

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAYBURT PETEKLİ-YAKUPABDAL YÖRESİ (KD TÜRKİYE) GABROYİK
KAYAÇLARININ PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ VE JEOTEKTONİK ÖNEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Erdem AKKAYA

**KASIM 2009
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAYBURT PETEKLİ-YAKUPABDAL YÖRESİ (KD TÜRKİYE) GABROYİK
KAYAÇLARININ PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ VE JEOTEKTONİK ÖNEMİ**

Jeoloji Müh. Erdem AKKAYA

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.10.2009
Tezin Savunma Tarihi : 09.11.2009**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman BEKTAŞ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mehmet ARSLAN
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Yusuf BAYRAK**

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmış ve Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer alan inceleme alanındaki gabroyik kayaların kökenlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın tüm aşamalarında maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan, yılların verdiği bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan ve çalışmanın çeşitli aşamalarında vakit ayırıp yaptığı değerlendirmelerle bana ışık tutan saygıdeğer hocam, tez danışmanım Prof. Dr. Osman BEKTAŞ'a tüm samimiyetimle teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun çalışma temposuna rağmen arazi çalışmalarından analizlerin değerlendirilmesine kadar tüm çalışmalarında her zaman bana destek olan Yrd. Doç. Dr. Yener EYÜBOĞLU'na, çalışma hakkında görüş ve önerilerini belirterek bana yol gösteren Prof. Dr. Mehmet ARSLAN'a, arazi çalışmalarında yardımcı olan Jeoloji Yük. Müh. Serdar KESKİN'e, petrografik incelemeler için vakit ayırıp bana destek olan Yrd. Doç. Dr. Zafer ASLAN'a, ince kesit fotoğraflarının çekilmesine imkan sağlayan ve yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Hasan KOLAYLI ve Arş. Gör. Hatice KADAYIFCI'ya ve tezin çeşitli aşamalarında bana yardımcı olan, Arş. Gör. Cem YÜCEL'e, Arş. Gör. Emre AYDINÇAKIR'a, Dr. İrfan TEMİZEL'e, Arş. Gör. Ayberk KAYA'ya, çalışmalarında bana destek sağlayan değerli arkadaşım Mehmet YAKUT'a ve Emine TÜRK'e, K.T.Ü. ve Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvar çalışanlarına ve K.T.Ü. şoför odası görevlilerine ve çalışmalarında maddi destek sağlayan K.T.Ü. Araştırma Fonu'na teşekkür ederim.

Ve son olarak da beni her zaman destekleyen, hep yanımda olan anneme ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Erdem AKKAYA
Trabzon 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET.....	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Coğrafik Bilgiler	1
1.2.1. Coğrafik Konum	1
1.2.2. Topoğrafya	2
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim	3
1.3. Doğu Karadeniz Bölümü'nün Genel Jeolojisi.....	4
1.4. Önceki Çalışmalar	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
2.1. Amaç ve Yöntemler	15
2.2. Arazi Çalışmaları.....	15
2.3. Laboratuar Çalışmaları	16
2.3.1. Kayaç Örneklerinin Mikroskopik İncelemelere Hazırlanması.....	16
2.3.2. Hazırlanan Örneklerin Mikroskopta İncelenmesi	16
2.3.3. Kayaç Örneklerinin Ana, İz ve Nadir Toprak Elementlerinin Analizi İçin Hazırlanması.....	16
2.3.4. Kayaç Örneklerinin Ana, İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Belirlenmesi.....	17
2.4. Büro Çalışmaları.....	17
3. BULGULAR	18
3.1. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi ve Stratigrafisi	18
3.1.1. Pulur Masifi	22
3.1.1.1. Yaş.....	27

3.1.2.	Atik Tepe Metagabrosu	27
3.1.2.1.	Yaş	33
3.1.3.	Yakupabdal Volkanitleri	34
3.1.3.1.	Yaş	36
3.1.4.	Beşkardeşler Gabrosu	37
3.1.4.1.	Yaş	39
3.1.5.	Aggi Formasyonu	40
3.1.5.1.	Yaş	41
3.1.6.	Hamurkesen Formasyonu	41
3.1.6.1.	Yaş	42
3.1.7.	Alüvyon	43
3.2.	Yapısal Jeoloji	43
3.2.1.	Tabakalı Yapılar	43
3.2.2.	Foliasyon Düzlemleri	44
3.2.3.	Kıvrımlar	45
3.2.4.	Faylar	45
3.2.5.	Uyumsuzluklar	46
3.3.	Ekonomik Jeoloji	47
4.	TARTIŞMA	48
4.1.	Giriş	48
4.2.	Bayburt Petekli-Yakupabdal Yöresi Gabroyik Kayaçlarının Jeokimyası	48
4.2.1.	Analiz Yöntemleri	48
4.2.2.	Bayburt Petekli-Yakupabdal Yöresi Gabroyik Kayaçlarının Ana, İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyasının Değerlendirilmesi	49
4.3.	Bayburt Petekli-Yakupabdal Yöresi Gabroyik Kayaçlarının Oluşum Ortamları ve Bu Kayaçların Doğu Pontid Jeolojisindeki Yeri	67
5.	SONUÇLAR	74
6.	KAYNAKLAR	77
	ÖZGEÇMİŞ	84

ÖZET

Bu çalışmada amaç Doğu Pontidler'in güney zonunda yer alan çalışma alanında yüzeyleme veren gabroyik kayaçların petrolojisini ve jeotektonik ortamını açıklayabilmektir.

Çalışma konusu oluşturan gabroyik kayaçlar elipsoidal sokulumlar halinde bulunmakta olup Atik Tepe Metagabrosu ve Beşkardeşler Gabrosu olmak üzere iki farklı zaman aralığında yerleşim sergilemektedir. İlk sokulum kütesini oluşturan metagabrolar başlıca plajiyoklaz ve amfibol, olivin, aktinolit-talk ve klorit mineralleri içermektedir. İkinci seviye gabroyikleri ise daha taze kütleler halinde gözlenen gabrolardan meydana gelmektedir. Gabrolar esas olarak plajiyoklaz ve amfibol, olivin, klorit minerallerinden oluşmaktadır. İnceleme sahasında yüzeyleme veren bu ve diğer magmatik kütlelerin, ana kırık hatlarına paralel olarak yayılım sergilemeleri, magmatizma ürünlerinin bu kırıklar vasıtasıyla taşındıklarını kanıtlamaktadır. Bu saha ve petrografi verilerinin değerlendirilmesinden sonra gabroyik kayaç örneklerinin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri tespit edilerek değerlendirilmiştir. İlk değerlendirmelere göre bu kayaçlar toplam alkaliye karşı SiO_2 adlama diyagramında gabro alanına düşmektedir. Bu kayaçlar karakteristik magma serisi olarak da kalk-alkalen magma sınıfında yer alırlar. İksel mantoya göre normalleştirilen iz element diyagramında bu kayaçlar LILE bakımından zenginleşme ve HFSE bakımından normal hattına yakın bir bileşim ve kısmen de tüketilmiş bir eğilim sergilerler. Ayrıca tipik olarak da negatif Ti, Nb, anomalileri gösterirler. MORB'a göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında da LILE bakımından zenginleşme görülürken HFSE grubu elementlerde ise tüketilme söz konusudur. Çalışma alanı gabroyik kayaçları, ana, iz ve nadir toprak elementler içerikleri ile jeotektonik ortam olarak bir yitim zonu ortamını yansıtmaktadır. Bu özellikleriyle bu kayaçlar, yitim zonu akışkanlarıyla ilişkili bazik bir magmadan türemiş olmalıdır. Bu gabroyik kayaçlar, içerisinde intrüzif olarak yer aldıkları temel kayaçlar olan metamorfitle birlikte magmatik yay listosferinin alt kesimlerini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gabro, metagabro, gabroyik kayaçlar, yitim zonu, yitim zonu magmatizması, Doğu Pontidler

SUMMARY

Petrologic Features and Geotectonic Significance of Gabbroic Rocks in Bayburt Petekli-Yakupabdal Area (NE Turkey)

Aim of this study is to explain petrology and geotectonic setting of gabbroic rocks of investigation area which is located in southern zone of Eastern Pontides.

Gabbroic rocks that compose subject of the study occur as ellipsoidal intrussive bodies and they are found in two different time stages as Atik Tepe Metagabbro and Beşkardeşler Gabbro. The metagabbros, the first of these intusions contain mainly plagioclase and amphibole, olivine, aktinolite-talc and clorite crystals while more fresh and second of these intrussive bodies, gabbros are formed basically plagioclase and olivine, amphibole and clorite minerals. Distrubution of these gabbroic and other magmatic exposures which are consentient with the main fault system of the investigation area is the proof of the transportation of magmatism products by the faults. After reclamation of these field and petrography observations, major, trace and rare earth element content of the gabbroic rocks are determined and interpereted. As regards to first valuation, these rocks fall with the gabbro area in total alcali versus silica triangular diagram. The main characteristic magma serie of gabbroic rocks is calc-alkaline. In primitive mantle normalized spiderdiagram they show enriched LILE and nearly normal and slightly depleted HFSE pattern, negative Ti, Nb, anomalies. In MORB normalized spiderdiagram these gabbroic rocks display enriched LILE and depleted HFSE trend while enriched LREE and less enriched and slightly depleted HREE pattern in chondrite normalized rare earth element spiderdiagram. With their major, trace and rare earth element contents of these gabbroic intrussive bodies reflect to a subduction zone geotectonic setting. In respect of these characteristics they must be derivative of a basic magma related with subduction zone fluids. These gabbroic rocks, together with metomorphic base rock that including these intrussive bodies, compose lower part of magmatic arc litosphere.

Key Words: Gabbro, metagabbro, gabbroic rocks, subduction zone, subduction zone magmatism, Eastern Pontides.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. İnceleme alanının coğrafik konum haritası.....	2
Şekil 2. İnceleme alanından genel bir görünüm.....	3
Şekil 3. Türkiye'nin tektonik birlikleri (Ketin, 1966).....	4
Şekil 4. Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın genel jeolojik haritası ve ana yapısal özelliklerine göre ayrımlanan zonlar	5
Şekil 5. Doğu Pontid'lerde farklı lokasyonlardaki yapısal değişimleri temsil eden kolon kesitler	5
Şekil 6. İnceleme alanının genelleştirilmiş kolon kesiti	19
Şekil 7. İnceleme alanının jeolojik haritası	20
Şekil 8. İnceleme alanının A-B hattı boyunca hazırlanmış enine jeolojik kesiti.....	21
Şekil 9. Pulur Masifi'ne ait bazı metamorfik kayaçların arazide görünüşleri.....	23
Şekil 10. Pulur Masifi'ne ait bazı metamorfik kayaçların mikroskobik görünüşleri.....	24
Şekil 11. Atik Tepe Metagabrosu'nun arazideki görünüşleri.....	30
Şekil 12. Atik Tepe Metagabrosu'nun mikroskobik görünüşleri	31
Şekil 13. Yakupabdal Volkanitleri'nin arazideki görünüşleri.....	34
Şekil 14. Yakupabdal Volkanitleri'nin mikroskobik görünüşleri	35
Şekil 15. Beşkardeşler Gabrosu'nun arazideki görünüşleri	38
Şekil 16. Beşkardeşler Gabrosu'nun mikroskobik görünüşleri	39
Şekil 17. Aggi Formasyonu'nun arazideki görünüşleri.....	40
Şekil 18. Hamurkesen Formasyonu'nun arazideki görünüşleri	41
Şekil 19. Hamurkesen Formasyonu volkanitlerinin mikroskobik görünüşleri	42
Şekil 20. İnceleme alanında gözlenen tabakalı yapılardan genel görünüşler.....	44
Şekil 21. Pulur Masifi'ne ait şist ve gnayslarda foliasyon düzlemlerinden görünüşler.....	45
Şekil 22. İnceleme sahasında yer alan faylara örnek görünüşler	46
Şekil 23. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının SiO ₂ 'ye karşı toplam alkali adlama (TAS) diyagramında gösterimi.....	54

Şekil 24.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının; AFM diyagramında, SiO ₂ ' ye karşı FeO*/MgO diyagramında, SiO ₂ 'ye karşı K ₂ O diyagramında ve FeO*/MgO'ya karşı K ₂ O diyagramında gösterimi	55
Şekil 25.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının bazı ana oksitlerinin MgO' ya karşı değişim diyagramları.....	56
Şekil 26.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının bazı ana oksitlerinin MgO' ya karşı değişim diyagramları.....	57
Şekil 27.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının bazı iz elementlerinin MgO'ya karşı değişim diyagramları	58
Şekil 28.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı	59
Şekil 29.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının kondrite göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı	60
Şekil 30.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının okyanus ortası sırtı bazaltlarına göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı.	61
Şekil 31.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramı.	62
Şekil 32.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçları ile Karayaşmak yöresi gabronoritlerinin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı.	64
Şekil 33.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçları ile Karayaşmak yöresi gabronoritlerinin kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramı.....	64
Şekil 34.	Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının Cabanis ve Lecolle (1989) tektonik ayırtman diyagramında gösterimi	66
Şekil 37.	Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu bölgenin jeodinamik gelişim modeli	71
Şekil 38.	Doğu Pontid magmatik yay litosferinin kabuk yapısı ve bölgede yer alan gabroyik kayaçların Doğu Pontid jeolojisindeki yeri.	72

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının ana oksit (% ağırlık) analiz sonuçları.....	51
Tablo 2. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının iz element (ppm) analiz sonuçları	52
Tablo 3. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları.	53

SEMBOLLER DİZİNİ

AFM	: Alkalis-Fe-oksidler-MgO/Alkaliler-demir oksitler-MgO üçgen diyagramı
akt	: Aktinolit
amf	: Amfibol
biy	: Biyotit
Ç.N.	: Çift nikol
H43-d3	: Pafta NO
HFSE	: High field strength elements/Yüksek çekim alanlı elementler
HREE	: Heavy rare earth elements/Ağır nadir toprak elementleri
ICP-ES	: Inductively coupled plasma-emission spectrometry/İndüktif-eşli plazma emisyon spektrometri
ICP-MS	: Inductively coupled plasma-emission spectrometry/İndüktif-eşli plazma kütle spektrometri
klr	: Klorit
kuv	: Kuvars
LFSE	: Low field strength elements/Düşük çekim alanlı elementler
LILE	: Large ion lithophile elements/Büyük iyon çaplı litofil elementler
LOI	: Loss on ignition/Ateşte kayıp miktarı
LREE	: Light rare earth elements/Hafif nadir toprak elementleri
MORB	: Mid ocean ridge basalts/Okyanus ortası sırtı bazaltları
MREE	: Middle rare earth elements/Orta nadir toprak elementleri
olv	: Olivin
plj	: Plajiyoklaz
ppb	: Parts per billion/Milyarda bir
ppm	: Parts per million/Milyonda bir
REE	: Rare earth elements/Nadir toprak elementleri
ser	: Serisit
TAS	: Total alkali versus silica/SiO ₂ 'ye karşı toplam alkali adlama diyagramı
tlk	: Talk
T.N.	: Tek nikol
v.d.	: ve diğerleri
ağ %	: Ağırlık yüzdesi

An ₅₀	: Plajiyoklaz anortit yüzdesi
⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	: Argon izotopları
°C	: Santigrad Derece
FeO*	: Toplam demir-oksit
µm	: mikrometre (=10 ⁻⁶ m.)
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	: Neodim izotopları
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	: Stronsiyum izotopları

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı (Doğu Pontidler/Doğu Pontid Orojenik Kuşağı), Karadeniz'in güneydoğu kıyısı boyunca yaklaşık 600 km. uzunluğunda ve 200 km. genişliğindeki bir alanda yer almaktadır. Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nda bugüne kadar birçok araştırma yapılmış ve bölgenin jeolojik özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. "Pontid" terimini ilk kez Hamilton (1842) kullanmış, daha sonra ise bölge, yapılan çalışmalarda "Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı", "Doğu Pontid Bloğu" (Osswald, 1912) ve "Doğu Pontidler" (Ketin, 1966) şeklinde anılmaya başlamıştır. Sonraki bölümlerde de açıklanacağı üzere bu ilk çalışmalardan sonra birçok araştırmacı bölgeyi farklı yönlerden inceleyerek, bölgenin jeolojik geçmişini aydınlatmaya çalışmışlardır.

Bu çalışmada da amaç Doğu Pontidler'in güneyinde yer alan Bayburt-Demirözü (Petekli, Yakupabdal köyleri ve çevresi) yöresinde yüzeyleyen kayaçların genel jeolojik özelliklerini belirlemek ve bu kayaçlar içerisine intrüzyonlar şeklinde yerleşen gabroyik kayaçların petrolojilerini ve oluşum ortamlarını ortaya koymaktır.

1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan ve Trabzon H43-d3 paftasında yaklaşık 36 km²'lik bir alanı kapsayan çalışma alanı, Bayburt-Demirözü ilçesine bağlı Yakupabdal-Petekli köyleri ve bu yerleşim yerlerinin yakın çevresini kapsamakta olup, Trabzon-Merkez'e yaklaşık 140 km, Bayburt-Merkez'e 50 km, Gümüşhane-Kelkit'e 25 km. uzaklıktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının coğrafik konum haritası

1.2.2. Topoğrafya

İnceleme alanı genel olarak düşük seviyedeki yükselti farklarından ibarettir ve rölyef çok fazla değişkenlik sunmaz (Şekil 2). Bu duruma bakılarak bölgenin uzun dönemler boyunca aşınmaya uğradığı söylenebilir. Bu ortalama yükseltinin dışında dik yamaçlar çok

nadirdir. Bölgede en düşük kot 1600 m. dolaylarındaki Hasanova mevkiidir. En yüksek tepe ise 2286 m. rakımlı Söylemez Tepe'dir. Önemli yükseltiler ve bunlara bağlı vadiler genellikle birbirlerine paralel bir uzanım sergilemektedir. Beşkardeşler Tepe, Atık Tepe, Ardıçlı Tepe inceleme alanındaki bazı önemli yükseltilerdir.



Şekil 2. İnceleme alanından genel bir görünüm

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Bölgede Karadeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş iklimi hakimdir. Buna göre yazları genellikle sıcak ve kurak geçerken bazı dönemlerde serin ve yağışlı olabilmektedir. Kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Bitki örtüsü genellikle bozkır olmakla birlikte yer yer küçük topluluklar halinde çam, kavak, meşe gibi ağaçlar da bulunmaktadır. Önemli geçim kaynağı büyük ve küçükbaş hayvancılıktır.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

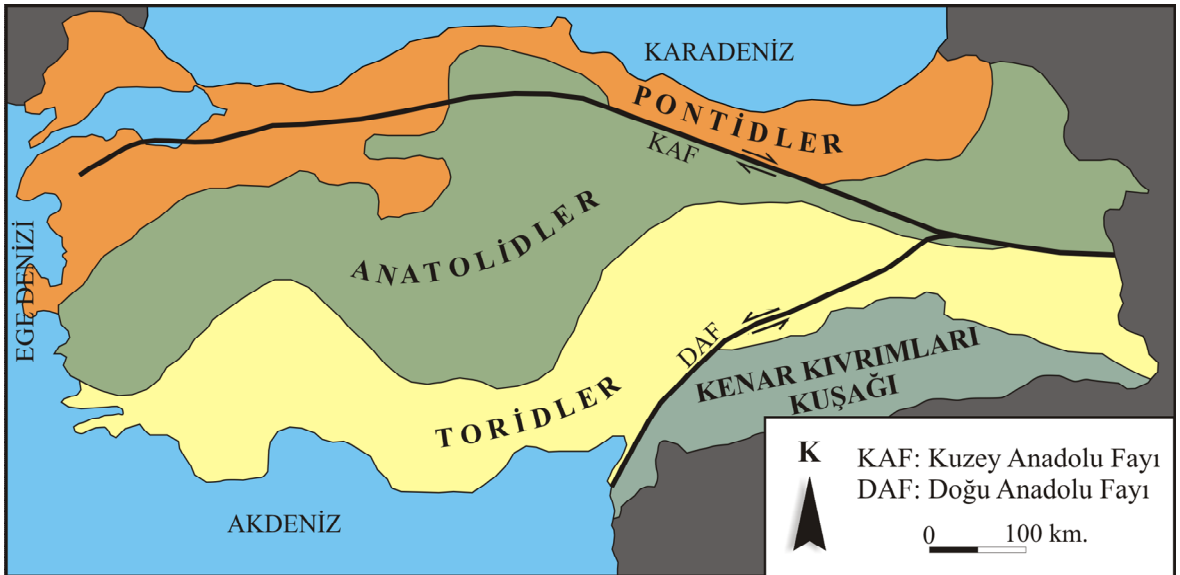
Çalışma alanında ulaşım şartları uygun düzeyde olup, özellikle ilçe merkezlerine yakınlığı nedeniyle kısmen gelişmiş bir ulaşım ağı mevcuttur. Karayolları köy yakınlarına kadar uzanmakta, bu noktalardan itibaren de stabilize yollarla bölgeye ulaşılabilir.

Köy içlerinde de birçok noktaya araç geçişine imkan sağlayan tali yollar bulunmaktadır. Bölgenin çok dik yamaçlar barındırmaması da ulaşım olanaklarının gelişmesinde etkili olmuştur.

Bölgede yer alan başlıca yerleşim merkezleri; Yakupabdal ve Petekli köyleri ve inceleme sahası yakınlarında yer alan doğuda Serenli ve güneyde Elmalı köyleridir. Bu yerleşim merkezleri, çevrelerine nispeten düzlük ve akarsulara yakın olan yerlerde kurulmuştur.

1.3. Doğu Karadeniz Bölümü'nün Genel Jeolojisi

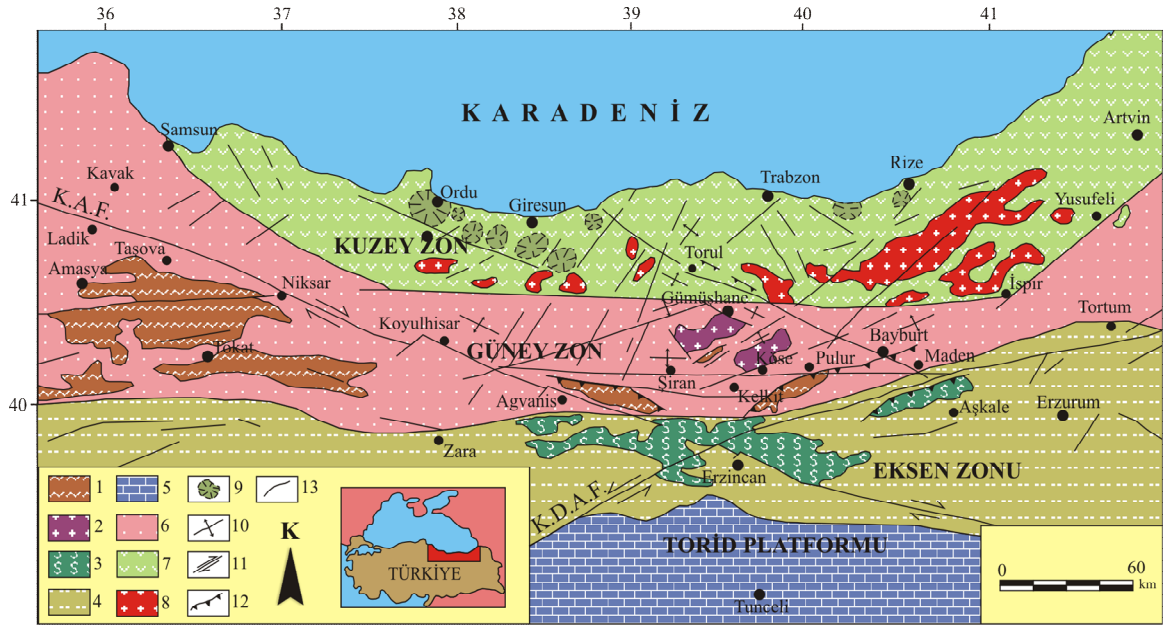
Karadeniz Bölgesi'nin doğusu başka bir deyişle Doğu Karadeniz Bölümü, yaklaşık 600 km. uzunluğunda ve 200 km. genişliğindeki bir dağ kuşağından oluşmaktadır. Bu dağ sisteminden oluşan bölge ilk olarak Hamilton (1842) tarafından "Pontid" olarak isimlendirilmiştir. Daha sonra ise aynı bölge farklı adlarla anılmaya başlanmıştır. Osswald (1912) bölgeyi "Doğu Pontid Bloğu", Ketin (1966) "Pontidler", Şengör ve Yılmaz (1983) "Rodop-Pontid Fragmanı" gibi kavramlarla adlandırmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Türkiye'nin tektonik birlikleri (Ketin, 1966).

Arni (1939), Pontidler'i iki ana kısımda incelemiş ve bu bölümleri kendine has jeolojik özelliklerine göre ayırt ederek kuzey ve güney şeklinde iki farklı zona ayırmıştır. Ketin (1966), Türkiye'nin orojenik gelişimine dayanarak farklı tektonik üniteler ayırt ederek, bu

tektonik birimleri, kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolitler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olmak üzere dört ana kısımda incelemiştir (Şekil 3). Arni (1939)'nin Pontidleri farklı kısımlarda incelemesine karşın Ketin (1966) bu çalışmasında Pontidleri bir bütün olarak ele almış, kuzeydeki volkanik-granitik kayalarla, güneydeki metamorfik-ultramafik kayalar arasındaki sınırı Pontidler ile Anatolitler arasındaki sınır olarak kabul etmiştir. Daha sonra ise Ketin ve Canitez (1972) bu çalışmayı geliştirerek Pontidleri, Doğu ve Batı Pontidler şeklinde iki kısma ayırmışlardır. Bektaş v.d. (1995) ise çalışmalarında Doğu Pontidler'i, her birinin kendisine has tektonik, magmatik ve sedimentolojik nitelikleri olan Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu olmak üzere üç kısımda incelemiştir. Buna göre Kuzey Zon bimodal volkanitler ve granitik sokulum kayalarla temsil edilirken, Güney Zon granitik, mafik-ultramafik sokulumlar ve metamorfik masiflerle karakteristiktir. Eksen Zon'da ise ultramafik kayalar, peridotit ve metamorfikler hakimdir. Eyüboğlu (2006), bu görüşü batıda Amasya'yı da içine alacak şekilde geliştirmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın genel jeolojik haritası ve ana yapısal özelliklerine göre ayrımlanan zonlar. 1: Paleozoyik metamorfik temel, 2: Paleozoyik granitler, 3: Serpantinitler, 4: Mesozoyik-Senozoyik kayaları, 5: Platform karbonatlar, 6: Mesozoyik tortulları, 7: Kretase-Eosen yay volkanitleri, 8: Üst Kretase-Eosen yay granitleri, 9: dom, 10: kıvrım eksenini, 11: doğrultu atımlı fay, 12: bindirme, 13: normal fay, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, KDAF: Kuzeydoğu Anadolu Fayı (Eyüboğlu 2006'dan alınmıştır)

Yapılan bu çalışmalar ışığında Doğu Pontidler'in genel jeolojik özelliklerine ilişkin şu verilere ulaşılmıştır:

Doğu Pontidler'in temeli, Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardan ve bunları kesen granitlerden oluşmaktadır. Metamorfik istif, granitik sokulum tarafından kesilmiş (Yılmaz, 1972; Coğulu, 1975) ve bu sokulumlardan "Gümüşhane ve Köse Granitleri"nin yaşları 338-298 milyon yıl olarak belirlenmiştir. Bu temel kayalar Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda hakim kayaç grubu olarak bulunmakla birlikte (Zankl, 1961, 1962; Açar, 1977; Gedikoğlu, 1978) Kuzey Zonda da nadiren gözlenebilmektedir (Türk-Japon ekibi, 1985). Bölgedeki en yaşlı temel kayaç niteliğindeki metamorfikler "Pulur Metamorfikleri" (Ketin, 1951), "Pulur Masifi" (Korkmaz ve Baki, 1984), "Kopuzsuyu Metamorfikleri" (Özer, 1984), "Kotana Metamorfikleri" (Boynukalın, 1990) gibi isimlerle anılmıştır. Bu metamorfiklerde metamorfizma yaşı, yapılan analizler sonucunda 260-330 milyon yıl olarak saptanmıştır (Topuz, 2000 ve 2004). Bu metamorfizma sürecinden sonra Doğu Pontidler'in temelini oluşturan bu kayalar yükselerek aşınmaya uğramıştır.

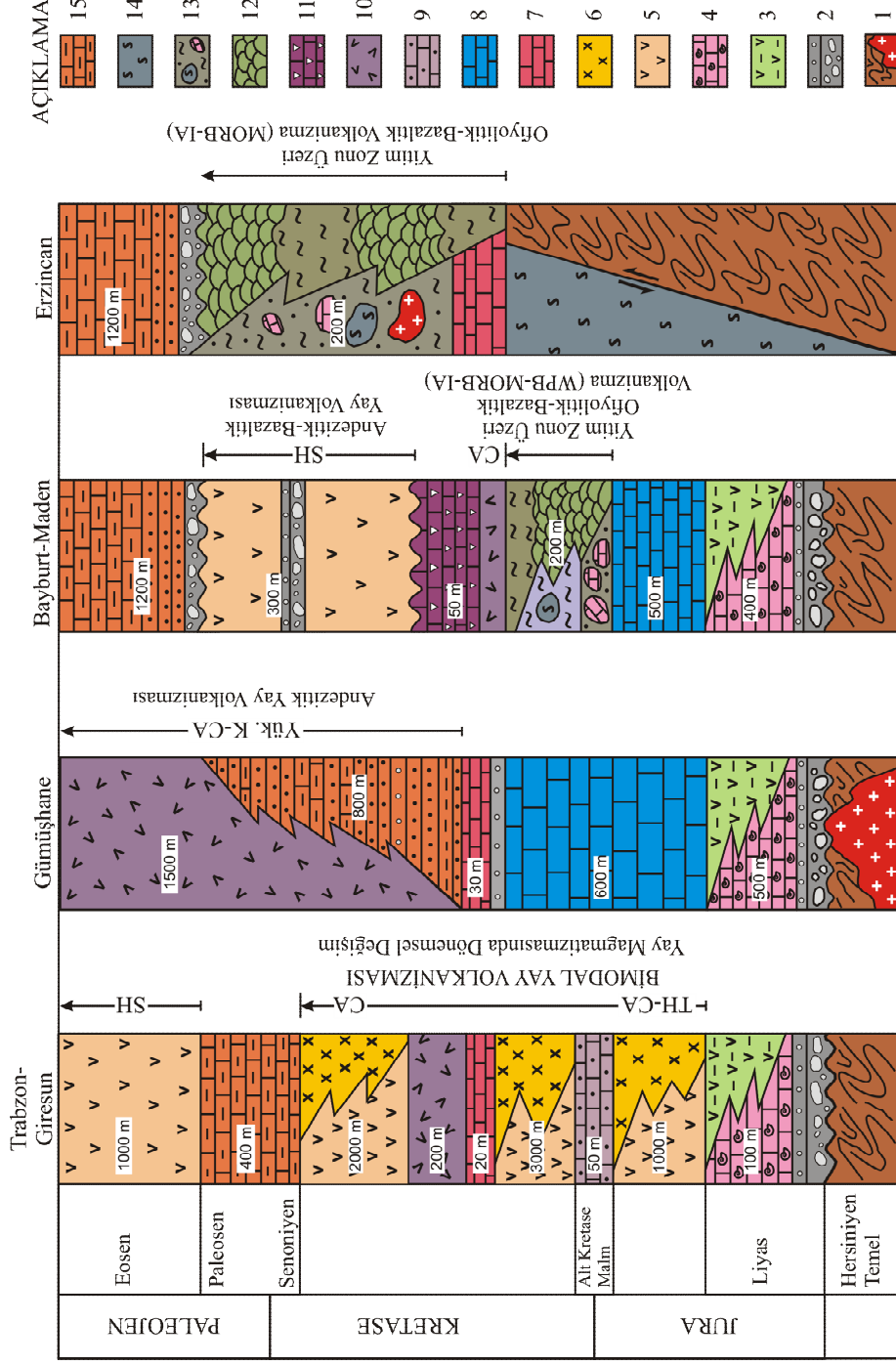
Paleozoyik yaşlı bu temel kayalar, uzun süren aşınma döneminden sonra Liyas başlarında riftleşmeye maruz kalarak (Bektaş v.d., 1995; Yılmaz, 2002) ana karadan ayrılıp tekrar sular altında kalmıştır. Bu durumun sonucu olarak da tortulaşma başlamış ve Paleozoyik yaşlı temel kayaları üzerine Liyas yaşlı birimler uyumsuz olarak gelmiştir. Riftleşmeye uğrayan bölgede yüksekte kalan kısımlar yani horstlar aşınma alanlarını, alçakta kalan kısımlar yani grabenler ise çökme ortamlarını oluşturmuştur. Yüksek kısımlardan kopan parçaların bu alçak kısımlara depolanması ve öte yandan da riftleşmeye bağlı kırık hatlarından ortama nüfuz eden magmatizma ürünleri, Liyas yaşlı volkanik kayalarla tortul kayaların ardalanmasıyla meydana gelen bir istif oluşturmuştur. Bu Liyas birimleri volkanotortul nitelikte olup, birim başlıca konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve volkanitlerden oluşmaktadır. Liyas-Alt Kretase arasında etkili olan bu bazik karakterli volkanizma sonucu oluşan bu volkanotortul seri, "Alt Bazik Seri" olarak tanımlanmıştır (Schultz, 1961).

Liyas birimlerinin ortamda birikmesi sonucu ortamın yükselti farklılıkları veya başka bir ifadeyle ortamdaki rölyef azalmış ve bölge okyanusal plato şeklini almıştır. Bu durumda artık çevreden kırıntı girişi veya kopan malzemelerin buraya depolanması söz konusu olamayacağından, sadece organik ve kimyasal tortular çökelmiştir. Bu tortular Malm-Alt Kretase yaşlı "Berdiga Kireçtaşları"dır. Bu kireçtaşlarınının, spartik çimentolu, oolitik, pelletli ve onkoid bileşenli olmaları ortamın sığ bir denizel ortam olduğunu

göstermektedir. Berdiga Kireçtaşları, Doğu Pontidler'in Güney Zon'unda geniş yayımlı olarak bulunmakta, Kuzey Zon'da ise parçalanmış bloklar ve mercek gibi şekillerde gözlenmektedir. Bu duruma Kuzey Zon'da Üst Kretase dönemindeki yoğun volkanizma faaliyetlerinin neden olduğu savunulmaktadır (Eyüboğlu, 2000 ve 2009). Güney Zon'da Berdiga Kireçtaşları'nın yaygın olarak bulunması da bölgenin o dönemde sakin ortam niteliğinde olduğunu göstermektedir.

