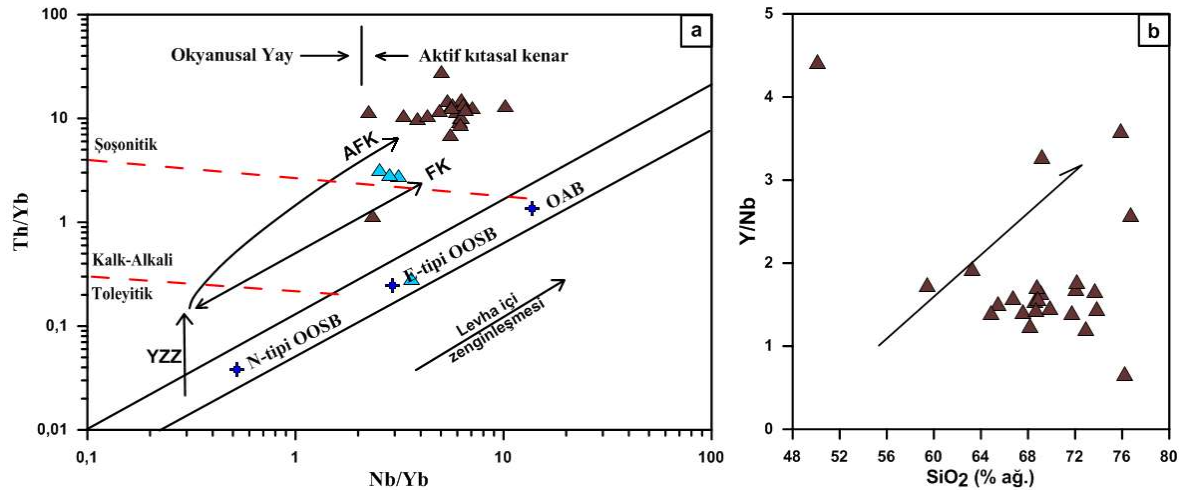
Benzer şekilde Boğalı Granitoidi'nde artan % SiO₂ içeriğine karşılık TiO₂ ve Fe₂O₃ içeriklerinin çok iyi negatif yönseme göstermesi ile ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element değişim dağılımlarında Ti, Nb ve Ta'da görülen negatif pik Fe-Ti oksitlerin ayrımlaşmasını göstermektedir. Ayrıca % SiO₂ artışına karşın CaO, Al₂O₃ ve Sr'daki negatif ilişkiler plajiyoklas ve K-feldispat fazlarının ana magmadan ayrımlaştığına işaret etmekte iken P₂O₅ deki azalan yönelim ve ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element değişim dağılımlarında P'da görülen negatif pik apatit ayrımlaşmasını göstermektedir. Boğalı Granitoidi içerisinde incelenen granitik kayaçların kondrite göre normalize edilmiş lantan grubu element dağılımlarında kayaçların Eu değerlerinde göstermiş olduğu negatif pik plajiyoklas, yine aynı diyagramda ağır lantan grubu elementlerden hafif lantan grubu elementlere gidildikçe grafikte gözlenen kaşık şeklindeki artış hornblend ayrımlaşmasını göstermektedir. Özetle ana ve iz element değişim diyagramları (Harker) kayaçların gelişiminde hornblend, Fe-Ti oksit, plajiyoklas ve apatit mineral ayrımlaşmasının etken rol oynadığını göstermekte ve iz element değişim diyagramları da bunu destekler nitelikte dağılım göstermektedir.

Sr'a karşı Ba ve Sr'a karşı Ba/Sr diyagramlarında gözlenen yönsemeler, Boğalı Granitoidi'ni oluşturan kayaçların oluşumunda yukarıdaki bilgilerle uyumlu olarak plajiyoklas, K-feldispat, hornblend ve daha az oranda biyotit fraksiyonlaşmasının etkin rol oynayabileceğini göstermektedir (Şekil 55).



Şekil 55. Boğalı Granitoidineyi oluşturan kayaçların a) Sr (ppm) karşı Ba (ppm) ve b) Sr'a karşı Ba/Sr değişim diyagramları

Gündoğdu Granitoidine ait örneklerin Nb/Yb'ye karşı Th/Yb diyagramındaki (Pearce vd., 1990) konumlarına bakıldığında ana kaya ve anklav örneklerinin manto aralığının üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 56a). Örneklerin bu konumu magma kaynak alanında yitimle ilgili bir metasomatizma ile ya da manto kökenli ana magmaya önemli ölçüde kabuk kökenli ergiyik katılımıyla açıklanabilir. Diyagram üzerinde görülen örneklerin konumunun yaklaşık manto aralığına paralel olması az oranda kabuk kirlenmesinin olduğunu fakat magmanın yitim etkisiyle metasomatize olmuş bir magmadan oluşarak ayrımlaştığına işaret etmektedir.

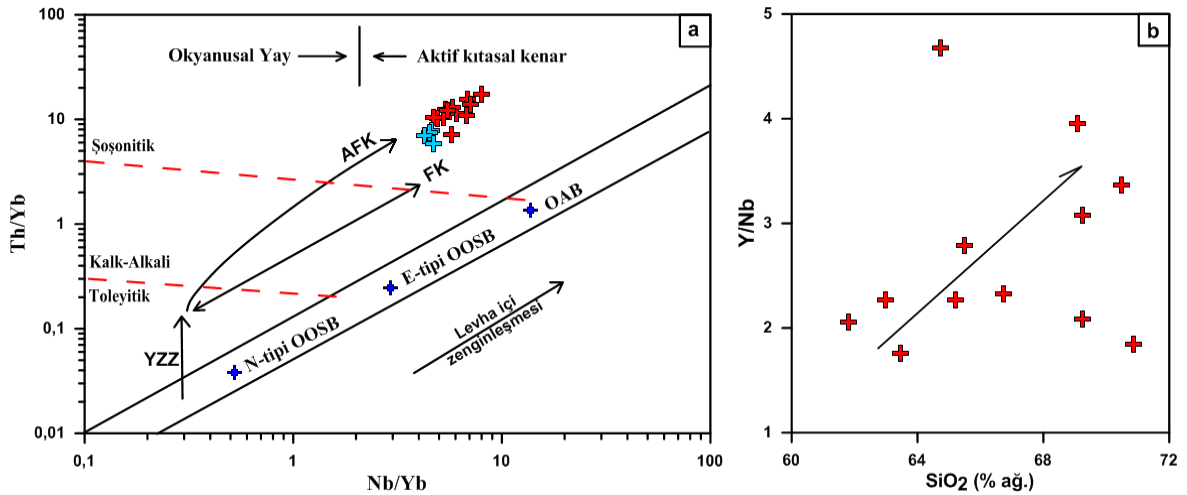


Şekil 56. a) Gündoğdu Granitoidinin Nb/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce, 1983). FK (ayırılma), AFK (özümleme+ayırılma), YZZ (yitim zenginleşmesi) ve levha içi zenginleşmesini gösterir vektörler Pearce vd. (1983)'den alınmıştır b) Y/Nb'a karşı SiO₂ (% ağırlık) diyagramı

Gündoğdu Granitoyidi verilerine göre SiO_2 'ye karşı Y/Nb diyagramında (Şekil 56b) örneklerin büyük kısmında gözlenen yatay yönelim kabuksal asimilasyonun çok önemli olmadığına işaret ederken birkaç örnekte görülen pozitif yönelim kabuksal asimilasyonla ilgili olabilir. Benzer şekilde iz element değişim diyagramında gözlenen negatif Nb-Ta yönsemesi (Şekil 50a) yitim bileşenini ve/veya kabuk kirlenmesini desteklemektedir.

Boğalı Granitoyidine ait örneklerin Nb/Yb'ye karşı Th/Yb diyagramındaki (Pearce vd., 1990) konumlarına bakıldığında ise ana kaya ve anklav örneklerinin manto aralığının üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 57a). Örneklerin diyagram üzerindeki bu konumunun manto aralığına tam olarak paralel olması kabuk kirlenmesinin olduğunu fakat magmanın yitim etkisiyle metasomatize olmuş bir magmadan oluşarak ayrılaştığına işaret etmektedir.

Boğalı Granitoyidi verilerine göre SiO_2 'ye karşı Y/Nb diyagramında (Şekil 57b) örneklerin hemen hemen tamamında gözlenen pozitif yönelim kabuksal asimilasyonun varlığını göstermekle beraber iz element değişim diyagramında gözlenen negatif Nb-Ta yönsemesi de (Şekil 51a) yitim bileşenini ve/veya kabuk kirlenmesini desteklemektedir.



Şekil 57. a) Boğalı Granitoidinin Nb/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce, 1983). FK (ayırışma), AFK (özümleme+ayırışma), YZZ (yitim zenginleşmesi) ve levha içi zenginleşmesini gösterir vektörler Pearce vd. (1983)'den alınmıştır b) Y/Nb'a karşı SiO_2 (% ağırlık) diyagramı

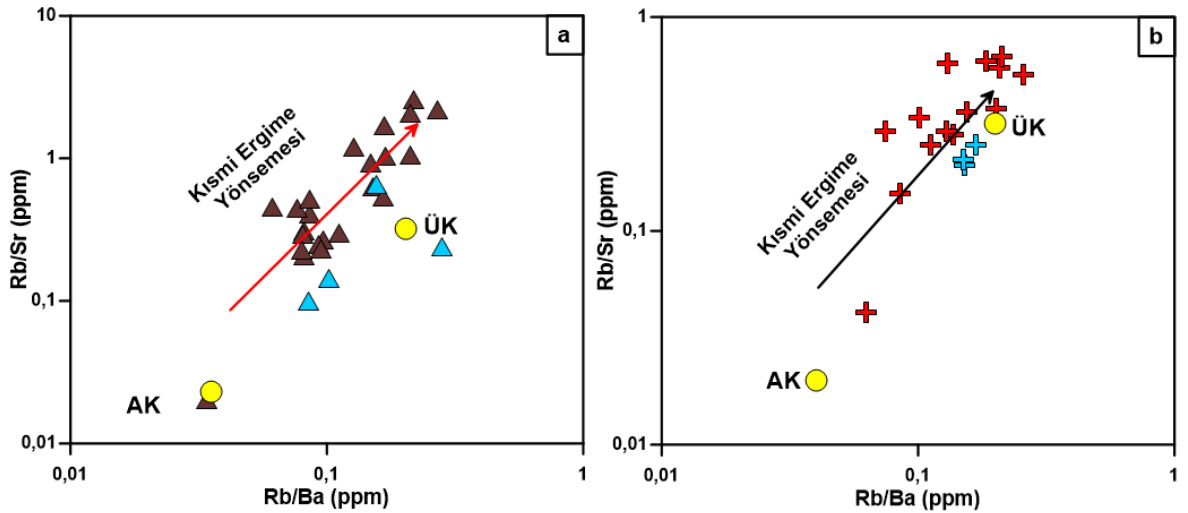
Ayrıca Gündoğdu Granitoyidi'ne ait kayalardaki kabuksal bileşenlerin Th (~17.7 ppm) ve Pb (~19.9 ppm) değerleri ile Boğalı Granitoyidi'ne ait kayalardaki kabuksal

bileşenlerin Th (~23.4 ppm) ve Pb (~18.15 ppm) değerlerinin yüksek olması bu kayalarda kabuksal kirlenmenin etkisine işaret etmektedir.

Sonuç olarak, incelenen her iki granitoyide ait kayalarda da görülen yönsemeler bu kayaların oluşumunda fraksiyonel kristallenmenin ve asimilasyonun etkili olduğunu göstermektedir.

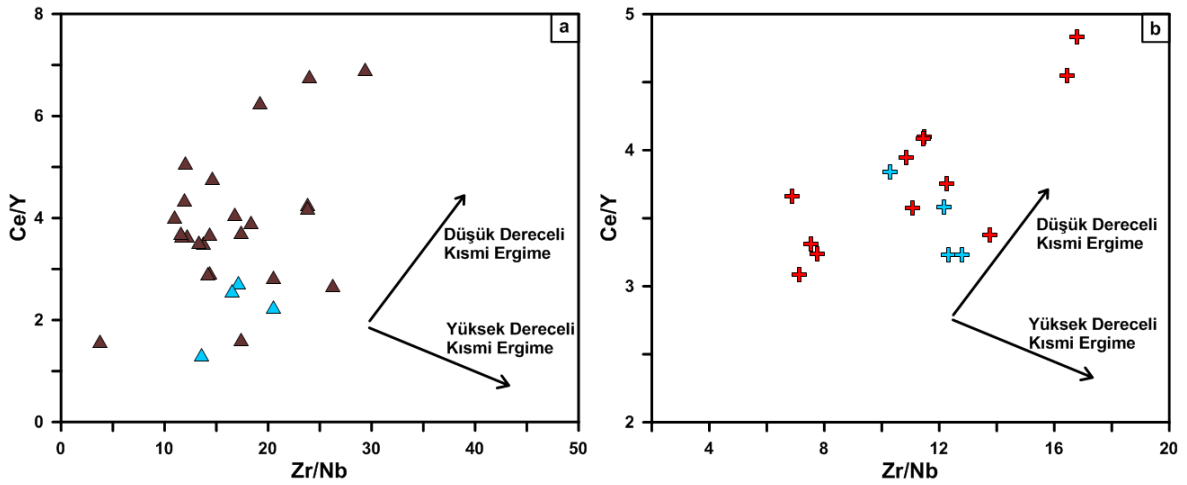
4.1.3. Kısmi Ergime

Granitik kayaları oluşturan magmanın oluşumuna katkıda bulunan kısmi ergime miktarı, ergimeye uğrayan kayaların mineralojisine, uçucu içeriğine, ortamın basınç ve sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Kayaların kısmi ergimeye uğramasında yukarıda belirtilen hususların dışında ergiyeme karşı duraylılık gösteren iz element içerikleri de bu sürecin belirlenmesinde önemli rol oynayabilmektedir. Rb/Ba'a karşı Rb/Sr değişimindeki artış kısmi ergime belirtici olarak kabul edilmekte olup, bu değişimlerin düzgün doğrusal yönelimleri kısmi ergime yönsemesi olarak kabul edilmektedir (Patino Douce ve Johnston, 1991). Gerek Gündoğdu gerekse Boğalı Granitoyidlerine ait örneklerin aşağıdaki şekilde göstermiş olduğu yönseme, granitoyidlerin oluşumu sırasında farklı oranlarda kabuk ve manto malzemelerinin bir miktar kısmi ergimeye uğradığı göstermektedir (Şekil 58a-b).



Şekil 58. a) Gündoğdu ve b) Boğalı Granitoyidlerini oluşturan kayaların Rb/Ba'a karşı Rb/Sr değişim diyagramları (ÜK: Üst Kabuk ve AK: Alt Kabuk değerleri Kerrich ve Wyman, 1996'dan alınmıştır)

Magmanın gelişim süreci olayları dikkate alındığında özellikle eriyik fazda Ce ve Nb elementleri Zr ve Y'den daha uyumsuz davranış sergilemektedirler. Jeokimyasal açıdan Ce/Y oranı LREE zenginleşmesini ifade ederken, Zr/Nb oranları ise kısmi ergime değişim derecesine işaret etmektedir (Fitton vd. 1988). Bu açıdan bakıldığında çalışma alanındaki granitik birimler için Zr/Nb'a karşı Ce/Y diyagramı çizildiğinde Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan magmanın düşük dereceli kısmi ergime ile kontrol edilen ürünler olduğu gözlenmektedir (Şekil 59).

