KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇATALDAĞ (BALIKESİR) GRANİTOYİDİNİN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS

Jeo. Müh. Özgür SAPANCI

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Danışman: Doç. Dr. Nezihi KÖPRÜBAŞI

KOCAELİ , 2011

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇATALDAĞ (BALIKESİR) GRANİTOYİDİNİN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Özgür SAPANCI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 12 MAYIS 2011

Tezin Savunulduğu Tarih: 24 MAYIS 2011

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Nezihi KÖPRÜBAŞI
(.....)

Üye
Doç.Dr. Ercan ALDANMAZ
(.....)

Üye
Yrd.Doç.Dr. Şefik RAMAZANOĞLU
(.....)

KOCAELİ, 2011

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Balıkesir ili Susurluk ilçesinin doğusunda yayılım gösteren Çataldağ Granitoyidi'nin petrografik ve jeokimyasal özelliklerini açığa çıkarmak için gerçekleştirilen bu çalışma KOÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma KOÜ Jeoloji Mühendisliği olanaklarıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışma konumu veren, arazi, laboratuar ve diğer çalışmalarımı yakından izleyen değerli yardım, katkı ve önerileriyle her zaman yanımda olan tez danışmanım sayın Doç. Dr. Nezihi KÖPRÜBAŞI'na çok teşekkür ederim. Ayrıca bu çalışma sırasında ve yüksek lisans eğitim süresi boyunca değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Ercan ALDANMAZ'a teşekkür ederim.

Çalışmanın her safhasında katkısı bulunan, benimle birlikte arazi çalışmalarına katılan ve yardımcı olan sayın Arş. Gör. Dağhan ÇELEBİ, arkadaşım ve meslektaşım olan sayın Cafer YUMAK'a teşekkürlerimi sunarım. Buna ek olarak bu çalışmanın başından sonuna kadar katkıları bulunan sevgili eşim Berna Beytaş SAPANCI ve aileme, ayrıca isimlerini burada belirtmediğim herkese çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii

BÖLÜM 1. GİRİŞ 1
1.1. Genel Bilgiler 1
1.2. Önceki Çalışmalar 3

BÖLÜM 2. GENEL JEOLOJİ 7
2.1. Stratigrafi 7
2.1.1. Fazlıkonağı formasyonu(PZf) 9
2.1.2. Karakaya formasyonu (TRk) 10
2.1.3. Mesozoyik mermerler(MZm) 10
2.1.4. Yayla melanjı (Ky) 12
2.1.5. Çataldağ granitoyidi (Pç) 13
2.1.5.1. Çataldağ granitoyidinin petrografik özellikleri 20
2.1.5.1.1. Granitler 22
2.1.5.1.2. Granodiyoritler 26
2.1.5.1.3. Kuvars monzonitler 28
2.1.5.1.4. Kuvars monzodiyoritler 29
2.1.6. Neojen çökelleri (N) 29
2.1.7. Volkanik kayaçlar (V) 30

BÖLÜM 3. JEOKİMYA 31
3.1. Giriş 31
3.2. Kullanılan Analitik Yöntemler 31
3.3. Granitoyidlerin Jeokimyasal Özellikleri ve Sınıflandırılmaları 35
3.3.1. Ana oksit özellikleri 37
3.3.2. İz element jeokimyası 41
SONUÇ ve ÖNERİLER 45
KAYNAKLAR 46
EKLER 49
ÖZGEÇMİŞ 50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası 2
Şekil 2.1: İnceleme Alanının ait genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Ergül ve diğ. 1986'den değiştirilerek alınmıştır) 8
Şekil 2.2: İnceleme Alanında yer alan Fazlıkonağı Form. ile foliasyon düzlemlerine uygun sokulan Çataldağ granitoyidi 9
Şekil 2.3: İnceleme alanının güneydoğusunda yer alan mermer işletmelerinden bir görünüm 11
Şekil 2.4: Çataldağ plütonunda izlenen MME'lerden (mafik magmatik anklav) bir görünüm. Arazi çalışmaları sırasında büyüklükleri cm'den dm'ye değişen MME'ler izlenmiştir 13
Şekil 2.5: Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plütonlar ve plütonlarla ilişkili volkanik kayaçların, yaş ve bileşim olarak ayırtlanması ve İAEKK'ye göre konumları (Altunkaynak, 2007'den sadeleştirilerek alınmıştır)..... 14
Şekil 2.6: İnceleme Alanında yer alan Fazlıkonağı Form. ile foliasyon düzlemlerine uygun sokulan Çataldağ granitoyidi..... 15
Şekil 2.7: İnceleme Alanında yer alan Fazlıkonağı Form. ile Çataldağ granitoyidi kontağını yakından irdelenmesi, plüton aplit damarları ile kesilmektedir..... 16
Şekil 2.8: Çatlak ve kırıklarla kesilmiş ve süreksizlik zonlarında bozuşmaya uğrayan Çataldağ granitoyidi. 17
Şekil 2.9: Çataldağ granitoyitinden genel bir görünüm, yüzeyleyen granitoyit mostraları..... 18
Şekil 2.10: Çataldağ granitoyidi ve Fazlıkonağı Form. arasında izlenebilen kontak zonu, graniyoyid üzerinde şistlerin foliasyonlarına paralel gelişen foliasyonlar ve granitoyidin sokulumu sırasında şistlerde oluşan çatlak ve kırık sistemlerinin görünümü 19
Şekil 2.11: Çataldağ Granitoyidini oluşturan kayaçların QAP diyagramında (Streckeisen 1967) sınıflandırılması 20
Şekil 2.12: Granitlerde izlenen holokristalen doku (Ku: Kuvars, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol) …… 22
Şekil 2.13: Granitlerde izlenen holokristalen doku (Ku: Kuvars, Bio: Biyotit, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol). 22
Şekil 2.14: Granitlerde izlenen zonlu plajiyoklaslar, biyotitler ve özşekilsiz olarak izlenen amfiboller (Ku: Kuvars, Bio: Biyotit, Plj: Plajiyoklaz, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol). 23
Şekil 2.15: Granitlerde izlenen özşekilli amfibol (Amf: Amfibol, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol). 24
Şekil 2.16: Granitlerde izlenen kataklazma etkisi (Bio: Biyotit, Ku: Kuvars, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol). 25
Şekil 2.17: Granitlerde izlenen özşekilli sfen (Sf: Sfen, A: 16x Tek Nikol, B: 16x Çift Nikol). 25

Şekil 2.18: Granodiyoritlerde izlenen plajiyoklasların zonlanmaları ve kırıklar fotoğraflarda çok net olarak görülebilir. Özellikle B fotoğrafında kuşgözü yapısı şeklinde gelişen serisitleşmeler dikkat çekicidir. (Plj:Plajiyoklas, A: 16x Çift Nikol, B: 16x Çift Nikol). 26
Şekil 2.19: Granodiyoritlerde izlenen biyotit ve alterasyon sonucunda kloritleşmiş biyotit (Bio: Biyotit, Klo.: Kloritleşmiş Biyotit, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol). 27
Şekil 2.20: Granodiyoritlerde izlenen tamamen opaklaşmış bir amfibol pseudomorfu (Amf: Amfibol, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol)..... 27
Şekil 2.21: Kuvarslı monzonitlerde izlenen alkali feldspatlar ve biyotitler (Bio: Biyotit, A. Felds.: Alkali Feldspat, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol)..... 28
Şekil 3.1: Çataldağ granitoyidinin Harker tipi, ana element oksitlerine karşı silika diyagramları..... 37
Şekil 3.2: Çataldağ granitoyidinin, toplam alkalilere (Na_2O+K_2O) karşı silika (SiO_2) diyagramı (diyagram Le Maitre, 1989'dan alınmıştır; ayrım çizgileri Irvine ve Baragar, 1971 ve Miyashiro, 1978'den alınmıştır) 38
Şekil 3.3: Çataldağ granitoyidinin, K_2O ve SiO_2 diyagramı üzerinde örneklerinin dağılımı (ayrım hatları Rickwood, 1989'dan alınmıştır) 39
Şekil 3.4:Çataldağ granitoyidinin örneklerinde, (A/NK) ve (A/CNK) oranlarının dağılımı (doyumluluk oranı Peacock, 1931'den alınmıştır)..... 40
Şekil 3.5: Çataldağ granitoyidi örneklerinin AFM diyagramında (Irvine ve Baragar,1971) dağılımı 40
Şekil 3.6:Çataldağ granitoyidinin harker tipi, iz elementlerine karşı silika diyagramları (fraksiyonel kristallenme, magma karışmasını ve asimilasyon-magma karışmasını işaret eden yönelim işaretlenemeleri Rollinson, 1993'den alınmıştır) 42
Şekil 3.7: Çataldağ granitoyidinin kondritide göre normalize edilmiş REE değerleri (Normalize değerler, Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır) 43
Şekil 3.8: Çataldağ granitoyidi örneklerinin Rb-(Y+Nb) ve Nb+Y diyagramlarında (Pearce ve diğ., 1984) dağılımı. WAG: Plaka ortası granitler, ORG:Orajenik granitler, WAG+(SYN-COLG): Volkanik yay granitleri, COLG:Çarpışma granitleri 44

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1: Petrografik tayini yapılan 17 adet örneğin modal analiz sonuçları (%). 21
Tablo 3.1: Çataldağ Granitoyidi'ne ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları 32
Tablo 3.2: Petrografik ve petrokimyasal karakterlerine göre granitoyidlerin tektonik yerleşimleri ve sınıflamaları, Chapple and White (1974) Pitcher (1983) , Brown et. al. (1984) 36

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

AFM	: $A=Na_2O+K_2O$, Fe=FeO* , M=MgO
An (%)	: Anortit yüzdesi
A/NK	: $Al_2O_3/Na_2O + K_2O$
A/CNK	: $Al_2O_3/CaO + Na_2O + K_2O$
HFS	: Kalıcılığı yüksek olan elementler
HREE	: Ağır Nadir Toprak Elementleri
ICP - ES	: Inductively caupled Plasma Emission spectroscopy
ICP – MS	: Inductively caupled Plasma Mass spectroscopy
Ky	: Yayla Melanjı
LILE	: Geniş iyonlu litofil elementler
L.O.I.	: Ateşleme kayıbı
LREE	: Hafif Nadir Toprak Elementleri
MREE	: Orta Nadir Toprak Elementleri
MZm	: Kristalize kireçtaşı mermer
N	: Neojen Çökelleri
Qal	: Alüvyon
Or (%)	: Ortoklas yüzdesi
PZf	: Fazlıkonağı Formasyonu
Pç	: Çataldağ Granitoyidi
REE	: Nadir Toprak Elementleri
TRk	: Karakaya Formasyonu
V	: Volkanik Kayaçlar

ÇATALDAĞ (BALIKESİR) GRANİTOYİDİNİN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

ÖZGÜR SAPANCI

Anahtar Kelimeler : Granitoyid, Jeokimya, Petrografi, Susurluk, Türkiye

Özet: Bu çalışmada Susurluk ilçesi (Balıkesir) doğusunda yüzeylenen Çataldağ granitoyidinin petrografik ve jeokimyasal özellikleriyle saptanması amaçlanmıştır. Çalışma alanında stratigrafik olarak en altta bulunan Paleozoyik yaşlı mermer arakatkılı yeşil şist ve mika şistten oluşan Fazlıkonağı formasyonu, Permiyen yaşlı kireçtaşı bloklarını bünyesinde barındıran Alt Triyas yaşlı konglomera, kumtaşı, çamurtaşı birimlerinden oluşan Karakaya formasyonu, Jura yaşlı tanımlanmamış kristalize kireçtaşları ve mermer birimleri, ile tüm bu formasyon ve birimleri tektonik dokanakla üzerleyen Yayla Melanjı yer almaktadır. Bu topluluk çalışma alanına intrüzif olarak yerleşen Oligo-Miyosen yaşlı Çataldağ Granitoyidi tarafından kesilmektedir. Çataldağ plütonu Neojen yaşlı volkanik seriler ve çökel kayaçlar ile üzerlenmiştir.

Yapılan petrografik analizler ile granitoyidin genelinde holokristalen dokunun hakim olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte holokristalen doku özellikle granitoyidin kenar ve dış yüzeyini oluşturan kayaçlarda yerini porfirik dokuya bırakırken, porfirik doku ve bu tip dokuda gözlenen katazma izleri dış zonlarda yönlenmelerin ve basınç etkisinin işareti olarak yorumlanmıştır. Ayrıca ince kesit örneklerinde izlenebilen plajiyoklaslardaki zonlanmalar, granitin özellikle dış ve kenar zonlarındaki hızlı soğumayı işaret etmektedir. Bu tip doku plütonun sokulumu sırasında meydana gelen soğumanın özellikle dış zonlarda hız kazandığını göstermektedir.

Çataldağ granitoyidinden alınan örnekler üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalarda, plütonun yüksek-K, kalk-alkalen ve peralümina karakterlerinde olduğu izlenmiştir. Çarpışma sonrası magmatizma özelliklerini taşıyan Çataldağ plütonunun, ana oksit elementlerinin ve Rb, Sr, Y ve Ba gibi iz elementlerin silikaya oranlamaları ile plütonun fraksiyonel kristallenme, asimilasyon-fraksiyonel kristallenme ve magma karışması süreçlerinden geçtiği belirlenmiştir.

PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ÇATALDAĞ (BALIKESİR) GRANITOID

ÖZGÜR SAPANCI

Key Words : Granitoid, Geochemistry, Petrography, Susurluk, Türkiye

Absract: In this study, determinig of the petrographic and geochemical characteristic of Çataldağ granitoid which surfaces eastern of Susurluk (Balıkesir) is purposed. Fazlıkonağı formation which is consisted of Paleozoic marble intercalated green schist and mica schist form a basement part of the region, Karakaya formation is consisting Earyl triassic conglomerate, sandstone, mudstone and Permian limestone blocks, Jurassic unidentified cristallized limestones and marbles, and all those formations and units are overlain by tectonically unconformable Yayla mélange. This group cut by Oligo-Miyocene aged Çataldağ granitoidic intrusive which is emplaced in study area. However Çataldağ pluton unconformable overlain by Neogene detritics and volcanic rocks.

Holocrystalline texture has been seen predominantly in granitoid and determined with the resuts of petrographic analysis which is done. However, holocrystalline texture has been replaced by porphyritic texture especially on the rocks composed border and outcrop sections of granitoid. And cataclysm marks have shown on the porphyritic texture as a result of pressure effect on the exterior sections of granitoid. In adition plagioclase zones have also characterized rapid cooling of the exterior and border sections of granitoid.

Geochemical studies has been done on samples which is taken from Çataldağ granitoid, the pluton has high-K, calc-alkaline and peraluminous characteristics. Also Çataldağ pluton has characteristic of the post-collisional magmatizm features, and silicate versus the major elements and the trace elements like Rb,Sr, Y, ve Ba correlations have shown the pluton experienced fractional crystallization, assimilation- fractional crystallization and magma mixing process.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

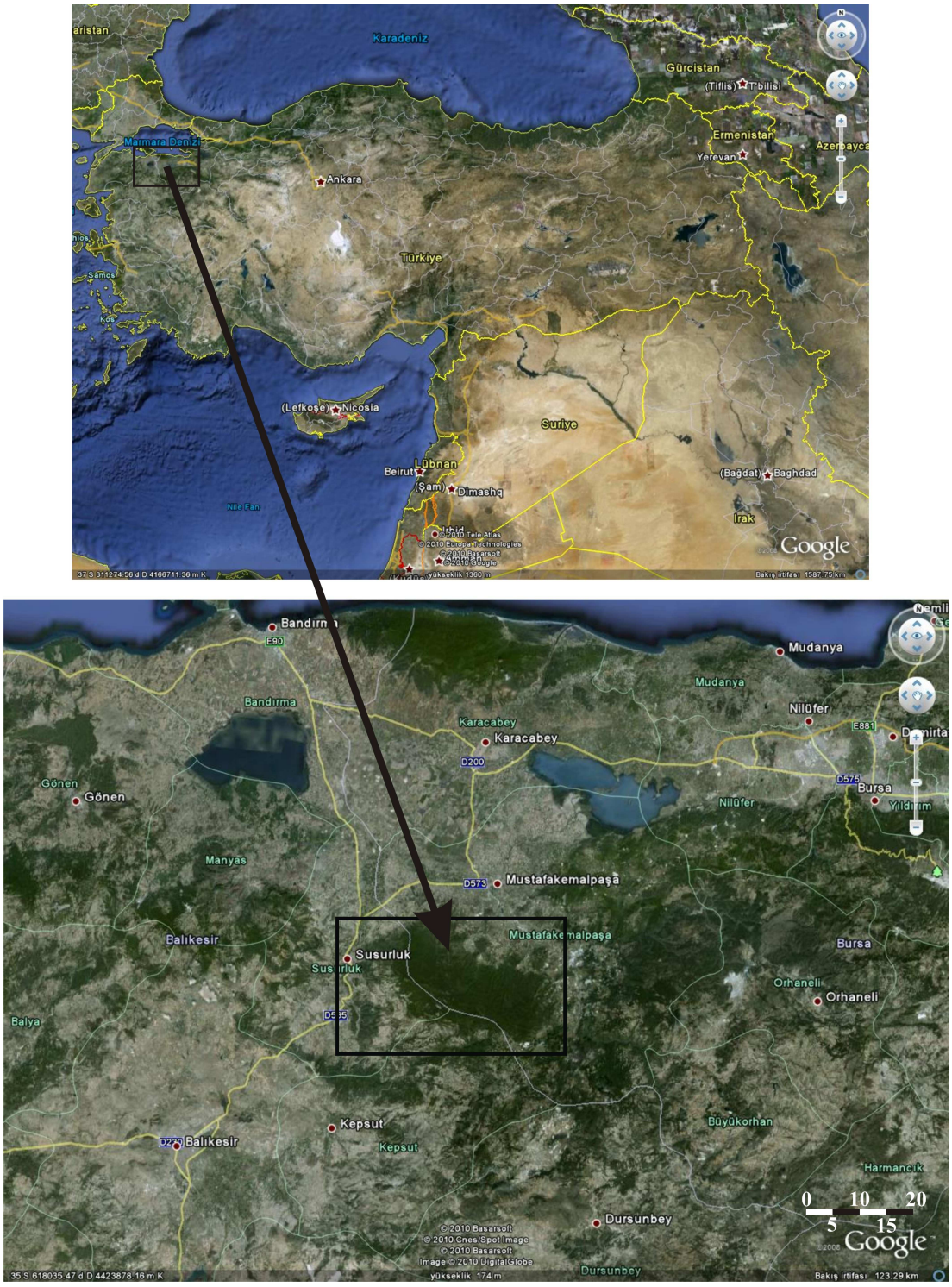
1.1. Genel Bilgiler

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Ensitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Balıkesir ili kuzeydoğusunda yayılım gösteren Çataldağ granitoyidinin jeokimyasal ve petrografik olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

İnceleme alanı Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Balıkesir ili sınırları içerisinde, Susurluk ilçesinin güneydoğusunda yer alan Yaylaçayırı köyü, Alagüney köyü, Serçeören köyü civarını ve Susurluk ilçesinin doğusunda yer alan Sünlük köyü civarını kapsamaktadır (Şekil 1.1). Susurluk ilçesi deniz seviyesinden ortalama olarak 63 m yüksekliktedir. Fazla yüksek olmayan engebeli arazilerden oluşan ilçe toprakları, ilin kuzey doğusunda yer almaktadır. Doğu kesimini Çataldağ'ın batı uzantıları, batı kesimlerini Sularya dağlarının uzantısı olan Keltepe engebelendirir. Belli başlı yükseltiler; Oyuktepe (1131 m), Çobandede tepe (1317 m), Bakacak tepe (963 m), Karaçomak tepe (944 m), Çataldağ tepe (940 m), Sığırereği tepe (854 m), Boğa tepe (815 m), Tuzluk tepe (641 m), Kocabayır tepedir (205 m). Dağlık alanlar genellikle ormanlarla kaplıdır. Tepe ve vadiler arasındaki yükselti farkları oldukça fazladır. Vadilerin yamaçları çoğu zaman geçit vermeyecek kadar dik ve uçurumlar halindedir. Dereler sırtlar boyunca birleşerek Simav çayına akmaktadır.