Üst Kretase döneminde Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı, Kuzey ve Güney Zonlar'da yersel olarak farklı karakterde gelişmeler göstermiştir (Şekil 5). Bu süreçte Kuzey Zon'da iki farklı volkanizma faaliyeti gözlenmektedir. Buna göre, ilk safhada toleyitik özellikte bazaltik-andezitik volkanizma hakimken daha sonra toleyitik-kalkalkali karakterde dasitik bir volkanizma etkindir (Eyüboğlu v.d., 2005; Eyüboğlu, 2009). Bu iki farklı nitelikteki volkanizma, Kuzey Zon'da Üst Kretase dönemindeki ilk volkanik faaliyetidir ve bu volkanizmanın zaman zaman durakladığı dönemde kırmızı renkli kireçtaşı ara seviyeleri çökelmiştir. Kuzey Zon'da Üst Kretase'deki ikinci dönem volkanizma ise kalkalkalen bazaltik kayaçlar ve alkalen asitik volkanik kayaçlarla temsil edilmektedir. Kuzey Zon'da bu magmatik kayaçlar yaygın olarak bulunurken, Güney Zon'da bu dönemde tortul kayaçlar egemendir. Bu bölgede Berdiga Kireçtaşları üzerine açılal uyumsuzlukla kumlu kireçtaşları gelmekte ve bunları da Eosen yaşlı volkanotortul seri uyumsuz olarak örtmektedir (Tokel, 1972; Eren, 1983).

Doğu Pontidler'de en genç kayaçları ise Kuvaterner oluşukları olan travertenler ve alüvyonlar oluşturmaktadır.



Şekil 5. Doğu Pontid’lerde farklı lokasyonlardaki yapısal değişimleri temsil eden kolon kesitler. 1: granitik ve metamorfik Hersiniyen temel, 2: Liyas konglomera-kumtaşı, 3: Liyas volkanik kayalar, 4: Liyas Ammonitico Rosso kireçtaşları, 5: bazalt ve piroklastları, 6: dasit ve piroklastları, 7: Kampaniyen kırmızı kireçtaşı, 8: kireçtaşı, 9: kumlu kireçtaşı, 10: andezit ve piroklastları, 11: rudistli kireçtaşı, 12: yastık lavlar, 13: ofiyolitik melanj, 14: serpantin, 15: killi kireçtaşı (Bektaş v.d. 1999’den alınmıştır).

1.4. Önceki Çalışmalar

Türkiye ve Dünya jeoloji literatüründe önemli bir yer tutan ve birçok araştırmacının dikkatinin çeken Doğu Pontid Dağ Kuşağı, çok sayıda çalışmaya konu olmuş ve günümüze kadar çok farklı yönleriyle incelenerek bölgenin jeolojik geçmişi aydınlatılmaya çalışılmıştır. Bu bölümde, bu kapsamda yapılan bölgesel çalışmalardan bazıları, ayrıca inceleme alanını ve yakın çevresini de kapsayan çalışmalar özetlenecektir.

Ketin (1951), "Bayburt Yöresinin Jeolojisi" isimli çalışmasında incelediği sahanın 1/100000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlayarak temel kayaların, Paleozoyik yaşlı metamorfikler ve bunları kesen sokulum kayalar tarafından oluşturulduğunu, bu temel üzerinde de uyumsuz olarak bulunan volkanotortul bir istifin varlığını ortaya koymuştur.

Ağar (1977), Demirözü (Bayburt) ve Köse (Gümüşhane) arasının jeolojisini inceleyerek bölgenin jeolojik haritasını yapmıştır. Araştırmacı Pulur yöresinde yüzeyleyen metamorfik kayalardan oluşan istifi "Doloma Gnaysı" adı altında inceleyerek bu kayaların niteliklerini ortaya koymuştur. Bu çalışmada ilk kez bölgede Liyas yaşlı birimlerin bulunduğu ve bunların konglomera ve kumtaşlarından oluştuğu açıklanmıştır.

Kormaz ve Baki (1984), yaptıkları "Demirözü (Bayburt) Güneyinin Statigrafisi" adlı çalışmada, bölgenin jeolojik haritasını yaparak, bu alanda yer alan ve daha önce "Dolama Gnaysı" olarak adlandırılan metamorfik kayaç grubunu yeniden tanımlayarak "Pulur Masifi" olarak isimlendirmişlerdir. Ayrıca bu masifin gabro, diyorit, meta andezit gibi kayaç grupları tarafından kesildiklerini gözlemişlerdir.

Keskin (1986), "Pulur Metamorfiklerinin Yaşı İle İlgili Yeni Bir Bulgu" adlı araştırmasında bölgede yüzeyleyen kayaların birbirleriyle olan ilişkilerine dayanarak Pulur metamorfiklerinin yaşını göreceli olarak hesaplamıştır. Bu çalışmaya göre Pulur metamorfikleri üzerine Üst Karbonifer yaşlı Çamdere Kireçtaşı uyumsuzlukla gelmiş olmasına dayanılarak Pulur metamorfiklerinin yaşının da göreceli olarak Üst Karbonifer öncesi olabileceği belirtilmiştir.

Bektaş v.d. (1987), Doğu Pontid Orojenik Kuşağının karakteristik olarak uzun süreli çekme rejimi ve kısa süreli sıkışma rejimi ardalanması şeklinde süregelen kuvvetlere maruz kaldığını ve bu durumun Liyas döneminde başlayıp Mesozoyik-Senozoyik boyunca devam ettiğini öne sürmüşlerdir. Çalışmada Liyas volkanizmasının Bayburt civarında toleyitik veya kalkalkalen geçişli toleyitik nitelikte geliştiği belirtilmiştir. Bunlara ek olarak Pulur Metamorfikleri içerisinde dağınık halde yüzeyleme veren gabro-diyorit-

peridotit gibi sokulumların metamorfitlele tektonik dokanak oluşturdukları da bu çalışmada sunulan bilgiler arasındadır.

Bektaş (1987), Doğu Pontidler'de Liyas dönemi bimodal volkanizmasını iki grupta inceleyerek birinci gruba duşuk TiO₂'li yay volkanitlerini, ikinci gruba ise yüksek TiO₂'li yay gerisi volkanitlerini dahil ederek bu kuşak boyunca volkanizma karakterinde meydana gelen değişimleri ortaya koymuştur. Buna göre Doğu Pontidlerin kuzey kesimlerinde (kıyı bölgelerde) volkanizma toleyitik-kalkalkalen bazaltlar şeklinde gelişirken, güneye doğru gidildiğinde yüksek potasyumlu kalkalkalen-alkalen bazaltlara doğru bir geçiş söz konusudur. Daha da güneyde Gümüşhane-Bayburt yöresinde yüksek TiO₂ içerikli volkanitler gözlenmektedir.

akır (1987), Doğu Pontidler'in güney zonunda Gümüşhane-Kelkit ilçesinin 15 km. doğusunda yurttuğu çalışmasında bölgedeki temel kayaçlarının Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlardan oluşan Pulur Masifi'nin teşkil ettiğini ve bunların şist, gnays, metakuvasit gibi kayaçlardan oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca bu masifin yer yer gabroyik ve ultramafik kütleler tarafından kesildiği de bu çalışmada sunulan bilgiler arasında yer almaktadır. Çalışmaya göre, bu temel üzerine uyumsuzlukla çakıtaşı, kumtaşı, kıltaşı gibi kayaçlardan oluşan Aggi Formasyonu gelmektedir. Bu formasyonun üzerinde de uyumlu olarak yerleşen ve kumtaşı, volkanik breş, tf ardalanasından oluşan Hamurkesen Formasyonu bulunmaktadır.

Akdeniz (1988), alışmasında Demirözü (Bayburt) yöresini incelemiş ve bölgedeki metamorfik kayaçlarla sokulum kayaçları arasındaki sıkı ilişkileri açıklamıştır. Buna göre st Karbonifer yaşlı birimler içerisinde hem metamorfik hem de volkanik ve granitik çakılların varlığı, bölgede st Karboniferden önce bir metamorfizma faaliyeti ve daha sonra bölgeye nüfuz eden sokulumlar etkisi ile açıklanmaktadır. Ayrıca araştırmacı, metamorfitlelerin birkaç seviye halinde mostra vermesini, yörenin bindirmeler ile birkaç bölüme ayrıldığı ve metamorfitlelerin bu bindirmelere bağlı olarak yüzeyde tespit edilebildiğini vurgulamıştır.

Tanyolu (1988), "Pulur Masifi (Bayburt) Doğu Kesiminin Jeolojisi" adlı çalışmasında bölge kayaçlarının birbirleriyle olan ilişkilerini incelemiş ve araştırma sahasının 1/25000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlayarak bu ilişkileri haritaya yansıtmiştır. Tanyolu (1988), bu çalışmasında metamorfitlelerin sokulumlar tarafından kesildiğini, bu sokulumların göreceli olarak Permiyen yaşlı olabileceklerini ne surmuştur. Ayrıca bölgedeki bazaltların alkalen karakterde olmasından hareketle bu alanın volkanizmanın gerçekleştiği Liyas döneminde

yay gerisi bir ortam olması gerektiğini ortaya koymuştur. Öte yandan metamorfizmanın türü "Barroviyen Tip Metamorfizma" olarak tespit edilmiş ve bu başkalaşım sürecinin 520-560 °C sıcaklık ve 2-4 k.bar basınç şartları altında gerçekleştiği açıklanmıştır.

Habiboğlu (1989), Demirözü (Bayburt) yöresindeki çalışmasında bölgede yer alan bölgenin iki aşamalı olarak metamorfizma geçirdiğini ilk önce amfibolit-granulit fasiyesinde meydana gelen metamorfizmanın daha sonra sığ derinliği işaret eden yeşil-şist fasiyesinde devam ettiğini öne sürmüştür. Ayrıca bu metamorfitlerin yani Pulur Masifi'nin gabro, diyorit gibi sokulumlar tarafından kesildiğini vurgulayarak bu iki süreci, bölgede manto yükselimine bağlı olarak ortam koşullarının değişimiyle metamorfizma şartlarının da değişmesi ve manto yükselimiyle ilişkili sokulumların ortama nüfuz etmesi şeklinde yorumlamıştır.

Bektaş (1990), Doğu Pontid Dağ Kuşağı'nda Tetis okyanusal kabuğunun, Pontid kıta kabuğu altından güneye doğru yitime uğradığını savunmuştur. Araştırmacıya göre paleomanyetik veriler değerlendirildiğinde, Pontidler, Mesozoyik-Senozoyik boyunca Gondwana'nın kuzeyinde yer alan aktif bir kenarıdır. Buna göre de Tetis'in kalıntısı olan Karadeniz altındaki okyanusal kabuk, bu dönem boyunca Pontidler altından yitime uğrayarak tüketilmiştir. Çalışmada sunulan bir diğer veri, Pontidler güneyinde yer alan ofiyolitik sütür zonu, yay gerisi havzanın bir kalıntısı olup ana deniz niteliğindeki Tetis'e ait değildir. Ayrıca incelemelere göre magmatik ve metalojenik zonlanma ve maden yataklarının dağılımı da Tetis'in Pontid kıtası altından güneye doğru yitimini desteklemektedir.

Topuz (1994), Pulur Masifi'nin güneybatı kesiminde; Bayburt-Yakupabdal, Petekli, Elmalı köyleri ve yakın çevresini incelediği çalışmasında Pulur Metamorfitleri'ni üç ana litodemi şeklinde incelemiştir. Buna göre en altta metapelit, metabazit ve migmatitten oluşan Petekli Litodemi, hemen üzerinde biyotit gnaistan oluşan Pirörenler Litodemi ve en üstte de kataklastik kuvarsit ve kuvars-feldspat şistlerden oluşan Serenli Litodemi bulunmaktadır. Bu üç litodemin birbirleriyle tektonik dokanak halinde oldukları, her bir litodemin de bir bindirme dilimine karşılık geldiği belirtilerek, metamorfik masifin yer yer sokulumlar tarafından kesildiği de vurgulanmıştır. Ayrıca metamorfitler fasiyeslerine göre ayrımlanarak bölgede yer alan metamorfik kayaların esas olarak amfibolit, granulit ve gerileyici olarak da yeşil şist fasiyesinde geliştikleri tespit edilmiştir.

Bektaş ve Güven (1995), yaptıkları çalışmada Pulur Metamorfik Masifi'nin alt kabuğa ait olduğunu, granulit-amfibolit ve yeşilşist-mavişist fasiyelerinde karakterize olduklarını

belirtmiş ve bu metamorfik masifin verilit, melagabro ve diyoritler gibi mafik-ultramafik sokulum kütleleri içerdiğini saptamışlardır. Ayrıca bu araştırmaya göre bu sokulum kayaçlarının yerleştiği yerlerin yakınındaki metamorfizmalarda meydana gelen deformasyonlar ve ani şistozite değişimleri, bu sokulumların zorlama sonucu ortama enjekte olmasını gerektirmektedir. Liyas yaşlı tortul kayaçların bu metamorfik kayaçları ve mafik-ultramafik sokulumlardan oluşan birimleri örtmesi ve bu tortularda herhangi bir kontak metamorfizma izine rastlanmaması da sokulum kütlelerinin Liyas öncesinde ortama yerleşmesi gerektiği şeklinde yorumlanmıştır.

Gürler (1995a), Demirözü (Bayburt) güneydoğusunu inceleyerek bu yörede yüzeyleme veren birimlerin genel özelliklerini ve karşılıklı ilişkilerini açıklamıştır. Buna göre bölgede temel olarak yer alan en yaşlı kayaçlar Pulur Metamorfizmaları başlıca gnays, amfibolit, şist ve metakuvazitlerden oluşmaktadır. Metamorfik istif üzerine uyumsuzlukla çakıltaşı, kumtaşı, silt taşı, kiltası ve kömür merceklerinden oluşan Aggi Formasyonu gelmekte ve bu birimi de Liyas dönemine ait volkanotortul karakterli Hamurkesen Formasyonu üzerlemektedir. Çalışmada Liyas birimlerinin andezit, kuvarslı mikrodiyorit gibi volkanik ve yarı derinlik kayaçlar tarafından kesildiği belirtilmiş ve metamorfizmaların genel nitelikleri değerlendirildiğinde bu sahanın bölgesel, hidrotermal ve kataklastik metamorfizma türlerinin etkisinde olduğunu ifade edilmiştir.

Gürler (1995b), Pulur Masifi'nin doğu kesimindeki çalışmada Pulur Metamorfizmaları'nın yeşil-şist ve amfibolit fasiyeslerine ilişkin karakterler sergilediklerini belirterek bu metamorfik istifin kuzey sınırının bir bindirmeye karşılık geldiğini vurgulamıştır. Ayrıca Pulur metamorfizmalarının granit sokulumları tarafından kesildiğini de ifade etmiştir. Bu çalışmada sunulan bir başka bilgi de bölgede genel olarak KB-GD doğrultulu deformasyonun etkili oluşudur.

Kolaylı (1996), Erzincan-Erzurum-Bayburt illerinin jeolojisini incelediği araştırmasında, bölgede yer alan metamorfik kayaçların bölgede en yaşlı kaya grubunu oluşturduğunu ve bunların bölgesel metamorfizma ürünü olarak ortaya çıkan gnays, mikaşist, amfibolit, kloritşist ve serisitşistlerden meydana geldiklerini belirtmiştir. Çalışmada bu metamorfizmaların kökenine ilişkin yorumlarda gnays ve mikaşistlerin köken kayacı olarak kumtaşları, amfibolitlerin kökenini ise bazaltik kayaçların oluşturduğu belirtilmiş, bu metamorfizmaların bazı ultramafikler (dünit, harzburjit, lertzolit, verilit, piroksenit) ve diğer magmatik kaya kütleleri (gabro-diyabaz-bazalt=bazik grup, diyorit-andezit=ortaç grup, tonalit-kuvarslı diyorit-dasit=asidik grup) içerdiği de ifade edilmiştir.

Okay v.d. (1997), Pulur (Bayburt) yöresinin stratigrafik ve tektonik özelliklerini inceleyerek, bu bölgenin bir bindirme kuşağına karşılık geldiğini ve bu kuşakta üç farklı bindirme diliminin var olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada bu bindirme dilimleri Cebre Otoktonu üzerine (göreceli olarak) gelen Hamurkesen, Aşutka ve Elmalıdağ Bindirme Dilimleri olarak adlandırılmıştır. Ayrıca araştırmacılar bölgedeki fay ve kıvrımların oluşturduğu tektonik unsurların geç Paleosen-erken Eosen döneminde vuku bulan Doğu Pontid ve Anatolit-Torid mikro-plakalarının çarpışmasından kaynaklandığını öne sürmüşlerdir. Çalışmacılar Pulur metamorfik kompleksine yönelik gözlemlerinde de Pulur metamorfitlelerinin Yakupabdal-Petekli köyleri arasında kısmen düzenli olmakla birlikte bölgede genellikle düzensiz yüzeylemeler şeklinde gözlemlendiklerini, yoğun tektonizma ve yaygın magmatik sokulumlar gibi nedenlerle düzensiz bir iç yapı gösterdiklerini ve şistozitelerde ani değişimler tespit edildiğini vurgulamışlardır.

Bektaş ve Çapkınoğlu (1997), Doğu Pontidlerde Mesozoyik fay tektoniğinin Kuzey Anadolu Fayı ve Kuzeydoğu Anadolu Fay sistemlerine paralel olarak D-B, KB-GD ve KD-GB yönlerde çalıştığını belirtmişlerdir. Buna göre bu tektonik sistem bu dağ kuşağının tektonik çatısını oluşturmaktadır. Ayrıca çalışmaya göre bölgede yer alan neptünyen dayklar, Liyas döneminde ve bunu takip eden Erken Kretase-Geç Kretase dönemlerinde meydana gelen riftleşmeleri ve dolayısıyla da ekstansiyonel rejimi ispatlamaktadır.

Topuz v.d. (2004a, 2004b, 2004c), Pulur Masifi'ni ayrıntılı olarak incelemiş ve bu metamorfik kompleksi iki kısma ayırmışlardır. İlk grubu Cenci Birimi olarak adlandıran araştırmacılar bu birimin yüksek dereceli metamorfik kayalardan oluştuğunu (kuvarsa zengin mezokratik gnayslar-melanokratik kayalar), diğer grup olan Doğankavak Birimi'nin ise düşük dereceli metamorfik kayalardan oluştuğunu (metabazitler, fillitler, kalkerli fillitler, mermerler, kuvarsofeldspatik şistler ve metaçörtler) ve bu iki birimin de bir bindirme kuşağı ile birbirinden ayrıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışmalarda Pulur Masifi'nin metamorfizma yaşı 260 ve 330 milyon yıl olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu iki metamorfik birimin erken Liyas-Eosen dönemlerinde sokulum kütleleri tarafından kesildiklerini vurgulayarak bu sokulumların gabro-tonalit-ultramafik kümülat gibi değişen bileşenlerden meydana geldiğini ve çok sayıda andezitik-dasitik dayk içerdiklerini ifade etmişlerdir.

Eyüboğlu (2006), Tokat ve Pulur bölgelerindeki metamorfik masiflere ve içerdikleri intrüziflere yönelik yaptığı çalışmada bu masifler içerisine sokulum yapan ve bünyesinde sulu mineraller barındıran mafik-ultramafik kütleleri inceleyerek bunları

petroloji, jeotektonik ortam ve yaşı gibi özellikleri bakımından değerlendirmiştir. Buna göre Amasya ve Bayburt-Karayaşmak yöresinde yer alan bu kütleler, peridotit, gabro/norit ve anortozitlerden oluşmaktadır. Çalışmada sonuç olarak bu tür sulu mineral içeren ve daha önce okyanusal kabuğu temsil ettiği düşünülen kayaç kütlelerinin aslında yitimle ilişkili sulu bazaltik magmaların ürünleri oldukları vurgulanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntemler

Bu çalışmada amaç, Bayburt-Yakupabdal-Petekli yöreleri ve yakın çevreleri arasında kalan bölgede yüzeyleyen kayaçların genel jeolojik özelliklerini ortaya koymak, bölgede yer alan mafik sokulumların niteliğini araştırmak ve jeotektonik konum olarak Doğu Pontidler'in güney zonunda yer alan ve aynı zamanda Pulur Masifi'nin de güneybatı kesiminde kalan bu sahanın jeolojik geçmişini açıklamaya katkı sağlamaktır.

2.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları Trabzon H43-d3 paftasının topografik haritası üzerinden ve daha önceki bazı çalışmalarda hazırlanan jeolojik haritalardan faydalanılarak yürütülmüştür (Keskin v.d., 1984; Kahraman v.d., 1984; Topuz, 1994). Arazi çalışmalarının ilk safhalarında, çalışma bölgesi dolaşarak sahada yüzeyleyen kayaç-formasyon türleri kaba hatlarıyla tespit edilmiştir. Tüm farklı formasyonlar sahada gözlenerek genel özellikleri belirlenmiştir. Daha sonraki arazi çalışmaları ise çalışma amacına yönelik olarak bölgede yer alan sokulumların arazideki özelliklerinin, bu kayaçların yüzeyledikleri yerlerde yan kayaçlarla olan dokanak ilişkilerinin ve sokulum etkisiyle bu yan kayaçlarda meydana gelen deformasyonların gözlenmesine ilişkin çalışmalar şeklinde sürdürülmüştür.

Arazide yürütülen bu çalışmalar sırasında tüm formasyonlardan çok sayıda örnek alınmış, bu örnekler genel nitelikleriyle not edilmiş ve sonraki incelemeler için hazır hale getirilmiştir. Arazi örneklemeleri, bu analizlerin yapılabilmesine imkan sağlayacak niteliklerde örneklerin toplanması şeklinde yürütülmüştür. Ayrıca gerekli görülen yerlerden fotoğraflar çekilerek çalışmanın görsel olarak da desteklenmesi amaçlanmıştır.

Son olarak da tüm arazi çalışmaları ve önceki çalışmalar değerlendirilerek inceleme sahasının 1/20000 ölçekli jeolojik haritası, genelleştirilmiş dikme kesiti ve seçilen profiller boyunca enine kesitleri oluşturulmuştur.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

2.3.1. Kayaç Örneklerinin Mikroskopik İncelemelere Hazırlanması

İnceleme sahasında gözlenen kayaçlardan alınan örnekler değerlendirilerek çalışma amacı göz önünde bulundurularak incelenmesi gerekli görülen örneklerden ince kesitler hazırlanmış ve mikroskopik incelemelere hazır hale getirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak yapılan çalışmalarda, seçilen kayaç örneğinden ilk aşamada 0,5×2×4cm. (kalınlık×genişlik×boy) boyutlarında bir dilim kesilerek kesilen kısım kayaç örneğinden ayrılmıştır. Çıkarılan bu küçük kısım, bu işlem için özel olarak imal edilen Kanada balzamu adlı bir tür yapıştırıcı kullanılarak 1mm. kalınlık ve 2,7×4,7 cm. ebatlarındaki cam levhalar üzerine yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışık haldeki örnek çeşitli tozlarla birlikte aşındırıcı vasıtasıyla 0,025 mm. kalınlığa kadar inceltilerek incelemelere hazır hale getirilmiştir. Kayaç örneklerinin ince kesitler haline getirildiği bu işlemler KTÜ (Trabzon ve Gümüşhane) Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki laboratuvarlarda yaptırılmıştır.

2.3.2. Hazırlanan Örneklerin Mikroskopta İncelenmesi

Yukarıda anlatılan yöntemlerle hazırlanan örnekler, minerallerin birbirleriyle ilişkileri, optik nitelikleri, bu kayaçların arazide ve el örneklerinde saptanması mümkün olmayan özelliklerinin saptanması gibi bazı amaçlara yönelik olarak mikroskop altında incelenmiştir. Bu incelemeler KTÜ Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Petrografi Laboratuvarı'nda yapılarak inceleme sahasının önemli özelliklerini yansıtan ince kesitlerin fotoğrafları çekilerek mikroskopik incelemeler tamamlanmıştır.

2.3.3. Kayaç Örneklerinin Ana, İz ve Nadir Toprak Elementlerinin Analizi İçin Hazırlanması

Mikroskop incelemeleri tamamlanan kayaç örneklerinden çalışma amacına yönelik olarak sokulum kütlelerinin genel özelliklerini yansıtan ve mümkün olduğunca ayrışmamış örnekler seçilerek ana, iz ve nadir toprak elementlerinin analiz edilebilmesi için hazırlanmıştır. Bunun için seçilen örnekler KTÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji

Mühendisliği Bölümü'ndeki laboratuvarlarda önce yaklaşık 250 gramlık kütleler haline getirilmiş sonrasında bu örnekler kırıcılar sayesinde 50 gr. ağırlıklara gelinceye kadar küçültülmüştür. Bir sonraki safhada ise bu küçültülen örnekler öğütücüler vasıtasıyla toz haline getirilmiştir. Son aşamada da bu toz örneklerden her kayaç örneği için 15' er gr. poşetlenerek analize hazır hale gelen örnekler Kanada ACME laboratuvarlarına gönderilerek analizleri yaptırılmıştır.

2.3.4. Kayaç Örneklerinin Ana, İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Belirlenmesi

Analize gönderilen örneklerin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri, ICP-ES (Inductively Coupled Plasma-Emission Spectrometry) ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemleriyle belirlenmiştir. Günümüzde bu yöntemler kullanılarak kayaç örneklerinin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri büyük bir hassasiyetle belirlenerek sonraki çalışmalara ışık tutulmaktadır. Bu jeokimyasal analizlerle ilgili daha detaylı bilgiler ilerleyen bölümlerde verilecektir.

2.4. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında, yapılan arazi çalışmaları, hava fotoğrafları, mikrosobik incelemeler ve analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi gibi çalışmalar, literatür araştırmalarıyla elde edilen verilerle birleştirilerek tezin yazımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmalar sırasında hazırlanan jeolojik harita ve kesitler yeniden gözden geçirilip gerekli düzeltmeler yapılarak son halleriyle bilgisayar ortamına aktarılmış ve çeşitli programlar kullanılarak çizimleri tamamlanmıştır. Bu ekler de yazılan tezle birleştirilerek çalışma sonlandırılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi ve Stratigrafisi

İnceleme sahası, Trabzon H43-d3 paftasında yer alan Bayburt-Demirözü ilçesine bağlı Yakupabdal-Petekli köyleri ve yakın çevreleri arasında kalan yaklaşık 36 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Sahada gözlenen kayaç grupları Üst Karbonifer ile Kuvaterner yaş aralığındaki bazı dönemleri temsil etmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, inceleme alanında yüzeyleyen kayaç gruplarının üstten alta doğru aşağıdaki bir dizilimle bir istif sundukları belirlenmiştir (Şekil 6).

Alüvyon (Kuvaterner)

Hamurkesen Formasyonu (Liyas)

Aggi Formasyonu (Liyas)

Beşkardeşler Gabrosu (Geç Triyas)

Yakupabdal Volkanitleri (Triyas)

Atik Tepe Metagabrosu (Karbonifer-Permian)

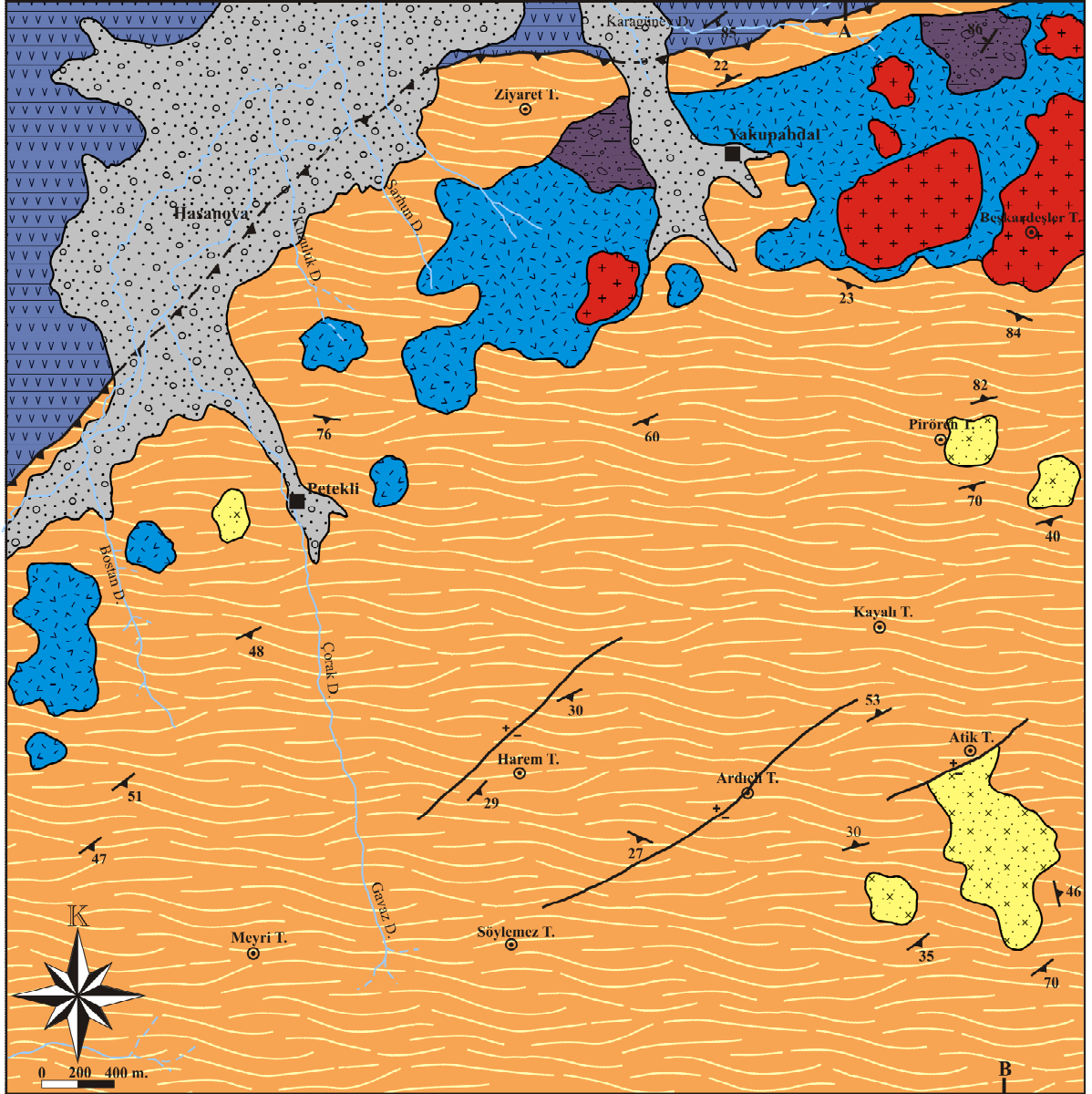
Pulur Masifi (Üst Karbonifer)

Bu bölümde inceleme sahasında yer alan bu birimler ayrı başlıklar altında incelenecek, sahadaki nitelikleri, mikroskobik incelemelerde tespit edilen özellikleri ve bu formasyonların birbirleriyle olan ilişkileri gibi özellikleri genel olarak açıklanacaktır. Araştırmanın asıl konusunu teşkil eden gabro ve metagabroların bu genel jeolojik özelliklerinin yanı sıra detay jeokimyasal özellikleri takip eden bölümlerde verilecektir.

ERATEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	KUVATERNER		Alüvyon		Alüvyal örtü
MESOZOYİK	JURA	LIYAS	Hamurkesen Formasyonu		Aşınma uyumsuzluğu Volkanotortul karakterli istif Dasit, Andezit ve piroklastik kayalar ve kumtaşı ara seviyeleri
			Aggi Formasyonu		Konglomera, Kumtaşı Aşınma uyumsuzluğu
	TRIYAS		Yakupabdal Volkanitleri		Olivinli, amfibollü gabro
			Beşkardeşler Gabrosu		Dasit, andezit ve piroklastik kayalar Aşınma uyumsuzluğu
PALEOZOYİK	ÜST KARBONİFER		Pulur Masifi		Düşük derece metamorfizma izleri taşıyan, olivin, amfibol ve aktinolit içeren metagabro
			Atık Tepe Metagabrosu		Ayrışmış ve aşınmış metamorfik şist, gnays amfibolit istifi

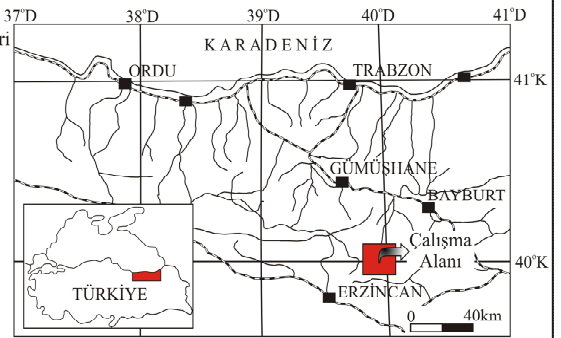
Ölçeksizdir

Şekil 6. İnceleme alanının genelleştirilmiş kolon kesiti

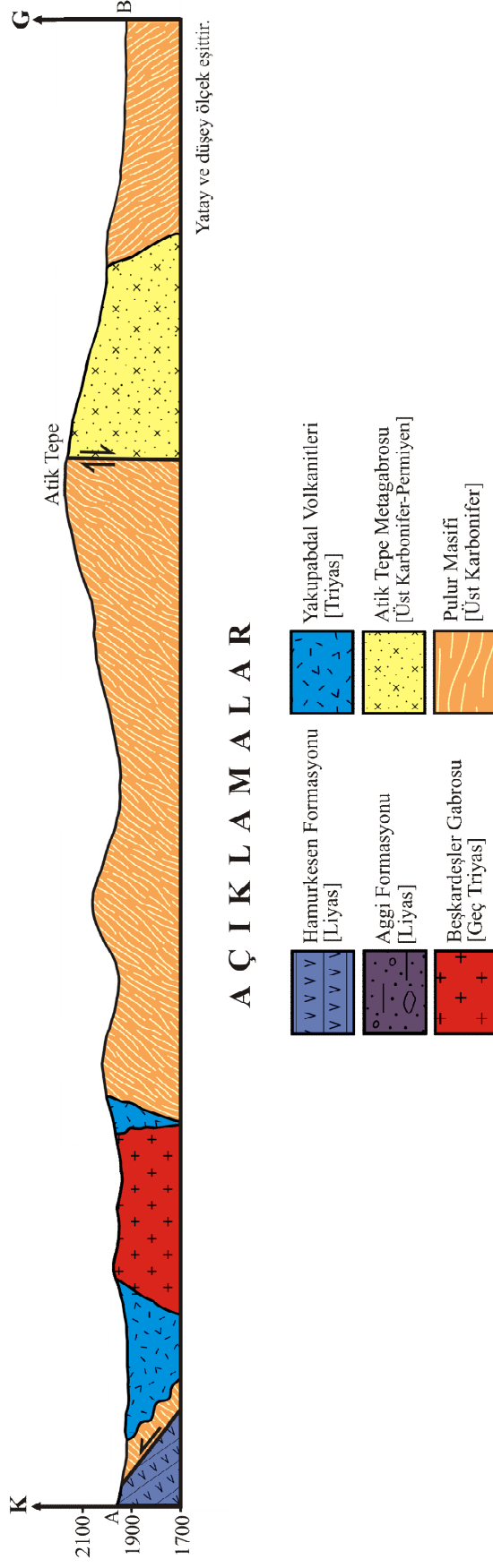


AÇIKLAMALAR

	Alüvyon [Kuvaterner]		Tabaka ve şistozite düzlemleri
	Hamurkesen Formasyonu [Liyas]		Faylar
	Aggi Formasyonu [Liyas]		Enine kesit hattı
	Beşkardeşler Gabrosu [Geç Triyas]		Tepe noktaları
	Yakupabdal Volkanitleri [Trijas]		Yerleşim yerleri
	Atık Tepe Metagabrosu [Üst Karbonifer-Permiyen]		
	Pulur Masifi [Üst Karbonifer]		



Şekil 7. İnceleme alanının jeolojik haritası (Topuz, 1994'ten alınarak değiştirilmiştir)



Şekil 8. İnceleme alanının A-B hattı boyunca hazırlanmış enine jeolojik kesiti

3.1.1. Pulur Masifi

Bölgenin jeolojisi açısından önemli yer tutan Pulur Masifi birçok araştırmacı tarafından farklı yönleriyle ele alınarak ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu araştırmalar sonucu elde edilen bulgular, bölgenin jeolojik geçmişini aydınlatmada önemli yer tutmaktadır. Bu başlık altında daha önceki çalışmalar ışığında saha gözlemleri ve diğer incelemeler sonucunda elde edilen verilerle Pulur Masifi'nin genel jeolojik özellikleri açıklanacaktır.