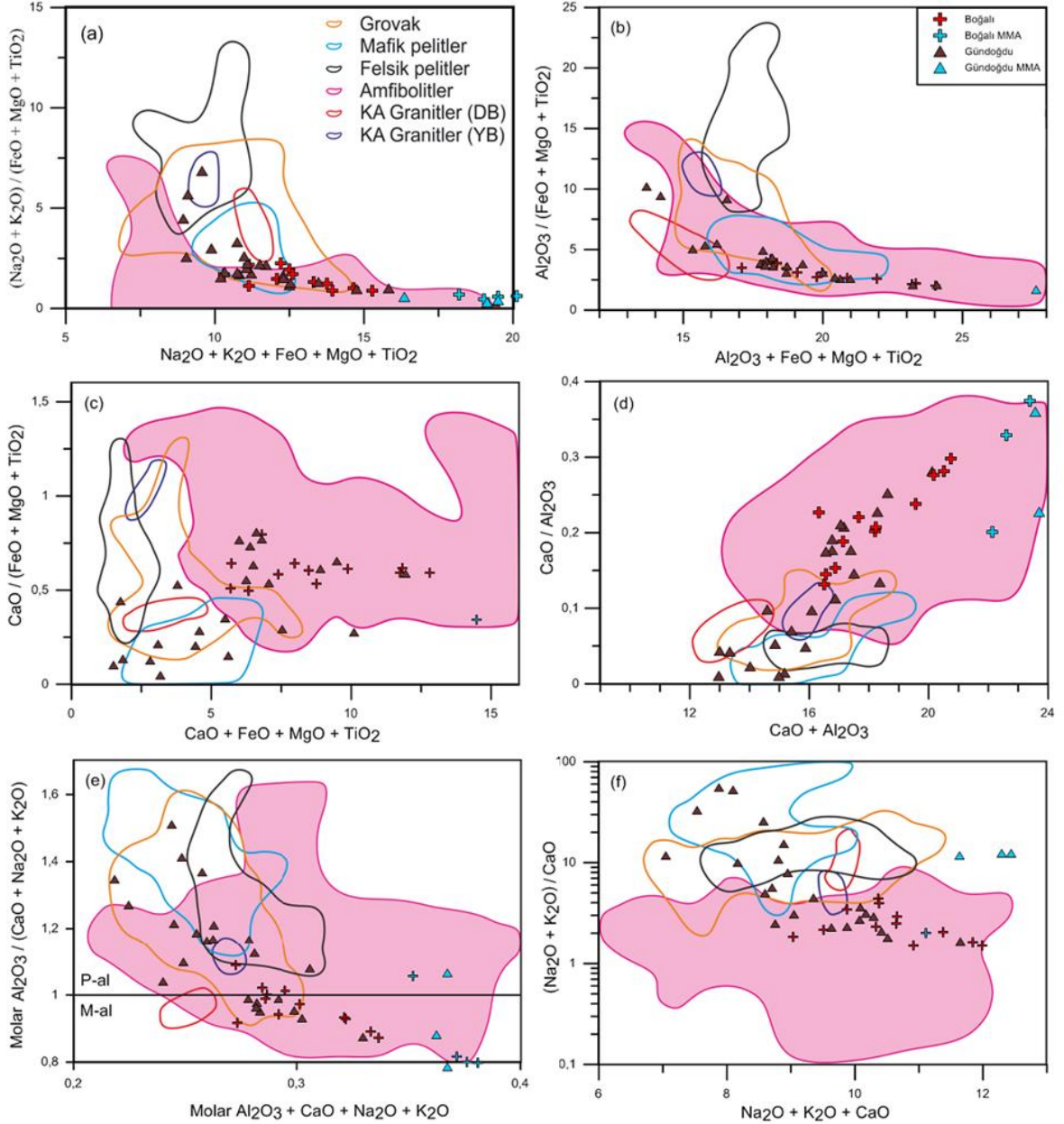


Şekil 59. Çalışma alanı magmatik kayalarına ait Zr/Nb- Ce/Y diyagramı

Granitik kayaçları oluşturan magmalar, genellikle alt kıta kabuğunda metasedimanter ve/veya metaintrüzif kayaçların dehidrasyonu sonucu kısmi ergimesi ile meydana gelmektedirler (Patino Douce ve Johnston 1991, Rapp 1995, Patino Douce ve Beard 1996, Stevens vd. 1997). Kıtasal magmalar arasında bileşimsel farklılıklar, basınç, sıcaklık, H₂O içerikleri ve oksijen fugasitesi gibi ergime şartlarındaki fiziko-kimyasal koşullardan kaynaklanabildiği gibi doğrudan eriyen malzemenin bileşimsel karakterinden de kaynaklanabilmektedir (Patino Douce ve Beard 1995, Patino Douce 1999).

Patino Douce (1999) yapmış olduğu ‘‘Granitik magmaların kökeninde kabuk ve mantonun göreceli katkıları hakkında deneyler bize ne anlatıyor?’’ isimli çalışmada, kıtasal kabuk bileşiminde yer alan farklı kayaların (amfibolit, grovak, mafik-felsik pelit ve kalk alkali granit) değişik ergime koşulları altındaki kısmi ergime ile meydana gelen magmaların bileşimsel farklılıklarını ana element oksit içerikleriyle ifade etmiştir. Çalışma alanındaki intrüzif kayaları oluşturan magmaların kökenlerine yönelik bir yaklaşımda bulunabilmek amacıyla örneklerin ana element oksit değerleri Patino Douce (1999) tarafından önerilen aşağıdaki diyagramlara aktarılmıştır. Bu diyagramlarda görüldüğü gibi Gündoğdu

Granitoyidi'ni oluşturan magmanın yüksek oranda mafik bileşimli, alt kıtasal kabuk kökenli amfibolit türü kayaçların ve daha az oranda grovakların kısmi ergimesiyle ilişkili olduğu görülmektedir. Buna karşın Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan magmanın ise yalnızca yüksek oranda mafik bileşimli, alt kıtasal kabuk kökenli amfibolit türü kayaçların kısmi ergimesiyle ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 60a-f).



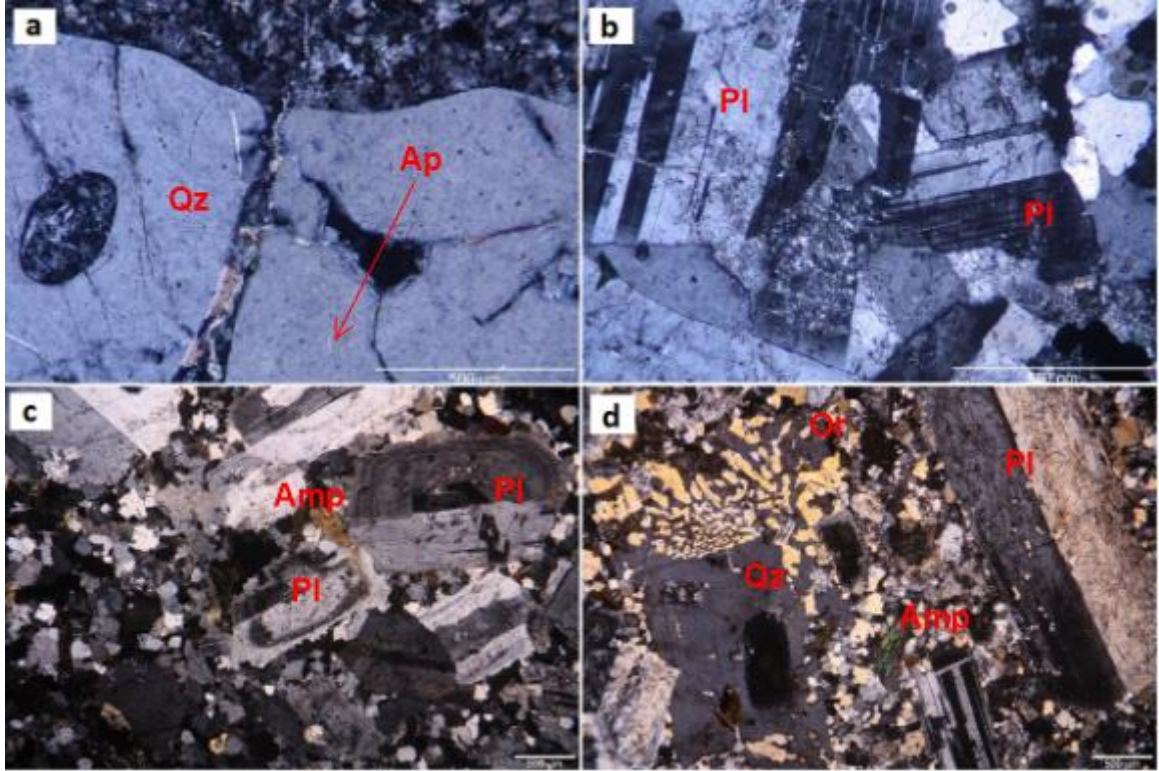
Şekil 60. Çeşitli litolojilerden deneysel olarak dehidrasyon-eritme yöntemi ile üretilen ergiyik bileşimlerin temsil ettiği alanlar. Ergiyik bileşimler KA Granitlerden (Kalk alkali granitler) DB: Düşük basınç (4 kbar) ve YB: Yüksek basınç (8 kbar) koşulları altında dehidrasyon-eritme ile üretilmiştir (Patiño, 1997). Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri'nin Patiño 1999'a göre kısmi ergime bileşimleri (P-al: Peralümina, M-al: Metalümina)

4.1.4. Magma Karışımı

Farklı bileşimdeki bir ya da birkaç magmanın fiziksel ve kimyasal karışımı şeklinde tanımlanmaktadır. Karışım homojen ya da heterojen olmakla beraber bunu belirleyen en önemli faktör, magmaların sahip oldukları viskozite özelliğinden kaynaklanmaktadır (Fernandez ve Barbarin, 1991; Didier ve Barbarin, 1991a).

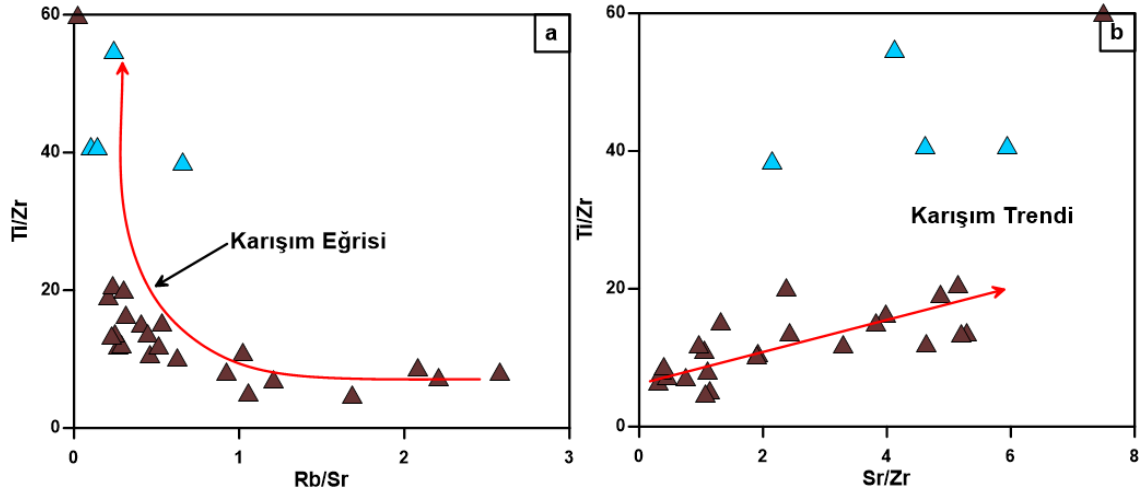
Çalışmanın konusu olan Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri'nden alınan kayaç örneklerinin petrografik, dokusal ve jeokimyasal özellikleri bu granitoyidlerin oluşumunda magma karışımının rol oynadığını göstermektedir. Örneklerde gözlenen çeşitli büyüklük, şekil ve bileşimdeki mafik mikrogranüler anklavların varlığı mafik ve silisik magmanın heterojen karışımı ile açıklanabilir. Ayrıca bu mafik mikrogranüler anklavlar içerisinde bulunan iri K-feldispat fenokristalleri yine magma karışımının göstergelerindendir.

Viskozite özelliği bakımından Newtonian davranış aşamasında olan felsik ve mafik magmaların homojen karışımı şeklinde gelişen ve bazı mikroskobik dokular (Hibbard, 1991; 1995) yardımıyla tanımlanabilen magma mixing, incelenen Granitoyidlerde de gözlenmiştir. Granitoyidlerde gözlenen iğnemsî apatit oluşumları (Şekil 61a), poikilitik dokular (Şekil 61b-d), zonlu plajiyoklaslar (Şekil 61c), özellikle plajiyoklas minerallerinde kenarlarında görülen yeniden büyüme zarfları (Şekil 61c) ve iri plajiyoklas kristalleri içerisinde küçük plajiyoklas kristallerinin bulunması (Şekil 61b) magma karışım olayını vurgulayan dokusal özellikler arasındadır.

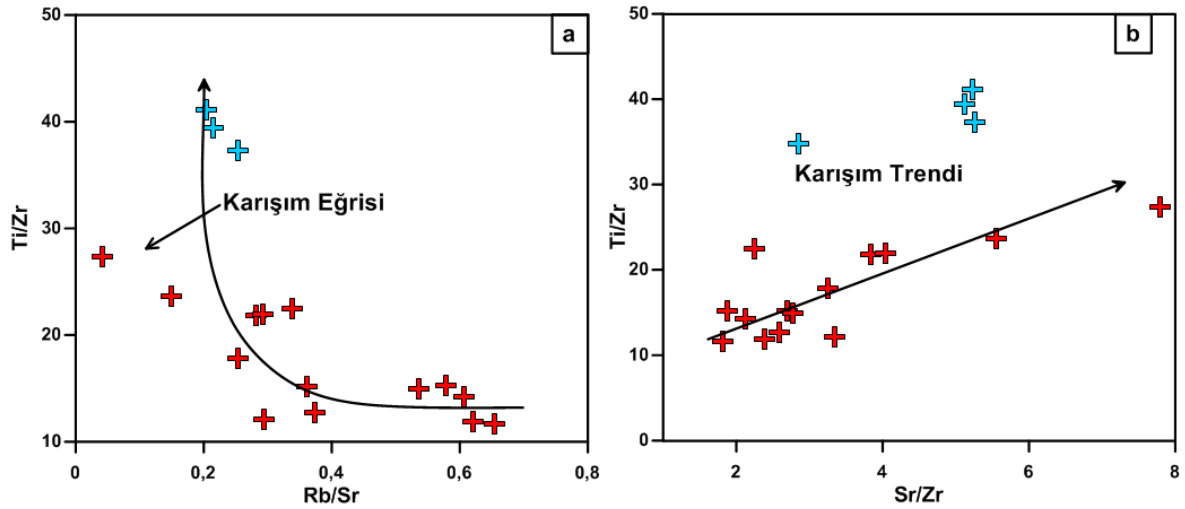


Şekil 61. Gündoğdu ve Boğalı Granitoidlerine ait kayaçlarda görülen ve magma karışımına işaret eden dokusal özellikler

Jeokimyasal olarak, Rb/Sr'a karşı Ti/Zr diyagramında görülen hiperbolik yönelim ve Sr/Zr'a karşı Ti/Zr diyagramında görülen doğrusal yönelimler manto türevli magmalar ile kabuk türevli magmaların karışımını göstermektedir (Karlı ve diğ., 2007). Gündoğdu ve Boğalı Granitoidlerine ait örneklerin Rb/Sr'a karşı Ti/Zr diyagramlarında gösterdikleri hiperbolik dağılım ve Sr/Zr'a karşı Ti/Zr diyagramında gözlenen çizgisel korelasyonlar, her iki granitoidi oluşturan magmanın da farklı oranlarda karışmış magmaların ürünü olduğunun bir göstergesidir(Şekil 62-63).



Şekil 62. Gündoğdu Granitoidine ait örneklerin (a) Rb/Sr-Ti/Zr ve (b) Sr/Zr-Ti/Zr diyagramındaki konumları



Şekil 63. Boğalı Granitoidine ait örneklerin (a) Rb/Sr-Ti/Zr ve (b) Sr/Zr-Ti/Zr diyagramındaki konumları

4.1.5. Gündoğdu ve Boğalı Granitoidleri'nin Magma Kaynağı

Gündoğdu ve Boğalı Granitoidlerine ait kayaçlar genellikle yüksek K'lu kalk-alkalin ve şoşonitik seride yer almakta olup I-tipi granit özelliği sunarlar. Silika içerikleri değerlendirildiğinde (Gündoğdu $\text{SiO}_2=50-76$, Boğalı $\text{SiO}_2:61-70$ % ağı.), geniş bir kimyasal aralığa sahip oldukları anlaşılır. Kayaçların Mg# değerleri, göreceli olarak orta-düşük olmakla birlikte, geniş-kısmen geniş bir aralıkta değişim gösterirler. Bu değerler, ilksel bir manto ergiliğine ait değerlerle uyumlu durmamaktadır. Kayaçların sahip olduğu bu tür bileşimler; (i) manto kaynağının kısmi ergimeye uğraması ile (Grove ve Donnelly-Nolan 1986; Han vd., 1997; Soesoo, 2000), (ii) mafik alt kabuğun kısmi ergimeye uğraması ile

(Wolf ve Wyllie, 1994; Şen ve Dunn, 1994; Rapp ve Watson, 1995; Springer ve Seck, 1997) veya (iii) alt kabuk ve manto türevli ergiyiklerin farklı oranlarda karışımı sonucu oluşan bir ana magmanın kontaminasyona uğrayarak veya uğramadan fraksiyonel kristallenmeye mağruz kalmasıyla (Barbarin, 1999; Ferre ve Bernard, 2001; Chen vd., 2003; Karslı vd., 2007; Yang vd., 2007) meydana gelebilirler.

Granitoyidlerden alınan örnekler, iz element değişim diyagramlarında, negatif Ba, Nb ve Ti anomalileri göstermektedirler (Şekil 50-51). Ayrıca geniş iyon yarıçaplı litofil ve hafif lantan grubu elementlerce zenginleşme gösterirlerki, bu tipik bir kabuk türevli ergiyiğe işaret etmektedir. Ancak, tüm bu özellikler, her zaman kabuk türevli bir ergiyiğe değil, kısmi ergimeden önce eski bir yitim sürecinde yitim kaynaklı sıvılarca metozomatize olmuş, zenginleşmiş bir manto kaynağının kısmi ergimesinden kaynaklanan bir ergiyiğe de benzemektedir (Hawkesworth vd., 1993; Rottura vd., 1998; Cameron vd., 2003).