Balıkesir Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasındaki geçiş bölgesinde bulunmaktadır. Bu nedenle her iki iklimin özelliklerini yer yer görmek mümkündür. Ege kıyılarında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve genellikle yağışlı Akdeniz iklimi görülmektedir. Marmara kıyılarında ise Karadeniz ikliminin etkisiyle yazlar nispeten serin geçmektedir. Kıyılardan iç kesimlere doğru gidildikçe iklim karasallık eğilimi göstermekte ve kışlar soğuk geçmektedir.

İnceleme alanı Balıkesir-Bursa karayolunun güney kesiminde yer almaktadır. Balıkesir-Bursa karayolu ile asfalt olarak, daha içerilere ise stabilize yer yer asfalt yollar bulunmaktadır.



Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2. Önceki Çalışmalar

Çataldağ granitoyidinde yapılan ilk çalışmalar, Bürküt (1966)'e aittir. Plütonun daha çok doğusunda çalışmalar yaparak, plütonun çekirdeğinin aslında migmatitik kompleks nitelikteki anateksik kuvars monzonitlerden oluştuğunu fakat çevredeki metamorfik kayaçlarla yer yer geçişler göstererek şistleri ve migmatitik kompleksin kendisini kesen apofiz karakterinde granodiyorit, mikrodiyorit ve diyorit porfirlerden oluştuğunu belirtmiştir.

Ataman (1972, 1973), Çataldağ ve Ilıca-Şamlı plütonlarında çalışan araştırmacı, ilksel $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranlarının genellikle düşük olduğunu ve bu değerlerin 0.706 ile 0.711 değerleri arasında dağılım gösterdiği belirterek, bu değere sahip olabilecek kayaçların, jeosenklinallerdeki grovaklar olabileceğini saptamıştır. Elde ettiği bilgileri kullanarak Paleozoyik sonrası jeosenklinal malzemesinin yitim zonunda tüketilmesi ile bölgedeki granodiyoritlerin türemiş olabileceklerini öne sürmüştür.
Bingöl (1976), Batı Anadolu'nun jeotektonik gelişimini açıklayan araştırmacı Menderes masifi kuzeyinde yer alan granodiyoritik intruzyonlara da bu çalışmasında değinmiştir.

Erdağ (1976), Çataldağ plütonunun daha çok güney kesimlerinde çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Plütonun granitoyidik kayaçlar ile temsil olduğunu belirtmiş ve granit serileri içinde Mezozon bölgesi plütonitlerine uyduğunu savunmuştur.

Ergül ve diğ. (1980), Biga yarımadasının doğusunda Balıkesir-Marmara Denizi arasında kalan bölgede çalışan araştırmacılar, 1/25000 ölçekli jeolojik harita hazırlanmasının yanı sıra paleontolojik ve petrografik çalışmalarıda beraberinde yürütmüşlerdir. Çataldağ granitoyidinin modal analizler doğrultusunda siyenogranit ile granodiyorit arası bir bileşim sunduğunu belirten araştırmacılar, kontakt zonlarında metamorfizmanın hornblend-hornfels ile albit-epidot-hornfels fasiyesleri şeklinde geliştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmalar ile paralel olarak radyometrik yaş tayini araştırmaları sırasında plütonda yapılan K/Ar yaş tayini ile Çataldağ granitoyidinin yaşının Paleosen olduğunu belirlemişlerdir.

Bingöl ve diğ. (1982), yaptıkları çalışmalarda plütonun, Chappel ve White (1974) sınıflamasına göre I tipi özellikler gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu durumda Çataldağ

granitoyidinin kaynak malzemesinin magmatik kayaçlardan ibaret olduğunu ve kısmi ergime ile plütonu meydana getirdiğini savmışlardır. Ercan ve diğ. (1990), Çataldağ ve Ilıca-Şamlı granitoyidleri üzerinde yaptıkları çalışmada söz konusu plütonların bileşimleri itibariyle siyenogranit ile granodiyorit arasında değiştiklerini (monzogranit) belirtmişlerdir.

Akyüz (1995), Manyas-Susurluk-Kepsut arasında (çalışma alanını da içeren) kalan bölgedeki birimleri jeolojik, petrografik ve jeokimyasal açıdan incelemiş ve bölgedeki tektonik birlikleri tanımlamış, bu birimlerin Sakarya zonu, İzmir-Ankara zonu, Anatolid grubu ve Tektonizma sonrası birimler olarak çeşitli tektonik birliklere ayırmıştır. Çataldağ granitoyidinde yaptığı çalışmalarda, plütonu granodiyorit olarak tanımlamakla birlikte, en belirgin özelliğinin dokanaklarında gösterdiği foliasyon ve lineasyon olduğunu belirtmiştir. Ayrıca plütonun çekirdeği ile dış zonlarının mineralojik olarak benzese de dokusal olarak farklılık gösterdiğini özellikle dokanaklarda porfirik ve kataklastik dokular izlendiğini belirtmiştir. Çataldağ plütonunun kalk-alkalen karakterde olduğunu belirtmekle birlikte, elde edilen kimyasal ve mineralojik sonuçların granitoyidin Chapel ve White (1974) S- ve I-tipi sınıflamasında ayrımı için yeterli olmadığını açıklamıştır. Bölgedeki granodiyoritlerin post-tektonik olduklarını, 700-800^{o}C'de soğuduklarını ve çevresinde hornblend-hornfels fasiyesine ait kontakt metamorfizmanın geliştiğini belirtmiştir.

Akyüz ve Okay (1996), tarafından yapılan çalışmada, İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı boyunca Sakarya zonu ile Anatolid-Torid bloğu arasındaki ilişkileri incelemişlerdir.

Genç, (1998), Bayramiç ve civarındaki magmatik kayaçlarda çalışmalarını yürüten araştırmacı, Oligosen-Orta Miyosen'de, Sakarya kıtası ve Torid-Anatolid platformu arasında kıtasal çarpışmayı takiben Batı Anadolu'da yaygın magmatik aktivitenin, mekansal ve zamansal olarak beraber görünen sokulum ve yüzey volkanik kayaçlarını türettiğini açıklamıştır.

Delaloye ve Bingöl (2000), Batı Anadolu ve Kuzeybatı Anadolu granitoyidlerini kapsayan ve plütonlar üzerinde yaptıkları çalışmalarla, Batı Anadolu'nun tektonik

evrimini de açıklayan araştırmacılar söz konusu bölgelerde bulunan plütonları genç ve yaşlı şeklinde iki değişik grupta değerlendirmişlerdir. Çataldağ plütonunu da genç granitoyid grubunda değerlendiren araştırmacılar yaptıkları K-Ar yaş tayinleri neticesinde 20.8±0.4 my, yaşını elde etmişlerdir.

Aldanmaz ve diğ. (2000), Batı Anadolu'nun volkanik kayaçlarında çalışmalar yapan araştırmacılar, Eosen'de meydana gelen kıta-kıta çarpşmalarını takiben, Batı Anadolu'da litosferin bir kalınlaşma ve orojenik çöküntü döngüsü geçirdiğini ortayan koymuşlardır. Yapmış oldukları jeokimyasal incelemeler ile, Erken±Orta Miyosen volkanik kayaçlarının LILE ve HFSE ilişkili LREE elementlerince zenginleşerek, yüksek $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve düşük $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranlarına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Elde ettikleri verileri derleyen araştırmacılar, volkanik kayaçları oluşturan magma kaynağının, çarpışma öncesi yitim neticesinden arta kalan yitim bileşenlerini taşıyan litosferik manto bölgesinden türediğini açıklamışlardır. Ayrıca yitim kökenli metazomatize litosferin düzenini kaybetmesi ile çarpışma sonrası magmatizmanın başlayabileceğini ve ısıl sınır tabakalarının ayrılması veya levha kırılması mekanizmaları ile bu düzensizliğin mümkün olabilceğini vurgulamışlardır. Ayrıca, Geç Miyosen alkalin kayaçlarının düşük $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve yüksek $^{143}Nd/^{144}Nd$ değerleri ile OIB tipi iz element içeriği ile karakterize olduklarını, ayrıca kayaçların granat içeren lerzolitin kısmi erimesini işaret eden REE içeriğine sahip olduklarını açıklamışlardır.

Köprübaşı ve Aldanmaz (2004), Kuzeybatı Anadolu plütonik kütleleri olan Armutlu, Kapıdağ ve Lapseki yarımadalarında, plütonik kütlelerin Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı, Üst Kretase-Tersiyer ofiyolit kayaçları tarafından üzerlenen metamorfik taban kayaçlarına sokulduklarını ifade belirmişlerdir. Plütonların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin benzerliğinin magmalarının aynı kaynaktan türemesine bağlayan ve benzer petrojenetik işlemlere maruz kalmış olabileceklerini işaret eden araştırmacılar, plütonların hornblend-monzogranit ve granitten granodiyorit bileşenlerinden ibaret ve genellikle kalk-alkalin, metalümina, I tipi, özellikleri ile karakterize olduklarını ifade etmişlerdir. Söz konusu sokulum kayaçlarının kimyasal özelliklerinin yitim ilişkili veya aktif kıta kenarı granitlerine oldukça benzer olduğunu savunmuşlardır. Yitimin tüketilmesinin ardından litosferik mantonun

metazomatize bölümünden kısmi ergimeyi tetiklecek ısının, yitim levhasının orojenik dilimlenmesi yada ısıl sınır tabakası ayrılan litosferik mantonun en alt kısmından gelen sıcak mantonun astenosferde yükselimi sonucu ortaya çıkabileceğini belirtmişlerdir.

Altunkaynak (2006), Kuzeybatı Anadolu'da İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı üzerinde ve kuzeyinde yer alan granitoyidler üzerine çalışma yapan araştırmacı çarpışma sonrası magmatizmasıyla gelişen ve petrojenetik gelişimleri, jeokimyasal özellikleri ve yaşsal ilişkileri ile litosferik levha kırılmasını işaret eden D-B yönlü iki kuşak şeklinde uzanan plütonlarının türediğini belirtmiştir. İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı üzerinde ve kuzeyinde yer alan iki kuşağa ait plütonların jeokimya, petrojenez ve jeokrnolojik verilerinin, alp tarzı çarpışma hattında litosferik levha kırılması magmatizması gelişimini ifade ettiğini savunmuştur.

İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının mavişist kayaçlarına yerleşen güney kuşaktaki plütonların yani kenet kuşağı granitoyidlerinin diyorit, kuvars diyorit, granodiyorit ve siyenitten ibaret bileşime sahip olduklarını ve 52-48 my dolaylarında yaşlara sahip olduklarını açıklamıştır.

Dilek ve Altunkaynak (2007), Batı Anadolu çarpışma sonrası magmatizmasının, Erken Eosen'de kıtasal çarpışmasının ardından zamanla kuzeyden güneye doğru yayılarak ve mesafeli yükselimler oluşturmuş olabileceğini açıklamıştır.

Orhan (2008), Çataldağ Granitoyidi granit-granodiyorit bileşiminde olup sub-alkalen, kalkalkalen ve peralüminyum karakterli I-S tipi bir sokulum olduğunu belirtmiştir.
Boztuğ ve diğ. (2008), Ilıca, Çataldağ ve Kozak graniyotidlerinde üzerinde çalışmışlardır. Çataldağ, Ilıca ve Kozak granitoyidleri için K-Ar soğuma yaşı olarak 21-29 my önerilmişlerdir.

Deniz ve Kadıoğlu (2009), Çataldağ ve Ilıca plütonları üzerinde yaptıkları araştırmada her iki intrüzif kütlenin Karakaya kenet kuşağına sokulum yaptığını belirterek, Karakaya formasyonunun kayaçları ile kontak metasomatik ve migmatitik kayaç oluşumlarından oluşan keskin dokanağa sahip olduklarını savunmuşlardır.

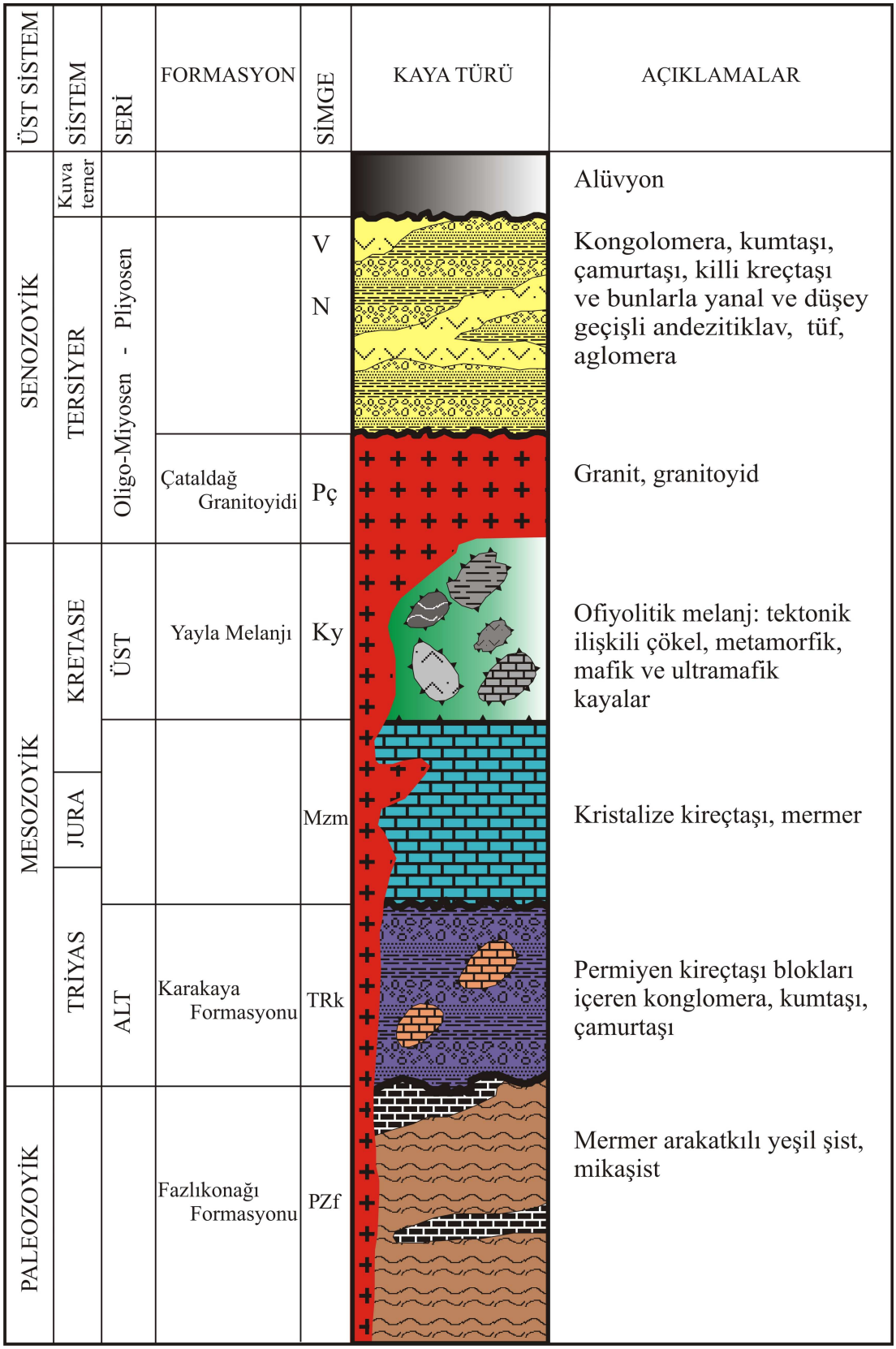
BÖLÜM 2. GENEL JEOLOJİ

2.1. Stratigrafi

Çalışma alanın tabanında, bölgenin en yaşlı birimi olan Paleozoyik yaşlı yeşilşist, mikaşist ve mermerlerden oluşan Fazlıkonağı Formasyonu yer almaktadır. Fazlıkonağı Formasyonu üzerinde uyumsuz bulunan Alt Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu gözlenir. Karakaya Formasyonu Kaz dağının güneyinde ve güneydoğusunda, Uludağ kuzeyinde, Manisa ve Simav kuzeyinde, Bilecik, Eskişehir ve Ankara dolaylarında ve Amasya'nın güneyinde geniş bir alanda yayılım sunmaktadır (Bingöl ve diğ., 1973; 1976). Kristalize kireçtaşı ve mermerlerin Karakaya Formasyonu üzerinde uyumsuzlukla yer aldığı belirlenirken, tüm bu birimlerin üzerine Üst Kretase yaşlı ilksel ilişkileri ve dokanakları bozulmuş çökel, metamorfik, mafik ve ultramafik kayaçlardan ibaret olan Yayla Melanjı yerleşmiştir. Yayla Melanjı tüm eski birimleri tektonik dokanakla üzerlemektedir.

Söz konusu olan Paleozoyik ve Mezozoyik yaşlı birimler Oligo-Miyosen yaşlı Çataldağ granitoyidi tarafından kesilmiştir. Çataldağ granitoyidi inceleme alanında izlenen yaşlı birimlere sokulmakta ve Neojen yaşlı çökel ve volkanik kayaçlar ile üzerlenmektedir. Neojen yaşlı birimler, tamamen karasal özellikteki Miyosen-Pliyosen yaşlı çamurtaşı, killi kireçtaşı birimleri ile bunlarla yanal ve düşey geçişli andezit, lav, tüf ve aglomeralar ile temsil edilmektedir. Neojen volkanik kayaçları ise genellikle asit ve kalk-alkalen bileşimdedir.

