

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞU PONTİD OROJENİK KUŞAĞI KUZEY ZONUNDA YÜZEYLEYEN**  
**ALKALİ GABROLARIN KÖKENİ VE JEODİNAMİK**  
**ORTAMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Müh. Sedanur YILMAZ DEĞERLİ**

**HAZİRAN 2018**  
**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞU PONTİD OROJENİK KUŞAĞI KUZEY ZONUNDA YÜZEYLEYEN  
ALKALİ GABROLARIN KÖKENİ VE JEODİNAMİK  
ORTAMI**

**Jeoloji Müh. Sedanur YILMAZ DEĞERLİ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28.05.2018  
Tezin Savunma Tarihi : 21.06.2018**

**Tez Danışmanı : Prof. Yener EYÜBOĞLU**

**Trabzon 2018**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında  
Sedanur YILMAZ DEĞERLİ Tarafından Hazırlanan**

**DOĞU PONTİD OROJENİK KUŞAĞI KUZEY ZONUNDA YÜZEYLEYEN  
ALKALİ GABROLARIN KÖKENİ VE JEODİNAMİK  
ORTAMI**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 29/05/2018 gün ve 1755 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Yener EYÜBOĞLU .....**

**Üye : Prof. Dr. Mehmet TURAN .....**

**Üye : Doç. Dr. Enver AKARYALI .....**

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Alp-Himalaya sisteminin önemli bir parçası olan Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzeyinde yer alan Trabzon ilinin Hayrat ilçesinin Dağalan Mahallesi'ne yakın bir bölgede yüzeyleme gösteren Geç Kretase yaşlı alkalin gabroların jeokimyasal özellikleri, yerleşim koşulları, oluşum zamanı ve tektonik ortamını konu alan çalışmaya maddi fon sağlayan TÜBİTAK'a (Proje No: 116Y018) ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu'na (FYL-2016-5614), desteklerini hiçbir şekilde esirgemeyen ve çalışmanın her aşamasında her türlü olanağı sağlayan danışman hocam Prof.Dr.Yener EYÜBOĞLU'na, çalışma döneminde yardımlarını esirgemeyen Arş.Gör. Tuğba EROĞLU GÜMRÜK, Arş.Gör. Kübra AKBULUT , Jeoloji Müh. Buket DÜNDAR, Jeoloji Müh. Selin ÇELİK ÇEVİK, Jeoloji Müh. Neslihan ASLAN'a, hayatımın her döneminde hiçbir şart sunmadan maddi manevi desteğini göstermekten çekinmeyen anneme, babama, kardeşlerime ve her koşulda bana inanan, hayatı paylaşmaktan gurur duyduğum eşim Çağlar DEĞERLİ'ye bu desteklerinden dolayı teşekkür ediyorum.

Sedanur Yılmaz DEĞERLİ  
Trabzon, 2018

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Pontid Orojenik Kuşağı Kuzey Zonunda Yüzeyleyen Alkali Gabroların Kökeni ve Jeodinamik Ortamı” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof.Dr.Yener EYÜBOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/06/2018

Sedanur Yılmaz DEĞERLİ

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	2
1.3. Çalışma Alanının Konumu ve Coğrafik Özellikleri.....	3
1.4. Önceki Çalışmalar .....	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	8
2.1. Materyal ve Yöntemler.....	8
2.2. Literatür Taraması .....	8
2.3. Saha Çalışmaları.....	9
2.4. Laboratuvar Çalışmaları .....	9
2.4.1. Örneklerin İnce Kesitlerinin Hazırlanması.....	9
2.4.2. Hazırlanan Örneklerin Mikroskopta İncelenmesi .....	10
2.4.3. Analiz İçin Örneklerin Hazırlanması ve Analiz Edilmesi.....	10
2.5. Büro Çalışmaları.....	11
3. BULGULAR .....	12
3.1. Giriş.....	12
3.2. Jeoloji ve Petrografi.....	15
3.3. Gabroyik Kayaçların Mineral Kimyası .....	22
3.3.1. Klinopiroksen .....	22
3.3.2. Plajiyoklas .....	22
3.3.3. Amfibol .....	22
3.4. Gabroyik Kayaçların Yaşı .....	24
3.5. Gabroyik Kayaçların Tüm Kayaç Ana, İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası .....	27

4.	TARTIŞMA.....	31
4.1.	Giriş.....	31
4.2.	Gabroyik Kayaçların Petrojenezi ve Kristalizayon Koşulları.....	31
4.3.	Neden Yay Önü? .....	35
4.4.	Jeodinamik Gelişim.....	40
5.	SONUÇLAR .....	44
6.	KAYNAKLAR.....	46
	ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

**DOĞU PONTİD OROJENİK KUŞAĞI KUZEY ZONUNDA YÜZEYLEYEN ALKALİ  
GABROLARIN KÖKENİ VE JEODİNAMİK ORTAMI**

Sedanur YILMAZ DEĞERLİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Yener EYÜBOĞLU  
2018, 53 Sayfa

Alp-Himalaya sisteminin jeodinamik gelişimini yorumlamak açısından anahtar alanlardan biri olan Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Geç Mesozoyik dönemi başlıca volkanik ve plütonik kayaçlar ile temsil edilmekte olup, bu kayaçlar toleyitikten çok yüksek potasyumluya kadar değişen kimyasal afiniteye sahiptirler. Bölgedeki Geç Mesozoyik magmatizmasının yitim ilişkili bir ortamda geliştiğine dair bilim insanları arasında bir ortak görüş olmasına rağmen, yitimin yönü kırk yılı aşkın zamandan beri tartışma konusudur. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kesiminde Hayrat (Trabzon) ilçesinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı bir gabro kütesinden yeni jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik bulgular sunulmakta yeni ve eski veriler ışığında bu kütenin kökeni ve jeodinamik ortamı tartışılmaktadır.

Gabroyik kütle kuzey ve güney kenarları boyunca ters faylar tarafından sınırlandırılmakta ve yastık yapı gösteren boşluklu bazaltlar tarafından çevrelenmektedir. Gabroyik kayaçlar başlıca diyopsit ( $En_{42-37}Fs_{11-18}Wo_{49-45}$ , Mg# 71-90), kersutit (Mg# 63-69,  $TiO_2$  4.99-5.20 wt.%) ve plajiyoklastan ( $An_{37-83}Ab_{61-16}Or_{<3}$ ) oluşur. Mineral bileşimleri, gabronun kristallenmesinin  $1170^{\circ}C$  sıcaklık ve 5.7-7.4 kilobar basınç koşullarında başladığını göstermektedir. Kersutit ve plajiyoklastardan yapılan  $^{40}Ar/^{39}Ar$  ve ayrıca titanitlerden yapılan U-Pb tarihlendirmeleri gabroyik kütenin kristallenmesi için yaklaşık olarak 67 milyon yıl öncesini (Geç Mestriştien) işaret etmektedir. Gabroyik kayaçların tüm kayaç ana-iz ve nadir toprak element konsantrasyonları, onların alkalin karakterli olduğunu, Okyanus Adası Bazalt (OAB) tip magmaların jeokimyasal özelliklerine sahip olduğunu ve zenginleşmiş litosferik manto kaynağından türemiş olduğunu işaret etmektedir.

Doğu Karadeniz Havzası ve Doğu Karadeniz Dağları-Küçük Kafkaslar-Alborz Dağları Kuşağı'ndan elde edilen tüm yeni ve eski jeolojik, jeokimyasal, jeokronolojik ve jeofiziksel veriler birlikte düşünüldüğünde, alkali Hayrat gabrosunun okyanusal plaka içi ortamında oluştuğunu, Paleotetis okyanus litosferinin güney yönlü yitimi sırasında Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın yay öne bölgesine eklendiğini ve sonrasında da su altında gelişen yay ilişkili bazaltik kayaçlar ile tektonik olarak bir araya geldiğini söyleyebiliriz.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı, Okyanus Adası Bazaltı, Gabro, Alkalin, Kersutit.



Master Thesis

SUMMARY

IN THE ORIGIN AND GEODYNAMIC SETTING OF THE ALKALINE GABBROS EXPOSED  
IN THE NORTHERN ZONE OF THE EASTERN PONDIDES OROGENIC BELT

Sedanur YILMAZ DEĞERLİ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geological Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Yener EYÜBOĞLU  
2018, 53 Pages

In the Eastern Black Sea Mountain Belt, which provides a key to interpret the geodynamic evolution of Alpine-Himalayan system, the Late Mesozoic time is mainly represented by volcanic and plutonic lithologies that exhibit a wide range of chemical affinity changing from tholeiitic to ultrapotassic. The scientific consensus is that the Late Mesozoic magmas were generated in a subduction-related setting. However, the subduction polarity has been a topic of some controversy over the forty years. In this study, new geological, geochemical and geochronological findings from a Late Cretaceous gabbroic body exposed in the northern part of the Eastern Black Sea Mountain Belt are presented and its origin and geodynamic setting are discussed in the light of new and old data.

The gabbroic body is bounded by reverse faults along its northern and southern borders and is surrounded by vesicular pillow basalts. Gabbroic rocks consist predominantly of diopside ( $\text{En}_{42-37}\text{Fs}_{11-18}\text{Wo}_{49-45}$ , Mg# 71-90), kaersutite (Mg# 63-69,  $\text{TiO}_2$  4.99-5.20 wt.%) and plagioclase ( $\text{An}_{37-83}\text{Ab}_{61-16}\text{Or}_{<3}$ ). Mineral compositions suggest that crystallization of the gabbros began at about 1170°C. Estimated pressure at the beginning of crystallization is 5.7-7.4 kb. The  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of kaersutite and plagioclase and U-Pb dating of titanite indicated that the Hayrat gabbro crystallized at ~67 Ma (Late Maastrichtian). Their whole rock major, trace and rare earth element concentrations indicate that the gabbros are alkaline and have the geochemical features of Ocean Island Basalt (OIB) and they derive from an enriched lithospheric mantle source.

Considering all new and old geological, geochemical, geochronological and geophysical data from the Eastern Black Sea Basin and the Eastern Black Sea Mountains-Lesser Caucasus-Alborz Orogenic Belt, we suggest that the alkaline Hayrat gabbro formed in an oceanic intraplate setting, and was accreted to the forearc region of the Eastern Black Sea Mountain Belt during southward subduction of Paleotethys lithosphere. It was later tectonically juxtaposed with subaqueously erupted, arc-related basalts.

**Key Words:** Eastern Black Sea Mountain Belt, Ocean Island Basalt, Gabbro, Alkaline, Kaersutite.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

- Şekil 1. İnceleme alanının Türkiye ve Trabzon ili sınırları içindeki lokasyonunu gösteren yer bulduru haritası..... 3
- Şekil 2. Doğu KaradenizDağ Kuşağı'nın ana litolojik birliklerini ve tektonik zonlarını gösteren harita (MTA tarafından hazırlanan 1/500000 ölçekli haritalar kullanılarak Eyüboğlu vd. 2016a tarafından hazırlanmıştır). ..... 14
- Şekil 3. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın farklı zonlarına ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitler (Eyüboğlu vd. 2014' den alınmıştır)..... 15
- Şekil 4. Çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaçların inceleme sahasında yüzeyleyen diğer birimlerle olan dokanak ilişkilerini ve sahadaki yapısal unsurları gösteren jeolojik harita (Eyüboğlu vd. 2018' den alınmıştır). ..... 18
- Şekil 5. Çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaçlar, onları çevreleyen bazaltik kayaçlar ve inceleme alanının güney kesiminde Coş Tepe civarında yüzeyleme veren sedimanter kayaçların saha görünüşleri..... 19
- Şekil 6. Çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaçlar ve onları çevreleyen bazaltik kayaçların mikroskop altındaki görünüşleri (Kps: klinopiroksen; Pl; plajiyoklas; Amf: amfibol; Mnt: manyetit; Kls: kalsit; Zlt: zeolit. Not: bazaltik kayaçların ölçeği gabroyik kayaçlar üzerindeki ölçek ile aynıdır)..... 21
- Şekil 7. Gabroyik kayaçlarda analiz edilen klinopiroksenler (A, Morimoto vd. 1987), plajiyoklaslar (B, Smith ve Brown, 1988) ve amfibollerin (C, Leake vd., 1997) kimyasal adlandırma diyagramlarındaki dağılımları (Eyüboğlu vd. 2018'den değiştirilerek). ..... 24
- Şekil 8. Hayrat yöresi gabroyik kayaçlarından amfibol ve plajiyoklaslar için <sup>39</sup>Ar-<sup>40</sup>Ar yaş spektra ve izokron diyagramları (A, B, C) ve titanit için U-Pb konkordiya diyagramları (D) (Eyüboğlu vd. 2018'den değiştirelerek alınmıştır). ..... 27
- Şekil 9. Çalışılan gabroyik kayaç örnekleri için; (A) Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O'ya karşı SiO<sub>2</sub> (sınırlar Cox vd., 1979'dan), (B) Zr/Ti ye karşı Nb/Y (sınırlar Pearce, 1996'dan). ..... 28
- Şekil 10. Çalışılan gabroyik kayaçların ilksel mantoya (A) ve kondirite göre normalleştirilmiş iz ve nadir toprak element dağılım diyagramları (normalleştirme değerleri ilksel manto için Sun ve McDonough (1989) ve kondirit için Boynton (1984)'den alınmıştır)..... 30
- Şekil 11. Gabroyik kayaçların çeşitli tektonik ortam ayırtman diyagramlarındaki dağılımları (A: Mullen, 1983; B: Meschede, 1986; C: Pearce ve Cann, 1973; D: Wood, 1980). Kısaltmalar: OOSB: okyanus ortası sırt bazaltı, KAB: Kalk-alkali bazalt, PİAB: Plaka içi alkali bazalt, PİB: Plaka içi bazaltı, AYB: Ada yayı bazaltı, PİTB:

	Plaka içi toleyitik bazalt, AYTb: Ada yayı toleyitik bazalt, Z-OOSB: Zenginleşmiş okyanus ortası sırt bazaltı, N-OOSB: Normal okyanus ortası sırt bazaltı. ....	33
Şekil 12.	Hayrat gabroyik kayaçlarının bazı köken ve jeodinamik ortam yorumlama diyagramlarındaki dağılımları (A ve B: Pearce, 1996; C: Shervais, 1982). Kısaltmalar: CAB: kıtasal akıntı bazaltı, YGB: yay gerisi bazaltı .....	34
Şekil 13.	A) Doğu Karadeniz Havzası'nın ana tektonik hatlarını ve havza içindeki varlıkları jeofiziksel çalışmalarla belirlenen sedimanlarla örtülü olan volkan veya denizaltı dağlarının dağılımı (kırmızı karelerle temsil edilen lokasyonlar Nikishin vd. 2017, mavi dairelerle temsil edilen lokasyonlar ise Chandler, 2017'den alınmıştır). B) TPAO tarafından Doğu Karadeniz Havzası'nda petrol arama odaklı olarak yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkartılan ve Karadeniz'in güneydoğu sahili boyunca sıkışma ilişkili yapıların varlığını gösteren kesit (Eyüboğlu vd. 2018'den alınmıştır).....	42
Şekil 14.	Geç Kretase döneminde, okyanus içi magmaların gelişimini ve çalışma konusunu teşkil eden kayaçların oluşumunu ve Karadeniz sahili boyunca yerleşimini gösteren jeodinamik gelişim modeli (Eyüboğlu vd. 2018).....	43

## TABLÖLAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Hayrat gabroyik kayaçlarından klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları.....	23
Tablo 2. Hayrat gabroyik kayaçlarından plajiyoklasların mineral kimyası analiz sonuçları.....	23
Tablo 3. Hayrat gabroyik kayaçlarından amfibollerin mineral kimyası analiz sonuçları .....	24
Tablo 4. Hayrat gabrosundan kersutit ve plajiyoklasların Ar/Ar tarihlendirilmesinden elde edilen plato ve ters izokron yaş verileri.....	26
Tablo 5. Trabzon Hayrat bölgesindeki gabroyik kayaçlarından 16 örneğin ana oksit (%ağırlık), iz ve nadir toprak element (ppm) içerikleri.....	29

## 1.GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Son yıllarda jeolojik çalışmalarda özellikle magmatik kayaçların kökenine yönelik jeokimyasal çalışmalar, hem kayaçların petrojenetik gelişimleri hem de oluştukları ortam hakkında bizlere önemli bilgiler sunmaktadır. Özellikle yaklaşan ve uzaklaşan levha kenarları levha içi bölgeler magmatik faaliyetin en yoğun olduğu ortamlar olarak dikkat çekmektedir. Hiç şüphesiz bu ortamlarda oluşan magmaların gelişimlerinde farklı kaynak alanlarının etkin olması farklı tipte magmaların gelişimine neden olmaktadır.

Alman iklim bilimci Alfred Wegener'in 1912 yılında "Kıtaların Kayması Hipotezi" kavramını bir çok kanıtı dayanarak yerbilimleri literatürüne katmasıyla birlikte, bugün levha tektoniği olarak bilinen teorinin de temelleri atılmış oldu. Bununla birlikte İkinci Dünya Savaşı'na kadar olan süreçte deniz tabanı hakkında çok fazla bilgi bilim dünyasına sunulamamıştı. Ancak İkinci Dünya Savaşı sırasında özellikle denizaltıları takip etmek amaçlı olarak oluşturulan sonar cihazlar ile alınan görüntüler, aslında deniz tabanının yaygın olarak bilindiği gibi düz bir topografyaya sahip olmadığını, okyanus ortası bölgelerde yükselimler olduğunu gösterdi. İkinci Dünya Savaşı'nı takip eden yıllarda deniz tabanının topografik ve manyetik özelliklerine odaklanan çalışmalar Wegener'in hipotezini destekleyen önemli bilgilere ulaşılmasına olanak verdi. Princeton Üniversitesi'nden Harry Haymond Hess 1962 yılında basılan "History of Ocean Basins" isimli çalışmasında Wegener'in hipotezini destekleyen "deniz tabanı yayılması" hipotezini ileri sürdü. Hess'in hipotezinde, Okyanusal kabuk okyanusal sırt bölgesinde oluşur ve sırttan uzaklaşacak şekilde yanal olarak yayılır. Bir başka deyişle okyanus kabuğu okyanus ortası sırttan ne kadar uzaksa o kadar yaşlıdır. Bugün biz çok iyi biliyoruz ki deniz tabanı okyanus ortası sırtlar, okyanus adaları (ocean island), denizaltı dağları (seamount) ve guyot gibi yükseltileri içerir. Bu yükseltiler yitim ilişkili olmayan magmatik aktivitenin eserleridir ve okyanus ortası sırt bazaltı (OOSB) veya okyanus adası bazaltı (OAB) tip magmaların oluşturduğu litolojiler ile temsil edilirler.

Alp-Himalaya sisteminin önemli kesimlerinden birini oluşturan Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nda Geç Kretase dönemi baskın olarak toleyitikten yüksek potasyumluya kadar değişen kimyasal bir yelpazede gelişen volkanik ve plütonik kayaçlar ile temsil edilir.

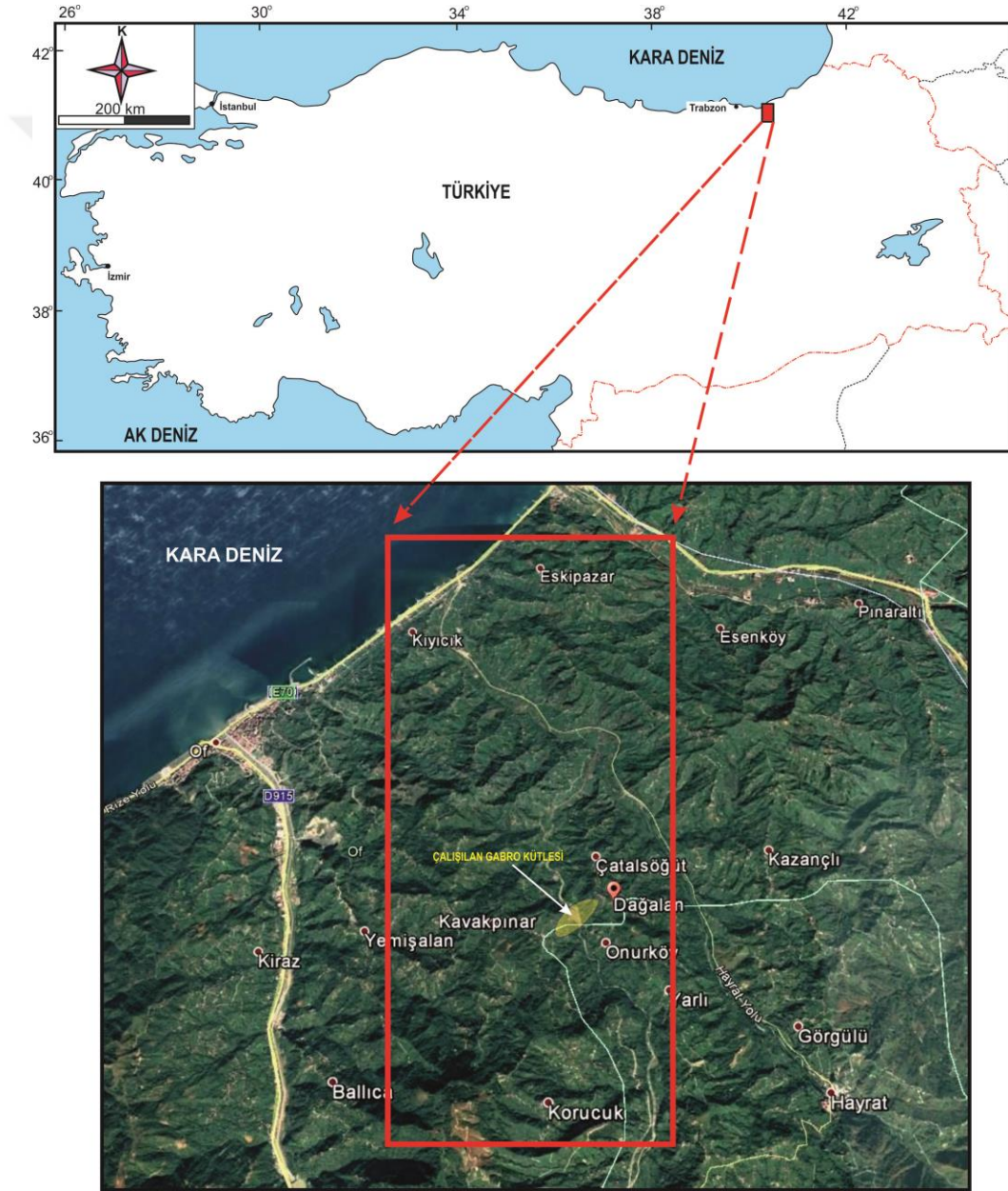
Bölgedeki magmatizma üzerine çalışan yer bilimciler arasında, bu magmatik aktivitenin yitim ilişkili bir ortamda gelişmiş olduğuna dair genel bir görüş olmasına rağmen, yitimin yönü üzerine olan tartışmalar günümüzde devam etmektedir. Çok yaygın olarak kabul gören yaklaşım, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın Geç Mesozoyik döneminde Neotetis'in Kuzey Kolu veya Paleotetis okyanusları altındaki litosferik levhanın kuzey yönlü yitiminin, Erken Senozoyik'te Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı ile Torid Platformu'nun doğu uzantısının çarpışması ile son bulduğu ve Senozoyik magmatizmasının da çarpışma ilişkili bir ortamda geliştiğidir (Adamia vd. 1977; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Dilek vd. 2010; Karlı vd. 2010; Aydın vd. 2014; Kaygusuz ve Öztürk, 2015; Özdamar, 2016; Gülmez vd. 2016). Buna karşın bazı araştırmacılar, bölgenin güney yönlü bir yitim zonu üzerinde şekillendiğini, yayın güneyinde Geç Mesozoyik-Senozoyik döneminde herhangi bir çarpışma sürecinin gelişmemiş olduğunu ileri sürmüşlerdir (Dewey vd. 1973; Bektaş vd. 1999; Eyüboğlu, 2010 ve 2015; Eyüboğlu vd. 2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2012, 2013a, 2013b, 2014, 2016a, 2016b, 2017, 2018; Maden, 2013, Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016). Hiç şüphesiz bu tartışmaya yönelik olarak literatüre kazandırılacak her veri oldukça kıymetli olacaktır.