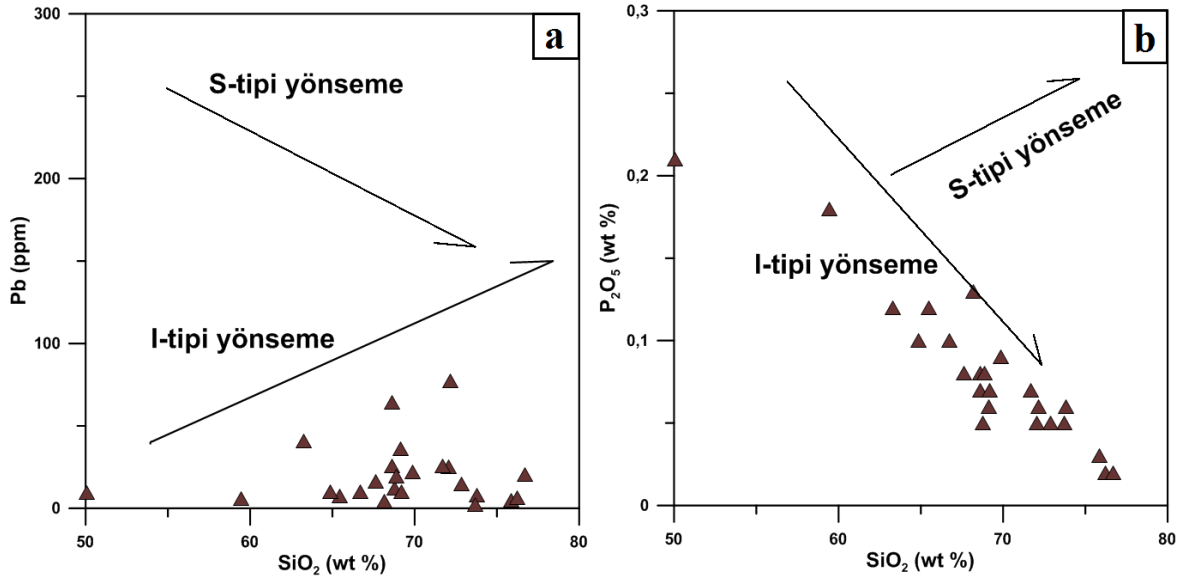
Granitoyidlerden analizi yapılan örnekler düşük $Al_2O_3/(FeO+MgO+TiO_2)$ ve yüksek $Al_2O_3+FeO+MgO+TiO_2$ değerlerine sahip oldukları için çoklukla amfibolit türevli ergiyik alanına düşmektedirler (Şekil 60b). Tüm bilgiler birlikte değerlendirildiğinde, her iki granitoyid oluşumunda, mafik amfibol ve plajiyoklas içeren bir alt kabuk dehidrasyona uğrayarak önemli ölçüde katkı sağlamıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan bir çok çalışmada hibrid granitoyidlerin kökeninde manto ve alt kabuk kayaçlarının kaynak kaya olduğu, ancak bunlardan türeyen ergiyiklerin farklı oranlarda oluşuma katkı sağladığı anlaşılmıştır (Karslı vd., 2007; Karslı vd., 2010a).

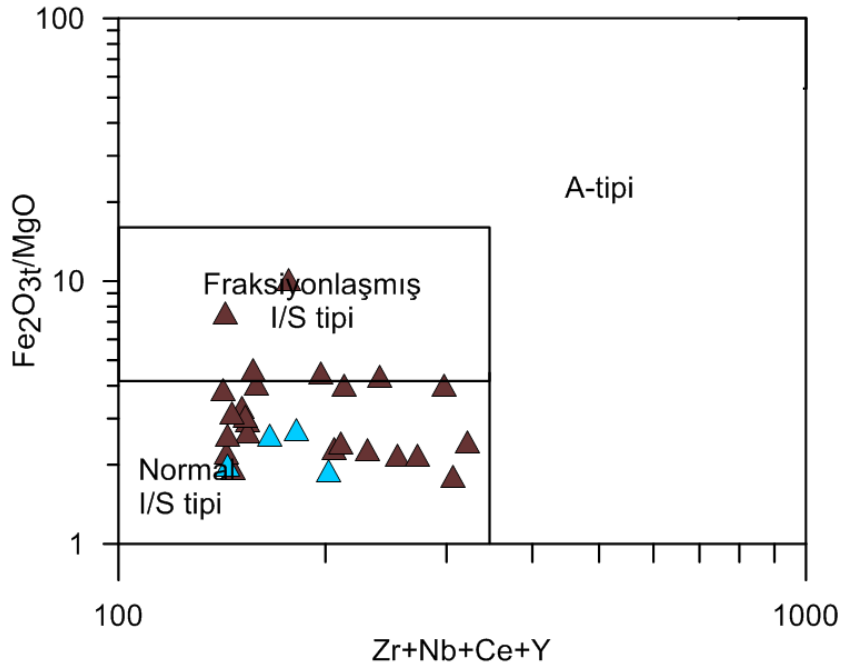
Alt kabuk katkısının % 75 den fazla olduğu hibrit Harşit Plütunu, İkizdere Plütunu, Dağbaşı Granitoyidi ve Pırnallı Plütunu'nda vb. $Al_2O_3+FeO+MgO+TiO_2$ değerleri düşüktür. Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri söz konusu değer bakımından bu plütonlar ile çok yakın benzerlik sunmaktadır. Bu benzerliğe dayanarak Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan magma kaynağının ağırlıklı olarak mafik alt kabuk olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, tüm bu veriler özet olarak her iki granitoyidin de mafik alt kabuk türevli ergiyik ve kıta altı litosferik manto türevli ergiyiklerin oluşturduğu hibrit bir ana magmadan fraksiyonel kristallenmeye uğrayarak geliştiği kabul edilebilir.

4.1.6 Tektonik Konum

Gündoğdu Granitoidi'nde molar A/CNK'ya karşı A/NK diyagramında (Shand, 1943) örneklerin tamamı ve MMA'ların büyük bir çoğunluğu volkanik yayların tipik granitoidleri olan I tipi granitoidleri temsil eden alanda yer alırken bir kısmı ise S tipi granitoidleri temsil eden alanda yer almaktadır (Şekil 44b). Bununla birlikte SiO_2 'ye karşı Pb diyagramındaki pozitif ve SiO_2 'ye karşı P_2O_5 diyagramındaki (Chappell ve White, 1992) negatif korelasyon açıkça I tipi yönelimi desteklemektedir (Şekil 64a ve 64b). $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ 'e karşı $(\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y})$ diyagramında (Whalen vd., 1987) Gündoğdu Granitoidine ait tüm örnekler normal I-S tipi granit alanında yer alırlar (Şekil 65). Örneklerin bir kısmının Şekil 44b'de S-tipi granitleri temsil eden alanda bulunmasının sebebi ise feldspat alterasyonu ve neticesinde mobilize olan Na, K ve Ca elementlerinin ortamdaki uzaklaşması ve geride kalan Al_2O_3 'ün zenginleşmesi ile A/CNK oranının artmasıdır.

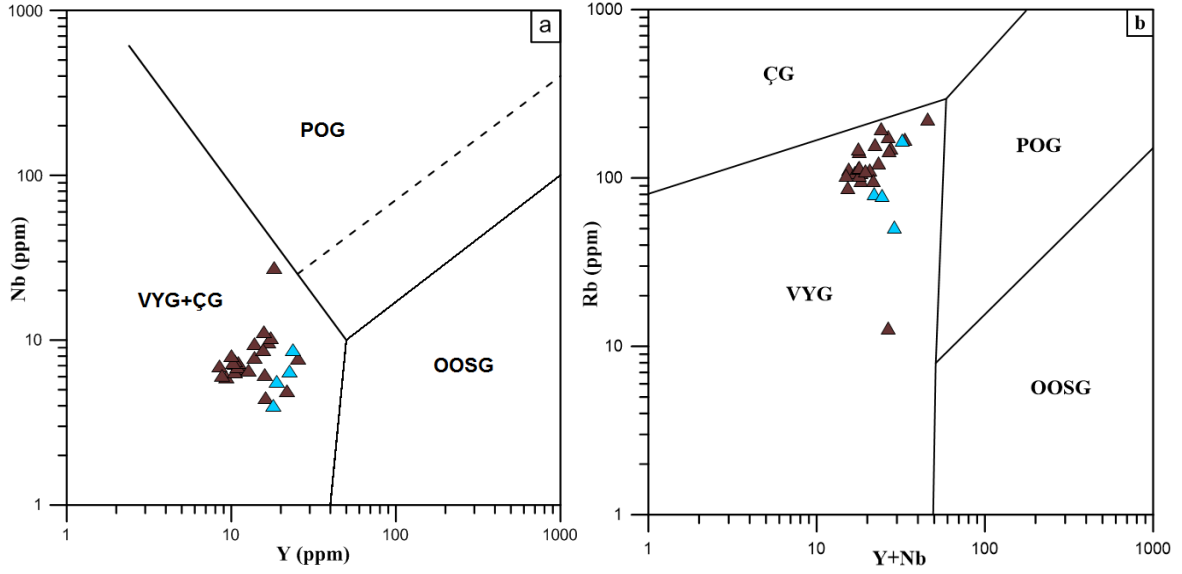


Şekil 64. a) SiO_2 'ye karşı Pb ve b) SiO_2 'ye karşı P_2O_5 değişim diyagramları (Chappell ve White, 1992)

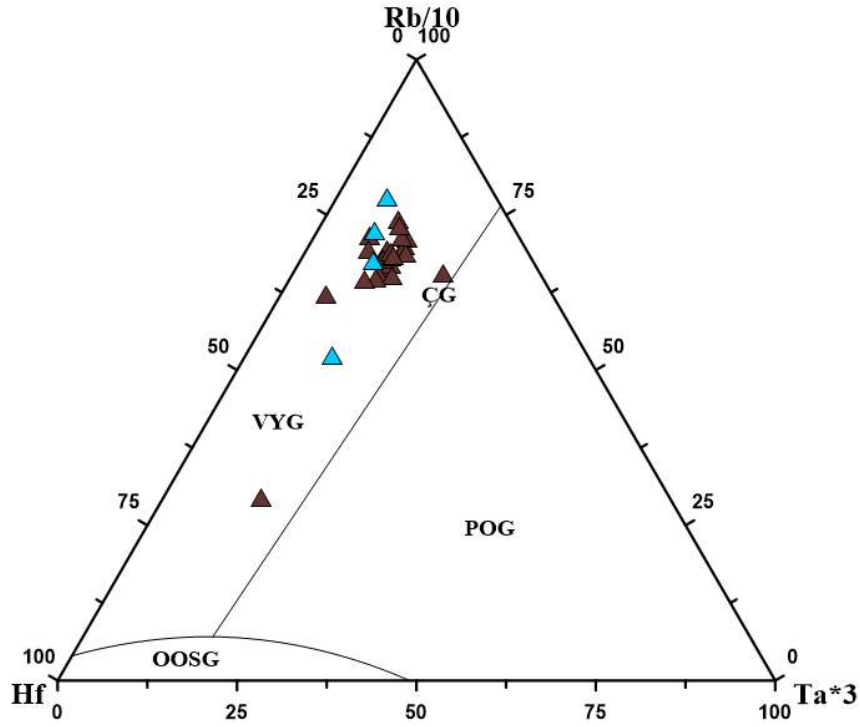


Şekil 65. $\text{Fe}_2\text{O}_{3t}/\text{MgO}$ 'e karşı $(\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y})$ sınıflama diyagramı (Whalen vd., 1987)

Nb-Y diyagramında (Pearce, vd., 1984) Gündoğdu Granitoyidi'ne ait örnekler volkanik yay granitoyidleri (VYG) ve çarpışma ile eş zamanlı granitoyidler (ÇG) alanında yer aldıkları görülür (Şekil 66a). Volkanik yay granitlerini, çarpışmayla eş yaşlı granitlerden ayırt eden Rb-(Nb+Y) diyagramında (Pearce, vd., 1984), örnekler volkanik yay granitoyidleri temsil eden alanda yer alırlar (Şekil 66b). Harris vd., (1986) tarafından önerilen $\text{Rb}/10\text{-Hf-Ta} \times 3$ diyagramında örnekler aynı şekilde volkanik yay granitoyidleri alanında toplanmaktadır (Şekil 67). Sonuç olarak Gündoğdu Granitoyidi'ni oluşturan kayaçların oluşmuş olduğu tektonik ortam, ayırtman diyagramlarında genellikle volkanik yay granitoyidleri alanında toplanmaktadır.

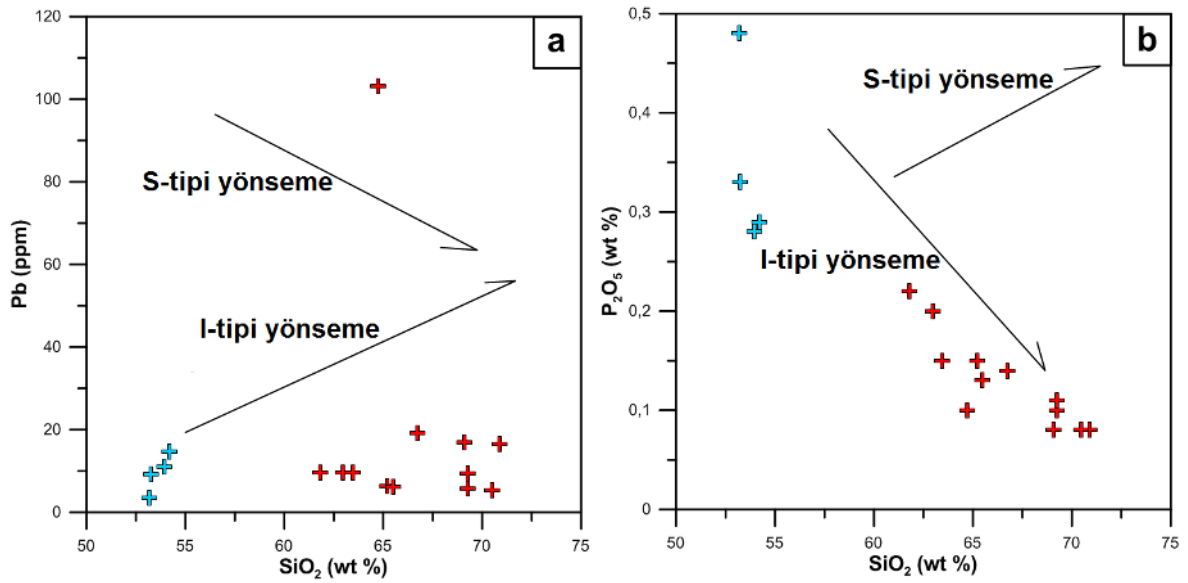


Şekil 66. a) Gündoğdu Granitoyidi'ne ait kayaç örneklerinin Nb-Y grafiği, b) Rb-(Y+Nb) diyagramlarındaki (Pearce vd., 1984) konumları. POG: Plaka ortası granitoyidleri, OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoyidleri, VYG: Volkanik yay granitoyidleri, ÇG: Çarpışma granitoyidleri

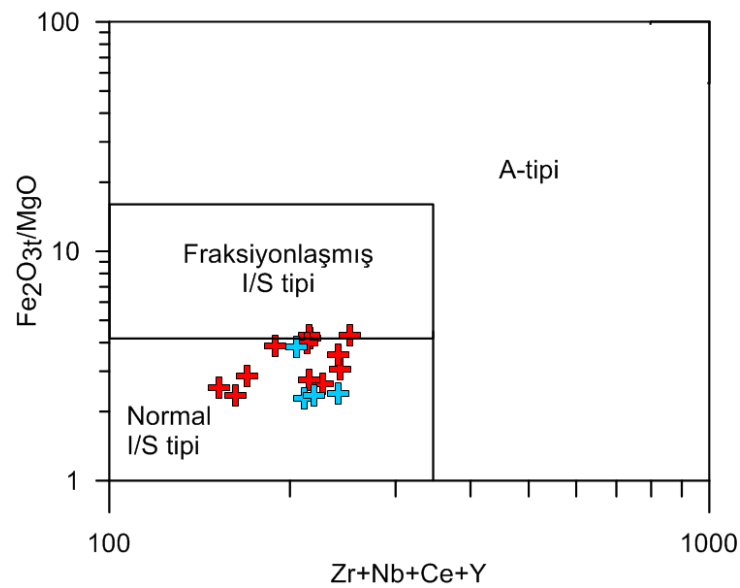


Şekil 67. Gündoğdu Granitoidine ait kayaç örneklerinin Rb/10-Hf-Ta*3 tektonik ortam ayırtman diyagramındaki (Harris vd., 1986) konumları. POG: Plaka ortası granitoyidleri, OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoyidleri, VYG: Volkanik yay granitoyidleri, ÇG: Çarpışma granitoyidleri

Boğalı Granitoyidi'nde molar A/CNK'ya karşı A/NK diyagramında (Shand, 1943) örneklerin tamamı ve MMA'ların neredeyse tamamı volkanik yayların tipik granitoidleri olan I tipi granitoidleri temsil eden alanda yer alırlar (Şekil 45b). Bununla birlikte SiO_2 'ye karşı Pb diyagramındaki pozitif ve SiO_2 'ye karşı P_2O_5 diyagramındaki (Chappell ve White, 1992) negatif korelasyon I tipi trendi desteklemektedir (Şekil 68a ve 68b). $\text{Fe}_2\text{O}_{3t}/\text{MgO}$ 'e karşı $(\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y})$ diyagramında (Whalen vd., 1987) Boğalı Granitoidine ait tüm örnekler normal I-S tipi granit alanında yer alırlar (Şekil 69).