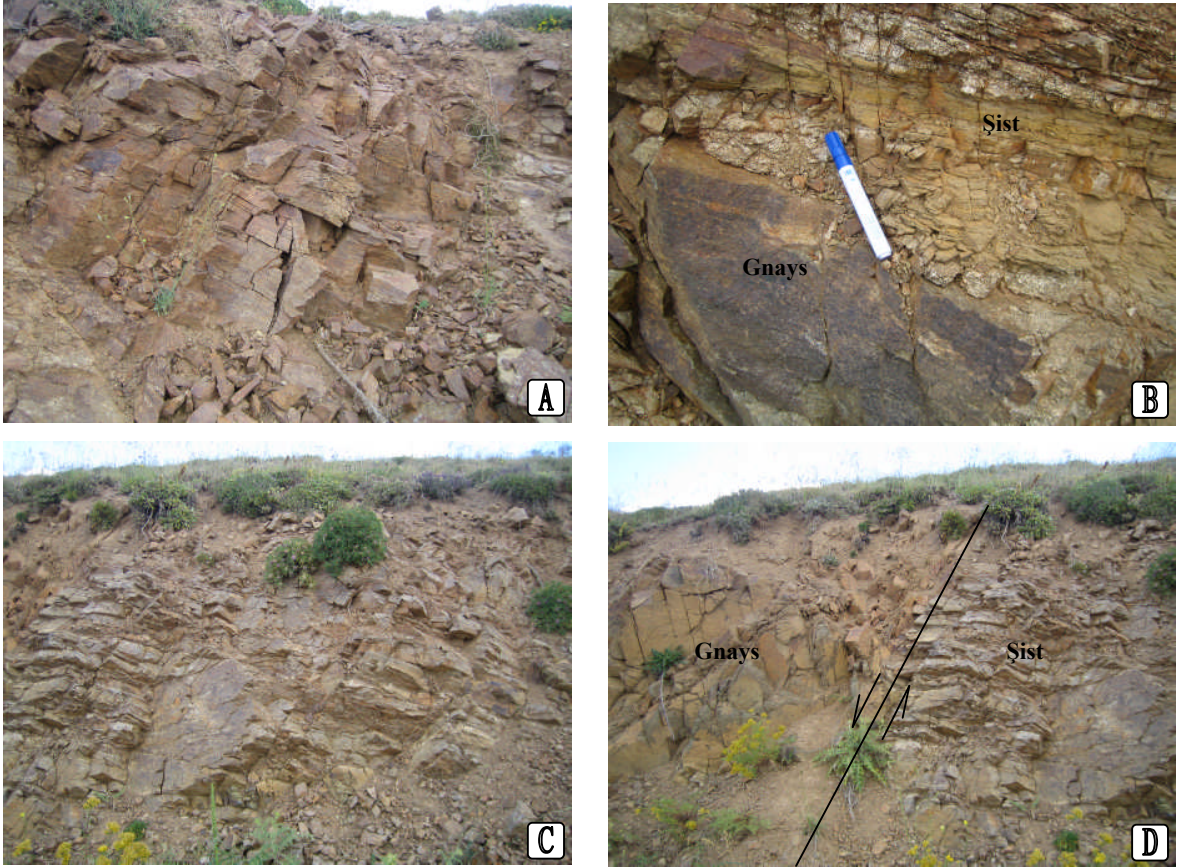
Bayburt-Pulur yöresindeki bu metamorfik kayaçların tanımlanması ve genel özelliklerinin ortaya konulmasına yönelik ilk çalışmalar Ketin (1951) tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmada sahanın 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlayan Ketin, bu metamorfikleri tanımlayarak bu kayaçların, kendilerini kesen bazı sokulumlarla birlikte bir temel teşkil ettiklerini ve Paleozoyik yaşlı kabul edilen bu temel üzerine de uyumsuzlukla volkanotortul bir istif geldiğini belirtmiştir.

Daha sonraki çalışmalarda ise metamorfiklerin özelliklerinin daha ayrıntılı olarak açıklayabilmek amacıyla birçok inceleme yapılmıştır. Ağar (1977), Pulur yöresinde yüzeyleyen metamorfik kayaçların, gnays ve mikaşistlerden oluştuğunu belirterek, bu kayaçları çalıştığı sahada yer alan Dolama Tepe adlı bir tepeye izafeten "Dolama Gnaysı" adı altında incelemiştir. Ağar (1977), bu metamorfiklerin, volkanotortul karakterli ve Permo-Karbonifer yaşlı Çatalçeşme Formasyonu tarafından örtülmesi sebebiyle bu kayaçların Permo-Karbonifer öncesine ait olması gerektiğini belirtmiştir.

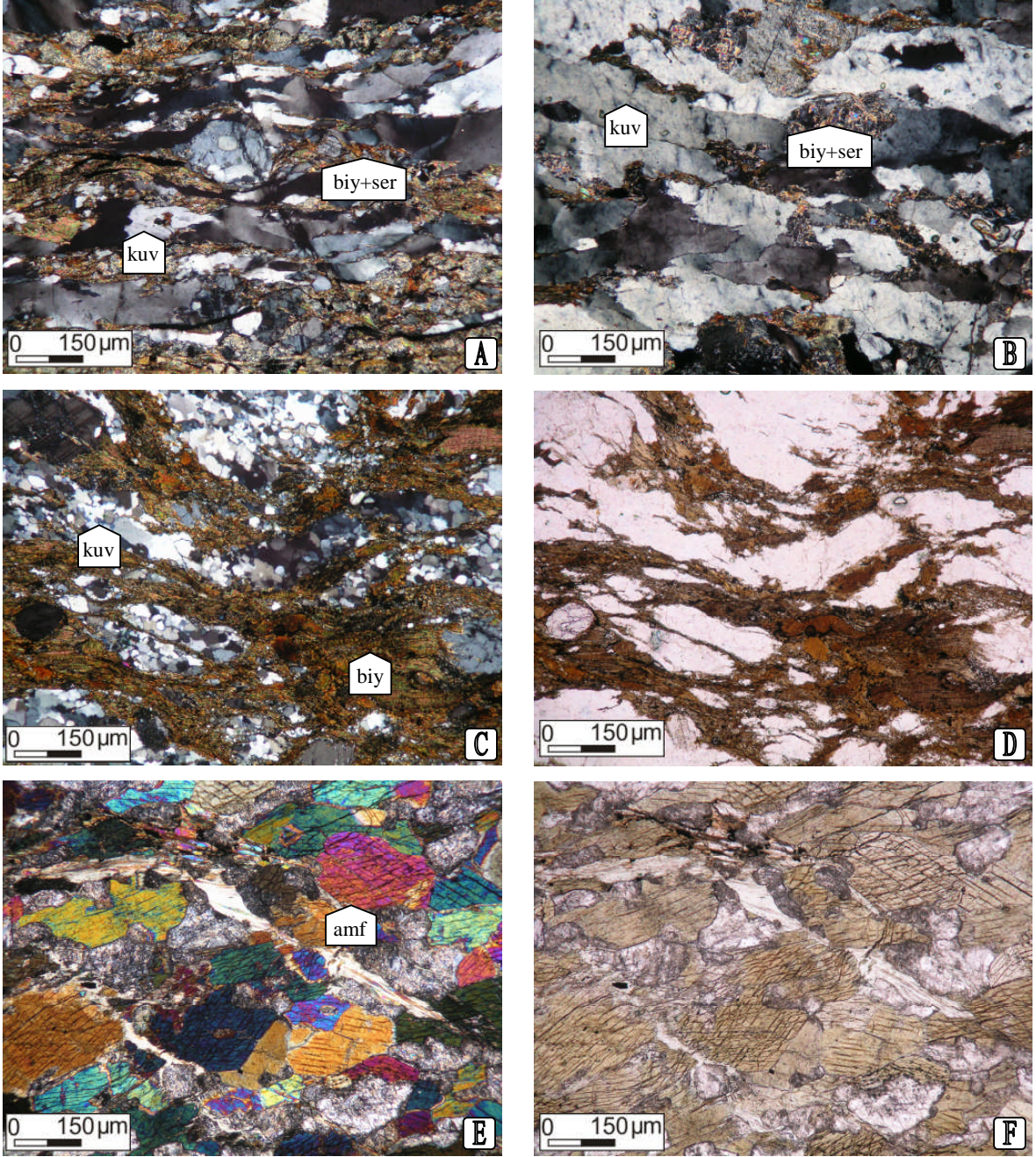
Korkmaz ve Baki (1984), Bayburt-Demirözü yöresinde yaptıkları çalışmalarda "Dolama Gnaysı" olarak adlandırılan bu metamorfik istifi yeniden tanımlayarak "Pulur Masifi" olarak isimlendirmişlerdir. Bu tarihten itibaren günümüze kadar yapılan çalışmalarda bu isim kullanılarak incelemelerin belli bir ad altında toplanması sağlanmıştır. Bu çalışmada da gerekli incelemeler sonucu elde edilen veriler "Pulur Masifi" adı kullanılarak bu başlık altında sunulacaktır.

İnceleme alanında gözlenen formasyonlar arasında en geniş alanı kaplayan Pulur Masifi başlıca şist, gnays ve amfibolitlerden oluşmaktadır. Bu kayaç grupları arasında en yaygın olarak da şistler göze çarpmaktadır. Bu saha özelliklerine genel olarak bakıldığında Pulur Masifi'nin morfolojik olarak çok sarp olmayan, gri-sarımsı-bej renklerde tepelerden oluştuğu söylenebilir. Bölgenin rölyefinin fazla olmamasına, masifin bölgede en yaşlı kayaç grubunu oluşturması ve buna bağlı olarak uzun dönemler boyunca ayrışma-aşınma gibi süreçlerin etkisi altında kalması sebep olarak gösterilebilir.

Pulur Masifi içerisinde yer alan şistler genel olarak koyu ve sarımsı kahverengi renklere sahiptir ve tipik olarak iyi derecede yapraklanma özelliği gösterir (Şekil 9). Şistler yer yer aşırı ayrılmış olduğundan bazı lokasyonlarda sürekliliği takip edilememekte ve örnek alınması mümkün olamamaktadır. Kayalı Tepe mevki ve Atik Tepe kuzey kesimlerinde kısmen sağlam bir yapı sergileyen şistli kayalara rastlanır. Metamorfik şistler başlıca kuvars-feldspat-serisit şist, kuvars-serisit-biyotit şist, amfibolit şistler gibi farklı mineralojik gruplar şeklinde ayrımlanmaktadır. Metamorfik şistlerden alınan örneklerin ince kesit incelemelerinde kuvars, biyotit, serisit mineralleri tespit edilmiş ve minerallerin karakteristik şist niteliğinde birbirine paralel hatlar boyunca belirgin bir dizilim şeklinde geliştikleri gözlenmiştir (Şekil 10, A ve B).



Şekil 9. Pulur Masifi'ne ait bazı metamorfik kayaların arazide görünüşleri; A: gnays, B: gnays ve şistler, C: şistler, D: gnays-şist dokanağı



Şekil 10. Pulur Masifi'ne ait bazı metamorfik kayaçların mikroskobik görünüşleri; A ve B: sist, C: gnays/TN, D: gnays/ÇN, E: amfibolit/ÇN, F: amfibolit/TN, amf: amfibol, kuv: kuvars, biy: biyotit, ser: serisit

Kuvars mineralleri, genel olarak uzunlamasına ve birbirlerine girift vaziyetteki kristaller halinde bulunurlar. Kesitlerde bulunuş oranı diğer minerallere nazaran çok daha fazladır. İnce kesitlerde tek nikolde renksizdir. Çift nikolde, düşük dereceli metamorfik kayaçlarda deformasyona bağlı olarak kuvarslarda karakteristik özellik olarak açığa çıkan dalgalı sönme dikkat çekmektedir. Kuvars minerallerinde belli hatlar boyunca dizilim belirgindir.

Uzunlamasına gelişen ve yönlenme gösteren kuvars mineralleri yer yer diğer yarı öz şekilli kuvars kristalleri sarar halde uzanmaktadır. Basıncın nispeten arttığı durumlarda ise kuvars çok küçük kristaller şeklinde gözlenir. Bazı durumlarda da kesitlerde belli hatlar boyunca öne çıkan kırıklar mevcuttur. Bu özellikler de yine metamorfizmanın etkisiyle meydana gelen deformasyonların sonucu ortaya çıkmaktadır.

Biyotit mineralleri, kahverengi pleökroizma ile karakteristiktir. Kuvars dizilimleri arasında yer alarak açık ve koyu renkli minerallerin birbirini izlemesinden oluşan bir doku oluştururlar. Serisit ise bu biyotit kristallerinin çevrelerinde ince kristaller halinde yer almaktadır. Serisit pulcukları da düşük derece metamorfizmayı işaret edebilmektedir.

Arazi gözlemlerinin yanı sıra incelenen örneklerde feldspat mineralleri oranının %20'den az olması metamorfik şistlerin adlanmasında bir kriter olarak kullanılmıştır. Bu sınıflamaya göre feldspat mineralleri miktarı bu oranın altında olan metamorfik kayalar şist olarak adlandırılırken bu orandan fazla feldspat minerali içeren metamorfik kayalar gnays olarak adlandırılmaktadır.

Gnayslar, şistlere oranla daha kompakt ve daha sağlam bir yapı arz ederler. Şistler genellikle kolay dağılan bir yapıda olup örnek alım sırasında ancak 1-2 cm boyunca ayırım yüzeylerine bağlı kırılma gösterirken daha sert bir yapıda olan gnayslarda bu ölçü daha fazla olmakta ve dm boyutuna varmaktadır. Sarımsı kahve dış yüzey rengine sahip gnayslar koyu kahve, grimsi renk tonlarında taze yüzey renklerine sahiptir. Tipik olarak açık ve koyu renkli seviyelerin aralanmasından oluşan belirgin bir foliasyon gösterirler. Gnaysların mikroskop altında incelenmesi sırasında başlıca kuvars, ortoklaz, biyotit, serisit minerallerini içerdikleri gözlenmiştir (Şekil 10, C ve D). Gnayslardaki mikroskobik özelliklerin genel olarak şistlere benzer niteliklerde olduğu söylenebilir. Bu nedenle aynı mineral karakteristiklerin tekrar yazılmasından ziyade, gnayslardaki mikroskobik özelliklerin şistlerden farklı olan yönleriyle ele alınması uygun görülmüştür. Buna göre de sınıflama kriteri olarak kullanıldığı üzere gnayslarda şistlerden farklı olarak artan bir feldspat oranı göze çarpmaktadır. Kayaç bünyesinde gözlenen plajiyoklaz ve ortoklaz içeriği bu iki sınıfı ayırt eden unsurdur. Bu minerallerin özelliklerine bakıldığında ise plajiyoklazlarda tipik polisentetik ikizlenme görülür. Metamorfizmaya bağlı deformasyonların sonucu bükülmeler, kırılma ve çatlamlar yaygındır. Bozuşmaya bağlı olarak da serisitleşme bu kristallerde gözlenen bir diğer özelliktir. Ortoklaz ise plajiyoklazla az oranda kayaç bünyesinde yer almaktadır. Serisitleşme ortoklazlarda da gözlenmektedir.

İnceleme alanında, Pulur Masifi bünyesinde gözlenebilen diğer bir metamorfik kayaç grubu da amfibolitlerdir. Amfibolitler arazide koyu gri-kahve renklerde bulunur ve belirgin herhangi bir yönlenme göstermeyen masif bir yapı sergilerler. İnce kesitlerde kayacın yaklaşık %90'ını oluşturan amfibollerde birbiriyle 120° açı yapan iki yönlü dilinim ve kahverengi plökroizma tipiktir (Şekil 10, E ve F). Çift nikolde sarımsı, kahvemsî renklerden mavimsî ve kırmızımsî renklere kadar gözlenebilirler. Amfibollerin diğer bir karakteristiği, öz şekilli kristallerinin çok yaygın gözlenememesidir. Kristal kenarları genellikle kırılmış, parçalanmış ve mineral sınırları girintili çıkıntılı bir doku kazanmıştır.

Pulur Masifi içerisinde, farklı niteliklerde metamorfik kayaçların bulunması bu kayaç gruplarının ilksel kayaçlarının farklı olabileceğini ve farklı basınç-sıcaklık koşulları altında geliştiklerini düşündürmektedir. Bu düşünce kapsamında, Pulur Masifi'nin farklı fasiyes özelliklerinin ve metamorfizma koşullarının belirlenmesine yönelik birçok araştırma yapılmıştır. Tez kapsamında da önceki yıllarda yapılan çalışmalar baz alınarak gerekli incelemeler yapılmış, arazi ve laboratuvar çalışmaları genel hatlarıyla gerçekleştirilerek, metamorfik kayaçların detaylı inceleme ve araştırması önceki çalışmalarda ortaya konan veriler referans alınarak yapılmıştır. Buna göre, Tanyolu (1988), çalışmasındaki metamorfik kayaçlarla ilişkili kısmında Pulur Masifi'nin genel özelliklerinin yanı sıra bu kayaçların Barrovien Tip Metamorfizma ürünü olarak geliştiklerini ve metamorfizma faaliyetlerinin 520-560 °C sıcaklık ve 2-4 k.bar basınç şartları altında gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Topuz (1994), Pulur Masifi bünyesindeki metamorfik kayaçları farklı litodemler adı altında ayırt ederek, bu kayaç gruplarının öncelikli olarak ilerleyici metamorfizma ürünü olarak amfibolit ve granulit fasiyeslerinde, daha sonra ise gerileyici olarak yeşilsist fasiyesinde geliştiklerini belirtmiştir. Bu çalışması kapsamında Topuz (1994), Bayburt-Yakupabdal, Petekli, Elmalı köyleri ve çevresindeki metamorfik kayaçları inceleyerek ilk önce Kuvars + Sillimanit + Granat + Biyotit + Muskovit ± Ortoklas ve Almandin + Kordiyerit + Sillimanit + Simplektit ± Pinit mineral birlikteliğinden oluşan ilerleyici bir metamorfizmanın geliştiğini ve bu ilerleyici metamorfizma şartlarının da 730-800 °C ve 3,8-8 k.bar olması gerektiğini vurgulamıştır. Daha sonra ise gerileyici bir metamorfizmanın hüküm sürdüğünü, bunun da Gramatit + Klorit + Kuvars + Zoisit + Hidrogranat + Albit ± Serisit mineral birlikteliği sunduğunu ve buna bağlı olarak da gerileyici metamorfizmanın yeşilsist fasiyesinde geliştiğini ifade etmiştir. Gürler (1995b) ise Pulur Masifi metamorfitlelerinin bölgesel ve hidrotermal metamorfizma izleri taşıdığını belirtmiştir. Topuz v.d. (2004a, 2004b, 2004c), Pulur Masifi'ni daha ayrıntılı inceleyerek

iki grup adı altında tanımlamışlardır. Buna göre ilk grubu yüksek dereceli metamorfizmalardan meydana gelene Cenci Birimi, ikinci kısmı ise düşük dereceli metamorfizmalardan meydana gelen Doğankavak Birimi oluşturmaktadır. Bu veri de, Pulur Bölgesi'nin iki aşamalı olarak metamorfizmaya maruz kaldığını ve bu süreçlerin farklı sıcaklık ve basınç şartları altında geliştiği görüşünü desteklemektedir.

Pulur Masifi'nin dikkat çeken bir diğer özelliği de, birim içerisinde belirgin foliasyona sahip kayaç gruplarının foliasyon düzlemlerinin kısa mesafelerde, ani olarak yön değiştirmesi ve küçük ölçekli birçok kıvrım içermesidir. Bu özellik, bölgenin tektonik yapısı ve fayların etkisi gibi faktörlerin ve bölgede gözlenen magmatik kayaçların ortama nüfuzu sırasında yüzeydeki kayaçları zorlamasının bir etkisi olarak düşünülebilir (Şekil 7).

Pulur Masifi temel kayaç niteliğinde olması itibariyle, inceleme alanındaki birçok formasyonla sıkı ilişki halindedir. Pulur metamorfizmaları inceleme alanında temel kayaç olma niteliğindedir ancak, inceleme sahasının kuzey kesimlerinde bir bindirme düzlemi ile Hamurkesen Formasyonu üzerinde gözlenmektedir. Ayrıca Pulur Masifi bölgede yüzeyleyen magmatik kütleler tarafından da kesilmektedir.

3.1.1.1. Yaş

Topuz v.d. (2003 ve 2004) tarafından yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ izotop araştırmalarında iki farklı fasiyeste meydana gelen Pulur Masifi metamorfizmasının yaşı 260 ve 330 milyon yıl olarak tespit edilmiştir. Bu iki metamorfizma yaşı da Karbonifer ve Permian zaman dilimlerine karşılık gelmektedir. Tez kapsamında yapılan çalışmalarda da bu veri referans alınmış ve masifin yaşı Üst Karbonifer olarak kabul edilmiştir.

3.1.2. Atik Tepe Metagabrosu

Pulur Masifi'nin genel özellikleri, Doğu Pontid-Güney Zon magmatizma karakteri ile birlikte değerlendirildiğinde, masifin birçok yerde tipik olarak magmatik kayaçlar tarafından kesildiği gözlenmektedir. Pulur Masifi'ni kesen bu magmatik kayaçların niteliklerinin açığa kavuşturulmasına yönelik birçok çalışma yapılmış ve elde edilen bilgilerle bölgenin magmatizma faaliyetleri açıklanmaya çalışılmıştır. Buna ilişkin olarak yapılan bazı çalışmalardan şunlardır:

Bu metamorfik kayaç grubunu, Pulur Masifi olarak adlandıran Kormaz ve Baki (1984), masifin genel niteliklerinin sunmalarının yanı sıra bu metamorfitleerin gabro, diyorit, meta andezit gibi kayaç grupları tarafından kesildiklerini vurgulamışlardır. Bektaş v.d. (1987), Doğu Pontid orojenik kuşağının tektonik özellikleri ve magmatizma karakterini açıkladıkları çalışmalarında Pulur Masifi'nin gabro-diyorit-peridotit gibi dağılık magmatik kayaç kütleleri tarafından kesildiğini belirtmişlerdir. Çakır (1987) ise temel kayaçları niteliğindeki masifin yer yer gabroyik ve ultramafik kütleler tarafından kesildiğini açıklamıştır. Akdeniz (1988) de çalışmasında metamorfik kayaçlarla, bu kayaçlara sokulum yapan kayaçlar arasında sıkı bir ilişki olduğunu belirterek tüm bu kayaçların belli zaman aralıklarda etkin olan metamorfizma ve magmatizma ile ilişkilendirmiştir. Habiboğlu (1989) ise metamorfitleeri kesen sokulumların manto yükselimine bağlı olarak ortama nüfuz ettiklerini açıklamıştır. Bektaş ve Güven (1995) de metamorfitleeri kesen verlit, melagabro ve diyorit gibi kayaçların varlığından bahsederek bu sokulumların etrafında meydana gelen deformasyonların etkilerini açıklamışlardır. Kolaylı (1996) ise çalışmasında bu metamorfitleerin mafik, ultramafik ve bazı kayaç grupları tarafından kesildiğini ifade etmiştir. Eyüboğlu (2006), Pulur Masifi bünyesindeki mafik-ultramafik sokulumları incelemiş, bu kayaç gruplarının niteliklerini açıklayarak bünyelerinde sulu mineral bulundurmaları ve bunların jeokimyasal özelliklerine dayanarak bu kayaçların yitimle ilişkili sulu bir bazaltik magmadan kaynaklandığını vurgulamıştır.

Bu çalışmada da Pulur Masifi bünyesinde bulunan sokulum kayaçlar incelenmiş ve bu kayaçların genel fiziksel özellikleri (rengi, yapısı, dış görünümü, kırık-çatlak durumu v.s.), mikroskobik özellikleri ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak da tüm bu özellikler bir arada değerlendirilerek Pulur Masifi ile bu sokulumlar arasındaki ilişkiler açıklanmış ve ortamın maruz kaldığı jeolojik olaylar ve bu olayların meydana geldiği zaman dilimi belirlenmeye çalışılmıştır.

Yukarıda verilen çalışmalar genel olarak incelendiğinde Pulur Masifi'nin bölgesel ölçekte belli zaman aralıklarında magmatik intrüzyonlara maruz kaldığı anlaşılmaktadır. Pulur Masifi içerisinde yer alan çalışma alanında da bu tür intrüzif kütlelere rastlanmaktadır. Çalışmanın da esas konusunu oluşturan bu magmatik sokulumlardan ilki Atik Tepe Metagabrosu'dur. Metagabrolar, çalışma sahasında birkaç yörede elipsoidal kütleler halinde bulunurlar. Arazideki genel görünümüne bakıldığında, dış yüzeylerinin koyu-açık kahve renkten kahvemsi gri renklere kadar değişen renk tonlarında oldukları gözlenir. Yer yer limonitleşme ve hematitleşmenin etkin olduğu alanlarda ise kahve,

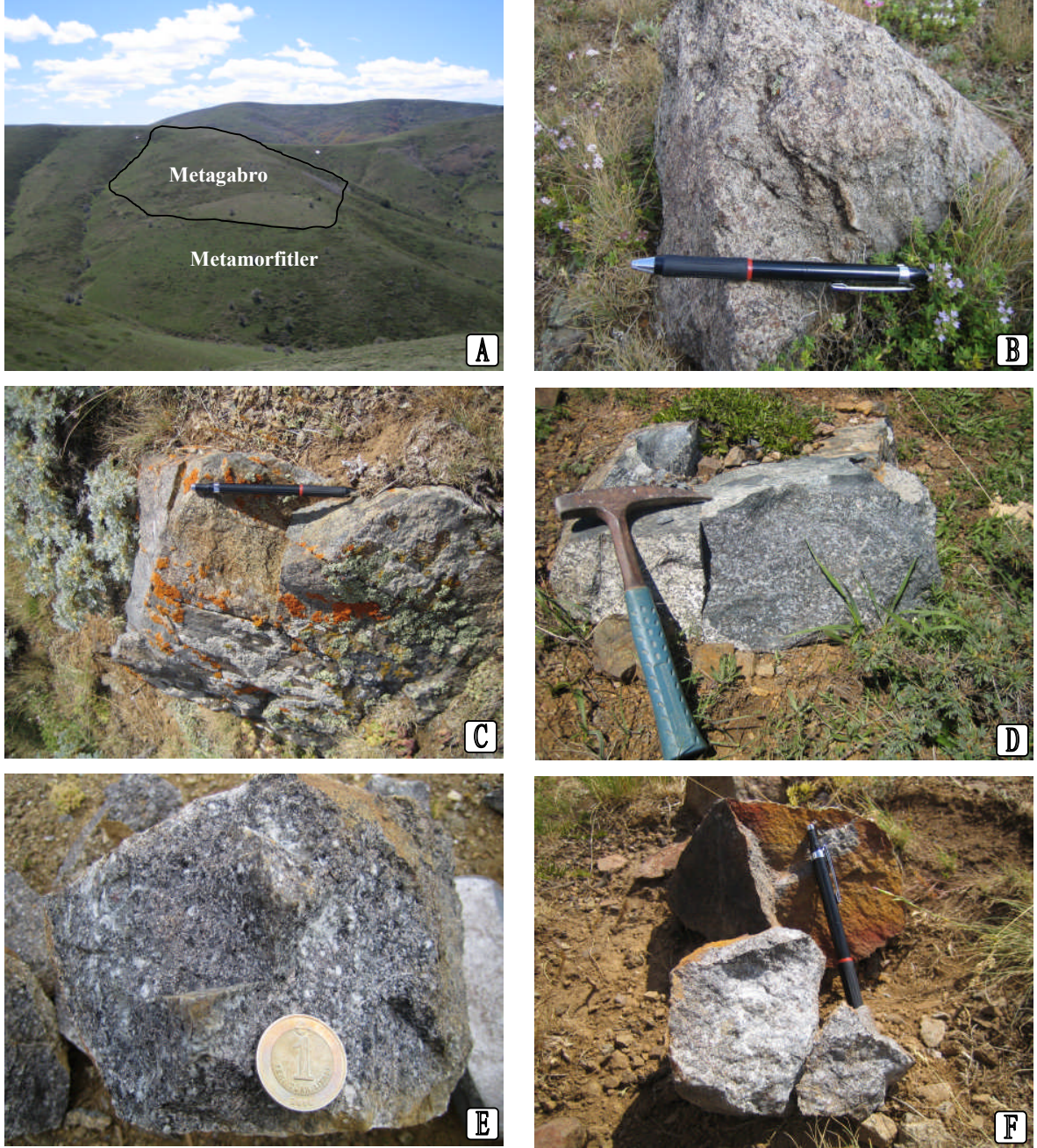
kırmızımsı kahve ve sarımsı renklere sahiptirler. Kırık yüzeylerine bakıldığında daha çok grimsi, yeşilimsi gri renklere oldukları gözlenir.

Bu genel özellikleriyle arazide ayırt edilen metagabrolar, başlıca Atik Tepe güneyi ve yakın çevresi olmak üzere, Pirören Tepe batısı ve Petekli Köyü doğusunda irili ufaklı kütleler halinde bulunurlar (Şekil 11). Kuzey sınırı düşey atımlı bir fayla sınırlandırılan Atik Tepe'nin güneyindeki esas kütle dışındaki metagabrolar elipsoidal kütleler halinde gözlenirler. Bu sokulum kütleleri, Pulur Masifi'ni keser vaziyette bulunurlar. Metamorfik masifle olan dokanaklarının yakınlarında foliasyon düzlemlerindeki ani değişimler ve bu düzlemlerin yaklaşık olarak dokanak düzlemine paralellik sunması, metagabroların ortama nüfuzun bir etkisi olarak ortaya çıkmaktadır (Castro, 1986). Bu veri aynı zamanda bu kayaların yerli oluşukları olduğunu da ortaya koymaktadır.

Asıl kütleliyi teşkil eden Atik Tepe'nin güneyindeki metagabro sokulumu, inceleme alanında yaklaşık 1 km²'lik bir alanda mostra vermektedir. Kütleliğin kuzeyinin düşey atımlı bir fayla sınırlandırılmış olması, bu sokulum sürecinin faya bağlı olarak geliştiğini işaret etmektedir. Bu tektonik dokanak dışında, arazi gözlemlerinde Pulur Masifi ile metagabrolar arasındaki dokanak sınırları genellikle örtülü olup, net olarak tespit edilememektedir. Bu duruma, yan kayaların kolay ayrışabilen metamorfizmlerden oluşması, gabroyik sokulumun ortama nüfuzundan sonra meydana gelen metamorfizma faaliyetlerinin (bölgesel ve hidrotermal metamorfizma) bu sınır boyunca kayaları etkilemesi ve buna bağlı ayrışma süreçleri sebep olarak gösterilebilir. Bu olumsuz etkiye rağmen, bölgesel ve hidrotermal metamorfizmanın kayalar türlerini farklı oranlarda etkilemesi ve buna bağlı olarak yan kayalarla olan farklılıklar, gabroyik kayaların ilksel niteliklerini genel olarak korumaları ve metamorfik kayalarda ani foliasyon düzlemi değişimleri gibi unsurlar birlikte değerlendirilerek metagabroların Pulur Masifi ile olan sınırları haritalanabilmiştir.