## 1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Jeodinamik gelişimi ile ilgili olarak tartışmaların günümüzde de devam ettiği ve Alp-Himalaya Kuşağı'nın önemli metalojenik provenslerinden biri olan Doğu Karadeniz Orojenik Kuşağı bu özellikleri ile çok sayıda bilim insanının ilgisini çekmiş ve onların araştırmalarına konu olmuştur. Yüksek lisans tez çalışmasında, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzeyinde, Trabzon ili Hayrat ilçesinin kuzeybatısında yer alan Kretase yaşlı okyanus adası tip bazaltik kayaçların özelliklerine sahip gabroyik kayaçların jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin detaylı bir şekilde irdelenerek kayaçların kökenlerinin ve oluşum ortamlarının yorumlanması amaçlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, bölgenin kuzey kesiminde Karadeniz sahiline çok yakın bir alanda tanımlanan bu kayaçların varlığı ve onlardan elde edilen jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik veriler bölge ile ilgili devam eden tartışmaların çözümüne yönelik önemli bir veri tabanının literatüre kazandırılmasına vesile olacaktır.

### 1.3. Çalışma Alanının Konumu ve Coğrafi Özellikleri

Çalışılan gabro kütlesi Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzey kesiminde, 1/25.000 ölçekli G44-b1 paftası içerisinde, Karadeniz sahiline yaklaşık 5 km uzaklıkta ve Hayrat ilçesinin ise yaklaşık 5 km kuzeybatısında yüzeyleme vermekte olup (Şekil 1), yan kayaçlarla olan ilişkilerinin daha net olarak ortaya konulabilmesi adına tez çalışmasında 50 km<sup>2</sup> lik bir alan çalışılmış ve haritalanmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının Türkiye ve Trabzon ili sınırları içindeki lokasyonunu gösteren yer bulduru haritası

Çalışma alanı içerisindeki en önemli yerleşim merkezleri Yadigar, Serince, Karabudak, Söğütlü, Gökçeoba, Barış, Dağalan ve Ballica mahalleleridir. Engebeli bir topoğrafyaya sahip olan inceleme alanındaki en önemli yükselti 750 metrelik yüksekliği ile Coş Dağı'dır. İnceleme alanının en önemli akarsuyu ise yaklaşık güney-kuzey doğrultusunda akıp, inceleme alanının orta kesiminden itibaren kuzeybatıya yönelerek Karadeniz'e ulaşan Baltacı Deresidir.

Yağışlı ve ılıman karakterli tipik Karadeniz ikliminin özelliklerinin görüldüğü inceleme alanı, bitki örtüsü bakımından oldukça zengin olup, bu durum çoğu zaman kaya mostralalarının görülmesini de zorlaştırmaktadır. Baskın olarak fındık ve çay bahçelerinin bulunduğu çalışma alanında, bunlarla birlikte çeşitli meyve ağaçları, Coş Dağı'na yakın kesimlerde çam ağaçları dikkat çekicidir.

Gabro yüzeylemesinin bulunduğu alana ulaşmak için Trabzon-Rize Devlet Karayolu boyunca ilerlenip Hayrat yoluna dönülmesini takiben 8 km sonra ana yola birleşen stabilize yolu kullanarak Baltacı Deresi boyunca yaklaşık 3 km ilerlenilmesi gerekmektedir.

İnceleme alanı içerisindeki yöre halkının en önemli geçim kaynağı çay ve fındık üreticiliğidir. Bununla birlikte sınırlı imkanlarla hayvancılık yapılmaktadır. Ayrıca çalışma konusunu oluşturan gabro kütlesi taş ocağı olarak işletilmekte olup, çevre köylerden sınırlı sayıda kişi bu taş ocağında çalışıp geçimini sağlamaktadır.

#### **1.4. Önceki Çalışmalar**

Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı, Alp-Himalaya Kuşağı'nın jeodinamik gelişiminin yorumlanmasındaki kilit bölgelerden biri olması ve aynı zamanda içerdiği cevherleşmeler nedeniyle aynı kuşak üzerinde önemli bir metalojenik provens oluşturması nedeniyle bugüne kadar yerli ve yabancı birçok çalışmacının ilgi odağı olmuş ve olmaya da devam etmektedir. Bununla birlikte bölgenin kuzey kesiminin yoğun bitki örtü ile kaplı olması özellikle stratigrafi odaklı çalışmalar açısından önemli bir problem oluşturmuş ve çalışmaların çoğunlukla bitki örtüsünün çok daha az yoğun olduğu güneye kaymasına neden olmuştur. Aşağıda bölgenin kuzey kesiminin Geç Mesozoyik-Erken Senozoyik stratigrafisine ve magmatizmasına odaklanan bazı çalışmaların ana hatları özetlenmiştir.

Güven vd. (1993), Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kesiminin Mesozoyik stratigrafisine yönelik en kapsamlı ve doyurucu çalışmayı yapmış olup, Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşları (Berdiga Formasyonu) üzerine gelen Geç Kretase yaşlı istif



kendi içerisinde alttan üste doğru sırasıyla Çatak, Kızılkaya, Çağlayan ve Çayırbağ formasyonlarından oluştuğunu, Çatak ve Çağlayan formasyonlarının başlıca bazalt-andezit ve ilişkili piroklastiklerden, Kızılkaya ve Çayırbağ formasyonlarının dasit-riyodasit ve ilişkili piroklastiklerden oluştuğunu, tüm sekansın Mestriştien-Paleosen yaşlı sedimanter kayalardan oluşan bir istif (Bakırköy Formasyonu) ile örtüldüğünü ve tüm istifin Eosen yaşlı Kabakaya Formasyonu tarafından da uyumsuz olarak örtüldüğünü vurgulamıştır.

Arslan vd. (1997), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Meso-Senozoyik volkanizmasının jeokimyasal özelliklerini konu alan çalışmada Liyas, Geç Kretase ve Eosen olmak üzere bölgede volkanizmanın üç ana dönemi olduğunu, Liyas yaşlı volkanik kayaların geçişli, Geç Kretase volkaniklerinin subalkali ve Eosen volkaniklerinin Trabzon ve Tonya civarında alkali karakterde, Gümüşhane'nin güney kesiminde subalkali karaktere sahip olduğunu ve gelişimlerinde fraksiyonel kristallenme süreçlerinin etkin rol oynadığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar ayrıca bölgedeki yitimin Liyas'ta ki riftingten sonra başladığını, Geç Kretase boyunca devam ettiğini ve Eosen'deki kabuksal kalınlaşma ile olgunluk safhasına ulaştığını belirterek, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın bir ada yayı ortamının özelliklerini yansıttığını belirtmişlerdir.

Bektaş vd. (1999), bölgedeki Geç Kretase magmatizmasını konu alan çalışmalarında, magmatizmanın kuzeyden güneye doğru göç ettiğini ve potasyum miktarının arttığını tüm kayaç ana ve izlement analizleri ile ortaya koyarak, bu göç ve artan potasyum miktarının Geç Kretase döneminde Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı altında güneye eğimli bir yitim zonuunun varlığıyla ilişkili olduğunu vurgulamıştır.

Eyüboğlu (2000), bölgede Geç Kretase istifinin en iyi görüldüğü lokasyonlardan biri olan Harşit Vadisi'nin Doğankent-Tirebolu arasında kalan kesiminin stratigrafisi ve volkanik kayalarının jeokimyası ve jeodinamik ortamına odaklanan yüksek lisans tez çalışmada, bölgede yüzeleyen Kretase istifinin Güven vd. (1993) tarafından Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kesimi için verilen istifle oldukça büyük bir benzerlik gösterdiğini, ancak masif sülfid cevherleşmelerinin sadece Kızılkaya Formasyonu içerisinde değil şoşonitik karakterli Çayırbağ Formasyonu içerisinde de gelişmiş olduğunu ve bu özellikleri ile de Japonya'da tanımlanan tipik masif sülfid cevherleşmelerinden ayrıldığını vurgulamıştır.

Aydın (2003), Değirmendere vadisi boyunca Trabzon-Esiroğlu arasında yüzeyleme veren Geç Kretase ve Neojen yaşlı volkanik kayaların petrolojisine odaklanan doktora tez çalışmada, Geç Kretase volkaniklerinin ada yayı ürünleri olduğunu, buna karşın Neojen

yaşlı volkaniklerin ise alkali-şoşonitik karakterli olup, muhtemelen metasomatize olmuş bir manto kaynağından türediğini ve çarpışma sonrası yay özelliği gösterdiğini işaret etmiştir. Ayrıca Kretase volkaniklerinin de yitim ilişkili bir ortamda zenginleşmiş manto litosferinden türediğini belirtmiştir.

Eyüboğlu (2010), Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nda volkanizmanın mekân ve zaman içinde değişimine odaklandığı çalışmasında, bölgede Kretase magmatizmasının kuzey kesimde başlıca iki dönemde gerçekleştiğini, ilk dönemin Çatak Formasyonu'nun bazalt-andezit ve Kızılkaya Formasyonu'nun dasit-riyodasitleri ile temsil edildiğini, ikinci dönemin ise Çağlayan Formasyonu'nun bazalt-andezit ve Çayırbağ Formasyonu'nun dasit ve riyodasitleri ile temsil edildiğini, Geç Kretase volkanizmasının kuzeyde Turoniyen'de toleyitik karakterli olarak başladığını, zaman içinde güneye doğru göç ettiğini ve güneyde ilk ürünlerini şoşonitik karakterli olarak Erken Kampaniyen'de verdiğini ileri sürerek bunu Plaotetis okyanus litosferinin güney yönlü yitimi, zaman içinde kuzeydeki volkanizmanın kalk-alkali şoşonitik karaktere, güneydeki şoşonitik volkanizmanın da ultrapotassik karaktere dönüşmesini dalan okyanusal litosferin yitim açısının zaman içinde artmasıyla ilişkilendirmiştir.

Aydın (2014), Maçka (Trabzon) yöresinde yüzeyleme veren yariderinlik kayaların petrolojisine odaklandığı çalışmasında bu kayaların radyometrik yaş verilerinden hareketle Erken Kampaniyen yaşlı olduklarını, yüksek potasyumlu olduklarını ve yitim ilişkili magmaların tipik karakteristiklerini yansıttıklarını, zenginleşmiş litosferik manto ve alt kabuğun bileşenlerine sahip hibrit bir magmadan dalan okyanusal dilimin bükülmesi ile ilişkili genişlemeli tektonik rejim sırasında türediklerini, kabuğun sığ derinliklerine yerleştiğini ve hızlıca soğuyup yüzeylediklerini ileri sürmüştür.

Eyüboğlu vd. (2014), Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kesimindeki masif sülfid yataklarına ev sahipliği yapan felsik volkanik kayaların kökenleri, oluşum zamanları ve jeodinamik ortamlarına odaklandıkları çalışmalarında, bölgede Kızılkaya ve Çayırbağ formasyonları olarak bilinen birimlerden alınan felsik kayalardan seçtikleri zirkonları U-Pb metodu ile yaşlandırmış ve Kızılkaya Formasyonu için yaklaşık 91 milyon yıllık (Turoniyen) ve Çayırbağ Formasyonu içinde 81 milyon yıllık (Kampaniyen) yaş verilerini elde etmişlerdir. Ayrıca çeşitli jeolojik, jeokimyasal, tektonik ve jeofiziksel verilerden hareketle masif sülfid cevherleşmelerinin bölgede hem Kızılkaya ve hem de şoşonitik karakterli volkaniklerden oluşan Çayırbağ Formasyonu içerisinde geliştiğini, tüm verilerin ortam olarak yay içi veya yay önünü işaret ettiğini, bu özelliklerin Japonya'da tanımlanan

tipik kuroko tip yataklardan farklı olduğunu ileri sürerek, bölgedeki masif sülfid cevherleşmelerini Karadeniz-tip masif sülfid yatakları olarak isimlendirmiş ve literatüre kazandırmıştır.

Özdamar (2016), Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kesiminde yer alan Ordu ili ve civarında yüzeyleme veren Geç Kretase volkaniklerine odaklandığı çalışmada Geç Kretase volkanizmasının 86 milyon yıl önce başlayıp, 11 milyon yıl boyuca devam ettiğini, yitim ilişkili bir volkanizmanın özelliklerini yansıttığını ve Neotetis Okyanusu'nun Kuzey Kolu altındaki litosferik plakanın kuzey yönlü yitiminin bu volkanizmanın gelişiminde etkin olmuş olması gerektiğini vurgulamıştır.

Eyüboğlu vd. (2018), tez çalışmasına konu olan gabrolar ve onları çevreleyen bazaltik kayalara odaklandıkları çalışmalarında, gabroların oluşum yaşının 67 milyon yıl önce gerçekleştiğini, onların okyanus adası bazaltı tip bir magmadan oluştuğunu, bir denizaltı dağının (seamount) parçasını temsil ettiğini ve zenginleşmiş bir litosferik manto kaynağından türediğini vurgulamıştır. Buna karşın onları çevreleyen bazaltik kayaların tamamen farklı bir karaktere sahip yitim ilişkili bir magmadan türeyen yay kayaçları olduğunu ve tamamen farklı özellikler yansıtan bu kayaçların yitim sırasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nin yay önü bölgesinde tektonik olarak bir araya gelmiş olduklarını ileri sürmüş ve böylece bölge ile ilgili literatüre yeni bir verinin kazandırılmasına öncülük etmiştir.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Materyal ve Yöntemler**

Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kesiminde Trabzon ili Hayrat ilçesi civarında saptanan gabroyik kütlenin petrolojisine ve jeodinamik ortamına odaklanan bu çalışmada; ana materyalimiz gabroyik kayalar olup, onlara ait ince kesitler ve analizler sonucunda elde edilen mineral bileşimleri ve ayrıca tüm kayalar ana, iz ve nadir toprak element içerikleri değerlendirilerek, elde edilen bulgular yardımıyla bu kayaların jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin yanı sıra, jeodinamik oluşum ortamları yorumlanmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda literatür taraması yapılmış, literatür taramasının paralelinde arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları yapılmıştır. Literatür araştırması, çalışma konusu ve alanıyla ilgili tez ve makalelerin incelenmesi ve değerlendirilmesi şeklinde yapılmıştır. Arazi çalışması, inceleme sahasında çalışma konusunu oluşturan gabro kütlesinin sistematik bir şekilde örneklenmesini ve hem gabronun hem de çevre kayaların haritalanmasını kapsamaktadır. Laboratuvar çalışması, mikroskopik tayinler, kimyasal analiz için örnek seçimi ve takibinde de kimyasal analizlerin gerçekleştirilmesi şeklindedir. Büro çalışmalarında ise, örneklere ait veriler analiz edilmiş, örneklere uygun grafikler ve diyagramlar hazırlanarak, veriler yorumlanmış ve tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

### **2.2. Literatür Taraması**

Çalışma konusunu oluşturan ve okyanus adası bazaltı tip alkalin magmaların özelliklerini yansıtan gabroyik kayaların kökenine ve jeodinamik ortamına odaklanan tez çalışmasında, öncelikle Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'ndaki Geç Mesozoyik-Erken Senozoyik stratigrafisine ve magmatizmasına odaklanan tez ve makaleler gözden geçirilmiş, ayrıca çalışma konusunu oluşturan okyanus adası bazaltı tip magmaların gelişim koşulları ve ortamlarına yönelik çalışmalar derlenmiş, önemli yerleri not edilmiş, tez yazımı sırasında ilgili yerlerde, özellikle de tartışma kısmında değerlendirilmiştir.

### **2.3. Saha Çalışmaları**

Saha çalışmaları için ilk olarak, çalışma bölgesini de içerisine alan MTA tarafından hazırlanmış 1/100.000 ölçekli jeolojik harita incelenmiş ve bölgede yüzeyleyen kayaç oluşumları hakkında ön fikir edinilmiştir. Bu alana ait MTA veya başka bir çalışma grubu ve/veya kişi tarafından hazırlanmış kapsamlı bir harita bulunmadığı ve gabroyik kayaçlar bugüne kadar herhangi bir şekilde haritalanmadığı için ilk kez bu çalışmada tarafımızdan yaklaşık 50 km<sup>2</sup> lik bir alanın jeolojik haritası yapılmış ve ayrıca tektonik hatlar harita üzerine işlenmiştir. Özellikle alanın yoğun bitki örtüsü ile kaplanmış olması hem formasyonların hem de tektonik hatların haritalanmasını güçleştirdiğinden bu haritalamada google earth imajları aktif olarak kullanılmıştır. Gabroyik kütlelerin sınırları ise vadi içlerindeki mostralara birleştirilerek ortaya konulmaya çalışılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında gabroyik kayaçların yan kayaçları olan bazaltik kayaçlarla olan ilişkileri irdelenmiş, kayaçlar içindeki kırıkların dolgulu mu dolgusuz mu olduğu sorgulanmış, eğer dolguluysa hangi malzeme ile doldurulmuş olduğu belirlenmiş, çeşitli amaçlara yönelik olarak örnek alımı gerçekleştirilmiş, alınan örneklerin makroskobik özellikleri ve ayrıca koordinatları da GPS aracılığıyla belirlenip not edilmiştir. Bunlara ilave olarak tez kapsamında haritalanan sahanın genel jeolojisini özetlemek amacıyla diğer birimlerden de sınırlı sayıda örnek alınmış ve birimlerin genel özellikleri not edilmiştir.

### **2.4. Laboratuvar Çalışmaları**

Laboratuvar çalışmaları araziden toplanan örneklerin ince kesitlerinin hazırlanması, kesitlerin mikroskop altında incelenmesi, analiz için uygun örneklerin belirlenmesi ve belirlenen örneklerin uygun yöntemlerle analiz edilmesi/ettirilmesi şeklinde gerçekleşmiştir.

#### **2.4.1. Örneklerin İnce Kesitlerinin Hazırlanması**

Çalışma alanından toplanan örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki ince kesit laboratuvarında, mikroskopta incelenmeye uygun hale getirilmişlerdir. Alınan örneklerin hazırlanmasında ilk olarak,

örnekten 0.5x2x4 cm (kalınlıkx en x boy) boyutlarında mümkün olduğunca kayacın taze kısımlarını temsil eden bir dilim kesilmiş ve kesilen dilim özel bir yapıştırıcı kullanılarak 1 mm kalınlık ve 2.7x4.7 cm ebatındaki cam levha üzerine yapıştırılmıştır. Bu örnek bir süre kurumaya bırakılıp, cama tam olarak yapıştıktan sonra, çeşitli toz ve incelticiler yardımıyla 0.025 mm kalınlığa gelene kadar inceltilmiş ve mikroskopta incelenmeye hazır hale getirilmiştir.

#### **2.4.2. Hazırlanan Örneklerin Mikroskopta İncelenmesi**

İnce kesitleri hazırlanan magmatik kayaç örneklerinin ana mineralojik bileşimlerinin, dokusal özelliklerinin, alterasyon mineralleri içerip içermediklerinin belirlenmesi ve ayrıca gerçekleştirilecek analizler için en uygun örneklerin belirlenmesi amacıyla sahadan toplanan tüm magmatik kayaç örneklerine ait ince kesitler Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında polarizan mikroskop altında detaylı bir şekilde incelenmiştir.

#### **2.4.3. Analiz İçin Örneklerin Hazırlanması ve Analiz Edilmesi**

Tez çalışması kapsamında gabroyik kayaçların kökenlerinin ve jeodinamik ortamlarının sorgulanmasına yönelik olarak ana kayaç yapıcı mineraller ile demir-titan oksit minerallerinin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla elektron mikroprob analizleri, kayaçların köken ve jeodinamik ortamlarını yorumlamada kullanılabilmesi amacıyla tüm kayaç ana-iz-nadir toprak element analizleri ve ayrıca kayaçların yerleşim ve/veya soğuma yaşlarının belirlenebilmesi amacıyla da potasyumlu minerallerin  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  metodu ile tarihlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Mineral analizleri için seçilen örneklerin parlak kesitleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Parlak Kesit Hazırlama Laboratuvarında hazırlanmış ve analiz için Massachusetts Institute of Technology Elektron Mikroprob Laboratuvarına gönderilmiş ve JEOL JXA-8200 Superprobe electron probe micro-analyzer aracılığıyla analizler gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç ana-iz-nadir toprak element analizleri için seçilen örnekler örnek öğütme laboratuvarında öncelikle kırıcı makinede 1 cm boyutlarında kırılıp, daha sonra öğütücüde toz haline getirilerek titiz bir şekilde 15'er gram ağırlığında küçük torbalara konularak

Kanada'daki ACME Laboratuvarına gönderilmiş ve örneklerin ana element içerikleri ICP-ES (Jarrel Ash Atomcomp Model 975) yöntemi ile, iz ve nadir toprak element içerikleri ise ICP-MS (Perkin-Elmer Elan 6000) yöntemi ile belirlenmiştir. Gabroyik kayaçların tarihlendirilebilmesi için belirlenen iki örnek içinden seçilen taze kersutit ve plajiyoklas mineralleri Oregon State University'de (USA) ve ARGUS Metodu ile yaşlandırılmış ve  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş verisi elde edilmiştir. Ayrıca bir örnekten seçilen titanit mineralleri de China University of Geosciences'da LA-ICPMS ile U-Pb metodu dahilinde tarihlendirilmiştir. Tüm bu analizlerin detayları ve metodun teknikleri Eyüboğlu vd. (2018) de verilmiştir.