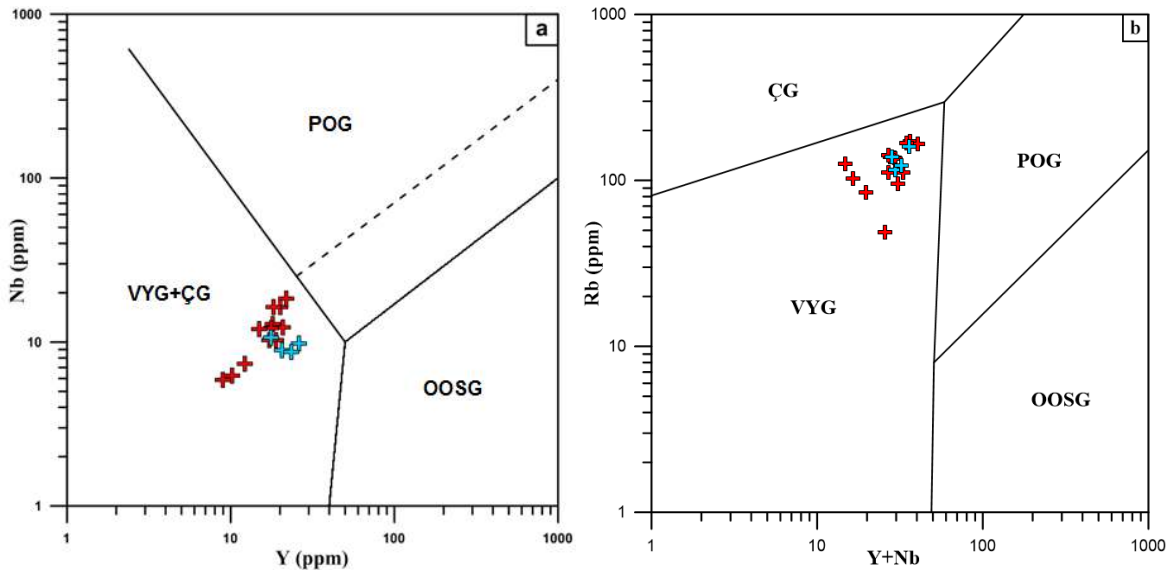


Şekil 68. a) SiO_2 'ye karşı Pb ve b) SiO_2 'ye karşı P_2O_5 değişim diyagramları (Chappell ve White, 1992)

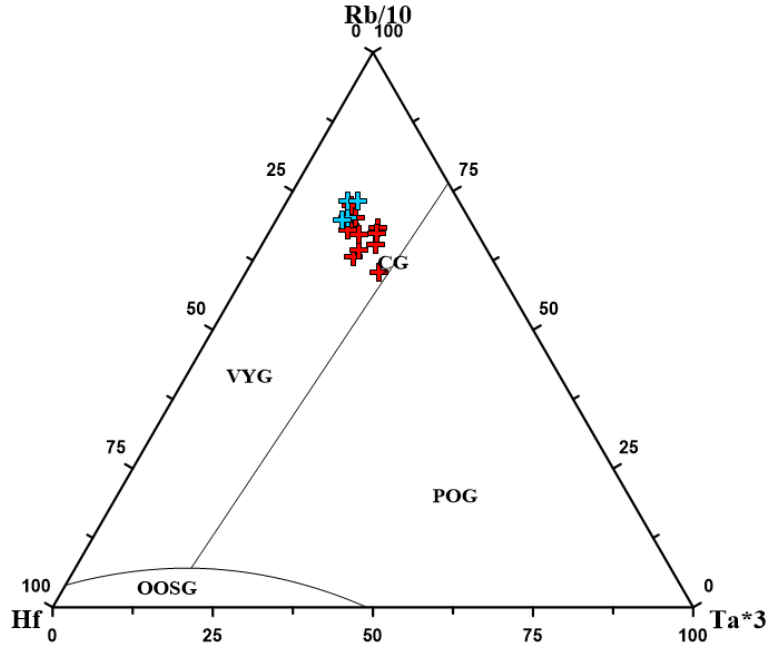


Şekil 69. $\text{Fe}_2\text{O}_{3t}/\text{MgO}$ 'e karşı $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ sınıflama diyagramı (Whalen vd., 1987)

Nb-Y diyagramında (Pearce, vd., 1984) Boğalı Granitoyidi'ne ait örnekler volkanik yay granitoidleri (VYG) ve çarpışma ile eş zamanlı granitoidler (ÇG) alanında yer aldıkları görülür (Şekil 70a). Volkanik yay granitlerini, çarpışmayla eş yaşlı granitlerden ayırt eden Rb-(Nb+Y) diyagramında (Pearce, vd., 1984), örnekler volkanik yay granitoidlerini temsil eden alanda yer alırlar (Şekil 70b). Harris vd., (1986) tarafından önerilen Rb/10 - Hf - Ta*3 diyagramında örnekler aynı şekilde volkanik yay granitoidleri alanında toplanmaktadır (Şekil 71). Sonuç olarak Boğalı Granitoyidi'ni oluşturan kayaların oluşmuş olduğu tektonik ortam, ayırtman diyagramlarında genellikle volkanik yay granitoidleri alanında toplanmaktadır.



Şekil 70. a) Boğalı Granitoidine ait kayaç örneklerinin Nb-Y grafiği, b) Rb-(Y+Nb) diyagramlarındaki (Pearce vd., 1984) konumları. POG: Plaka ortası granitoidleri, OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoidleri, VYG: Volkanik yay granitoidleri, ÇG: Çarpışma granitoidleri



Şekil 71. Boğalı Granitoidine ait kayaç örneklerinin Rb/10-Hf-Ta*3 tektonik ortam ayırtman diyagramındaki (Harris vd., 1986) konumları. POG: Plaka ortası granitoidleri, OOSG: Okyanus ortası sırtı granitoidleri, VYG: Volkanik yay granitoidleri, ÇG: Çarpışma granitoidleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Doğu Pontid Tektonik Birliği içerisinde, Kuzey Zon'da yer alan çalışma alanındaki Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı Granitoyidler çalışma alanında genellikle Üst Kretase yaşlı volkanik kayalarla keserek yerleşmişlerdir. Çalışmanın konusu olan Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidleri KD-GB veya KB-GD doğrultulu kıvrım ve çatlak sistemine bağlı olarak gelişmişlerdir.

2. İncelenen Gündoğdu Granitoyidi örnekleri kuvars, plajiyoklas ($An_{2.67-90.42}$), ortoklas ($Or_{65.00-99.00}$), amfibol ($Mg\#$: 0.63-0.74), biyotit ve opak minerallerden oluşan alkali feldispat granit, monzogranit, granodiyorit, kuvars monzodiyorit ve gabro bileşimli iken, MMA'lar monzonit, monzodiyorit ve kuvars monzodiyorit bileşimindedir.

3. Boğalı Granitoyidi örnekleri ortoklas ($Or_{75.20-96.30}$), kuvars, plajiyoklas ($An_{11.42-66.28}$), amfibol ($Mg\#$: 0.73-1.00), biyotit ve opak minerallerden oluşan monzogranit, granodiyorit ve kuvars monzonit bileşimli kayalardan oluşurken, MMA'lar ise monzonit ve monzodiyorit bileşimindeki kayalardan oluşmaktadır.

4. Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidlerini oluşturan kayaç grupları petrografik olarak incelendiğinde Gündoğdu Granitoyidi'nin çoğunlukla tüm kristalli ince-orta daneli doku ve mikro granüler porfirik doku gösterdiği, Boğalı Granitoyidi'nin ise ince daneli porfirik doku, orta daneli tüm kristalli doku, poiklitik doku ve mirmekitik doku gösterdiği görülmektedir.

5. Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidi'ne ait kayaçların içerdikleri minerallerin kimyalarından yararlanılarak jeotermobarometre hesaplamaları yapılmıştır. İncelenen Gündoğdu Granitoyidine ait örneklerin feldispat jeotermometresine göre hesaplanan sıcaklıkları 600-700 °C, içerdikleri MMA'lara ait sıcaklıkları 600-750 °C arasında değişmektedir. Granitoyide ait yapılan hornblend-plajiyoklas jeotermometresinde ise sıcaklıklar 659 ± 17.5 °C olarak hesaplanmıştır. Boğalı Granitoyidine ait örneklerde yapılan hesaplamalarda ise feldispat jeotermometresine göre hesaplanan sıcaklıkları 600-700 °C, içerdikleri MMA'lara ait sıcaklıkları 600-550 °C arasında değişmektedir. Granitoyide ait yapılan hornblend-plajiyoklas jeotermometresinde ise sıcaklıklar 667.3 ± 23.3 °C, MMA'larda ise 654 ± 1.5 °C olarak hesaplanmıştır. Yine Boğalı Granitoyidi örneklerinde yapılan hornblend-plajiyoklas jeobarometresine göre ortalama kristallenme basınçları 2.87 ± 0.57 kbar olarak hesaplanmıştır.

6. Jeokimyasal verilere göre incelenen Gündoğdu Granitoyidi yüksek K'lu ve kalk alkali ve I tipi özelliğe sahiptir. Ayrıca değişim diyagramlarında gözlenen iyi pozitif ve negatif yönsemeler ise granitoyide ait kayaçların gelişiminde plajiyoklas $\pm$ hornblend $\pm$ biyotit $\pm$ magnetit, Ti-oksit ve apatit ayrımlaşmasının önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir. Boğalı Granitoyidi ise yüksek K'lu-şoşonitik seride yer almakta olup, kalk-alkali ve I tipi özelliğe sahiptir. Bunu yanında değişim diyagramlarında gözlenen yönsemeler ise benzer şekilde granitoyide ait kayaçların gelişiminde plajiyoklas $\pm$ hornblend $\pm$ biyotit $\pm$ magnetit, Ti-oksit ve apatit ayrımlaşmasının etkin rol oynadığını göstermektedir.

7. İncelenen Gündoğdu ve Boğalı Granitoyidine ait kayaç örnekleri ve içerdikleri anklavların ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Cs, Rb, Ba) ve yüksek çekim alan elementlerinde (HFSE) (Th, Nb, U)'de oldukça fazla zenginleşme görülmektedir. Ayrıca örneklerin kondirite göre normalize edilmiş lantan grubu element diyagramlarına göre hafif lantan grubu elementlerin (LREE) ağır lantan grubu elementlere (HREE) göre daha fazla zenginleştiği görülmekte olup, her iki kütleinin kendi içinde genellikle birbirine paralel dağılım göstermeleri aynı veya benzer kaynaktan itibaren oluştuğunu göstermektedir.

8. Tektonik ortam ayırtman diyagramlarına göre, yüksek Nb/Yb ve Th/Yb içeriklerine sahip granitoyidler, volkanik yay granitoyidlerini temsil eden alanına düşmektedirler. Bu ve diğer jeokimyasal veriler granitoyitleri oluşturan magmanın, mafik alt kabuk türevli ergiyik ve kıta altı litosferik manto türevli ergiyiklerin oluşturduğu hibrit bir ana magmadan fraksiyonel kristallenmeye uğrayarak geliştiği kabul edilebilir.

9. İncelenen Boğalı Granitoyidi Dokuz (yayınlanmamış veri) tarafından Ar-Ar (hornblend mineralinden) yöntemiyle yaşlandırılmış ve birimin plato yaşı 75.57 ± 0.37 My olarak bulunmuştur.

10. Tez kapsamında yapılan çalışmaların devamında Boğalı Granitoyidi'nin yanı sıra Gündoğdu Granitoyidi'nin de jeokronolojik konumu belirlenmeli ve her iki kütleinin Sr-Nd-Pb izotop analizleri yapılmalıdır. Böylece granitoyidlerin kökensel özellikleri detaylı olarak aydınlatılarak Pontidler'in Kretase-Paleosen dönemi jeotektonik evrimine önemli katkılar sağlanılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akın, H., 1978. Geologie, Magmatismus und Lager-staettenbidung im ostpontischen Gebirge-Turkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geologische Rundschau, 68, 253-283.
- Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. Monografileri, 22, İstanbul, 135.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P., Satır, M., ve Lahaye, Y., 2008. Geochemical and Sr–Nd–Pb isotopic characteristics of Paleocene Plagioclitites from the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 105, 149–161.
- Altınkaynak, L., 2000. Ağvanis masifi doğu kesimi ve çevre kayaçlarının jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Anderson, J.L., and Smith, D.R., 1995. The effects of temperature and fO_2 Al-in-hornblende barometer: American Mineralogist, 80, 549–559. doi: 10.2138/am-1995-5-614
- Arni, P., 1939. Doğu Anadolu ve mücavir mıntıkalarının tektonik ana hatları, M.A.T. Tayini., seri B, No. 4, Ankara.
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, İ., 2001. Geochemical and Petrological Characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene evolution of Eastern Pontide arc volcanism, Northeast Turkey, International Geology Review, 43, 595-610.
- Arslan, M., Şen, C., Aliyazıcıoğlu, İ., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. 2000. Comparative geology, mineralogy and petrology of Eocene (?) volcanics in Trabzon and Gümüşhane areas (NE, Turkey). Earth Science and Mining Conference, Journal of Conference Book 1, 39-53.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D. ve Şen, C., 2013. ^{40}Ar - ^{39}Ar Dating, Whole-Rock and Sr-Nd-Pb Isotope Geochemistry of Post-Collisional Eocene Volcanic Rocks in the Southern Part of the Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for Magma Evolution in Extension-Induced Origin, Contributions to Mineralogy and Petrology, 10, 1007, 410-013-0868-3.
- Arslan, M., ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of Tertiary granitic intrusion in the Eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177-193.

- Aslan, Z., 2010. U-Pb Zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187, 3, 329-346.
- Aydın, F. 2003. Değirmendere vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydıncakır, E. ve Şen, C., 2013. Petrogenesis of the Post-Collisional Volcanic Rocks from the Borçka (Artvin) area: Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 172-173, 98-117.
- Aydıncakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early Eocene Non-adakitic Volcanism in NE Turkey: Constraints on the Geodynamic Implications, Lithos, 208/209, 361-377.
- Aydıncakır, E., 2016. Subduction-related Late Cretaceous high-K volcanism in the Central Pontides orogenic belt: Constraints on geodynamic implications, Geodinamica Acta, 28(4), 379-411.
- Aydıncakır, E., 2017. Taşlıyayla (Çaykara, Trabzon, KD Türkiye) Civarı Geç Kretase Yaşlı Kalk-alkali Volkanik kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7, (1): 51-78.
- Aydın, F., Karslı, O. ve Chen, B., 2008. Petrogenesis of the Neogene Alkaline Volcanics with Implications for Post Collisional Lithospheric Thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey, Lithos, 104, 249-266.
- Bacon, C.R., Hirschmann, M.M., 1988. Mg/Mn Partitioning as a Test for Equilibrium Between Coexisting Fe-Ti Oxides, American Mineralogist, 73; 57-61.
- Bektas, O., Yılmaz, C, Taslı, K., Akdag, K. ve Özgür, S., 1995. Cretaceous, Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform (NE Turkey); The Formation of Carbonate Breccias and Turbidites as Evidiance of a Drowned Platform, Giornale di Geologia, 57.
- Bektaş, O., 1984. Pontidlerde Üst Kretase yaşlı şoşonitik volkanizma ve jeotektonik önemi. KÜ Yerbilimleri Dergisi, Jeoloji, 3, 1, 2, 53-62.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc-Back Arc of Eastern Pontides, MTA Bulletin, 103-104, 1-15.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boztuğ, D., Erçin, A.I., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, I. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical Characteristics of the Composite Kaçkar Batholith Generated in a Neo-Tethyan Convergence System, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.

- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G.A., Ercin, A. I. ve Yegingil, Z., 2007. Titanite and Zircon Fission- Track Dating Resolves Successive İgneous Episodes in the Formation of the Composite Kackar Batholith in the Turkish Eastern Pontides, International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), 96, 875-886.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.c., Wagner, G.A. ve Yeğingil, Z., 2004. Slow Senonian and fast Paleocene-Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results, Tectonophysics, 382, 213-228.
- Chappell, B. W., ve White, A. J. R., 1992, I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. Trans. R. Soc. Edinb. Earth Science, 83, 1-26.
- Çakmak, G. ve Kaygusuz, A., 2014. Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (GÜ FBED), 4 (1): 46-63.
- Çoğulu, E. 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar, İTÜ Kütüphanesi, 1034, İstanbul.
- Debon, F., ve Le Fort, P., 1983. A chemical-minerological classification of common plutonic rocks and associations, Trans, Roy. Soc., Edinburgh, Earth Sci., 73, 135-149.
- Didier, J. ve Barbarin, B., (eds.), 1991a. Enclaves and Granite Petrology: Developments in Petrology, 13, Elsevier, Amsterdam, 625p.
- Didier, J. ve Barbarin, B., 1991b. The Different Types of Enclaves in Granites Nomenclature, In: Didier, J. and Barbarin, B., (eds), Enclaves and Granite Petrology, Development in Petrology, 13 Elsevier, 19-24.
- 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., 2000. Yusufeli yöresinin jeolojisi, jeotektoniği, magmatik-metamorfik kayaçların jeokimyası ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dokuz, A., 2011. A Slab Detachment and Delamination Model for the Generation of Carboniferous High-Potassium I-Type Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse Composite Pluton. Gondwana Research 19: 926-944.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasies İncelemesi, MMLS Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erentöz, C., ve Ketin İ. 1974. Explanatory text of the geological map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars). Special Publication of Mineral Research and Exploration, 57.

- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous high-K volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt, and its implications for the geodynamic evolution of NE Turkey. International Geology Review, 52 (2-3), 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Maden, N., Jacoby, W.R. ve Özer, R., 2006. Three axial extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey), Geologica Carpathica, 57, 5, 337-346.
- Eyüboğlu Y., Santosh M. ve Chung S.L., 2011. 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., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O., 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., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E., 2011b. Migration magmatism in a continental arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited, Journal of Geodynamics, 52, 2-15.
- Fernández, A. ve Barbarin, B., 1991. Relative rheology of coeval mafic and felsic magmas: Nature of resulting interaction processes and shape and mineral fabrics of mafic mineral enclaves. In: Didier, J., Barbarin, B. (eds.). Enclaves and Granite Petrology. Amsterdam, Elsevier, 263-276.
- Fitton, J.G., James, D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S. ve Leeman, W.P., 1988. The role of lithospheric mantle in the generation of Late-Cenozoic basic magmas in the Western United States, Journal of Petrology, Special Lithosphere Issue, 331-349.
- Fuhrman, M.L. ve Lidsley, D.H., 1988. Ternary-feldspar Modelling and Thermometry, American Mineralogist, 73; 201-215.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karatas, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemsin Arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki Bölgesel Yayılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15-38.
- Gedikoglu, A., Pelin, S., Özsayar, T., 1979. The main Lines of Geotectonic development in the East Pontids in the Mesozoic era, Geocome-I, 555-580.
- Gülmez, F., Genç, Ş. C., 2015. Amasya Civarı Geç Kretase Yaşlı Ultrapotasik Volkaniklerinde Farklılaşma Süreçleri. Maden Teknik Arama Dergisi, 151, 153–172.
- Güngör, Y., Boztug, D. ve Yılmaz, O., 1997. Kaçkar batoliti Altıparmak dağı- Soganlı dağı arası (GD Çamlıhemsin-Rize) kesiminin petrografik, jeokimyasal ve petrojenetik incelenmesi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, 30 Nisan - 3 Mayıs 1997, Adana, Bildiri Özleri, s. 223-224.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidler'in 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara, 98.

- Hamilton, W. J., 1842, *Recearches in Asia Minör, Pontus and Armenia*, Londra.
- Hammarson, J.M., ve Zen, E., 1986, Aluminium in hornblende: An empirical igneous geobarometer: American Mineralogist, 71, 1297–1313.
- Harris, N. B. W., Pearce, J. A. ve Tindle, A. G., 1986, Geochemical charesteristics of collision zone magmatism, In collision tectonics, M. P., Coward, M. P. and Ries, A. C. (Eds.), Geol. Soc. Sp. Publ., 19, 67-81.
- Hibbard, M. J. (1995). *Petrography to petrogenesis*. Prentice Hall, 587.
- Hibbard, M. J., 1991. Textural anatomy of twelve magma mixed granitoid systems, In: Didier, J. And Barbarin, B. (eds.), *Enclaves and Granite Petrology*, Development in Petrology, 13, Elsevier, 431-444.
- Holland, T.J.B. ve Blundy, J.D., 1994. Non-ideal Interactions in Calcic Amphiboles and their Bearing on Amphibole-Plagioc Lase 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 correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calcalkaline: American Mineralogist, 72, 213–239.
- Jica, 1986. The republic of Turkey report on the cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, consolidated report. Japan International Cooperation Agency, 146.
- 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. doi: 10.1130/0091-7613 (1989)0172.3.CO;2
- Kargı, H., 1987. Araklı-Bahçecik Granitoyidinin petrografik ve jenetik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen. Bil. Enst., 53 sayfa, Trabzon.
- Karşlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, M.B., 2004. The Morphology and Chemistry of K-Feldspar Megacrysts from İkizdere Pluton: Evidence for Acid and Basic Magma Interactions in Granitoid Rocks, NE Turkey. Chemie der Erde-Geochemistry 64, 155-170.
- Karşlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb Isotopic Compositions of the Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Turkey: Impications for Magma İnteraction in the Genesis of High-K Calk-Alkaline Granitoids in a Postcollision Extensional Setting, Lithos, 98, 67-96.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010a. Relative Contributions of Crust and Mantle to Generation of Campanian High-K Calk-Alkaline I-Type Granitoids in a Subduction Setting, with Special Reference to the Harsit Pluton, Eastern Turkey, Contribution to Mineralogy and Petrology, 160, 467-487.

- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, 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., Dokuz, A., Uysal, I., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R., 2012. 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, I., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-Like Granitoid Porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: Potential Parental Melts and Geodynamic Implications, Lithos, 127, 354-372.
- 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 ve Chemical Equilibration. Chemie der Erde, 69, 247-277.
- Kaygusuz, A ve Aydınçakır, E., 2011. U-Pb Zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of Cretaceous Plutons in the Eastern Pontides (NE Turkey): the Dağbaşı Pluton, Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188, 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, 71, 59-75.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve çevresinde yüzeylenen kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 235 sayfa, Trabzon.
- Kaygusuz, A., Arslan M., Siebel, W., Sipahi, F., Ilbeyli, N. ve Temizel, I., 2014. LA-ICP-MS Zircon Dating, Whole-Rock and Sr-Nd-Pb-O Isotope Geochemistry of the Camiboğazı Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Lithospheric Mantle and Lower Crustal Sources in Arc-Related I-Type Magmatism, Lithos 192-195, 271-290.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Ilbeyli, N., Sipahi, F., 2012b. Doğu Pontid kuzey zonu ve kuzeygüney zon geçişinde yüzeylenen Kretase-Paleosen yaşlı granitoid sokulumların petrokimyası, Sr-Nd-Pb-O izotop jeokimyası, jeokronolojisi ve jeodinamik gelişimi. Tübitak Çaydağ Project No:109Y052 Final Report (Turkish with English Abstract, 175).
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C., 2011a. Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137-159.
- 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, 01581, 20.

- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolgan, S., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012a. Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism in the Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Turkey. International Geology Rew 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., 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 J. Earth Sci. 18, 549-581.
- 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. Int. J. Earth Sci. 97, 739-764.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl Intrusion in the Eastern Pontides: Implications for Magma Genesis in the Arc Setting. Geoscience Frontiers, 4, 423-438.
- Kaygusuz, A., 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.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, Ankara, No: 66, 20-34.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, Miner. Res. Expl. Bull., 66, 0-34.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İ.T.Ü. Kütüphanesi, 1259, 536.
- Kırmacı, M.Z., 1992. Sedimentological investigation of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Berdiga Limestone in the Alucra-Gumushane-Bayburt regions Eastern Pontides, NE, Turkey. Ph.D. Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon (unpublished) (in Turkish with English abstract).
- Kırmacı, M.Z., Koch, R. ve Bucur, I.I., 1996. An Early Cretaceous Section in the Kırcaova Area (Berdiga Limestone, NE-Turkey) and its correlation with Platform Carbonates in W-Slovenia. Facies, 34, 1-22.
- Koch, R., Bucur, I.I., Kırmacı, M.Z., Eren, M. ve Taşlı, K., 2008. Upper Jurassic and Lower Cretaceous carbonate rocks of the Berdiga Limestone-Sedimentation on an onbound platform with volcanic and episodic siliciclastic influx: biostratigraphy, facies and diagenesis (Kircova, Kale-Gumushane area; NE Turkey). Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie, Abhandlungen 247, 23-61.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Dogu Pontid Adayayı Granitoidlerin Karşılaştırmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 1, 111-120.

- Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M. J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorenson, H., Streckeisen, A., Woolley, A. R., ve Zanettin, B., 1989, A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms Blackwell, Oxford.
- 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.
- Nachit, H., Ibhi, A., Abia, E.A. ve Ohoud, M.B., 1985, Discrimination between primary magmatic biotites, reequilibrated biotites and neoformed biotites: Comptes Rendus De L Academie Des Science, v. 337, p. 1415–1420.
- Okay, A. I. ve Şahintürk, O., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: A. G. Robinson, (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Balack Sea ve Surrounding Region, AAPGMem., 68, 291-311.
- Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvâth, F., Serane, M. (Eds.), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen, Geological Society of London, Special Publication, 156, 475-515.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication, 17, 455-466.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümegen, M. ve Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, MTA Rap. No: 6722.
- Özsayar, T., Pelin, S., ve Gedikoglu, A., 1981. Dogu Pontidler`de Kretase, K.T.Ü. Yerbilimleri Dergisi, Cilt 1, S.2, 65-114, Trabzon.
- Parsons, I., Mason, R. A., Becker, S. M. ve Finch, A. A. (1991). Biotite equilibria and fluid circulation in the Klokken intrusion. Journal of Petrology, 32, 1299-1333.
- Patiño Douce A. E. ve Beard J. S., 1995. Dehydration-melting of biotite gneiss and quartz amphibolite from 3 to 15 kbar, Journal of Petrology, 36, 707-738
- 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
- Patino Douce, A.E., 1999. What do Experiments Tell us About the Relative Contributions of Crust and Mantle to the Origin of Granitic Magmas In: Castro, A., Fernandez, C., Vigneresse, J.L. (Eds.), Understanding Granites: Intergrating New and Classical Techniques. Geological Society of London, Special Publication. 16, 55-75.

- Pearce, J. A. Harris, N. B. W. ve Tindle, A. G., 1984. Trace Elements Discrimination Diagram for the Tectonic Interpretation of Granitic Rock, Journal of Petrology, 25/4, 43-63.
- Pearce, J. A., 1983. Role of the Sub-Continental Litosphere in Magma Genesis at Active Continental Margin, in; Hawkesworth, C. J. ve Norry, M. J. (Eds) Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Chenshire, 230-249.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Contrib. Mineral. Petrol., 58, 63–81.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydogu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, K.T.Ü. Yayinlari, 87, 103.
- Rapp, R. P., 1995. The amphibole-out phase boundary in partial melted metabasalt, its control over melt fraction and composition and source permeability. Journal of Geophysical Research, 100, 15601-15610.
- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and neotectonic characteristics of the southern margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya), Phd Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Saydam Eker, C., Sipahi, F. ve Kaygusuz A., 2012. Trace and Rare Earth Elements as Indicators of Provenance and Depositional Environments of Lias Cherts in Gumushane, NE, Turkey, Chemie der Erde, 72, 167-177.
- 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. doi: 10.1007/BF00310745
- 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 İlgili Mütealalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Shand, S. J. 1943. The Eruptive Rocks, 2nd edn. New York: John Wiley, 444 pp.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) volkanitlerindeki hidrotermal ayrışmaların mineraloji ve jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sipahi, F., Sadıklar, M. B., ve Şen, C., 2014. Geochemical and Sr-Nd Isotopic 114 Characteristics of Murgul (Artvin) Volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey). Chemie der Erde-Geochemistry, 74, 331-342.
- Sipahi, F., ve Sadıklar, M. B., 2014. Geochemistry of Dacitic Volcanics in the Eastern Pontide (NE Turkey). Geochemistry International, 52, 4, 329-349.
- Sipahi, F., 2011. Formation of Skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogy, Abhandlungen, 188, 2, 169-190.

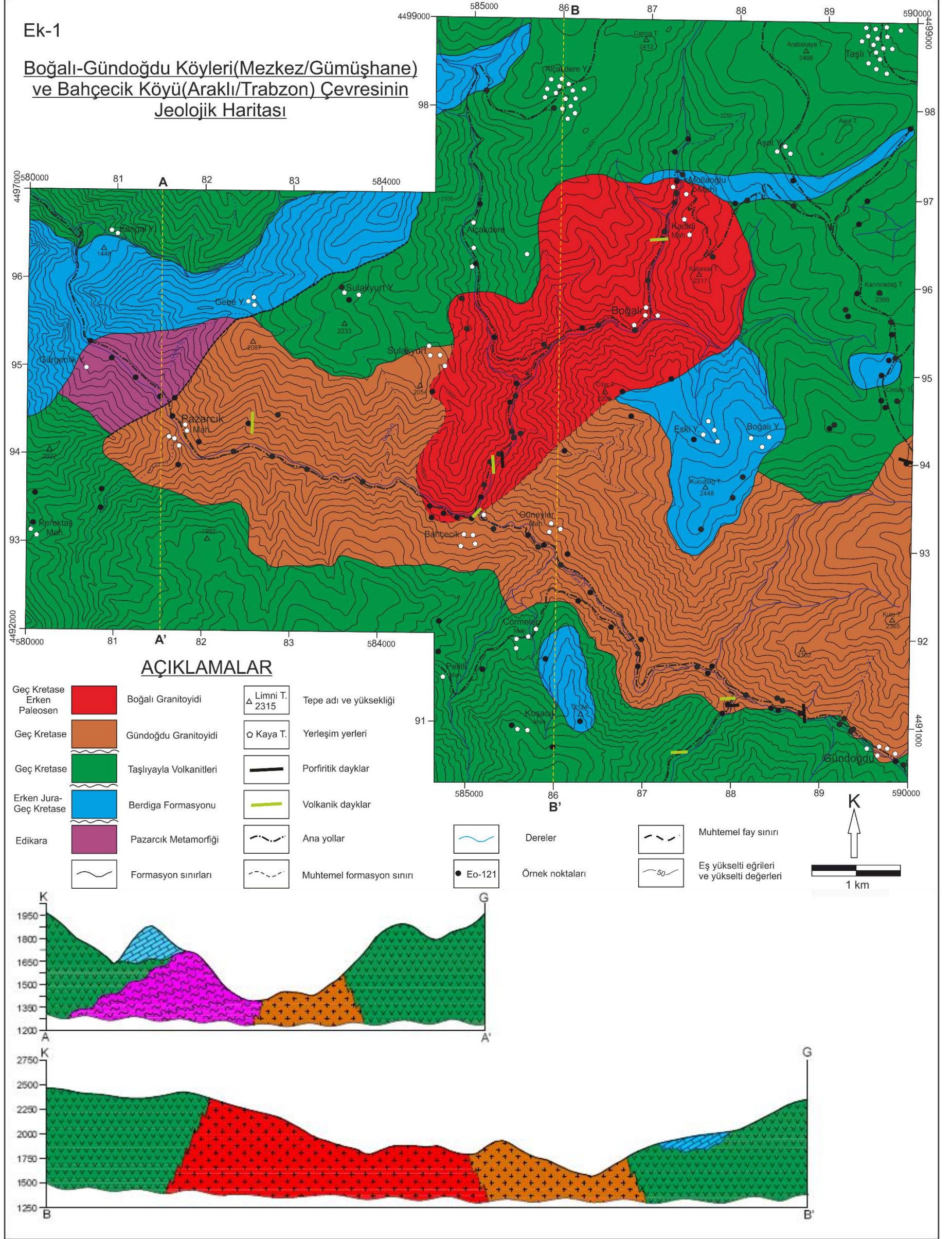
- Smith, J.V. ve Brown, W.L. 1988. Feldspar Minerals. 1. Crystal Structures, Physical, Chemical and Microstructural Properties. Springer-Verlag.
- Stevens, G., Clemens, J.D. ve Droop, G.T.R., 1997, Melt production during granulite-facies anatexis: Experimental data from “primitive” metasedimentary protoliths: Contributions to Mineralogy and Petrology, 128, 352–370, doi: 10.1007/s004100050314.
- Streckeisen, A., 1976. To Each Plutonic Rock its Proper Name, Earth Sci. Rev., 12, 1-33.
- Streckeisen, A. ve Le Maitre, R.W.L., 1979, A chemical approximation to modal QAPF classification of the igneous rocks: Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Abhandlungen, 136, 169–206.
- Sun, S., ve McDonough, Q. F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle compositions and processes. In Saunders, A. D., & Norry, M. J. (Eds) Magmatism in the ocean basins, Geol. Soc. London Spec. Publ., 42, 312-345.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztug, D., 2004. Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc, Northern Turkey. Earth Planets Space, 56, 429-446.
- Şahin, S. Y., 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 Terrane, Araklı, Trabzon, NE Turkey. Geol. J. 40, 425-440.
- Şen, C., 1988. Dagbaşı (Trabzon) Bölgesinde Yüzeyleyen Alt Bazik (Jura)-Granitoyid (Üst Kretase) Formasyonlarının Petrografik-Jeokimyasal Özellikleri Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, s.92, Trabzon.
- Şen, C., 2007. Jurassic volcanism in the Eastern Pontides: Is it rift related or subduction related?, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van. A. 1998. Doğu Pontid (Kd Türkiye) Eosen (?) alkaleen volkanik provensinin jeokimyasal ve petrolojik karakteristikleri, Tübitak Yayinlari, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 231-239.
- Taslı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) yöresinin jeolojisi, K.Ü., Dergisi, 3, 69-76.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat istiflerinin stratigrafisi ve mikropaleontolojik incelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taslı, K., 1991. Stratigraphy, paleogeography and micropaleontology of Upper Jurassic–Lower Cretaceous carbonate sequence in the Gumushane and Bayburt areas (NE Turkey). Ph.D. Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon (unpublished) (in Turkish with English abstract).
- Taylor, S. R., ve McLennan, S. M., 1985. The Continental Crust; Its Composition and Evolution Geoscience Text, Blackwell Scientific Publication.