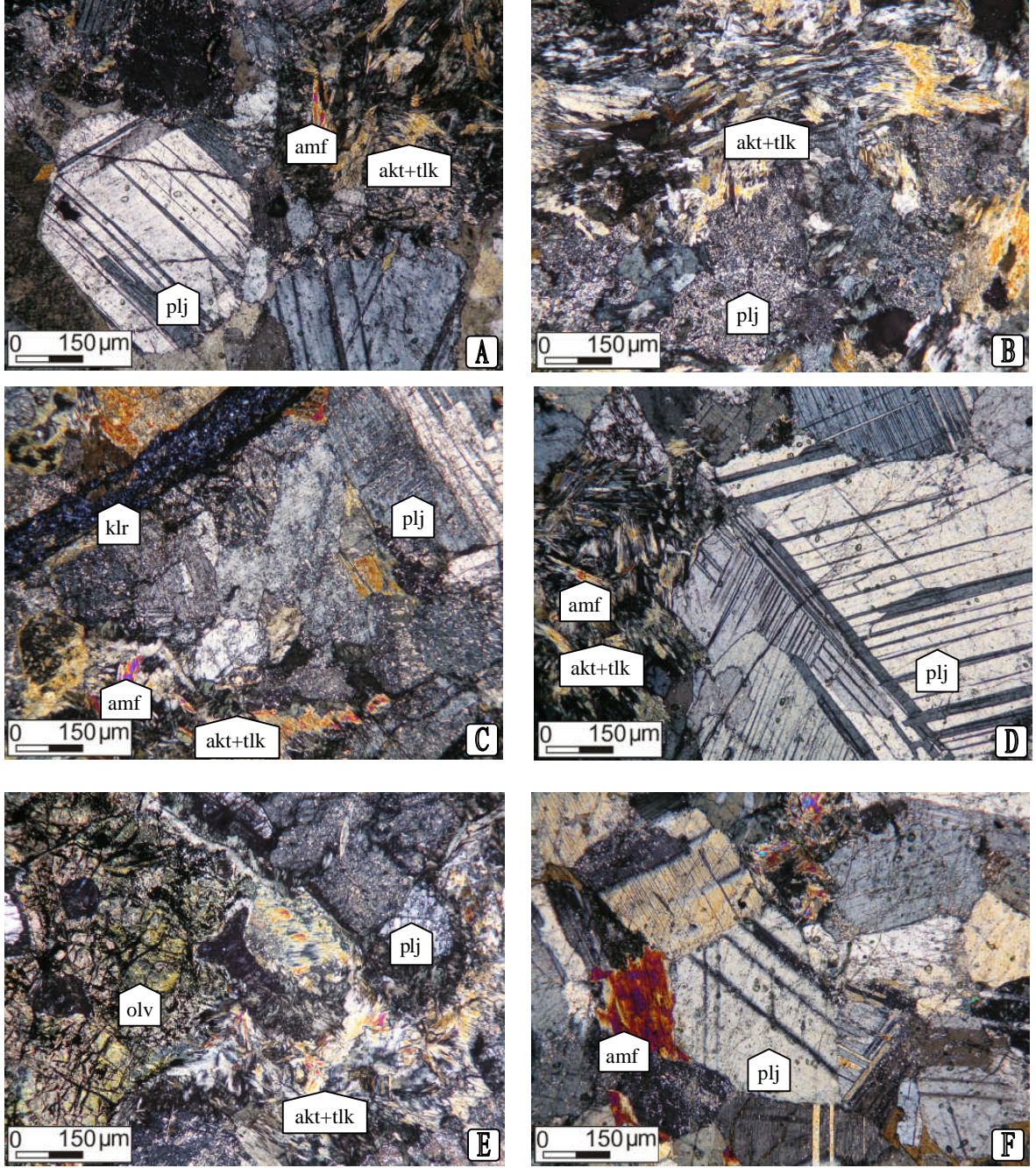
Metagabroların iç yapısında bakıldığında ise genellikle homojen bir yapıda olduğu görülür. Ancak bu kütlelerin yer yer bol kırıklı ve ayrışmış bir yapı sunmaları da dikkat çekmektedir. Özellikle de dokanak yakınlarında bu kırıklı yapı ve ayrışmanın etkisi ortaya çıkmaktadır. Kütleliğin orta kesimleri ise kenar kesimlere nispeten daha sağlam ve ilksel niteliklerini korumuş bir yapıdadır. Bu durum değerlendirildiğinde metamorfizmanın kütleliğin kenar zonlarından itibaren etkiliği olduğu ve iç kesimlere doğru etkisinin azaldığı söylenebilir. Mikroskobik incelemeler de bu görüşü destekler niteliktedir.

Metagabrolardan alınan örneklerden yapılan ince kesitlerin mikroskop altında incelenmeleri sonucunda bu kayaların başlıca plajiyoklaz ve değişen oranlarda amfibol, aktinolit, olivin, talk, klorit minerallerini içerdiği gözlemlenmiştir (Şekil 12).



Şekil 11. Atik Tepe Metagabrosu'nun arazideki görünüşleri; A: bir metagabro kütlelerinin genel görünüşü, B ve C: metagabronun dış yüzey görünüşleri, D ve E: metagabro kırık yüzeylerinin görünüşleri, F: metagabro taze yüzey görünüşü ve kırıklarda gözlenen limonitleşmeler

Plajiyoklazların ilksel özelliklerini korumuş olanlarında iri kristaller ve birbirine paralel lameller şeklindeki polisentetik ikizlenme net olarak gözlenmektedir. Yer yer zonlu plajiyoklazlara da rastlanır. Bozunmaya uğrayarak ilksel niteliklerini kaybeden plajiyoklazlarda yaygın olarak kırılmış-çatlamış kristaller ve killeşme, serisitleşme ve kloritleşme dikkat çekmektedir.



Şekil 12. Atik Tepe Metagabrosu'nun mikroskopik görünüşleri; plj: plajiyoklaz, amf: amfibol, akt: aktinolit, tlk: talk, olv: olivin, kır: klorit

Bu ayrışmalara dayanılarak plajiyoklazların hidrotermal koşullardan etkilendiği söylenebilir. Özellikle de gabroyik sokulumların kenar bölgelerinden alınan örneklerde bu etki daha fazla kendisini göstermektedir. Buradan hareketle hidrotermal ayrışma ve bölgesel metamorfizma süreçlerinin sokulumların kenar kesimlerden itibaren etkili olduğu iç kesimlere doğru bu etkilerin azaldığı düşünülebilir. Michel Levy yöntemi (Kerr, 1959) baz alınarak gerçekleştirilen cins tayinine göre metagabrolarda hakim plajiyoklaz türü, gabroyik kayaçların karakteristik plajiyoklaz cinsi olan labradordur ($An_{58}-An_{64}$).

Amfibol mineralinde kahverengi tonlarında gözlenen pleökroizma karakteristiktir. Bazen kısa kristaller şeklinde, çoğu kesitte de minerallerin arasında veya onları sarar durumda öz şekilsiz taneler olarak bulunur. Tüm minerallerde net olarak gözlenememekle birlikte amfibollerde birbirleriyle yaklaşık 120° açı yapan iki yönde dilinim tipiktir. Taneler arasında yer alan amfibol ise genellikle talk ve aktinolit mineralleriyle birlikte girift bir şekilde bulunurlar. Özellikle de talk mineralleri ile amfibolün sıkı ilişki içerisinde olması talk mineralinin amfibollerin düşük dereceli metamorfizması sonucu oluştuğunu düşündürmektedir. Yine bu ayrışmaların kütlelerin kenar kesimlerde daha da artması metamorfizmanın kenar kesimlerden itibaren etkili olduğu görüşünü desteklemektedir.

Olivin minerali kesitlerde karakteristik olarak bol çatlaklı ve yaygın olarak serpantinleşmiş durumdadırlar. Bozunmaya karşı dayanıksız bir mineral olduğundan ilksel özelliklerini korumuş ve ayrışmamış örneklerine rastlanmaz. Bu ayrışmaların yanında serpantinleşmenin de yaygın oluşu hidrotermal koşulların etkisini göstermektedir.

Aktinolit, ince kesitlerde iğnemsî ve lifsi biçimlerdeki kristalleriyle dikkat çekmektedir. Aktinolit, düşük dereceli metamorfizma faaliyetlerinin tipik mineralidir ve birbirlerine paralel-yarı paralel ve ışınal kristaller halinde bulunur. Talk minerali ile sıkı bir ilişki sergiler. Düşük dereceli metamorfizmanın etkisinin daha fazla olduğu kesimlerde aktinolit oranında belirgin bir artış göze çarpar.

Talk minerali aktinolite benzer şekilde ve onlarla sıkı ilişkili olarak birbirlerine yarı paralel bir dizilim sergileyen lifsi kristaller halinde bulunur. Talk minerali de düşük dereceli metamorfizmanın ve hidrotermal ayrışmanın kayaç üzerindeki etkisini temsil etmektedir.

Klorit, ince kesitlerde genellikle kırıkları doldurur vaziyette veya özşekilsiz küçük mineraller halinde bulunur. Anormal mavi-mor girişim renkleriyle karakteristiktir. Klorit mineralleri genel olarak koyu renkli minerallerin hidrotermal bozuşması sonucu kayaçlarda yer alırlar.

Kayaç örneklerinden hazırlanan ince kesitlerin incelenmesi sonucu elde edilen veriler, arazi çalışmalarındaki gözlemlerle bir arada düşünülürse şu sonuçlara varılabilir:

Gabroyik bir sokulum ortama yerleştikten sonra, bölge düşük dereceli metamorfizmaya maruz kalmıştır. Ayrıca minerallerdeki ayrışmalara bağlı olarak gelişen ikincil aktinolit, talk, klorit gibi minerallerin varlığı ve olivinlerde yaygın olarak gelişen serpantinleşmeler de bu kayaçlar üzerinde düşük dereceli metamorfizma ile birlikte hidrotermal koşulların da etkili olduğunu göstermektedir. Bu ayrışmalar ve metamorfizmayı temsil eden minerallerin metagabro kütlelerinin kenar kesimlerinde belirgin bir artış göstermesi ise, metamorfizma ve hidrotermal ayrışma sürecinin kayaç kütlelerinin kenar kesimlerinden itibaren etkili olduğunu ve kütlelerin iç kesimlerine doğru etkisinin azaldığını düşündürmektedir.

Birim daha önceki çalışmalarda Topuz (1994) tarafından tanımlanmış ve Yayla Tepe Metagabroları olarak adlandırılmıştır. Ancak tarafımızdan kullanılan topoğrafik haritada (Harita Genel Komutanlığı, 1983 tarihli topoğrafik harita) araştırmacının bu çalışmasında Yayla Tepe olarak adlanmış tepenin, Atik Tepe olarak sunulmuş olması sebebiyle birim Atik Tepe Metagabrosu olarak yeniden adlandırılmıştır ve sınırları tekrar düzenlenmiştir.

3.1.2.1. Yaş

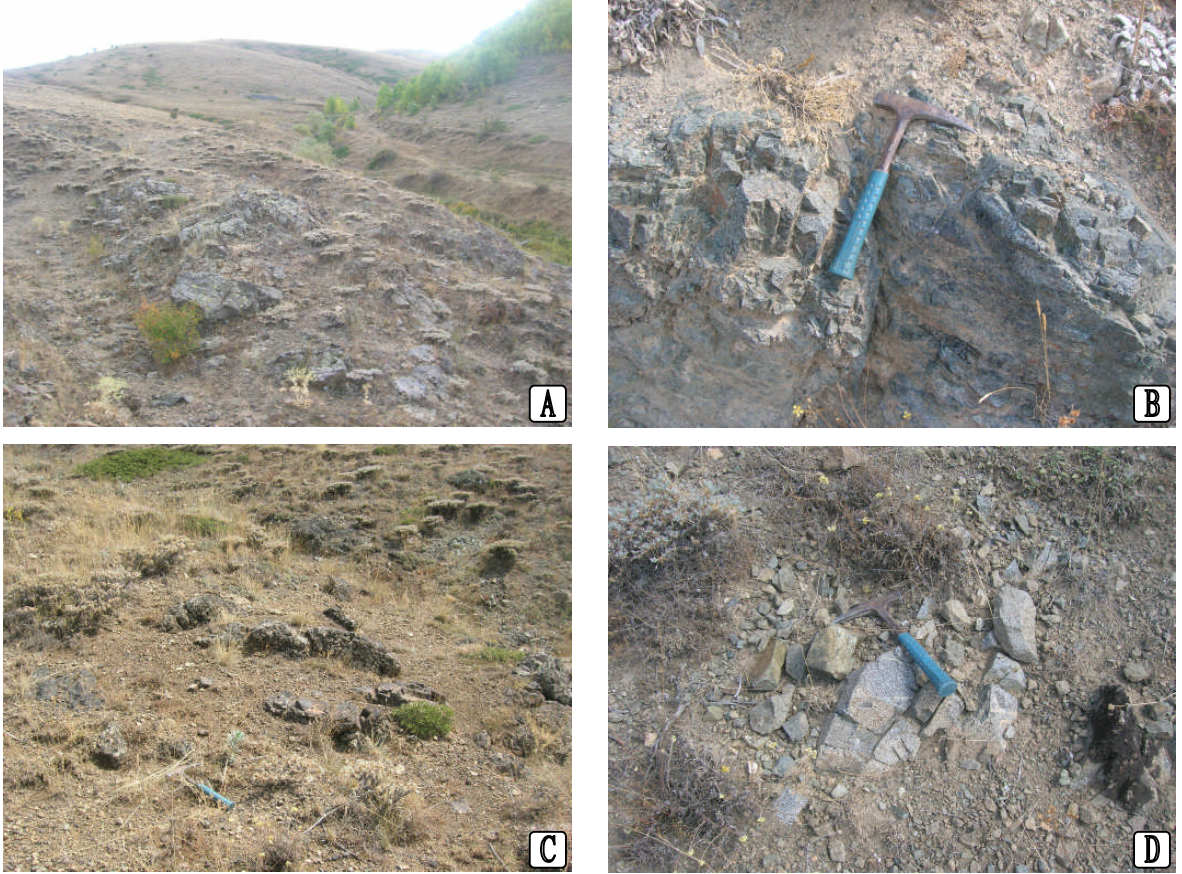
Bu çalışma kapsamında ve bugüne kadar yapılan araştırmalarda, Atik Tepe Metagabrosu'nun kesin yaşının belirlenmesine ilişkin analizler yapılmamıştır. Ancak arazideki çalışmalar değerlendirildiğinde, metagabroların yaklaşık yaşı göreceli olarak tespit edilebilir. Buna göre, Metagabrolar inceleme sahasında sadece Pulur Masifi ile dokanak halindedir. Metagabrolar metamorfik masifi keser vaziyette bulunduğundan onlardan daha genç olmak zorundadır. Ayrıca metagabrolar arazide başka herhangi bir birimle dokanak oluşturmamakta ve bu kayaçları direk olarak üzerleyen herhangi bir formasyon mevcut bulunmamaktadır. Bu veriler değerlendirildiğinde metagabroların göreceli yaşı Pulur Masifinden daha genç, inceleme sahasında gözlenen diğer birimlerden ise daha yaşlı olmalıdır.

Öte yandan Topuz v.d. (2004) Pulur Masifi'nde iki farklı metamorfizma yaşından bahseder. Çalışmacılara göre Pulur metamorfizmalarında yüksek dereceli metamorfizma yaşı 320-330 milyon yıl ile Geç Karbonifer, düşük dereceli metamorfizma yaşı ise 260 milyon yıl ile Permiyen'dir. Atik Tepe Metagabroları da düşük derece metamorfizma izleri taşımaktadır. Bu nedenle bu kayaçların yerleşim yaşının Karbonifer-Permiyen aralığında

olması gerekmektedir. Ayrıca inceleme sahasının yaklaşık 17 km K-KD'sunda yüzeyleme veren gabrolardan 240 ve 205 milyon yıl arasında değişen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş değerleri alınmıştır (Eyüboğlu, 2009). Ancak bu gabroyik kayalar metamorfizma izleri taşımazlar. Bu nedenle düşük derece metamorfizmaya maruz kalan Atik Tepe Metagabrosu'nun yerleşim yaşının 330 milyon yıldan geç ve 240 milyon yıldan da erken olması gerektiği düşünölmektedir.

3.1.3. Yakupabdal Volkanitleri

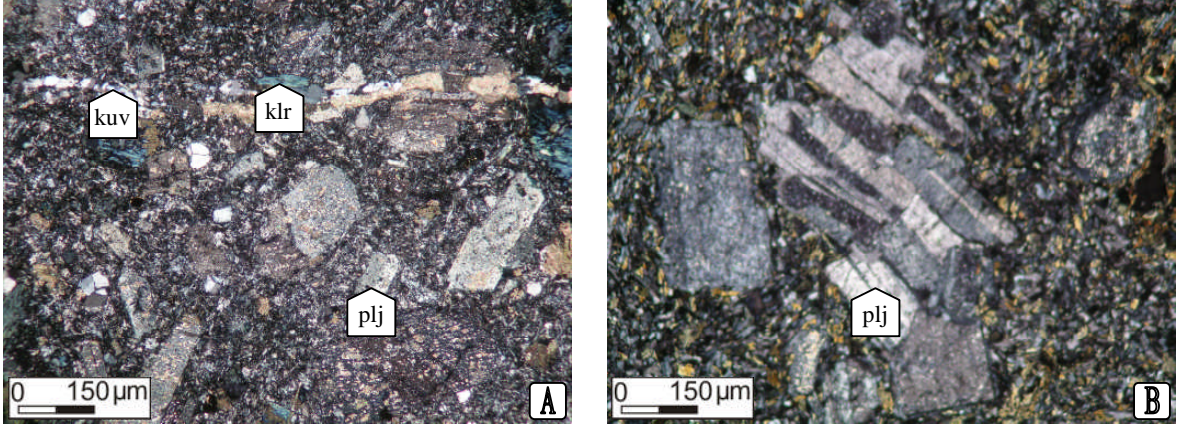
Birim ilk olarak Topuz (1994) tarafından tanımlanmıştır. Bu çalışmaya göre, bu kayaların en iyi gözlendiği yerlerin Yakupabdal Köyü ve çevresi olmasına dayanılarak birime Yakupabdal Volkanitleri adı verilmiştir.



Şekil 13. Yakupabdal Volkanitleri'nin arazideki görünömleri

Yakupabdal Volkanitleri inceleme alanında esas olarak Yakupabdal Köyü ve yakın çevresi, Beşkardeşler Tepe kuzey ve kuzeybatısı ve daha küçük ölçekli olarak da Petekli

Köyü mevki, Ortaburun Tepe civarı ve Kayalı Tepe kuzeyinde yüzeylemekte olup, başlıca andezit, kuvarşlı andezit ve andezitik tüflerden oluşmaktadır. Birimin dış yüzey rengine bakıldığında, genellikle kahve ve yeşilimsi kahve renk tonlarının hakim olduğu gözlenir (Şekil 13). Kırık yüzeyleri ise yeşil-gri ve koyu gri renklerde dir.



Şekil 14. Yakupabdal Volkanitleri'nin mikroskopik görünümüleri; plj: plajiyoklaz, kuv: kuvars, biy: biyotit, klr: klorit

Birimin dikkat çeken bir diğer özelliği de bol kırıklı olmasıdır. Bu durum volkanitlerin bölge tektoniğinden etkilendiklerini göstermektedir. Birimin yüzeyleme verdiği sahalar gözlemlendiğinde Yakupabdal Volkanitleri'nin inceleme alanındaki ana kırık hatlarında uyumlu olarak yayılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu da volkanizma ürünlerinin kırıklara bağlı olarak yüzeye ulaştığını kanıtlamaktadır. Ayrıca birimin, yer yer bazı damar tipi kayaçlar ve araştırma amacı açısından önemli olan bir diğer gabroyik sokulum olan Beşkardeşler Gabrosu tarafından kesilmektedir. Bu kapsamda gabro-volkanit arasındaki kantağın örtülü olması ve net olarak gözlenememesi nedeniyle kesin bir veri ortaya konamamıştır. Ancak elipsoidal gabro kütleleri etrafından itibaren yer yer yoğun killeşmelerin gözlenmesi, gabroların volkanitleri keserek yerleştiğini düşündürmektedir (Şekil 15, C).

Yakupabdal Volkanitleri'nden alınan örneklerin ince kesitlerinin incelenmesi sonucunda birimde başlıca plajiyoklaz ve az oranda da kuvars, klorit, serisit, biyotit mineralleri gözlenmiştir (Şekil 14).

Plajiyoklaz minerallerinin büyük bir kısmı ince mikrolit kristalleri halinde bir hamur oluşturur. Diğer plajiyoklazlar ise bu hamur içerisinde fenokristaller halinde yer alırlar.

Plajiyoklazlarda yer yer kırık parçalanmış bir kristal yapısı ve killeşme ve serisitleşme yaygındır. Hakim plajiyoklaz türü albittir.

Kuvars mineralleri, plajiyoklazlar arasında öz şekilsiz olarak bulunurlar. Zaman zaman da çatlaklar arasında dolgu halinde yer alırlar. Bu durum kuvarsın kayaç içerisinde ikincil olarak yer aldığını göstermektedir.

Biyotit mineralleri hamur içerisinde kahve renkli ince kristaller halinde bulunurlar.

Klorit ise mavi-mor girişim renkleriyle karakteristiktir. Ferromagnezyen minerallerin bozuşma ürünü olarak kayaç içerisinde yer almaktadır.

Serisit de diğer bir ayrışma ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle plajiyoklazların kenarlarından itibaren ince kristaller şeklinde kayaç içerisinde yer almaktadır.

3.1.3.1. Yaş

Bugüne kadar Yakupabdal Volkanitleri'nin kesin yaşının belirlenmesi amacıyla yönelik herhangi bir çalışma yürütülmemiştir. Birimi ilk olarak tanımlayan Topuz (1994) da volkanitlerin yaşını, saha gözlemlerini değerlendirerek, göreceli olarak vermiş, Yakupabdal Volkanitleri'nin Aggi Formasyonu'nu kestğini ve buna dayanılarak da volkanitlerin Aggi Formasyonu'ndan daha genç olması gerektiğini belirtmiştir. Ve çalışmasında, göreceli olarak verdiği yaşa göre Yakupabdal Volkanitlerinin, Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu ile aynı yaşta olması gerektiğini ifade etmiştir. Araştırmacı, aynı yaşta olan bu iki birimi, formasyonlar arasındaki jeomorfolojik özelliklerine göre ayrı ayrı değerlendirilerek incelendiğini ifade etmiştir. Buna göre aynı yaşta olan Hamurkesen Formasyonu volkanotortul karakterde iken, Yakupabdal Volkanitleri ise tamamen volkanizma ürünüdür ve tortul ara seviyeler içermez.

Ancak tarafımızdan yapılan çalışmalarda bu volkanitlerin Aggi Formasyonu'nu kesmiş olduğuna dair bir veri gözlenememiştir. Aynı zamanda bu volkanitler Beşkardeşler Tepe civarında gabroyik intrüzyonlar tarafından kesilirler. Bu gabroyik intrüzyonlar, Bayburt-Karayaşmak yöresi gabrolarıyla benzer petrolojik ve jeokimyasal nitelikte olup bu kayaçlar Eyüboğlu v.d. (2009) tarafından plajiyoklazlardan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemi ile yaşlandırılmış ve 205 milyon yıllık bir yaş elde edilmiştir (Geç Triyas). Sözü edilen volkanik kayaçların metamorfizmaya maruz kalmadıkları da göz önüne alındığında yerleşim yaşlarının Liyas değil Triyas olması gerektiği söylenebilir.

3.1.4. Beşkardeşler Gabrosu

Daha önce bahsedildiği üzere çalışmanın esas amacını oluşturan Pulur Masifi bünyesinde yer alan inceleme alanındaki sokulum kayaçlardan metagabrolardan sonra ikinci grup sokulumlar da gabrolardır. Gabrolar arazide başlıca Beşkardeşler Tepe mevkiindeki ana kütle ve çevresindeki irili ufaklı sokulumlar halinde yer almaktadır. Kütleler elipsoidal şekiller sunarak yerleşim sergilemişlerdir. Bu elipsoidal sokulumların uzanımlarının inceleme sahasındaki ana kırık hatlarına yaklaşık bir uyum içerisinde olması, bu sokulumların yerleşiminde tektonizmanın etkili olduğunu göstermektedir. Gabroların saha gözlemlerindeki genel özelliklerine bakıldığında bu gruptaki kayaçların homojen bir yapıda oldukları gözlenir. Sokulum kütlelerinin net olarak gözlenebildiği alanlarda gabroların dış yüzeyleri grimsi, sarımsı ve açık kahve tonlarındadır (Şekil 15). Kırık yüzeyleri ise koyu gri ve siyahımsı renklerde görülür. Alterasyonların yoğun olduğu bölgelerde ise bu homojen yapı kısmen kaybolmakta ve kayaçlar oldukça kırıklı, ayrıışmış bir yapı kazanmaktadır. Bu kayaçlar ise sarımsı, koyu kahve dış yüzey rengi ve gri, yeşilimsi gri kırık yüzey renkleri sunarlar.

Beşkardeşler Gabrosu, Yakupabdal Volkanitleri'ni muhtemelen keserek yerleşmektedir. Ancak volkanitlerin genel olarak kolay ayrışabilir nitelikli olmaları nedeniyle iki birim arasındaki sınır örtülü olup kontak net olarak gözlenememektedir. Bununla birlikte dokanak boylarında yer yer gözlenen yoğun ayrışmalar gabroların yerleşiminin sonuçları olarak düşünülmektedir (Şekil 15, C).

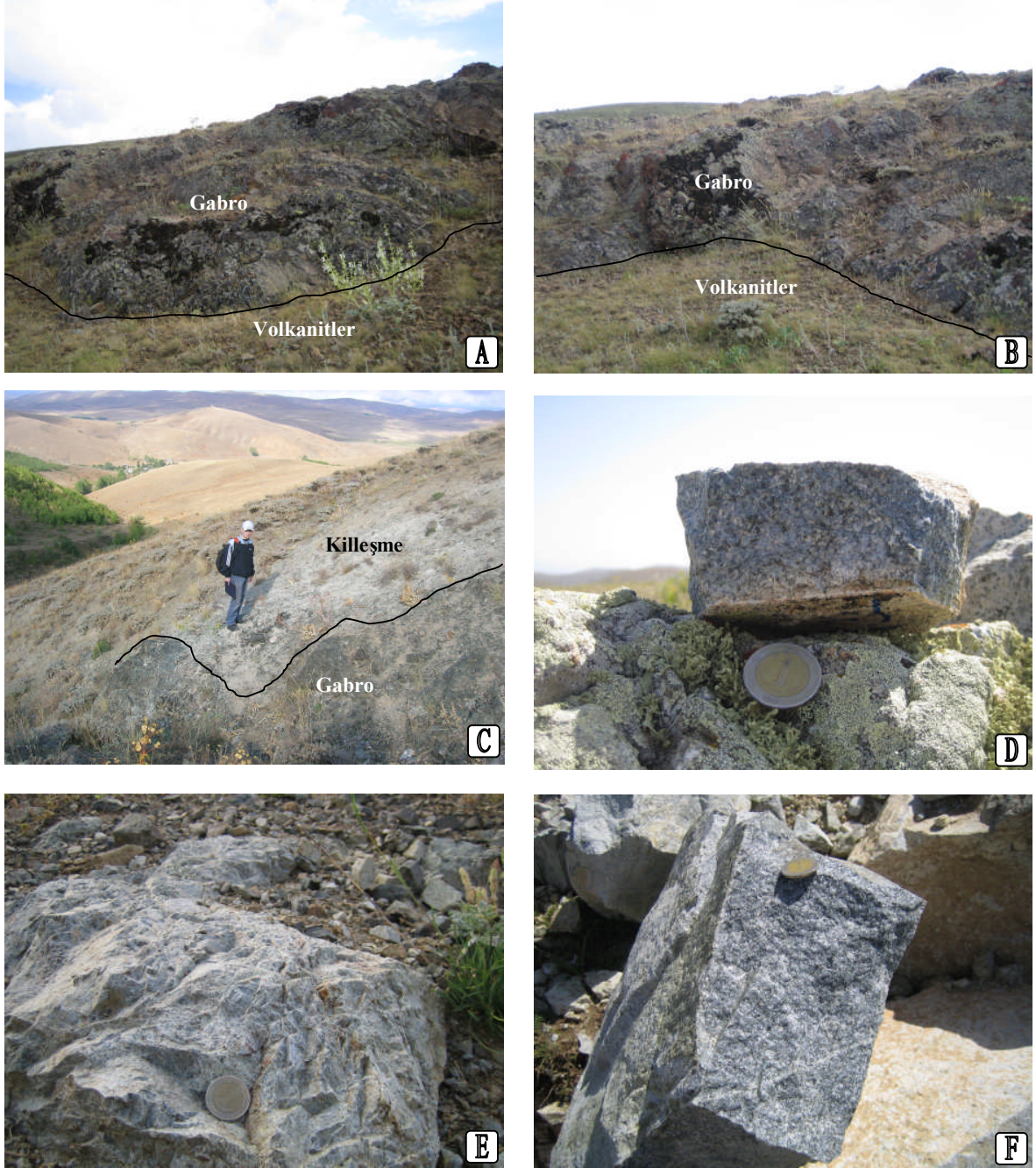
Gabroların mikroskop altında incelenmesinde bu kayaçları esas olarak plajiyoklaz ve az oranda da amfibol, olivin, klorit mineralleri saptanmıştır (Şekil 16).

Kesitlerin tamamına yakın bir kısmını oluşturan plajiyoklaz minerali polisentetik ikizlerle karakterize olup iri kristaller halinde kayaç bünyesinde yer almaktadır. Plajiyoklaz cinsi labradordur. Bu kristallerin metagabrodakilere oranla daha az ayrıışmış olması dikkat çekmektedir. Yer yer kırılmış kristallere, killeşmelere ve serisitleşmelere de rastlanır.

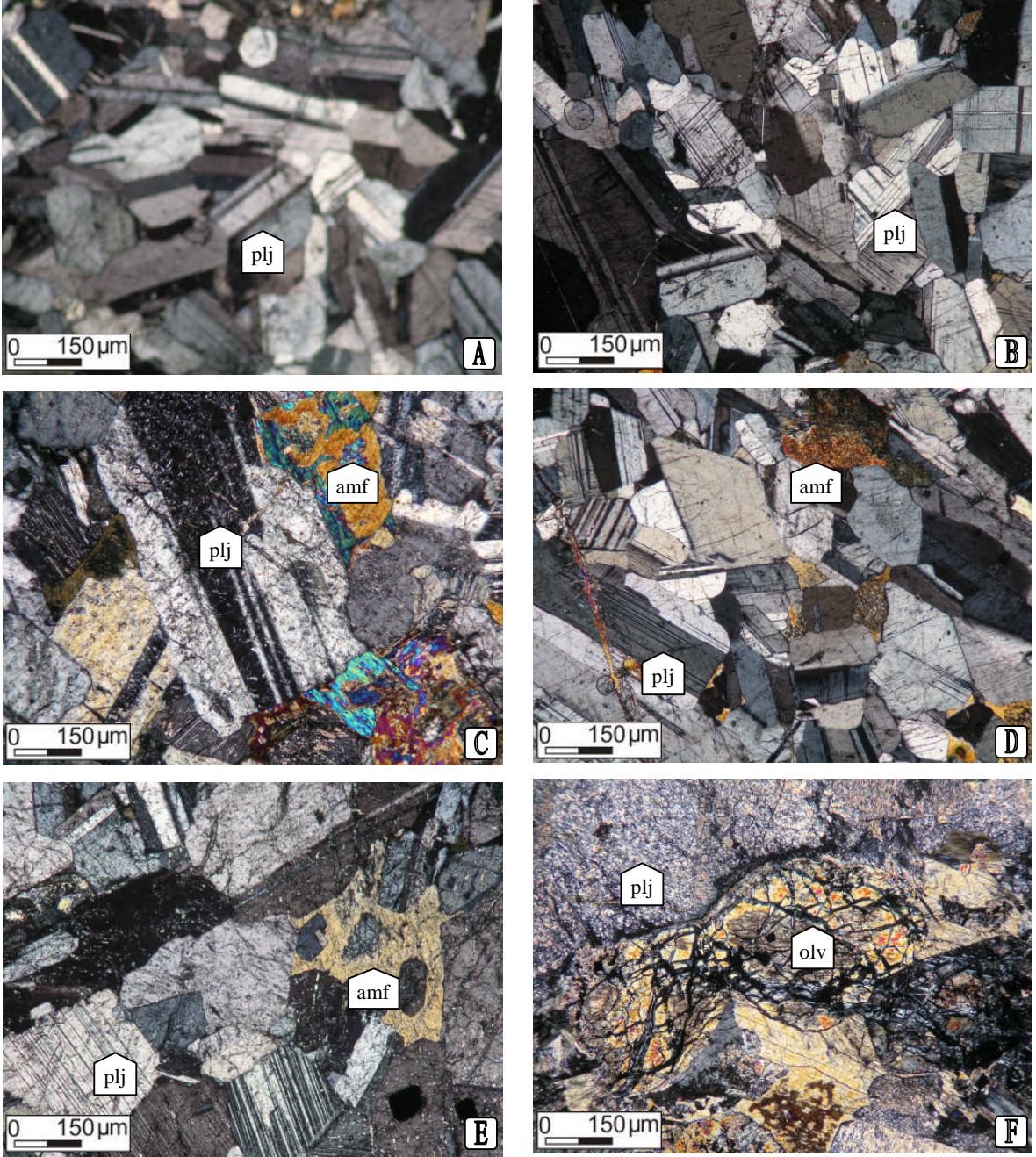
Amfibol özşekilsiz olarak taneler arası boşluklarda ve taneleri saran mineraller halinde bulunmaktadır. Kahverengi pleökroizması ile karakteristiktir.

Olivin mineralleri genellikle yuvarlağımsı kristaller şeklinde gözlenir. Kristal kenarlarından ve düzensiz çatlaklarından itibaren gelişen ayrıışma ve serpatinleşmeler yaygındır.

Klorit kesitlerde kırıkları doldurur vaziyette yer almaktadır. Mavi-mor renkleriyle tipiktir.