## 2.5. Büro Çalışmaları

İnceleme alanında yapılan çalışmalardan elde edilen veriler, örneklerin mikroskobik incelemelerinden ve ayrıca kayaçların kökenini ve jeodinamik ortamını belirlemek amacıyla yapılan analizlerden elde edilen tüm veriler, literatürdeki verilerle karşılaştırılmış, çeşitli diyagramlar hazırlanmış ve belirlenen amaçlara ulaştığımızı belgelendiren bu tez hazırlanmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Giriş

Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı içerdiği kayaç toplulukları ve mineralizasyonlar açısından Alp-Himalaya sisteminin önemli ve dikkat çekici parçalarından birini oluşturmaktadır. Kuşak, tektonik özellikleri ve farklı kayaç topluluklarına bağlı olarak kuzeyden güneye doğru önemli farklılıklar gösterir (Bektaş vd. 1995; Eyüboğlu vd. 2006; Şekil 1). Kuzey Zon'da Geç Mesozoyik-Senozoyik yaşlı volkanik kayaçlar ve granitik intrüzyonlar baskın litolojiyi oluşturur (Kaygusuz vd. 2011; Eyüboğlu vd. 2014; Arslan vd. 2013; Aydın, 2014; vs.). Özellikle Geç Kretase volkanikleri içerdiği masif sülfid cevherleşmeleri nedeniyle ekonomik açıdan da oldukça önemlidir. Ayrıca, Eyüboğlu vd. (2016a) tarafından yapılan güncel bir çalışmada, Karadeniz sahiline paralel olarak uzanan bir kuşak boyunca yüzeyleyen Lütesiyen yaşlı gabroyik kayaçların jeolojisine ve petrolojisine odaklanılmış ve bu kayaçların sahil boyunca küçük stoklar halinde bulunması, toleyitik karakterli doğası ve sulu minerallerce zengin olması, yitim ilişkili akışkanlarca zenginleşmiş, yay önü manto kaynağının kısmi ergimesi ile ilişkilendirilmiştir. Kuzey Zon'daki magmatik kayaçlarca baskın istif güneye doğru gidildikçe yerini metamorfik ve sedimanter litolojilerin baskın olduğu bir istife bırakır (Şekil 2 ve 3). Bununla birlikte Alp-Himalaya sisteminin jeodinamik gelişiminin açıklanabilmesi açısından önemli magmatik kayaç topluluklarını da bu zon içerisinde görebiliyoruz. Karbonifer yaşlı granitik intrüzyonlar (Topuz vd. 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd. 2012), Karbonifer-Triyas yaşlı Alaska-tip mafik-ultramafik intrüzyonlar (Eyüboğlu vd. 2010; 2011e), Erken-Orta Jura yaşlı, rift ilişkili granitik ve gabroyik intrüzyonlar (Eyüboğlu vd., 2016b), Geç Kretase yaşlı şoşonitik ve ultrapotasik volkanikler (Eyüboğlu, 2010; Eyüboğlu vd., 2014; Eyüboğlu, 2015), Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı adakitik intrüzyonlar (Topuz vd., 2005; Karlı vd., 2010; Eyüboğlu vd., 2011a; 2011b; 2011c, 2013a), Eosen volkanikleri (Arslan vd., 2013); adakitik olmayan Eosen granitleri (Arslan ve Aslan, 2006; Karlı vd., 2007; Kaygusuz ve Öztürk, 2015; Eyüboğlu vd., 2013b, 2017) ve Miyosen adakitleri (Eyüboğlu vd., 2012) bu magmatik kayaç topluluklarından bazılarıdır. Daha güney kesimde ise Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı ve Torid blokları arasında yüzeyleyen ultramafik kütleler, onları

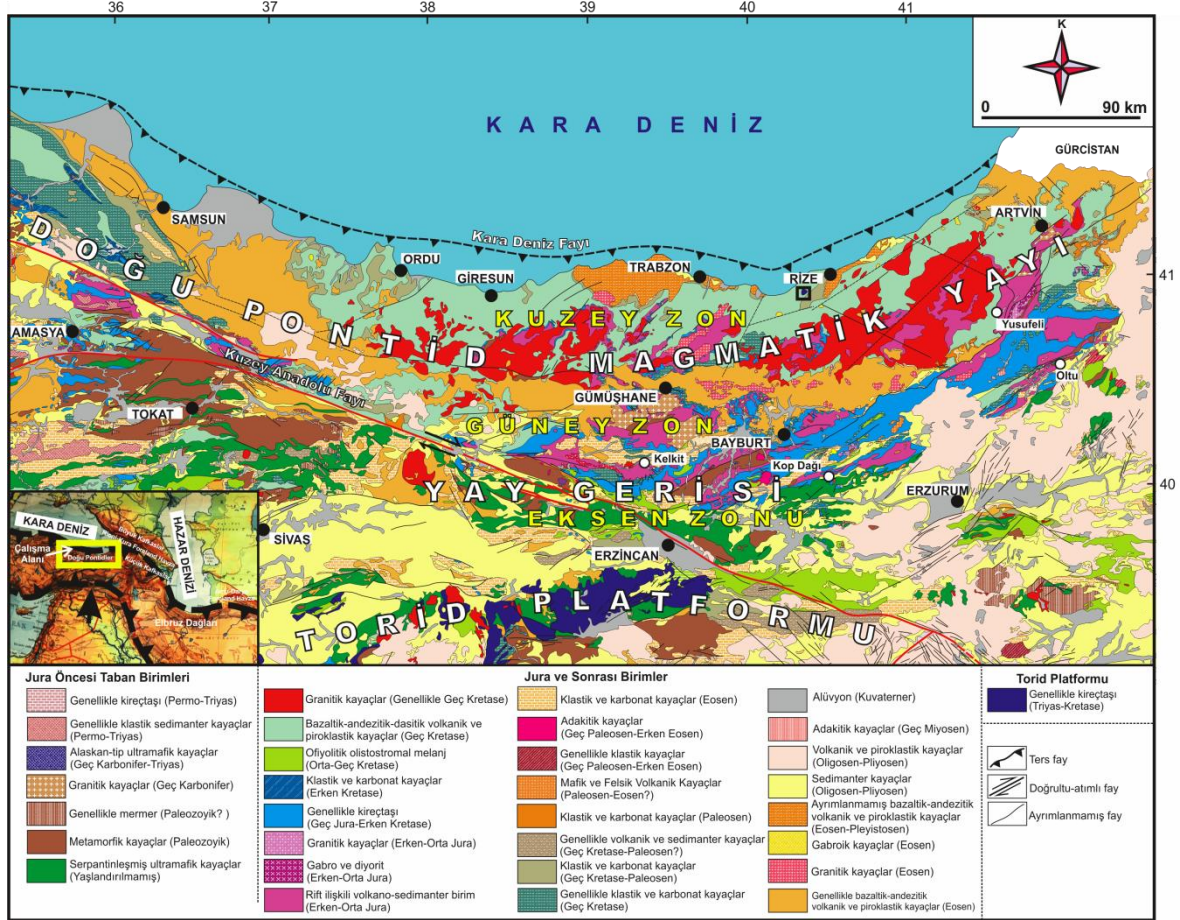


kesen gabrolar (Eyüboğlu vd. 2016b) ve Miyosen yaşı volkanik ve sedimanter sekanslar baskın kayaç topluluklarıdır (Şekil 2 ve 3).

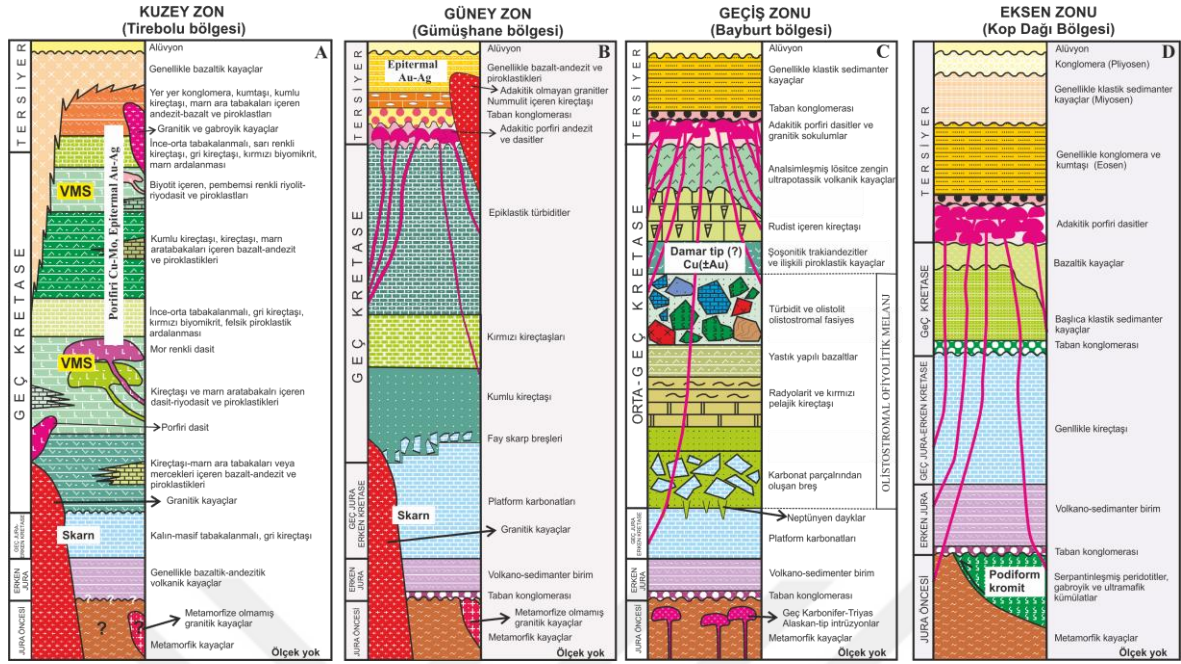
Çalışmaya konu olan Hayrat Gabrosu, jeodinamik gelişimi üzerine tartışmaların günümüzde de devam ettiği Doğu Karadeniz Dağ Kuşaağı'nın Geç Kretase yaşı volkanik kayaçlarca baskın olan kuzey kesiminde ve sahile yaklaşık 8 kilometrelik bir uzaklıkta yüzeyleme vermektedir. Geç Kretase döneminde bölgenin kuzeyinde, güneydeki sedimanter ağırlıklı istifeye karşılık yoğun bir volkanizma egemendir (Eyüboğlu, 2010; Eyüboğlu vd. 2014; Aydın, 2014). Kuzeydeki Geç Kretase istifi Güven vd. (1993) tarafından isimlendirilen Çatak (bazalt ve piroklastikleri), Kızılkaya (dasit ve piroklastikleri), Çağlayan (bazalt-andezit ve piroklastikleri), Çayırbağ formasyonları (dasit-riyolit ve piroklastikleri) ve Üst Kretase-Paleosen geçişinde yer alan Bakırköy formasyonu'ndan (marn, kiltası, kumtaşı, kireçtaşı ardalanması) oluşmaktadır. Geç Kretase istifinin en iyi görüldüğü lokasyonlardan biri olan Harşit Vadisi'nin Doğankent-Tirebolu arasında kalan kesimi, Eyüboğlu vd. (2014) tarafından ayrıntılı olarak çalışılmış ve volkanizmanın iki ana fazı ayırt edilerek, volkanik kayaçların ayrıntılı jeokimyasal özellikleri bilim dünyasına sunulmuştur. Kuzeyde yüzeyleyen Geç Kretase yaşı formasyonlar (özellikle Kızılkaya ve Çayırbağ), çok sayıda masif sülfid yatağına (Köprübaşı, Harkköy, Eseli, Siyezlik, İsraildere, Kutlular, Murgul v.s.) ev sahipliği yapması nedeniyle ekonomik öneme sahiptir (Eyüboğlu vd. 2014). Doğu Pontid Orojenik Kuşaağı'nın evrimi ile yakından ilişkilili olan bu cevherleşmelerin oluşumu kalderalar, dom yapıları ve büyük ölçekli kırık sistemleri tarafından kontrol edilir (Eyüboğlu vd. 2006). Cevherleşmelerin taban kayaçları dasitik-riyodasitik, riyolitik lav, tüf ve breşlerle karakteristiktir. Tavan kayaçlar ise başlıca pümis, tüf, çamurtaşı, kiltası, marn ve daha az oranda da bazalt ve mor dasitlerden oluşur. Kökende Kuruko tip olarak düşünölen bu cevherleşmeler, Eyüboğlu vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, çeşitli jeokimyasal, jeokronolojik ve tektonik verilere bağlı olarak, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki masif sülfid cevherleşmelerinin, Kuruko tipli ilişkilili olmayıp masif sülfid cevherleşmelerinin farklı bir tipini oluşturdukları vurgulanmış ve "Karadeniz Tip Masif Sülfid Yatakları" olarak isimlendirilmişlerdir.

Geç Kretase dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşaağı'nın özellikle kuzey kesiminde olmak üzere tüm kuşak boyunca felsik plütonik kütlelerin yerleşimi ile karakteristiktir. Güven vd. (1993) tarafından "Kaçkar Granitoidleri" olarak isimlendirilmiş olan bu kütleler yaklaşık 100 milyon yıl öncesinden başlayıp 66 milyon yıl öncesine kadar devam

eden süreçte (34 milyon yıl) bölgedeki Geç Kretase ve öncesi yaşlı kayaç birimleri içerisine sokulum yapmışlardır.



Şekil 2. Doğu KaradenizDağ Kuşağı'nın ana litolojik birliklerini ve tektonik zonlarını gösteren harita (MTA tarafından hazırlanan 1/500000 ölçekli haritalar kullanılarak Eyüboğlu vd. 2016a tarafından hazırlanmıştır).



Şekil 3. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın farklı zonlarına ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitler (Eyüboğlu vd. 2014' den alınmıştır).

### 3.2. Jeoloji ve Petrografi

Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı kuzey kesiminde, Trabzon ili Hayrat ilçesinin kuzeybatısında yaklaşık 50 km<sup>2</sup> lik bir alanı kaplayan ve Trabzon G44-b1 paftası içerisinde yer alan inceleme alanında dört farklı birim yüzeyleme vermektedir. Bunlar; çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaçlar, onları çevreleyen bazaltik kayaçlar, sahanın en yüksek bölgesi Coş Tepe (750 metre) ve çevresinde mostra veren sedimanter kayaçlar ve tüm birimleri örten Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Şekil 4). Aşağıda başta çalışma konusunu oluşturan gabroyik kütleli olmak üzere, birimlerin genel özellikleri detaylandırılmıştır.

Çalışma konusunu oluşturan gabro kütleli Dağalan Mahallesi'nin hemen batısında, Baltacı Dere vadisi içinde ana yüzeylemesini verir ve yaklaşık olarak 1km<sup>2</sup> lik bir alanı örter (Şekil 4). Bununla birlikte kütleli net yüzeyleme alanını hem bazaltik kayaçlarla çevrili olması ve hem de yoğun bitki örtüsü nedeniyle tam olarak söylemek mümkün değildir. Baltacı Deresi'nin derin aşındırmasıyla ortaya çıkan ana yüzlek taş ocağı olarak işletilmektedir (Şekil 5A). Ayrıca Baltacı Deresi ile birleşen Karaömer Deresi vadisi boyunca da gabroyik kayaç mostralarını kolaylıkla takip etmek mümkündür (Şekil 5B). Birim taş ocağının bulunduğu bölgede masif bir yapı arz etmekte olup, iyi gelişmiş kırık

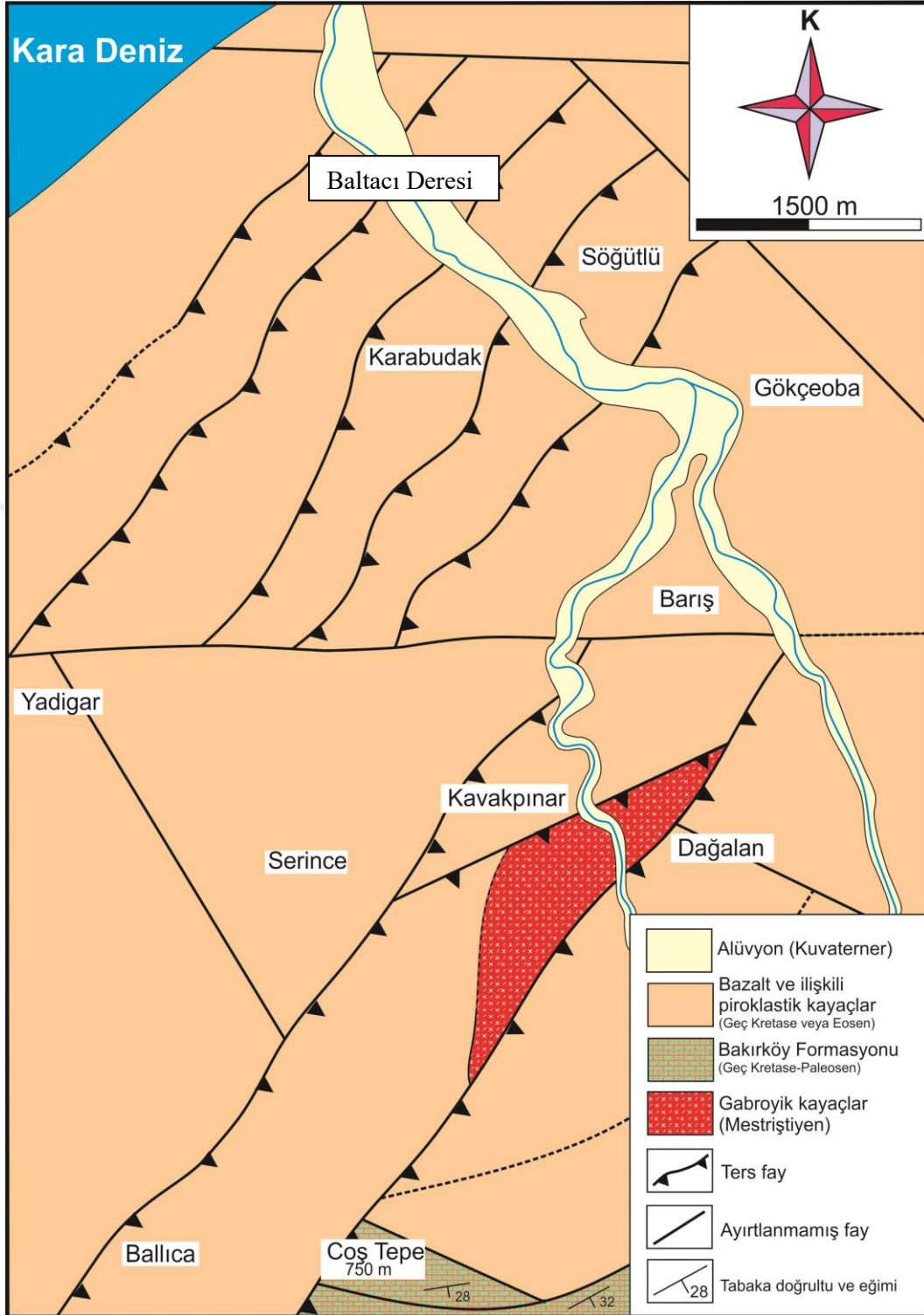
sistemleri ile tipiktir (Şekil 5A). Kırıklar genellikle kalsit, nadiren de zeolit ile doldurulmuştur (Şekil 5D). Arazide siyahımsı gri rengi tipik olan kayaç el örneğinde taneli dokusu ve makroskopik olarak kolaylıkla ayırt edilebilen plajiyoklas, amfibol ve klinopiroksen minerallerinin bolluğu ile karakteristiktir (Şekil 5C). Kırık zonlarına yakın ve/veya alterasyon izlerinin çoğaldığı kesimlerde saçınım halindeki pirit kristalleri olağandır.

Gabroyik kayaç örneklerinin mikroskopik incelemeleri, kütleden toplanan örneklerin önemli bir mineralojik ve dokusal değişim göstermediği, kayaç yapıcı mineral olarak başlıca plajiyoklas, klinopiroksen ve amfibol, opak mineral olarak manyetit ve tali mineral olarak da zirkon, titanit, rutil ve apatit içerdiği görülmüştür (Şekil 6). Klinopiroksenler, yarı öz şekilli ve zayıf bir pleokroizma sunan kristaller veya agregatlarda taneler halinde bulunur. Çoğunluğu düşük bir çift kırıcılığa sahipken, bazı klinopiroksenler mavimsi renkli ve hafif zonlanma gösterir. İkizlenme ve kırıklı yapı yaygındır (Şekil 6A, B, C, D, E, F). Plajiyoklaslar lata şekilli fenokristaller olarak bulunur (Şekil 6E, F). Bazıları kısmen veya tamamen killerle yer değiştirmiş veya hafifçe serizitleşmiş olarak görülür (Şekil 6A, B). Kırmızımsı kahve kuvvetli pleokroizma sunan amfiboller iyi gelişmiş klivajlara sahip olup, klinopiroksenlerin arasında veya bazen de kenarları boyunca bulunur (Şekil 6A, B, C, F). Bazı fenokristaller merkez kısımlarında iddingsit içermekte olup, orijinlerinin olivin olmasının kuvvetle muhtemel olduğunu gösterir. Yarı öz şekilliden öz şekilsiz değişen kristal formları sunan apatit kayaç içerisinde bolca bulunan aksesuar mineraldir. İkincil rutil ve titanitin küçük kristalleri kilce zengin kısımlarda görülür. Manyetit kayaç içerisinde boldur ve genellikle iri taneler halinde bulunur ve kayaç içinde düzensiz bir şekilde dağılmıştır. Pirotit ve pirit taneleri bazı altere kısımlarda yaygınken, zirkon aksesuar faz olarak kayaç içinde gözlenir ve magmatik kökeni işaret eden zonlu bir yapı sunar.