- Temizel, I. ve Arslan, M., 2009. Mineral chemistry and petrochemistry of post-collisional Tertiary mafic to felsic cogenetic volcanics in the Ulubey 115 (Ordu) area, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 29-53.
- Temizel, I., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J.J., 2012. Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematic of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: implications for extension-related origin and mantle source characteristics, Lithos, 128, 126-147.
- Temizel, I., 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.
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz bölgesi'nde Eosen yaşlı kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma, TJK Bülteni, 20,1, 49-54.
- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004. Pervasive rehydration of granulites during exhumation-an example from the Pulur complex, Eastern Pontides, Turkey, Mineralogy and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Alther, 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., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H., 2004a. Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization, Lithos, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, W.H., 2004b. Low-grade metamorphic rocks from the Pulur complex, NE Turkey: implications for pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides, International Journal of Earth Science (Geol Rundsch), 93, 72-91.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A., 2005. Postcollisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 441-455.
- 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.

- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve çevresinin jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri, 32-48.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A, 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic development of the Eastern Pontides 116 (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia, Spacial Publications, Geological Society London, 340, 281-327.
- Watson, E. B., Wark D.A. ve Thomas, J.B., 2006. Crystallization thermometers for zircon and rutile. Contrib Mineral Petrol, 151, 413–433
- Watson, E. B. ve Green, T.H., 1982. Apatite Liquid-partition Coefficients for the Rare Earth Elements and Strontium, Earth and Planetary Science Letters, 56, 405-421.
- Watson, E.B., 1979. Apatite Saturation in Basic to Intermediate Magmas, Geophysical Research letters, 6, 937-940.
- Whalen, J. B., Currie, K. L., ve Chappell, B. W., 1987, A-Type Granites, Chemical Characteristics, discrimination and petrogenesis, Cont. Min. Pet., 95, 407-419.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt yöresindeki mesozoyik havzalarının tektono-sedimentolojik kayıtları ve kontrol etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, S. ve Boztug, D. 1996, Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 935– 956.
- Yılmaz, Y., Tuysuz, O., Yiğitbaş, E., Genc, Ş.C. ve Şengor, A.M.C., 1997. Geology and tectonics of the Pontides. In: ROBINSON, A.G. (ed), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir, 68, 183-226.
- Yücel, C., 2013. Trabzon-Giresun arasındaki Tersiyer volkanitlerinin petrografisi, ^{40}Ar - ^{39}Ar jeokronolojisi, petrokimyası, Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası ve petrolojisi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 285.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, I. ve Abdioğlu, E., 2014b. 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., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Arslan, M. ve Yağcıoğlu, U. C., 2014a. Origin of analcimes in the Tertiary volcanic rocks from the Eastern Pontides (NE Turkey): A textural, mineralogical and geochemical approach, Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 191, 277–299.
- Zankl, H. 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, Bayerische Akademie der Wissenschaften. Abhandlungen. Neue Folge, München, 109, 61-90.

7. EKLER

Ek Şekil 1. Çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası



Ek Tablo 1. Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalarda ve içerisindeki MMA’larda bulunan plajiyoklaslara ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi														
	Monzogranit											Diyorit			
Örnek No	BG20											83			
SiO ₂	69.31	69.43	67.54	68.58	66.77	67.18	67.82	66.93	67.48	68.07	66.84	51.50	53.93	53.28	59.52
TiO ₂	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.06	0.06	0.04	0.02
Al ₂ O ₃	20.26	19.84	20.30	19.77	21.90	20.74	20.61	21.26	21.15	20.46	20.47	30.22	28.61	29.32	25.37
Cr ₂ O ₃	a.l.a	0.02	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	0.02	0.01	0.03	a.l.a	0.02	a.l.a
FeO	0.02	a.l.a	0.03	0.12	a.l.a	a.l.a	0.03	0.02	0.01	0.01	a.l.a	0.37	0.40	0.41	0.27
MnO	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.05
NiO	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.04	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a
MgO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	0.03	0.02	0.02
CaO	1.01	0.78	1.27	0.59	2.62	1.75	1.43	1.43	2.05	1.27	1.32	13.71	12.03	12.58	7.64
Na ₂ O	11.62	11.75	11.50	11.78	10.64	11.12	11.38	11.23	11.74	12.21	12.03	3.93	5.08	4.53	7.44
K ₂ O	0.15	0.11	0.11	0.26	0.05	0.13	0.08	0.09	0.08	0.04	0.05	0.17	0.27	0.24	0.37
Toplam	102.40	101.93	100.80	101.13	102.00	100.94	101.36	101.02	102.64	102.16	100.76	100.03	100.42	100.44	100.73
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	2.97	2.98	2.94	2.97	2.88	2.92	2.94	2.91	2.90	2.93	2.92	2.35	2.44	2.41	2.65
Al	1.02	1.00	1.04	1.01	1.11	1.06	1.05	1.09	1.07	1.04	1.05	1.62	1.52	1.56	1.33
Fe ⁺²	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.02	0.02	0.01
Ca	0.05	0.04	0.06	0.03	0.12	0.08	0.07	0.07	0.09	0.06	0.06	0.67	0.58	0.61	0.36
Na	0.96	0.98	0.97	0.99	0.89	0.94	0.96	0.95	0.98	1.02	1.02	0.35	0.45	0.40	0.64
K	0.01	0.01	0.01	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.02	0.01	0.02
Toplam	5.01	5.01	5.02	5.02	5.01	5.02	5.02	5.02	5.05	5.05	5.06	5.02	5.03	5.01	5.02
An	4.55	3.51	5.72	2.67	11.95	7.92	6.45	6.53	8.78	5.41	5.69	65.22	55.84	59.72	35.45
Ab	94.63	95.91	93.69	95.93	87.80	91.36	93.13	93.00	90.79	94.38	94.07	33.79	42.68	38.90	62.50
Or	0.82	0.58	0.59	1.40	0.25	0.72	0.43	0.47	0.43	0.20	0.24	0.99	1.48	1.38	2.05
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.															

Ek Tablo 1'in devamı

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi														
	Diyorit														
Örnek No	83														
SiO ₂	56.09	54.49	55.58	52.91	46.54	46.68	54.86	56.53	45.59	45.66	55.57	54.46	56.48	46.76	47.07
TiO ₂	0.06	0.04	0.04	0.05	0.00	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.04	0.06	0.04	0.02	0.01
Al ₂ O ₃	27.00	28.39	27.83	29.27	33.54	33.54	28.18	27.22	34.62	34.41	28.05	28.44	27.20	33.14	33.06
Cr ₂ O ₃	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.04	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01
FeO	0.41	0.44	0.46	0.49	0.45	0.43	0.45	0.47	0.44	0.49	0.37	0.54	0.38	0.56	0.62
MnO	a.l.a	0.04	a.l.a	0.02	0.03	a.l.a	a.l.a	0.02	0.01	a.l.a	0.03	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a
NiO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.04	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
MgO	0.02	0.04	0.04	0.03	a.l.a	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04
CaO	9.98	11.46	10.65	12.65	18.03	17.94	11.18	10.01	18.47	18.65	10.99	11.79	10.21	17.49	17.36
Na ₂ O	6.05	5.21	5.58	4.63	1.47	1.50	5.36	5.85	1.11	1.07	5.34	4.97	6.03	1.67	1.83
K ₂ O	0.38	0.29	0.33	0.23	0.05	0.04	0.29	0.34	0.03	0.03	0.31	0.26	0.31	0.06	0.08
Toplam	100.01	100.41	100.55	100.32	100.17	100.21	100.44	100.58	100.37	100.36	100.74	100.56	100.68	99.74	100.07
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	2.53	2.46	2.50	2.40	2.14	2.15	2.47	2.54	2.10	2.10	2.49	2.46	2.53	2.16	2.17
Al	1.44	1.51	1.48	1.57	1.82	1.82	1.50	1.44	1.88	1.87	1.48	1.51	1.44	1.81	1.80
Fe ⁺²	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Ca	0.48	0.55	0.51	0.62	0.89	0.88	0.54	0.48	0.91	0.92	0.53	0.57	0.49	0.87	0.86
Na	0.53	0.46	0.49	0.41	0.13	0.13	0.47	0.51	0.10	0.10	0.46	0.43	0.52	0.15	0.16
K	0.02	0.02	0.02	0.01	a.l.a	a.l.a	0.02	0.02	a.l.a	a.l.a	0.02	0.02	0.02	a.l.a	a.l.a
Toplam	5.02	5.02	5.01	5.02	5.01	5.01	5.02	5.01	5.01	5.01	5.00	5.01	5.02	5.01	5.02
An	46.67	53.97	50.39	59.37	86.89	86.63	52.68	47.67	90.00	90.42	52.25	55.88	47.51	84.99	83.62
Ab	51.23	44.39	47.73	39.33	12.84	13.13	45.67	50.41	9.81	9.41	45.98	42.64	50.76	14.65	15.95
Or	2.10	1.64	1.87	1.30	0.27	0.24	1.65	1.92	0.19	0.17	1.78	1.49	1.72	0.36	0.43
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.															

Ek Tablo 1'in devamı

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi													
	Diyorit							Monzogranit						
Örnek No	83							30						
SiO ₂	53.89	56.21	54.73	43.89	53.54	45.17	54.81	61.89	61.30	61.15	59.50	65.95	59.82	60.27
TiO ₂	0.06	0.02	0.06	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Al ₂ O ₃	28.42	27.32	28.65	33.97	27.84	33.09	26.87	24.39	24.61	24.86	23.57	21.07	24.02	23.83
Cr ₂ O ₃	0.02	a.l.a	a.l.a	0.04	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.04	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01
FeO	0.55	0.48	0.41	0.48	0.36	0.51	0.43	0.07	0.06	0.07	0.13	0.02	0.08	0.09
MnO	0.02	0.01	0.03	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
NiO	a.l.a	0.03	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	a.l.a	a.l.a
MgO	0.05	0.03	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
CaO	11.92	10.03	11.73	18.45	10.69	17.29	9.56	6.25	6.55	6.74	5.64	2.20	5.96	5.53
Na ₂ O	4.86	5.89	5.10	1.06	5.73	1.77	6.61	8.40	8.33	8.31	9.14	11.46	9.11	8.69
K ₂ O	0.29	0.35	0.24	0.02	0.32	0.05	0.36	0.19	0.23	0.15	0.25	0.08	0.21	0.27
Toplam	100.09	100.37	100.98	98.00	98.58	97.96	98.78	101.27	101.12	101.28	98.23	100.83	99.26	99.19
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.														
Si	2.44	2.53	2.46	2.08	2.46	2.13	2.51	2.72	2.70	2.69	2.71	2.89	2.70	2.72
Al	1.52	1.45	1.52	1.89	1.51	1.84	1.45	1.26	1.28	1.29	1.26	1.09	1.28	1.27
Fe ⁺²	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Ca	0.58	0.48	0.56	0.94	0.53	0.87	0.47	0.29	0.31	0.32	0.27	0.10	0.29	0.27
Na	0.43	0.51	0.44	0.10	0.51	0.16	0.59	0.72	0.71	0.71	0.81	0.97	0.80	0.76
K	0.02	0.02	0.01	a.l.a	0.02	a.l.a	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	a.l.a	0.01	0.02
Toplam	5.01	5.01	5.01	5.02	5.05	5.03	5.06	5.01	5.02	5.02	5.07	5.06	5.07	5.03
An	56.58	47.51	55.22	90.52	49.86	84.13	43.55	28.83	29.89	30.69	25.09	9.55	26.26	25.63
Ab	41.78	50.50	43.43	9.38	48.39	15.58	54.50	70.13	68.84	68.48	73.56	90.02	72.63	72.86
Or	1.64	1.99	1.35	0.10	1.75	0.29	1.95	1.04	1.27	0.82	1.35	0.43	1.12	1.51
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.														

Ek Tablo 1'in devamı

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi										Gündoğdu MMA					
	Monzodiyorit										Kuars Monzodiyorit					
Örnek No	30_Ank										BG20_Ank					
SiO ₂	62.41	61.77	61.84	62.20	61.58	57.92	58.77	59.60	58.98	57.79	57.78	65.70	56.95	54.82	64.08	59.67
TiO ₂	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.01	0.02	a.l.a	a.l.a	0.02
Al ₂ O ₃	24.24	24.14	24.49	24.18	24.42	23.53	24.56	23.47	24.07	23.93	26.59	22.62	26.95	26.32	23.11	25.96
Cr ₂ O ₃	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.02	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.06	a.l.a	a.l.a	a.l.a
FeO	0.14	0.13	0.16	0.09	0.09	2.48	0.11	0.24	0.09	0.27	0.30	0.09	0.35	0.33	0.03	0.24
MnO	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.16	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	0.04	a.l.a	a.l.a	0.02
NiO	0.01	a.l.a	a.l.a	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	a.l.a	0.04	0.02	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01
MgO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	2.00	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.05	0.02	0.03	a.l.a	0.03
CaO	5.84	6.04	6.17	5.95	6.29	5.11	6.65	5.69	6.31	6.36	8.08	1.89	9.18	10.19	4.24	7.59
Na ₂ O	8.70	8.59	8.52	8.55	8.40	7.18	8.68	8.99	8.75	8.61	6.53	9.79	6.57	5.88	9.70	6.94
K ₂ O	0.21	0.24	0.22	0.26	0.23	0.08	0.15	0.34	0.18	0.16	0.91	0.94	0.62	1.03	0.07	0.39
Toplam	101.58	100.91	101.43	101.25	101.06	98.50	98.97	98.44	98.45	97.15	100.25	101.10	100.75	98.62	101.24	100.86
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																
Si	2.73	2.73	2.72	2.73	2.71	2.65	2.66	2.71	2.68	2.67	2.59	2.86	2.55	2.52	2.80	2.64
Al	1.25	1.26	1.27	1.25	1.27	1.27	1.31	1.26	1.29	1.30	1.41	1.16	1.42	1.43	1.19	1.36
Fe ⁺²	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.09	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	0.01
Ca	0.27	0.29	0.29	0.28	0.30	0.25	0.32	0.28	0.31	0.31	0.39	0.09	0.44	0.50	0.20	0.36
Na	0.74	0.74	0.73	0.73	0.72	0.64	0.76	0.79	0.77	0.77	0.57	0.83	0.57	0.52	0.82	0.60
K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	a.l.a	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.05	0.04	0.06	a.l.a	0.02
Toplam	5.01	5.02	5.02	5.01	5.01	5.03	5.07	5.07	5.06	5.07	5.02	5.00	5.04	5.05	5.02	4.99
An	26.73	27.63	28.23	27.36	28.92	28.07	29.52	25.45	28.22	28.72	38.50	9.12	42.08	46.22	19.36	36.82
Ab	72.11	71.09	70.59	71.22	69.82	71.38	69.68	72.75	70.82	70.42	56.33	85.46	54.55	48.23	80.25	60.91
Or	1.17	1.29	1.18	1.43	1.26	0.55	0.80	1.80	0.96	0.86	5.17	5.43	3.37	5.55	0.40	2.26
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.																

Ek Tablo 1'in devamı

Kayaç	Gündoğdu MMA												
	Kuars Monzodiyorit												
Örnek No	BG20_Ank												
SiO ₂	53.95	50.01	57.24	53.66	55.11	58.20	53.50	53.72	53.52	53.25	62.32	53.21	58.56
TiO ₂	a.l.a	0.01	0.03	a.l.a	0.01	0.06	0.01	0.02	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Al ₂ O ₃	27.53	31.28	26.76	28.64	28.09	23.69	28.91	28.83	28.87	28.56	22.45	27.92	24.83
Cr ₂ O ₃	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.04	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	0.03
FeO	0.44	0.43	0.34	0.38	0.38	1.16	0.40	0.44	0.47	0.56	0.25	0.48	0.22
MnO	0.04	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.06	0.04	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
NiO	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a
MgO	0.03	0.06	0.01	0.04	0.01	0.05	0.03	0.03	0.04	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
CaO	11.11	15.16	9.44	12.10	10.95	4.94	12.20	12.20	12.23	11.69	4.12	10.96	6.91
Na ₂ O	5.16	3.05	6.35	4.84	5.42	6.87	4.79	4.84	4.81	5.16	9.95	5.57	7.82
K ₂ O	0.35	0.14	0.46	0.24	0.34	2.46	0.26	0.26	0.27	0.25	0.16	0.34	0.72
Toplam	98.62	100.15	100.62	99.96	100.31	97.50	100.15	100.36	100.22	99.72	99.27	98.82	99.34
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.													
Si	2.48	2.29	2.56	2.44	2.48	2.69	2.43	2.43	2.43	2.43	2.79	2.45	2.65
Al	1.49	1.68	1.41	1.53	1.49	1.29	1.55	1.54	1.54	1.54	1.18	1.52	1.33
Fe ⁺²	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
Ca	0.55	0.74	0.45	0.59	0.53	0.24	0.59	0.59	0.59	0.57	0.20	0.54	0.34
Na	0.46	0.27	0.55	0.43	0.47	0.62	0.42	0.42	0.42	0.46	0.86	0.50	0.69
K	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.15	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04
Toplam	5.01	5.01	5.02	5.02	5.02	5.04	5.02	5.02	5.02	5.03	5.05	5.05	5.05
An	53.25	72.72	43.95	57.23	51.73	24.36	57.61	57.39	57.55	54.80	18.44	51.12	31.52
Ab	44.77	26.49	53.50	41.40	46.36	61.22	40.90	41.15	40.93	43.79	80.71	47.01	64.55
Or	1.98	0.79	2.55	1.38	1.92	14.42	1.49	1.45	1.52	1.41	0.84	1.87	3.93
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.													