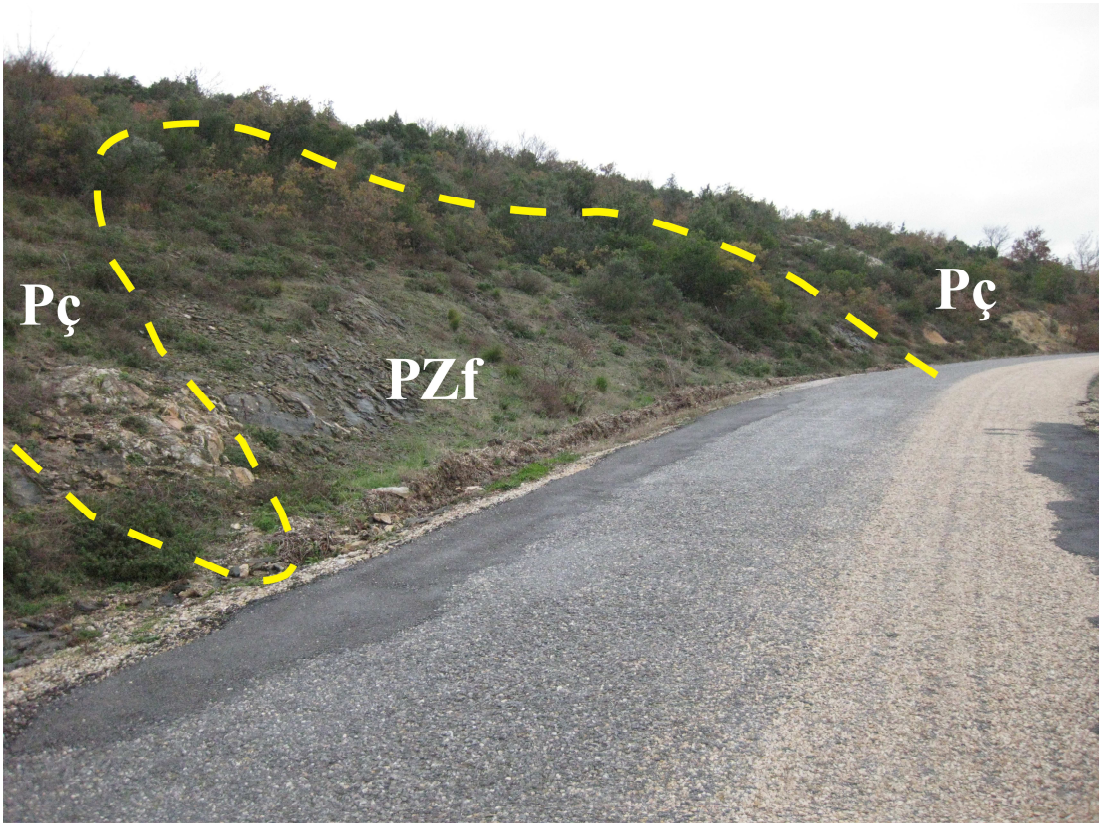
Formasyon adlandırılmaları yapıldıktan sonra, diğer özellikler (renk, doku, tane boyu, vb.) genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesitinde sunulmuştur.



Şekil 2.1: İnceleme Alanının ait genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Ergül ve diğ. 1986'den değiştirilerek alınmıştır).

2.1.1. Fazlıkonağı formasyonu (PZf)

İnceleme alanında yayılım gösteren ve aynı zamanda temel birim olan, Fazlıkonağı formasyonu karmaşık renkli şistlerden oluşmuştur ve merceğimsi, bantımsı mermer ve metabazik kayaç blokları içermektedir. Birim Susurluk'un doğusunda Dereköy-Paşalar arası ile Örenli köyü çevresinde, Serçeören köyü ile Alagüney köyleri civarına nazaran kısmen daha geniş yayılım sunmaktadır. Fazlıkonağı formasyonu; glokofan-klorit şist ile kuvars-klorit-serisit şist, kuvars-muskovit şist, muskovit-kuvars ve metakarbonatlardan ibarettir. Arazi gözlemlerinde izlenen klorit şistler, yeşil şist fasiyesini işaret etmektedir.



Şekil 2.2: İnceleme Alanında yer alan Fazlıkonağı Form. ile foliasyon düzlemlerine uygun sokulan Çataldağ granitoyidi (Pç: Çataldağ Granitoyidi, PZf: Fazlıkonağı Formasyonu).

Belirgin bir şistozite sunmamasına rağmen yer yer şiştoziteye uygun olarak yerleşmiş sfen minerali içeren, mor-mavimsi renkleri ile ayırt edilebilen glokofan-epidot şist ve glokofan-klorit şistler, genel yapıya uyumlu gözükmekle beraber ince ve-veya kalın tabakalar şeklinde izlenmişlerdir. Fazlıkonağı formasyonu içinde bant ve mercek

şeklinde izlenen mermerler gri, beyaz renklerde, ince ve veya orta kalınlıkta tabakalar sunarken, genellikle mercek şeklinde görülen metabazik karmaşık kayaç blokları ise yer yer şiddetle makaslanarak foliasyon özelliği kazanmışlardır.

Özellikle Serçeören köyü civarında mika şistlerin kırılgan yapılarının bozulduğu ve sertleştikleri izlenirken bazı noktalarda ise şistlerin klivajlar boyunca ayrılmadığı belirlenmiştir. Granitik sokulum tarafından kesilen mika ve amfibolşistlerde izlenen bu duruma rağmen bahis konusu metamorfik birimlerin foliyasyon yapılarını koruduğu belirlenmiştir.

Fazlıkonağı formasyonu, düzensiz mostralar ve devrik kıvrımlanmalar nedeni ile düzenli bir kesit sunmamaktadır. Ayrıca metamorfizma nedeniyle içinde organik bir kalıntıya rastlanmayan bu birimin yaşı, gerek konumu, gerekse Batı Anadolu'da yapılan diğer çalışmalardaki benzerleri ile ilgili görüşler dikkate alınarak Üst Paleozoyik olarak kabul edilmiştir (Kaaden, 1959; Özkoçak, 1969; Ürgün, 1972; Akat ve diğ. 1978; Ergül ve diğ. 1980; Yalçınkaya ve Avşar, 1980; Ercan ve diğ. 1990).

2.1.2. Karakaya formasyonu (TRk)

Çalışma alanında sadece Dereköy-Paşalar civarında izlenen Karakaya formasyonu Fazlıkonağı formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Üst Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları içermesinden dolayı birim Alt Triyas yaşlı olarak kabul edilmiştir. (Ergül ve diğ., 1980; 1986). Bununla beraber arazi gözlemlerinde kırıntılı seviyelerde yapılan çalışmalarda fosil bulunamamıştır.

2.1.3. Mesozoyik mermerler (MZm)

Karbonat kayaları ile temsil edilen birim değişken kalınlıkta tabakalı, yer yer şeker dokulu ve belirgin laminalı, beyaz-gri renkli, olup üste doğru masif özellikte olan birimin yer yer içerdiği mikritik kalıntılar nedeniyle neritik ortam ürünü olabileceği düşünülmektedir. Birim Fazlıkonağı formasyonu ile uyumsuz dokanak ilişkisi sunmakta ve Yayla melanjı tarafından üzerlenmektedir. Stratigrafik konumu dolayısı

ile Orta-Üst Triyas-Jura-Kretase yaşlı olabileceği düşünülen kayaçlar, özellikle Dereköy-Paşalar civarında seyrek mostralar göstermektedir. Bununla birlikte karstik bir topoğrafya sunarak özellikle Darıçukuru deresinde kovuk, konkurdan ve dev kazanı yapıları oluşturmaktadır. Mesozoyik yaşlı karbonatlı birimlerin Çataldağ Granitoyidi ile kontak yaptığı zonlarda, özellikle Serçeören köyünün kuzeyinde yaygın skarn zonları gelişmiştir.



Şekil 2.3: İnceleme alanının güneydoğusunda yer alan mermer işletmelerinden bir görünüm.

Çalışma alanının özellikle güneyinde yüzeyleyen Mesozoyik yaşlı mermerler aynı zamanda ekonomik değere sahiptir ve işletilmektedir. Ticari olarak "Kemalpaşa Beyazı" şeklinde adlandırılan ve inceleme alanı içerisinde iki farklı ocaktan üretilen mermerler, özellikle civar köylere ve ilçeye ciddi anlamda ekonomik katkı sunmaktadır.

2.1.4. Yayla melanjı (Ky)

Birim birbirleri ile ilksel ilişki ve dokanakları ayırtlanamayan çökel, metamorfik kayaçlar ve ofiyolit topluluğuna ait bazik ve ultrabazik kayalardan meydana gelmiştir. Arazide karmaşık bir yapı ile izlenmektedir. Formasyon karışık renkli görünüme sahiptir ve radyolarit, çamurtaşı, spilit, tüf, serpantinit, diyabaz, gabro, dünit, harzburjit, mermer, metakumtaşı ve blok görünümde klorit-lavsonit-glokofan şist, epidot-lavsonit-glokofan şist ile bunların içinde değişik boyutta, değişik yaşta kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır.

Yayla melanjı, çalışma alanındaki tüm eski kaya birimlerini üzerlemekte ve tektonik dokanaklı olarak yer almaktadır. Melanj içierisinde blok olarak bulunan Fazlıkonağı formasyonuna ilişkin mermerler ile Karakaya formasyonuna ait blok kireçtaşlarının birbirleri ile ilişkileri yer yer ayırtlanabilmektedir. Ayrıca ofiyolit topluluğuna ait gabroların oldukça sert, köşeli kırılmalı ve çok kırıklı oldukları izlenmektedir. Metabazik kayaçlar, yeşil renklerde serpantinler ile birlikte çok kırıklı, makaslanmalı ve nadir de olsa kromit parçacıkları içermektedir. Spilitik bazaltlar koyu renkli yer yer boşluklu, eklemli ve bol kırıklı olup, gelişkin makaslanma sunarken, radyolaritler de, kırmızı, kahve renkli, kırıkların çok görüldüğü kayalar olup, bazı yerlerde tabakalı durumlarını korumuşlardır. Melanj özelliğindeki birim içinde anılan kayalar köksüz, taşınmış ve tektonik dokanaklı olup, melanjın kalınlığı belirlenememiştir. İnceleme alanı içerisinde Gözle Tepe ve civarında birimin yüzeylediği görülmüştür.

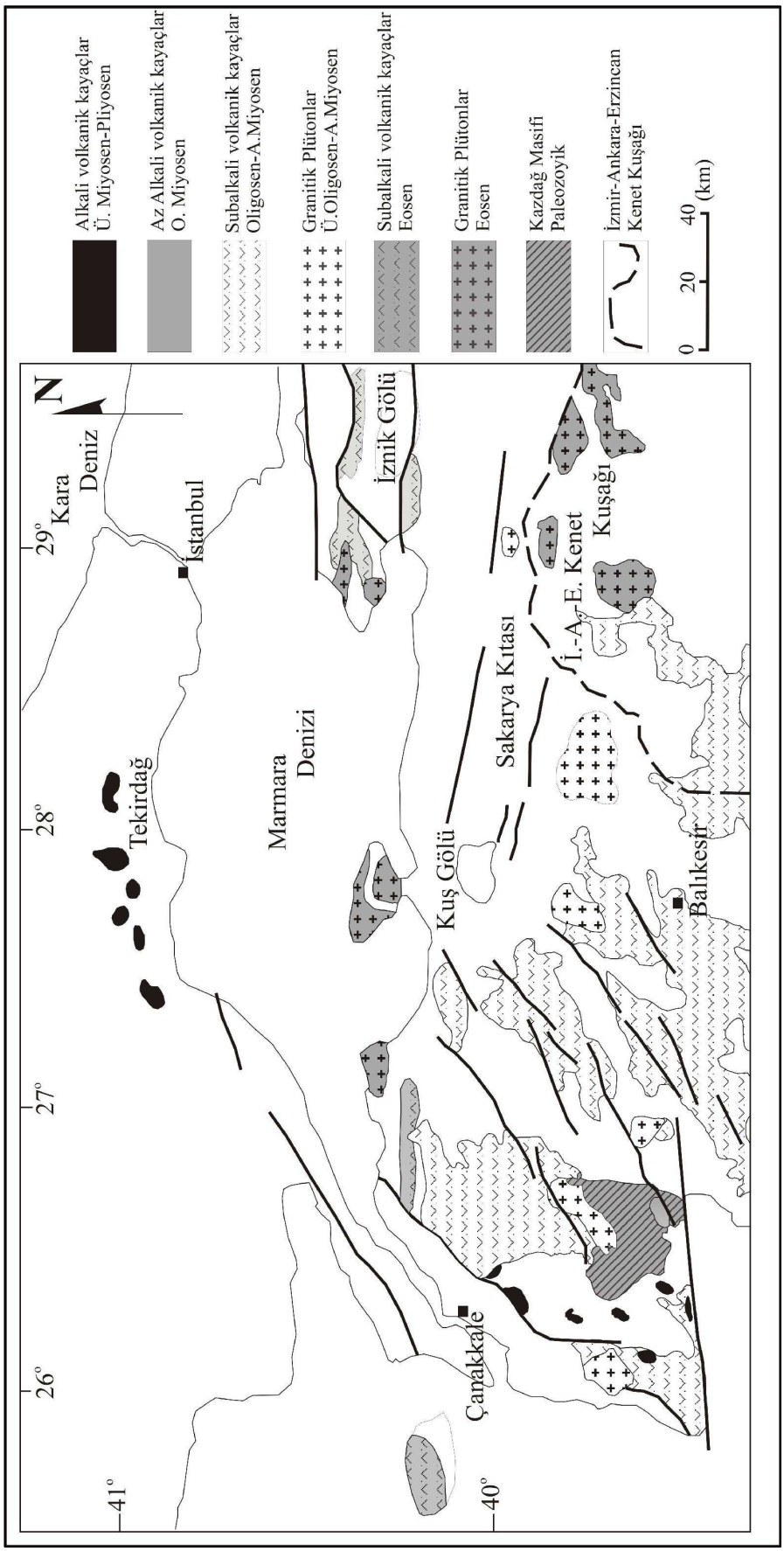
Kuzey sınırı Mesozoyik yaşlı karbonatlı birimler ile kontrol edilen birim Oligo-Miyosen yaşlı Çataldağ granitoyidi ile kesilmiştir. Daha önceki çalışmalarda, melanj oluşumunun Kretase öncesi başladığı ve Meastrihtiyen'de tamamlandığı belirtilmiştir (Ergül ve diğ., 1980; 1986; Ercan ve diğ., 1990). Söz konusu topluluğun, Çataldağ granitoyidi tarafından kesilmesi yerleşme yaşının Tersiyer öncesi olduğu kanısını güçlendirmektedir.

2.1.5. Çataldağ granitoyidi (Pç)

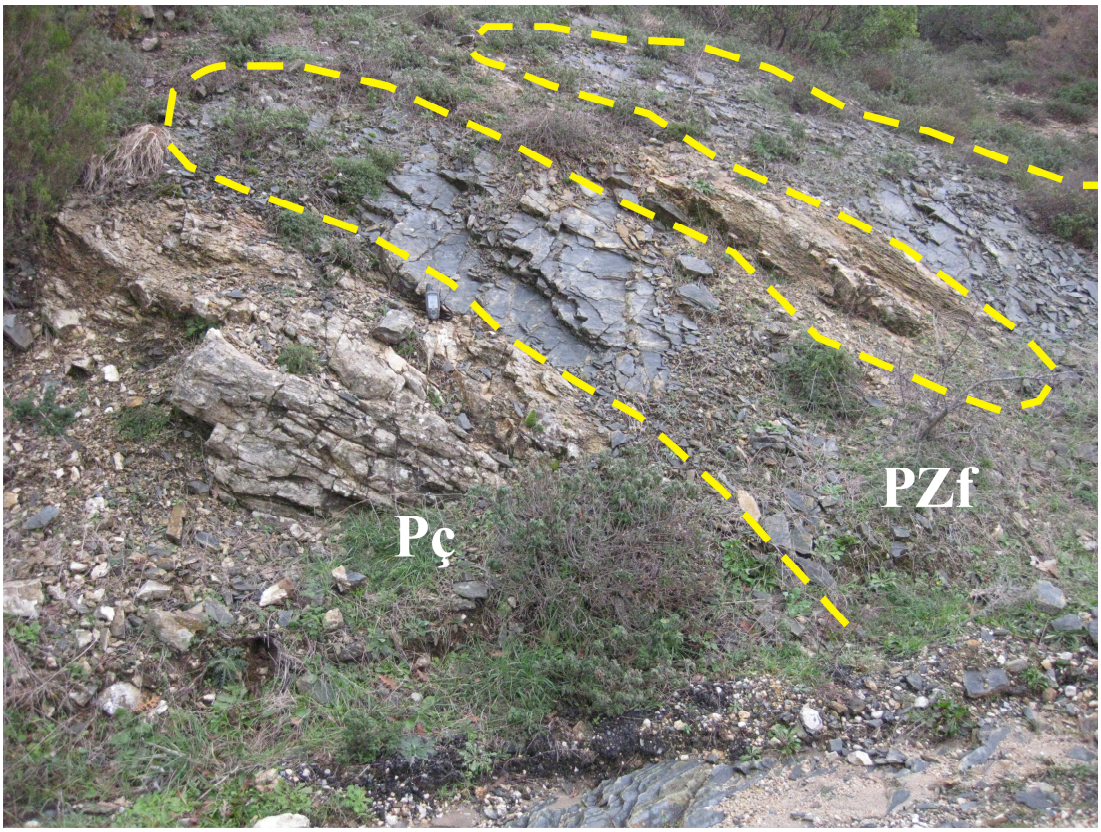
Bu çalışmanın esas konusunu oluşturan ve çalışma alanının merkezinde bulunan Çataldağ plütonu; Kuzeybatı Anadolu'daki çarpışma sonrası tektonizmasına bağlı magmatik faaliyetler ile sokulan granitlerden biridir. Çataldağ plütonu Susurluk doğusunda yaklaşık 450 km^2'lik geniş bir alan kaplayan, apofiz, dayk ve sil içeren bir batolittir. Çataldağ granitoyidi yaklaşık BD-KB-GD ve KB-GD doğrultulu Miyosen yaşlı birimleri de kesen normal atımlı faylar ile kesilmiştir. Çalışma sahası içerisinde izlenen yükseltilerden biri olan Çataltepe de zira normal bir faylanma sonucu oluşmuştur. Kuzeydoğu tarafta yer alan blok yukarı doğru hareket ederken, güneybatı blok ise düşüm hareketini yapmıştır. İnceleme alanında izlenen en büyük faylanmalardan biri olan Çataltepe fayı aynı zamanda oblik bir uzanım da sergilemektedir. Ayrıca granitoyid doğu ve kuzeydoğu kenarı boyunca Fazlıkonağı formasyonu ile faylı bir geçiş sunmaktadır.



Şekil 2.4: Çataldağ plütonunda izlenen MME'lerden (mafik magmatik anklav) bir görünüm. Arazi çalışmaları sırasında büyüklükleri cm'den dm'ye değişen MME'ler izlenmiştir.