Şekil 15. Beşkardeşler Gabrosu'nun arazideki görünümü (A ve B: gabro-volkanit sınırı; C: bu sınır boyunca killeşme; D,E ve F: gabroların taze yüzey görünümü)



Şekil 16. Beşkardeşler Gabrosu'nun mikroskobik görünüşleri; plj: plajiyoklaz, amf: amfibol, olv: olivin

3.1.4.1. Yaş

Çalışma kapsamında doğrudan gabroların yaşının belirlenmesine ilişkin bir çalışma yapılmamıştır. Ancak bu gabrolar Eyüboğlu v.d. (2009) tarafından ayrıntılı olarak incelenen ve petrolojik özellikleri ortaya konan Bayburt-Karayaşmak yöresindeki dördüncü faza ait gabrolar ile hem mineralojik hem de jeokimyasal açıdan büyük bir

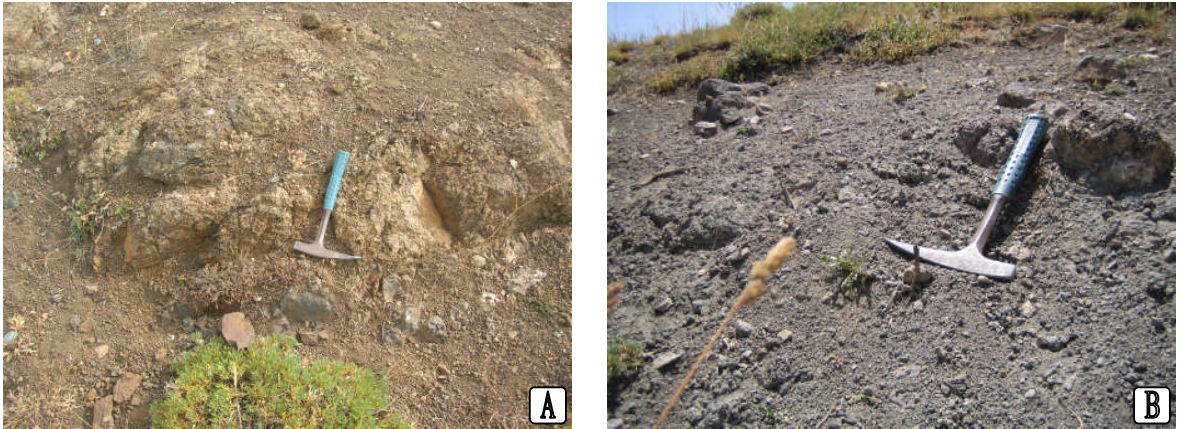
benzerlik göstermektedir (Karşılaştırmalı jeokimyasal değerlendirmeler ilerleyen bölümlerde verilecektir). Karayaşmak yöresindeki bu gabrolar Eyüboğlu v.d. (2009) tarafından $^{40}\text{Ar}/^{49}\text{Ar}$ yöntemiyle yaşlandırılmış ve 205 milyon yıllık (Geç Triyas) bir yaş verisi elde edilmiştir. Bu veriye dayanılarak Beşkardeşler Gabrosu'nun da Geç Triyas yaşlı olması gerektiği düşünülmektedir

3.1.5. Aggi Formasyonu

Aggi Formasyonu ilk olarak Kormaz ve Baki (1984) tarafından tanımlanmış, birimin en iyi gözlemlendiği yer olan Aggi Köyü'ne atfen bu isimle adlandırılmıştır. Bu çalışmada da bu adlamaya bağlı kalınarak Aggi Formasyonu ismi kullanılmıştır.

Aggi Formasyonu inceleme sahasının kuzey-kuzeydoğu kesimlerinde iki küçük alanda yüzeylemektedir. Formasyon, başlıca konglomera, kumtaşı ve kömürlü seviyelerden oluşmaktadır. Ancak sahada birimin küçük alanlarda yüzeylemesi nedeniyle kömürlü seviyeler net olarak gözlenememiştir. Konglomera-kumtaşı seviyeleri grimsi tonlarda gözlenirken kömürlü seviyeler siyah ve grimsi siyah renklerde gözlenmektedir (Şekil 17).

Aggi Formasyonu, Yakupabdal Volkanitleri'ni uyumsuz olarak örtmekte ve Hamurkesen Formasyonu tarafından da uyumlu olarak örtülmektedir.



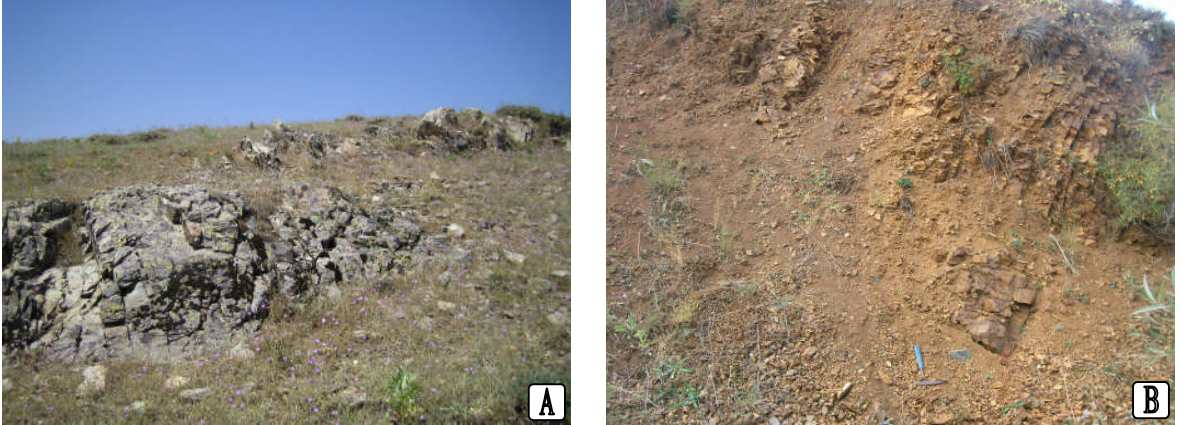
Şekil 17. Aggi Formasyonu'nun arazideki görünümüleri

3.1.5.1. Yaş

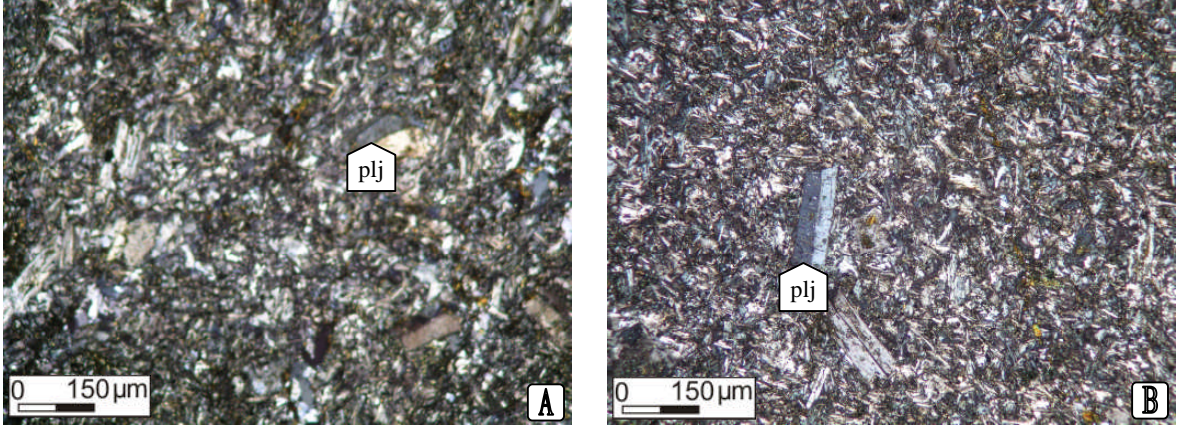
Birimi ilk olarak tanımlayan Korkmaz ve Baki (1984), kömürlü seviyelerden yaptıkları yaş analizlerinin sonuçlarına dayanarak, Aggi Formasyonu'nun yaşını Dogger olarak belirlemişlerdir. Tanyolu (1988) ise Aggi Formasyonu'nun fauna içeriğine ve bu birimi uyumlu olarak örten Hamurkesen Formasyonu'na bağlı olarak Aggi Formasyonu'na Alt Liyas yaşını vermiştir. Bu çalışmada da Tanyolu'nun (1988) değerlendirmeleri kabul edilerek birimin yaşı Alt Liyas olarak alınmıştır.

3.1.6. Hamurkesen Formasyonu

Formasyonu ilk olarak tanımlayan Ağar (1975), birimi en iyi gözlediği saha olan Hamurkesen Köyü'ne dayanarak formasyona bu ismi vermiştir. Hamurkesen Formasyonu inceleme alanının kuzey kesiminde Pulur Masifi ile tektonik dokanak oluşturacak şekilde yüzeylenmektedir. Pulur Masifi ile mevcut bu dokanak, metamorfik kayaların Hamurkesen Formasyonu'nu bir ters fayla örtmesiyle oluşmaktadır. Ancak sahada bu dokanağın genel olarak alüvyonlarla örtülü olması nedeniyle net olarak gözlenememesi de söz konusudur.



Şekil 18. Hamurkesen Formasyonu'nun arazideki görünümüleri



Şekil 19. Hamurkesen Formasyonu volkanitlerinin mikroskopik görünümleri; plj: plajiyoklaz

Hamurkesen Formasyonu başlıca andezit ve piroklastları ile kumtaşları aralanmasından oluşmaktadır. Bu özellikleri ile formasyon, tipik volkanotortul karakteri yansıtmaktadır. Volkanik karakteri simgeleyen andezitler sahada kahvemsi-yeşilimsi ve gri renklerde gözlenirler. Tortul ara seviyeleri temsil eden kumtaşları ise orta katmanlı bir yapı sergileyerek volkanitlerle birlikte bir istif teşkil etmektedir (Şekil 18).

Birimin volkanitlerinden alınan örneklerin mikroskopik incelemeleri sonucunda bu kayaların, başlıca plajiyoklaz ve az oranda da kuvars, klorit minerallerini içerdikleri tespit edilmiştir (Şekil 19).

Kesitlerin hemen hemen tamamını oluşturan plajiyoklaz, mikrolitler halinde bir hamur ve bu hamur içerisinde yer alan iri kristaller halinde bulunmaktadır. Polisentetik ikizlenme karakteristiktir. Plajiyoklaz cinsi, düşük anortit değerleri sunan albittir. İri kristallerde kırıklı-çatlaklı yapı dikkat çekmektedir.

Kuvars ve klorit ise kayaç içerisindeki boşluk ve kırıklarda yer almaktadır. Kloritlerin yer yer plajiyoklaz kristallerinin kenar kesimlerinden itibaren oluştuğu da gözlenir.

Hamurkesen Formasyonu, Aggi Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte ve alüvyonlar tarafından uyumsuz örtülmektedir.

3.1.6.1. Yaş

Birimi ilk olarak tanımlayan araştırmacı Açar (1975), çalışmasında Hamurkesen Formasyonu'nu Liyas yaşlı olarak değerlendirmiştir. Korkmaz ve Baki (1984) ise inceledikleri sahada, Aggi Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Hamurkesen

Formasyonu'nun yaşını, Aggi Formasyonu bünyesindeki kömürlü seviyeler üzerinde yaptıkları yaş analizlerine göre göreceli olarak vererek, birime Liyas-Dogger yaşını vermişlerdir. Bölgede çalışan Tanyolu (1988) da Hamurkesen Formasyonu'nu Liyas yaşlı kabul etmiştir.

Tez kapsamında incelenen Hamurkesen Formasyonu, saha çalışmaları sonucu elde edilen verilere ve önceki çalışmalara dayanılarak Liyas yaşlı olarak kabul edilmiştir.

3.1.7. Alüvyon

Aşınma faaliyetlerinin etkisinin göstergesi olarak ortaya çıkan ve devam etmekte olan güncel oluşumları temsil eden alüvyonlar, inceleme sahasında en genç birimi oluşturmaktadır. Sahada kuzey kesimlerde Kuzuluk Dere ve yan kolları boyunca Hasanova mevki, Peteki Köyü ve Yakupabdal Köyü'nü ve yakın çevrelerini kapsayan alanda yayılım gösterir.

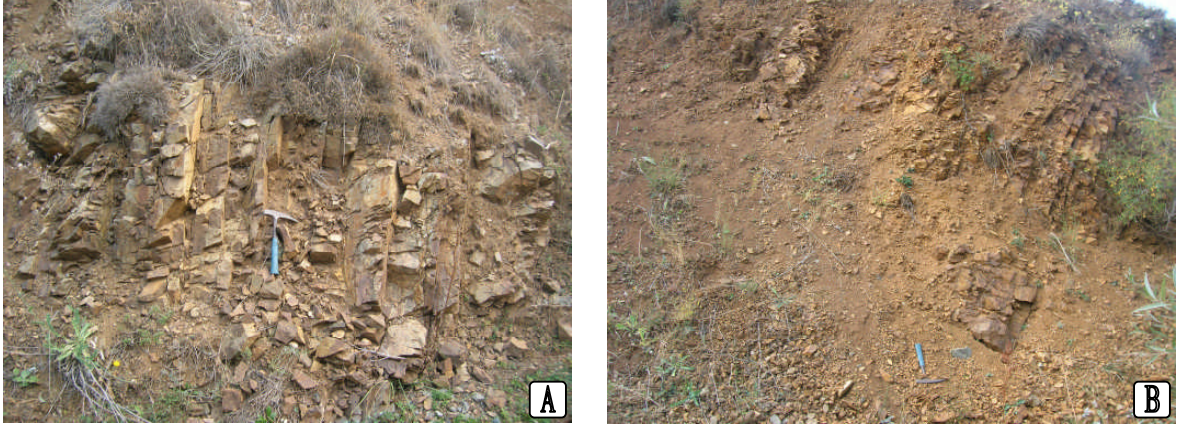
3.2. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı gibi tektonik yönden çeşitli karakteristikleri bulunan bir bölgede olmasına bağlı olarak, sahada bu tektonik hareketlenmelerin neden olduğu birçok yapısal unsur dikkat çekmektedir. Bu unsurlara; tabakalar, faylar, kıvrımlar ve uyumsuzluklar örnek olarak gösterilebilir. Bu başlık altında, inceleme alanında yer alan ve haritalanabilen yapısal unsurlar incelenecek ve bölge jeolojisindeki yeri açıklanmaya çalışılacaktır.

3.2.1. Tabakalı Yapılar

İnceleme sahasında tabakalı yapılar yaygın olmamakla birlikte, bu tabakalı birimler, içerisinde bulunduğu formasyonların karakteristik özelliklerini yansıtmaları bakımından büyük önem taşırlar. Bunun sahadaki en iyi örneği Hamurkesen Formasyonu bünyesindeki tortul ara seviyeleri oluşturan kumtaşları ve yer yer tabakalı yapı sergileyen volkanitlerdir (Şekil 20). Bu nitelikleriyle volkanotortul bir istif oluşturan bu tabakalı yapılarda tabaka doğrultusu KD-GB' dir. Bu doğrultular, Pulur Bindirmesi düzlemine de yaklaşık bir paralellik sunmaktadır. Tabaka eğimleri ise GB yönünde ve bölge genelinde 40-60°

arasında değişmekte olup bindirme fayı yakınlarında bu eğimler artmakta ve 80-85°'ye kadar ulaşabilmektedir. Sahada gözlenen diğer bir tabakalı yapı başlıca konglomera ve kumtaşlarından oluşan Aggi Formasyonu'dur. Bu kayaçlarda da tabaka doğrultuları KD-GB olup tabaka eğimleri KB yönünde ve 40-50° dolaylarındadır. Faylı kesimlerde artan eğim burada da dikkat çekmektedir.

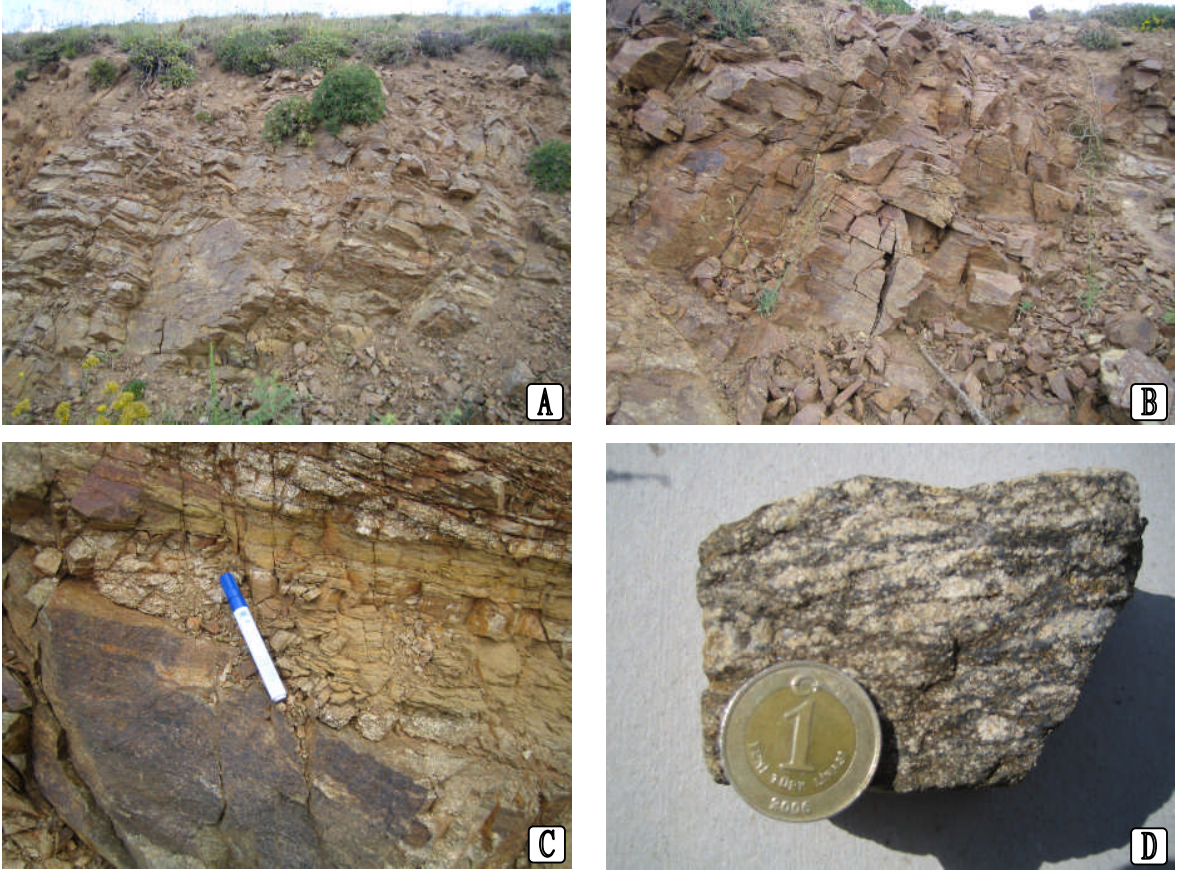


Şekil 20. İnceleme alanında gözlenen tabakalı yapılardan genel görünüm; A ve B: Hamurkesen Formasyonu'na ait volkanotortul istif.

3.2.2. Foliasyon Düzlemleri

İnceleme alanında geniş yer tutan Pulur Masifi'ne ait kayaçlarda yer yer iyi gelişmiş foliasyon düzlemlerine rastlanır (Şekil 21). Özellikle de şistler ve gnayslar bu foliasyonların en iyi gözlendiği kayaç türleridir.

Sahada bu düzlemlerin uzanımında bazı lokasyonların dışında belli bir uyum yoktur. Ancak burada dikkat çeken husus, bu düzlemlerin faylarla ve sokulum kayaçlarla olan ilişkisidir. Foliasyon düzlemleri bu açıdan değerlendirildiğinde, bu düzlemlerin doğrultularının sahadaki faylarla paralellik sunduğu gözlenmektedir. Yine aynı şekilde bu doğrultular, belli bir uzanıma sahip olmamalarına rağmen, sokulum kenarlarında sokulumlara paralel olacak şekilde bir düzen içerisindedirler. Bu durum da fayların ve sokulumların metamorfik kayaçlar üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.



Şekil 21. Pulur Masifi'ne ait şist ve gnaylarda foliasyon düzlemlerinden görünüm

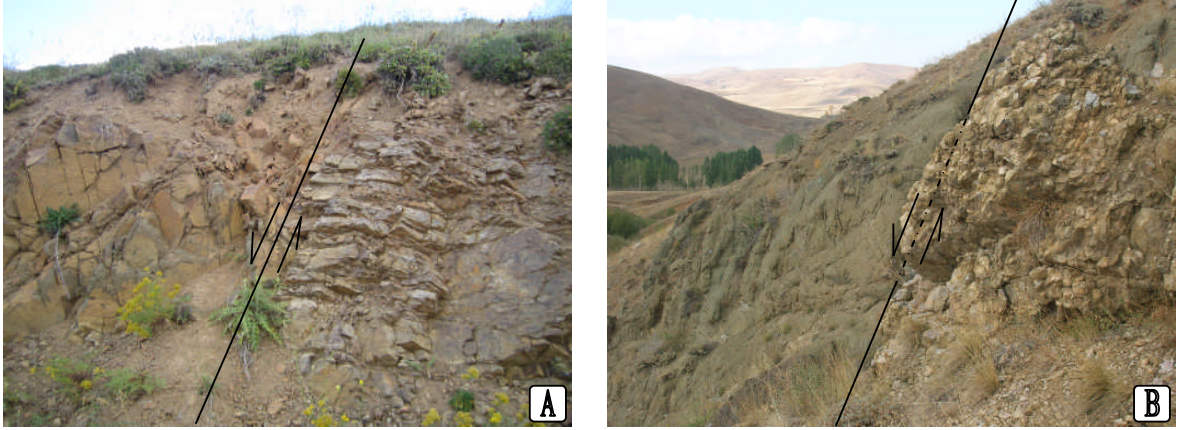
3.2.3. Kıvrımlar

İnceleme sahasında arazi çalışmaları gözlenen küçük boyutlu kıvrımların dışında, haritalanabilir ölçekli kıvrım düzlemlerine rastlanmamıştır. Arazide tabakalı birimlerin az bir alanda yayılım göstermesi ve metamorfitleerde ise belli bir foliasyon düzlem uzanımının olmayışı, büyük kıvrımların gözlenememesinde etken olabilir. Ancak sahada küçük ölçekli bir çok kıvrımın bulunuşu da sahanın jeolojisinde tektonik faaliyetlerin belli oranda etkili olduğunun bir göstergesidir.

3.2.4. Faylar

İnceleme sahasındaki faylar arazi çalışmaları ve hava fotoğraflarının incelemeleri değerlendirilerek nitelikleri belirlenmiş ve jeolojik haritaya işlenmiştir. Buna göre sahada en dikkat çeken fay Pulur Bindirmesi olarak adlandırılan ters faydır. Bu fay düzlemi ile Pulur Metamorfitleeri, Hamurkesen Formasyonu üzerine bindirmiştir. Pulur Bindirmesi,

gerek arazide gerekse hava fotoğraflarında açık olarak gözlenebilmektedir. Ancak saha çalışmalarında bazı bölgelerin alüvyonla örtülmüş olması bu bölgelerde Pulur Metamorfileri ile Hamurkesen Formasyonu arasındaki bu faylı ilişkinin net olarak izlenebilmesini engellemektedir. Pulur Bindirmesi'nin doğrultusuna bakıldığında bu fayın yaklaşık KD-GB doğrultulu olduğu dikkat çekmektedir. Bu doğrultu sahadaki diğer faylara olan uyumunun yanı sıra, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'ndaki fay sistemleri ile de belli bir paralellik sunmaktadır.



Şekil 22. İnceleme sahasında yer alan faylara örnek görünüm

Sahada tespit edilebilen diğer faylar ise yine yaklaşık KD-GB doğrultulu olarak uzanan faylardır.

Bölgede yüzeyleme veren magmatik kütlelerin yerleşim şekillerine bakıldığında bu kütlelerin genel fay doğrultularına paralel geliştikleri görülmektedir. Bu durum da bölge magmatizmasında, tektonik faaliyetlerinin etkin bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

3.2.5. Uyumsuzluklar

Jeolojik kayıtlarda meydana gelen kesintileri temsil eden uyumsuzluklar, inceleme alanında üç seviyede karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan ilki, temel kayalar niteliğindeki Pulur Metamorfileri ile Yakupabdal Volkanitleri arasındaki uyumsuzluktur. Buna göre Paleozoyik yaşlı temel kayalar, bir aşınma sürecinden sonra Triyas yaşlı bu volkanik karakterli kayalar tarafından örtülmüştür. Diğer bir uyumsuzluk bu volkanitler ile Aggi Formasyonu arasındadır. Buna göre de Triyas döneminden sonra meydana gelen aşınma sonrasında riftleşme ile derinleşen ortama konglomera ve kumtaşlarından oluşan Aggi

Formasyonu çökelerek bu volkanitleri örtmüştür. Üçüncü ve en üst seviyede gözlenen uyumsuzluk ise Hamurkesen Formasyonu ile alüvyal ötrü malzemeleri arasındaki uyumsuzluktur. Burada Liyas yaşlı volkanotortul kayaçların üzerini güncel oluşumları karakterize eden alüvyonlar uyumsuz olarak örtmüştür.

3.3. Ekonomik Jeoloji

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışma safhalarında inceleme sahasında ekonomik değer taşıyan unsurların belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütülmemekle birlikte, arazi çalışmaları sırasında herhangi bir yüzeysel anomaliye (mineralize kırık hatları, ayrışma zonu v.s.) rastlanmamıştır.

4. TARTIŞMA

4.1. Giriş

Bu başlık altında, önceki kısımlarda genel jeolojik özellikleriyle verilen ve daha önce de belirtildiği gibi incelemenin esas konusunu teşkil eden gabroyik kayaçların jeokimyasal analiz sonuçlarına dayanan detay özellikleri verilerek, bu özelliklerin inceleme sahasının jeolojik geçmişine dair hangi etkenleri yansıttığı özetlenecektir. Önce bu analizlere ilişkin bilgiler sunularak hangi yöntemlerin kullanıldığı ve bu yöntemlerin esasları açıklanacaktır. Daha sonra da bu yöntemler kullanılarak gabroyik kayaçlar üzerinde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların yorumları değerlendirilerek tartışılacaktır.

4.2. Bayburt Petekli-Yakupabdal Yöresi Gabroyik Kayaçlarının Jeokimyası

İnceleme sahasında yer alan Atik Tepe Metagabrosu ve Beşkardeşler Gabrosu'ndan oluşan gabroyik kayaçların jeokimyasal özelliklerinin tespiti amacıyla, bu formasyonlardan alınan örnekler hazırlanarak bu örneklerin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri belirlenmiştir. Aşağıda bu analiz yöntemlerinin esasları genel özellikleriyle açıklanacaktır.

4.2.1. Analiz Yöntemleri

İnceleme sahasında gabroyik kayaçlardan alınan örneklerden 18 tanesi seçilmiş ve bu kayaç örneklerinin ana element içerikleri ICP-ES yöntemi ile, iz element ve nadir toprak element içerikleri ise ICP-MS yöntemi ile belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında mümkün olduğunca ayrışmamış yüzeylemelerden alınan yaklaşık 250-300 gr. ağırlığındaki örneklerin ince kesitleri de incelenerek seçilenler bu analizler yapılabilmesi için önce kırıcılar yardımıyla 50 gramlık kütleler haline getirilmiş ve parçalanan bu örnekler çeyreklenerek örnek özelliklerinin analizlere daha iyi yansıtılması sağlanmıştır. Daha sonra seçilen 50 gramlık örnekler öğütülerek 200 meş boyutlu toz haline getirilmiştir. Bu toz

halindeki örneklerden de 15'er gr. poşetlenerek ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin tespiti amacıyla Kanada ACME laboratuvarlarına gönderilmiştir.

Bu laboratuvarlarda toz halindeki örneklerden 0.2 gr. alınarak 1.5 gr. LiBO₂ ile karıştırılmış ve bu karışım fırın vasıtası ile 1050 °C'de 15 dakika boyunca ısıtılmıştır. Erimiş halde fırından çıkarılan bu karışım 100 ml. % 5 HNO₃ içeren çözücü içerisine alınmış ve elde edilen bu son malzeme iyice karıştırılarak homojen bir çözelti oluşturulması sağlanmıştır. Bu çözelti de test tüplerine yerleştirilmiş ve ICP (Jarrel Ash Atomcomp Model 975) ve ICP-MS (Perkin-Elmer Elan 6000) kullanılarak örneklerin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri tespit edilmiştir. Kullanılan yöntemlerde tespit limitleri ppm'den ppb'nin altına kadar inebilmekte ve çok hassas ölçümler yapılabilmektedir.

4.2.2. Bayburt Petekli-Yakupabdal Yöresi Gabroyik Kayaçlarının Ana, İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyasının Değerlendirilmesi

Açıklanan yöntemler kullanılarak analizleri yapılan gabroyik kayaçların bu analiz sonuçları ve bunların yorumlanması bu başlık altında sunulacak ve tablolar ve grafikler eşliğinde gerekli bilgiler verilerek çalışmanın esas amacı tamamlanmış olacaktır.

Başta da belirtildiği gibi çalışmanın esas konusunu teşkil eden ve Beşkardeşler Gabrosu ve Atık Tepe Metagabrosu'ndan oluşan gabroyik kayaçların ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Daha önce açıklanan şekilde alınan ve el örnekleri ve ince kesit niteliklerine göre seçilen örnekler hazırlanmış ve hazırlanan 18 adet örnek ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin belirlenmesi için Kanada-ACME laboratuvarlarına gönderilmiştir. Yapılan bu jeokimyasal analizlerde amaç, genelde kayaçların petrolojik özelliklerinin belirlenmesi ve özelde ise bu kayaçları meydana getiren magmanın karakterini tespit ederek bu veriler vasıtasıyla bölgenin jeotektonik gelişiminin aydınlatılmasına katkı sağlayabilmektir. Bu amaca yönelik olarak gerçekleştirilen analiz sonuçları ve tüm bu sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması bu başlık altında verilecek ve sonuç kısmına geçilerek çalışma tamamlanacaktır.

Bu kapsamda analizleri yapılan gabroyik kayaçlar, elipsoidal sokulum kütleleri halinde çalışma alanına yayılmış olan gabro ve metagabrolardır. Gabro ve metagabro kütlelerinden farklı noktalardan alınan 18 adet örnek analiz edilerek bu analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

Sokulum kütlelerinden alınan örneklerin jeokimyasal analizlerine göre bu kayalarda SiO_2 miktarı gabrolarda % 39.2 ile 47.17; metagabrolarda ise % 43.49 ile 47.49 arasında değişmektedir. Bu özellikleriyle bu gabroyik kayalar bazik ve kısmen de ultrabazik kimyasal karakter sunarlar. Analizi yapılan örneklerde K_2O değerleri gabrolarda % 0.77-3.18; metagabrolarda % 0.85-3.03; Na_2O değerleri ise gabrolarda % 0.3-1.89; metagabrolarda ise % 0.61-1.83 arasında değişmektedir. Toplam alkali miktarı olarak değerlendirilen $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ değerleri ise gabrolarda % 1.32 ile 4.14; metagabrolarda ise % 2.02 ile 4.14 arasındadır. Bu değerler Cox v.d. (1979) tarafından hazırlanan SiO_2 ' ye karşı toplam alkali adlama diyagramına (TAS diyagramı) göre "gabro" alanına toplanmaktadır (Şekil 23). Kayalardaki MgO değerleri gabrolarda % 3.23 ile 18.48 ve metagabrolarda % 5.54 ile 12.24 arasında iken toplam FeO değerleri ise gabrolarda % 2.48 ile 11.48 ve metagabrolarda % 3.28 ile 6.9 arasındadır. Kayalardaki Al_2O_3 oranları ise gabrolarda % 14.28 ile 27.71 ve metagabrolarda % 16.9 ile 28.73 arasında yüksek değerler sunarlar. TiO_2 oranları ise tüm örneklerde karakteristik olarak düşük değerlerde olup % 0.09 ile 0.24 arasında değişmektedir. Ateşte kayıp olarak tespit edilen LOI oranları yer yer % 7.8-8.5 gibi yüksek değerler sunarlar. Bu durum bu örneklerde meydana gelen serpantinleşmelerin ve dolayısıyla da sulu bileşenlerin kayalar üzerinde oluşturduğu bir etki olarak ortaya çıkmaktadır (Tablo 1).

Ana oksitlerin değerlendirildiği ve buna dayanarak karakteristik magma serilerinin sınıflandırıldığı diyagramlardan Kuno (1968) ve Irvin ve Bragar (1971) tarafından önerilen toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$), toplam demir (FeO^*), ve MgO verilerinden oluşturulan AFM üçgen diyagramına göre incelenen gabroyik kayalar kalkalkalen bir eğilim göstermektedir (Şekil 23). Miyashiro (1974) tarafından önerilen SiO_2 'ye karşı FeO^*/MgO diyagramında da örneklerin genel olarak kalkalkalen alanına düştüğü görülür. SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramında ise (Le Maitre v.d. 1989) örnekler düşük-K seriden şoşonit seriye kadar değişen K_2O bileşenleri sunsa da genel eğilim orta ve yüksek-K içerikli kalkalkalen seri sınıfında bulunmaktadır. Karakteristik magma serilerine ilişkin hazırlanan bir diğer diyagram olan FeO^*/MgO 'ya karşı K_2O diyagramına (Gill, 1981) göre ise tüm örnekler kalkalkalen niteliklidir (Şekil 24). Ancak alkalilerin ayrışma ve metamorfizma şartlarının etkileri sonucunda hareketli (mobile) hale geçtikleri dikkate alınmalıdır.