Ek Tablo 2. Boğalı Granitoidini oluşturan kayalarındaki ve MMA’lardaki plajiyoklas minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Boğalı Granitoidi														
	Monzogranit														
Örnek No	BG1														
SiO ₂	62.60	59.74	59.99	66.41	67.28	62.17	60.05	61.17	54.50	57.11	59.43	59.58	59.70	60.31	58.84
TiO ₂	a.l.a	0.04	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Al ₂ O ₃	22.68	24.60	24.47	21.45	22.60	23.46	24.88	24.23	26.50	26.79	24.99	25.28	25.24	24.36	25.59
Cr ₂ O ₃	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.01	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
FeO	0.24	0.22	0.19	0.05	0.08	0.24	0.20	0.18	0.29	0.28	0.23	0.21	0.22	0.18	0.24
MnO	0.02	0.03	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.02	0.02	a.l.a
NiO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	0.03	0.01	a.l.a	a.l.a
MgO	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.01	0.03	0.01	0.02	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01
CaO	4.86	7.06	6.93	2.89	1.62	5.48	7.43	6.42	9.90	9.39	7.48	7.51	7.48	6.81	8.05
Na ₂ O	8.79	7.67	7.87	10.78	9.23	8.59	7.48	7.76	6.00	6.22	7.48	7.56	7.55	8.06	7.30
K ₂ O	0.67	0.45	0.39	0.06	1.73	0.56	0.61	0.83	0.41	0.50	0.49	0.41	0.21	0.37	0.29
Toplam	99.90	99.86	99.86	101.67	102.57	100.52	100.66	100.65	97.65	100.33	100.15	100.64	100.45	100.15	100.31
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	2.79	2.68	2.69	2.88	2.89	2.75	2.67	2.71	2.52	2.56	2.66	2.65	2.66	2.69	2.63
Al	1.19	1.30	1.29	1.10	1.14	1.22	1.30	1.27	1.45	1.42	1.32	1.33	1.32	1.28	1.35
Fe ⁺²	0.01	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.23	0.34	0.33	0.13	0.07	0.26	0.35	0.31	0.49	0.45	0.36	0.36	0.36	0.33	0.39
Na	0.76	0.67	0.68	0.91	0.77	0.74	0.65	0.67	0.54	0.54	0.65	0.65	0.65	0.70	0.63
K	0.04	0.03	0.02	a.l.a	0.09	0.03	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02
Toplam	5.02	5.02	5.02	5.02	4.97	5.02	5.02	5.01	5.04	5.01	5.02	5.02	5.01	5.03	5.02
An	22.54	32.89	32.01	12.86	7.94	25.26	34.23	29.92	46.58	44.21	34.62	34.65	34.96	31.17	37.25
Ab	73.74	64.62	65.86	86.83	81.97	71.67	62.41	65.49	51.13	52.99	62.65	63.11	63.89	66.78	61.13
Or	3.72	2.49	2.13	0.30	10.09	3.07	3.36	4.59	2.29	2.80	2.72	2.24	1.15	2.04	1.62
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.															

Ek Tablo 2'nin devamı

Kayaç	Boğalı Granitoyidi														
	Monzogranit					Kuvars Monzonit									
Örnek No	BG1					BG4A									
SiO ₂	59.43	59.29	60.53	58.99	58.70	49.86	50.84	57.93	59.43	58.98	55.95	58.88	58.45	55.86	58.40
TiO ₂	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	0.01	0.02	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a
Al ₂ O ₃	24.76	25.19	23.95	24.48	24.45	30.20	29.05	24.56	24.17	24.76	27.01	24.33	24.70	26.35	24.83
Cr ₂ O ₃	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	a.l.a
FeO	0.23	0.21	0.21	0.22	0.21	0.25	0.29	0.17	0.21	0.21	0.44	0.27	0.15	0.17	0.21
MnO	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.05	0.02	a.l.a	a.l.a	0.01	0.05	0.03	a.l.a	0.04	a.l.a
NiO	a.l.a	a.l.a	0.03	a.l.a	a.l.a	0.04	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
MgO	0.01	0.02	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01	a.l.a
CaO	7.21	7.61	6.40	6.64	6.68	13.30	12.33	7.06	6.20	6.90	9.22	6.78	6.97	9.10	7.08
Na ₂ O	7.75	7.54	8.30	8.11	8.11	3.67	4.29	7.53	8.06	7.50	6.02	7.79	7.39	6.12	8.11
K ₂ O	0.31	0.28	0.21	0.70	0.71	0.10	0.12	0.28	0.24	0.25	0.16	0.28	0.29	0.27	0.54
Toplam	99.76	100.17	99.67	99.19	98.90	97.51	96.99	97.54	98.36	98.65	98.85	98.40	97.97	97.96	99.24
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	2.67	2.65	2.71	2.67	2.66	2.33	2.38	2.66	2.70	2.67	2.54	2.68	2.66	2.56	2.64
Al	1.31	1.33	1.26	1.31	1.31	1.66	1.60	1.33	1.29	1.32	1.45	1.30	1.33	1.42	1.33
Fe ⁺²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.35	0.36	0.31	0.32	0.32	0.67	0.62	0.35	0.30	0.33	0.45	0.33	0.34	0.45	0.34
Na	0.67	0.65	0.72	0.71	0.71	0.33	0.39	0.67	0.71	0.66	0.53	0.69	0.65	0.54	0.71
K	0.02	0.02	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Toplam	5.02	5.02	5.02	5.05	5.06	5.01	5.01	5.02	5.02	5.01	5.00	5.02	5.01	5.00	5.06
An	33.37	35.25	29.51	29.99	30.10	66.28	60.92	33.57	29.41	33.21	45.45	31.95	33.70	44.41	31.62
Ab	64.90	63.20	69.31	66.26	66.10	33.11	38.37	64.84	69.23	65.34	53.64	66.48	64.65	54.03	65.49
Or	1.73	1.55	1.18	3.75	3.79	0.61	0.70	1.59	1.36	1.44	0.91	1.57	1.65	1.56	2.89
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.															

Ek Tablo 2'nin devamı

Kayaç	Boğalı Granitoyidi															
	Kuars Monzonit			Monzogranit												
Örnek No	BG4A			32												
SiO ₂	59.89	51.14	59.57	63.22	56.76	56.60	57.62	57.89	66.34	58.75	58.58	57.68	57.61	55.55	59.24	59.56
TiO ₂	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.02	0.01	a.l.a	a.l.a	0.02	0.03	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01	a.l.a
Al ₂ O ₃	23.89	28.48	24.63	22.22	26.02	25.74	24.72	24.89	20.85	24.98	24.82	23.98	24.46	24.34	25.32	25.42
Cr ₂ O ₃	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.04	a.l.a	0.03	a.l.a	a.l.a	0.05	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a
FeO	0.22	0.48	0.20	a.l.a	0.22	0.27	0.17	0.20	0.01	0.18	0.16	0.14	0.17	0.24	0.17	0.23
MnO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.05	0.03	a.l.a	a.l.a	0.05	a.l.a
NiO	a.l.a	a.l.a	0.01	0.02	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.04	0.01	0.04	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a
MgO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	0.01	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	0.01	0.02	a.l.a	0.01
CaO	5.92	13.31	6.64	3.74	8.65	8.20	7.54	7.41	2.49	7.37	7.13	6.54	6.83	7.31	7.80	7.63
Na ₂ O	9.17	4.46	8.73	9.82	6.67	6.71	7.07	7.15	10.64	7.21	7.57	7.37	7.43	7.06	7.42	7.40
K ₂ O	0.35	0.52	0.26	0.05	0.19	0.42	0.40	0.36	0.02	0.42	0.40	0.54	0.56	0.36	0.38	0.39
Toplam	99.47	98.62	100.10	99.08	98.61	98.00	97.57	97.90	100.39	99.00	98.79	96.30	97.11	94.92	100.40	100.64
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																
Si	2.70	2.38	2.67	2.82	2.59	2.59	2.64	2.65	2.91	2.65	2.65	2.68	2.66	2.63	2.64	2.65
Al	1.27	1.56	1.30	1.17	1.40	1.39	1.34	1.34	1.08	1.33	1.33	1.31	1.33	1.36	1.33	1.33
Fe ⁺²	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.29	0.66	0.32	0.18	0.42	0.40	0.37	0.36	0.12	0.36	0.35	0.33	0.34	0.37	0.37	0.36
Na	0.80	0.40	0.76	0.85	0.59	0.60	0.63	0.63	0.90	0.63	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64	0.64
K	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Toplam	5.08	5.06	5.07	5.02	5.01	5.02	5.01	5.01	5.01	5.00	5.02	5.01	5.03	5.03	5.02	5.01
An	25.81	60.48	29.19	17.33	41.28	39.35	36.23	35.66	11.42	35.23	33.46	31.87	32.62	35.64	35.97	35.51
Ab	72.38	36.69	69.46	82.39	57.64	58.24	61.45	62.30	88.46	62.40	64.32	65.00	64.18	62.25	61.95	62.32
Or	1.81	2.83	1.34	0.28	1.08	2.41	2.31	2.04	0.12	2.37	2.22	3.13	3.20	2.11	2.08	2.18
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.																

Ek Tablo 2'nin devamı

Kayaç	Boğalı Granitoyidi			Boğalı MMA												
	Monzogranit			Monzodiyorit												
Örnek No	32			BG4A_Ank												
SiO ₂	60.20	58.67	58.35	61.82	61.06	59.45	49.60	56.92	50.55	62.99	60.56	57.18	51.03	61.14	50.22	58.89
TiO ₂	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.02	0.03	0.02	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Al ₂ O ₃	25.07	25.89	25.85	23.84	25.40	24.86	31.64	29.35	31.05	23.91	25.73	27.49	29.74	23.68	29.25	24.29
Cr ₂ O ₃	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.01
FeO	0.26	0.26	0.31	0.15	0.20	0.24	0.73	0.24	0.69	0.29	0.22	0.36	0.33	0.18	0.39	0.24
MnO	0.02	a.l.a	a.l.a	0.04	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03	0.02	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
NiO	0.01	0.02	a.l.a	a.l.a	0.03	0.04	a.l.a	0.02	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
MgO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01	a.l.a	0.28	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
CaO	7.30	8.03	8.12	5.74	7.12	7.17	15.55	9.95	10.94	5.58	7.52	9.94	13.16	5.35	12.82	6.39
Na ₂ O	7.56	7.78	7.72	8.54	7.72	7.68	2.94	4.39	2.71	8.55	7.58	5.96	4.62	9.58	4.53	8.76
K ₂ O	0.36	0.32	0.32	0.28	0.29	0.27	0.10	0.13	2.55	0.37	0.24	0.25	0.10	0.29	0.18	0.34
Toplam	100.79	101.00	100.76	100.42	101.87	99.74	100.62	101.07	98.85	101.73	101.92	101.21	99.17	100.27	97.72	99.00
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																
Si	2.67	2.61	2.61	2.74	2.68	2.67	2.26	2.52	2.34	2.75	2.66	2.54	2.35	2.72	2.35	2.67
Al	1.31	1.36	1.36	1.25	1.31	1.31	1.70	1.53	1.69	1.23	1.33	1.44	1.62	1.24	1.62	1.30
Fe ⁺²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Ca	0.35	0.38	0.39	0.27	0.33	0.34	0.76	0.47	0.54	0.26	0.35	0.47	0.65	0.26	0.64	0.31
Na	0.65	0.67	0.67	0.73	0.66	0.67	0.26	0.38	0.24	0.72	0.64	0.51	0.41	0.83	0.41	0.77
K	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.15	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02
Toplam	5.01	5.05	5.06	5.01	5.00	5.02	5.02	4.91	5.01	5.00	5.01	5.00	5.05	5.08	5.05	5.08
An	34.08	35.71	36.13	26.67	33.22	33.50	74.07	55.14	57.96	25.96	34.94	47.28	60.78	23.24	60.36	28.20
Ab	63.91	62.62	62.19	71.77	65.19	64.98	25.36	44.01	25.96	72.01	63.71	51.31	38.64	75.29	38.60	70.02
Or	2.01	1.67	1.68	1.56	1.58	1.52	0.57	0.85	16.08	2.03	1.35	1.41	0.57	1.48	1.03	1.78
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.																

Ek Tablo 3. Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayaçlardaki ve MMA’lardaki alkali feldispatlara ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi							Gündoğdu MMA
	Monzogranit							Kuvars Monzodiyorit
Örnek No	BG20				30			BG20_Ank
SiO ₂	50.60	50.65	50.46	51.52	63.40	65.30	66.54	64.84
TiO ₂	0.08	0.09	0.08	a.l.a	0.03	a.l.a	0.02	a.l.a
Al ₂ O ₃	30.18	31.43	31.98	31.29	18.62	18.42	18.54	18.22
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.04	a.l.a
FeO	1.63	1.37	1.00	1.64	0.41	0.03	a.l.a	a.l.a
MnO	0.08	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a
NiO	0.02	0.04	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
MgO	2.06	1.76	1.38	a.l.a	0.18	0.02	0.01	a.l.a
CaO	0.02	0.06	0.07	0.03	0.24	a.l.a	0.22	a.l.a
Na ₂ O	0.06	0.08	0.10	0.09	0.41	0.92	4.14	0.78
K ₂ O	10.51	10.14	9.96	10.51	14.75	15.12	12.01	15.27
Toplam	95.30	95.69	95.09	95.15	98.05	99.82	101.53	99.11
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.								
Si	2.44	2.42	2.42	2.47	2.98	3.01	2.99	3.01
Ti	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Al	1.71	1.77	1.81	1.77	1.03	1.00	0.98	1.00
Fe ⁺²	0.07	0.05	0.04	0.07	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Mg	0.15	0.13	0.10	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Ca	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a
Na	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.08	0.36	0.07
K	0.65	0.62	0.61	0.64	0.88	0.89	0.69	0.90
Toplam	5.02	5.00	4.99	4.97	4.97	4.98	5.04	4.98
An	0.13	0.52	0.60	0.27	1.29	0.02	1.00	0.00
Ab	0.87	1.24	1.43	1.26	4.02	8.44	34.00	7.17
Or	99.00	98.24	97.97	98.47	94.69	91.54	65.00	92.83
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.								

Ek Tablo 4. Boğalı Granitoyidini oluşturan kayaçlardaki ve MMA’lardaki alkali feldispat minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Boğalı Granitoyidi														
	Kuars Monzonit							Monzogranit							
Örnek No	BG4A							32							
SiO ₂	63.30	63.92	64.02	62.33	63.06	62.55	62.46	63.97	64.12	63.99	63.72	62.78	63.02	63.17	63.55
TiO ₂	0.03	0.01	0.01	0.02	a.l.a	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a
Al ₂ O ₃	17.78	17.99	17.75	17.78	17.78	18.17	18.05	17.71	17.54	17.40	17.52	17.51	17.90	17.48	17.65
Cr ₂ O ₃	a.l.a	0.04	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03	0.00	0.07	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.02	a.l.a
FeO	0.09	0.07	0.08	0.02	0.18	0.13	0.05	0.13	0.27	0.09	0.04	0.07	0.10	0.08	0.10
MnO	0.06	a.l.a	0.01	a.l.a	0.02	0.01	a.l.a	0.02	0.01	0.02	0.01	a.l.a	a.l.a	0.03	0.02
NiO	0.01	0.03	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.04	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.04
MgO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a
CaO	0.02	0.01	a.l.a	a.l.a	0.03	0.14	0.13	0.05	0.03	0.02	a.l.a	a.l.a	0.12	0.01	0.04
Na ₂ O	0.72	1.20	1.12	0.78	1.12	2.11	2.11	1.40	0.51	0.70	0.61	0.77	1.40	0.97	1.56
K ₂ O	14.40	13.94	13.96	14.06	13.80	12.03	12.14	13.74	14.71	14.45	14.46	14.58	13.38	14.05	13.23
Toplam	96.43	97.27	96.98	95.01	96.03	95.17	95.03	97.05	97.29	96.69	96.41	95.71	95.95	95.84	96.20
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	3.01	3.01	3.02	3.01	3.01	2.99	2.99	3.02	3.03	3.03	3.03	3.01	3.00	3.02	3.02
Ti	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Al	1.00	1.00	0.99	1.01	1.00	1.02	1.02	0.98	0.98	0.97	0.98	0.99	1.01	0.99	0.99
Fe +2	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Mg	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Ca	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a
Na	0.07	0.11	0.10	0.07	0.10	0.20	0.20	0.13	0.05	0.06	0.06	0.07	0.13	0.09	0.14
K	0.87	0.84	0.84	0.87	0.84	0.73	0.74	0.83	0.89	0.87	0.88	0.89	0.81	0.86	0.80
Toplam	4.95	4.96	4.95	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.94	4.94	4.94	4.97	4.96	4.95	4.95
An	0.10	0.08	a.l.a	a.l.a	0.14	0.78	0.68	0.27	0.15	0.08	a.l.a	a.l.a	0.62	0.06	0.23
Ab	7.08	11.53	10.84	7.81	10.98	20.90	20.74	13.36	5.00	6.86	5.98	7.43	13.63	9.46	15.17
Or	92.82	88.39	89.16	92.19	88.88	78.31	78.57	86.37	94.85	93.05	94.02	92.57	85.75	90.48	84.60
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.															