Şekil 2.5: Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plütonlar ve plütonlarla ilişkili volkanik kayaçların, yaş ve bileşim olarak ayırtlanması ve İAEKK'ye göre konumları (Altunkaynak, 2007).



Şekil 2.6: İnceleme Alanında yer alan Fazlıkonağı Form. ile foliasyon düzlemlerine uygun sokulan Çataldağ granitoyidi (Pç: Çataldağ Granitoyidi, PZf: Fazlıkonağı Formasyonu).

Çataldağ granitoyidi, inceleme alanında bulunan Mezozoyik ve Paleozoyik yaşlı tüm kayaç birimlerine sokularak kesmiştir. Çataldağ plütonunun doğusundaki mostralarda, granitoyidin çevredeki metamorfik kayaçlar ile yer yer geçişler gösterdiği görülmüştür. Çataldağ Granitoyidi genellikle yaşlı birimlerin tabaka ve düzlemlerine uyumlu olarak sokulum yapmıştır. Nitekim arazi gözlemleri sırasında bazı mevkiilerde plütonun şistlerin foliasyon düzlemine uyumlu sokulan sillerinin aynı zamanda dayk şeklinde hareket ederek, yine bahis konusu şistleri kestiği izlenmiştir. Bununla beraber gerek şistleri, gerekse granitoyidi kesen, kuvars ve aplit damarlarının özellikle plütonun kontak zonlarında ve-veya kontağa yakın kayaçların içine yerleştiği belirlenmiştir.



Şekil 2.7: İnceleme Alanında yer alan Fazlıkonağı Form. ile Çataldağ granitoyidi kontağını yakından irdelenmesi (plüton aplit damarları ile kesilmektedir).



Şekil 2.8: Çatlak ve kırıklarla kesilmiş ve süreksizlik zonlarında bozuşmaya uğrayan Çataldağ granitoyidi.

Sünlük köyünün güneyindeki bazı kesimlerde ve granitoyid gövdesinin kuzeydoğu kesimlerinde iyi gelişmiş foliasyon düzlemleri izlenmiştir. Söz konusu foliasyon düzlemlerinin, Fazlıkonağı formasyonu ve granitoyid arasında uzanan ana fay zonuna paralel olarak belirlenmiştir. Çataldağ granitoyidi Fazlıkonağı formasyonu ve Mesozoyik yaşlı mermerlere sokulumu kontakt metamorfizmaya neden olmuştur. Fazlıkonağı formasyonuna ait şistlerin de kontakt metamorfizmadan etkilenerek, dokanak zonu çevresince tekrar metamorfizma geçirdiği görülmüştür. Lakin Alagüney ile Serçeören köyleri civarında granitoyidin şistleri bazen dayklar şeklinde keserken bazen de siller şeklinde ve foliyasyon düzlemlerine paralel olarak yerleştiği izlenmiştir. Bu tip aplitik dayklarn Fazlıkonağı formasyonunun şistleri ile olan dokanak zonlarında kontak metamorfizma izleri görülmemiştir. Plüton güney sınırı boyunca yer alan Serçeören ve Alagüney köyleri civarında sunduğu skarn zonunda granitoyid ve skarn zonunu kesen damarlar izlemiştir.

Özellikle Oyuk tepe ve Kocaçakıl tepe mevkiilerinde Çataldağ granitoyidinin kireçtaşları ile sunduğu kontak zonlarında metamorfizma geliştiği ve bu zonların geniş yayılım sunduğu gözlenmiştir, ayrıca söz konusu zonlar üzerinde kontakt metasomatizma etkisiyle skarn zonları gelişmiştir. Bölgede dar bir alanda izlenen skarn zonunda piroksen ve granat ile genel bir zonlanma göstermektedir. Bahis konusu olan skarn zonu Orhan (2008) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir.



Şekil 2.9: Çataldağ granitoyitinden genel bir görünüm, yüzeyleyen granitoyit mostraları.

Granitoyidin şistlerle olan kontakları genellikle keskin olup, kontak zonları ise oldukça geniş yayılımlar sunmaktadır. Dokanakta gelişen muskovit + margarit + siderofillit + andaluzit birlikteliği 3,5 kbar'dan düşük basınç ve 550-650^{o}C civarında sıcaklık koşullarına işaret emektedir (Akyüz, 1995).

Çataldağ granitoyidi üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalar ile bu plütonun kökeninin manto, kabuk ve mafik alt kabuk kayaçlarının eriyerek oluşturduğu

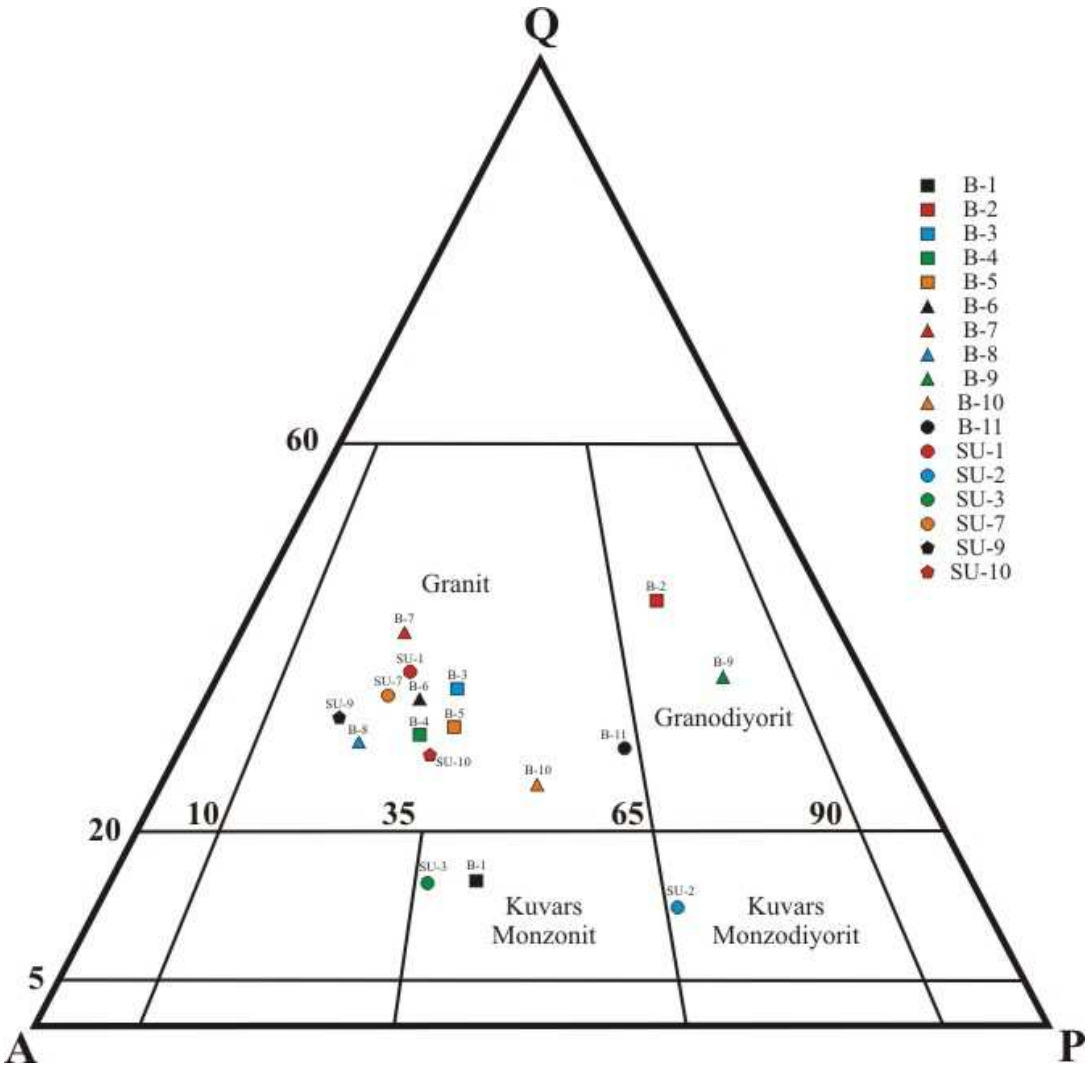
değişik materyallere sahip magmalar olduğunu koymuştur. Çataldağ granitoyidine ait önekler üzerinde yapılan K-Ar ve Rb-Sr yaş analizi ile 21.2±0.6-25.9±0.5 my (Boztuğ ve diğ., 2008) ve 20.9 my (Mutlu ve Orhan, 2009) yaşları Oligosen-Miyosen olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.10: Çataldağ granitoyidi ve Fazlıkonağı Form. arasında izlenebilen kontak zonu, granitoyid üzerinde şistlerin foliasyonlarına paralel gelişen foliasyonlar ve granitoyidin sokulumu sırasında şistlerde oluşan çatlak ve kırık sistemlerinin görünümü.

2.1.5.1 Çataldağ granitoyidinin petrografik özellikleri

Çalışmanın esasını oluşturan Çataldağ granitoyidinden alınan örneklerin petrografik incelemeleri polarizan mikroskop yardımıyla yapılmıştır. Ayrıca plütona ait 17 adet örneğin nokta sayıcı ile modal analizleri yapılmıştır. Söz konusu analiz sonucunda nokta sayıcı ile sayılan minerallerin kuvars, alkali feldspat, plajiyoklas yüzdeleri belirlenmiş ve elde edilen değerler QAP diyagramında değerlendirmiştir. Diyagramda örneklerin granit, granodiyorit, kuvarslı monzonit ve kuvars monzodiyorit bölgelerine düştükleri görülmüştür.



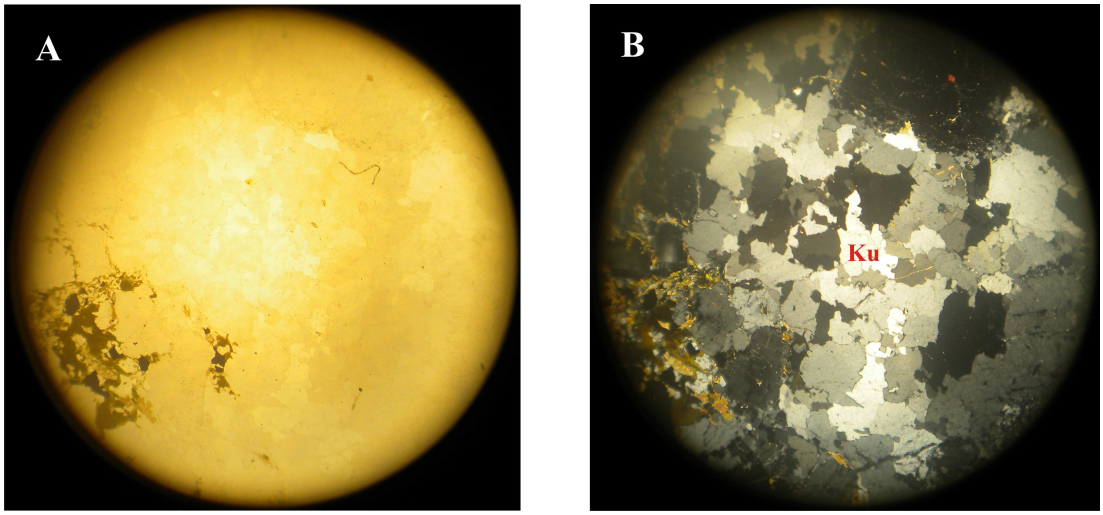
Şekil 2.11:. Çataldağ Granitoyidini oluşturan kayaçların QAP diyagramında (Streckeisen 1967) sınıflandırılması.

Tablo 2.1: Petrografik tayini yapılan 17 adet örneğin modal analiz sonuçları (%).

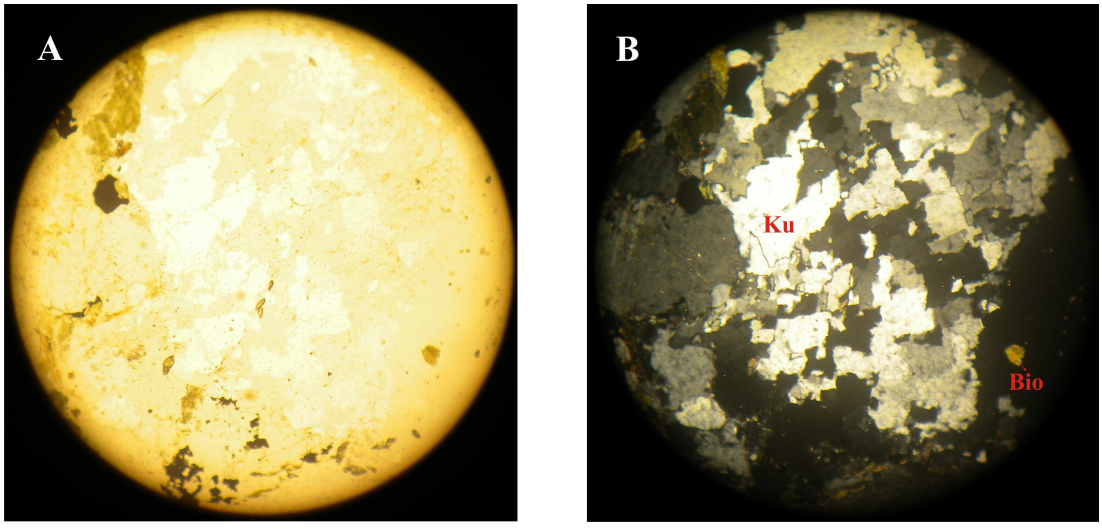
QAP DİYAGRAMINA GÖRE ADLAMA	MİNERALLER %							
	KUVARS	ALKALİ FELDSPAT	PLAJİYOKLAS	BİYOTİT	AMFİBOL	OPAK MİNERAL	İKİNCİL MİNERAL	ÖRNEK NO.
KUVARS MONZONİT	10	32	24	14	-	8	12	B-1
GRANODİYORİT	35	12	30	12	-	2	9	B-2
GRANİT	28	32	18	7	1	6	8	B-3
GRANİT	16	26	13	20	3	8	14	B-4
GRANİT	22	31	18	11	-	6	12	B-5
GRANİT	24	32	14	12	-	7	11	B-6
GRANİT	32	33	12	13	-	6	4	B-7
GRANİT	16	29	9	19	2	9	16	B-8
GRANODİYORİT	28	11	38	15	1	3	4	B-9
GRANİT	22	32	33	8	-	2	3	B-10
GRANİT	24	23	38	8	2	2	3	B-11
GRANİT	26	32	14	13	-	8	7	SU-1
KUVARS MONZODİYORİT	9	21	40	17	3	2	8	SU-2
KUVARS MONZONİT	10	38	22	18	-	3	8	SU-3
GRANİT	25	34	13	18	-	5	5	SU-7
GRANİT	25	41	10	12	4	3	5	SU-9
GRANİT	21	34	17	21	-		7	SU-10

2.1.5.1.1. Granitler

Çataldağ granitoyidinin önemli bir bölümü granitlerden oluşmaktadır. Çobandede Tepe'de ve tepenin doğusu ve güneydoğusunda ayrıca Emindağı Tepe civarında mostralar veren granitler, arazide krem rengi ve grimsi tonlarda izlenmiştir.



Şekil 2.12: Granitlerde izlenen holokristalen doku (Ku: Kuvars, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol).

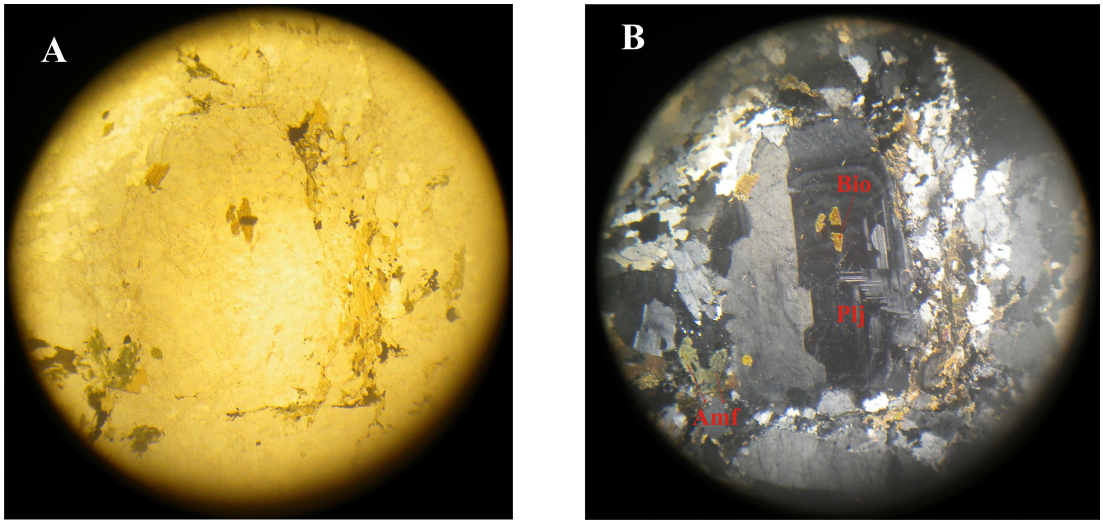


Şekil 2.13: Granitlerde izlenen holokristalen doku (Ku: Kuvars, Bio: Biyotit, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol).

Polarizan mikroskop ile yapılan petrografik çalışmalarda, iri taneli holokristalin doku izlenmektedir. Bununla birlikte plütonun dış zonlarında kataklazma etkili porfirik doku izlenmektedir. Yönlü dokuların ve kataklastik özelliklerin egemen olduğu plütonun dış zonlarında, yönlenmelerin ve basınç etkisi ile kuvvetli dalgalı sönmelerin geliştiği görülmüştür.

Kuvars kristallerinin özşekilsiz taneler şeklinde izlendiği örneklerde, kuvars miktarının modal analizler ile %16-32 arasında değiştiği belirlenmiştir. Granitoyidin kenar kısımlarından alınan örneklerde kuvarsların, kataklastik etkiler nedeni ile hafif dalgalı sönme gösterdikleri belirlenmiştir.