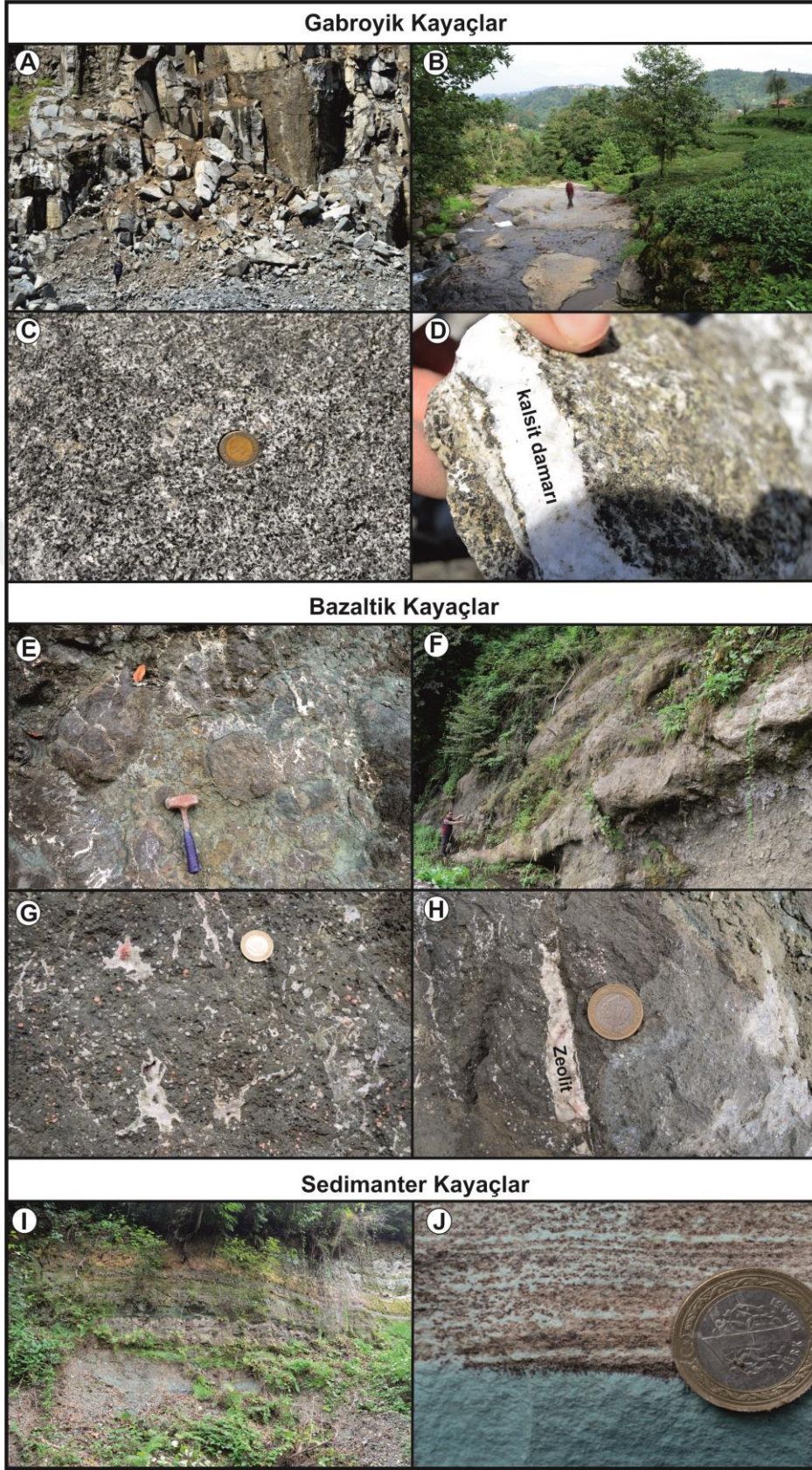
Gabroyik kayaçlar inceleme alanında bazaltik kayaçlar tarafından çevrelenir. Yoğun bitki örtüsü nedeniyle iki kayaç grubu arasındaki dokanağı izleyebilmek mümkün değildir. Bununla birlikte taş ocağının açıldığı bölgede gabroyik kayaçlarla, onları çevreleyen bazaltik kayaçlar arasında herhangi bir kesme ilişkisi olmayıp, kuzey kenarındaki dokanak boyunca ezilemeler ve yoğun killeşmeler, hematitleşmeler dikkate alınarak donanın tektonik olduğu söylenebilir. Ayrıca inceleme alanına ait yüksek çözünürlüklü uydu fotoğrafları çalışma sahasında KD-GB uzanımlı birbirine paralel ve güneydoğuya eğimli bir ters fay sisteminin olduğunu göstermiştir (Eyüboğlu vd. 2018). Dolayısıyla gabroyik kayaçların yerleşmesinde ve yüzeylenmesinde bu fay sisteminin etkin olmuş olduğu ileri sürülebilir.

Gabroyik kayaçları çevreleyen bazaltik kayaçlar inceleme alanının yaklaşık 46 km<sup>2</sup> lik kısmını örtmekte olup (Şekil 4), sahada yaygın olarak yastık yapıli bazaltlar şeklinde (Şekil 5E), bazen de tuf veya aglomera gibi piroklastik kayaçlar olarak bulunmaktadır (Şekil 5F). Yastık yapıli bazaltik kayaçlarda, her bir yastık yapısının çapı 10-80 cm arasında değişmekte olup, genellikle elipsoidal, bazen de yuvarlağımsı olarak izlenirler. İnce taneli, grimsi-kahve renkli ve önemli oranda altere olmuş ince taneli bir malzemenin aralarını doldurduğu yastık yapıli bazaltik kayaçlar, vesiküler yapısı ile karakteristik olup, boşluklar kalsit-zeolit-kil tarafından ikincil olarak doldurulmuştur (Şekil 5G, H). Tüfler ve aglomeralar birim içinde yaygın olmayıp, genellikle tabakalı yapı arz ederler. Tüflerde tabaka kalınlıkları yer yer 1 metreye ulaşır (Şekil 5F). İnce taneli yapısı ve yeşilimsi gri rengi tipiktir. Alterasyodan önemli ölçüde etkilenmiş, bazı alanlarda elle bile ufalanabilir durumdadır. Aglomeralar çok yaygın olmamakla birlikte, yer yer tüflerle aralanmalı olarak görülürler. Parçaların çapları bir kaç santimetreden 30 santimetreye kadar değişmektedir. Bazaltik parçalar, yastık yapıli bazaltlarda olduğu gibi vesiküler yapısı ile tipik olup, genellikle boşluklar kalsit ve zeolit ile doldurulmuştur.





Şekil 4. Çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaların inceleme sahasında yüzeyleyen diğer birimlerle olan dokanak ilişkilerini ve sahadaki yapısal unsurları gösteren jeolojik harita (Eyüboğlu vd. 2018' den alınmıştır).



Şekil 5. Çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaçlar, onları çevreleyen bazaltik kayaçlar ve inceleme alanının güney kesiminde Coş Tepe civarında yüzeyleme veren sedimanter kayaçların saha görünümleri

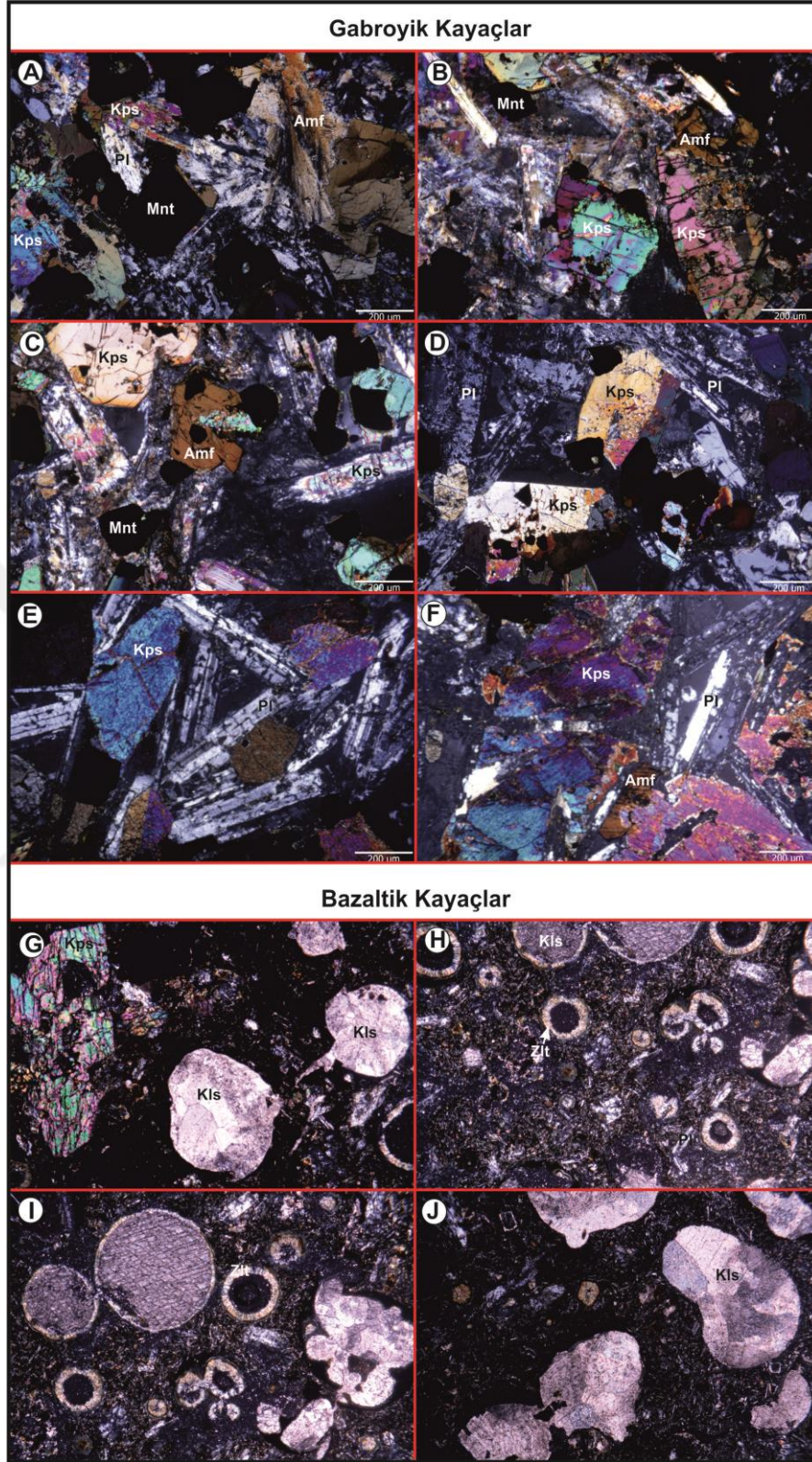


Bazaltik kayaçların mikroskobik incelemeleri, makroskobik gözlemlerde de kolaylıkla görüldüğü gibi kayaçların alterasyon koşullarından oldukça fazla etkilenmiş olduklarını göstermektedir (Şekil 6G, H, I, J). Bazaltik kayaçlar ana kayaç yapıcı mineraller olarak başlıca altere plajiyoklas (% 40-50), daha az oranlarda özşekilli ve yarı öz şekilli olarak bulunan klinopiroksen (% 10-15) ve nadir olarak bulunan genellikle iddingsitleşmiş olivinden oluşmaktadır. Hamur kayaç yapıcı kristallerin mikro ve kriptokristalin parçalarından oluşmaktadır. Kayaç içinde boşluklar önemli bir oran teşkil etmekte olup (% 30-50) boşluklar başlıca kalsit ve zeolit ile doldurulmuştur (Şekil 6G, H, I, J). Bazı boşluklar kenardan içe doğru kahverengimsi kil, zeolit ve kalsit ile doldurulmuş olup, bu dizilim kilin zeolit ve kalsitten önce gelişmiş olduğunu gösterir. Epidot ve klorit diğer yaygın alterasyon mineralleridir.

Bazaltik kayaçları tarihlendirebilecek herhangi bir mineral saptanamamış olup, yaşları göreceli olarak değiştirilmiştir. Bazaltik kayaçlar boşluklu yapısı ve magmatizmanın su altında geliştiğini gösteren yastık yapıların varlığı ile karakteristiktir. Güven vd. (1993) tarafından hazırlanan haritada bu kayaçlar Kretase yaşlı olarak ifade edilmiştir. Bununla birlikte inceleme alanının güney kesiminde yüzeyleyen ve Geç Kretase-Paleosen yaşlı olduğu fosil bulguları ile net olarak bilinen Bakırköy Formasyonu sedimanter kayaçlarının bazaltik kayaçlar üzerinde tektonik olarak bulunması stratigrafik ilişkinin kurulmasını güçleştirmektedir. Kuzey Zon'da bazaltik volkanizmanın dört dönemde etkin olduğu söylenebilir; Erken-Orta Jura, Geç Kretase, Eosen ve Neojen. Bazaltik kayaçların kimyasal özellikleri Eyüboğlu vd. (2018)'de sunulmuş olup, alkali karakterli Neojen ve toleyitik karakterli Jura volkaniklerinden farklı, Geç Kretase ve Eosen yaşlı volkaniklere benzerlik gösterdiği vurgulanmıştır.

Sedimanter kayaç oluşumları inceleme alanının güney kesiminde dar bir alanda yüzeyleme vermekte olup (Şekil 4), bazaltik kayaçlarla tektonik dokanak oluşturmaktadır. Kumlu kireçtaşı ve yeşil renkli marnlarca baskın olan istif (Şekil 5 I, J) tabakalı yapı arz etmekte olup kalınlıkları birkaç santimetreden bir metreye kadar değişmektedir. Ayrıca bu tabakalar genellikle KD-GB doğrultulu olup, 25-35 derece arasında değişen açılarla güneydoğuya doğru eğimlidirler. Faylanmanın etkin olduğu bazı kısımlarda tamamen dikleşmiş, hatta ters dönmüş, yer yer küçük ölçekli kıvrımlar oluşturmuş tabakalı yapılar da olağandır. Birimin yaşı Güven vd. (1993) tarafından fosil bulgulardan hareketle Mestriştien-Paleosen olarak verilmiştir.





Şekil 6. Çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaçlar ve onları çevreleyen bazaltik kayaçların mikroskop altındaki görünüşleri (Kps: klinopyroksen; Pl; plajiyoklas; Amf: amfibol; Mnt: manyetit; Kls: kalsit; Zlt: zeolit. Not: bazaltik kayaçların ölçeği gabroyik kayaçlar üzerindeki ölçek ile aynıdır).

### 3.3. Gabroyik Kayaçların Mineral Kimyası

Gabroyik kayaçlardaki kayaç yapıcı mineralleri sınıflandırmak ve adlandırmak amacıyla Massachusetts Institute of Technology (USA) elektronmikroprob laboratuvarında Dr. Nilanjan CHATTERJEE tarafından gerçekleştirilen mineral kimyası analiz sonuçları; kayaç içindeki amfibollerin kersutit, plajiyoklasların labradorit-bitovnit ve klinopiroksenlerin de diyopsit bileşiminde olduğunu ortaya koymuştur. Analizlerle ilgili olarak temsili sonuçlar Tablo 1, 2 ve 3'te, sınıflandırma ve adlandırma diyagramları da Şekil 7'de sunulmuştur.

#### 3.3.1. Klinopiroksen

Klinopiroksenler yüksek  $TiO_2$  (% 0.91-3.05) içerikleri ile karakteristik olup, % 46.10-52.36  $SiO_2$ , % 2.59-7.36  $Al_2O_3$ , % 6.82-9.14  $FeO_T$ , % 12.04-14.49  $MgO$ , % 21.86-22.77  $CaO$  ve % 0.30-0.70  $Na_2O$  içerir ve Wo-En-Fs üçgen diyagramında (Şekil 7A) diyopsit alanı içerisinde yer almaktadırlar. Magnezyum numaraları ise 70.2 ve 78.8 arasında değişim göstermektedir.

#### 3.3.2. Plajiyoklas

Genellikle normal zonlanma gösteren plajiyoklas kristallerinin çekirdek kısımları % 51.17-52.96  $SiO_2$ , % 3.62-4.33  $Na_2O$ , % 12.54-13.38  $CaO$ , % 30.35-31.03  $Al_2O_3$  içermektedir ve Ab-An-Or üçgen diyagramında 61-67 arasında değişen anortit içerikleri ile labrodorit alanı içerisinde yer almaktadır (Şekil 7C). Kenar bileşimleri ise yüksek  $SiO_2$  (% 53.99-59.30),  $Na_2O$  (% 4.74-6.88) ve düşük  $Al_2O_3$  (% 26.12-29.59) içerikleri ile karakteristik olup, andezin alanı içerisinde yer almaktadır.

#### 3.3.3. Amfibol

Amfiboller, yüksek  $TiO_2$  (% 5.02-6.04) içermekte olup, göreceli olarak düşük  $SiO_2$  (% 40.92-42.05) ve orta  $MgO$  (%12.31-13.39),  $FeO_T$  (%10.95-12.24) içerikleri ile

kersutitik amfibol alanında yer almaktadırlar (Şekil 7B). Na<sub>2</sub>O içerikleri ise % 2.95-3.25 arasında, Mg numaraları da 63-69 arasında değişim göstermektedir.

Tablo 1. Hayrat gabroyik kayaçlarından klinopiroksenlerin mineral kimyası analiz sonuçları

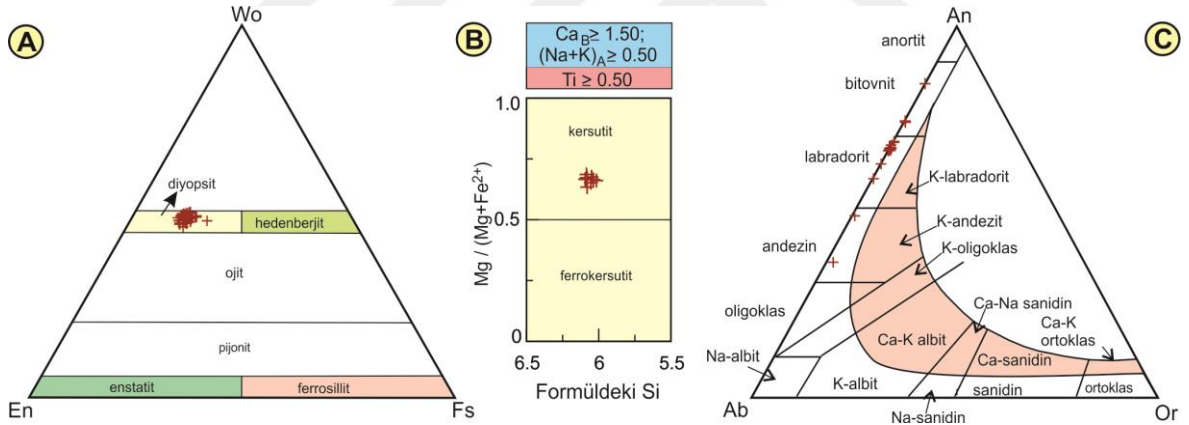
	14_1	14_2	14_3	14_4	14_5	14_6	14_7	17_1	17_2	17_3	17_4	17_5	17_6
SiO <sub>2</sub>	49.58	48.27	47.55	47.17	47.29	47.55	47.02	51.41	49.35	46.91	51.06	50.57	50.75
TiO <sub>2</sub>	1.85	1.92	2.07	2.20	2.23	2.03	2.14	1.20	1.98	2.74	1.12	1.41	1.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.01	5.69	6.06	6.53	6.32	6.31	6.44	3.30	5.09	6.86	3.60	3.95	3.63
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	6.98	7.21	7.20	7.47	7.36	7.33	7.43	8.98	7.91	8.99	8.63	7.66	7.64
MnO	0.18	0.10	0.06	0.11	0.08	0.08	0.08	0.23	0.13	0.15	0.23	0.15	0.15
MgO	13.49	13.34	13.13	13.11	13.15	13.13	12.89	13.21	13.68	12.31	13.71	14.36	14.22
CaO	22.53	22.75	22.73	22.64	22.57	22.47	22.61	22.10	22.34	22.19	22.15	22.14	22.13
Na <sub>2</sub> O	0.70	0.55	0.40	0.38	0.43	0.44	0.49	0.67	0.37	0.56	0.48	0.35	0.30
K <sub>2</sub> O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
Toplam	100.32	99.83	99.20	99.61	99.42	99.34	99.10	101.12	100.86	100.71	101.00	100.61	100.25
Hesaplamalar 6 oksijene göre yapılmıştır													
Si	1.828	1.790	1.777	1.757	1.764	1.774	1.759	1.894	1.817	1.739	1.879	1.862	1.878
Ti	0.051	0.054	0.058	0.062	0.063	0.057	0.060	0.033	0.055	0.076	0.031	0.039	0.040
Al	0.218	0.249	0.267	0.287	0.278	0.277	0.284	0.143	0.221	0.300	0.156	0.171	0.158
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe <sup>3+</sup>	0.073	0.104	0.091	0.104	0.100	0.092	0.112	0.052	0.062	0.111	0.058	0.053	0.029
Fe <sup>2+</sup>	0.142	0.120	0.134	0.129	0.129	0.137	0.120	0.225	0.182	0.168	0.207	0.183	0.207
Mn	0.005	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.007	0.004	0.005	0.007	0.005	0.005
Mg	0.742	0.737	0.732	0.728	0.731	0.730	0.719	0.725	0.751	0.680	0.752	0.788	0.784
Ca	0.890	0.904	0.910	0.903	0.902	0.898	0.906	0.872	0.881	0.881	0.873	0.873	0.877
Na	0.050	0.040	0.029	0.028	0.031	0.032	0.036	0.048	0.027	0.040	0.034	0.025	0.022
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Toplam	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
En	40.15	39.54	39.19	39.05	39.25	39.32	38.70	38.70	40.03	36.97	39.77	41.54	41.32
Fs	11.65	11.99	12.05	12.48	12.32	12.31	12.51	14.76	12.98	15.14	14.04	12.43	12.46
Wo	48.19	48.47	48.76	48.47	48.42	48.36	48.79	46.54	46.98	47.89	46.18	46.03	46.22
Mg#	77.50	76.73	76.47	75.78	76.10	76.15	75.57	72.39	75.51	70.94	73.90	76.97	76.84

Tablo 2. Hayrat gabroyik kayaçlarından plajiyoklasların mineral kimyası analiz sonuçları

	14_1	14_2	14_3	14_4	14_5	14_6	17_1	17_2	17_3	17_4	17_5	17_6
SiO <sub>2</sub>	47.44	49.65	51.38	51.43	51.81	51.96	59.3	53.99	52.96	51.53	51.98	51.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.54	32.01	30.74	30.63	30.65	30.57	26.12	29.59	30.35	30.92	31.03	30.98
FeO	0.58	0.56	0.57	0.57	0.63	0.46	0.28	0.46	0.50	0.58	0.46	0.54
MgO	0.00	0.00	0.01	0	0.01	0.00	0.03	0.08	0.08	0.08	0.07	0.11
CaO	16.73	14.91	13.38	13.16	13.19	13.23	7.63	11.86	12.54	13.36	13.09	13.37
Na <sub>2</sub> O	1.89	2.85	3.62	3.9	3.81	3.83	6.88	4.74	4.33	3.79	3.89	3.92
K <sub>2</sub> O	0.04	0.13	0.14	0.20	0.16	0.19	0.45	0.17	0.14	0.11	0.14	0.11
Toplam	100.24	100.12	99.85	99.89	100.27	100.25	100.71	100.91	100.91	100.39	100.68	100.89
Hesaplamalar 8 oksijene göre yapılmıştır												
Si	2.175	2.267	2.342	2.344	2.351	2.357	2.632	2.423	2.382	2.337	2.347	2.339
Al	1.813	1.723	1.651	1.646	1.639	1.634	1.367	1.565	1.609	1.653	1.651	1.648
Fe	0.023	0.021	0.022	0.022	0.024	0.018	0.011	0.018	0.019	0.022	0.018	0.021
Mg	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.003	0.006	0.006	0.006	0.005	0.008
Ca	0.822	0.729	0.653	0.643	0.641	0.643	0.363	0.570	0.604	0.649	0.633	0.646
Na	0.168	0.252	0.320	0.345	0.335	0.337	0.592	0.413	0.378	0.333	0.340	0.343
K	0.003	0.008	0.009	0.012	0.010	0.011	0.026	0.010	0.008	0.007	0.008	0.007
Toplam	5.004	5.001	4.997	5.011	5.002	5.000	4.993	5.005	5.006	5.007	5.002	5.012
An	82.81	73.73	66.55	64.33	65.02	64.88	37.00	57.44	61.04	65.63	64.47	64.88
Ab	16.93	25.50	32.58	34.50	33.99	33.99	60.37	41.54	38.14	33.69	34.67	34.43
Or	0.26	0.77	0.87	1.18	0.99	1.13	2.63	1.02	0.82	0.67	0.86	0.69

Tablo 3. Hayrat gabroyik kayaçlarından amfibollerin mineral kimyası analiz sonuçları

	14_1	14_2	14_3	14_4	14_5	14_6	14_7	14_8	14_9	14_10
SiO <sub>2</sub>	40.95	41.18	40.79	41.27	41.32	40.92	41.05	40.94	41.29	40.98
TiO <sub>2</sub>	4.99	5.13	5.19	5.02	5.00	5.14	5.01	5.09	5.01	5.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.82	11.95	12.36	11.83	11.90	12.11	12.15	12.08	11.73	11.82
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	12.47	12.01	11.59	11.44	11.49	11.50	11.19	11.18	10.95	11.21
MnO	0.20	0.20	0.19	0.21	0.19	0.17	0.17	0.17	0.16	0.18
MgO	12.12	12.62	12.67	12.94	12.84	12.81	13.09	13.04	13.42	12.91
CaO	11.55	11.60	11.52	11.46	11.50	11.63	11.55	11.49	11.35	11.44
Na <sub>2</sub> O	2.95	3.21	3.08	3.04	2.99	3.10	3.06	2.99	3.23	3.01
K <sub>2</sub> O	1.10	1.03	1.01	0.93	0.99	0.94	0.93	0.97	0.98	1.04
Toplam	98.15	98.92	98.40	98.14	98.21	98.32	98.19	97.95	98.116	97.60
Hesaplamalar 23 oksijene göre yapılmıştır										
Si	6.080	6.055	6.016	6.090	6.094	6.037	6.050	6.049	6.085	6.080
Ti	0.557	0.567	0.576	0.557	0.555	0.570	0.555	0.566	0.555	0.560
Al	2.068	2.071	2.148	2.057	2.068	2.106	2.110	2.104	2.037	2.067
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	1.548	1.477	1.429	1.412	1.417	1.419	1.379	1.382	1.350	1.391
Mn	0.025	0.024	0.024	0.026	0.024	0.022	0.021	0.022	0.020	0.022
Mg	2.683	2.766	2.786	2.847	2.823	2.817	2.876	2.872	2.948	2.856
Ca	1.837	1.827	1.820	1.812	1.817	1.838	1.824	1.819	1.792	1.819
Na	0.849	0.915	0.881	0.870	0.855	0.887	0.874	0.857	0.923	0.866
K	0.209	0.193	0.190	0.176	0.186	0.177	0.174	0.183	0.184	0.196
Toplam	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16



Şekil 7. Gabroyik kayaçlarda analiz edilen klinopiroksenler (A, Morimoto vd. 1987), plajiyoklaslar (B, Smith ve Brown, 1988) ve amfibollerin (C, Leake vd., 1997) kimyasal adlandırma diyagramlarındaki dağılımları (Eyüboğlu vd. 2018'den değiştirilerek).