Tablo 1. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaların ana oksit (% ağırlık) analiz sonuçları, GB: gabro, MGB: metagabro

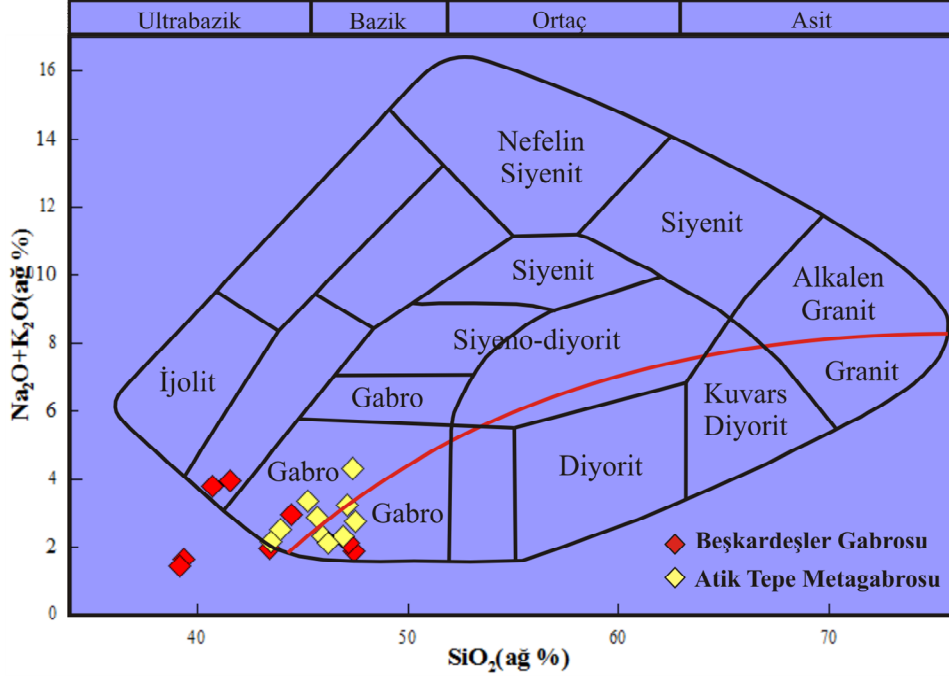
Örnek No	Kayaç	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	toplam
H-1	GB	44.50	25.68	3.45	5.83	13.54	1.01	1.85	0.19	<0.01	0.06	0.064	3.6	99.77
L-1	GB	39.35	15.42	10.81	17.79	6.70	0.32	1.17	0.13	<0.01	0.15	0.020	7.8	99.65
L-2	GB	39.20	14.28	11.48	18.48	6.50	0.30	1.02	0.15	<0.01	0.15	0.021	8.0	99.63
M-2	GB	43.47	26.89	3.97	6.74	13.15	1.12	0.77	0.12	<0.01	0.06	0.050	3.5	99.80
X-1	GB	41.57	20.41	6.77	13.86	5.01	0.43	3.18	0.17	<0.01	0.11	0.145	8.0	99.69
X-5	GB	40.70	19.74	6.40	13.16	7.29	0.44	3.02	0.17	<0.01	0.10	0.126	8.5	99.66
Y-37	GB	47.44	27.71	2.49	3.23	15.94	1.74	0.13	0.16	0.03	0.04	0.048	1.0	99.91
YA-05	GB	47.17	27.38	2.48	3.29	15.23	1.89	0.18	0.11	0.01	0.04	0.037	2.0	99.83
G-1	MGB	47.49	23.33	4.26	5.54	13.8	1.83	0.85	0.24	0.04	0.08	0.056	2.3	99.82
G-2	MGB	43.49	27.91	3.55	6.30	12.59	0.73	1.36	0.09	<0.01	0.05	0.066	3.7	99.81
M-5	MGB	43.92	28.73	3.28	5.72	12.95	1.07	1.37	0.11	<0.01	0.05	0.027	2.6	99.82
P-1	MGB	45.23	22.11	5.17	8.94	10.14	1.64	1.55	0.16	<0.01	0.11	0.089	4.6	99.75
P-5	MGB	45.68	19.34	5.53	10.14	10.60	1.19	1.54	0.13	<0.01	0.12	0.106	5.4	99.75
P-6	MGB	47.09	17.62	6.90	12.24	8.22	1.27	1.83	0.15	<0.01	0.15	0.114	4.1	99.67
P-7	MGB	47.38	19.49	5.71	11.36	7.15	1.11	3.03	0.12	<0.01	0.11	0.120	4.1	99.69
P-8	MGB	46.93	16.90	5.85	12.89	11.02	1.55	0.68	0.16	<0.01	0.12	0.182	3.4	99.68
P-9	MGB	45.96	18.16	6.08	9.80	13.71	0.61	1.61	0.11	<0.01	0.13	0.098	3.5	99.75
P-10	MGB	46.19	17.44	6.21	10.51	13.55	0.65	1.37	0.13	<0.01	0.13	0.148	3.4	99.74
FeO*	FeO cinsinden toplam demir													
LOI	Loss on ignition/Ateşte kayıp													

Tablo 2. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının iz element (ppm) analiz sonuçları, GB: gabro, MGB: metagabro

Örnek No	Kayaç	Cs	Rb	Ba	Th	U	Nb	Ta	Pb	Sr	Zr	Hf	Y	Zn	Ni	Co
H-1	GB	1.3	36.5	627	0.2	0.2	1.1	0.1	1.9	455.9	11.0	0.4	3.8	15	27.5	20.1
L-1	GB	0.7	12.1	130	<0.2	<0.1	1.3	0.2	1.6	200.1	8.0	0.2	2.3	39	127.4	79.7
L-2	GB	0.5	10.5	115	0.3	<0.1	0.8	<0.1	2.5	176.7	9.7	0.3	2.8	44	143.4	90.6
M-2	GB	0.5	12.6	161	<0.2	0.2	0.7	<0.1	1.3	493.3	12.5	0.4	1.9	16	48.7	25.4
X-1	GB	0.7	40.4	307	0.2	<0.1	0.6	0.1	1.2	231.2	6.8	0.2	2.7	30	144.8	54.8
X-5	GB	0.7	43.9	624	<0.2	<0.1	0.5	0.1	1.2	236.8	6.2	0.2	2.5	28	150.1	53.1
Y-37	GB	0.1	2.0	95	0.6	0.1	0.9	<0.1	5.2	536.3	14.8	0.4	3.7	5	5.8	11.2
YA-05	GB	0.2	3.1	103	0.4	<0.1	0.5	<0.1	3.9	559.3	7.9	0.3	3.3	4	7.1	14.4
G-1	MGB	0.9	18.1	174	1.2	0.3	2.9	0.2	3.4	420.0	20.3	0.8	16.5	11	12.8	17.9
G-2	MGB	1.1	22.3	268	<0.2	0.2	0.4	<0.1	1.3	435.2	6.2	0.2	1.7	13	55.8	26.5
M-5	MGB	0.7	19.4	259	<0.2	0.1	0.4	<0.1	1.2	458.0	5.0	<0.1	1.7	10	37.1	20.1
P-1	MGB	3.5	42.8	196	<0.2	<0.1	1.0	0.1	0.4	346.7	6.8	0.2	3.3	19	10.6	22.8
P-5	MGB	2.6	42.7	113	<0.2	<0.1	0.2	<0.1	0.6	259.7	3.4	0.1	3.4	12	8.3	26.2
P-6	MGB	2.7	45.2	439	<0.2	<0.1	0.3	<0.1	0.8	229.1	3.4	0.2	3.3	20	11.3	33.3
P-7	MGB	3.4	73.9	522	<0.2	<0.1	0.3	<0.1	0.4	199.8	2.8	<0.1	2.4	11	9.3	26.4
P-8	MGB	2.5	16.4	150	<0.2	0.2	0.3	<0.1	0.5	298.1	4.5	0.2	3.6	14	12.4	31.1
P-9	MGB	2.2	38.9	225	<0.2	0.2	1.0	0.1	6.1	237.5	5.8	0.2	2.1	19	4.0	28.3
P-10	MGB	1.9	32.3	202	0.2	<0.1	1.1	<0.1	2.2	203.5	5.6	<0.1	3.9	20	4.8	26.4

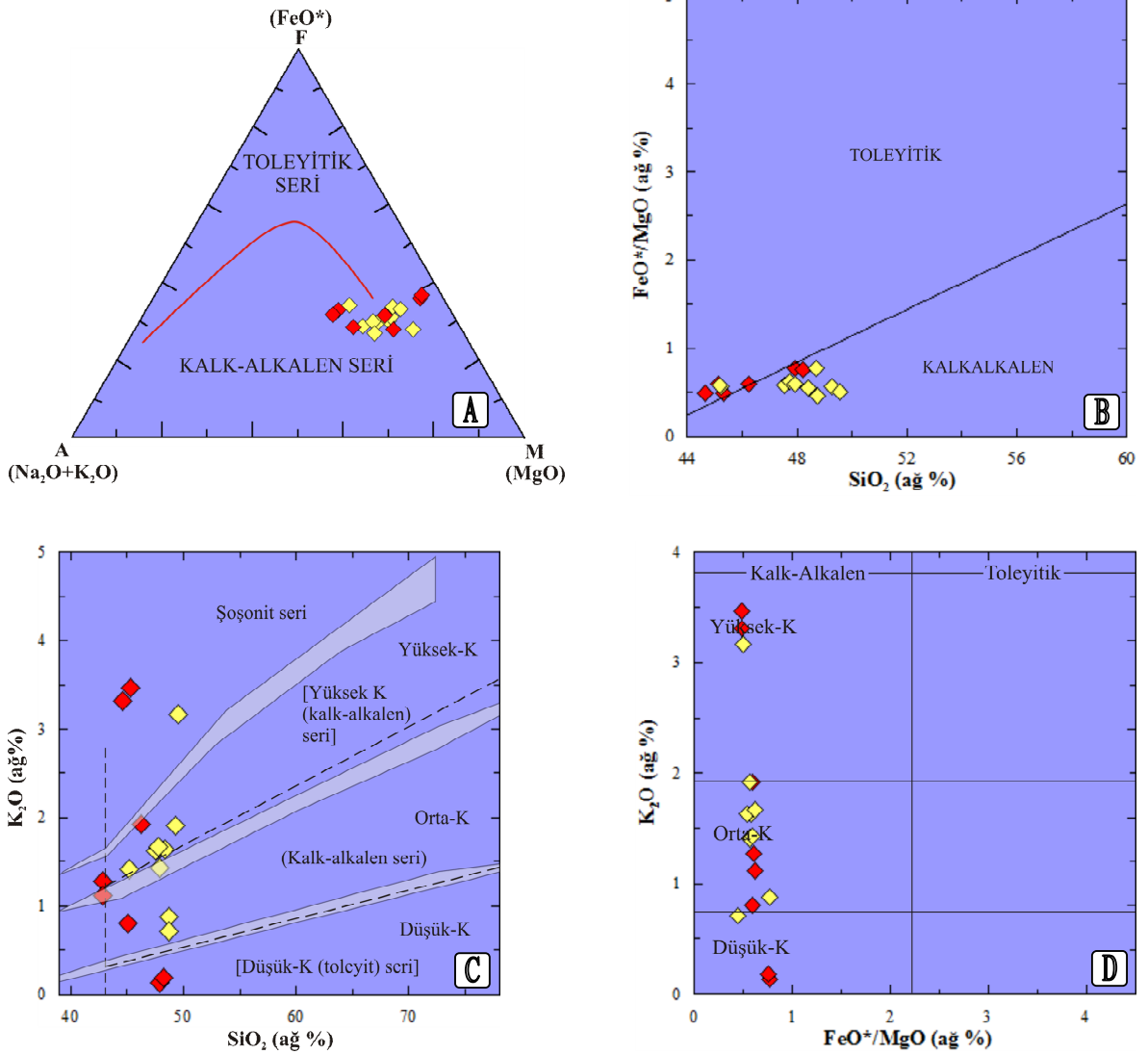
Tablo 3. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları, GB: gabro, MGB: metagabro

Örnek No	Kayaç	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
H-1	GB	2.4	5.2	0.75	2.9	0.73	0.45	0.88	0.14	0.82	0.14	0.40	0.06	0.27	0.05
L-1	GB	1.7	3.4	0.46	2.3	0.49	0.31	0.56	0.08	0.53	0.10	0.27	0.03	0.19	0.05
L-2	GB	2.0	3.9	0.53	2.3	0.57	0.31	0.62	0.10	0.61	0.10	0.27	0.05	0.25	0.04
M-2	GB	1.6	2.9	0.41	2.2	0.33	0.38	0.42	0.07	0.39	0.06	0.19	0.03	0.19	0.03
X-1	GB	1.5	3.0	0.44	2.0	0.43	0.34	0.56	0.09	0.58	0.11	0.26	0.04	0.22	0.04
X-5	GB	1.4	3.0	0.43	1.6	0.46	0.31	0.52	0.09	0.58	0.09	0.28	0.05	0.20	0.04
Y-37	GB	3.9	7.7	0.91	3.3	0.72	0.62	0.68	0.12	0.67	0.14	0.41	0.06	0.36	0.06
YA-05	GB	3.3	6.3	0.75	2.7	0.58	0.60	0.61	0.10	0.58	0.11	0.32	0.06	0.29	0.04
G-1	MGB	8.5	21.9	3.20	15.7	3.64	0.89	3.66	0.60	3.23	0.61	1.43	0.24	1.29	0.19
G-2	MGB	1.5	2.7	0.34	1.5	0.31	0.29	0.33	0.05	0.31	0.06	0.17	0.03	0.10	0.03
M-5	MGB	1.9	3.1	0.40	1.4	0.36	0.38	0.38	0.05	0.31	0.07	0.18	0.03	0.12	0.02
P-1	MGB	1.9	3.6	0.46	2.1	0.48	0.64	0.58	0.10	0.67	0.11	0.36	0.07	0.40	0.07
P-5	MGB	1.5	2.9	0.38	1.7	0.45	0.50	0.48	0.09	0.60	0.13	0.32	0.06	0.36	0.07
P-6	MGB	1.1	2.2	0.30	1.3	0.34	0.50	0.46	0.08	0.50	0.11	0.33	0.05	0.30	0.06
P-7	MGB	1.1	2.0	0.27	1.2	0.32	0.44	0.37	0.07	0.45	0.09	0.28	0.05	0.30	0.06
P-8	MGB	1.1	2.3	0.34	2.0	0.43	0.44	0.52	0.10	0.68	0.14	0.46	0.08	0.39	0.07
P-9	MGB	0.4	1.2	0.26	1.2	0.33	0.46	0.41	0.07	0.40	0.09	0.25	0.04	0.25	0.05
P-10	MGB	1.0	3.3	0.54	2.6	0.62	0.44	0.62	0.12	0.76	0.16	0.45	0.06	0.40	0.06



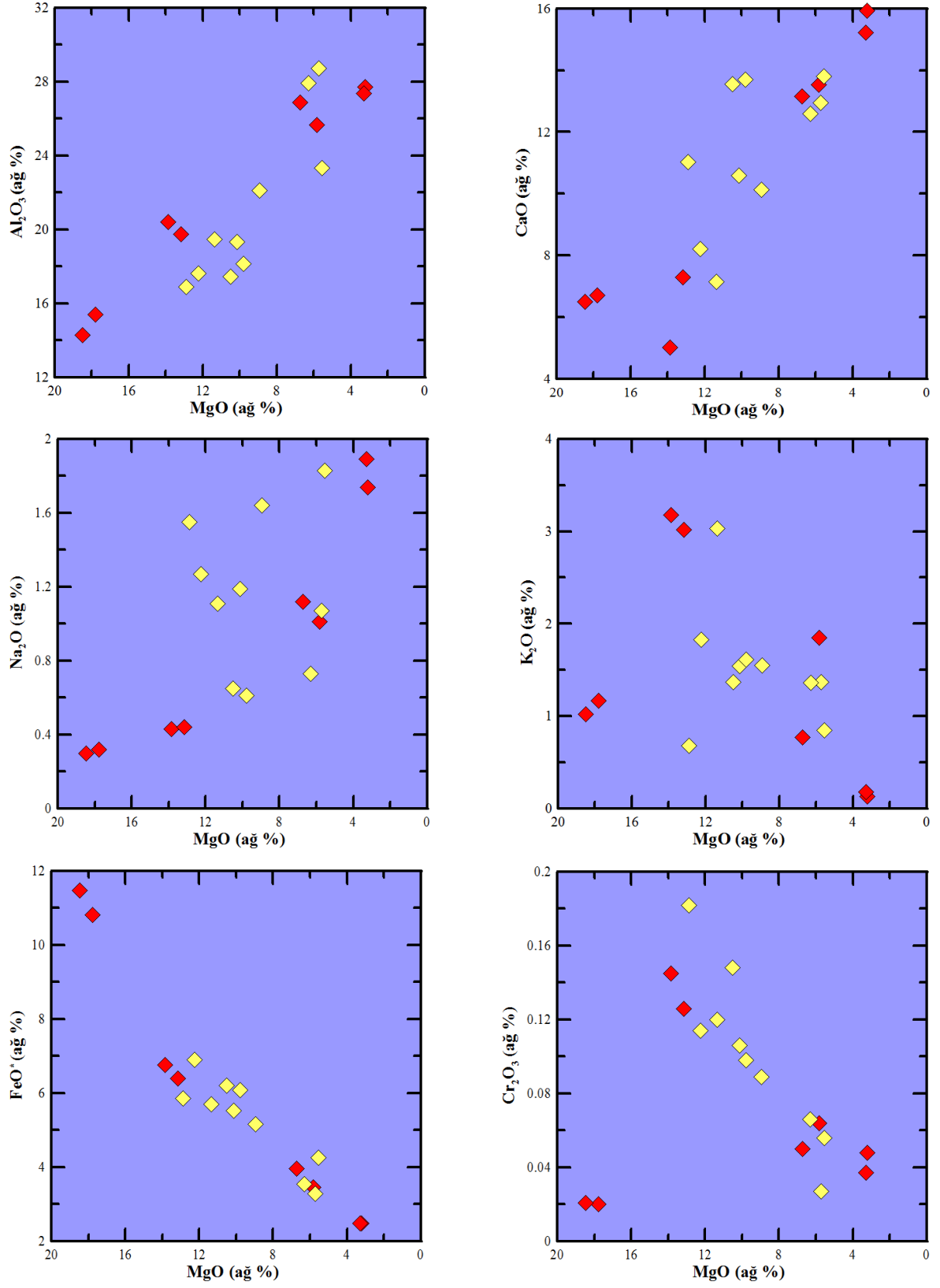
Şekil 23. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının SiO_2 'ye karşı toplam alkali adlama (TAS) diyagramında gösterimi (ana oksit analiz değerleri susuz baza göre tekrar hesaplanarak çizilmiştir) Sınrlar Cox v.d. (1979) ve Wilson (1989) dan alınmıştır.

Bu genel ilk değerlendirmeler eşliğinde, analiz sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak MgO 'ya karşı bazı ana oksit bileşenlerin değişim diyagramları hazırlanmış ve bu değerler ve buna bağlı olarak da magma gelişimiyle bu bileşenler arasında nasıl bir ilişki olduğu gözlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda hazırlanan değişim diyagramlarında magma farklılaşma süreci devam ettikçe gerek gabrolarda gerekse metagabrolarda birbirleriyle uyumlu olarak Al_2O_3 , CaO ve Na_2O bileşimlerinde düzgün bir artış gözlenmektedir (Şekil 25). Bu oksitlerde açığa çıkan lineer artış, plajiyoklaz birikimini işaret etmektedir. K_2O oranında net bir yönelim gözlenmemektedir. K-oksitin, dağınık değişim sergilemesi akışkanların etkisi ve bu elementin akışkanlarda hareketli (mobile) olmasından kaynaklanmaktadır. Diyagramların değerlendirilmesinde de bu husus göz önünde bulundurulmalıdır.

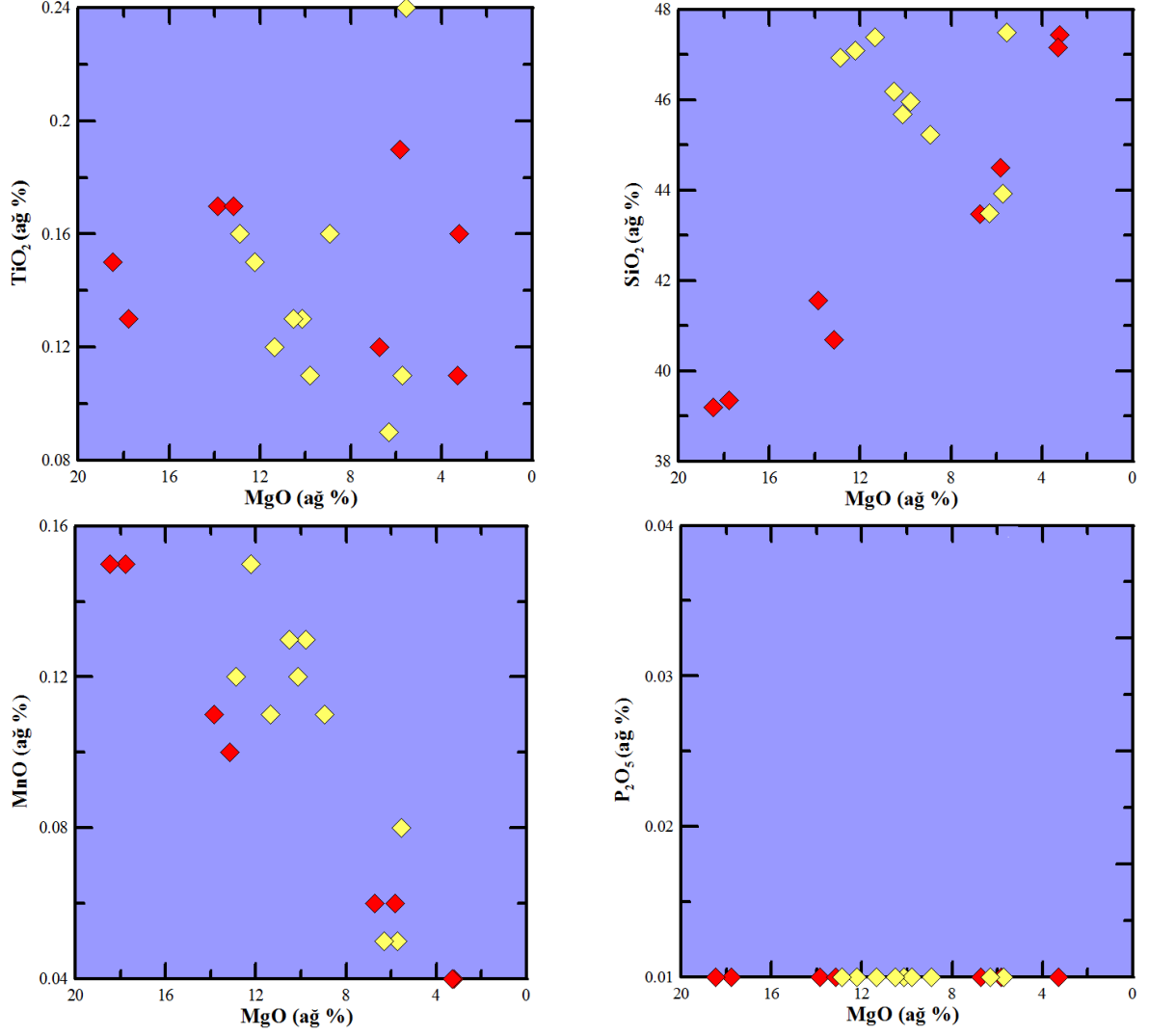


Şekil 24. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaların; A: AFM diyagramında, B: SiO_2 'ye karşı FeO^*/MgO diyagramında, C: SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramında ve D: FeO^*/MgO 'ya karşı K_2O diyagramında gösterimi, Sınırlar; A: Kuno (1968), Irvine ve Bragar (1971), B: Miyashiro (1974), C: Le Maitre v.d. (1989), D: Gill (1981). (Semboller Şekil 23'deki gibidir)

FeO^* , Cr_2O_5 ve MnO bileşenleri de doğrusal bir azalma gösterir. Fe, Cr ve Mn oksitlerde azalmalar, olivin ve/veya piroksen ayrımlanmasından kaynaklanmış olabilmektedir (Hall, 1996). İz elementlerdeki Ni ve Co elementlerindeki negatif trend de bu görüşü desteklemektedir (Şekil 27). TiO_2 oranları tipik olarak düşük değerlerde olup ($< 0,24$) dağınık değişimler sunduğundan net bir yönelim tespit edilememektedir. Örneklerde P_2O_5 içeriği iki örnek dışında tespit limitleri altında bulunduğundan ($< 0,01$) bu oksit bileşeninin değişimi de gözlenememektedir ve dağılımın net olarak gözlenebilmesi için bu iki değer diyagram dışında tutulmuştur (Şekil 26).

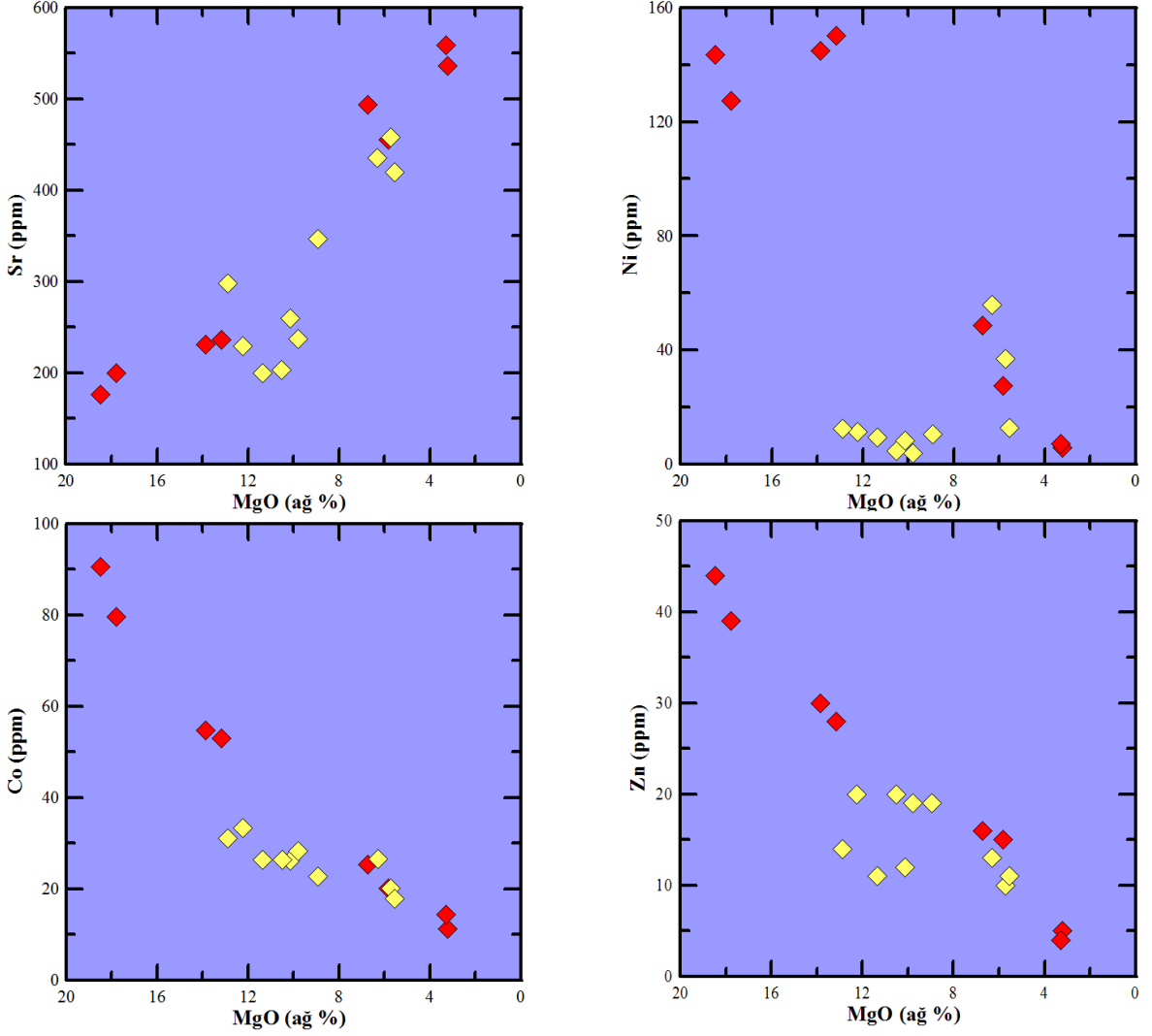


Şekil 25. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının bazı ana oksitlerinin MgO' ya karşı değişim diyagramları (Semboller Şekil 23'deki gibidir)



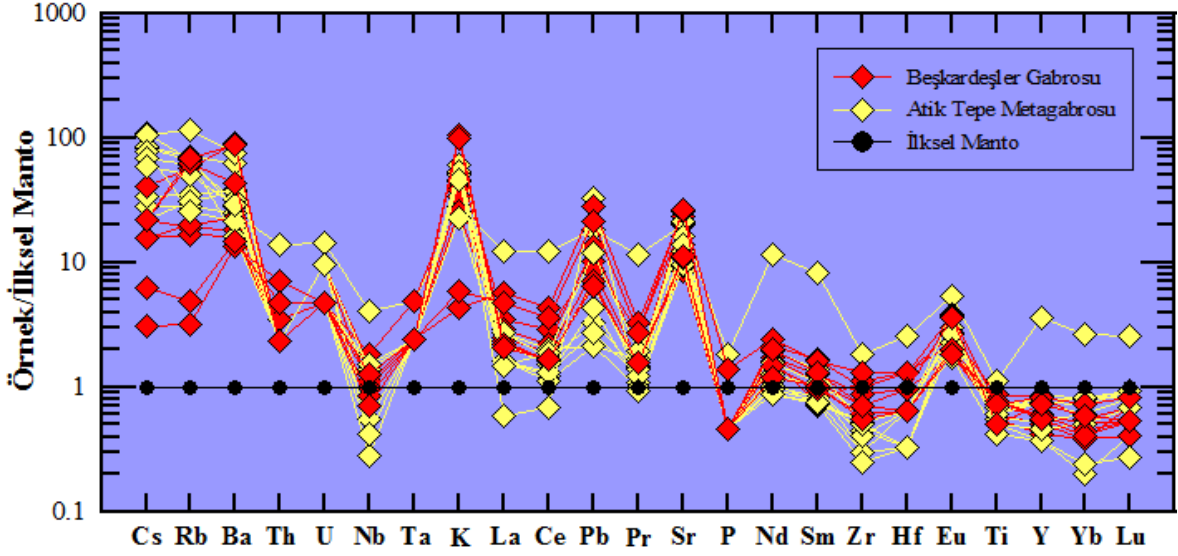
Şekil 26. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının bazı ana oksitlerinin MgO'ya karşı değişim diyagramları (Semboller Şekil 23'deki gibidir)

İz element değişim diyagramlarında Sr, ana oksit bileşenlerden Al, Ca ve Na oksitlere uyumlu olarak artış sergilemektedir (Şekil 27). Bu artış da magmada meydana gelen plajiyoklaz birikiminden kaynaklanmaktadır. Petekli-Yakupabdal yöresi gabro ve metagabrolarının değişim diyagramlarında gözlenen bir diğer husus da magma gelişimiyle birlikte meydana gelen Ni ve Co iz element içeriklerinin azalma eğiliminde olmalarıdır. Bu durum magma ergiliğinden olivin ve/veya piroksen minerallerinin ayrılmasından ötürü oluşabilmektedir.



Şekil 27. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının bazı iz elementlerinin MgO'ya karşı değişim diyagramları (Semboller Şekil 23'deki gibidir)

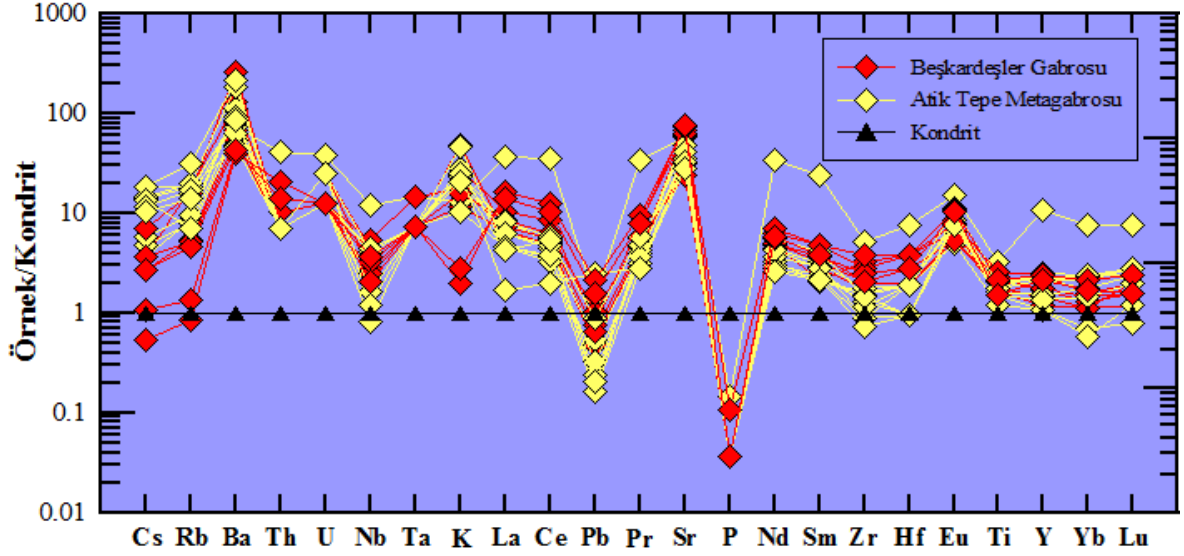
Ana ve iz elementlerin bu genel değerlendirmelerine bakıldığında, gabro ve metagabro örneklerinde genel yönelimlerin birbirleriyle büyük oranda uyum sağladıkları dikkat çekmektedir. Bu durum, ilk değerlendirmelere göre kayaçların büyük oranda benzer kökenlerden kaynaklanmış olabileceğini ve magmanın benzer değişimler geçirerek katılaştığını öngörebilmemizi sağlar. Ancak magmanın gelişim sürecinin daha detaylı yorumlanabilmesi ve magma gelişim ortamının açıklanabilmesi için ana ve iz element değişim diyagramları yeterli olmamaktadır. Bu amaçla gerekli uyarlamalar ve diğer grafikler kullanılarak bu yorumlar da yapılabilir.



Şekil 28. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı (Normalleştirme değerleri Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır)

Çalışma alanında yüzeyleyen gabro ve metagabro kütlelerinin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramlarında genel olarak LILE bakımından zenginleştikleri görülmekte olup diyagramda HFSE'de bir azalma ve kısmen de tüketilme söz konusudur (Şekil 28). İlksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılımında genel LILE zenginleşmesinin yanında en dikkat çeken değişimler K, Pb, Sr ve Eu pozitif anomalileridir. Bunun yanı sıra Nb, P ve Ti de ise negatif anomali karakteristiktir.