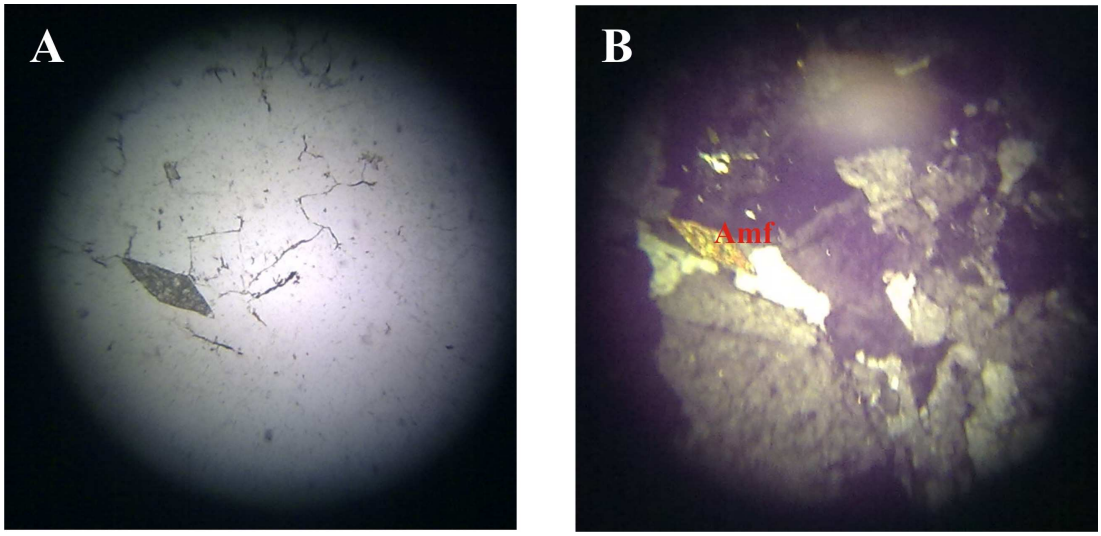
Alkali feldspatlar genellikle ortoklas kristalleri şeklinde ve yer yer serisitleşmiş şekilde görülmektedir. Plajiyoklaslara oranla daha bol bulunan alkali feldspatların modal analizlerde % 11-41 oranlarında bulunduğu izlenmiştir. Ortoklaslarda karlsbad ikizleri gözlenmiştir.



Şekil 2.14: Granitlerde izlenen zonlu plajiyoklaslar, biyotitler ve özşekilsiz olarak izlenen amfiboller (Ku: Kuvars, Bio: Biyotit, Plj: Plajiyoklaz, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol).

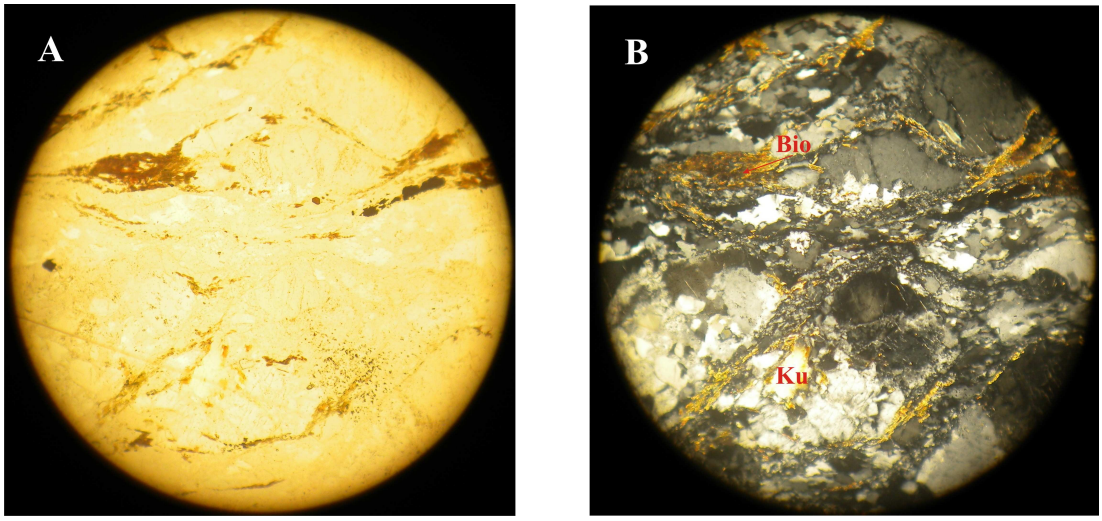
Plajiyoklas minerallerinde zonlu ve polisentetik ikizleri göze çarpar. Plajiyoklazlar % An içeriklerine göre oligoklas-andezin bileşimindedir. Genellikle özşekilli ve yarı özşekilli görülen plajiyoklasların % 9-40 arasında değiştiği belirlenmiştir. Zonlu plajiyoklasların çekirdek kısımlarında az da olsa serisitleşmeler izlenir. Bunlarla birlikte ince kesit örneklerinde izlenebilen plajiyoklaslardaki zonlanmalar, granitin

özellikle dış ve kenar zonlarındaki hızlı soğumayı işaret etmektedir. Bu tip doku plütonun sokulumu sırasında meydana gelen soğumanın özellikle dış zonlarda hız kazandığını göstermektedir.



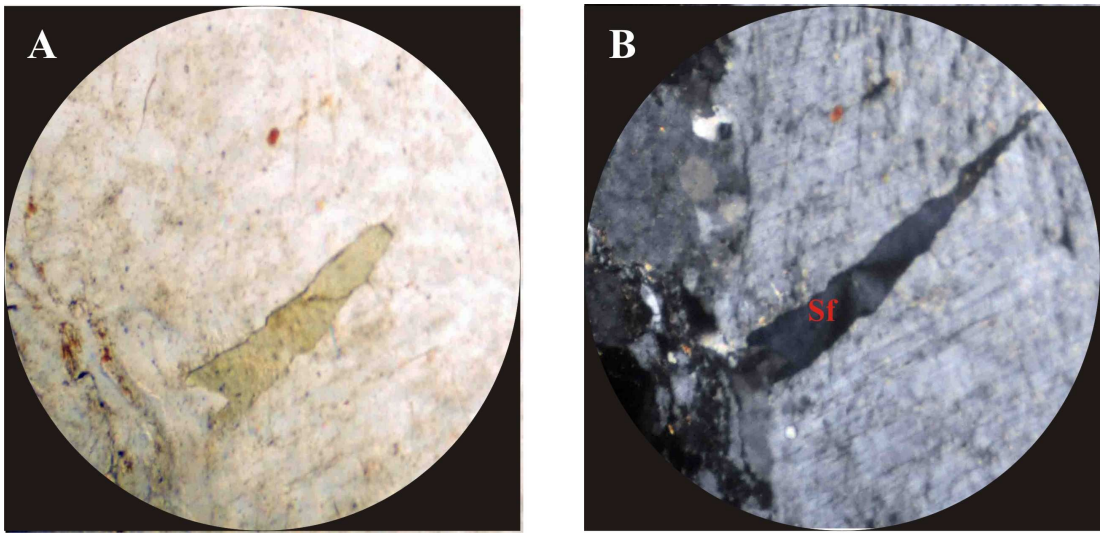
Şekil 2.15: Granitlerde izlenen özşekilli amfibol (Amf: Amfibol, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol).

Ferromagnezyen minerallerden biyotit ve amfibolün gözlendiği ince kesit örneklerinde, biyotitlerin yapılan modal analizler sonucunda % 7-21 arasında değiştiği belirlenmiştir. Biyotitler genellikle prizmatik şekilde dilinimli izlenmiş ve alterasyon ile kloritleştiği tespit edilmiştir. Biyotitlerde dik sönme izlenirken tek nikolde izlenen kahverengi pleokroizma ile izlenmiştir. Amfibol ise biyotite oranla oldukça az miktarda gözlenmiş, modal analizlerde % 1-4 arasında değiştiği saptanmıştır. Bunula birlikte Sazak Tepe civarında alınan örnekte amfibollerin % 3 ve Emindağı Tepe civarında alınan örnekte % 4 oranına ulaştığı görülmüştür.



Şekil 2.16: Granitlerde izlenen kataklazma etkisi (Bio: Biyotit, Ku: Kuvars, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol).

Kesitlerde ikincil mineraller olarak rastlanılan sfen ve apatit diğer mineraller içerisinde inklüzyonlar şeklinde görülmektedir. Bununla birlikte minerallerin sınırlarında ve yine inklizyonlar şeklinde opak mineraller izlenmiştir.

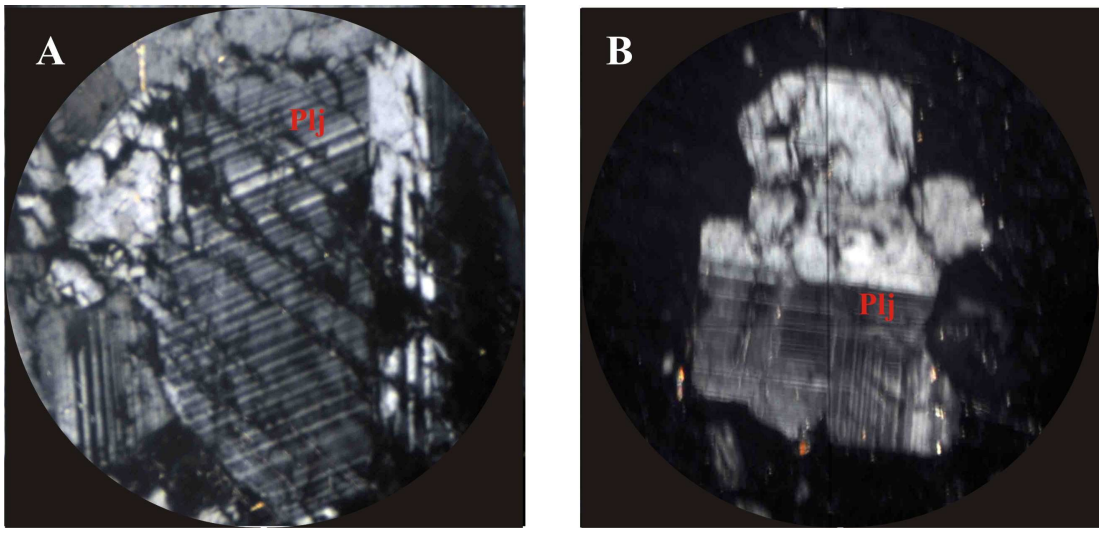


Şekil 2.17: Granitlerde izlenen özşekilli sfen (Sf: Sfen, A: 16x Tek Nikol, B: 16x Çift Nikol).

2.1.5.1.2. Granodiyoritler

Granodiyoritler inceleme alanında, Serçeören köyü güneybatısı ve Alagüney köyünün güneyinde mostra vermektedir. Granodiyoritler arazide hafif pembemsi tonlarda görülmüştür.

Polarizan mikroskopta yapılan ince kesit çalışmaları dahilinde yapılan modal analizlerde plajiyoklaslar % 30-39 oranında bulunmuştur. Genellikle iri kristaller şeklinde, yer yer kırıklı yapı izlenen plajiyoklasların yoğun alterasyon sonucu serisitleştiği de tespit edilmiştir.

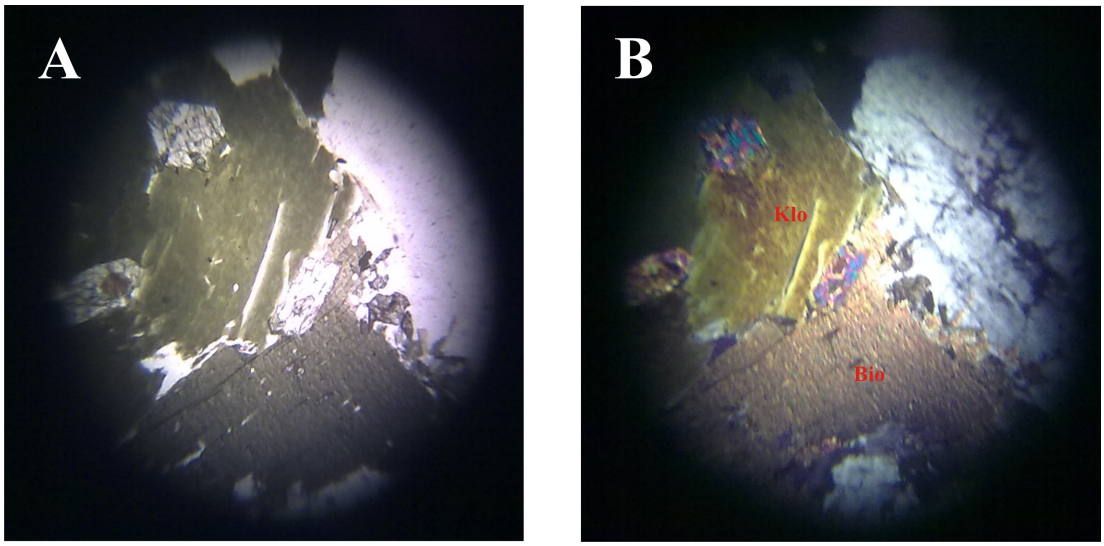


Şekil 2.18: Granodiyoritlerde izlenen plajiyoklasların zonlanmaları ve kırıklar fotoğraflarda çok net olarak görülebilir. Özellikle B fotoğrafında kuşgözü yapısı şeklinde gelişen serisitleşmeler dikkat çekicidir. (Plj:Plajiyoklas, A: 16x Çift Nikol, B: 16x Çift Nikol).

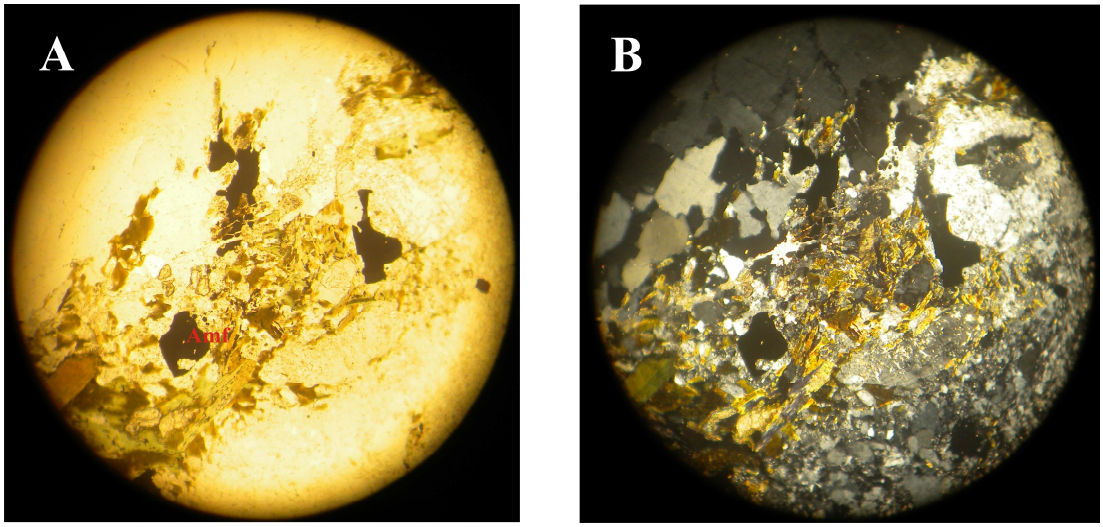
Farklı boyutlarda gözlenen alkali feldspatlar % 11-12 oranında izlenmiştir. Bununla birlikte kuvarsların modal analizlerin sonucunda % 28-35 oranlarında değiştiği gözlenmiştir. Büyüklükleri değişken ve genellikle yarı özşekilli olarak görülen kuvarslarda yer yer kırıklı yapı ve dalgalı sönme görülmektedir.

Biyotitlerin oranlarının modal analizlerle % 12-15 aralığında değiştiği belirlenmiştir. İri kristaller şeklinde, altererasyon etkisiyle dilinimleri boyunca kloritleşen biyotitler, dik sönme göstermektedirler. Ayrıca tek nikolde izlenen kahverengi pleokroizma ile

tespit edilmişlerdir. Biyotitlere göre daha az miktarda izlenen amfibollerin ise %1 civarında orana sahip oldukları belirlenmiştir. Amfiboller yer yer tamamen opaklaşmışlardır.



Şekil 2.19: Granodiyoritlerde izlenen biyotit ve alterasyon sonucunda kloritleşmiş biyotit (Bio: Biyotit, Klo.: Kloritleşmiş Biyotit, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol).

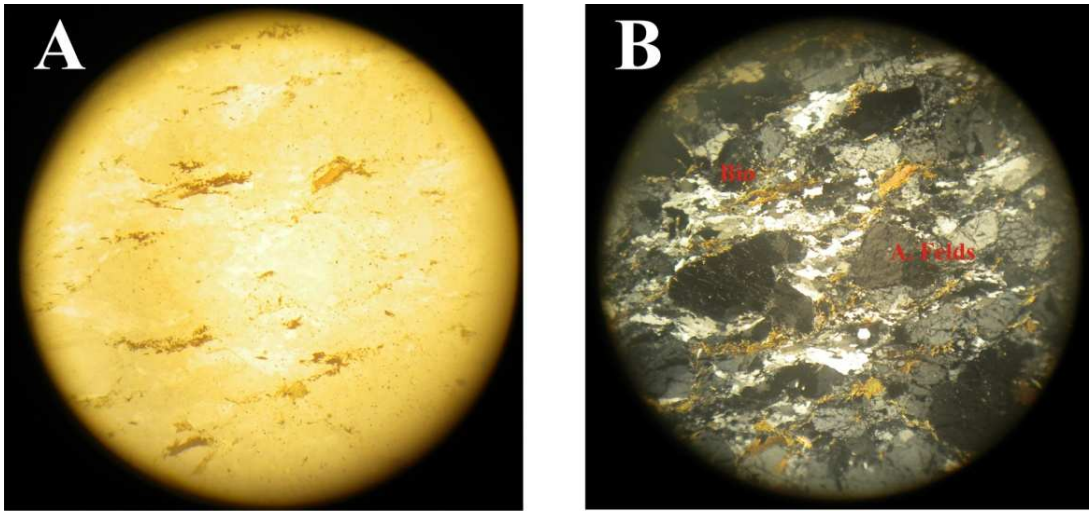


Şekil 2.20: Granodiyoritlerde izlenen tamamen opaklaşmış bir amfibol pseudomorfu (Amf: Amfibol, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol).

2.1.5.1.3. Kuvarslı monzonitler

İnceleme alanında yer alan Turfal Dağlarının kuzey yamaçlarında mostra veren ve gri renklerde gözlenen kuvarslı monzodiyoritlerde, plajiyoklaslar yarı özşekilli olarak izlenirken, ince kesit çalışmalarında yapılan modal analizlerde % 22-24 oranında bulunduğu tespit edilmiştir.

Alkali Feldspatlar plajiyoklaslardan daha fazla oranda ve modal analizlerde % 32-38 olarak belirlenmiştir. Alterasyon ile serisitleşen alkali feldspatlar karlsbad ikizlenmesi göstermektedir.



Şekil 2.21: Kuvarslı monzonitlerde izlenen alkali feldspatlar ve biyotitler (Bio: Biyotit, A. Felds.: Alkali Feldspat, A: 4x Tek Nikol, B: 4x Çift Nikol).

Kuvarslar %10 civarında izlenmiştir ve genellikle özşekilsiz olarak bulunmaktadır. Ayrıca yapılan modal analizlerin neticesinde biyotitlerin % 14-18 oranında değiştiği belirlenmiştir. Alterasyon ektisi ile yer yer kloritleşmelerin izlendiği örneklerde, biyotitlerin iri kristaller şeklinde olduğu belirlenmiştir.