### 3.4. Gabroyik Kayaçların Yaşı

Gerek çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaçlar ve gerekse de onları çevreleyen bazaltik kayaçlar hakkında stratigrafik ilişkilerden hareketle yaş tahmini yapılması oldukça güçtür. Gabroyik kayaçlar ilk kez bu çalışmada tanımlanmış ve haritalanmış olup, gabroyik kayaçları çevreleyen bazaltik kayaçlar için deneştirme yoluyla Güven vd. (1993) tarafından

Geç Kretase yaşı verilmiştir. Bazaltik kayaçların jeokimyasal özellikleri ve bölgesel dağılımları dikkate alındığında Geç Kretase veya Eosen yaşlı olma olasılıkları kuvvetle muhtemel olup, Neojen yaşlı olma ihtimalleri ise bölgedeki Neojen volkaniklerinin alkali karakterde olması nedeniyle mümkün değildir (Eyüboğlu vd. 2018). Bu nedenle, gabroyik kayaçların oluşum yaşlarını saptamak için çalışma kapsamında gabroyik kayaçlarda bulunan uygun mineraller üzerinde tarihlendirme analizlerinin yapılması planlanmış ve seçilen zirkon, kersutit ve titanit mineralleri üzerinde tarihlendirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Gabroyik kayaçların zirkon içerikleri yüksek olmasına rağmen (108-157 ppm) mineral ayrımı sırasında HYR-4 nolu örnekten sadece 3 zirkon tanesi seçilebilmiş olup, bu zirkon tanelerinin Korean Basic Science Institute'de SIMS metoduyla tarihlendirilmesinden 115 (Apsiyen), 140 (Berriasiyen) ve 316 (Baskriyen) milyon yıllık yaşlar elde edilmiş olup, bu yaşların kesinlikle gabroyik kayaçların oluşum yaşlarını temsil etmediği ve gabroyu oluşturan magmanın yükselimi sırasında geçtiği yol üzerindeki yan kayaçlardan bünyesine almış olduğu zirkon mineralleri olduğu sonucuna varılmıştır.

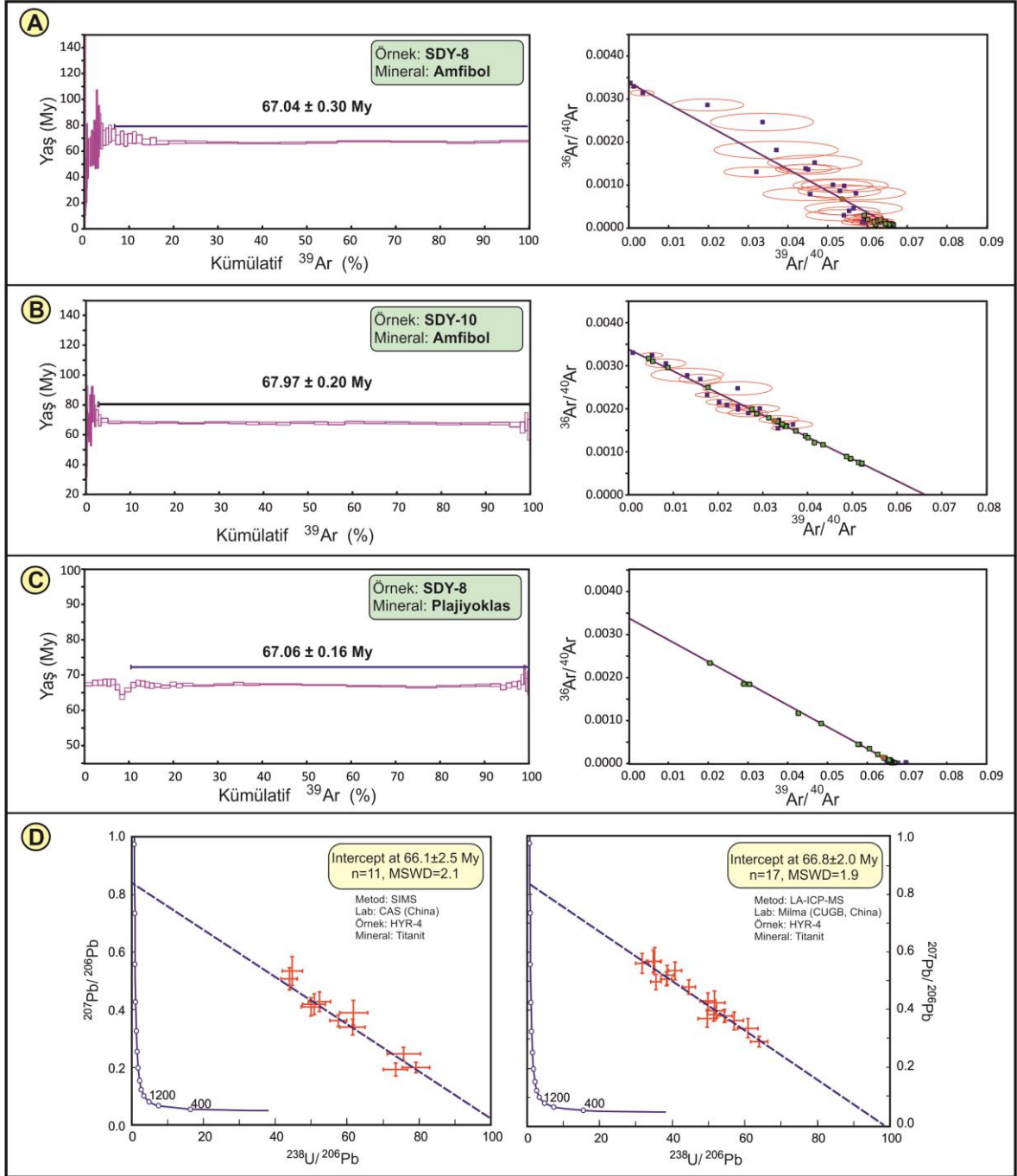
Zirkon U-Pb tarihlendirilmesinden istenilen sonucun elde edilememesi nedeniyle iki örnekten (SD-8 ve SD-10) seçilen kersutit ve plajiyoklas mineralleri  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  metodu ile tarihlendirilmek üzere, bu metod için iyi bir ekipmana sahip olan Oregon State University'e (USA) gönderilmiştir. SD-8 ve SD-10 nolu örneklerden seçilen kersutit minerallerinden sırasıyla  $67.04 \pm 0.3$  ve  $67.97 \pm 0.2$  (Geç Mestriştien) milyon yıllık plato yaş verileri elde edilmiştir (Şekil 8A ve 8B, Tablo 4). Ayrıca SD-8 nolu örnekten seçilen plajiyoklas mineralleri de aynı metodla tarihlendirilmiş ve kersutit minerallerinden elde edilen yaş verisini destekleyecek şekilde  $67.06 \pm 0.16$  milyon yıllık bir plato yaşı elde edilmiştir (Şekil 8C).

Çalışma kapsamında ayrıca HYR-14 nolu örnekten seçilen titanit mineralleri, China University of Geosciences Jeokronoloji Laboratuvarı'nda LA-ICPMS aracılığıyla U-Pb metodu ile tarihlendirilerek  $66.1 \pm 2.5$  ve  $66.8 \pm 2.0$  milyon yıllık bir yaş verileri elde edilmiştir (Şekil 8D). Tüm bu sonuçlardan hareketle gabroyik kayaçların kristallenme yaşlarının Geç Mestriştien olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. Hayrat gabrosundan kersutit ve plajiyoklasların  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  tarihlendirilmesinden elde edilen plato ve ters izokron yaş verileri

		Plato						
Örnek	Mineral	Yaş	$\pm 2\sigma$ (i)	$\pm 2\sigma$ (f)	$^{39}\text{Ar}$	K/Ca	$\pm 2\sigma$	MSWD
SDY-10	Kersutit	67.97	$\pm 0.20$ My	$\pm 1.53$ Ma	97 %	0.109	$\pm 0.011$	1.50
SDY-8	Kersutit	67.04	$\pm 0.30$ My	$\pm 1.53$ Ma	93 %	0.084	$\pm 0.003$	3.09
SDY-8	Plajiyoklas	67.06	$\pm 0.16$ My	$\pm 1.51$ Ma	90 %	0.058	$\pm 0.018$	4.47
		Ters İzokron						
Örnek	Mineral	Yaş	$\pm 2\sigma$ (i)	$\pm 2\sigma$ (f)	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ intercept	$\pm 2\sigma$	SF	MSWD
SDY-10	Kersutit	68.22	$\pm 0.26$ My	$\pm 1.55$ Ma	293.80	$\pm 1.17$	72 %	1.16
SDY-8	Kersutit	67.03	$\pm 0.84$ My	$\pm 1.72$ Ma	298.96	$\pm 98.65$	11 %	3.29
SDY-8	Plajiyoklas	67.05	$\pm 0.17$ My	$\pm 1.51$ Ma	297.81	$\pm 7.89$	69 %	4.58





Şekil 8. Hayrat yöresi gabroyik kayalarından amfibol ve plajiyoklaslar için  $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$  yaş spektra ve izokron diyagramları (A, B, C) ve titanit için U-Pb konkordiya diyagramları (D) (Eyüboğlu vd. 2018'den değiştirilerek alınmıştır).

### 3.5. Gabroyik Kayaların Tüm Kayaç Ana, İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası

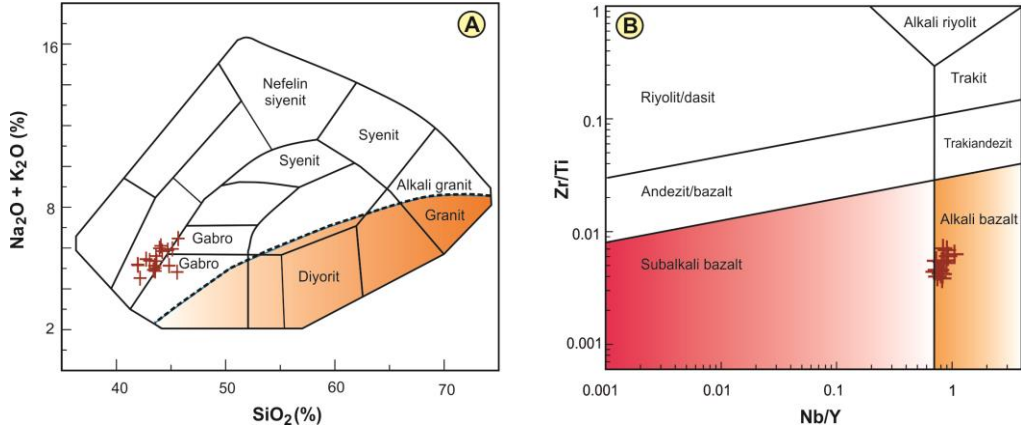
Çalışma konusunu oluşturan gabroyik kayaların petrojenetik evrimlerinin ve jeodinamik ortamlarının belirlenebilmesi amacıyla seçilen 19 taze örnek gerekli

işlemlerden geçirildikten sonra Kanada'daki ACME Laboratories'e gönderilmiş, ICP-MS metodu ile ana, iz ve nadir toprak element konsantrasyonları belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur.

Çalışılan gabroyik kayalar düşük  $\text{SiO}_2$  (% 42.2-45.7), yüksek  $\text{TiO}_2$  (% 1.6-3.15),  $\text{Na}_2\text{O}$  (% 3.61-5.41) ve Zr (108-157 ppm) içerikleri ile karakteristiktir (Tablo 5). Kayalar % 13.97-16.65  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , % 9.21-14.76  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , % 4.31-5.53  $\text{MgO}$ , % 8.63-11.86  $\text{CaO}$ , % 0.58-1.18  $\text{K}_2\text{O}$ , % 0.22-0.40  $\text{P}_2\text{O}_5$ , % 0.13-0.18  $\text{MnO}$ , oldukça düşük  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (<% 0.014), 1-43 ppm Ni, 27-52 ppm Co, 319-982 ppm Sr, 11-22 ppm Rb, 174-320 ppm Ba, 15-22 ppm Nb, 20-27 ppm Y, 15-23 ppm La, 31-60 ppm Ce ve 1.6-2.1 ppm Lu içerirler (Tablo 5). LOI değerleri ise % 2.2-4.6 arasında değişmektedir.

Gabroyik kayalar Cox vd. (1979) tarafından verilen TAS diyagramında (Şekil 9A) alkali gabro, Pearce (1996) tarafından verilen Zr/Ti'ye karşı Nb/Y kimyasal adlandırma diyagramında alkali bazalt alanında toplanırlar (Şekil 9B).

İlksel manto değerlerine göre normalleştirilmiş iz element ve kondirit değerlerine göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramlarında (Şekil 10A ve 10B) çalışılan gabroyik kayalar, LILE (large ion lithophile elements) ve LREE (light rare earth elements) açısından HFSE (high field strength elements) ve HREE (heavy rare earth elements) göre bir zenginleşme gösterirken, bölgede yaygın olan yitim ilişkili magmatik kayalardan farklı olarak negatif Nb, Ta, Ti anomalisi sunmamaktadırlar.

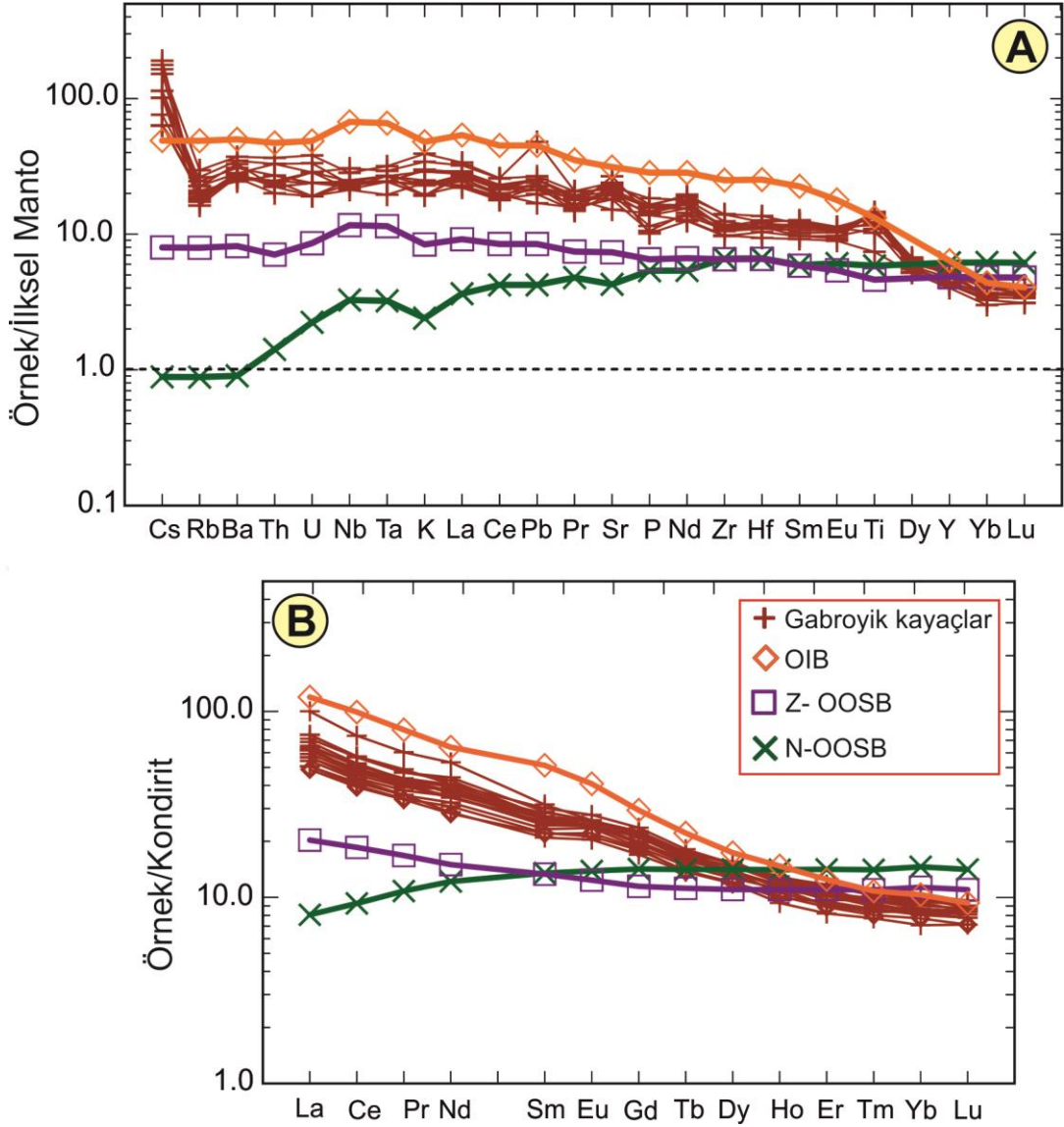


Şekil 9. Çalışılan gabroyik kayaç örnekleri için; (A)  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 'ya karşı  $\text{SiO}_2$  (sınırlar Cox vd., 1979'dan), (B) Zr/Ti ye karşı Nb/Y (sınırlar Pearce, 1996'dan).



Tablo 5. Trabzon Hayrat bölgesindeki gabroyik kayalarından 16 örneğin ana oksit (%ağırlık), iz ve nadirtoprak element (ppm) içerikleri