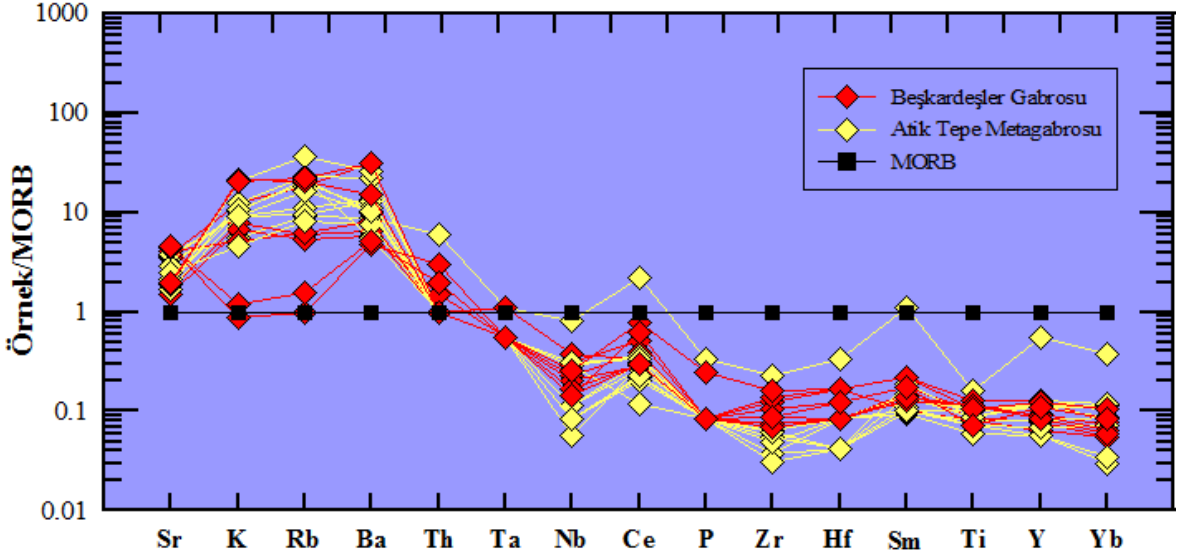
Bu kapsamda çalışma alanı gabroyik kayaçlarını değerlendirdiğimizde karşımıza çıkan LILE zenginleşmesi ve HFSE bakımından ise daha az zenginleşme (veya kısmen tüketilme) ve ilksel manto hattına paralellik sunan iz element dağılımı tipik olarak yitim zonlarında ortaya çıkan bir durumdur (Winter, 2001). Özellikle de K, Sr, Rb ve Ba içerikleri ilksel mantoya göre aşırı zenginleşen magmalar yitim zonlarından kaynaklanmaktadır (Wilson, 1989). Ayrıca yüksek K ve Rb içerikleri, alkalice zenginleşmiş akışkanların veya amfibollü bir kaynağın göstergesi olabilmektedir. Bu iz element zenginleşmeleri, yitim zonu akışkanlarının etkisiyle LILE içerikleri artan ve göreceli olarak da HFSE içerikleri azalan manto malzemesinin kısmi ergimesi sonucu oluşan magmaların oluşum sürecini açıklamaktadır.



Şekil 29. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının kondrite göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı (Normalleştirme değerleri Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır).

Kondrite göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramına bakıldığında, kondrit bileşimine göre tüm iz elementlerde genel olarak bir zenginleşme gözlenmektedir. Özellikle LILE bakımından yüksek bir zenginleşme dikkat çekerken HFSE bakımından bu gruba nispeten daha az bir zenginleşme söz konusudur. Genel eğilimi gözlendiğinde Ba, K, Sr ve Eu elementlerinde pozitif anomali, Nb, Pb, P ve Ti elementlerinde ise negatif bir anomali kondrite göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında bahsedilebilecek diğer unsurlardır (Şekil 29).

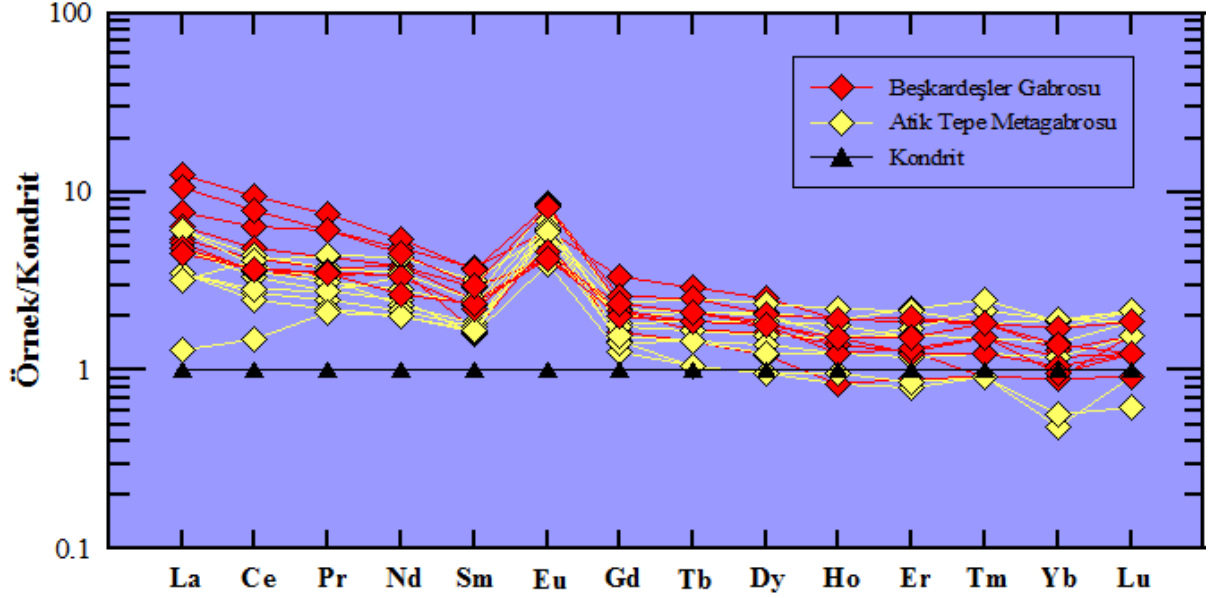
Kondrite uyarlanan iz element dağılım diyagramlarında genel zenginleşmiş içerik, çalışma alanında yüzeyleyen gabro ve metagabroların kondrite göre muhtemelen zenginleşmiş bir kaynaktan türediklerini ortaya koymaktadır. Özellikle de Ba, K, Sr zenginleşmeleri yitim zonlarındaki akışkanların kısmi ergime sırasında manto malzemesine dahil olması sonucu oluşan magmalarda tipik olarak görülmektedir. Ayrıca negatif Nb, Ti anomalileri de bu jeotektonik ortamlardan kaynaklanan magmalarda karakteristiktir (Wilson, 1989). Genel dağılım eğilimlerinin birbirine uyumlu olması da gabroyik kayaçların aynı veya benzer kökenlerden türediklerini göstermektedir.



Şekil 30. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaların okyanus ortası sırtı bazaltlarına göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı (Normalleştirme değerleri Pearce, 1983'den alınmıştır).

Çalışma sahasındaki gabro ve metagabro örneklerinin okyanus ortası sırtı bazaltlarına (MORB) göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramlarında da ilksel mantoya göre normalleştirilmiş dağılıma benzer bir eğilim gözlenmektedir (Şekil 30). MORB normalleştirmesinde de ilksel mantoya göre normalleştirilmiş dağılım diyagramında olduğu gibi LILE bakımından belirgin bir zenginleşme ve HFSE'de ise tüketilme trendi söz konusudur. K, Rb ve Ba içeriğinin yüksek olması üst kıtasal kabuğun magma bileşimine olan etkisi (kontaminasyon) veya bu elementlerce zengin yitim zonu akışkanlarından dolayı ortaya çıkmış olabilmektedir. (Kabuksal malzemelerinin magma bileşimine etkisi esas olarak $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop içerikleriyle modellenebilmektedir). Negatif Nb anomalisi MORB normalleştirme diyagramında göze çarpan bir diğer unsurdur. MORB'a göre zenginleşen LILE varlığı, kabuk kökenli malzemeleri magma ergiyiğini kirletmesinin (kabuk kontaminasyonu) veya yitim zonu akışkanlarının bir etkisi olarak açığa çıkmaktadır. Negatif Ta, Nb ve Ti anomalisi ise yitim zonu jeotektonik ortamlarda karakteristiktir. Nitekim Pearce (1982 ve 1983) yitim zonu magmatizma karakteristiklerini inceleyerek bu ortamlardaki iz element bileşimlerini okyanus ortası sırtı bazaltlarıyla karşılaştırmış ve yitime bağlı magma ürünlerinde Sr, K, Rb, Ba ve Th içeriklerinin, Ta içeriğine göre zenginleştiğini, HFSE grubu elementlerin ise MORB bileşimine göre daha az oranda bulduklarını ve Th, Ce ve Sm içeriklerinin de bu grubun diğer elementlerine göre daha fazla bulduklarını ortaya koymuştur. Şekil 30

incelendiğinde tüm bu unsurların çalışma alanı gabroyiklerinde de geçerli olduğu sonucuna varılır.

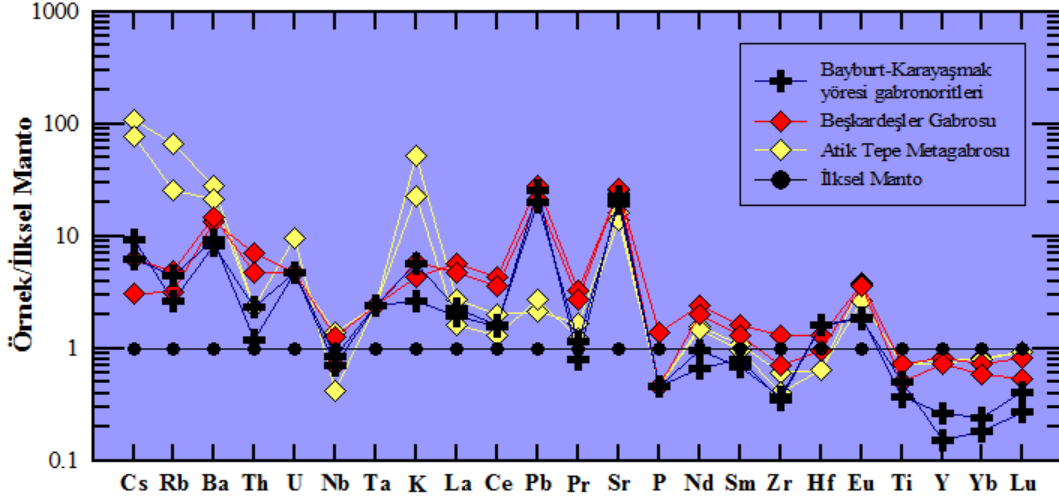


Şekil 31. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramı (Normalleştirme değerleri Boynton, 1984'den alınmıştır).

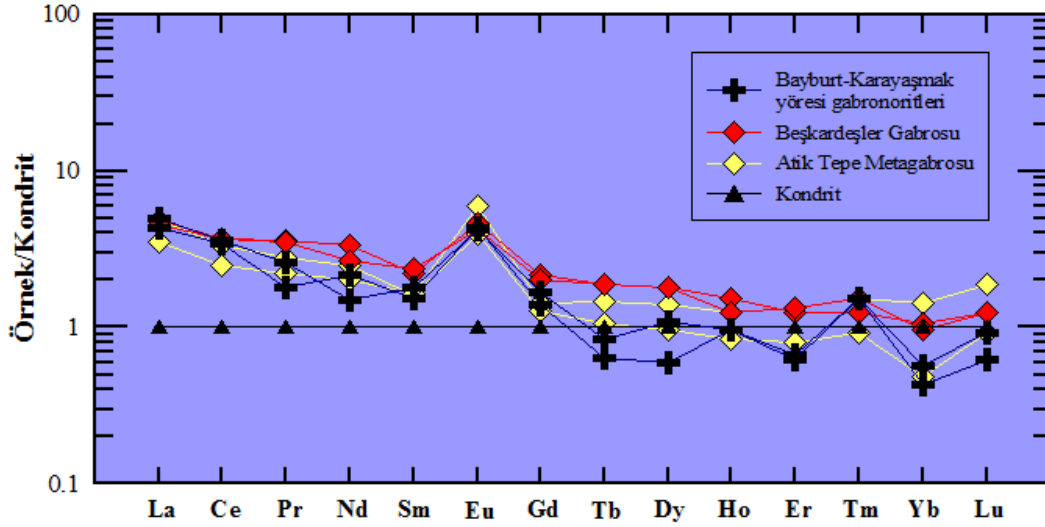
Çalışma alanı gabroyik kayaçlarının kondrit meteoritlere göre normalleştirilmiş nadir toprak element (REE) dağılım diyagramlarında hafif nadir toprak elementlerde (LREE) ve ağır nadir toprak elementlerde (HREE), kondrite göre bir zenginleşme gözlenmektedir (Şekil 31). Ayrıca HREE oranları kondrite göre daha az zenginleşme göstermekte olup genel olarak kondrit hattına paralel olarak dağılım sergilemektedir. Bazı örneklerde HREE grubunda hafifçe bir tüketilme de dağılım diyagramında gözlenen bir diğer unsurdur. Kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramlarında belirgin pozitif Eu anomali de dikkat çeken hususlardandır. Dağılımlarda net olarak gözlenen bu anomali ana oksit ve iz element değişim diyagramlarında da sunulan verileri destekler biçimde plajiyoklaz birikimini göstermektedir. Ayrıca kondrite uyarlanan REE dağılım diyagramında genel eğilimlerin birbirine paralellik sunması gabro ve metagabroların aynı veya benzer kökenlerden kaynaklandığı görüşünü desteklemektedir.

İnceleme sahasının yaklaşık 17 km K-KD'sunda çalışan Eyüboğlu (2006), Bayburt-Karayaşmak yöresindeki gabroyik kayaçları inceleyerek dokanak ilişkilerini, petrografilerini ve muhtemel kaynak alanlarının tespitine çalışmıştır. Eyüboğlu (2006),

çalışmasında bu gabroyik kütlelerin elipsoidal şekillerde yüzeylemeler verdiklerini ve Pulur Masifi'ni keserek yerleştiklerini, dokanaklar boyunca metamorfite deforme edilerek şistozite eğimlerini etkilediklerini ve yine dokanak yakınlarında aktinolit, tremolit minerallerinin ve killeşme gibi unsurların etkin olduğunu ifade etmiştir. Çalışmacı minerolojik sınıflamada bu gabroyik kayaçları olivinli gabronorit olarak adlandırmıştır. Jeokimyasal analizlere göre ise Bayburt-Karayaşmak yöresi gabronoritleri % 42-46 aralığında SiO_2 , % 5-10 arasında değişen oranlarda MgO , % 26-29 aralığında oldukça yüksek Al_2O_3 , düşük TiO_2 ($< \% 0.18$), % 14-16 arası CaO , % 4-6.04 aralığında FeO^* , % 0.73-0.94 arası Na_2O ve % 0.02-0.19 aralığında K_2O içerirler. İz element içerikleri incelendiğinde ilksel mantoya göre zenginleşmiş LILE ve hafifçe tüketilmiş HFSE içerikleri dikkat çekmekte ve P, Ti ve Nb de negatif anomaliler gözlenmektedir (Şekil 32). Bu da yitim zonlarında gelişen mafik magmalara has bir özelliktir. Sr pozitif anomalisi de plajiyoklaz birikimini işaret etmektedir. Kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında pozitif Eu anomalisi de plajiyoklaz birimini kanıtlamaktadır. Kondrite uyarlanan nadir toprak element dağılım diyagramında LREE grubu elementlerde zenginleşme, HREE grubu elementlere doğru ise tüketilme eğilimi gözlenmektedir (Şekil 33). Bu da yine yitim zonlarında karakteristik olarak gözlenen bir özelliktir. Sonuç olarak bu verileri öne süren Eyüboğlu (2006), bu gabroyik kayaçların, yitimle ilişkili sulu bir bazaltik magmadan türediklerini ortaya koymuştur.



Şekil 32. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayalar ile Karayaşmak yöresi gabronoritlerinin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (Normalleştirme değerleri Sun ve McDonough, 1989'dan, Karayaşmak yöresi gabronoritlerinin iz element analiz değerleri Eyüboğlu, 2006'dan alınmıştır).

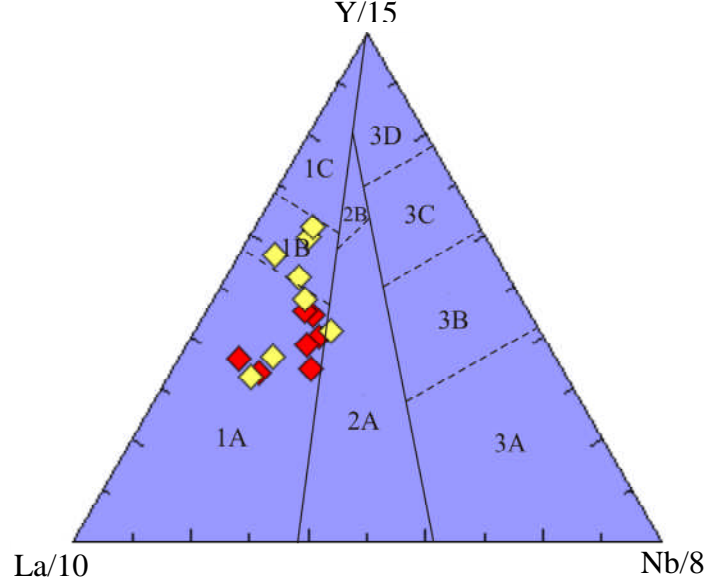


Şekil 33. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayalar ile Karayaşmak yöresi gabronoritlerinin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramı (Normalleştirme değerleri Boynton, 1984'den, Karayaşmak yöresi gabronoritlerinin nadir toprak element analiz değerleri Eyüboğlu, 2006'dan alınmıştır).

Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayalar ile Karayaşmak yöresi gabronoritlerinin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri karşılaştırıldığında bu iki sahadaki gabroyik kayaların da benzer kökenli oldukları anlaşılmaktadır. İki sahaya ait gabroyik kayaların ilksel mantoya uyarlanan iz element ve kondrite uyarlanan nadir toprak element dağılım

diyagramlarının birbirine olan benzerliği de bu görüşü desteklemektedir (Şekil 32 ve 33). Buradan hareketle de iki sahada da ilgili magmatik kütlelerin, yitimle ilişkili akışkanların etkisiyle zenginleşen manto malzemesinin kısmi ergimesinin ürünleri olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının ana, iz ve nadir toprak element analizleri genel olarak değerlendirildiğinde, gabro ve metagabroların, farklı zamanlarda zenginleşmiş benzer kökenlerden kaynaklandığı dşnlmektedir. LILE bakımından aşır zenginleşmeler yitim zonlarından kaynaklanan magmalarda karakteristik bir nitelik olup bu elementlerdeki artış, bunların yitim zonu akışkanlarında konstantre olmalarından kaynaklanmaktadır. Nitekim McCulloch ve Gamble (1991)'e göre de HFSE grubu elementler manto kaynağı karakteristiklerini yansıtırken, LILE grubu ise yitime uğrayan kısımdan kaynaklanan sulu akışkanlardaki suda czlebilen element konsantrasyonlarını temsil etmektedir. Buna göre bu LILE sınıfı elementler HFSE'ye göre daha uyumsuz, hareketli ve sulu akışkanlarda czlp taşınabilir karakterli olduklarından katı faza geçmeyerek akışkan faza dahil olurlar. Yitim zonunda, okyanusal kabuğun derin ortamlarda doğru dalması ve artan sıcaklık ve basınca maruz kalmasıyla dehidratasyona uğraması sonucu açığa çıkan sulu akışkanlar LILE için uygun bir ortam oluşturur. Ayrıca bu akışkanlar yitimin devam etmesi ve sıcaklığın daha da artmasıya meydana gelen kısmi ergime sürecini de hızlandırır ve kolaylaştırır. Sonuç olarak da kısmi ergime sürecini etkileyen bu akışkanlar LILE bakımından konsantre olduklarından, bu ortamlardan kaynaklanan magmalar da bu elementlerce zenginleşmektedir. Yitim zonu sulu akışkanlarının bu ortamlarda çok önemli rol oynadığı görüşü, yay magmatizma ürünlerinde sulu minerallerin ve net belirteç olmamasına rağmen kalsik plajiyoklazların ve yüksek Al_2O_3 içeriğinin yaygın olarak bulunmasıyla da uyulmaktadır. Cabanis ve Lecolle (1989) tektonik ayırtman diyagramında da bu kayaçların genel olarak volkanik-yay bazaltları alanına düştüğü görülmekte olup bu kayaçların bir yitim zonu olan yay ortamlarındaki magmatizma faaliyetlerinin bir ürünü oldukları görüşünü desteklemektedir (Şekil 34).



Şekil 34. Bayburt Petekli-Yakupabdal yöresi gabroyik kayaçlarının Cabanis ve Lecolle (1989) tektonik ayırtman diyagramında gösterimi. 1: volkanik yay bazaltları, 2: kıtasal bazaltlar, 3: okyanusal bazaltlar, 1A: kalk-alkali bazaltlar, 1C: volkanik yay toleyitleri, 1B: 1A-1C geçişli alanı, 2A: kıtasal bazaltlar, 2B: yay-gerisi havza bazaltları, 3A: kıtasal rift alkali bazaltları, 3B,C: zenginleşmiş MORB, 3D: MORB

Yüksek Al_2O_3 (>17) değerleri de yitim zonu ortamlarında tipiktir (Winter, 2001). Çalışma konusu kayaçlarda da bir örnek dışındaki tüm örneklerde bu oranın gözlenmesi gabro ve metagabroların yitim zonu magmatizma ürünü olduklarını desteklemektedir.

Kayaç örneklerinin mikroskobik incelemelerinde rastlanan amfibol mineralleri de sulu akışkanların ortamda etkili olduğunun bir göstergesidir (Amfibol, biyotit, klorit, aktinolit gibi mineraller sulu bazik kayaçlarda yaygın bulunan minerallerdir). Ayrıca anortit oranı yüksek ve daha kalsik (Ca-zengin) plajiyoklazlar da ($>An_{50}$) yay magmalarındaki yüksek H_2O içeriği ile ilişkilidir (Winter, 2001).

Ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin değerlendirildiği diyagramlarda tüm örneklerin belli bir eğilim sergilemeleri ve birbirlerine yaklaşık olarak paralel dağılmaları bu kayaçların benzer kökenlerden kaynaklandığının bir kanıtı olarak düşünülmektedir. Sonuç olarak çalışma alanında yer alan gabro ve metagabroların, sulu mineral içerikleri, yüksek LILE/HFSE oranları, negatif Nb, Ti anomalileri ve diğer karakteristikleri değerlendirildiğinde, bu kayaçlar yitim zonunda sulu akışkanlarca zenginleşmiş bir manto malzemesinin kısmi ergimesiyle türeyen bazaltik bir magmanın yükselip derin bir ortamda yavaş soğumasıyla meydana gelmiş olmalıdır.

4.3. Bayburt Petekli-Yakupabdal Yöresi Gabroyik Kayaçlarının Oluşum Ortamları ve Bu Kayaçların Doğu Pontid Jeolojisindeki Yeri

Bilindiği gibi yeryuvarı yapısı içerisinde birçok magma üretim noktası yer almakta olup bu noktalar yeryuvarının oluşumundan bugüne kadar faaliyet göstermişler ve günümüzde de bu aktivitelerine devam etmektedirler. Bu noktalar 1) Okyanus ortası sırtlar, 2) Kıtasal rift ortamları, 3) Ada yayı ortamları, 4) Kıtasal yaylar veya aktif kıta kenarları, 5) Yay gerisi ekstansiyon ortamları, 6) okyanusal plaka içi ortamlar ve 7) Kıtasal plaka içi ortamlar şeklinde özetlenmiştir. Bu sahalara dikkat edildiğinde magma üretim mekanizmalarının plaka tektoniği ile çok sıkı ilişkili oldukları sonucuna varılır. Nitekim plaka tektoniği kuramının kabulü ve yaygın olarak kullanılmaya başlandığı tarihlerden günümüze kadar yapılan ve yapılmaya devam eden çalışmalarda da magmatik aktivitelerin yaklaşık %90'ının plaka sınırlarında veya bu sınırlara yakın bölgelerde meydana geldiği vurgulanmaktadır (Wilson, 1989). Çalışma alanında gabroyik kayaçların jeotektonik kaynak ortamları olduğu düşünülen yitim zonları da bu şekilde iki plaka arasındaki bir sınır bölgeden meydana gelmektedir.

Yitim zonlarındaki genel magmatizma süreci, okyanusal kabuğun yitime uğramasıyla başlamaktadır. Gittikçe daha derine doğru gömülen okyanusal kabuk, jeotermal gradyanın etkisiyle ısınmakta ve yaklaşık 50 km. derinlikten itibaren de dehidratasyona uğramakta veya bir başka deyişle bünyesindeki suyu kaybetmektedir. Açığa çıkan bu su etrafıyla etkileşime girmekte ve sulu bir çözelti meydana getirmektedir. Ortamda mevcut bu su ve sulu akışkanlar litosferik manto ve alt kıtasal kabuk malzemesine nüfuz ederek hem onun bileşimini etkilemekte hem de kısmi ergime sürecini kolaylaştırmaktadır. Sonuç olarak böyle bir ortamda meydana gelen kısmi ergime sonucunda, okyanusal kabuğun dehidratasyonu sonucu açığa çıkan akışkanlar tarafından zenginleştirilmiş bir magma oluşmaktadır. Oluşan bu magma yoğunluk farkından dolayı yükselmeye başlamakta ve yükseldikçe de etrafıyla etkileşime girmekte farklılaşmakta ve değişen oranlarda kabuksal kirlenmeye maruz kalabilmektedir. Bu magma yerleşimi devam ederken kıtasal kabuğun kalınlığı, hakim olan tektonik rejim gibi unsurlara bağlı olarak magma yeryüzüne çıkabilmekte veya derinde depolanarak intrüzif kütleleri oluşturabilmektedir. Okyanusal kabuğun daha da derinlere gömülmesiyle (yaklaşık 170-200 km derinlikte) kabuk ergiyip eklojitleri oluşturmaktadır.

Yitim zonları karakteristiklerine ise bakıldığında şu özellikler öne çıkmaktadır:

Bu tür yaklaşan plaka ortamlarında kaynaklanan magmalar, toleyitik seriden kalk-alkalen ve alkalen serilere kadar değişen bileşimli olabilmektedir. Fakat sadece bu ortamlarda karakteristik olarak gözlenen magma serisi kalk-alkalen magmalardır. Örneğin plaka içi ortamlarda da toleyitik ve alkalen magmalar görülebilir, veyahut toleyitik magmalar ıraksayan plaka sınırlarında da gelişebilir. Ancak kalk-alkalen seri magmalar sadece yitim zonlarında gözlenir (Wilson, 1989).

Okyanusal kabuğun dehidratasyonu sonucunda açığa çıkan akışkanlar, katı faza geçip mineral bünyesine dahil olmayan elementlerce zengindirler. Büyük iyon çaplı litofil elementler (LILE veya LFSE) olarak sınıflandırılan bu elementler katı fazla uyumlu olmadıklarından ortamdaki akışkanlarda konstantre olmaktadır. Bu akışkanların manto malzemesine nüfuz etmesi ve ardından meydana gelen kısmi ergime sonucu meydana gelen magma da dolayısıyla bu elementler bakımından zenginleşmektedir. Yitim zonu magmatizma ürünlerinin bir diğer karakteristik özelliği bu LILE sınıfı elementler bakımından zenginleşmiş olmalarıdır. Dolayısıyla K, Sr, Th, Rb ve Ba gibi elementlerde pozitif pik yapan iz element dağılım diyagramları, yitim zonu magmatik kayalarda tipiktir.

Negatif Ta, Nb ve Ti anomalileri de bu ortamların bir diğer özelliklerindedir.

Yitim zonlarına ilişkin tüm bu karakteristikler çalışma alanı gabroyik kayalarının özellikleriyle karşılaştırıldığında bu kayaların tipik bir yitim zonu magmatizma ürünü oldukları anlaşılmaktadır.

Bu veriler önceki yıllarda Doğu Pontid genelinde yapılan bazı çalışmalarla birlikte değerlendirildiğinde çalışma alanı gabroyik kayalarının kaynak alanı, yerleşim ortamı ve bölge jeolojisindeki yeri aşağıda özetlenmiştir:

Doğu Pontid jeolojisinde önemli bir yer tutan yitim zonu karakteristikleri konusunda bugüne kadar bir çok araştırma yapılmıştır. Ancak Doğu Pontidler'in jeodinamik gelişiminin açıklanmasına ilişkin günümüze kadar yapılan çalışmalarda ortak bir noktada buluşulabilmiş değildir. Bu kapsamda araştırmacılarının ayrıldığı esas nokta, bölgenin jeotektonik yapısının plaka tektoniği açısından değerlendirilmesi hususudur. Buna göre araştırmacılar bölgede bir plakacık olarak var olan Pontidler'deki yitimin polaritesi konusunda ayrılmaktadır. Bir kısım araştırmacı Tetis Okyanusu'na ait kabuğun kuzeye doğru yitime uğradığını savunurken, bir kısmı da bu yitimin polaritesinin güneye doğru olduğunu öne sürmektedir. Bu bölümde bu görüşlere ayrı ayrı yer verilerek, önceki çalışmalarda belirtilen bu hususlar değerlendirilecektir:

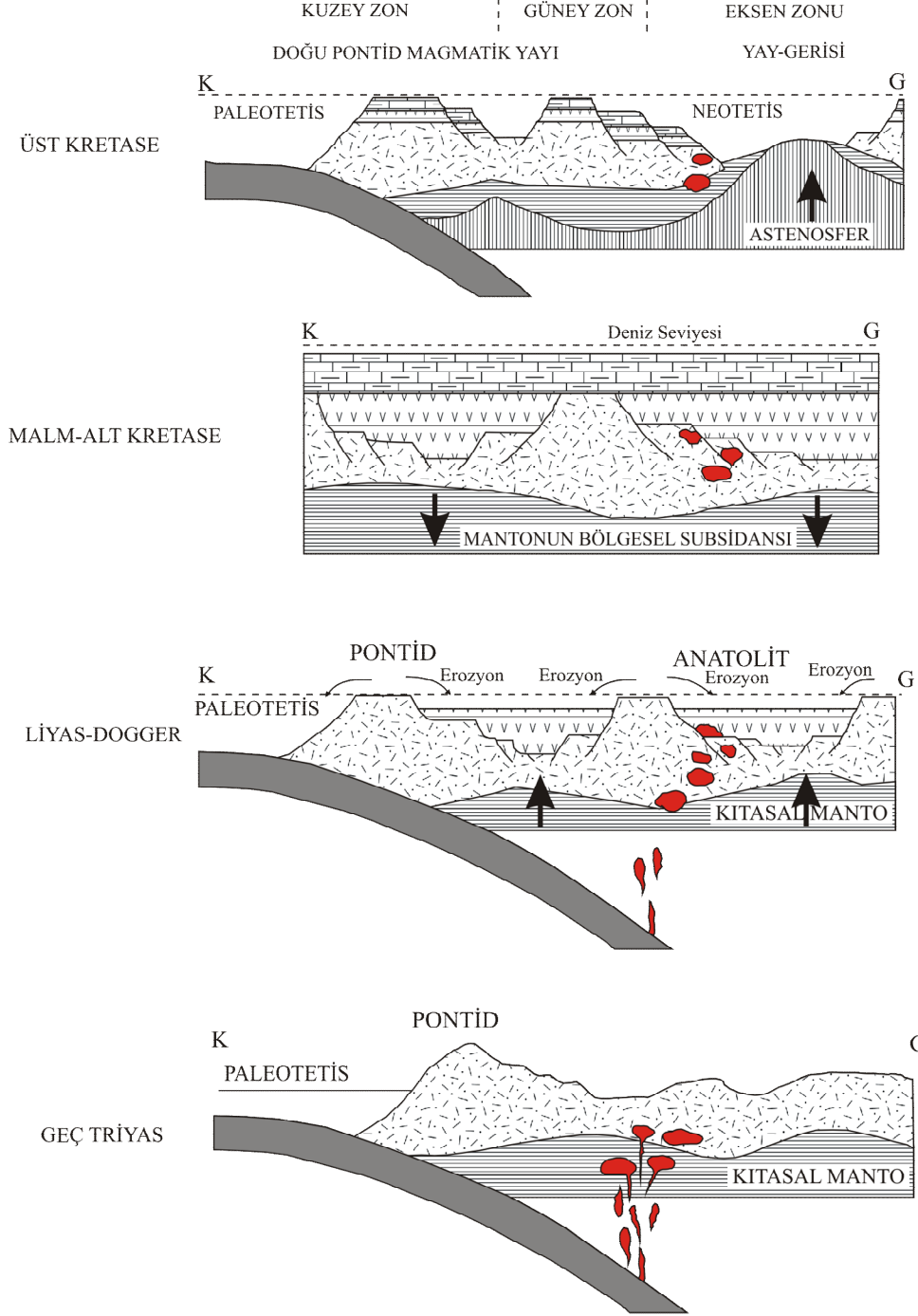
Doğu Pontidler, Alpin-Himaliyan Kuşağı'ndaki en karmaşık jeodinamik ortamlardan biridir. Bugüne kadar Doğu Pontid Magmatik Arkı'nın gelişimini açıklayabilmek için çok sayıda jeodinamik modeller geliştirilmiştir. Bu modellerin birçoğunun çıkış noktası Doğu Pontidler'in güneyinde bir kuşak boyunca yüzeyleyen mafik-ultramafik kayaç topluluklarının varlığıdır. Bu mafik-ultramafik kayaları Paleotetis Okyanusu'nun kalıntısı olarak kabul edenler, Paleozoyikten Eosen sonuna kadar kuzey yönlü bir yitim modelini savunurlar (Adamia v.d., 1977 ve 1995; Ustaömer ve Robertson, 1995). Dewey v.d. (1973), Bektaş v.d. (1986, 1987 ve 1999) ve Chorowicz v.d. (1998) ise Pontidler için Paleozoyikten Eosen sonuna kadar devam eden güney yönlü yitim modelini savunmaktadırlar. Bu modelde, Karadeniz Paleotetis okyanusunun kalıntısıdır ve güneydeki ofiyolitik kuşak yay-gerisi havzayı temsil etmektedir. Şengör ve Yılmaz (1981) ise Pontidler için iki fazlı bir yitim modeli önermiştir. Onların modelinde, Paleotetis Pontidler'in kuzeyinde yer alır ve Paleozoikten Dogger'e kadar güney yönlü yitim sonucunda açılan yay-gerisi havzaya (Neotetis) ait okyanus kabuğunun Üst Kretase'den Eosen sonuna kadar kuzey yönlü bir yitim ile Pontid kıtasının altında yitime uğradığını ve bunun sonucunda da Üst Kretase yaşlı yay volkanizmasının meydana geldiğini savunur. Eyüboğlu (2009) ise Pontidler'de Mesozoyik döneminde güneye doğru iki safhalı yitim modelini ileri sürmüştür. Bu modelde, Paleozoyikten itibaren yitimini sürdüren Paleotetis okyanus kabuğu, Dogger-Malm-Alt Kretase'de geriye doğru bükülmeye (slab roll-back) başlar ve Orta Kretase'de bükülen kısım koparak (slab break-off) astenosferin içine batar. Bu mekanizma sonucunda yükselen astenosfer Doğu Pontidler'in yay gerisi bölgesinde derin yayılma çukurlarının oluşumuna neden olur ve bu çukurlarda Doğu Pontid Ofiyolitik Olistostromal Melanjı oluşur. Yiten yaşlı ve yoğun dilimin kopmasından sonra kabuğun geriye kalan kısmı güneye doğru yitimini devam ettirmekte ve Üst Kretase dönemi için Doğu Pontidler'in kuzeyinde toleyitik-kalkalkali, güneyde kalkalkali-alkali ve daha güneyde bir kuşak boyunca uzanan şoşonitik-ultrapotasik volkanikleri oluşturan ve güney yönlü bir yitim modelini destekleyen magmatik aktivitenin oluşumuna neden olur. Gerek Üst Kretase'deki volkanizmanın göçü ve güneye doğru artan potasyum miktarı, gerek paleomanyetik veriler ve gerekse bölgedeki büyük bindirme hatlarının çoğunlukla kuzeye olduğu göz önüne alındığında Pontidler'in jeodinamik gelişiminde Senozoyik öncesi için güney yönlü yitim modelini destekleyen modeller daha sağlıklı görünmektedir.