Ek Tablo 4'ün devamı

Kayaç	Boğalı Granitoyidi								Boğalı MMA						
	Monzogranit								Monzodiyorit						
Örnek No	32			BG1					BG4A_Ank						
SiO ₂	65.80	62.36	64.52	63.54	64.31	64.26	65.25	65.31	65.03	65.26	65.13	65.00	65.48	64.71	64.47
TiO ₂	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01
Al ₂ O ₃	18.19	18.75	18.23	18.03	17.84	18.24	18.47	18.50	18.42	18.22	18.42	18.39	18.42	18.86	18.52
Cr ₂ O ₃	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.01	0.06	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01
FeO	0.05	0.06	0.06	0.03	0.09	0.11	0.15	0.10	0.11	0.10	0.14	0.07	0.38	0.09	0.09
MnO	0.03	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.06	a.l.a	0.01	a.l.a
NiO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	0.02	0.02	a.l.a	0.03	a.l.a
MgO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
CaO	0.03	0.04	0.01	0.00	0.08	0.19	0.21	0.18	0.03	0.02	0.03	0.07	0.09	0.26	0.09
Na ₂ O	1.03	2.23	0.70	0.69	0.73	3.10	2.90	2.95	1.64	1.46	1.72	0.62	1.85	1.95	0.78
K ₂ O	14.98	13.56	15.85	15.79	15.69	12.38	12.67	12.46	14.02	14.34	13.95	15.07	13.49	13.06	15.06
Toplam	100.21	97.23	99.56	98.32	98.78	98.87	100.19	100.12	99.35	99.41	99.45	99.31	99.74	99.03	99.04
Formül 8 üzerinden hesaplanmıştır. Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	3.02	2.96	3.00	3.00	3.01	2.99	2.99	3.00	3.00	3.01	3.00	3.01	3.00	2.99	2.99
Ti	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Al	0.98	1.05	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.03	1.01
Fe ⁺²	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a
Mg	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Ca	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a
Na	0.09	0.21	0.06	0.06	0.07	0.28	0.26	0.26	0.15	0.13	0.15	0.06	0.16	0.17	0.07
K	0.88	0.82	0.94	0.95	0.94	0.73	0.74	0.73	0.83	0.84	0.82	0.89	0.79	0.77	0.89
Toplam	4.97	5.03	5.00	5.01	4.99	5.01	5.01	5.00	4.97	4.98	4.98	4.95	4.97	4.97	4.97
An	0.14	0.21	0.07	a.l.a	0.37	0.91	1.02	0.90	0.13	0.11	0.16	0.34	0.48	1.34	0.48
Ab	9.48	19.98	6.27	6.19	6.57	27.29	25.58	26.24	15.08	13.38	15.75	5.84	17.14	18.26	7.27
Or	90.38	79.81	93.66	93.81	93.06	71.80	73.40	72.86	84.78	86.51	84.09	93.82	82.37	80.41	92.25
Toplam demir Fe+2 olarak alınmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında. An: Anortit, Ab: Albit, Or: Ortoklas.															

Ek Tablo 5. Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayalarındaki amfibol minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Gündoğdu Granitoyidi				
	Diyorit				
Örnek No	83				
SiO ₂	51.56	53.41	51.83	51.26	52.71
TiO ₂	0.22	0.16	0.43	0.50	0.33
Al ₂ O ₃	4.14	3.02	3.06	2.97	1.33
Cr ₂ O ₃	0.02	0.02	a.l.a	0.02	a.l.a
FeO	13.00	11.22	14.32	8.74	9.12
MnO	0.73	0.58	0.81	0.47	0.38
NiO	0.02	0.02	0.03	a.l.a	0.01
MgO	14.27	16.11	13.71	13.84	14.63
CaO	12.05	11.17	11.51	20.15	20.56
Na ₂ O	0.44	0.32	0.36	0.36	0.35
K ₂ O	0.06	0.10	0.06	0.05	0.01
Toplam	96.57	96.14	96.17	98.43	99.45
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.					
Si	7.49	7.72	7.62	7.26	7.39
Ti	0.02	0.02	0.05	0.05	0.04
Al	0.71	0.51	0.53	0.50	0.22
Fe ⁺³	0.40	0.11	0.24	0.98	1.03
Fe ⁺²	1.18	1.25	1.52	0.06	0.04
Mn	0.09	0.07	0.10	0.06	0.05
Mg	3.09	3.47	3.01	2.92	3.06
Ca	1.88	1.73	1.81	3.06	3.09
Na	0.13	0.09	0.10	0.10	0.10
K	0.01	0.02	0.01	0.01	a.l.a
Toplam	15.00	14.99	15.00	15.00	15.00
Ca+Na	2.00	1.82	1.92	3.16	3.18
Mg#	72.31	73.55	66.46	97.98	98.77
Mg# =Mg/(Mg+Fe+2), Fe+3 ve Fe+2 ayrımı Drop, 1987'ye göre yapılmıştır.					
A.l.a: Analiz limitleri altında.					

Ek Tablo 6. Boğalı Granitoyidini oluşturan kayaçlardaki ve MMA’lardaki amfibol minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Boğalı Granitoyidi											
	Monzogranit					Monzogranit						
Örnek No	BG1					32						
SiO ₂	50.81	50.63	50.85	53.24	52.25	45.51	46.81	44.89	51.66	44.68	48.23	50.27
TiO ₂	0.72	0.74	0.71	0.01	0.37	1.34	1.20	1.25	0.13	1.24	1.19	0.78
Al ₂ O ₃	4.07	4.62	4.37	4.55	3.58	7.42	6.39	7.22	2.68	7.04	6.45	4.85
Cr ₂ O ₃	x	x	x	x	x	0.01	x	0.03	x	x	0.02	0.06
FeO	10.46	10.84	10.75	9.71	10.38	12.50	12.18	12.29	9.03	11.30	12.42	11.03
MnO	1.19	1.27	1.20	0.06	1.14	0.86	0.92	0.84	1.37	1.13	1.02	1.24
NiO	0.01	x	0.01	0.02	0.01	x	x	x	x	x	0.02	0.01
MgO	16.22	15.63	15.82	14.73	16.45	13.01	13.80	12.97	16.14	12.94	14.03	15.33
CaO	12.01	11.84	11.89	10.59	12.18	11.35	11.33	10.96	11.55	11.01	11.70	11.92
Na ₂ O	0.83	0.96	0.88	0.78	0.70	1.34	1.19	1.34	0.47	1.39	1.26	1.08
K ₂ O	0.37	0.41	0.39	0.30	0.24	0.83	0.68	0.78	0.13	0.76	0.70	0.42
Toplam	96.69	96.96	96.88	93.99	97.30	94.21	94.54	92.63	93.19	91.53	97.05	96.99
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.												
Si	7.26	7.22	7.26	7.80	7.42	6.71	6.88	6.73	7.66	6.77	6.90	7.17
Ti	0.08	0.08	0.08	x	0.04	0.15	0.13	0.14	0.01	0.14	0.13	0.08
Al	0.69	0.78	0.73	0.79	0.60	1.29	1.11	1.28	0.47	1.26	1.09	0.82
Fe ⁺³	0.95	0.96	0.91	x	0.72	1.52	1.34	1.52	0.33	1.43	1.33	1.04
Fe ⁺²	0.30	0.33	0.38	1.19	0.52	0.02	0.16	0.02	0.79	x	0.16	0.27
Mn	0.14	0.15	0.15	0.01	0.14	0.11	0.11	0.11	0.17	0.14	0.12	0.15
Mg	3.45	3.32	3.37	3.22	3.48	2.86	3.02	2.90	3.57	2.92	2.99	3.26
Ca	1.84	1.81	1.82	1.66	1.85	1.79	1.78	1.76	1.84	1.79	1.79	1.82
Na	0.23	0.27	0.24	0.22	0.19	0.38	0.34	0.39	0.13	0.41	0.35	0.30
K	0.07	0.07	0.07	0.06	0.04	0.16	0.13	0.15	0.02	0.15	0.13	0.08
Toplam	15.00	15.00	15.00	14.94	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.02	15.00	14.99
Ca+Na	2.07	2.08	2.06	1.88	2.05	2.18	2.12	2.15	1.97	2.20	2.15	2.12
Mg#	91.95	90.87	89.93	73.00	87.11	99.33	95.07	99.19	81.96	100.00	94.90	92.26
Mg# =Mg/(Mg+Fe+2), Fe+3 ve Fe+2 ayrımı Drop, 1987'ye göre yapılmıştır. A.l.a: Analiz limitleri altında.												

Ek Tablo 7. Gündoğdu Granitoidini oluşturan kayalarındaki ve MMA'lardaki biyotit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Gündoğdu Granitoidi	Gündoğdu MMA
	Monzogranit	Monzodiyorit
Örnek No	BG20	30_Ank
SiO ₂	38.99	48.24
TiO ₂	4.42	0.12
Al ₂ O ₃	12.39	30.79
Cr ₂ O ₃	a.l.a	a.l.a
FeO	15.84	2.95
MnO	0.25	0.14
NiO	0.00	0.02
MgO	13.61	2.96
CaO	0.07	0.06
Na ₂ O	0.10	0.09
K ₂ O	8.81	9.13
Toplam	94.53	94.59
Formül 22 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.		
Si	5.87	6.47
Ti	0.50	0.01
Al	2.20	4.87
Fe	1.99	0.33
Mg	3.06	0.59
Ca	0.01	0.01
Na	0.03	0.02
K	1.69	1.56
Toplam	15.36	13.86
10*TiO ₂	44.16	1.22
FeO+MnO	16.09	3.09
Fe/(Fe+Mg)	0.39	0.36
A.l.a= Analiz limitleri altında		

Ek Tablo 8. Boğalı Granitoyidini oluşturan kayalarındaki ve MMA’lardaki biyotit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Boğalı Granitoyidi	Boğalı MMA	
	Kuvars Monzonit	Monzodiyorit	
Örnek No	BG4A	BG4A_Ank	
SiO ₂	38.24	36.96	35.50
TiO ₂	4.59	3.21	4.16
Al ₂ O ₃	12.52	15.43	13.14
Cr ₂ O ₃	a.l.a	a.l.a	a.l.a
FeO	16.27	15.44	13.99
MnO	0.25	0.63	0.54
NiO	a.l.a	a.l.a	a.l.a
MgO	13.35	13.14	12.83
CaO	a.l.a	0.01	0.04
Na ₂ O	0.11	0.09	0.11
K ₂ O	8.90	9.33	8.12
Toplam	94.34	94.35	88.49
Formül 22 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.			
Si	5.80	5.60	5.70
Ti	0.52	0.37	0.50
Al	2.24	2.76	2.49
Fe	2.06	1.96	1.88
Mg	3.02	2.97	3.07
Ca	a.l.a	a.l.a	0.01
Na	0.03	0.03	0.03
K	1.72	1.81	1.66
Toplam	15.40	15.49	15.33
10*TiO2	45.89	32.08	41.64
FeO+MnO	16.52	16.07	14.53
Fe/(Fe+Mg)	0.41	0.40	0.38
A.l.a= Analiz limitleri altında			

Ek Tablo 9. Gündoğdu Granitoyidini oluşturan kayaçlardaki ve MMA’lardaki Fe-Ti-oksit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Monzogranit				Gündoğdu Granitoyidi								Gündoğdu MMA		
					Diyorit								Monzonit		
Örnek No	30				83								30		
SiO ₂	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.08	0.07	0.08	0.07	0.02	0.46	0.06	0.04
TiO ₂	4.32	0.10	0.21	0.01	2.13	0.81	0.77	0.69	0.30	1.27	2.11	46.13	4.85	4.35	4.32
Al ₂ O ₃	1.33	0.09	0.14	0.07	0.89	0.12	0.35	0.38	0.31	0.29	1.80	a.l.a	0.60	1.27	1.27
Cr ₂ O ₃	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	0.05	0.04	0.00	0.02	0.06	0.02	0.03	a.l.a	0.01	0.02	0.08
FeO	80.35	85.98	84.85	86.61	82.25	84.95	83.56	85.00	85.27	83.97	81.33	42.99	79.59	78.76	79.99
MnO	0.62	0.05	0.09	0.04	0.32	0.21	0.13	0.17	0.03	0.20	0.18	4.68	0.32	1.39	1.45
NiO	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	0.03	0.05	a.l.a	0.05	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.03
MgO	0.11	0.02	0.01	a.l.a	0.03	0.01	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	0.02	0.04	0.04	0.33	0.45
CaO	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.22	0.04	0.07	0.17	0.10	0.08	0.05	0.07	0.01	a.l.a
Na ₂ O	0.01	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a
K ₂ O	a.l.a	0.04	0.01	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a
Toplam	87.30	86.61	85.85	87.14	86.69	87.23	85.86	87.35	87.19	86.77	86.39	94.28	86.54	86.66	88.09
Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a
Ti	0.13	a.l.a	0.01	a.l.a	0.07	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04	0.07	1.27	0.15	0.14	0.13
Al	0.06	a.l.a	0.01	a.l.a	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.09	a.l.a	0.03	0.06	0.06
Cr	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	A	a.l.a	a.l.a
Fe ⁺³	1.66	1.99	1.98	1.99	1.82	1.94	1.93	1.93	1.96	1.90	1.77	a.l.a	1.63	1.66	1.67
Fe ⁺²	1.11	1.00	1.00	1.00	1.05	1.01	1.02	1.01	0.99	1.03	1.05	1.31	1.15	1.07	1.06
Mn	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	0.01	0.14	0.01	0.05	0.05
Ni	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Mg	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	0.03
Ca	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Na	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
K	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.73	3.00	3.00	3.00
Fe+3 ve Fe+2 ayrımı Drop 1987'ye göre yapılmıştır. a.l.a= Analiz limitleri altında															

Ek Tablo 10. Boğalı Granitoidini oluşturan kayalarındaki ve MMA’lardaki Fe-Ti-oksit minerallerine ait mikroprob analiz sonuçları

Kayaç	Boğalı Granitoidi											Boğalı MMA			
	Monzogranit					Kuvars Monzonit	Monzogranit					Monzodiyorit			
Örnek No	BG1					Bg4a	32					Bg 4a			
SiO ₂	0.06	0.03	0.07	0.04	0.03	5.85	0.05	0.05	0.31	0.04	0.05	0.35	0.10	0.21	0.19
TiO ₂	0.31	0.08	0.06	0.15	0.05	0.09	0.15	0.11	8.10	0.04	0.04	1.42	5.67	3.16	0.09
Al ₂ O ₃	0.45	0.07	0.26	0.20	0.12	0.06	0.14	0.14	0.24	0.11	0.08	0.12	0.35	0.80	0.12
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.05	0.04	a.l.a	0.01	0.01	0.06	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	a.l.a	0.01
FeO	84.53	85.00	84.10	86.29	86.30	81.15	79.54	78.24	65.46	85.16	85.33	83.67	79.87	77.49	84.67
MnO	0.15	0.07	0.11	0.13	0.07	0.11	0.36	0.31	5.08	0.12	0.12	0.04	0.27	0.58	0.07
NiO	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.03	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.04	a.l.a
MgO	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	0.01	0.03	0.02	0.01	0.05	0.01	0.26	0.02
CaO	0.01	a.l.a	0.43	a.l.a	0.02	0.02	a.l.a	0.01	0.14	0.03	0.04	0.23	0.03	0.03	0.01
Na ₂ O	a.l.a	0.03	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.02	0.01	a.l.a	0.05	a.l.a
K ₂ O	a.l.a	0.01	0.01	a.l.a	a.l.a	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	a.l.a	0.01	a.l.a	0.01	0.07
Toplam	85.86	85.64	85.41	87.16	86.91	87.61	80.48	79.18	79.65	85.86	85.99	86.35	86.91	82.99	85.53
Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.24	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.01	0.00	0.01	0.01
Ti	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.28	a.l.a	a.l.a	0.04	0.18	0.10	a.l.a
Al	0.02	a.l.a	0.01	0.01	0.01	a.l.a	0.01	0.01	0.01	0.01	a.l.a	0.01	0.02	0.04	0.01
Cr	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Fe ⁺³	1.95	1.99	1.98	1.98	1.99	1.52	1.98	1.98	1.41	1.99	1.99	1.88	1.62	1.74	1.98
Fe ⁺²	1.01	0.99	0.98	1.00	1.00	1.23	0.99	0.99	1.08	0.99	0.99	1.04	1.17	1.06	1.00
Mn	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.01	0.20	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	0.02	a.l.a
Ni	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Mg	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a
Ca	a.l.a	a.l.a	0.02	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	0.01	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Na	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
K	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a	a.l.a
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Fe+3 ve Fe+2 ayrımı Drop 1987’ye göre yapılmıştır. A.l.a= Analiz limitleri altında															

ÖZGEÇMİŞ

Sinan YILMAZER, 1990 yılında Gümüşhane ili Torul ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini 1996-2001 yılları arasında Bahçelik Köyü İlkokulunda, orta öğrenimini 2001-2004 yılları arasında Gümüşhane Merkez Yatılı İlköğretim Bölge Okulunda ve lise öğrenimini 2004-2008 yılları arasında Gümüşhane Ali Fuat Kadirbeyoğlu Anadolu Lisesinde tamamladı. Daha sonra 2008 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Lisans programına başladı. 2014 yılı ocak ayında lisans öğrenimini başarı ile tamamladıktan sonra, aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Temmuz 2016 itibariyle TTS Mühendislik ve Mimarlık A.Ş'de Jeoloji Mühendisi olarak çalışan Sinan YILMAZER orta-iyi derecede İngilizce bilmektedir.