Örnek	HY-1	HY-2	HY-3	HY-4	HY-5	HY-6	HY-7	HY-8	HY-9	HY-10	HY-11	HY-12	HY-13	HY-14	HY-15	HY-16
SiO <sub>2</sub>	42.77	43.67	42.22	44.12	43.74	45.6	43.59	44.74	44	42.03	41.99	43.6	43.1	43.44	45.7	43.56
TiO <sub>2</sub>	2.9	2.94	3.15	2.64	2.92	1.6	2.37	2.81	2.76	2.83	3.09	2.76	2.96	2.35	2.22	2.69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.26	13.97	14.13	15.21	14.74	18.87	15.35	15.12	14.95	14.71	14.15	14.33	14.35	16.65	16.06	15.32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.76	14.48	16.49	12.8	14.35	9.21	12.52	13.13	13.36	14.47	15.82	14.43	15.1	12.24	11.6	14.03
MnO	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17	0.13	0.15	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.15	0.14	0.17
MgO	5.37	5.2	5.49	4.52	5.12	4.54	5.53	4.53	4.74	5.21	5.27	5.52	5.13	5.48	4.31	5.01
CaO	9.88	9.56	10.58	9.07	9.81	11.21	10.58	9.29	9.09	10.18	9.56	10.72	9.33	11.86	8.86	10.16
Na <sub>2</sub> O	4.6	5.04	3.79	5.41	4.47	4.15	4.31	4.88	5.18	4.59	4.51	4.13	4.81	3.61	5.3	4.36
K <sub>2</sub> O	0.87	0.58	0.75	0.71	0.9	0.69	0.72	1.03	0.82	0.58	0.7	0.76	0.59	1.33	1.18	0.79
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.34	0.31	0.25	0.3	0.34	0.3	0.22	0.35	0.39	0.36	0.32	0.28	0.23	0.38	0.36	0.27
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	0.002	<0.002	0.003	<0.002	0.014	0.009	<0.002	0.002	<0.002	0.004	<0.002	<0.002	0.003	<0.002	0.004
LOI	3.8	3.9	2.7	4.9	3.2	3.5	4.4	3.7	4.3	4.6	4.2	3.1	4	2.2	4	3.4
Total	99.77	99.78	99.77	99.8	99.77	99.81	99.77	99.77	99.78	99.77	99.77	99.76	99.78	99.7	99.77	99.77
Mg#	45.88	45.56	43.69	45.14	45.40	53.46	50.72	44.57	45.26	45.62	43.70	47.13	44.19	51.06	46.40	45.42
Sc	37	36	42	28	34	28	43	25	27	35	36	43	36	24	29	34
V	433	440	499	334	409	387	372	365	392	429	487	441	469	369	302	399
Co	49.1	46.6	57.4	35.5	43.9	27.3	40.9	34.8	39.9	49	52	51.2	51.4	39.2	34.8	44
Ni	9.8	7.3	34.8	2.5	6.3	14.5	42.6	1.1	2.7	7.3	11.4	19.9	11.2	12.3	18.4	4.8
Cr	20.57	13.71		20.57		95.98	61.70		13.71		27.42			20.57		27.42
Cu	47.9	45.3	66.2	25.1	38.1	25.6	173.4	14.2	22.4	45.1	46.2	58.7	44.7	38.2	31.1	30.4
Zn	76	76	84	72	76	53	69	78	76	75	84	68	81	51	61	73
Ga	20.8	19.8	21.9	19.6	21	19.9	20.5	21.3	22.9	22.4	21.2	21.5	21.2	21.9	20.9	22.4
Cs	0.6	1.5	0.5	1.4	0.9	0.5	0.5	0.5	1.6	0.8	0.9	0.6	1.2	1	1.3	0.7
Rb	14.3	11	13.3	11.7	15.6	12.7	12.6	16.7	15	10.3	12	12.1	11.4	21.7	18.8	13.2
Ba	230	186	171	191	215	177	182	243	228	186	197	214	193	320	260	174
Sr	432.2	319.5	412.3	422	420.3	563	489.8	450.4	441.3	500.2	382.5	482	380.1	982	504.9	465.9
Y	24.5	22.3	19.4	20.1	21.6	18.2	19.2	24.4	26.2	23.5	23.6	22.8	20	20.8	24.2	21.6
Zr	127.4	124.2	120.9	117.6	131	109.7	108.4	156.1	149.3	126	123.2	126.2	124.2	147.9	157.4	148.6
Nb	17.3	17.8	15.9	15.3	16.7	16.4	15.1	21.8	21.3	17.5	17.6	16.8	16.6	21.8	20.2	18.4
Hf	3.9	3.7	3.5	3.4	3.5	2.9	3.2	3.8	3.7	3.4	3.4	3.5	3.7	4	4.2	3.9
Ta	1.1	1.1	1.1	1	1	1	0.8	1.2	1.2	1	1.1	1.1	1	1.2	1.3	1.1
Pb	1.6	1.8	1.4	1.5	1.6	1.2	1.6	1.9	1.9	1.8	1.5	1.4	1.7	3.2	3.4	1.8
Th	1.9	2.1	2.3	2	2.3	2.1	1.7	2.8	2.3	2.1	1.9	1.9	1.9	4.8	3.1	2.8
U	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	1.1	0.8	0.7
La	19.1	18.3	15.7	17.6	19.6	16.8	15.1	22.1	23.2	19.1	18.7	17.5	15.7	31	23.2	19.1
Ce	39.8	37.8	32.3	35.4	38.5	34.7	31.6	45.7	46.3	39.4	38.5	36.8	33.5	59.7	46	38.4
Pr	5.25	4.99	4.13	4.58	4.93	4.34	4.09	5.71	5.95	5.1	5.07	4.76	4.31	7.35	5.74	4.85
Nd	22.5	22.5	18.5	21	20.9	17.2	16.9	26.5	24.4	22.2	23.5	22.9	19.4	31.9	25.5	20.6
Sm	5.54	5.14	4.32	4.75	4.97	4.09	4.29	5.63	5.88	5.31	5.23	4.81	4.54	6.15	5.29	4.96
Eu	1.9	1.79	1.56	1.78	1.81	1.5	1.63	1.9	2.04	1.9	1.81	1.79	1.73	1.91	1.87	1.75
Gd	5.87	5.48	4.65	5.03	5.43	4.39	4.74	5.87	6.13	5.67	5.55	5.47	4.82	5.62	5.61	5.17
Tb	0.83	0.77	0.66	0.72	0.77	0.65	0.65	0.83	0.86	0.81	0.8	0.77	0.7	0.75	0.8	0.74
Dy	4.96	4.75	3.88	4.21	4.28	3.82	3.88	4.86	4.89	4.44	4.68	4.48	4.08	4.39	4.66	4.51
Ho	0.91	0.86	0.71	0.78	0.84	0.67	0.73	0.93	0.92	0.84	0.87	0.82	0.8	0.76	0.9	0.81
Er	2.23	2.26	2	2.14	2.14	1.72	1.86	2.4	2.46	2.35	2.25	2.04	1.9	1.92	2.44	2.2
Tm	0.32	0.29	0.28	0.29	0.31	0.25	0.26	0.34	0.34	0.3	0.3	0.31	0.27	0.28	0.33	0.32
Yb	1.98	1.76	1.68	1.81	1.82	1.48	1.61	1.99	2.09	1.74	1.99	1.89	1.76	1.73	2.13	2.05
Lu	0.29	0.28	0.25	0.27	0.27	0.23	0.23	0.31	0.29	0.27	0.27	0.28	0.26	0.25	0.31	0.29



Şekil 10. Çalışılan gabroyik kayaların ilksel mantoya (A) ve kondirite göre normalleştirilmiş iz ve nadir toprak element dağılım diyagramları (normalleştirme değerleri ilksel manto için Sun ve McDonough (1989) ve kondirit için Boynton (1984)'den alınmıştır).

## 4. TARTIŞMA

### 4.1. Giriş

Hayrat yöresinde yüzeyleyen ve çalışmanın konusunu oluşturan Geç Kretase yaşlı gabroyik kayaçlar esas alınarak, üzerinde tartışmaların devam ettiği Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın Geç Mesozoyik jeodinamik gelişimi üzerine odaklanan tez çalışmasının bu bölümünde, gabroyik kayaçların petrojenetik gelişimlerine, jeodinamik ortamlarına ve bölgenin jeodinamik evrimi açısından önemine odaklanılacaktır.

### 4.2. Gabroyik Kayaçların Petrojenezi ve Kristalizasyon Koşulları

Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kesiminde Geç Kretase dönemi, yaygın olarak plütonik ve volkanik litojiler tarafından temsil edilmektedir. Bugüne kadar yapılan petroloji odaklı çalışmalarda Geç Kretase yaşlı magmatik kayaçların, LIL ve LRE elementlerce HFS ve HRE elementlerine göre zenginleşmiş olması ve negatif Nb, Ta, Zr, Hf, Ti anomalileri göstermesi nedeniyle petrojenetik gelişim süreçlerinin yitim ilişkili bir ortamda geliştiği yaygın olarak kabul görmüştür (Bektaş vd., 1999; Altherr vd., 2008; Eyüboğlu, 2010; Eyüboğlu vd., 2007 ve 2014; Aydın vd., 2014; Delibaş vd., 2016; vs). Bununla birlikte Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın şekillenmesine neden olan bu yitimin polaritesi konusunda ortak bir fikir bulunmamaktadır.

Çalışılan gabroyik kayaçlar kuzey zonda bugüne kadar tanımlanmış Geç Kretase yaşlı volkanik ve plütonik kayaçlar ve yine aynı lokasyonda Eyüboğlu vd. (2016a) tarafından tanımlanmış Senozoyik yaşlı gabroyik kütlelerden jeokimyasal açıdan önemli farklılıklar arz etmekte olup, yüksek TiO<sub>2</sub> (% 1.6-3.15), Na<sub>2</sub>O (% 3.61-5.41), Nb (15-22 ppm), Zr (108-157 ppm) ve yüksek HFS element içerikleri ile onlardan ayrılmaktadır. Bu durum, mevcut gabroyik kayaçların petrolojik gelişimlerinde farklı kaynak ve koşulların varlığını göstermektedir.

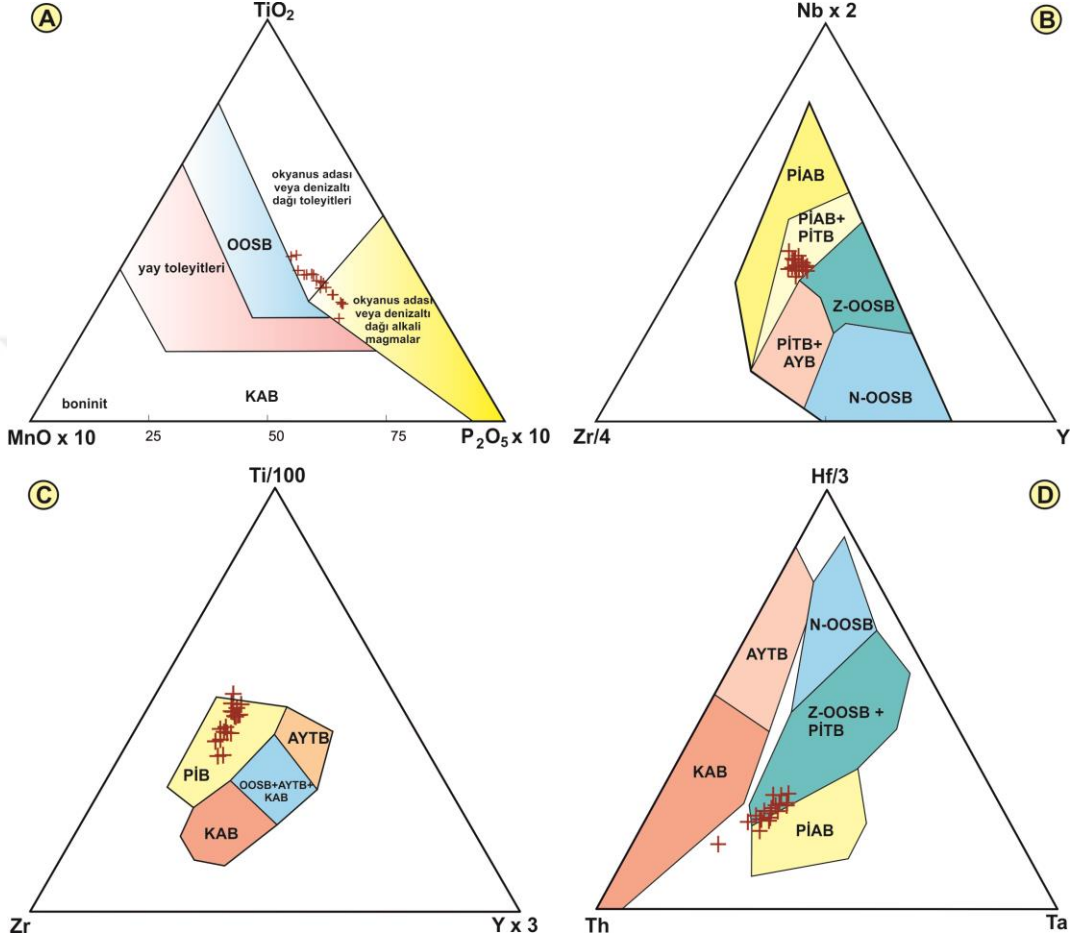
Plaka içi magmatik aktivite hem okyanusal hem de kıtasal litosfer üzerinde gelişebilir. Okyanus içlerinde gelişen aktivite Okyanus Ortası Sırt Bazaltı (OOSB) ve Okyanus Adası Bazalt (OAB) tipindeki bazik karakterli magmalar ve ürünleri ile temsil

edilirken, kıta içlerinde gelişen aktivite yaygın olarak bazik karakterli magmalara felsik karakterli magmaların eşlik ettiği bimodal aktivite ile temsil edilmektedir. İz, nadir toprak element içerikleri ve izotopik oranlar dikkate alındığında; OOSB kökenli aktivitenin Normal OOSB (N-OOSB) ve Zenginleşmiş OOSB (Z-OOSB) şeklinde iki tipi, OAB tipi aktivitenin de Okyanus Adası Toleyiti (OAT) ve Okyanus Adası Alkaleni (OAA) şeklinde iki tipi bulunmaktadır.

İz elementlerin birbirlerine olan oranları bazı magma tiplerinin ve kaynak alanlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. K/Ba oranı N-OOSB ilişkili bazaltlarda sırasıyla 100'ün üzerinde, Okyanus Adası ilişkili bazaltlarda ise 45'in altındadır. Benzer olarak Zr/Nb oranı N-OOSB magma kaynağı ilişkili bazaltik kayalarda 30'un üzerindeyken OAB tip magmaları oluşturan manto kaynağında 10'un altındadır. Hayrat yöresi Geç Kretase gabrolarının K/Ba oranları 36-40 arasında, Zr/Nb oranları ise 6-9 arasında değişmekte olan değerleri, ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramlarını destekleyecek şekilde, bu kayaların OAB tip bir magma kaynağından türemiş olduklarını göstermektedir. La/Yb oranı okyanus adası tip alkali kayalarda 12 civarında, tolayitlerde ise 4 civarındadır. Çalışılan gabroyik kayalarda söz konusu oran 9-12 arasında değişmekte olup, Şekil 9'da sunulan sınıflandırma diyagramları ile uyumluluk arz edecek şekilde kayaların alkali doğasını yansıtmaktadır. Kayaların göreceli olarak düşük magnezyum numaraları (41-50) ve Ni içerikleri (<12 ppm), Hayrat Gabrosu'nu oluşturan magmanın orijinal primitif bir magmayı temsil etmediğini, yükselimi sırasında farklılaşma proseslerinden etkilenmiş olduğunu göstermektedir (Şekil 10; Tablo 5).

Özellikle ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında LIL elementlerin HFS elementlere göre zenginleşme sunmaları, negatif Nb ve Ta anomalileri göstermemeleri ve ayrıca belirgin bir pozitif Ti anomalisi sunmaları, çalışılan gabroyik kayaların OOSB veya tipik yitim ilişkili magmalardan türeyen kayalardan farklı bir kimyaya sahip olduğunu ve gelişiminde Okyanus Adası Bazaltı (OAB) tip bir magma kaynağının etkin olduğunu göstermektedir (Şekil 10). Hayrat gabroyik kayalarının düşük Cr ve Ni içerikleri, onların orijinal primitif magmaları temsil etmediği, gelişimleri sırasında fraksiyonlaşma proseslerinin etkin olmuş olabileceğini ve Rb, Ba, Th, K ve Pb gibi elementlerin düşük konsantrasyonları kayaların gelişimleri sırasında kıtasal kabukla olan etkileşimin oldukça sınırlı olabileceğini işaret etmektedir.

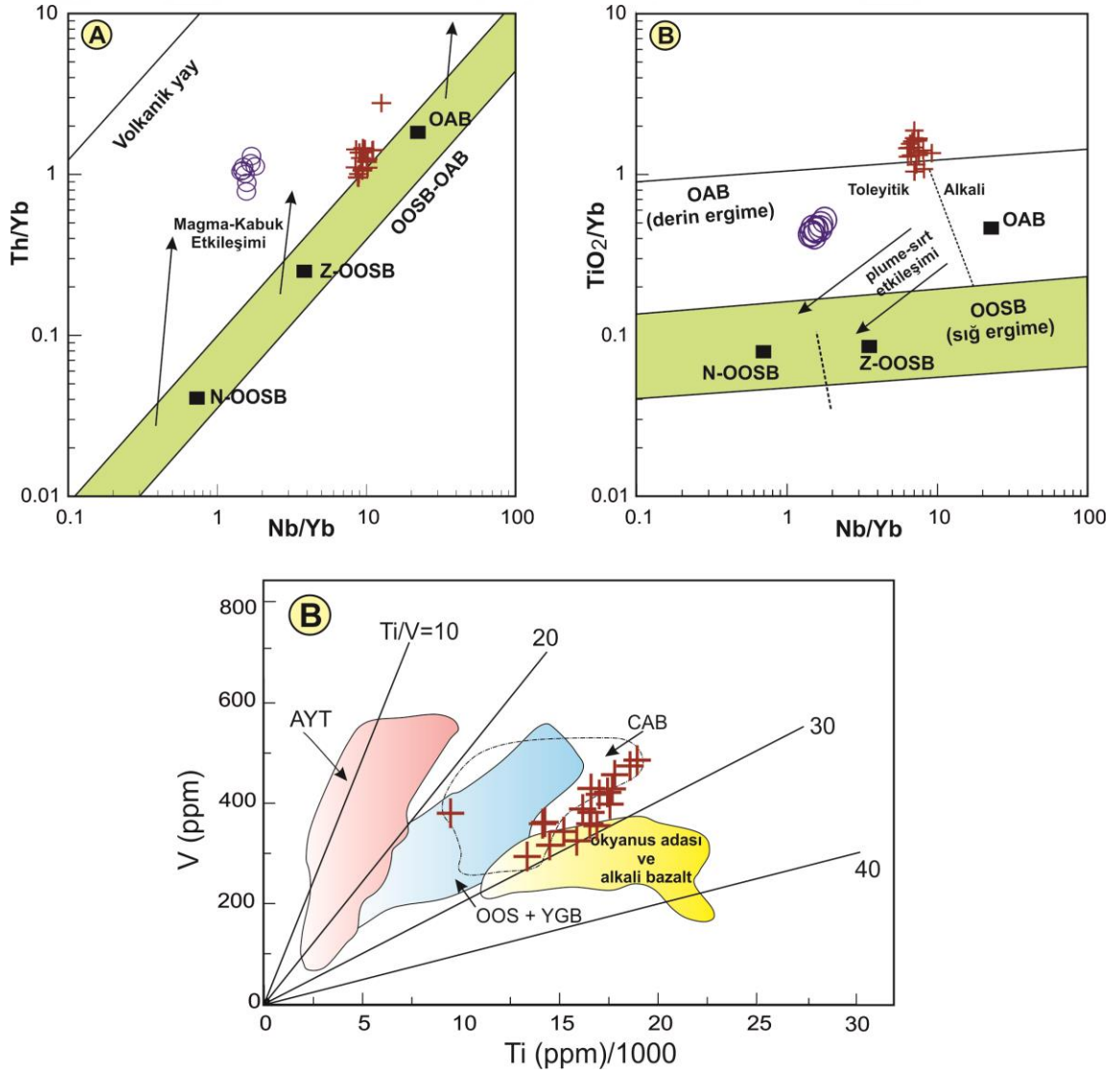
Çalışılan gabroyik kayaçlar özellikle alterasyon sırasında hareketsiz olan elementlerin kullanıldığı çeşitli tektonik ortam ayırtman diyagramlarında plaka içi ortamlarda gelişen kayaçların alanlarında toplanmaktadır (Şekil 11 ve 12).



Şekil 11. Gabroyik kayaçların çeşitli tektonik ortam ayırtman diyagramlarındaki dağılımları (A: Mullen, 1983; B: Meschede, 1986; C: Pearce ve Cann, 1973; D: Wood, 1980). Kısaltmalar: OOSB: okyanus ortası sırt bazaltı, KAB: Kalk-alkali bazalt, PİAB: Plaka içi alkali bazalt, PİB: Plaka içi bazaltı, AYB: Ada yayı bazaltı, PİTB: Plaka içi toleyitik bazalt, AYTB: Ada yayı toleyitik bazalt, Z-OOSB: Zenginleşmiş okyanus ortası sırt bazaltı, N-OOSB: Normal okyanus ortası sırt bazaltı.

Çalışılan gabroyik kayaçların kristalizasyon koşullarının belirlenmesi için Eyüboğlu vd. (2018) tarafından termobarometre çalışmaları yapılmış olup Fe-Mg değişimi için dağılım katsayıları klinopiroksen ve kayaç arasında ( $K_{D(Fe-Mg)} = [Fe/Mg]^{Cpx}/[Fe/Mg]^{bulk}$ ) tüm kayaç bileşimleri kullanılarak hesaplanmıştır. HYR-14 ve HYR-16 nolu örnekler 0.24-0.27 arasında değişen klinopiroksen-kayaç  $K_{D(Fe-Mg)}$  dengesini işaret eder ve Putirka vd.

(1996) tarafından verilen klinopiroksen susuz likit dengesi hesaplamalarında 7.2-8.4 kb arasında değişen basınç değerleri ve 1155-1185 °C arasında değişen sıcaklık değerleri sunarlar. Putirka vd. (2008) tarafından verilen klinopiroksen sulu likit formülasyonları kullanıldığında 5.7-7.4 arasında değişen basınç ve 1073-1171°C arasında değişen sıcaklık değerleri elde edilmektedir. 5.7-8.4 kb basınçta Nimis ve Taylor (2000) tarafından verilen klinopiroksen termometresi ile de 1096-1174 °C arasında değişen sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca aynı örneklerden Nimis (1995) tarafından klinopiroksen barometresi için verilen formüller kullanılarak oldukça düşük basınç koşullarını ifade eden 2.5 kb'lık bir basınç değeri de elde edilmiştir.



Şekil 12. Hayrat gabroyik kayaçlarının bazı köken ve jeodinamik ortam yorumlama diyagramlarındaki dağılımları (A ve B: Pearce, 1996; C: Shervais, 1982). Kısaltmalar: CAB: kıtasal akıntı bazaltı, YGB: yay gerisi bazaltı

HYR-14 nolu örnek kersutit minerallerinin bolluğu ile karakteristiktir. Bu örnekteki kersutit ve plajiyoklasın ortalama bileşimlerinin kullanılmasıyla elde edilen, hornblend-plajiyoklas dengesi (edenit-rihterit formülasyonu; Holland ve Blundy, 1994) ile 1009-1020 °C arasında değişen sıcaklık ve 5-10 kb arasında değişen basınç değerleri elde edilmiştir. En yüksek ve en düşük albit içeriğine sahip plajiyoklaslar ile gerçekleştirilen hornblend-plajiyoklas termometre hesaplamaları 998-1080 °C ve 5-10 kb değerlerini vermiştir. Bu değerler amfibolün klinopiroksenden daha düşük sıcaklıklarda kristallenmiş olduğunu tasdik etmektedir. Bütün bu hesaplamalar sonucunda elde edilen tüm veriler dikkate alındığında, Hayrat Gabrosu'nun 998-1171 °C ve 5.7-7.4 kb değerleri arasında yüksek Ti içerikli magmadan plajiyoklas, klinopiroksen ve amfibolün kristallenmesiyle oluşmuş olduğunu söyleyebiliriz.

Tüm jeokimyasal veriler, çalışılan gabroyik kayaçların alkali okyanus adası bazaltlarına benzer bir jeokimyasal bileşime sahip olduğunu ve gelişimlerinin zenginleşmiş bir litosferik manto kaynağının kısmi ergimesi ile ilişkili olduğunu, ilk kristallenmenin 5.7-7.4 kilobar basınç koşullarında ve yaklaşık 1170 °C de başladığını göstermektedir (Eyüboğlu vd. 2018).

Gabroyik kayaçları çevreleyen bazaltik kayaçlar, bu tez çalışması kapsamında ele alınmamış olmamasına rağmen, Eyüboğlu vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada bu kayaçların jeokimyasal özellikleri ortaya konulmuş ve çalışılan gabroyik kayaçlardan oldukça farklı bir şekilde kıtasal yaylarda yitim ilişkili proseslerle gelişen kayaçlarla benzer jeokimyasal özelliklere sahip olduklarını, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın yay önü bölgesinde geliştiklerini ve Japon yayında yay önü bölgede gelişen Abukuma volkanikleri ile oldukça benzer iz ve nadir toprak element dağılımlarına sahip olduklarını vurgulayarak, çalışılan gabroyik kayaçlar ve onları çevreleyen bazaltik kayaçların Paleotetis okyanusunun güney yönlü yitimi sırasında tektonik olarak biraraya gelmiş olduklarını vurgulamışlardır.

### 4.3. Neden Yay Önü?

Geleneksel olarak; toleyitik, kalk-alkalen ve alkalen olmak üzere magma serilerinin üç ana tipi tanımlanır. Toleytik kayaçlar yaygın olarak okyanus ortası sırtlarda, yaylarda ve plaka içi ortamlarda bulunurlar. Kalk-alkali kayaçlar, yitim zonları üzerinde gelişen, hem okyanusal ve hem de kıtasal yaylar üzerinde bulunmakla birlikte, kıtasal yaylarda oldukça

yaygındırlar. Alkali kayaçlar dünya üzerinde jeodinamik ortamların geniş bir yelpazesinde bulunmakla birlikte, özellikle okyanus adaları, denizaltı dağları ve kıtasal rift zonlarında yaygın olarak bulunurlar.

Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nda yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı volkanik ve plütonik kayaçlar yaygın olarak kalk-alkali ve yüksek potasyumlu kalk-alkali karakterde olup, onların petrojenetik gelişiminin okyanusal bir yaydan ziyade, kıtasal yay ortamında gerçekleştiğini göstermektedir (Eyüboğlu vd., 2014). Her ne kadar bölgenin jeodinamik gelişimi ve magmatizmanın karakteri üzerine çalışan bilim insanları arasında Geç Kretase magmatizmasının gelişiminin yitim ilişkili bir ortamda gerçekleştiğine dair ortak bir fikir söz konusu olsada, yitimin polaritesi konusunda tartışmalar günümüzde de devam etmektedir. Çok yaygın olarak kabul edilen görüşe göre, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı; güneyinde bulunan Paleotetis ve/veya Jura'da yay gerisi havza olarak açılan Neotetisin Kuzey Kolu'nu temsil eden okyanusal litosferin kuzey yönlü yitimi ile şekillenmiştir. Hiç şüphesiz bu görüş için ana çıkış noktası orojenik kuşağın güneyinde bir kuşak boyunca yüzeyleyen ultramafik-mafik kayaçların bir okyanus-ortası sırt veya yitim zonu üzerinde gelişen ofiyolitik istifin kalıntılarını temsil ettiği'dir. Bununla birlikte son yıllarda bölgede yüzeyleyen çeşitli kaya gruplarından elde edilen sistematik jeolojik, jeokimyasal, jeofiziksel ve jeokronolojik veriler bu popüler görüşü desteklememektedir. Geç Kretase magmatik yayı için güney yönlü yitim modelinin geçerliliğini güçlendiren ana bulgular aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın güney kesimindeki ultramafik kayaçların Jura öncesi yaşlı gabrolar tarafından kesilmesi: Yaygın olarak kabul gören ve Jura'da açılan Neotetis Okyanusu'nun Kuzey Kolu'nun kuzey yönlü yitimi ile bölgenin şekillendiği görüşünün ana çıkış noktası Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın güney sınırı boyunca yüzeyleyen ultramafik kayaçların eski bir okyanus ortası sırt bölgesindeki açılmayı veya yitim zonu üzerinde gelişen SSZ (suprasubduction zon) ofiyolitleri temsil ettiği görüşüdür. Eyüboğlu vd. (2016a) tarafından yapılan çalışmada güneydeki ultramafik kayaçların en iyi yüzeylendiği alanlardan biri olan Kop Dağı bölgesinde bu kayaçları kesen gabroyik kayaçlar zirkon U-Pb yaşlandırma metodu ile tarihlendirilmiş ve Silüryen'den Jura'ya kadar değişen farklı yaşlar elde edilmiştir. Elde edilen bu yaşlar sözü edilen ultramafik kayaçların Silüryen veya daha öncesi yaşlı olması gerektiğini ve dolayısıyla da Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından ileri sürülen bu kayaçların Jura'da açılan bir okyanusun kalıntıları olabileceği görüşünü desteklememektedir. Ayrıca gerek Erzincan yöresinde ve



gerekse de Kop bölgesinde, tipik bir ofiyolitik istifi temsil ettiğine inanılan ultramafik kayaçların ve gabroların yüzlekleri, bölgede levha daykların ve yastık yapılı bazaltların bulunmayışı ile bu kayaçların ofiyolitik bir kökene ait olup olmadıkları konusunda ciddi bir soru işareti oluşturmaktadır.

Geç Mesozoyik ve Senozoyik Yay Magmatizmasının Zamansal ve Mekânsal Değişimleri: Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nda yüzeyleyen magmatik litolojiler üzerinde yapılan sistematik jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar, Geç Kretase magmatizmasının bölgenin kuzey kesiminde Turoniyen'de toleyitik karakterli olarak başlayıp, zaman içinde güneye doğru göç ederek uzak güney kesimde ilk ürünlerini şoşonitik karakterli olarak Erken Kampaniyen'de verdiğini göstermiştir. Erken Kampaniyen'de güneyde şoşonitik magmatizma gelişirken, kuzeydeki toleyitik magmatizma ise kalk-alkali karaktere dönüşmüştür. Takip eden dönemde güneydeki şoşonitik aktivite ultrapotasik karaktere, kuzeydeki kalk-alkali aktivite ise şoşonitik karaktere dönüşmüştür. Geç Kretase magmatizmasının güneye doğru göçü ve artan potasyum içeriği güneye doğru yiten bir okyanusal litosferin varlığı, takip eden dönemde güneyde ultrapotasik kuzeyde şoşonitik magmatizmaya geçiş ise güneye doğru yiten okyanusal litosferin dikleşmesiyle açıklanmıştır (Eyüboğlu, 2010, 2015; Eyüboğlu vd., 2011a, 2011b, 2014).

Geç Mesozoyik döneminde Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı altında kuzeye eğimli bir okyanusal dilimin varlığını savunan bilim insanlarına göre, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nda yüzeyleyen Tersiyer yaşlı magmatik kayaçlar, Pontid ve Torid blokları arasında meydana gelen çarpışmayla ilişkili bir ortamda gelişmişlerdir (Adamia vd., 1977; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Karlı vd., 2007; Rice vd., 2009; Dilek vd., 2010; Arslan vd., 2013; Temizel vd., 2014; Aydınçakır ve Şen, 2013). Bununla birlikte son yıllarda Erken Tersiyer magmatizması üzerine yapılan detaylı jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar Geç Kretase magmatizması gibi Erken Tersiyer magmatizmasında zaman içinde göç ettiğini ve bu göçün de çarpışma ile ilişkilendirilmesinin mümkün olamayacağını göstermiştir. Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nda yüzeyleyen magmatik intrüzif kütleler üç ana grup altında toplanabilir: Güneydeki Yipresiyen-Erken Lütisiyen yaşlı adakitik intrüzyonlar, kuzeydeki Lütisiyen yaşlı gabroyik intrüzyonlar ve bu iki kuşak arasında yüzeyleyen Lütisiyen yaşlı adakitik olmayan granitik intrüzyonlar (Eyüboğlu vd., 2011a, 2011b, 2013a, 2013b, 2014, 2016a, 2017). Güneyde yüzeyleyen adakitler Doğu Karadeniz Dağları-Küçük Kafkaslar-Elbruz Dağları boyunca uzanan kuşak boyunca sınırlı bir dağılım sunmakta olup, kütleler Batı

Karadeniz Dağ Kuşağı ve Küçük Kafkaslarda yüzeyleme vermezken, sadece Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nda yüzeyleme verirler. Adakitik kayaçlar üzerinde yapılan sistematik kronolojik çalışmalar adakitik aktivitenin yaklaşık olarak 57 milyon yıl önce yaygın uzak güney kesiminde yer alan Kop Dağları bölgesinde ilk ürünlerini verdikten sonra zaman içinde kuzeye doğru göç ettiğini ve Torul-Gümüşhane-Bayburt-İspir hattı boyunca yaklaşık 47 milyon yıl önce son ürünlerini verip, bu hattın kuzeyinde 47-42 milyon yıllar arasında yerleşen adakitik olmayan granitik kütlelerin oluştuğunu göstermiştir. Hiç şüphesiz adakitik kütlelerin bu sınırlı dağılımını ve magmatizmanın zaman içindeki kuzeye doğru göçünü çarpışma ilişkili bir ortamla ilişkilendirmek oldukça güçtür. Öte yandan çarpışma ilişkili ortamlar (örneğin Tibet) S-tipi granitik kütlelerin varlığı ile karakteristiktir. Halbuki Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'ndan bugüne kadar herhangi bir S-tip granitin varlığı rapor edilmemiştir. Eyuboglu vd. (2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2013a, 2013b, 2014, 2016a, 2017) adakitik kütlelerin bölgedeki sınırlı dağılımını bugünkü Pasifik Okyanusu doğu kenarındaki yitimlerle benzerlikleri dikkate alarak okyanus ortası sırtın yitimi sırasında açılmaya başlayan bir dilim penceresinin (slab window) açılması, kuzeye doğru göç etmesini de Kretase'de güneye doğru dalan okyanusal litosferin geriye doğru bükülmesi (slab roll-back) ile açıklamıştır.

Geç Kretase Yaşlı Kayaç Birimlerinin Paleomanyetizması: Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın jeodinamik gelişimiyle ilgili güney yönlü yitim modeli ilk kez Dewey vd. (1973) tarafından ileri sürülmüş olup, modelin çıkış noktası Van der Voo (1968) tarafından elde edilen paleomanyetik veri olmuştur. Bu veriye göre Doğu Pontid Orojenik Kuşağı Geç Kretase döneminde 23 ve 25 inci kuzey enlemleri arasında yer alıyordu. Takip eden yıllarda bölgede Geç Kretase birimleri üzerinde yapılan tüm çalışmalar Van der Voo (1968) tarafından bilim dünyasına sunan verilerle uyumluluk arz etmiş ve kuşağın bu dönemde 22 ve 27 inci kuzey enlemleri arasında bulunduğunu ve bugünkü konumu olan 39 ve 42 inci kuzey enlemleri arasına yerleşmesi için en az 15 enlemlik bir mesafe boyunca kuzeye doğru hareket ettiğini göstermiştir (Sarıbudak, 1989; Channell vd., 1996; Çinku vd., 2009). Plaka tektoniğinde, kıtasal ve okyanusal plakanın birbirine yaklaşımı ile ilgili genel kurallar dikkate alındığı zaman kuzey yönlü bu sürüklenmenin açıklanmasında kuzey yönlüden ziyade, güney yönlü bir yitim zonunun varlığına vurgu yapılmasının gerekliliği açıktır.

Karadeniz'in Güney Sahili Boyunca Uzanan Güneye Eğimli Ters Fay Sisteminin Varlığı: Plaka tektoniği teorisinin temel yaklaşımlarından birine göre, yaklaşan plaka

kenarlarında bir okyanusal litosfer bir kıtasal litosfer ile karşılaştığında okyanusal litosfer kıtasal litosferin altına doğru inmeye başlarken, üzerleyen kıtasal litosferde okyanusa doğru göç eder. Bu mekanizma yitim yönüne eğimli bölgesel ölçekli bir ters fayın gelişimine neden olmakta olup, bu faylar özellikle eski yitim zonlarının ve polaritesinin saptanması açısından kritik bir öneme sahiptir. Karadeniz havzasında yapılan bir çok çalışma Karadeniz'in güney sahilinin güneye doğru eğimli bir ters fayla sınırlandırıldığını göstermiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay vd., 1994; Spadini vd., 1996; Nikishin vd., 2003). Bölgesel ölçekli bu ters fayın varlığı bölgenin güneye eğimli bir yitim zonu üzerinde şekillenmesi ile ilişkilendirilebilir (Eyüboğlu vd., 2011a, 2011b, 2016a, 2017). Benzer şekilde kara üzerinde gözlenen bütün ters fayların Karadeniz sahili boyunca uzanan fayla uyumlu bir şekilde güneye doğru eğimli olması bu iddiayı güçlendirmektedir (Eyüboğlu vd. 2018).

Isı Akısı Değişimleri: Yaklaşan plaka kenarı ortamlarında yapılan çalışmalarda yaygın olarak ısı akısı değerleri de kullanılmakta ve yitimin polaritesi saptanmaya çalışılmaktadır (Uyeda, 1977; Watanabe vd., 1977; Lewis vd., 1988; Langseth vd., 1990; Stein, 2003). Yaklaşan plaka kenarlarında gelişen yitim zonlarının en tipik özelliği, okyanusal litosferin yitimi sırasında sıcak manto içine soğuk okyanusal metaryalin girişi nedeniyle yay önü bölgelerinin çok düşük ısı akısı değerlerine sahip olmasıdır (Ziagos vd., 1985; Lewis vd., 1988). Isı akısı değerleri kıtasal yayın eksen kısmına doğru artarak en yüksek değerine ulaşır. Bu yüksek değerler muhtemelen ergime süreçleriyle yakından ilişkilidir (Uyeda, 1977; Stein, 2003). Yay gerisi havzalar ise ısı akısının orta değerlerine sahiptir (Watanabe vd. 1977). Güncel bir çalışmada Maden (2013), Doğu Karadeniz havzası altındaki okyanusal litosferin soğuk olduğunu ve 100 km derinlikteki sıcaklık değerlerinin havzada 706 °C iken yay bölgesinde 1432 °C ye ulaştığını vurgulamıştır. Benzer olarak ısı akısı değerleri de havzadan yay bölgesine doğru 14.3 mW m<sup>-2</sup> den 59.4 mW m<sup>-2</sup> ye yükselir. Bu değerler yaklaşan plaka kenarları için Uyeda (1977) tarafından sunulan verilere dikkate değer bir benzerlik göstermekte olup, bölgenin Geç Mesozoyik-Senozoyik dönemi gelişimi için güney yönlü bir yitim zonunun varlığını desteklemektedir (Eyüboğlu vd., 2014).

Tüm bu jeolojik, jeokimyasal, jeokronolojik ve jeofiziksel veriler dikkate alındığında; Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın Geç Mesozoyik jeodinamik gelişiminin, kuzey yönlü bir yitim zonu üzerinde şekillenmiş olmasından ziyade, güney yönlü bir yitim zonu üzerinde şekillenmiş olmasının düşünülmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

#### 4.4. Jeodinamik Gelişim

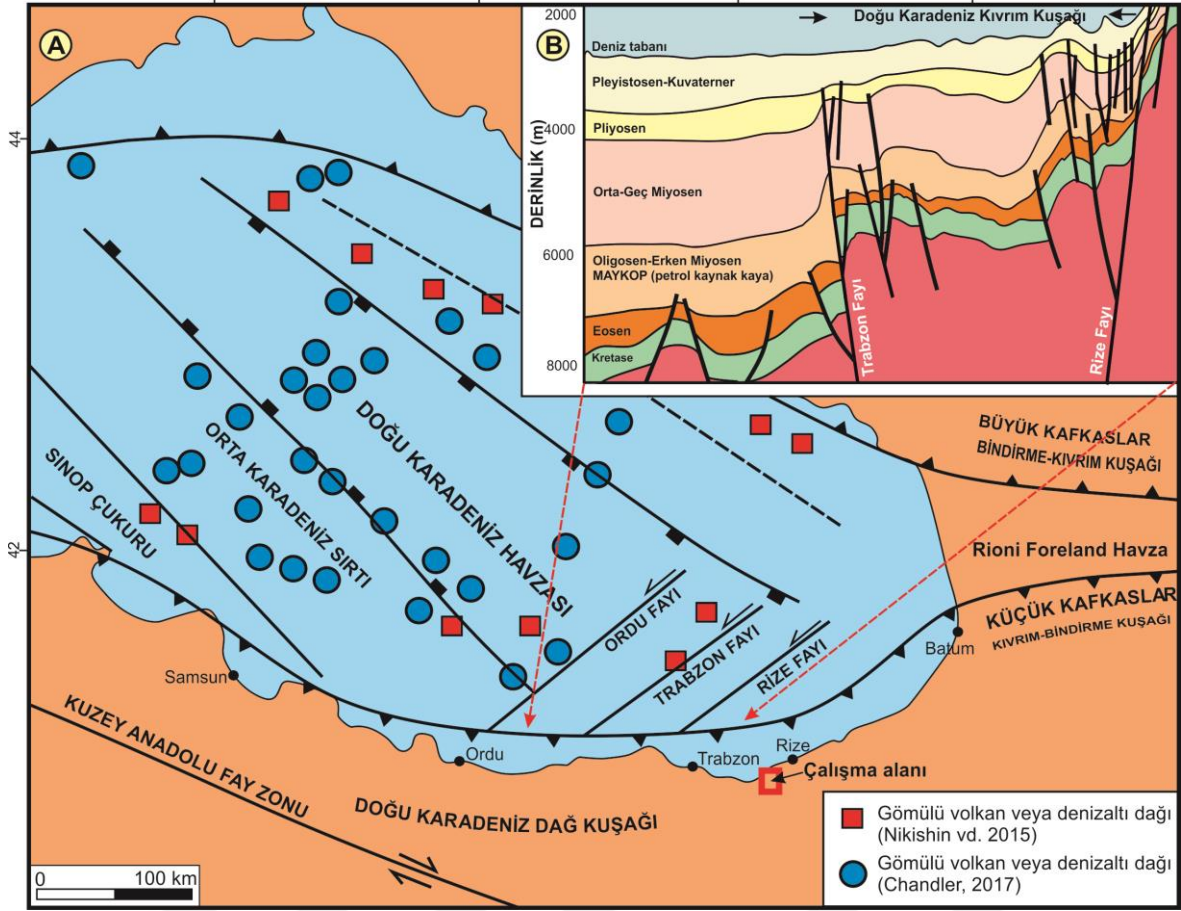
Çalışılan gabroyik kayaçlar alkali karakterde olup, plaka içi ortamları karakterize eden alkali okyanus adası ve/veya denizaltı dağı (seamount) ilişkili bazaltik kayaçların ana, iz ve nadir toprak element konsantrasyonlarına benzer değerlere sahiptirler. Eğer yaygın olarak kabul gören görüşü dikkate alıp, Karadeniz'i yay gerisinde açılan bir okyanus olarak kabul etseydik, bu durumda Karadeniz'in güney sahili boyunca gelişen ve sıkışmalı bir tektonik rejimin izlerini taşıyan yapıları açıklayabilmemiz mümkün olmayacaktı. Bununla birlikte gabroyik kayaçları çevreleyen yay ilişkili bazaltların varlığını açıklamak hem güney ve hem de kuzey yönlü model içinde oldukça güçtür. Bir önceki başlık altında belirtilen çeşitli jeolojik, jeokimyasal, jeokronolojik ve jeofiziksel veriler dikkate alındığında ise bölgenin Geç Mesozoik jeodinamik gelişimi sırasında Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı altında güneye eğimli bir okyanusal dilimin varlığını dışlamak mümkün gözükmemektedir.

Okyanus Adası Bazaltı (OAB) tip gabroyik kayaçların, yitim ilişkili yay ortamını karakterize eden bazaltik kayaçlarla birarada bulunuyor olması ve ayrıca Karadeniz'in güneydoğu sahili boyunca TPAO tarafından belirlenen sıkışma ilişkili yapılarla, sahada belirlenen ters fay sistemlerinin paralellik sunması, gabroyik kayaçlarla onları çevreleyen bazaltik kayaçların tektonik olarak biraraya geldiklerini işaret etmektedir (Eyüboğlu vd. 2018). Karadeniz'in güneydoğu sahili boyunca varlığı jeofiziksel verilerle saptanan ters faylar ve kıvrımlar gibi sıkışmalı yapılar doğuya doğru Rioni-Kura havzasının güney sınırı boyunca devam etmekte ve ayrıca bu bölgede yine sıkışmalı tektonik olayların etkisini gösteren foreland ve piggy-back havzalar ve eklenir prizmaların karakteristik yapılarından biri olan çamur volkanları bu yapılara eşlik etmektedir. Hiç şüphesiz tüm bu yapıların varlığı Karadeniz'in güneydoğu sahili boyunca bir eklenir prizmanın varlığını destekler mahiyettedir.

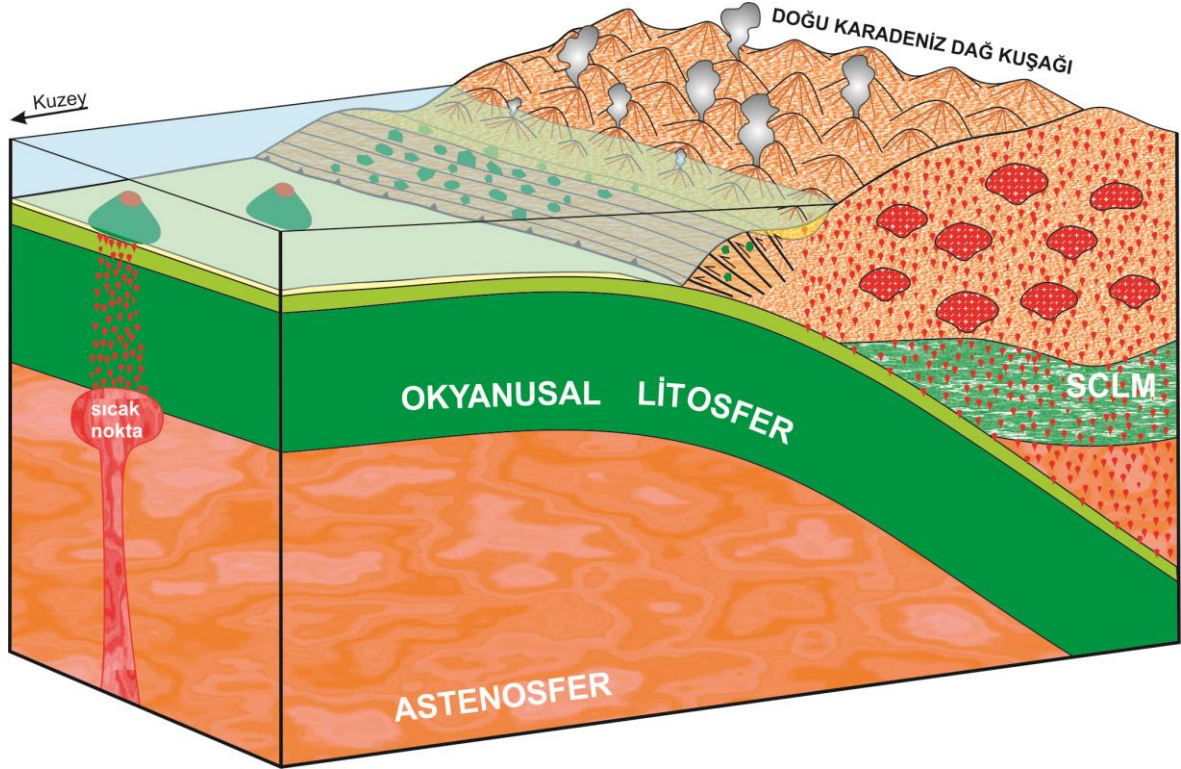
Çalışılan gabroyik kayaçlar OAB tip alkalin magmaların jeokimyasal karakteristiklerini yansıtmakta olup, bu tip magmaların plaka içi ortamlarda ve kıtasal rift zonlarında yaygın olduğu literatürden iyi bilinmektedir. Çalışılan gabroyik kayaçların tüm özellikleri dikkate alındığında, onların kıtasal bir rift zonundan ziyade okyanusal plaka içi bir ortamını işaret etmektedir. Bu tip ortamlar okyanus adası, denizaltı dağı (seamount) ve guyot gibi çeşitli topoğrafik yükselimler ile tipiktir ve bu tip yükselimlerin gelişiminde sıcak noktalar (hot spots) başrolü oynamaktadır. Yitim sırasında bu yükseltiler yay önü

bölgesine eklenirler veya yitim zonuna inerek ergiyip, oluşacak yeni magmalara vücut verirler. Karadeniz'in tabanında okyanusal bir litosferin varlığını net olarak ortaya koyan bir çok çalışma yapılmış olmasına rağmen (Spadini vd. 1997; Cloetingh vd. 2003; Yegorava ve Goberanko, 2010; Maden, 2013), bu litosferin yaşı, doğası, kalınlığı ve topografyası hakkındaki bilgiler hala yetersizdir. Bununla birlikte son yıllarda yapılan bazı jeofiziksel çalışmalar Karadeniz Havzası içinde gömülü volkan veya denizaltı dağlarının (seamount) varlığını göstermekte olup (Şekil 13), bu yapıların çalışılan gabroların kökeni ile yakından ilişkili olabileceği ileri sürülmektedir (Eyüboğlu vd. 2018).