2.1.5.1.4. Kuvarslı monzodiyoritler

Kuvars monzodiyoritler inceleme alanında, Turfal Dağlarının kuzey yamaçlarında mostra vermektedir. Grimsi tonlarda izlenen kuvars monzodiyoritlerin plajiyoklas oranları diğer mineraller nazaran oldukça yüksektir, modal analizlerde %40 civarında olduğu belirlenmiştir.

Alkali feldspatlar plajiyoklaslara göre daha az ve modal analizde %21 civarında bulunmuştur. Alterasyon sebebi ile genellikle seristleşmeler izlenmektedir.

Kuvarslar modal analizlerde %7 civarında ve özşekilsiz olarak belirlenmiştir. Ayrıca yapılan modal analizlerin neticesinde biyotitlerin % 17 civarında olduğu bulunmuştur. Alterasyon ektisi ile yer yer kloritleşmelerin izlendiği örneklerde, biyotitlerin iri kristaller şeklinde olduğu görülmüştür.

Ayrıca %3 civarında orana sahip amfiboller yine modal analizlerde izlenmiştir. Özşekilli veya yarı özşekilli olarak görülen amfiboller, yer yer opaklaşmışlardır.

2.1.6. Neojen çökelleri (N)

İnceleme alanı civarında mostralar veren Neojen çökelleri, konglomera, kumtaşı, marn, kiltaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından meydana gelmiştir ve yer yer eş yaşlı tüf, aglomera ve lav düzeyleri içerir (Ercan ve diğ. 1990). Birim, kırmızı, kahverengi, sarımsı, bej, kirli sarı, kirli beyaz, morumsu beyaz renklerde olup, daha eski kaya birimleri üzerinde temel kayaçlara ilişkin tüm çakılları içeren konglomeralarla uyumsuz olarak başlar, değişik boyutta olan bu çakıllar, az yuvarlak, az köşeli ve kötü boylanmalı olup,kalsit ve kum çimentoludur (Ercan ve diğ. 1990).

Konglomeraların üzerinde belirgin tabakalanma göstermeyen kumtaşları yer alır. Kumtaşları gevşek tutturulmuş tüf ve kalsit çimentoludur. Daha üste doğru kiltaşı ve marn ardalanması ile devam eden birim, killi kireç taşlarına geçer, kireçtaşları ve silisifiye kireçtaşları ile devam eder (Ercan ve diğ. 1990). Karasal ortamda oluşmuş

(alt düzeyler akarsu ortamında, üst düzeylere doğru delta ve gölsel ortam) olan bu çökel dizisi, tüm sahada tüf, aglomera ve lavlarla yanal ve düşey yönde geçişli olarak izlenir (Ercan ve diğ. 1990). Yaklaşık 300 m kalınlık gösteren Neojen çökelleri, olasılıkla birbirleriyle doğrudan ilişkileri olmayan küçük karasal havzalarda oluşmuş ve Neojen çökelleri ile volkanizma, eş zamanlı olarak meydana geldiğinden, çökellerin üst düzeylerinde yer alan konglomeraların çakıllarının bir kısmı Neojen volkaniklerine aittir (Ercan ve diğ. 1990).

2.1.7. Volkanik kayaçlar (V)

Çalışma alanında yayılım gösteren volkanik kayaçlar, Neojen çökelleri ile eş yaşlı olarak karasal ortamda lav, aglomera ve tüf gibi değişik ürünler oluşturmuş, çökel kayaçlarla birlikte çökelerek ardalanma sunmaktadırlar. Lavlar çoğunlukla andezit, yer yer de dasit, ender olarak da riyodasit ve riyolit bileşiminde, andezitik türde lavlar; andezit, hiyaloandezit, ojitli andezit, altere andezit vb. olarak adlandırılabilir (Ercan ve diğ. 1990). İnceleme alanında mostralar veren volkanitlerin Miyosen-Pliyosen yaşlı Neojen çökelleri ile yanal ve dikey geçişli ve alt düzeyleri ile de eş yaşlı olduklarından Miyosen yaşlı oldukları kabul edilmiştir (Ercan ve diğ. 1990).

Ayrıca, andezit türde bir lavda K/Ar yöntemi ile yaptıkları radyometrik yaş belirlemesi ile 21.71±0.29 my bir sonuç elde etmişlerdir (Ercan ve diğ. 1985). Ayrıca inceleme alanı yakın çevresinde, Gündoğdu (1984) Bigadiç volkanitlerinde, andezitik lavlarda 23.6±0.9 my, 20.3±0.6 my ve 18.3±0.6 my; Ercan ve diğ. (1985) trakiandezitik lavlarda 19.59+0.26 my; Benda ve diğ. (1974) İvrindi volkanitlerinde 19.5+0.1 my gibi yaşlar saptamışlardır.

BÖLÜM 3. JEOKİMYA

3.1. Giriş

Kuzeybatı Anadolu'da, İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının kuzeyinde yer alan ve Çataldağ granitoyidi olarak adlandırılan plüton çalışmanın esasını oluşturmaktadır. Çataldağ granitoyidini jeokimyasal açıdan irdeleyerek, magma tipini bulmak ve granitoyid jenezi ile bölgenin tektonik gelişimi arasındaki ilgiyi saptamak amacıyla söz konusu kütleden alınan 17 adet temsili örneğin ana (majör) ve iz element analizleri yapılmış ve Tablo 3.3'de sunulmuştur.

Jeokimyasal çalışmaya ait örnekler, ayrıntılı petrografik incelemeden sonra plütonu oluşturan grupların en ayrışmamış olanlarından seçilmiştir. Analiz için örnek seçiminde olanakların elverdiği ölçüde, ayrımlılaşmanın her evresinden örnek alımına özen gösterilmiştir.

3.2. Kullanılan Analitik Yöntemler

Örneklerin ana oksit analizleri S-Lab (Standart Laboratuar) ve iz element analizleri Actlab (Activation Laboratories Ltd.) laboratuarlarında yapılmıştır. Tüm oksitler ve Ba, Ni, Sc gibi elementlerin analizlerinde 0,200 gr toz örnek $LiBO_2$ ile ergitilmiş ve sonra çözündürülerek ICP-ES ile analiz edilmiştir. Tüm analizlerde ateşte kayıp değerleri, kaya tozlarının 900°C' de yaklaşık iki saat süreyle bekletilmesi sonucu elde edilmiştir.

Tablo 3.1: Çataldağ granitoyidine ait örneklerin analiz sonuçları.

Örnek no.	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6
SiO_2	61,34	67,48	65,87	63,09	68,58	60,95
TiO_2	0,56	0,40	0,40	0,51	0,26	0,56
Al_2O_3	15,94	16,36	16,28	16,67	15,80	15,85
Fe_2O_3	4,29	2,56	2,86	4,06	1,71	4,79
MnO	0,08	0,09	0,06	0,11	0,03	0,12
MgO	1,38	0,83	1,08	1,44	0,59	1,26
CaO	4,58	2,79	3,40	4,54	2,36	4,50
Na_2O	6,09	4,64	5,02	5,72	5,13	6,30
K_2O	4,33	3,16	3,90	3,05	3,88	4,65
P_2O_5	0,18	0,04	0,07	0,13	0,03	0,14
LOI	1,12	1,57	0,98	0,60	1,55	0,78
Total	99,88	99,92	99,93	99,92	99,92	99,89
Sc	3,6	2,2	2,2	2,8	1,6	3,1
Cr	7,5	20,3	5,6	8,6	7,1	6
V	43	25	27	38	12	32
Ni	3,2	5,5	3,6	5,2	2,4	4,3
Co	3,9	2,9	3,5	5	1,8	3,7
Cu	5,38	8,15	9,27	11,3	6,71	13,5
Zn	42,8	101	58,6	69,6	32,2	55,5
Ga	5,86	4,84	5,18	7,1	3,89	4,77
Rb	35	34,5	60,6	66,7	34,6	49,8
Sr	62,2	93,5	65,6	86,4	76,4	66,5
Y	17,4	14,2	12,1	14,4	12,9	16,1
Zr	3,2	3	1,7	4,5	1,2	3
Nb	2,3	1,6	1,5	1,7	1,2	2,4
Cs	3,7	3,55	5,78	7,07	2,93	3,86
Ba	82,4	147	109	144	87,9	99,6
La	47,9	41,3	33,9	42,5	22,7	47,7
Ce	83	71	58,9	74,9	40,2	78,4
Pr	9,4	7,9	6,5	8,6	4,3	8,8
Nd	33,2	28,4	22,4	30,8	14,7	31,2
Sm	5,7	4,9	3,9	5,3	2,8	5,3
Eu	1,4	1,2	1	1,3	0,6	1,3
Gd	4,6	4,3	3,3	4,6	2,7	5
Tb	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4
Dy	3,05	2,82	2,27	2,77	2,42	3,41
Ho	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6
Er	1,6	1,4	1,1	1,4	1,2	1,6
Tm	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Yb	1,4	1,4	1	1,2	1	1,5
Lu	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Hf	0,1	< 0.1	< 0.1	0,2	< 0.1	< 0.1
Ta	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Pb	7	52,3	9,2	10,2	14	6,34
Th	18,2	18,3	14,5	20,9	10,3	20,4
U	9,6	6,3	10,7	11,9	16,3	8,7

Tablo 3.1: (Devam) Çataldağ granitoyidine ait örneklerin analiz sonuçları.

Örnek no.	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	SÜ-1
SiO_2	72,28	66,77	70,42	67,53	64,13	66,72
TiO_2	0,17	0,39	0,27	0,35	0,45	0,39
Al_2O_3	13,71	16,23	15,80	13,91	14,63	15,81
Fe_2O_3	1,33	2,54	1,34	2,77	3,25	2,40
MnO	0,02	0,01	0,01	0,05	0,05	0,02
MgO	0,39	0,80	0,58	0,91	1,10	0,82
CaO	0,85	1,50	1,33	3,05	3,02	2,51
Na_2O	4,78	3,95	5,03	4,81	5,81	6,14
K_2O	5,87	6,75	4,50	5,47	6,52	4,65
P_2O_5	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
LOI	0,50	0,98	0,66	1,02	0,92	0,43
Total	99,92	99,92	99,94	99,87	99,90	99,89
Sc	1,8	1,2	1,7	3,6	3,5	2,3
Cr	11,6	5	6,1	9,9	11,2	11,1
V	5	3	6	18	23	18
Ni	2,7	3,3	2,1	5,4	3,7	2,7
Co	1	1,5	1,6	3	3,1	2,3
Cu	7,38	6,71	3,56	16,1	7,3	6,68
Zn	14,3	46	43,5	39,9	37	57,2
Ga	3,7	5,67	6,13	4,1	4,95	7,87
Rb	43,2	45,9	60,5	59,6	53,3	74,8
Sr	4,1	8,6	11,2	15,9	15	20,1
Y	6,89	3,55	4,64	18,1	20,7	4,5
Zr	1,6	2,3	1,4	2	1,4	1,8
Nb	1	0,6	0,5	2,6	2,6	0,5
Cs	3,95	3,32	8,32	3,53	3,8	7,37
Ba	22,3	91,6	45,7	97,2	129	85,2
La	13,6	21,2	19	29,1	26,3	20,5
Ce	26,8	38,4	35,7	51,9	47	39
Pr	3	4,1	3,9	5,6	5,2	4,3
Nd	10,3	14,2	13,8	19,3	18,1	14,8
Sm	2,5	2,6	2,6	3,7	3,6	2,6
Eu	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1
Gd	2,3	2,3	2,2	3,8	3,9	1,9
Tb	0,3	0,2	0,2	0,6	0,6	0,2
Dy	1,57	1,12	1,16	3,4	3,53	1,03
Ho	0,3	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2
Er	0,6	0,3	0,4	1,8	2	0,4
Tm	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0,3	0,3	< 0.1
Yb	0,6	0,1	0,2	1,6	2,1	0,2
Lu	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0,2	0,3	< 0.1
Hf	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Ta	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Pb	10,3	4,7	8,46	7,89	6,83	6,3
Th	19,9	9,9	11,2	20,9	23,2	11,1
U	3,1	1,6	4,9	7,5	6,8	1,9

Tablo 3.1: (Devam) Çataldağ granitoyidine ait örneklerin analiz sonuçları.

Örnek no.	SÜ-2	SÜ-3	SÜ-7	SÜ-9	SÜ-10
SiO_2	65,66	71,41	67,39	67,37	69,54
TiO_2	0,47	0,30	0,33	0,34	0,33
Al_2O_3	15,85	15,51	16,14	16,13	15,53
Fe_2O_3	3,04	1,45	1,75	2,23	2,06
MnO	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
MgO	0,82	0,59	0,53	0,72	0,83
CaO	3,19	1,95	1,94	1,94	2,09
Na_2O	6,38	4,53	5,61	5,80	4,53
K_2O	3,75	3,58	5,28	4,13	3,25
P_2O_5	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02
LOI	0,67	0,60	0,94	1,24	1,35
Total	99,88	99,93	99,92	99,92	99,55
Sc	1,6	1,7	1,4	1,8	1,9
Cr	7,8	7,4	5,2	4,6	4,6
V	15	14	8	12	15
Ni	3,5	2	3	3,4	4,1
Co	2,3	1,7	1,5	2,1	2,5
Cu	6,96	9,6	10,6	2,03	6,09
Zn	61,5	44,6	23,5	57,8	45,3
Ga	6,36	5,84	6,07	6,68	6,02
Rb	42,8	41,6	62,3	79,9	85,6
Sr	36,9	25,7	12,9	13,9	25,8
Y	5,02	4,55	4,39	6,66	7,33
Zr	1,6	1,3	2,2	1,6	1,6
Nb	0,4	0,8	0,6	0,6	0,8
Cs	3,73	4,55	6,25	7,84	9,23
Ba	126	80,1	42,7	58,3	279
La	46,7	30,6	19,9	18,5	29,4
Ce	75	55,4	35,2	33,3	48,4
Pr	7,5	6	3,8	3,6	5
Nd	25,1	20,1	13,2	13	16,5
Sm	3,9	3,2	2,2	2,4	2,8
Eu	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3
Gd	3	2,4	1,8	2,1	2,5
Tb	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
Dy	1,35	1,1	0,99	1,44	1,66
Ho	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Er	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6
Tm	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Yb	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
Lu	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Hf	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Ta	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Pb	5,63	11,5	5,23	3,73	9,78
Th	17,5	15,1	11,9	11,3	10,9
U	6	4,5	1,1	1,2	1,1

3.3. Granitoyidlerin Jeokimyasal Özellikleri ve Sınıflandırılmaları

Granitik kayaçların kökeni hakkında uzun yıllardan beri süregelen tartışmalarda hem granitlerin bazaltik magmadan türediğini öne süren 'Magmatist'lerin, hemde tortul kayaçların süper metamorfizmayla granite dönüştüğünü ileri süren 'Transformist'lerin haklı olduğu yitim olayındaki petrojenez mekanizmalarının anlaşılması ve buna bağlı ayrıntılı jeokimyasal çalışmalar sonucu anlaşılmıştır. İlk defa Chappel ve White (1974), granitoyid batolitlerini kimyasal ve mineralojik kriterleri göz önüne alarak, magmatik (manto) kökenli I-tipi granitler ve daha önce oluşmuş metamorfik, sedimanter kayaçlardan türemiş (kabuk) kökenli S- tipi granitler olarak sınıflamıştır.

Daha sonra Ishihara (1977), bu sınıflamaya bir ekleme yaparak I- tipi granitleri, 'Magnetit-serileri' ve S–tipi granitleri de 'İlmenit-serileri' olarak ayırmıştır. Daha sonraları Pitcher (1983), bu sınıflamaya ayrıca 'M' ve 'A' tipleri eklenmiştir.

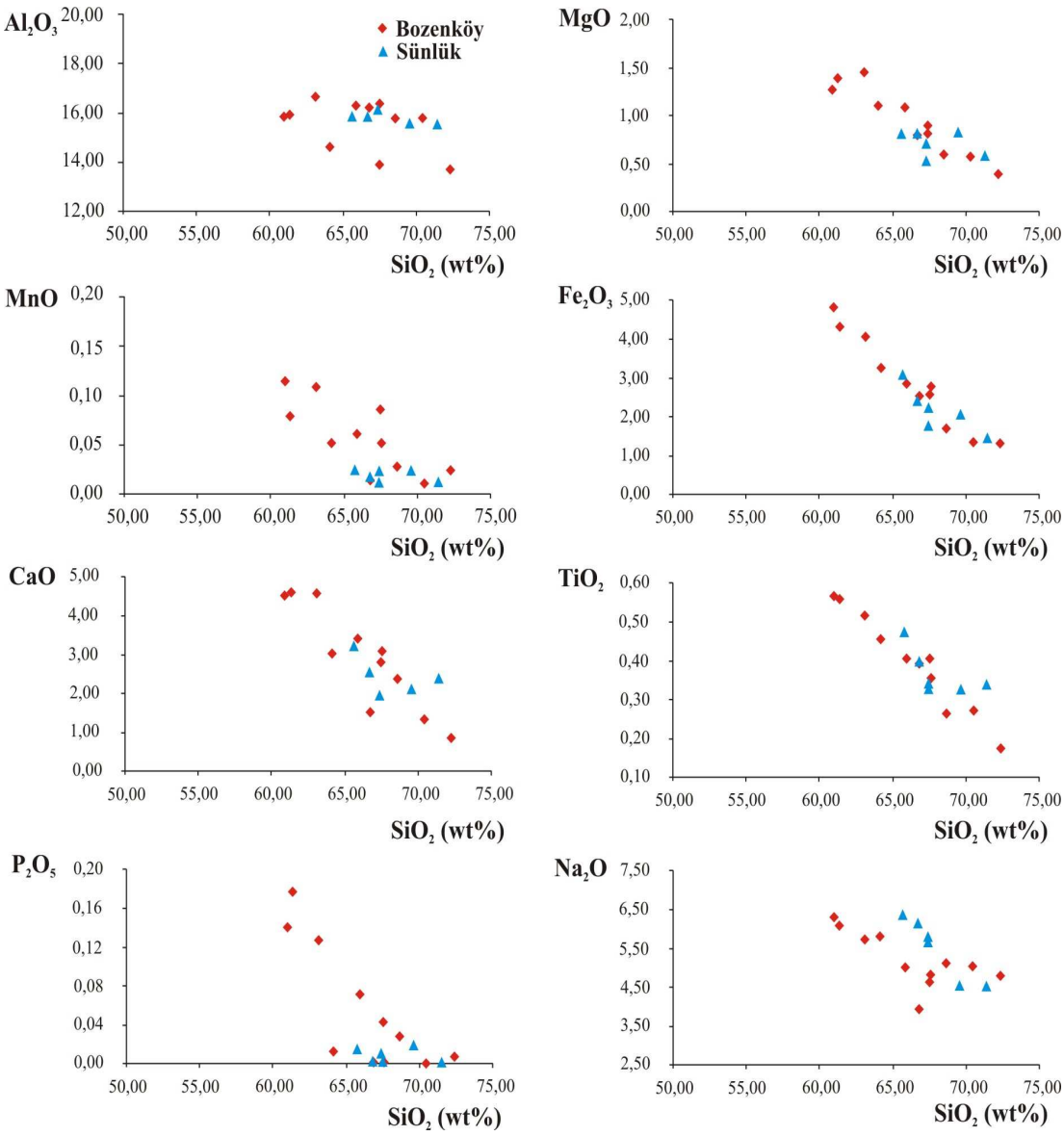
Bütün bu çalışmalardan yararlanılarak Brown ve diğ. (1984), granitoyidleri ana petrolojik ve jeokimyasal karakterlerine göre Tablo 3.2'de özetlendiği gibi sınıflandırmıştır. Granitik sokulumları jenetik olarak sınıflandırmayı amaçlayan yukarıdaki çalışmalardan yeryüzünde oluşan granit kütlelerin çok büyük bir kısmının yitim mekanizmasıyla oluştuğu ortaya çıkmaktadır. Bunlardan M ve I tipleri daha çok manto kökenlidir ve yitim süresince oluşmaktadır. S tipi olarak sınıflandırılanlarda ise kabuk köken kendini belli etmekte ve genellikle bunların oluşumları yitimin son evresine veya çarpışma başlangıcına karşılık gelmektedir. Az da olsa bir kısım granitler plaka içi veya yay gerisi ortamlarda oluşmakta ve belirgin kimyasal karakterleriyle diğer tip granitlerden ayrılmaktadır.