Topuz vd (2004), Pulur Masifi'nin iki farklı tektonometamorfik birlikten meydana geldiğini ve bunlardan yüksek dereceli metamorfik kayalardan oluşan Cenci Birimi'nin

metamorfizma yaşının 320-330 milyon yıl ile Geç Karbonifer, düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşan Doğankavak Birimi'nin metamorfizma yaşının ise 260 milyon yıl ile Geç Permiyen olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, inceleme alanının yaklaşık 17 km kuzeydoğusunda Karayaşmak yöresinde, prehnit-pumpellit fasiyesi metamorfizmasına maruz kalmış ve Atik Tepe metagabrosu ile oldukça benzer iz ve nadir toprak element değerlerine sahip olan mafik-ultramafik kayalar Eyüboğlu (2009) tarafından detaylı olarak incelenmiş ve düşük $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ve yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotopik oranlarına sahip olan bu mafik-ultramafik kayalar için kaynak alanın yitim ilişkili proseslerle zenginleşmiş kıta altı litosferik manto olması gerektiği ortaya konulmuştur.

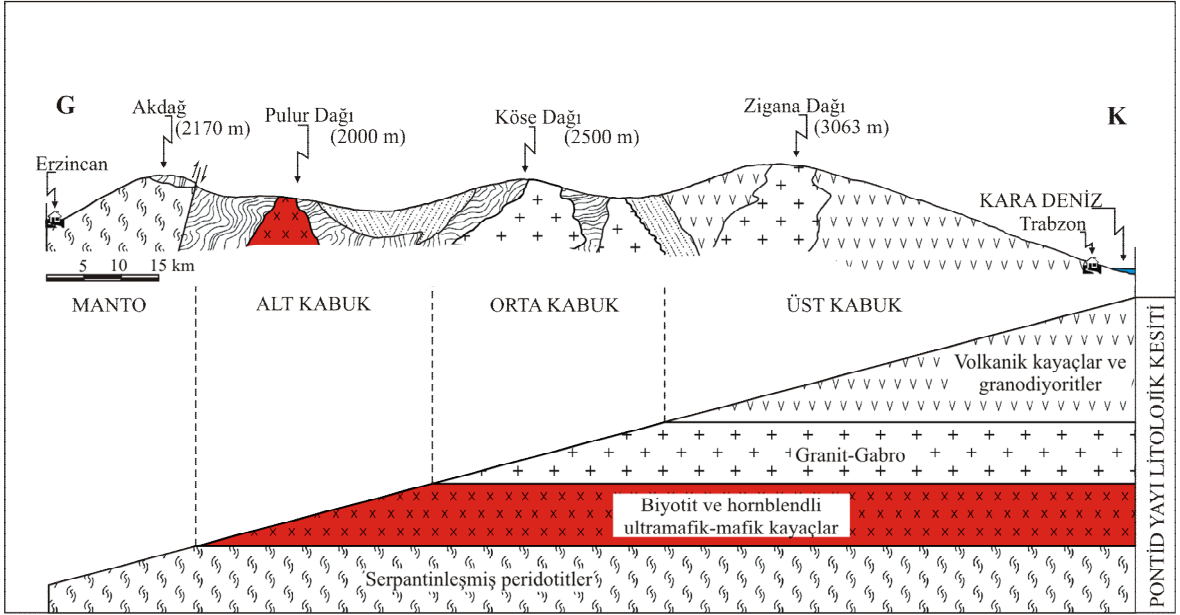
Tüm bu veriler çalışma alanına uyarlanırsa; Paleozoyik sonlarında başlayan yitime bağlı olarak ilk aşamada Atik Tepe Metagabroları yüksek dereceli metamorfizmaya maruz kalan Pulur metamorfikleri içine nüfuz etmiş olmalıdır. Gerek saha gözlemleri ve gerekse bölgede yapılan eski çalışmalar dikkate alındığında metagabroların yerleşim zamanının Geç Karbonifer'den sonra Geç Permiyen'den önce olması gerekmektedir. Bölgede Geç Permiyen'de etkili olan ikinci metamorfizma döneminde (Topuz v.d., 2004) bu gabroyik kayalar düşük dereceli metamorfizma koşullarından etkilenmişlerdir. Triyas döneminde devam eden yitime bağlı olarak magmatik faaliyetler etkili olmuş, öncelikle Yakupabdal Volkanitleri ve daha sonra da bunları kesen Beşkardeşler Gabrosu Pulur metamorfileri içerisine yerleşmiştir. Bu dönemi takip eden manto yükselimi, Liyas dönemi riftleşmesi ve sonrasında meydana gelen termal çökme (thermal subsidance) sonucunda ortam su altında kalarak çökel havza haline gelmiş ve yüksekte kalan kesimlerin aşınıp çökel ortamına taşınmasıyla da tortulaşma başlamıştır. Bu safhada temel kayalar üzerine aşınma uyumsuzluğu ile Aggi Formasyonu çökelmiştir. Bu konglomera kumtaşı seviyesi üzerine ise tortul ara seviyelerle riftleşmeye bağlı kırık sistemleri sayesinde ortama taşınan magmatik kayaların ardalanmasından oluşan Hamurkesen Formasyonu gelişmiştir. Doğu Pontidlerdeki yitim yönü ile ilgili yukarıda bahsedilen modellerden güneye yitim modeli kabul edildiğinde çalışma alanının da içinde bulunduğu bölgenin jeodinamik gelişim modeli genelleştirilerek Şekil 37'de gösterilmiştir. Bu model Geç Triyas öncesi dönemi kapsamamakla birlikte Doğu Pontidlerde hakim olan plaka hareketleri ve ilişkili süreçlerin magma gelişimi ile ilişkisini açıklaması açısından önem taşımaktadır. Burada ek olarak Geç Triyas öncesi bölgede mevcut plaka hareketlerine bağlı olarak gelişen Karbonifer-Permiyen bölgesel metamorfizma sürecinden bahsedilebilir. Yukarıda vurgulandığı üzere ilk gabroyik sokulumun yerleşmesinden sonra bu plaka hareketleri bölgede basınç ve

sıcaklık artışına neden olmuş ve buna bağlı olarak da gabroyik sokulumları metamorfizmaya uğratmış olmalıdır. Geç Triyas ve sonrasında ise aşağıdaki modele uygun olarak gelişmiş ve açıklanan süreçlerde magmatizma faaliyetleri ve zaman zaman da tortulaşma meydana gelmiş ve bölgenin jeodinamik gelişimi sağlanmıştır.



Şekil 37. Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu bölgenin jeodinamik gelişim modeli (Bektaş v.d., 2006 ve Eyüboğlu, 2006'dan alınmıştır)

Tüm bu verilerle anlaşıldığı üzere çalışma alanı gabroyik kayaçları, yitimle ilişkili magmatik faaliyetlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmış ve Doğu Pontidler'in Güney Zonu'ndaki ve aynı zamanda da bölgede temel niteliğindeki Pulur Masifi içerisinde yerlerini almışlardır. Bu kayaçların intrüzif yerleşim sergilemeleri herhangi bir tektonik bir taşınma sonucu yerleşmediklerini ve direkt olarak yitime bağlı sokulumlar şeklinde geliştiklerini ortaya koymaktadır. Doğu Pontidler'in Güney Zonu'ndaki mafik-ultramafik sokulum kayaçları (granit-gabro ve biyotit-hornblend içeren mafik-ultramafik kayaçlar) inceleyen Bektaş ve Güven (1995), Doğu Pontidler'in temeli olan Pulur Masifi içerisine intrüzif olarak yerleşen bu kayaçların Doğu Pontid magmatik yay litosferinde alt kabuk kesimine karşılık geldiklerini öne sürmüştür.



Şekil 38. Doğu Pontid magmatik yay litosferinin kabuk yapısı ve bölgede yer alan gabroyik kayaçların Doğu Pontid jeolojisindeki yeri (Bektaş ve Güven 1995'ten alınmıştır).

Bu görüşe göre Doğu Pontid magmatik yay litosferinin üst kabuk kesimi volkanik kayaçlar ve yer yer bunları kesen granitik kayaçlara, orta ve alt kabuk kesimi metamorfik kayaçlar ve bunları kesen granit-gabro ve biyotit-hornblend içeren sokulum kayaçlara, manto kesimine ise serpantinleşmiş peridotitler karşılık gelmektedir. Bu görüş çalışma alanı gabroyik kayaçlar için geçerli kabul edildiğinde, Pulur Masifi içerisinde intrüzif olarak yerleşmiş bulunan bu kayaçların Doğu Pontid magmatik yay litosferinde alt kabuk kesimine karşılık geldiği düşünülmektedir.

Daha önceki bazı çalışmalarda Doğu Pontidler'in Güney ve Eksen Zonu'nda yer alan mafik-ultramafik kayaç birlikliklerinin eski bir okyanus kabuğunun kalıntısı oldukları iddia edilmekteydi (Adamia vd. 1977; Tokel, 1981; Gedikoğlu, 1983; Ustaömer ve Robertson, 1995). Bu kayaç kütlelerinin bir okyanus ortası sırtta geliştikleri, farklı ortamlarda gözlenen bu kayaç sokulumlarının ise bu okyanus ortasından taşınarak yerleştikleri düşünülmekteydi. Bununla ilişkili olarak çalışma sahasında yüzeyleyen gabroyik kayaçlar, inceleme alanının hemen güneyinde yer alan serpantinitle kütleleri (Topuz, 1994) ve Bayburt-Karayaşmak yöresi mafik-ultramafik kayaçlar (Eyüboğlu, 2006) ile birlikte genel olarak değerlendirildiğinde öncelikle saha verileri bu kayaçların taşınarak yerleşmediklerini, aksine intrüzif yerleşim sergileyen oluşuklar olduklarını ve temel kayaçları keserek yerleştiklerini ortaya koyar. Öte yandan incelenen gabroyik kayaçların sulu mineral içermeleri, bu kayaçlarda sulu akışkanların etkilerini açıklarken yitime bağlı magmatik süreçlere bağlı oluşuklarını belirtir. Ana, iz ve nadir toprak element analizlerinin değerlendirilmesinde de yüksek LILE ve düşük HFSE içeriği, negatif Nb, Ti anomalileri, Cabanis ve Lecolle (1989) La-Y-Nb diyagramında yay ortamını yansıtmaları gibi unsurlar da bu gabroyik sokulum kayaçlarının okyanus ortası sırtında değil magmatik yay ortamında geliştiklerini kanıtlamaktadır. Bu verilere bağlı olarak çalışma alanı gabroyik kayaçları ile çalışma alanı yakınlarında yüzeyleyen diğer mafik-ultramafik kayaçlar (Topuz, 1994; Eyüboğlu, 2006) ve genel olarak Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer alan mafik-ultramafik kayaç kütleleri (Bektaş ve Güven, 1995), içerisinde yer aldıkları temel kayaçlarla birlikte okyanusal kabuğa ait olmayıp magmatik yay litosferinin bir parçasını teşkil etmektedirler.

5. SONUÇLAR

İnceleme sahasında yer alan ve elipsoidal sokulum kütleleri şeklinde ortama nüfuz etmiş halde bulunan gabroyik kayaçlar incelenmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. Gabroyik kayaçlar Pulur Masifi içerisinde elipsoidal sokulumlar halinde bulunmakta olup Atık Tepe Metagabrosu ve Beşkardeşler Gabrosu olmak üzere iki farklı zaman döneminde bu metamorfik masif içerisine yerleşmişlerdir.

2. İlk sokulum kütlelerini oluşturan metagabrolar başlıca plajiyoklaz ve amfibol, olivin, aktinolit-talk ve klorit mineralleri içermektedir. Birimin kenar kesimlerinde ayrışmalar ve düşük derece metamorfik minerallerdeki artış metamorfizmanın etkisi olarak ortaya çıkmaktadır.

3. İkinci seviye gabroyikleri ise daha taze bir kütle halinde gözlenen gabrolardan meydana gelmektedir. Gabroların mikroskobik incelemelerinde esas olarak plajiyoklaz ve amfibol, olivin, klorit mineralleri saptanmıştır.

4. Pulur Masifi'ne ait metamorfikleri keserek yerleşen metagabrolar, yerleşim sırasında komşu kayaçları etkilediklerinden dolayı sokulum kenarlarında foliasyon düzlemlerinin doğrultuları dokanak hattına paralellik sunmaktadır. Bu da magmatik kütlelerinin yerleşimi sırasında yan kayaçlarda meydana gelen deformasyonların etkisini ve bu magmatik kütlelerin yerli oluşuklar olduklarını göstermektedir.

5. Beşkardeşler Gabrosu ise Yakupabdal Volkanitleri'ni muhtemelen keserek yerleşmektedir. Ancak iki birim arasındaki dokanak örtülü olduğundan kontakt ilişkileri net olarak gözlenememektedir. Sınır hatları boyunca yer yer gözlenen yoğun killeşmeler gabroların volkanitlere sokulum yaparak yerleştiklerini düşündürmektedir. Kontakın net tespit edilememesi de olasılıkla komşu kayaçların kolay ayrışabilir nitelikte olmaları, gabroların yerleşmesi sırasında hızlı deforme olmaları ve bu alanların örtülmesi sonucu ortaya çıkmaktadır.

6. Buna göre çalışma alanındaki gabroyik kayaçlar farklı zaman dilimlerinde sokulum yapmış iki seviye halinde yerleşim sergilemişlerdir. Bunlardan ilk seviyeyi oluşturan metagabrolar daha önce Geç Karbonifer-Permien döneminde ortama nüfuz etmiştir. Daha

sonra ise ikinci aşama olarak Geç Triyas döneminde gabrolar intruzif olarak yerleşmişlerdir.

7. İnceleme sahasında yüzeyleme veren magmatik kütlelerin, ana kırık hatlarına paralel olarak yayılım sergilemeleri, magmatizma ürünlerinin bu kırıklar vasıtasıyla taşındıklarını kanıtlamaktadır.

8. Gabro ve metagabro kütlelerinden alınan numunelerin ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmış ve ilk değerlendirmelerde bu kütlelerin TAS adlama diyagramında gabro alanında toplandıkları ve magma serisi sınıflama diyagramlarına göre kalk-alkalen karakteristik magma serisine ait oldukları saptanmıştır. Kalk-alkalen magma serisi sadece yitim zonlarında gözlenmektedir.

9. Çalışma konusunu oluşturan gabro ve metagabroların ilksel mantoya göre normalleştirilen iz element diyagramında bu kayaçların LILE bakımından zenginleştikleri ve HFSE bakımından normal hattına yakın bir bileşimde oldukları ve kısmen de tüketildikleri gözlenmektedir. Zenginleşmiş LILE içerikleri, negatif Ti, Nb ve pozitif Pb anomalileri yitim zonu magmatizma ürünlerinde karakteristik özelliklerdir.

10. MORB'a göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında da LILE bakımından zenginleşme görülürken HFSE grubu elementlerde ise tüketilme söz konusudur. Sr, K, Rb, Ba ve Th içeriklerinin, Ta içeriğine göre zenginleşmesi, HFSE grubu elementlerin ise MORB bileşimine göre tüketilmeleri ve Th, Ce ve Sm içeriklerinin de bu grubun diğer elementlerine göre daha fazla bulunmaları yitim zonlarında tipiktir.

11. Kondrite uyarlanan iz element dağılım diyagramlarında LREE bakımından 10 kata varan zenginleşme ve HREE grubunda ise zenginleşmenin daha az olduğu hafifçe tüketilmenin de varlığı gözlenir. Pozitif Eu anomalisi plajiyoklaz birikimin bir işaretçisi iken, gabro ve metagabro kütlelerine ait eğrilerin birbirlerine paralellik sunması bu kayaçların benzer veya aynı kaynaktan türediklerini kanıtlamaktadır.

12. Çalışma alanı gabroyikleri ile Bayburt Karayaşmak yöresi gabronoritlerinin (Eyüboğlu, 2006) ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında ve kondite uyarlanan nadir toprak element dağılım diyagramında benzer eğilimler sergilemeleri bu iki yörenin de benzer jeotektonik ortam olduklarını desteklemektedir.

13. Çalışma alanı gabroyiklerinin Cabanis ve Lecolle (1989) tektonik ayırtman diyagramında yay ortamı alanında yer alması da bu kayaçların jeotektonik ortamının bir yitim zonu olduğunu göstermektedir.

14. Sonuç olarak bu gabroyik kayalar bir yitim zonunda, yitime uğrayan okyanusal kabuğun dehidratasyon sürecinde açığa çıkan akışkanların nüfuzuyla LILE içerikleri artan ve zenginleşen manto malzemesinin kısmi ergimesiyle oluşmuş olmalıdır.

15. Çalışma alanı gabroyik kayalarının saha çalışmalarında temel kayaları olan Pular Masifi'ni keserek yerleşmeleri, bu kayaların taşınarak yerleşmediklerini göstermektedir. İntrüzif yerleşim sergileyen bu kayalarda sulu minerallerin gözlenmesi, yitime bağlı sulu akışkanların etkisini belirtirken ana, iz ve nadir toprak element jeokimyasaları ise tipik bir yitim zonu ortamını işaret etmektedir.

16. Yitime bağlı magmatizma faaliyetlerinin bir ürünü olarak ortaya çıkan bu gabroyik kayaların, Doğu Pontid magmatik yay litosferinde temel kayaları niteliğinde olan Pular Masifi'ni keserek yerleşmeleri, bu kayaların grubunun (Pular Masifi ile birlikte gabroyik sokulumların) magmatik yay litosferinin alt kabuk kesimine karşılık geldiğini düşündürmektedir. Bu da daha önceki bazı çalışmalarda iddia edildiği üzere Doğu Pontid magmatik yayının Güney Zonu'nda gözlenen mafik ve ultramafik kayaların birlikteliklerinin okyanusal kabuğun bir parçası oldukları görüşünün tersine, bu kayaların yitime bağlı magmatizma süreciyle ilişkili oluşuklar oldukları görüşünü desteklemektedir.

17. Bölgede temel kayaları ile birlikte Doğu Pontid magmatik yayının alt kabuk kesimini oluşturduğu düşünülen çalışma alanı gabroyik kayaları, kabukta meydana gelen aşınma faaliyetlerinin etkisiyle bugün yüzeyde gözlenmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Adamia, S., Lordkipanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of An Active Continental Margin as Exemplified by the Alpine History of the Caucasus, *Tectonophysics*, 40, 183-189.
- Adamia, S., Bayrakturan, S. ve Lordkipanidze, M.B., 1995. Structural Correlation and Phanerozoic Evolution of the Caucasus-Eastern Pontides, In: Erler A., Ercan, T., Bingöl, E., Örcen S., (eds), *Geology of the Black Sea Region*, Ankara, 69-75.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akdeniz, N., 1988. Demirözü Karboniferi ve Bölgesel Yapı İçindeki Yeri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 31, 1, 70-80.
- Arni, P., 1939. Şarki Anadolu ve Mücavir Mıntıklarının Tektonik Ana Hatları, MTA Yayın Serisi, no:4, Ankara.
- Bektaş, O., 1981. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Erzincan Tanyeri Bucağı Yöresindeki Jeolojik Özellikleri ve Yerel Ofiyolit Sorunları. Doktora Tezi, KTÜ Yer Bilimleri Yayınları, No: 32, Trabzon, 196 s.
- Bektaş, O., 1982. Tanyeri Ofiyolit Karmaşığına Ait Trondjemitlerin Paleotektonik Konumu ve Kökenleri. KTÜ Yerbilimleri Jeoloji Der. 2, 1-2, 39-50, Trabzon.
- Bektaş, O., 1983. Kuzeydoğu Pontid Magmatik Yayındaki I Tipi Granitler ve Jeotektonik Konumları. 37. T.J.K. Kurultay Bildiri Özetleri Bildiriler Kitabı, Ankara, 49-50.
- Bektaş, O., 1984. Doğu Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi. KTÜ Yerbilimleri Jeoloji Der. 3, 1-2, 53-63, Trabzon.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc-Back Arc of Eastern Pontides, Mineral Research and Exploration Institute (MTA) Bulletin, 103, 1-15
- Bektaş, O., Van, A. ve Boynukalın, S., 1987. Doğu Pontidler'de (Kuzeydoğu Türkiye) Jura Volkanizması ve Jeotektoniği, Türkiye Jeoloji Bülteni, 30, 9-18.
- Bektaş, O., 1987. Volcanic Belts as Markers of the Mesozoik-Cenozoik Active Margin of Eurasia-Discussion, *Tectonophysics*, 141, 345-347.
- Bektaş, O., 1990. Porphyry Copper Systems as Markers of Mesozoik-Cenozoik Active Margin of Eurasia-Comment, *Tectonophysics*, 172, 191-194.

- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S., 1995. Cretaceous Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform (NE Turkey); The Formation of Carbonate Breccias and Turbidites as Evidence of a Drowned Platform, *Giornale di Geologia*, 57.
- Bektaş, O. ve Güven, İ.H., 1995. Alaskan-Appinitic type Ultramafic and Mafic Complexes as the Root Zone of the Eastern Pontide Magmatic Arc, NE Turkey, *Geology of the Black Sea Region*, 189-197.
- Bektaş O. ve Çapkınoğlu, Ş., 1997. Doğu Pontid Magmatik Arkında (KD Türkiye) Neptünyen Dayklar ve Blok Tektoniği: Mesozoyik Havzaların Kinematığı ile İlgili Bulgular, *Yerbilimleri, Geosound*, 30, 451-463.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction-Related Volcanism Towards the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc, *Geological Journal, Geol. J.* 34, 95-106.
- Bektaş O., Eyüboğlu Y. ve Pul, D., 2006. Middle Cretaceous Ophiolitic Olistostromal Melange Developed in the Back-Arc Basin of the Easter Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), *Lithos*, (incelemede).
- Boztuğ, D., 2001. Jeolojik Malzemenin Spektroskopik Analiz Yöntemleri, Kaynak: Boztuğ, D. ve Otlu, N., (editörler). TUBİTAK Lisansüstü Yaz Okulu, *Magmatik Petrojenez Kitabı*, Haziran 2001, Akçakoca-Düzce.
- Boztuğ, D. ve Otlu, N., (editörler), 2001. *Magmatik Petrojenez*, TUBİTAK Lisansüstü Yaz Okulu, *Magmatik Petrojenez Kitabı*, Haziran 2001, Akçakoca-Düzce.
- Boynnton, W.V., 1984. Geochemistry of the Rare Earth Elements: Meteorite Studies. In: Henderson P. (ed.), *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, 63-114.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Cabanis, B. ve Lecolle, M., 1989. Le Diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un Outil Pour la Discrimination des Series Volcaniques et la Mise en Evidence des Processus de Melange et/ ou de Contamination Crustale. *C.R. Acad. Sci. Ser. II*, 309, 2023-2029.
- Castro, A., 1986. Structural Pattern and Ascend Model in the Central Extramadura Batholit, Hercynian Belt, Spain. *J. Struct. Geol.*, 8.,633-645.
- Chorowicz, J., Dhont, D. ve Adıyaman, Ö., 1998. Black Sea-Pontide Relationship: Interpretation in Terms of Subduction, Third International Turkish Geology Symposium, Abstracts, 258.
- Cox K.G., Bell J.D. and Pankhurst R.J., 1979. *The Interpretation of Igneous Rocks*. George, Allen and Unwin, London.

- Çakır, 1987. Pulur Masifi Orta Kesiminin Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plutonlarının Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul (yayınlanmamış).
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. ve Bonin, J., 1973. Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System, *Geol. Soc. Am. Bul.*, 84, 3137-3180
- Erkan, Y., 2007, Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelenmeleri, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 42, 438 s.
- Eyüboğlu, Y., 2000. Tirebolu-Doğankent (Giresun) Arasının Jeolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., Tüysüz, N. ve Korkmaz, S., 2005. Two Cycles of the Upper Cretaceous volcanism in the Northern Part of the Eastern Pontide Magmatic Arc: A new Approach to Exploration Volcanogenic Massive Sulfides, Harşit Valley (Giresun, NE Turkey), DMG, Aachen, Germany.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Yayı'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafik-Ultramafiklerin Tanımı ve Jeotektonik Önemi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bil. Enst., Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O. ve Pul, D., 2007, Mid-Cretaceous Olistostromal Ophiolitic Melange Developed in the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), *International Geology Review*, 49, 12, 1103-1126.
- Eyüboğlu, Y., Borkurt, E., Bektaş, O., Rojay, B. ve Sen, C., 2009, Ters Olarak Zonlanmış Alaska-Tip Mafik-Ultramafik Kütleler İçin Bir Örnek: Karayaşmak Mafik-Ultramafik Birliği, Pulur, Doğu Pontidler, KD Türkiye, 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı.
- Eyüboğlu, Y., 2009, Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt, and Its Implications for the Geodynamic Evolution of NE Turkey, *International Geology Review*, Special Issue, doi number: 10.1080/00206810902757164.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gedik, İ., 2008, Genel Jeoloji, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genel Yayın No:223, Fak. Yayın No: 62, Trabzon.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doçentlik Tezi, KTÜ Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.

- Gedikoğlu, A., 1983. Doğu Pontidlerdeki Metalik Maden Yataklarının Plaka Tektoniği ile Olan İlişkileri. 37. T.J.K. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, 86-87, Ankara.
- Gürler, G., 1995a. Demirözü (Bayburt) Güneydoğusunun Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 78s.
- Gürler, M., 1995b. Pulur Masifi Doğu Kesiminin (Sakızlı, Saraycık ve Kurugüney Köyleri Dolaylarının) Metamorfizması ve Jeolojik Evrimi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 73s.
- Habiboğlu, Y.E., 1989. Doğu Pontid Güney Zonu'ndaki (Bayburt-Demirözü) Metamorfite-Ofiyolit Birliğinin (Pulur Masifi) Jeotektonik Anlamı, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 104s.
- Hall, A., 1996. Igneous Petrology, Longman Group Ltd., England, 550s.
- Hamilton, W.J., 1842. Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia, London.
- Irvin, T.N. and Bragar, W.R.A., 1971. A Guide to Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, Can. J. Earth Sci., 8, 523-548.
- Kadioğlu, Y.K., 2001. Mafik ve Ultramafik Magmatik Kayaçların Ana-Eser ve REE Jeokimyası Karakteristikleri ve Jeofiziksel Açıdan İncelenmeleri, Kaynak: Boztuğ, D. ve Otlu, N., (editörler). TUBİTAK Lisansüstü Yaz Okulu, Magmatik Petrojenez Kitabı, Haziran 2001, Akçakoca-Düzce.
- Kerr, P.F., 1959, Optical Mineralogy, McGraw Hill, New York, 442 s.
- Keskin, İ., 1986. Pulur Metamorfiteilerinin Yaşı İle İlgili Yeni Bir Bulgu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüt Dairesi, MTA Rap., Ankara.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Yöresini Jeolojisi, İÜ Fen Fak. Mec., 16, 113-127.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi, Ankara, 66, 20-34.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Kolaylı, H., 1996. Kop Dağları (Erzincan-Erzurum-Bayburt) Ultramafik ve Mafik Kayaçların Jeolojik, Petrolojik ve Metalojik İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 282s.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984. Demirözü (Bayburt) Yöresinin Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 5, 107-115.
- Kurt, M.A., 2004. Ulukışla (Niğe) Volkanosedimanter İstifini Kesen Gabroyik ve Diyoritik Daykların Minerolojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi,

Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 71s.

- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen H., Streckeisen. A., Wooley A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford.
- McCulloch, M.T. ve Gamble, J.A., 1991. Geochemical and Geodynamical Constraints on Subduction Zone Magmatism. Earth Planet. Sci. Lett., 102, 358-374.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic Rock Series in Island Arcs and Active Continental Margins, Amer. J. Sci., 274, 321-355.
- Norrish K. and Chappel B.W., 1977. X-ray Fluorescence Spectrometry, Zussman J. (ed), Physical Methods in Determinative Mineralogy, 2nd Edition, Academic Press, New York, 201-272.
- Okay, A., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H., 1997, Stratigraphy and Tectonics of the Pulur (Bayburt) Region in the Eastern Pontides, Min. Res. Exp. Bull. 119, 1-24.
- Osswald, F., 1912. Armenian-Handbuch Regionalien Geologie, 10, 3, Heidelberg.
- Pearce, J.A., 1982. Trace Element Characteristics of Lavas From Destructive Plate Boundaries. Kaynak: Thorpe R.S. (ed), Andesites. Wiley, Chichester, s. 525-548.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Active Continental Margins. Kaynak: Hawkesworth C.J. and Norry M.J. (edler.), Continental Basalts and Mantle Xenolits. Shiva, Nantwich, 230-249.
- Rollinson, H., R., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Schultze-Westrum, H.H., 1961. Kuzeydogu Anadolu'da Dogu Pontus Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile 7lgili Mütaalalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Sun, S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. In: Saunders, A.D., and Norry, M.J. (eds.) Magmatism in the Ocean Basins, Geol. Soc. London Spec. Pub., 42, 312-345.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz Y., 1983. Türkiye'de Tetis'in Evrimi: Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım, Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi, no:1, Ankara.

- Tanyolu, E., 1988. Pulur Masifi (Bayburt) Doğu Kesiminin Jeolojisi, MTA Dergisi, 108, 1-17.
- Temel, A., 2001. Volkanik Kayaçların Jeokimyasal Özellikleri, Kaynak: Boztuğ, D. ve Otlu, N., (editörler), TÜBİTAK Lisansüstü Yaz Okulu, Magmatik Petrojenez Kitabı, Haziran 2001, Akçakoca-Düzce.
- Tertian, R. and Claisse F., 1982. Principles of Quantitive X-ray Fluorescence Analysis. Wiley-Heyden, New York.
- Thompson M and Walsh J.N., 1983. A Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry, Blackie, Glasgow
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region, Doktora Tezi, University College, London.
- Tokel, S., 1980. Doğu Anadolu'da Neojen Volkanizmasının Jeokimyası, 34. T.J.K. Kurultay Bildiri Özetleri, 33, Ankara.
- Tokel, S., 1981. Plaka Tektoniğinde Magmatik Yerleşimler ve Jeokimya, Türkiye'den Örnekler. Yeryuvarı ve İnsan, 6, 3-4, 55-65
- Tokel, S., 1983. Liyas Volkanitlerinin Kuzey Anadolu'daki Dağılımı, Jeokimyası ve Kuzey Tetis Adayayı Sisteminin Açıklanmasındaki Önemi. 37. T.J.K. Kurultay Bildiri Özetleri, 42-43, Ankara.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, 72 s.
- Topuz, G., 1994. Pulur Masifi Güneybatı Kesiminin (Petekli, Yakupabdal, Elmalı Köyleri Dolaylarının) Petrografi ve Metamorfizması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 125s.
- Topuz, G., 2000. Zur Petrologie der Metamorphen Gesteine des Pulur-Massivs, Östliche Pontiden, NE-Türkei, Doktora Tezi, Universität Heidelberg, 270 s.
- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004a, Pervasive Rehydration of Granulites During Exhumation – an Example From the Pulur Complex, Eastern Pontides, Turkey, Minerology and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O. ve Schwarz, W.H., 2004b, Aluminous Granulites From the Pulur complex, NE Turkey: A Case of partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallisation, Lithos, 72, 183-207
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, WH, 2004c. Low-Grade Metamorphic Rocks from the Pulur Complex, NE Turkey: Implications for the Pre-Liassic Evolution of the Eastern Pontides, Int. J. Earth Sci., 93, 72–91.

- Ustaömer, T. ve Robertson, A.H.F., 1995. Paleotethyan Tectonic Evolution of the North Tethyan Magrin in the Central Pontides, N Turkey, Geology of the Black Sea Region, Ankara, 24-33.
- Walsh J.N. and Howie R.A., 1980. An Evaluation of the Performance of an Inductively Coupled Plasma Source Spectrometer of Major and Trace Constituents of Silicate Rocks and Minerals. Mineral Mag., 47, 967-974.
- Williams K.L., 1987. Introduction to X-ray Spectrometry. Allen and Unwin, London.
- Wilson M., 1989. Igneous Petrogenesis. Unwin Hyman Ltd., London, 466 s.
- Winter, J.D., 2001. An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology, Prentice Hall Inc., 697 s.
- Yalınız, M.K., 2001. Dalma Batma Zonu (Supra-Subduction Zone, SSZ) Ofiyolitlerinin Petrojenezi, Kaynak: Boztuğ, D. ve Otlu, N., (editörler). TUBİTAK Lisansüstü Yaz Okulu, Magmatik Petrojenez Kitabı, Haziran 2001, Akçakoca-Düzce.
- Yılmaz, Y.,1972. Petrology and Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Doktora Tezi, London University, 260 s.
- Yılmaz, C., 1992. Kelkit (Gümüşhane) Yöresinin Stratigrafisi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 40, 50-62.
- Zankl, H., 1961. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harsit-Tales, NE Anatolien, Geol. Rdsch., 51, 218-239.
- Zankl, H., 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harsit-Tales, Bayerische, Akademie der Wissenschaften, Abhandlungen, Neue Folge, München, 109, 61-91.

ÖZGEÇMİŞ

Erdem AKKAYA, 1983 yılında Samsun'da doğdu. Sekiz yıllık ilköğretim sürecini Samsun 23 Nisan İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Daha sonra Samsun Namık Kemal Lisesi'nde orta öğrenimini tamamlayarak 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak üniversite eğitimine başladı. 2001-2002 akademik döneminde lisans öncesi İngilizce hazırlık programını başarıyla tamamlayarak Jeoloji Mühendisliği lisans eğitimine başladı. Dört yıllık lisans eğitiminden sonra mezun olarak, takip eden dönemde Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Genel Jeoloji branşında yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 yılında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Koordinatörlüğü'nde göreve başlayan yazar halen bu görevi sürdürmektedir. Yazar orta seviyede İngilizce bilmektedir.