Bu çalışmada sonuç olarak Hayrat civarında yüzlek veren OAB tip alkali gabroların bir denizaltı dağının kök kısımlarını temsil ettiği, zenginleşmiş bir manto kaynağından plume ilişkili kısmi ergimeyle türeyen magmalardan oluştuğu, Paleotetis okyanus litosferinin güneye doğru yitimi sırasında Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kenarına eklendiği ve bu bölgede de yay ilişkili bir denizaltı volkanizmasının özelliklerini yansıtan ve genellikle yastık yapı arz eden volkanik kayalarla tektonik olarak biraraya geldikleri söylenebilir (Şekil 14; Eyüboğlu vd. 2018).



Şekil 13. A) Doğu Karadeniz Havzası'nın ana tektonik hatlarını ve havza içindeki varlıkları jeofiziksel çalışmalarla belirlenen sedimanlarla örtülü olan volkan veya denizaltı dağlarının dağılımı (kırmızı karelerle temsil edilen lokasyonlar Nikishin vd. 2017, mavi dairelerle temsil edilen lokasyonlar ise Chandler, 2017'den alınmıştır). B) TPAO tarafından Doğu Karadeniz Havzası'nda petrol arama odaklı olarak yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkartılan ve Karadeniz'in güneydoğu sahili boyunca sıkışma ilişkili yapıların varlığını gösteren kesit (Eyüboğlu vd. 2018'den alınmıştır).



Şekil 14. Geç Kretase döneminde, okyanus içi magmaların gelişimini ve çalışma konusunu teşkil eden kayaçların oluşumunu ve Karadeniz sahili boyunca yerleşimini gösteren jeodinamik gelişim modeli (Eyüboğlu vd. 2018). Kısaltmalar: SCLM:Subcontinental lithospheric mantle

## 5.SONUÇLAR

Geç Mesozoyik jeodinamik gelişimi üzerine tartışmaların günümüzde de yoğun olarak devam ettiği Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kenarında, Trabzon ili Hayrat ilçesi kuzeybatısındaki Baltacı Deresi vadi içinde yüzlek veren gabro kütesinin; çevre kayalarla olan ilişkisine, petrografik ve jeokimyasal özelliklerine, oluşum zamanı ve koşullarına ve ayrıca jeodinamik ortamının yorumlanmasına odaklanılan bu çalışma sonucunda ulaşılan ana sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

1. Hayrat gabroyik kütesi güney ve kuzey sınırı boyunca yastık yapının yaygın olarak görüldüğü bazaltik kayalar ile tektonik dokanak oluşturur.
2. Gabroyik kayalar başlıca diyopsit ( $En_{42-37}Fs_{11-18}Wo_{49-45}$ , Mg# 71-90), kersutitik amfibol ( $TiO_2$ , % 4.99-5.20) ve plajiyoklastan ( $An_{37-83}Ab_{61-16}Or_{<3}$ ) oluşur. Ayrıca Fe-Ti oksitler, zirkon, apatit ve titanit gabroyik kayalar içerisinde tali mineral olarak yaygındır.
3. Stratigrafik ilişkilerden hareketle gabro kütesinin oluşum yaşı hakkında net bir şey söylemek mümkün değildir. Bu nedenle uygun mineraller üzerinde radyometrik tarihlendirme çalışmaları yapılmıştır. HYR-4 nolu örnekten seçilen üç zirkon kristalinin U-Pb yaşlandırma analizleri iyi bir konkordiya diyagramının oluşturulmasını imkânsız kılan 316, 140 ve 115 milyon yıllık yaş verileri sunmuş olup, her üç yaş verisi de saha gözlemleri ile uyumluluk göstermemekte ve Hayrat Gabrosu'nu oluşturan magmanın yükselimi sırasında bünyesine katılan kalıtsal zirkonlar olduğunu işaret etmektedir. SDY-8 ve SDY-10 örneklerinden seçilen amfibol ve plajiyoklastardan  $^{40}Ar/^{39}Ar$  yaşlandırma analizinde kullanılan ARGUS-IV yöntemi ile alınan veriler uyumluluk göstermekte olup, çalışılan gabro kütesinin oluşum yaşının yaklaşık 67 milyon yıl ile Mesriştien olduğu işaret etmektedir. HYR-14 nolu örnekten seçilen titanitlerin U-Pb metodu ile tarihlendirilmesi, kersutit ve plajiyoklastardan Ar/Ar metodu ile elde edilen yaşı desteklemiş ve yaklaşık 67 milyon yıllık bir yaş verisi sunmuştur.
4. Basınç ve sıcaklık hesaplamaları gabro kütesini oluşturan magmanın yaklaşık olarak 5.7-7.4 kbar basınçta ve 1170 °C sıcaklıkta kristallenmeye başladığını gösterir.



5. Tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element değerlerine göre çalışılan gabroyik kayaçların; yüksek  $TiO_2$  (% 1.6-3.15),  $Na_2O$  (% 3.61-5.41) ve Zr (108-157 ppm) içerikleri ve Nb/Y (0.71-1.05) oranlarına sahip olması, ilksel manto ve kondirite göre normalleştirilmiş iz ve nadir toprak element diyagramlarında negatif Nb, Ta, Zr, Hf ve Ti anomalilerini göstermemesiyle Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kesiminde bugüne kadar tanımlanan Kretase yaşlı magmatik kayaçlardan ayrılmakta olup, petrojenetik gelişimleri okyanus adası bazaltı (OAB) tip alkali karakterli bir magma kaynağı ile ilişkilidir. Ayrıca bu magmanın gelişiminde, plumeilişkili bir sıcak noktanın, zenginleşmiş manto kaynağında meydana getirdiği kısmi ergimenin etkili olduğu düşünülmektedir.
6. Tüm veriler dikkate alındığında, Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı kuzey kesimindeki Kretase volkanik ve plütonik kayaçları jeokimyasal ve dolayısıyla da tektonik ortam açısından hiçbir benzerlik sunmayan ve çevreleyen bazaltik kayaçlarla tektonik olarak biraraya gelmiş olan gabroların, Paleotetis okyanus litosferinin güneye doğru yitimi sırasında Doğu Karadeniz Dağ Kuşağı'nın kuzey kenarında gelişen eklenir prizmanın ilk somut kanıtları olabileceği düşünülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Adamia, S.A., Lordkipanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S. 1977. ‘‘Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus’’, *Tectonophysics*, 40, 183-189.
- Akaryalı, E., 2016. Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb–Zn ± Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey). *Ore Geology Reviews* 74, 1-14.
- Akaryalı, E. ve Akbulut, K., 2016. Constraints of C–O–S isotope compositions and the origin of the Ünlüpınar volcanic-hosted epithermal Pb–Zn ± Au deposit, Gümüşhane, NE Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 117, 119-134.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Sen, C., Meyer, H.-P. ve Satır, M. 2008. ‘‘Geochemical and Sr–Nd–Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclites from the Eastern Pontides (NE Turkey)’’, *Lithos*, 105, 149–161.
- Arslan, M. ve Aslan Z. 2006. ‘‘Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary Granitic Intrusions in the Eastern Pontides, Turkey’’, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27 (2), 177-193.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioglu, E., Kolayli, H., Yucel, C., Boztug, D. ve Sen, C. 2013. ‘‘<sup>40</sup>Ar–<sup>39</sup>Ar dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin’’, *Contributions to Mineralogy and Petrology* 166, 113-142.
- Aydin, F., 2003. ‘‘Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD–Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi’’, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydin, F. 2014. ‘‘Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Mačka subvolcanic intrusions: implications for the Late Cretaceous magmatic and geodynamic evolution of the eastern part of the Sakarya Zone, northeastern Turkey’’, *International Geology Review*, DOI: 10.1080/00206814.2014.933364.
- Aydınçakır, E. ve Şen, C., 2013. Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) area: Implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos* 172, 98-117.
- 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 Türbidites as Evidiance of a Drowned Platform’’, *Giornale di Geologia*, 57.

- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N. 1999. "Migration of the Upper Cretaceous Subduction Related Volcanism Towards the Back-arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey)", Geological Journal, 34,95-106.
- Boynton, W.V. 1984. "Cosmochemistry of rare earth elements", Meteorite Studies. In: Henderson, P. (Ed), Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, Amsterdam, 63-114.
- Chandler, G., 2017. Getting to the bottom of an old problem. Earth Explorer, [http://www.earthexplorer.com/2017/Getting\\_to\\_bottom\\_of\\_old\\_problem.asp](http://www.earthexplorer.com/2017/Getting_to_bottom_of_old_problem.asp), 10.07.2017
- Channell, J.E.T., Tüysüz, O., Bektaş, O. ve Şengör, A.M.C. 1996."Jurassic-Cretaceous paleomagnetism and paleogeography of the Pontides (Turkey)", Tectonics, 15, 201-212.
- Cloetingh, S., Spadini, G., Van Wees, J.D. ve Beekman, F., 2003. Thermomechanical modelling of the Black Sea Basin (de)formation. Sedimentary Geology, 156, 169-184.
- Cox, K.G., Bell, J.D. ve Pankhurst, R.J. 1979. "The Interpretation of Igneous Rocks", Allen and Unwin, London.
- Çinku, M.C. ve Hisarlı, M. 2009. "Palaeogeographic evidence for the Jurassic to Middle Eocene tectonic history of the Pontides: New palaeomagnetic data from the Sakarya continent and eastern Pontides", 62nd Geological Kurultai of Turkey, MTA Ankara, 944-945
- Delibaş., O., Moritz, R., Ulianov, A. ve Göç, D. 2016. "Cretaceous Subduction-Related Magmatism and Associated Porphyry-Type Cu-Mo Prospects in the Eastern Pontides, Turkey: New Constraints from Geochronology and Geochemistry", Lithos, doi: 10.1016/j.lithos.2016.01.020, 06.02.2016
- Dewey J.F., Pitman W.C., Ryan W.B.F. ve Bonnin, J. 1973. "Plate tectonics and evolution of the Alpine system", Geological Society of America Bulletin, 84, 3137-3180.
- Dilek, Y., Imamverdiyev, N. ve Altunkaynak, Ş. 2010. "Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint", International Geology Review, 52, 4-6, 536-578.
- Dokuz, A. 2011. "A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Kose composite pluton", Gondwana Research, 19, 4, 926-944.

- Eyüboğlu, Y., 2000. "Tirebolu-Doğankent (Giresun) Arasının Jeolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., Bektas, O., Seren, A., Maden, N., Jacoby, W.R. ve Özer, R. 2006. "Three-directional extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the eastern Pontides (NE Turkey)", *Geologica Carpathica*, 57, 5, 337-346.
- Eyüboğlu, Y. 2010. "Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt, and Its Implications for the Geodynamic Evolution of NE Turkey". In: Dilek, Y. (Ed.) *Eastern Mediterranean Geodynamics*, *International Geology Review*, 52, 2-3, 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Dilek, Y., Bozkurt, E., Bektaş, O., Rojay, B. ve Şen, C. 2010. "Geochemistry and Geochronology of a Reversely-Zoned, Alaskan-type Ultramafic-Mafic Complex in the Eastern Pontides, NE Turkey. In: Santosh, M., Maruyama, S. (Eds.), *A tribute to Akiho Miyashiro*", *Gondwana Research*, 18, 230-252.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Dudas, F.O., Santosh, M. ve Akaryali, E. 2011a. "Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting", *Gondwana Research*, 19, 413-429.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryali, E. 2011b. "Migrating magmatism in a continental arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited", *Journal of Geodynamics*, 52, 2-15.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M. ve Chung, S.L. 2011c. "Crystal fractionation of adakitic magmas in the crust-mantle transition zone: Petrology, geochemistry and U-Pb zircon chronology of the Seme adakites, Eastern Pontides, NE Turkey", *Lithos*, 121, 151-166.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M. ve Chung, S.L. 2011d. "Petrochemistry and U-Pb ages of adakitic intrusions from the Pular massif (Eastern Pontides, NE Turkey): Implications for slab roll-back and ridge subduction associated with Cenozoic convergent tectonics in eastern Mediterranean", *Journal of Geology*, 119, 394-417.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Bektaş, O. ve Chung, S.L. 2011e. "Late Triassic subduction-related ultramafic-mafic magmatism in the Amasya region (eastern Pontides, N. Turkey): Implications for the ophiolite conundrum in Eastern Mediterranean. In: Chetty, T.R.K., Santosh, M., Tsunagae, T., *Suture Zones and Geodynamic Processes*", *Journal of Asian Earth Sciences*, 42, 3, 234-257.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Yi, K., Bektaş, O. ve Kwon, S. 2012. "Discovery of Miocene adakitic dacite from the Eastern Pontides Belt and revised geodynamic model for the late Cenozoic Evolution of eastern Mediterranean region", *Lithos*, 146-147, 218-232.

- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Yi, K., Kwon, S. ve Akaryali, E. 2013a. "Petrogenesis and U-Pb zircon chronology of adakitic porphyries within the Kop ultramafic massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey)", Gondwana Research, 24, 742-766.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Akaryali, E., Chung, S.L., Akdag, K. ve Bektaş, O. 2013b. "The nature of transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab-window setting: A synthesis from the eastern Pontides, NE Turkey", Geoscience Frontiers, 4, 353-375.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Yi, K., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Akaryalı, E., Dudas, F. ve Bektaş, O. 2014. "The Eastern Black Sea-Type Volcanogenic Massive Sulfide Deposits: Geochemistry, zircon U-Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis", Ore Geology Reviews, 59, 29-54.
- Eyüboğlu, Y. 2015. "Petrogenesis and U-Pb Zircon Chronology of Felsic Tuffs Interbedded with Turbidites (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey): Implications for Mesozoic Geodynamic Evolution of the Eastern Mediterranean Region and Accumulation Rates of Turbidite Sequences", Lithos, 212-215, 74-92.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O, Santosh, M., Zhu, D.C., Yi, K., Chatterjee, N., Akaryali, E. ve Liu, Z. 2016a. "Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: Implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics", Gondwana Research, 33, 160-190.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Xiao, Y., Yi, K., Chatterjee, N., Wu, F.Y. ve Bektaş, O. 2016b. "Where are the remnants of a Jurassic Ocean in the Eastern Mediterranean Region?", Gondwana Research, 33, 63-91.
- Eyüboğlu Y., Dudas F.O., Thorkelson D., Zhu D., Liu Z., Chatterjee N., Yi, K. ve Santosh, M., 2017. "Eocene granitoids of Northern Turkey: polybaric magmatism in an evolving arc – slab window system", Gondwana Research 50, 311-345.
- Eyüboğlu Y., Dudas F.O., Chatterjee N., Liu Z. ve Yılmaz-Değerli S., 2018. "Discovery of Latest Cretaceous OIB-type alkaline gabbros in the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: Evidence for tectonic emplacement of seamounts", Lithos, 310-311,182-200.
- Gülmez, F., Genç, Ş.C., Prelević, D., Tüysüz, O., Karacık, Z., Roden, M.F. ve Billor, Z., 2016. Ultrapotassic volcanism from the waning stage of the Neotethyan subduction: a key study from the Izmir– Ankara–Erzincan Suture Belt, Central Northern Turkey. Journal of Petrology, 5, 561-593.
- Güven, İ., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoğlu, S. 1993. "1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi", MTA Gen. Müd., Ankara.

- Holland, T. ve Blundy, J., 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 116, 433-437.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C. 2007. "Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıçiçek Plutons, Eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting", *Lithos*, 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, R.J. 2010. "Generation of the early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination", *Lithos*, 114, 109-120.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C. 2011. "Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey)", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20, 137-159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve İbeyli, N. 2012. "Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey", *International Geology Review*, 54 , 15, 1776-1800.
- Kaygusuz, A. ve Öztürk, M. 2015. "Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism", *Journal of Asian Earth Sciences*, 108, 97-116.
- Langseth, M.G., Westbrook, G.K. ve Hobart, M. 1990. "Contrasting geothermal regimes of Barbados ridge accretionary prism", *Journal of Geophysical Research*, 95, 8829-8843.
- Leake, E.B., Wooley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W.V., Nickhel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C. ve Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W., Youzhi, G. 1997. "Nomenclature of amphiboles report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names", *European Journal of Mineralogy*, 9, 623-651.
- Lewis, T.J., Bentkowski, W.H., Davis, E.E., Hyndman, R.D., Souther, J.G. ve Wright, J.A. 1988. "Subduction of the Juan de Fuca plate: thermal consequences", *Journal of Geophysical Research*, 93, 15207-15225.
- Maden, N. 2013. "Geothermal structure of the eastern Black Sea basin and the eastern Pontides orogenic belt: Implications for subduction polarity of Tethys oceanic lithosphere", *Geoscience Frontiers*, 4, 389-398.

- Meschede, M., 1986. A method of discrimination between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, 56, 207-218.
- Morimoto, M., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. ve Gottardi, G. 1988. "Nomenclature of pyroxenes", *Mineralogical Magazine*, 52, 535-550.
- Mullen, E.D., 1983. MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 62, 53-62.
- Nikishin, A.M., Korotaev, M.V., Ershov, A. ve Brunet, M.F. 2003. "The Black Sea basin: tectonic history and Neogene-Quaternary rapid subsidence modelling", *Sedimentary Geology*, 156, 149-168.
- Nikishin, A.M., Okay, A., Tüysüz, O., Demirer, A., Wannier, M., Amelin, N. ve Petrov, E., 2015. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill: Marine and Petroleum Geology, 59, 638-655.
- Nimis, P. 1995. "A clinopyroxene geobarometer for basaltic systems based on crystals-structure modeling", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 121, 115-125.
- Nimis, P. ve Taylor, W.R. 2000. "Single clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotites. Part 1 Calibration and testing of a Cr-in-cpx barometer and an enstatite-in-cpx thermometer", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 139, 541-554.
- Okay, A.I., Şengör, A.M.C. ve Görür, N. 1994. "Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions", *Geology*, 22, 267-270.
- Okay, A. ve Şahintürk, Ö. 1997. "Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G. (Editor), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*", *Am. As. Petr. Geol (AAPG) Memoir*, 68, 291-311.
- Özdamar, Ş. 2016. "Geochemistry and geochronology of late Mesozoic volcanic rocks in the northern part of the Eastern Pontide Orogenic Belt (NE Turkey): Implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean", *Lithos*, 248-251, 240-256.
- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.
- Pearce, J. A. 1996. "A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams. In: D. A. Wyman, Ed., *Trace Elements Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive sulphide Exploration*", *Geological Association of Canada, Short Course Notes*, 12, 79-113.

- Putirka, K., Johnson, M., Kinzler, R., Longhi, J. ve Walker, D., 1996. Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0-30 kbar. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 123, 92-108.
- Putirka, K.D. 2008. "Thermometers and barometers for volcanic systems. In: Putirka, K.D., Tepley, F. (eds) *Reviews in mineralogy and geochemistry*", The Mineralogical Society of America, 69, 61-120.
- Rice, S.P., Roberson, A.H.F., Ustaömer, T., İnan, T. ve Taslı, K. 2009. "Late Cretaceous-Early Eocene tectonic development of the Tethyan Suture Zone in the Erzincan area, eastern Pontides, Turkey.", *Geological Magazine*, 146, 4, 567-590.
- Sarıbudak, M. 1989. "New results and a palaeomagnetic overview of the Pontides in northern Turkey", *Geophysical Journal International*, 99, 3, 521-531.
- Shervais, J.W., 1982. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth and Planetary Science Letters* 59, 101-118.
- Smith, J. ve Brown, W.L. 1988. "Feldspar minerals 1. Crystal structures, physical, chemical and microtextural properties", 2nd edn. Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Spadini, G., Robinson, A. ve Cloetingh, S. 1996. "Western versus Eastern Black Sea tectonic evolution: pre-rift lithospheric controls on basin formation", *Tectonophysics*, 266, 139-154.
- Spadini, G., Robinson, A. ve Cloetingh, S., 1997. Thermo-mechanical modelling of Black Sea Basin formation, subsidence and sedimentation. *American Association of Petroleum Geologists Memoirs*, 68, 19-38.
- Stein, C.A. 2003. "Heat flow and flexure at subduction zones", *Geophysical Research Letters* 30, 23, doi: 10.1029/2003GL018478.
- Sun, S.S. ve McDonough, W.F. 1989. "Chemical and isotopic systematic of ocean basalts: implications for mantle composition and process. In: Saunders A.D; and Norry M.J. (Eds.) *Magmatism in the Ocean Basins*", Geological Society of London, 42, 313-345.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. 1981. "Tethyan Evolution of Turkey: a Plate Tectonic Approach: Tectonophysics", 75, 181-241.
- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu, E. ve Yucel, C. 2014. "Mineral Chemistry And Thermobarometry Of Eocene Monzogabbroic Stocks From The Bafra (Samsun) Area In Turkey: Implications For Disequilibrium Crystallization And Emplacement Conditions", *International Geology Review*, 56, 1226-1245.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M. ve Dokuz, A. 2005. "Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik



granodiorite (Eastern Pontides, Turkey)”, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 441-455.

- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H. Zack, T., Hasozbek, A., Barth, M., Satir, M. ve Sen, C. 2010. “Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gumushane pluton (NE Turkey)”, *Lithos*, 116, 1-2, 92-110.
- Uyeda, S. 1977. “Some basic problems in the trench-arc-back arc system, in Island Arcs, Deep-sea Trenches and Back-arc Basins”, *Maurice Ewing Ser.*, 1, edited by M. Talwani and W. C. Pitman III, pp. 1 – 14, AGU, Washington, D.C.
- Van der Voo, R. 1968. “Jurassic, Cretaceous and Eocene pole positions from northeastern Turkey”, *Tectonophysics*, 6, 3, 251-269.
- Watanabe, T., Langseth, M.G. ve Anderson, R. N. 1977. “Anderson, Heat flow in back-arc basins of the western Pacific, in Island Arcs, Deep Sea Trenches, and Back-Arc Basins”, edited by M. Talwani and W. Pitman III, pp. 137– 162, AGU, Washington, D.C.
- Wood, D.A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50, 11–30.
- Yegorova, T., Gobarenko, 2010. Structure of the Earth’s crust and upper mantle of the West- and East-Black Sea Basins revealed from geophysical data and its tectonic implications. *Geological Society of London, Special Publications*, 340, 23–42.
- Ziagos, J. P., Blackwell, D.D. ve Mooser, F. 1985. “Heat flow in southern Mexico and the thermal effects of subduction”, *Journal of Geophysical Research*, 90, 5410–5420.

## ÖZGEÇMİŞ

Sedanur Yılmaz Değerli, 1989 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini 24 Şubat İlkokulu'nda, orta öğrenimini Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda ve Trabzon Lisesi'nde 2006 yılında tamamladı. 2007-2008 öğretim yılında Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak üniversite eğitime başladı. Dört yıllık lisans eğitimini 2012 yılında tamamladı.2015-2016 yılı akademik döneminde Yüksek lisans öncesi İngilizce hazırlık programını başarıyla tamamladı ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Genel Jeoloji alanında yüksek lisans eğitimine başladı.