Tablo 3.2: Petrografik ve petrokimyasal karakterlerine göre granitoyidlerin tektonik yerleşimleri ve sınıflamaları Chapple and White (1974), Pitcher (1983), Brown et.al. (1984)'ten sadeleştirilerek alınmıştır.

Kayaç Tipleri ve Oluşum Ortamı	**Alkali Kireç İndeksi ve Alüminyum Dolgunluğu**	**Granitoyid tipi**	**Kökeni Açıklayan İz Element Karakteristikleri**
Gabro-Kuvarslı Diyorit stokları Ada ve Kıta Yayları İlk Evreleri	Kalsik Metalumina	M	Düşük (LILE K,Rb,Th,U), Hafif nadir toprak (La,Ce,Nb)içeriği Manto kökenli , ancak az miktarda yitim zonu zenginleşmesi
Diyorit-Tonalit-Monzogranit-Granit Batolitleri Normal kıta yayları	Kalk-alkalinden Alkali kalsik'e Metalumina'dan Peralumina'ya	I	Yitim zenginleşmesinden dolayı orta miktarda Rb, Th, U; normal mantoya göre hafif Nb,Ta, Hf, Y zenginleşmesi Manto köken karakteristikleri
Granodiyorit-Granit-Kuvarslı Monzonit (kuvarslı latit) Olgun kıta yayları	Alkali kalsik Peralumina (Yüksek K ve düşük Ca'lu serilerde) peralkalenleşir.	S	Kabuk özümlemesinden dolayı yüksek Rb, Th, U. Ancak yüksek Nb,Ta,Hf,Y içeriği manto kökeni işaret edebilir.
Egirin-Ribekit-Nefelinli Siyenit-Alkali Granit Yay gerisi havza	Alkalinden ,alkali kalsik'e Peralkalen	A	Plaka içi manto köken özellikleriyle karakteristiktir. Dolayısıyla Nb,Ta,Hf,Y içerikleri yukarıdaki tiplere göre çok daha fazladır.

3.3.1. Ana element oksitleri

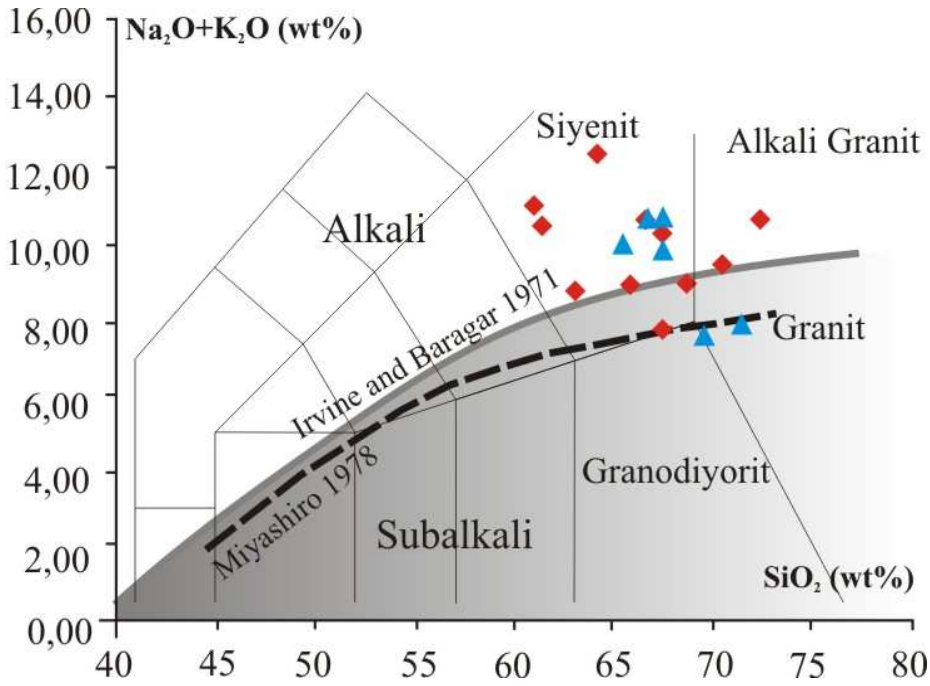
Granitoyidlerin jeokimyasal köken incelemelerinde en çok kullanılan metotlardan biride Harker diyagramlarıdır (Harker 1909). Genel olarak eşkökenli sokulum kayaçlarında ana element oksitlerinin birbirlerine ve silikaya karşı olan korelasyonları pozitif veya negatif yönlü değişimler gösterebilir ve Bu tip korelasyonlarda izlenen yönelimler, fraksiyonel kristallenme ve-veya kısmi ergime yada kıtasal kontaminasyona işaret edebilir (Wilson, 1989).



Şekil 3.1: Çataldağ granitoyidinin Harker tipi, ana element oksitlerine karşı silika diyagramları.

Ana element oksitlerinin SiO_2 karşı değişimleri Harker diyagramlarında gösterilmiştir. TiO_2, MgO, CaO, Fe_2O_3 ve P_2O_5 değerlerinin artan SiO_2 ile düzenli bir şekilde azaldığı sadece Al_2O_3, Na_2O, MnO hariç olmak üzere azalma eğimi gözlenir. Diyagramlarda izlenen eğimli dağılımlar kayaçların ortak bir köken sahip oldukları şeklinde yorumlanabilir.

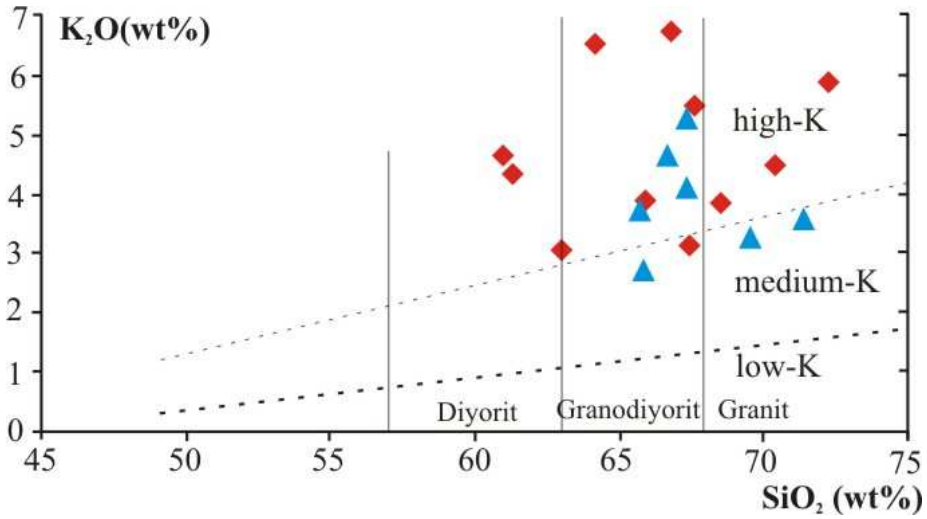
Fakat ana element oksitlerine karşı silika dağılımının yataya yakın olması, ya ortak kökene sahip eriyikte fraksiyonel kristallenmeyi yada iki ve-veya daha fazla, farklı bileşime sahip kökenden eriyiklerin karışmasını yada her iki durumun beraber oluşması şeklinde yorumlanabilir (Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004).



Şekil 3.2: Çataldağ granitoyidinin, toplam alkalilere (Na_2O+K_2O) karşı silika (SiO_2) diyagramı (diyagram Le Maitre, 1989'dan alınmıştır; ayrım çizgileri Irvine ve Baragar, 1971 ve Miyashiro, 1978'den alınmıştır).

Çataldağ granitoyidinde SiO_2 değerleri 60.95 ile 72.28 arasında değişmekle birlikte K_2O değerleri 3.05 ile 6.52 arasında değişim göstermektedir (Tablo 3.2.). Toplam alkalilere karşı silika (TAS) Le Maitre (1989) diyagramı seçilmekle birlikte diyagramda alkali ve subalkali serileri Irvine ve Baragar (1971) ile Miyashiro (1978) hatları ile ayrılmıştır (Şekil 3.2.). Bu diyagramda izlenebileceği üzere Çataldağ

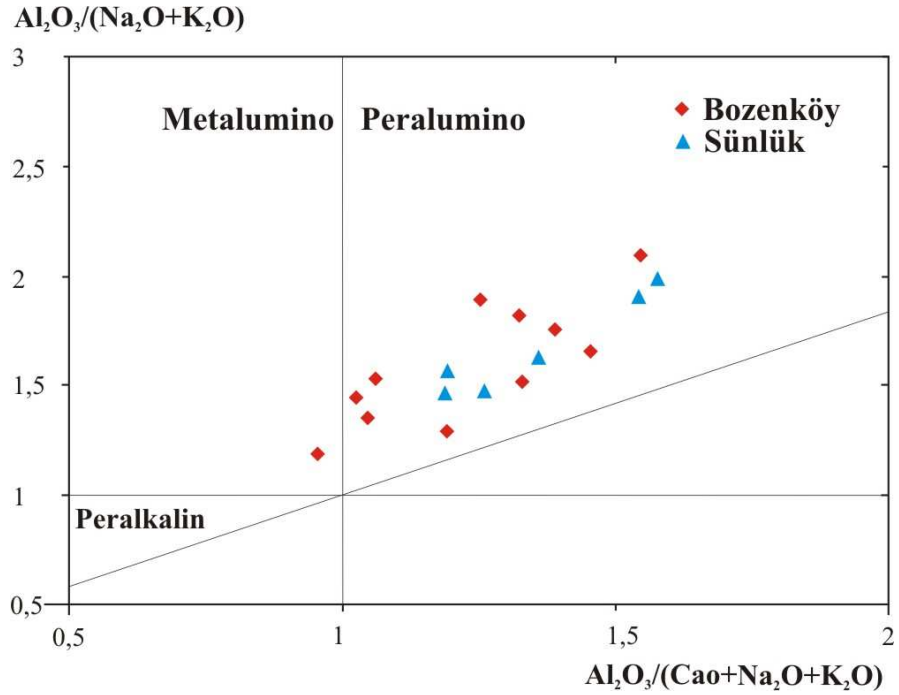
granitoyidi, ağırlıklı olarak siyenitik ve granitik kayaçlardan meydana geldiği ayrıca genel olarak alkali karakterde olmakla birlikte subalkali bileşenlerde içermektedir.



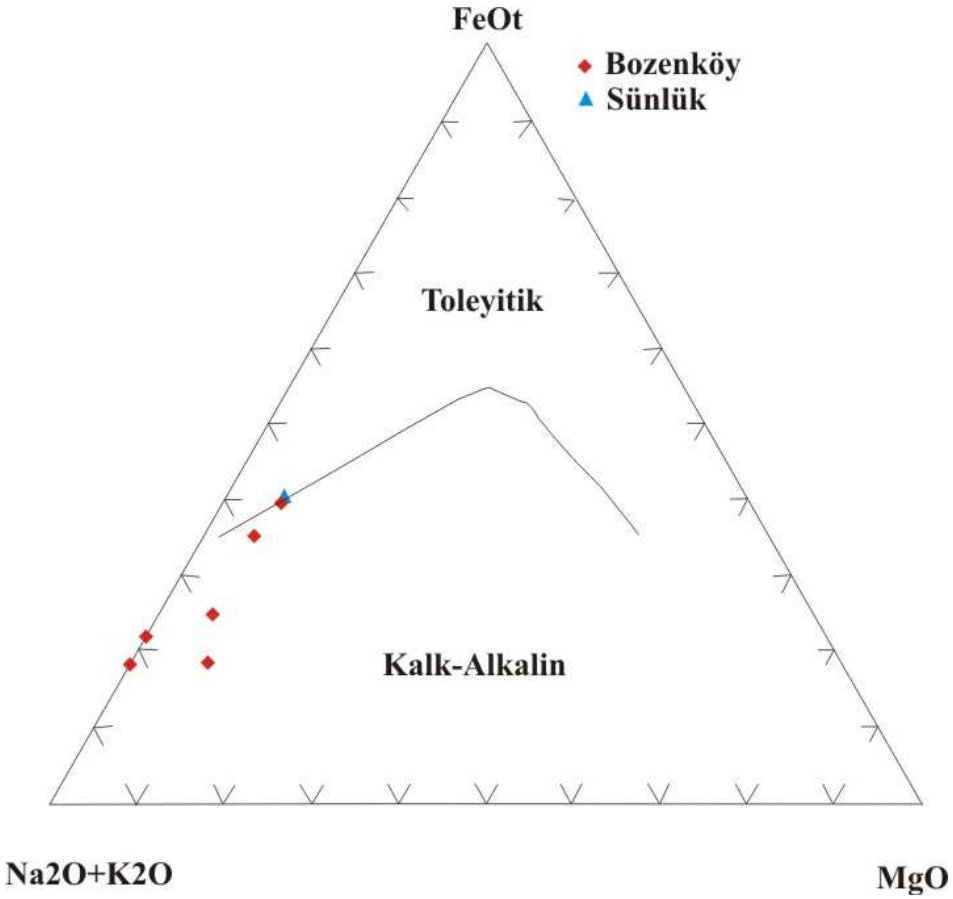
Şekil 3.3: Çataldağ granitoyidinin, K_2O ve SiO_2 diyagramı üzerinde örneklerinin dağılımı (ayrım hatları Rickwood, 1989'dan alınmıştır).

Kayaçların potasik özelliklerini belirlemek amacı ile Rickwood (1989) terimlemesi ile K_2O ve SiO_2 diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagramda izlenebileceği üzere kayaçlar ağırlıklı olarak orta-K kalk-alkalin içeriğinden yüksek-K kalk-alkalin içeriğine geçiş göstermekte ve potasyum içerikleri diyoritten granite doğru yükselim sunmaktadır.

Çataldağ Granitoyidine ait kayaçların alümina doygunluğu özelliklerini belirlemek amacı ile Al_2O_3, Na_2O, K_2O ve CaO değerleri Maniar ve Picolli (1989) diyagramında yerlerine konulmuştur. Sadece bir örnek dışında alınan diğer tüm örneklerin oranları diyagramda peralumino bölgesinde yer almıştır (Şekil 3.4.). Örnekler AFM (İrvine ve Baragar,1971) diyagramına uyarlandığında kalk-alkali bölgesinde yer aldığı görülmüştür (Şekil 3.5.).



Şekil 3.4: Çataldağ granitoyidinin örneklerinde, (A/NK) ve (A/CNK) oranlarının dağılımı (doyumluluk oranı Peacock, 1931'den alınmıştır).



Şekil 3.5: Çataldağ granitoyidi örneklerinin AFM diyagramında (Irvine ve Baragar,1971) dağılımı.

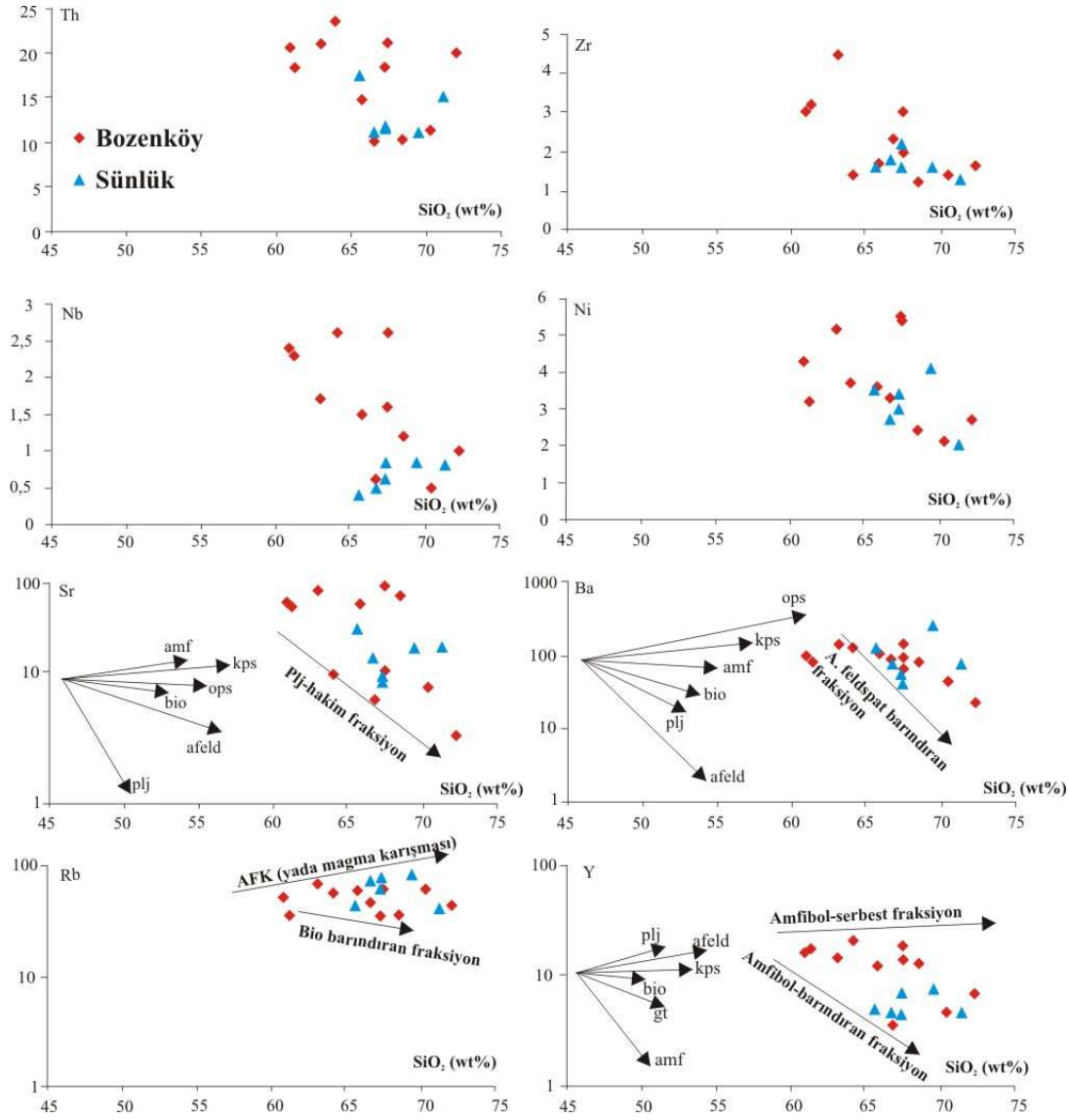
3.3.2. İz element jeokimyası

İz elementler, ana element oksitleri gibi sadece kayacı oluşturan ana minerallerin bünyesinde değil, hem ana ve hemde aksesuar minerallerin bünyesinde bulunurular ve iz elementlerden fraksiyonel kristallenme sürecini ve bu sürece etki eden faktörleri detaylandırmak amacı ile faydalanılabilir. Bu bağlamda, iz elementler, magma içerisinde ilk başta oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunurken (Nb, Zr, Y, Th ve Hf), magmatik ayrımlanmanın son evrelerine kadar magma içerisinde zenginleşirler ve belirli bir doygunluğa ulaşınca aksesuar minerallerinin bünyesine de katılmaktadırlar. Çataldağ granitoyidinin kökenini bulmak için iz elementlerin değerleri, birbiri ile ve silika ile oranları ayrıntılı olarak değerlendirilmiş, bu konuda çalışma yapmış daha önceki araştırmacıların sunduğu diyagramlardan faydalanılmıştır.

Magma oluşumu sırasında farklı davranışlar sergileyen en uyumsuz elementler (Ba, Sr, Y v.b.) azalırken silikanın orta düzeyden feslik bileşime arttığı izlenmiş ve birbirleri arasındaki oranlamalarda izlenen geniş değişim aralıkları magma karışımı ve-veya fraksiyonel kristallenmeye işaret emektedir

Ayrıca geniş iyonlu litofil elementlerin (LILE) silika ile oranlaması sonucu; Sr-SiO_2 oranlamalarında izlenen yönelim, Sr azalırken silikanın artması, Sr elementinin Ca'un yerini alması nedeniyle, Ca'ca zengin plajiyoklazların franksiyonlanması ile ilişkili olarak anortit fraksiyonel kristallenmesine sebeb olmaktadır.

Y-SiO_2 oranındaki yönelimler, Y azalırken silikanın artması ve yataya yakın dizilimler izlenmesi, iki farklı amfibol fraksiyonel kristalenmesini işaret etmektedir. Nitekim Y ağır toprak elementleri gibi davranarak granat, piroksen ve amfibolün yapısına yerleşir, bu sebeble minerallerin franksiyonlanmasından dolayı kristallenmenin son evresinde Y miktarında azalım izlenebilir.

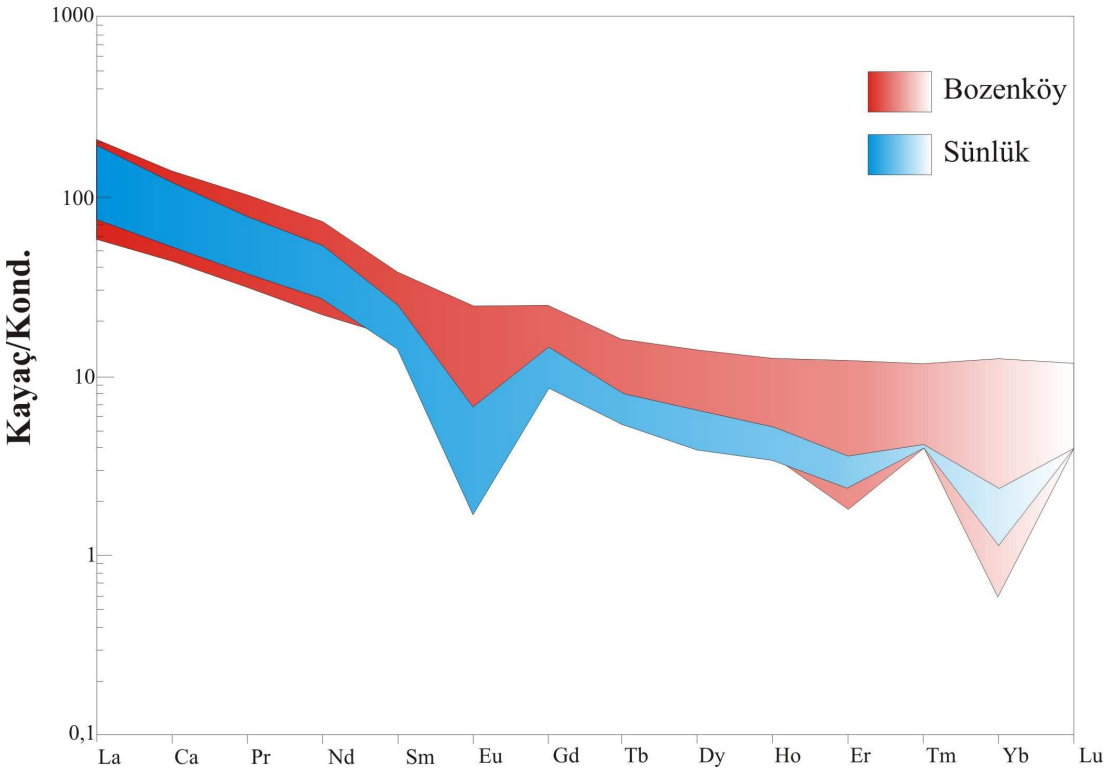


Şekil 3.6: Çataldağ granitoyidinin harker tipi, iz elementlerine karşı silika diyagramları (fraksiyonel kristallenme, magma karışmasını ve asimilasyon-magma karışmasını işaret eden yönelim işaretlenemeleri Rollinson, 1993'den alınmıştır).

Rb-SiO_2 oranındaki değişimler, fraksiyonel kristalleşme sırasında bu mineraller geç evrelerde kristalleştiğinden SiO_2 ile artan bir yönelim gösterir, bu durum, asimilasyon-fraksiyonel kristallenme ve-veya magma karışmasına işaret etmektedir. Bununla beraber Rb, K'un yerini alarak K-feldspat, horblend, biyotit gibi minerallerin bünyesine yerleştiğinden dolayı, Rb'un azalması silikanın artması ise biyotit fraksiyonel kristallenmesini işaret etmektedir.

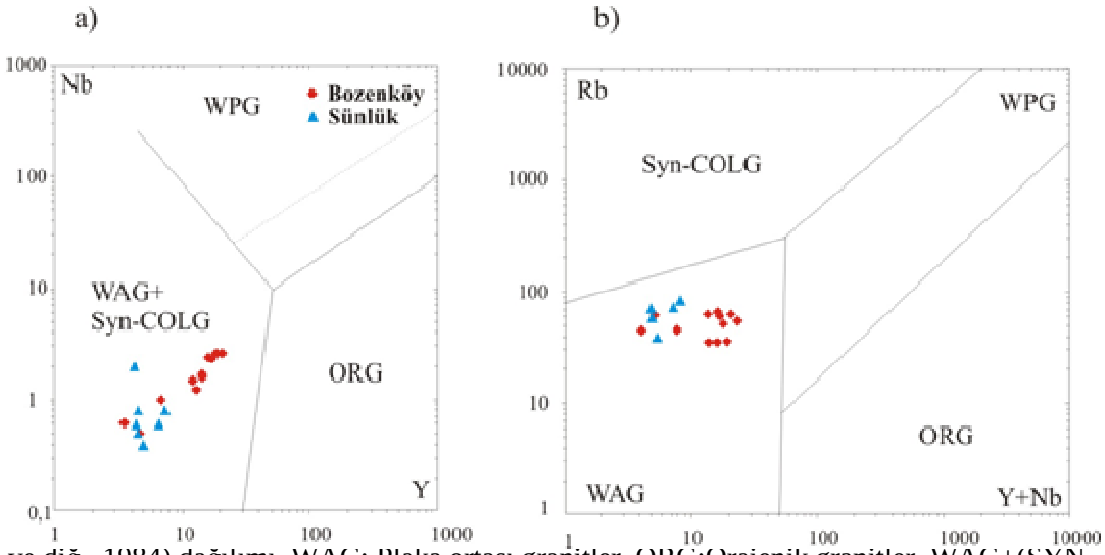
Ba-SiO_2 oranındaki yönelim incelenirken Ba'un Rb'a benzer davranışlar sergileyebileceği göz önüne alınmalıdır. Nitekim, yüksek sıcaklık feldspatlarında daha fazla bulunmasından dolayı eş kökenli bir magmanın ayrımlaşması esnasında yüksek sıcaklık feldspatlarından daha düşük sıcaklık içerenlere doğru, yani silika içeriğinin azaldığı yöne doğru azalma gösterebilir, bu şekilde eş kökenli magmatik ayrımlaşma esnasında ilk oluşan kayaçlarda SiO_2 ile artan, son oluşanlarda ise azalan yönelim sunmaktadır. Bu bağlamda Ba azalırken silikanın artması ortoklas fraksiyonel kristallenmesine işaret etmektedir.

Nadir toprak elementlerinin (REE) kondirite göre normalize edilmesiyle hazırlanan bu diyagramda (Sun ve Mcdonough, 1989) bütün hafif nadir toprak elementlerin (LREE) ağır nadir toprak elementlerine (HREE) göre belirgin bir şekilde zenginleştiği ve veya ağır nadir toprak elementlerinin tüketildiği görülmektedir. Diyagramda izlenebileceği üzere negatif Eu anomalileri felsik magmalarda plajiyoklasın fraksiyonel kristallenmesi ile ilişkilendirilirken Yb, Er elementlerinin negatif anomalileri ise amfibolün fraksiyonel kristallenmesine delalet etmektedir.



Şekil 3.7: Çataldağ granitoyidinin kondritide göre normalize edilmiş REE değerleri (Normalize değerler, Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır).

Granitin jeotektonik ortamına yaklasımda bulunabilmek için Pearce ve dig. (1984) tarafından önerilen, özellikle yitim jenezinde ayırtman olan HFS elementlerinden Nb'un Y'e karşı oranı diyagram şeklinde verilmiştir (Şekil 3.8.) ve Çataldağ granitoyidi örneklerinin bu diyagram üzerinde volkanik yay ve çarpışma güdümlü alan üzerinde kaldığı görülmektedir. Uyumsuz LILE elementlerinden biri olan Rb'un uyumlu HFS elementlerinden Y+Nb'un toplamına karşı oranı yine Pearce ve diğ. (1984) tarafından irdelenmiştir. Bu diyagramda ise Çataldağ granitoyidi örneklerinin volkanik yay granitoyidleri (WAG) alanında yer aldıkları izlemektedir (Şekil 3.8.).



ve diğ., 1984) dağılımı. WAG: Plaka ortası granitler, ORG:Orajenik granitler, WAG+(SYN-COLG): Volkanik yay granitleri, COLG:Çarpışma granitleri.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Birinci bölümde açıklanan amaçlar doğrultusunda yapılan çalışmalar yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilerek aşağıda sunulmuştur.

Çalışmanın esas konusunu oluşturan Çataldağ granitoyidinin stratigrafik olarak alttan üste; Fazlıkonağı formasyonu, Karakaya formasyonu, Mezozoyik yaşlı mermerler, Yayla melanjından oluşan kayaç birimlerine sokulmuştur. Neojen detritikleri ve volkanikleri tarafından ise üzerlenmiştir.

Yapılan petrografik analizler ile granitoyidin genelinde holokristalen dokunun hakim olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte holokristalen doku özellikle granitoyidin kenar ve dış yüzeyini oluşturan kayaçlarda yerini porfirik dokuya bırakırken, porfirik doku ve bu tip dokuda gözlenen katazma izleri dış zonlarda yönlenmelerin ve basınç etkisinin işareti olarak yorumlanmıştır.

Ayrıca ince kesit örneklerinde izlenebilen plajiyoklaslardaki zonlanmalar, granitin özellikle dış ve kenar zonlarındaki hızlı soğumayı işaret etmektedir. Bu tip doku plütonun sokulumu sırasında meydana gelen soğumanın özellikle dış zonlarda hız kazandığını göstermektedir.

Çataldağ granitoyidinden alınan örnekler üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalarda, plütonun yüksek-K, kalk-alkalen ve peralümina karakterlerinde olduğu izlenmiştir.

Çarpışma sonrası magmatizma özelliklerini taşıyan Çataldağ plütonunun, ana oksit elementlerinin ve Rb, Sr, Y ve Ba gibi iz elementlerin silikaya oranlamaları ile plütonun fraksiyonel kristallenme, asimilasyon-fraksiyonel kristallenme ve magma karışması süreçlerinden geçtiği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Akyüz, S., "Manyas-Susurluk-Kepsut (Balıkesir) Civarının jeolojisi", Doktora Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, (yayımlanmamış), ss. 239, (1995).

Akyüz, S. and Okay, A. I., "A section across a Tethyan suture in northwest Turkey", ***International Geological Reviews***, 38, 405-418, (1996).

Aldanmaz, E., Pearce J.A., Thirlwall, M.F., Mitchell J.G., "Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey", ***Journal of Volcanology and Geothermal Research***, 102 (2000) 67-95, (2000).

Altunkaynak, Ş., "Post-Collisional Granitic Magmatism via slab breakoff in the Eocene NW Anatolia, Turkey", ***Goldschmidt Conference Abstracts***, 06.037, (2006).

Altunkaynak, Ş., and Dilek, Y., "Timing and nature of postcollisional volcanism in western Anatolia and geodynamic implication", ***Geological Society of America Special Paper***, 409: 321–351, (2006).

Ataman, G., "Preliminary Study on The Radiometric Age of The Cefalık Dağı Granite-Granodiorite Southeast of Ankara". ***Hacettepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi***, 2, 44-49, in Turkish, (1972).

Ataman, G., "The Radiometric Age of Ilıca-Samli (Balikesir) Granodiorite And Thoughts on The Granitic Magmas In Northwest Anatolia". ***Proc. Earth Sci. Cong. for the 50th Anniversary of the Repuclic*:** Ankara, p. 518-523, in Turkish, (1973).

Bingöl, E., "Evolution Geotectonique de l'Anatolie de l'Ouest". ***Bull. Soc. Geol. France***, ser. 7, v. 18, no. 2. p.431–450. (1976)

Bingöl, E., Delaloye, M., and Ataman, G., "Granitic intrusions in Western Anatolia: A contribution to the geodynamic study of this area", ***Eclogae Geol. Helv***., v. 75, p. 437-446, (1982).

Boztuğ, D., Harlavan, Y., Jonckheere İ., Can, I., Sarı, R., "Geochemistry and K-Ar cooling ages of the Ilıca, Çataldağ (Balıkesir) and Kozak (Izmir) granitoids, west Anatolia, Turkey", ***Geological Journal***, 44, 1, ss. 79-103, (2008).

Brown, G.S., Thorpe, R.S., Webb, P.C., "The geochemical characteristics of granioids incontrasting arc and comment on magma sources": ***J. Geol. Sorc***., 141, 411-426, London (1984).

Chappel, B. W., and White, A.J.R., "Two contrasting granite types": ***Pac. Geol.***, v. 8, p.173-174 (1974).

Delaloye M. and Bingöl, E., "Granitoids from western and northwestern Anatolia: geochemistry and modelling of geodynamic evolution", ***International Geology Review***, 42: 241–268, (2000).

Deniz, K. ve Kadıoğlu, Y.K. "Geochemistry and Petrographical Comparison of Çataldağ and Ilıca Granitoid, Western Anatolia , Turkey", ***62th Geological Congress of Turkey***, Abstracts, Ankara, April, (2009)

Dilek, Y., and Altunkaynak, Ş., "Cenozoic crustal evolution and mantle dynamics of post-collisional magmatism in western Anatolia", ***International Geology Review***, 49: 431–453, (2007).

Ercan, T., Ergül, E., Akçaören, F., Çetin, A., Granit, S., ve Asutay, J., "Balıkesir-Bandırma Arasının Jeolojisi, Tersiyer Volkanizmasının Petrolojisi ve Bölgesel Yayılımı", ***MTA Dergisi***, 110, ss. 113-130, (1990).

Erdağ, A., "Balıkesir-Çataldağ Granodiyoritinin (Güney Alanı) Jeoloji ve Petrolojisi", Doktora Tezi, ***İstanbul Üniversitesi***, (yayımlanmamış), ss. 94, (1976).

Ergül, E., Öztürk, Z., Akçaören, F. ve Gözler, M.Z., "Balıkesir İli Marmara Denizi Arasının Jeolojisi" ***MTA Raporu Derleme No: 6760***, ss. 57, (1980).

Ergül , E., Gözler, Z. ve Akçaören, F., 1986, 1:100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Balıkesir-F6 Paftası, ***MTA Genel Müdürlüğü***, 11s. (yayımlanmamış).

Genç S.C., "Evolution of the Bayramic¸ magmatic complex, northwestern Anatolia", ***Journal of Volcanology and Geothermal Research***, 85:233–249, (1998).

Ishihara, S., The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks: ***Ming. Geol***., 27, 293 – 305 (1977).

Karacık Z., and Yılmaz Y., "Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plütonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia", ***Journal of Volcanology and Geothermal Research***, 85: 251–264, (1998).

Köprübasi, N., and Aldanmaz, E., "Geochemical Constraints on the Petrogenesis of Cenozoic I-Type Granitoids in Northwest Anatolia, Turkey: Evidence for Magma Generation by Lithospheric Delamination in a Post-Collisional Setting", ***International Geology Review***, 46: 8, 705-729, (2004).

Orhan, A., "Susurluk Skarn Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri (Balıkesir- Batı Anadolu)", Doktora Tezi, ***Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, (yayımlanmamış), ss. 258, (2008).

Pitcher, W. S., Granite Type and Tektonic Environment, in: HSU, K. (ed.), Noutain Bulding Process, ***Akademic Press***, London, 19 – 40 (1983).

Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., "Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach", ***Tectonophysics***, 75, 181-241, (1981).

Wilson, M., "Igneous Petrogenesis", ***Unwin Hyman Press***, London, 456 pp, (1989).

Yılmaz, Y., Karacık. Z., Altunkaynak, Ş., Genç S.C., "Two contrasting magma associations of NW Anatolia and their tectonic significance", ***Journal of Dynamics***, 31, 243-271, (2001).

EKLER

EK-1 Çataldağ (Balıkesir) Granitoyidinin jeoloji haritası (Ergül ve diğ., 1986 ve Boztuğ ve diğ., 2008'den değiştirilerek alınmıştır).

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Kastamonu'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli'nde tamamladı. 1999 yılında girdiği KOÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2004 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2009-2011 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. Evli olan yazar özel sektörde çalışmalarına devam etmektedir.